

Ю.О. Карпінський, д-р. техн. наук, проф.,
завідувач кафедри геоінформатики і фотограмметрії,
А.А. Лященко, д-р. техн. наук, проф.,
професор кафедри геоінформатики і фотограмметрії,
Н.Ю. Лазоренко-Гевель, канд. техн. наук, доц.,
доцент кафедри геоінформатики і фотограмметрії,
Київський національний університет будівництва та архітектури,
А.Г. Черін, канд. техн. наук, провідний науковий співробітник,
Науково-дослідний інституту геодезії і картографії

АРХІТЕКТУРА ТА ФУНКЦІОНАЛЬНА МОДЕЛЬ БАЗИ ТОПОГРАФІЧНИХ ДАНИХ

У статті обґрунтовано модельно-керовану архітектуру та функціональну модель геоінформаційної системи бази топографічних даних «Основна державна топографічна карта», первинне наповнення якої здійснюється на основі оновлених цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000. Пропоновані рішення відповідають міжнародним стандартам в сфері географічної інформації, а їх реалізація забезпечує комплексне застосування новітніх геоінформаційних технологій та баз геопросторових даних для створення безшовної бази топографічних даних на усю територію України із широким доступом до неї зацікавлених користувачів на геопорталі системи. До основних особливостей та новацій створюваної бази топографічних даних належать: повнота класів топографічних об'єктів та їх атрибутів, яка забезпечує моделювання та зберігання в базі даних усіх об'єктів, що відображаються на топографічних картах; комплексна система ідентифікації топографічних об'єктів в базі даних, за якої кожному топографічному об'єкту присвоюється унікальний топографічний ідентифікатор, а також код за відповідним галузевим класифікатором, якщо такий існує; цілісність геометричних моделей топографічних об'єктів, за якої об'єкти не фрагментуються границями аркушів топографічних карт, на яких вони відображаються; топологічна узгодженість геометричних моделей топографічних об'єктів на рівні топології планарного графу для усіх суміжних об'єктів та об'єктів, що перетинаються; підтримка метаданих як для класів топографічних об'єктів, так і для конкретних їх екземплярів та їх атрибутів; використання об'єктно-реляційної системи керування базами даних для реалізації інтегрованого сховища усіх інформаційних ресурсів системи; гармонізація моделей геопросторових даних і метаданих, форматів обміну даними, методів та процедур оцінювання якості даних з вимогами відповідних міжнародних стандартів комплексу ISO 19100; оперативне оновлення даних в базі даних за результатами постійного топографічного моніторингу місцевості; забезпечення широкого та відкритого доступу до топографічних даних через геопортал системи.

Ключові слова: топографічне картографування, база топографічних даних, національна інфраструктура просторових даних, геопортал, геоінформаційна система, геопросторові дані.

Вступ. В сучасних умовах стрімкого розвитку інформаційно-комунікаційних та цифрових технологій бази топографічних даних стають переважаючим видом кінцевої топографо-геодезичної продукції. В «Порядку загальнодержавного топографічного і тематичного картографування», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 4 вересня 2013 р. № 661, визначено, що створення та оновлення топографічних карт здійснюється із застосуванням геоінформаційних технологій, які уніфікують засоби формування і використання баз топографічних і картографічних даних у топографо-геодезичному і картографічному виробництві.

Єдина безшовна база топографічних даних «Основна державна топографічна карта» на основі оновлених топографічних карт масштабу 1:50 000 вперше створюється в Україні в рамках українсько-норвезького проекту «Карти для сприяння належному управлінню землями в Україні». В пропонованій статті обґрунтовано принципи створення, архітектура та функціональна модель спеціалізованої геоінформаційної системи бази топографічних даних «Основна державна топографічна карта» (ГІС БТД).

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В 35-річній еволюції застосування геоінформаційних технологій для топографічного картографування в різних країнах [5, 7 – 10] можна виділити такі спільні основні етапи:

- використання ГІС для автоматизованого картографування;
- створення баз цифрових карт;
- створення баз топографічних даних;
- створення геоінформаційних сервісів використання топографічних даних в НІГД.

Ця етапність відображає процеси трансферу топографічних знань про Землю, які традиційно накопичувалися в паперових топографічних картах різних масштабів, у формалізовані знання в базах топографічних даних. Зміст топографічних карт перетворюється в топографічні геопросторові дані, структуровані в теми і типи об'єктів баз топографічних даних. Ці бази даних забезпечують безшовні об'єктно-структуровані геопросторові дані на національному рівні, які використовуватимуться в веб-сервісах НІГД, в ГІС-додатках для просторового аналізу і моделювання та для створення картографічної продукції [5].

Ще у 1987 р. W.A. Kainz підкреслював: «коли ми намагаємось створити моделі для картографічних об'єктів, то найчастіше поглядаємо на звичайні карти, тобто моделюємо модель реальності, а не саму реальність. У майбутній роботі основна увага має бути спрямована на пошук концепцій та абстракцій фактів реального світу» [6]. Створення баз топографічних даних в багатьох країнах свідчить про перехід до реалізації концепції моделювання об'єктів реального світу, а не лише їх картографічних моделей. Це дає підстави говорити про становлення нової системи топографічного виробництва, яка сформувалася на основі інтегрування нових цифрових технологій отримання даних про місцевість,

їх опрацювання та організації цифрових моделей місцевості в базах топографічних даних та їх багатоцільового використання в НІГД [2 – 5].

В Україні в 2005 – 2010 рр. розроблено комплекс стандартів «База топографічних даних» [3], що гармонізовані з міжнародними стандартами серії ISO 19100 «Географічна інформація/Геоматика». Практичне впровадження цих стандартів та створення однорідної бази топографічних даних на усю територію країни відклалося на роки. Це можна пояснити тим, що проблеми БТД та НІГД не були пріоритетними в нашій країні в роки складних трансформацій на шляху до ринкової економіки. Але для прийняття проекту Закону України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних» [1] та подальшої його імплементації першочергово необхідно створити умови для виробництва інтероперабельних геопросторових даних усіма держателями даних, до яких згідно проекту закону належать органи державної влади, органи місцевого самоврядування, фізичні або юридичні особи, що замовляють, отримують та/або володіють геопросторовими даними та метаданими. Це зумовлює нагальність завдань щодо створення бази топографічних даних як ключового засобу в забезпеченні інтероперабельності компонентів НІГД шляхом використання єдиної математичної основи та єдиних цифрових моделей об'єктів реального світу при виробництві наборів геопросторових даних та геоінформаційних сервісів мережі геопорталів НІГД.

Постановка завдання. Створити ГІС БТД «Основна державна топографічна карта» за принципами, що відображають тенденції розвитку геоінформаційних технологій топографічного картографування та ключову роль топографічних даних в НІГД, а саме:

- безстроковість використання та експлуатації БТД;
- забезпечення сталості розвитку ГІС БТД в умовах постійних новацій в сфері інформаційних технологій;
- повнота класів топографічних об'єктів та їх атрибутів, яка забезпечує моделювання та зберігання в БТД усіх об'єктів, що відображаються на топографічних картах;
- комплексна система ідентифікації топографічних об'єктів в БТД, за якої кожному топографічному об'єкту присвоюється унікальний топографічний ідентифікатор, а також код за відповідним галузевим класифікатором, якщо такий існує;
- цілісність геометричних моделей топографічних об'єктів, за якої об'єкти не фрагментуються границями аркушів топографічних карт, на яких вони відображаються;
- топологічна узгодженість геометричних моделей топографічних об'єктів на рівні топології планарного графу для усіх суміжних об'єктів та об'єктів, що перетинаються;
- підтримка метаданих як для класів топографічних об'єктів, так і для конкретних їх екземплярів та їх атрибутів;
- використання об'єктно-реляційної системи керування базами даних (ОР СКБД) для реалізації інтегрованого сховища усіх інформаційних ресурсів системи;

- гармонізація моделей геопросторових даних і метаданих, форматів обміну даними, методів та процедур оцінювання якості даних з вимогами відповідних міжнародними стандартами комплексу ISO 19100;
- оперативне оновлення даних в ГІС БТД за результатами постійного топографічного моніторингу місцевості;
- забезпечення широкого та відкритого доступу для використання топографічних даних в НІГД через геопортал системи.

Метою цієї публікації є огрунтування архітектури та функціональної моделі ГІС БТД, реалізація яких найповніше відповідає сформульованим принципам створення бази топографічних даних загальнодержавного рівня.

Основна частина. Архітектура ГІС БТД. Для реалізації принципів безстроковості використання та забезпечення сталості її розвитку в умовах постійних новацій в сфері інформаційних технологій ГІС БТД створюється за методологією модельно-керованої архітектури (МКА). Ключовим компонентом МКА (рис. 1) є високорівневе формалізоване подання знань про моделі топографічних даних у спосіб, який надає можливість ефективно використовувати нові методи і засоби реалізації моделей при модифікації системи в процесі її експлуатації та розвитку в умовах постійного вдосконалення інструментальних засобів інформаційних технологій. Формалізовані знання подаються в прикладній схемі та каталозі класів об'єктів БТД як концептуальна модель топографічних даних з використанням уніфікованої мови моделювання UML та незалежно від конкретного середовища реалізації бази даних. Схеми реалізації для різних методів (наприклад: реляційна або об'єктно-реляційна база даних, XML-файли обміну даними, веб-сервіси) та для конкретних середовищ реалізації отримуються переважно автоматично із формального опису прикладної схеми. Зміни вимог до інформації застосовуються до прикладної схеми та ніколи безпосередньо до її реалізації.

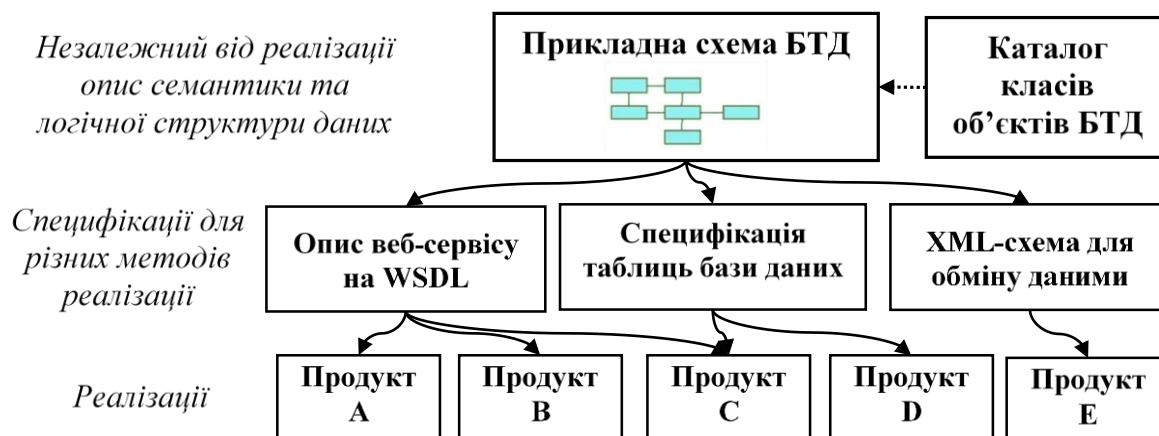


Рис. 1. Схема модельно-керованої архітектури створення БТД

Типи топографічних об'єктів, їх атрибути, асоціації та обмеження, визначаються у прикладній схемі та подаються у каталозі об'єктів у відповідності до ДСТУ ISO 19110:2017 «Географічна інформація. Методологія каталогізації об'єктів (ISO 19110:2016, IDT)» та ДСТУ 8774:2018 «Географічна інформація. Правила моделювання геопросторових даних». Як окремі типи топографічних

об'єктів розглядаюся лише узагальнені топографічні сутності, а різновиди сутностей описуюся через значення певних атрибутів узагальненого класу (наприклад, тип або категорія дороги, тип забудови тощо). До основних груп типів об'єктів належать: елементи математичної, планової і висотної основи; рельєф суші; гідрографія і гідротехнічні споруди; населені пункти; промислові, сільськогосподарські та соціально-культурні об'єкти; дорожня мережа і дорожні споруди; рослинний покрив та ґрунти; політико-адміністративний устрій, огорожі і окремі природні явища та об'єкти.

В прикладній схемі також описуються обмеження та правила топологічної узгодженості геометричних елементів векторних моделей як об'єктів одного типу, так і об'єктів різних типів. Для типів топографічних об'єктів, які за своїм походженням та функціями належать до природних або інфраструктурних мереж (гідрографічна мережа, дороги та дорожні споруди, тощо) в прикладній схемі та каталозі об'єктів додатково описуються типи об'єктів, що використовуються для відображення і реалізації в базі топографічних даних їх сегментно-вузлових топологічних моделей.

Структурно-функціональна модель ГІС БТД. База топографічних даних реалізується як інтегрована систем засобів керування бази даних, інструментальної геоінформаційної системи та спеціалізованих прикладних програм і обладнання для ефективного керування усіма технологічними процесами формування та використання бази топографічних даних на основі вхідних даних цифрових топографічних карт. За технологічно-функціональними ознаками в структурі системи ГІС БТД (рис. 2) виділено шість функціональних підсистем (ПС), які забезпечують:

- вхідний контроль вихідних наборів цифрових картографічних даних (ЦКД) на їх відповідність каталогу об'єктів цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000 і топологічну узгодженість їх геометрії;
- перетворення вихідних ЦКД у набори даних, що відповідають каталогу типів об'єктів БТД;
- зшивання геометричних елементів об'єктів, що фрагментовані границями аркушів топографічних карт;
- присвоєння унікальних ідентифікаторів топографічним об'єктам;
- формування первинних метаданих для топографічних об'єктів; завантаження даних в оперативну БТД та метаданих;
- редагування даних оперативної БТД та метаданих за результатами контролю внутрішньої якості даних БТД і топографічного моніторингу місцевості;
- експорт даних з оперативної БТД в БТД геопорталу та файли наборів даних у форматах: GML, shp-файли цифрових картографічних даних, GeoJSON тощо.

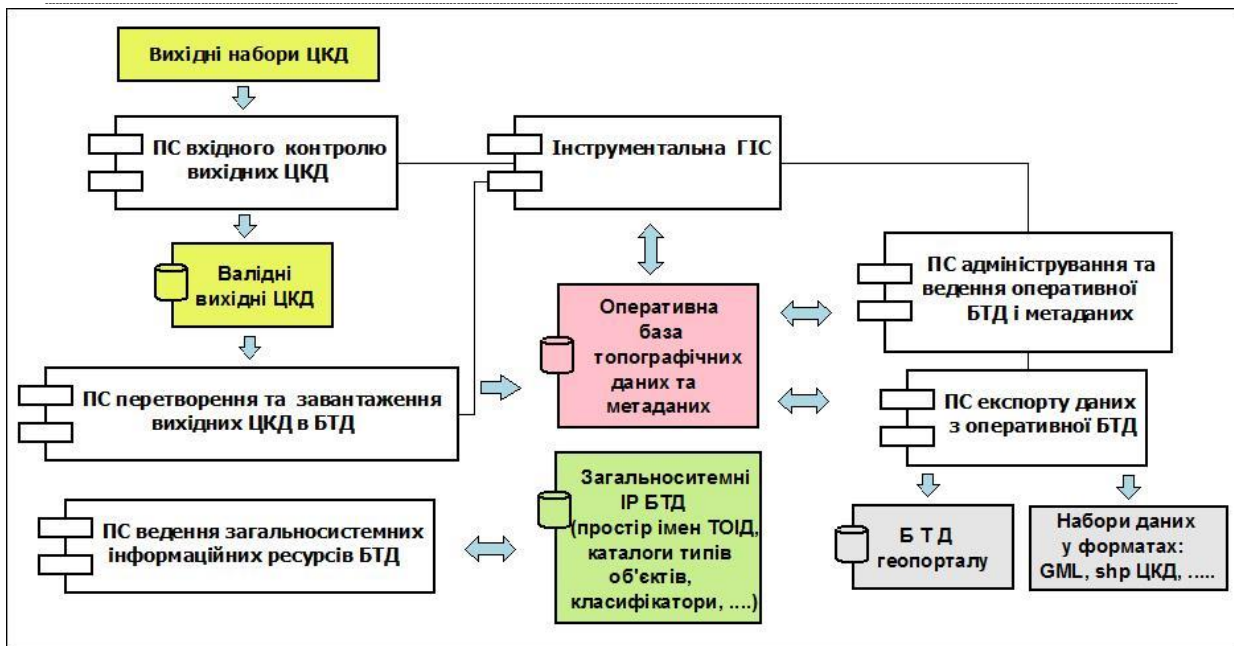


Рис. 2. Загальна структурно-функціональна модель ГІС БТД

Інструментальна ГІС використовується для візуалізації електронних карт та редагування топографічних даних БТД за результатами контролю внутрішньої якості даних БТД і топографічного моніторингу місцевості в процесі створення та експлуатації системи. Розглянемо докладніше призначення та особливості реалізації основних функціональних підсистем ГІС БТД.

Для первинного наповнення БТД використовуються ЦКД, що містять шари геометрично узгоджених векторних моделей аркушів топографічних карт масштабу 1:50 000 у форматах gdb бази геоданих ГІС ArcMap. Кодування типів об'єктів та їх атрибутів вихідних ЦКД відповідає чинному в Україні «Класифікатору інформації, яка відображається на топографічних картах масштабів 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000, 1:1 000 000» та редакційно-технічним вказівкам (РТВ) на виготовлення цифрових моделей топографічних карт масштабу 1:50 000. ПС вхідного контролю вихідних наборів цифрових картографічних даних (ІС-підсистема) забезпечує перевірку внутрішньої якості кожного набору ЦКД за такими елементами якості геопросторових даних:

концептуальна узгодженість – відповідність набору концептуальній схемі ЦКД за набором шарів (класів) об'єктів та набором атрибутів кожного класу;

доменна узгодженість – відповідність значень усіх атрибутів кожного класу значенням, визначеним в РТВ;

топологічна узгодженість – відповідність геометричних елементів векторних моделей об'єктів набору правилам цифрового опису та правилам топологічних відношень як між об'єктами одного шару, так і між об'єктами різних класів, що визначені в РТВ;

координатно-топологічна узгодженість об'єктів суміжних аркушів цифрових топографічних карт як одного набору ЦКД, так і суміжних аркушів з інших наборів ЦКД.

Функції IQC-підсистеми реалізуються засобами інструментальної ГІС ArcMap. Для цього в програмі ArcCatalog створено каталог об'єктів вхідних наборів ЦКД, що містить повний опис класів об'єктів, доменів значень їх атрибутів, топологічних правил і обмежень. За результатами роботи IQC-підсистеми за необхідності використовуються засоби ArcMap для редагування бази геоданих вхідних ЦКД для усунення виявлених помилок та отримання валідних ЦКД, які повністю відповідають вимогам до якості геопросторових даних, визначеними в каталозі об'єктів вхідних наборів ЦКД та РТВ.

Підсистема перетворення та завантаження вихідних цифрових картографічних даних в БТД (TSL-підсистема від англ.: *Transformation, Stitching, Loading*) забезпечує перетворення, зшивання та завантаження наборів валідних вихідних ЦКД в базу топографічних даних. Для реалізації функцій TSL-підсистема використовує такі компоненти інформаційного забезпечення ГІС БТД, що зберігаються в однорідному середовищі сховища даних системи ОР СКБД PostgreSQL/PostGIS:

а) валідні набори вихідних ЦКД, що підлягають перетворенню і завантаженню;

б) шлюзову базу геопросторових даних ЦКД;

в) оперативну базу топографічних даних і метаданих про об'єкти БТД;

г) базу даних загальносистемних інформаційних ресурсів БТД, зокрема: каталог об'єктів вхідних наборів ЦКД; каталог загальних вихідних метаданих про вхідні поаркушні набори ЦКД, що визначені в РТВ на створення ЦКД; каталог об'єктів БТД; таблиці відповідності каталогів об'єктів ЦКД та об'єктів БТД; реєстр географічних назв об'єктів БТД; реєстр простору імен унікальних ідентифікаторів топографічних об'єктів (TOID) в базі топографічних даних.

TSL-підсистема забезпечує виконання таких функцій:

1) завантаження валідних наборів вихідних ЦКД у шлюзову базу даних ЦКД;

2) завантаження загальних метаданих про вхідні поаркушні набори ЦКД у відповідний каталог вихідних метаданих;

3) перетворення вихідних ЦКД у набори даних, що відповідають каталогу об'єктів БТД;

4) зшивання геометричних елементів векторних моделей об'єктів, що фрагментовані границями аркушів топографічних карт;

5) завантаження перетворених та зшитих моделей об'єктів в оперативну базу топографічних даних;

6) вибірку та введення в реєстру географічних назв топографічних об'єктів, що завантажуються в БТД;

7) присвоєння унікальних ідентифікаторів TOID топографічним об'єктам, що завантажуються в БТД;

8) формування первинних метаданих для топографічних об'єктів, що завантажуються в БТД.

За результатами зшивання (п. 4 в наведеному вище переліку) в шлюзовій базі перетворених ЦКД містяться усі вибрані для зшивання об'єкти, усі зшиті об'єкти та усі завантажені об'єкти. Ці помітки використовуються для візуального

контролю в інструментальній ГІС результатів автоматичного зшивання фрагментованих геометричних елементів об'єктів та, за необхідності, їх редагування в інтерактивному режимі. Первинні метадані топографічних об'єктів, що завантажуються в БТД, формуються на основі загальних метаданих про вхідні поаркушні набори ЦКД.

Підсистема адміністрування та ведення бази топографічних даних і метаданих (DBMS – підсистема) забезпечує автоматизацію усіх процесів, пов'язаних з адмініструванням та веденням оперативної бази топографічних даних і метаданих про топографічні об'єкти на етапах створення і експлуатації БТД. Функції DBMS-підсистеми реалізуються з використанням стандартних засобів середовища ОР СКБД, що забезпечують: встановлення, налаштування та оновлення серверного програмного забезпечення баз даних та супутніх продуктів; керування регламентованим доступом користувачів до БТД; налаштування бази даних та моніторинг продуктивності; налаштування програм та моніторинг продуктивності; модифікацію моделей даних БТД; створення та модифікацію вбудованих прикладних функцій БТД; резервне копіювання та відновлення БТД.

Спеціальні прикладні функції підсистеми DBMS забезпечують: побудову топологічних мережних моделей для топографічних об'єктів, які за своїм походженням та функціями належать до природних або інфраструктурних мереж (гідрографічна мережа, дороги та дорожні споруди, тощо); підтримання цілісності геопросторових даних БТД з урахуванням заданих правил як для доменних та посилальних обмежень, так і для правил топологічної узгодженості геометричних елементів векторних моделей топографічних об'єктів; редагування даних в середовищі інструментальної ГІС, що безпосередньо підключається до БТД; підтримання версійності даних БТД в процесі редагування як атрибутів, так і геометричних елементів векторних моделей топографічних об'єктів; ведення бази метаданих про об'єкти бази топографічних даних за результатами редагування атрибутів та геометричних елементів векторних моделей топографічних об'єктів БТД; контроль внутрішньої якості даних БТД.

Підсистема ведення загальносистемних інформаційних ресурсів БТД (GIRM-підсистема від англ.: *General Information Resources Maintenance*) призначена для візуалізації, редагування та документування таких загальносистемних інформаційних ресурсів ГІС БТД:

- каталог об'єктів вхідних наборів ЦКД з класифікаторами для доменів значень атрибутів та правилами топологічних обмежень;
- каталог загальних вихідних метаданих про вхідні поаркушні набори ЦКД, що визначені в РТВ на створення ЦКД;
- каталог об'єктів БТД з класифікаторами для доменів значень атрибутів та правилами топологічних обмежень;
- прикладна схема моделі БТД та метаданих;
- таблиці відповідності каталогів об'єктів ЦКД та об'єктів БТД;
- реєстр географічних назв об'єктів БТД;
- реєстр простору імен унікальних ідентифікаторів топографічних об'єктів (TOID) в базі топографічних даних.

Підсистема експорту даних (*Export*) призначена для перетворення та вивантаження топографічних даних і метаданих із оперативної БДТ для їх подальшого використання в системі геоportалу БТД та/або інших зовнішніх геоінформаційних системах.

Геоportал бази топографічних даних створюється з дотриманням загальних стандартів веб-технологій як клієнт-серверна система з трирівневою архітектурою (рис. 3) таких основних компонентів: засоби для підтримки клієнта, веб-сервер із сервером прикладних застосунків та веб-геосервісами, сервер сховища даних із засобами адміністрування геоportалу.

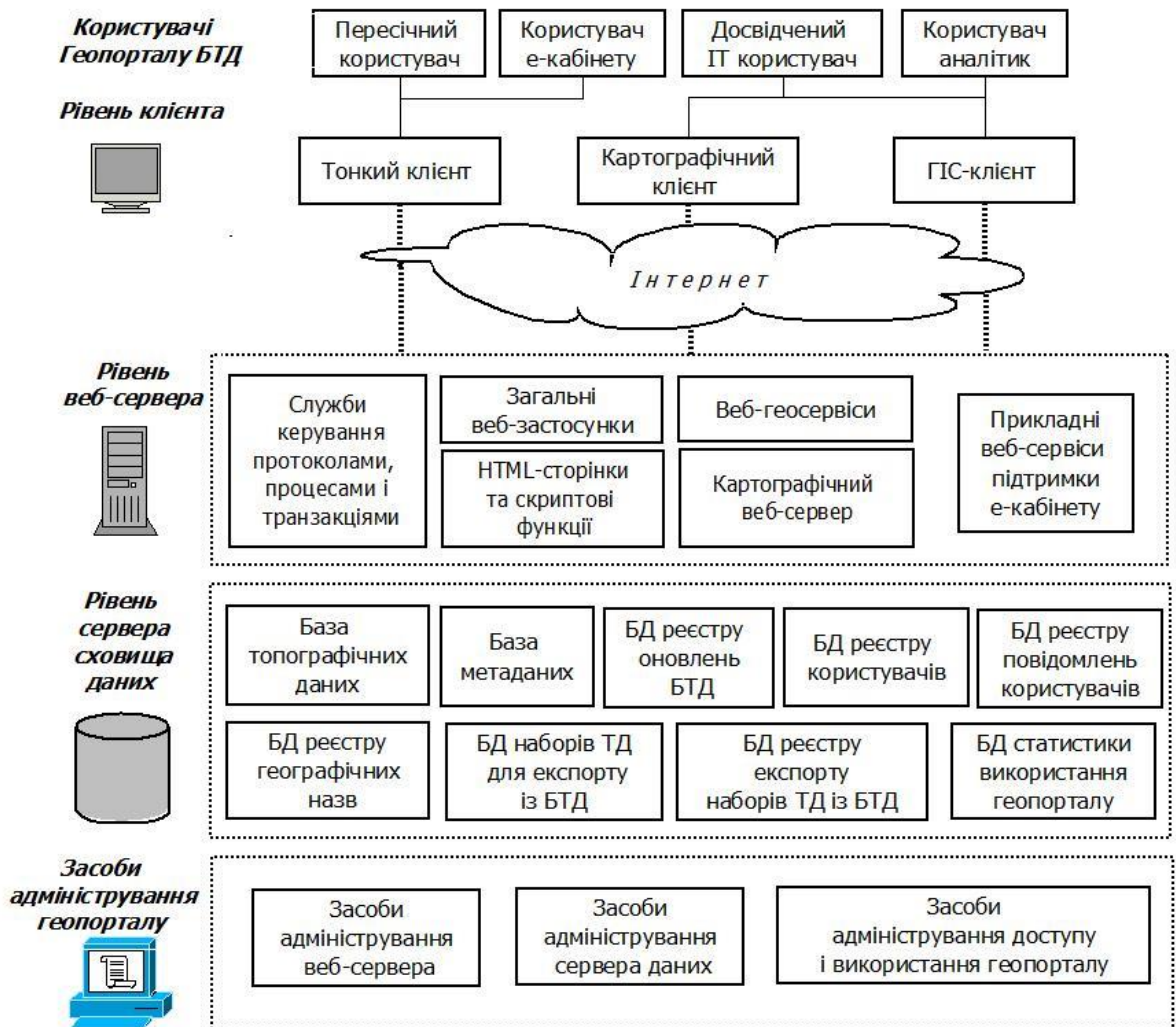


Рис. 3. Трирівнева архітектура геоportалу БТД із засобами адміністрування геоportалу

На рівні «клієнта» в геоportалі реалізуються засоби, що підтримують використання його інформаційних ресурсів такими трьома типами кінцевих користувачів:

1) «тонкий клієнт», що підтримується набором взаємопов'язаних веб-сторінок геоportалу для доступ до його інформаційних ресурсів з використанням звичайних веб-браузерів;

2) картографічний клієнт, в якому веб-браузер доповнюється засобами формування картографічних зображень на основі векторними даними, що отримуються за запитами від геосервісу геопорталу;

3) геоінформаційні системи (наприклад, ArcMap або QGIS) на комп'ютері з доступом до Інтернет, які отримують геопросторові дані за запитами до геосервісів геопорталу і використовують всю функціональну потужність ГІС для їх аналізу і моделювання на клієнтському комп'ютері («товстий клієнт» або ГІС-клієнт).

Взаємодія клієнта з веб-сервером геопорталу, що належить до середнього рівня цієї архітектури, заснована на стандартному протоколі «запит-відповідь» протоколу передачі гіпертексту (HTTP) або протоколу безпечної передачі гіпертексту (HTTPS).

Програмні засоби геопорталу БТД забезпечують:

первинне завантаження та оновлення інформаційних ресурсів сховища даних геопорталу на основі обмінних даних із системи ГІС БТД, зокрема: бази топографічних даних, бази метаданих та бази географічних назв геопорталу, бази даних наборів геопросторових даних підготовлених для експорту;

адміністрування сервера даних та веб-сервера геопорталу;

інтерактивну реєстрацію користувачів геопорталу та адміністрування їх доступу до інформаційних ресурсів геопорталу, в тому числі на рівні уніфікованих прикладних програмних інтерфейсів (API) геосервісів типу WMS, WTMS, WFS, WCS;

візуалізацію галереї базових карт та вибору однієї із них як базової для сеансу роботи користувача з геопорталом;

формування та візуалізацію електронних топографічних карт з масштабними лінійками, легендами на веб-сторінці геопорталу та з підключенням зображень ортофотокарт;

інтерактивну роботу з електронними картами веб-сторінки геопорталу з використанням типових інструментальних засобів керування масштабом зображення, панорамування зображення, керування видимістю шарів тощо;

оперативну візуалізацію атрибутів топографічних об'єктів, що вибираються користувачем на електронній карті;

отримання метаданих про набори топографічних даних та окремі топографічні об'єкти;

виполювання необхідного фрагменту карти у різних масштабах для його друку або збереження у файлі на комп'ютері клієнта;

перегляд, отримання та зберігання метаданих на комп'ютері клієнта у вигляді XML та HTML файлів;

отримання та реєстрацію інформації від користувачів щодо якості наборів даних або окремих топографічних об'єктів;

реєстрацію заявок від користувачів на отримання наборів топографічних даних в обмінних форматах з використанням електронної пошти;

ведення реєстру експорту (завантаження) користувачами наборів топографічних даних із геопорталу;

ведення реєстру підписки користувачів на інформацію про оновлення наборів даних геопорталу та їх обслуговування;

ведення статистики роботи геопорталу.

Для реалізацій програмних засобів ГІС БТД та геопорталу переважно використовуються інструментальні засоби з відкритим кодом та з безкоштовними ліцензіями, зокрема:

PostgreSQL (<https://postgesql.org>) – ОР СКБД з розвинутою підтримкою вбудованих мов програмування для створення вбудованих прикладних процедур та функцій для підтримання нових визначених користувачем типів даних, включаючи типи для геопросторових та мультимедійних даних;

PostGIS (<https://postgis.net>) – бібліотека функцій для підтримання зберігання, маніпулювання і аналізу геопросторових даних в таблицях бази даних ОР СКБД PostgreSQL;

Node.js (<https://node.org/en/>) – платформа з відкритим кодом для реалізації веб-серверів та серверів застосунків, геосервісів та прикладних сервісів з можливістю виконання JavaScript на сервері та відправляти користувачеві результати їх виконання;

Mapnik (<https://mapnik.org>) – засоби реалізації картографічного веб-сервера для генерування зображення електронних карт і картографічних тайлів з використанням різних джерел геопросторових даних у векторних форматах;

Leaflet (<https://leafletjs.com>) – JavaScript-бібліотека з відкритим кодом для реалізації інтерактивних електронних карт на стороні клієнта на основі доступу до веб-геосервісів за стандартами Відкритого геопросторового консорціуму OGC.

Висновки. Бази топографічних даних та геоінформаційні веб-сервіси їх використання в інфраструктурі геопросторових даних стали переважним видом кінцевої продукції національних картографічних і кадастрових агентства розвинених країн.

Створення БТД «Основна державна топографічна карта» в масштабі 1:50 000 є одним із перших кроків в реалізації положень чинного «Порядку загальнодержавного топографічного і тематичного картографування» та забезпечення НІГД України набором базових геопросторових даних загальнодержавного рівня.

Реалізація модельно-керованої архітектури і запропонованої функціональної моделі ГІС БТД відповідає міжнародним стандартам з географічної інформації та охоплює усі технологічні процеси створення безшовної бази топографічних даних на усю територію країни і широкий доступ до неї усіх користувачів в мережі геопорталів НІГД.

Організація постійного топографічного моніторингу місцевості та оперативне оновлення БТД за його результатами дозволить вивести вітчизняне топографічне картографування на новий технологічний рівень та задовольнити потреби усіх галузей економіки в актуальних топографічних даних загальнодержавного рівня.

Вітчизняний і закордонний досвід підтверджує доцільність та ефективність використання для реалізації баз геопросторових даних та геопорталів програмних платформ з відкритими вихідними кодами, завдяки не тільки безкоштовності їх

ліцензій, а й можливості довільного нарощування їх функціональності геопорталів за рахунок розроблення й простого підключення нових прикладних сервісів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Проект* Закону України Про національну інфраструктуру геопросторових даних: 1 лист. 2019 року. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_2?pf3516=2370&skl=10
2. Заєць І. М. Укргеодезкартографія на шляху від інфраструктури картографічного виробництва до інфраструктури геопросторових даних / І.М. Заєць, Ю.О. Карпінський, А.А. Лященко // Вісник геодезії та картографії. – 2011. – №5. – С. 4 – 11.
3. *Карпінський* Ю. О. Еталонна модель бази топографічних даних / Ю.О. Карпінський, А.А. Лященко, Р.М. Рунець // Вісник геодезії та картографії. – 2010. – №2. – С. 28 – 36.
4. *Карпінський* Ю. О. Застосування топографічних планів в умовах розвитку національної інфраструктури геопросторових даних / Ю.О. Карпінський, Н.Ю. Лазоренко-Гевель // Містобудування та територіальне планування. – 2018. – Вип. 68. – С. 712 – 724.
5. *Kent* A.J. Topographic Mapping: Past, Present and Future / A.J. Kent, A. Hopfstock // The Cartographic Journal. – 2018. Vol. 55:4, – Pages 305-308. DOI: 10.1080/00087041.2018.1576973.
6. *Kainz* W.A. Classification of digital map data model. / W.A. Kainz // Proceedings EURO-CARTO, IV, Brno, Czechoslovakia, 1987, April 13 – 16. – P. 105 – 113.
7. *Jakobsson* A. On the Future of Topographic Base Information Management in Finland and Europe. Doctoral dissertation. Helsinki University of Technology/ – 2006. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://lib.tkk.fi/Diss/2006/isbn9512282062>.
8. *Jakobsson* A. Reinventing the National Topographic Database / A. Jakobsson, R. Pives // Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci. XLI-B4 – 2016. – P. 733–736. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLI-B4-733-2016.
9. *Olszewski* R. Methodology of creating the new generation of official topographic maps in Poland / R. Olszewski, J. Zieliński, A. Pillich-Kolipińska, A. Fiedukowicz, A. Głazewski, P. Kowalski. // Proceedings of the 26th ICC2013, Dresden, Germany. – 2013. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://icaci.org/files/documents/ICC2013/_extendedAbstract/248_proceeding.pdf.
10. *García* F. J. New production environment for the National Topographic Database 1:25.000 (IGN-E). Intelligence for geographic databases / F. . García, A. de las Cuevas, A. Marín, V. Martín, F. Sánchez, F. J. González-Matesanz. // Proceedings of the 26th ICC2013, Dresden, Germany [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://icaci.org/files/documents/ICC2013/_extendedAbstract/415_proceeding.pdf.

REFERENCES

1. Proekt Zakonu Ukrainy Pro natsionalnu infrastrukturu heoprosorovykh danykh: pryiniaty 1 list. 2019 roku Retrieved from http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_2?pf3516=2370&skl=10 [in Ukrainian].
2. Zaiets, I. M., Karpinsky, Yu. O., & Lyashchenko, A.A. (2011). Ukrheodezkartohrafiia na shliakhu vid infrastruktury kartohrafichnoho vyrobnytstva do infrastruktury heoprosorovykh danykh [Ukrgeodescartography on the way from the infrastructure of cartographic production to the infrastructure of geospatial data]. *Visnyk heodezii ta kartohrafiï – Journal of Geodesy and Cartography*, 5, 4 – 11 [in Ukrainian].
3. Karpinsky, Yu. O., Lyashchenko, A.A., & Runets, R. M. (2010). Etalonna model bazy topohrafichnykh danykh [Reference model of topographic database]. *Visnyk heodezii ta kartohrafiï – Journal of Geodesy and Cartography*, 2, 28 – 36 [in Ukrainian].
4. Karpinsky, Yu. O., & Lazorenko-Hevel, N. Yu. (2018). – Zastosuvannia topohrafichnykh planiv v umovakh rozvytku natsionalnoi infrastruktury heoprosorovykh danykh [Application of topographic plans in the conditions of the development of national spatial data infrastructure]. *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia – Urban planning and spatial planning*, 68, 712 – 724 [in Ukrainian].
5. Kent, A.J. & Hopfstock, A. (2018). Topographic Mapping: Past, Present and Future. *The Cartographic Journal*, 55:4, 305-308, DOI: 10.1080/00087041.2018.1576973.
6. Kainz, W.A. (1987). Classification of digital map data model. In *Proceedings EURO-CARTO, IV, Brno, Czechoslovakia, 1987, April 13 – 16* (pp. 105 – 113).
7. Jakobsson, A. (2006). On the Future of Topographic Base Information Management in Finland and Europe. *Doctoral dissertation. Helsinki University of Technology*. Retrieved from <http://lib.tkk.fi/Diss/2006/isbn9512282062/>, 180 p +annexes.
8. Jakobsson A. & R. Ilves (2016). Reinventing the National Topographic Database, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. *Spatial Inf. Sci. XLI-B4*, 733–736. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLI-B4-733-2016.
9. Olszewski R., Zieliński J., Pillich-Kolipińska, A., Fiedukowicz A., Głazewski A., & Kowalski P. (2013). Methodology of creating the new generation of official topographic maps in Poland. In *Proceedings of the 26th ICC2013, Dresden, Germany*, 680. Retrieved from https://icaci.org/files/documents/ICC2013/_extendedAbstract/248_proceeding.pdf.
10. García, F. J., de las Cuevas, A., Marín, A., Martín, V., Sánchez, F. & González-Matesanz, F. J. (2013). New production environment for the National Topographic Database 1:25.000 (IGN-E). Intelligence for geographic databases. In *Proceedings of the 26th ICC2013, Dresden, Germany*, 699. Retrieved from https://icaci.org/files/documents/ICC2013/_extendedAbstract/415_proceeding.pdf.

Ю.А. Карпинский, А.А. Лященко, Н.Ю. Лазоренко-Гевель, А.Г. Черин
АРХИТЕКТУРА И ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ БАЗЫ
ТОПОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ

В статье обосновано модельно-управляемую архитектуру и функциональную модель геоинформационной системы базы топографических данных «Основная государственная топографическая карта», первичное наполнение которой осуществляется на основе обновленных цифровых топографических карт масштаба 1:50 000. Предлагаемые решения соответствуют международным стандартам в сфере географической информации, а их реализация обеспечивает комплексное применение новейших геоинформационных технологий и баз геопространственных данных для создания бесшовной базы топографических данных на всю территорию Украины с широким доступ к ней заинтересованных пользователей на геопортале системы. К основным особенностям и новациям создаваемой базы топографических данных относятся: полнота классов топографических объектов и их атрибутов; комплексная система идентификации топографических объектов в базе данных, при которой каждому топографическому объекту присваивается уникальный топографический идентификатор, а также код согласно отраслевому классификатору, если таковой существует; целостность геометрических моделей топографических объектов, при которой объекты не фрагментируются границами листов топографических карт, на которых они отражаются; топологическая согласованность геометрических моделей топографических объектов на уровне топологии планарного графа для всех смежных и пересекающихся объектов; поддержка метаданных как для классов топографических объектов, так и для конкретных их экземпляров и их атрибутов; использование объектно-реляционной системы управления базами данных для реализации интегрированного хранилища всех информационных ресурсов системы; гармонизация моделей геопространственных данных и метаданных, форматов обмена данными, методов и процедур оценки качества данных с требованиями соответствующих международным стандартам серии ISO 19100; оперативное обновление данных в системе по результатам постоянного топографического мониторинга местности; обеспечение широкого и открытого доступа к топографическим данным через геопортал системы.

Ключевые слова: *топографическое картографирование, база топографических данных, национальная инфраструктура геопространственных данных, геопортал, геоинформационная система, геопространственные данные.*

Yu. Karpinsky, A. Lyashchenko, N. Lazorenko-Hevel, A. Cherin
ARCHITECTURE AND FUNCTIONAL MODEL OF THE TOPOGRAPHICAL
DATABASE

The article substantiates the model-driven architecture and functional model of the geoinformation system of the topographic database "Main state topographic map", the primary content of which is carried out on the basis of updated digital topographic

maps at a scale of 1: 50,000. The proposed solutions comply with international standards in the field of geographic information, and their implementation provides a comprehensive application of the latest geoinformation technologies and geospatial databases to create a seamless topographic database for the entire territory of Ukraine with wide access to it by interested users on the system geoportal. The main features and innovations of the topographic database being created include: completeness of classes of topographic objects and their attributes; an integrated system for identifying topographic objects in a database, in which each topographic object is assigned a unique topographic identifier, as well as a code according to the industry classifier, if any; integrity of geometric models of topographic objects, in which objects are not fragmented by the boundaries of the sheets of topographic maps on which they are reflected; topological consistency of geometric models of topographic objects at the level of planar graph topology for all adjacent and intersecting objects; support for metadata both for classes of topographic objects, and for their specific instances and their attributes; use of an object-relational database management system for the implementation of an integrated storage of all information resources of the system; harmonization of geospatial data and metadata models, data exchange formats, methods and procedures for assessing data quality with the requirements of the international standards of the ISO 19100 series; prompt updating of data in the system based on the results of continuous topographic monitoring of the area; providing wide and open access to topographic data through the system's geoportal.

Keywords: *topographical mapping, topographical database, national spatial data infrastructure, geoportal, geographic information system, geospatial data.*

Надійшла до редакції

20.07.2019

УДК 528.9

<https://doi.org/10.32347/0130-6014.2019.67.81-94>

П. П. Король, канд. геогр. наук, доцент,

В.У. Волошин, канд. техн. наук, доцент,

О.В. Мельник, канд. техн. наук, доцент,

Ю.С. Бліндер, канд. техн. наук, доцент,

Східноєвропейський національний університет ім. Лесі Українки

МОДИФІКОВАНІ ЦИЛІНДРИЧНІ ПРОЕКЦІЇ У СУЧАСНИХ СТАНДАРТАХ ПРИСТРОЇВ ВІДОБРАЖЕННЯ

Мета роботи полягає у обґрунтуванні необхідності розроблення дисплей-орієнтованих математичних основ з ортогональною картографічною сіткою та вишукуванні адаптованих до розмірів екранного фрейму параметрів нормальних рівнокутних, рівновеликих і рівнопроміжних циліндричних проекцій географічних карт світу. Методика. Візуалізація геозображень на пристроях відображення ГІС вимагає проектування оптимальних параметрів елементів математичної основи карт, що передбачає вибір або вишукування картографічної проекції,