

¹. Державне підприємство “Науково-дослідний інститут геодезії і картографії”, вул. Велика Васильківська, 69, Київ, 03150, Україна, ел. пошта: karp@gki.com.ua, orcid.org/0000-0002-0701-1277

². Кафедра геоінформатики і фотограмметрії, Київський національний університет будівництва і архітектури, Повітрофлотський проспект, 31, Київ, 03037, Україна, ел. пошта: nadiialg@gmail.com, orcid.org/0000-0002-1572-4947

<https://doi.org/10.23939/istcgcap2020.92.024>

СИСТЕМНА МОДЕЛЬ ТОПОГРАФІЧНОГО КАРТОГРАФУВАННЯ В НАЦІОНАЛЬНІЙ ІНФРАСТРУКТУРІ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ В УКРАЇНІ

У статті запропоновано нову концепцію розвитку топографічного картографування в Україні. **Мета.** Вона ґрунтується на впровадженні нової системної моделі, яка відповідає геоінформаційному підходу до топографічного картографування в умовах розвитку Національної інфраструктури геопросторових даних (НІГД) і передбачає формування наборів геопросторових даних у вигляді баз даних та баз знань на основі чинних стандартів і специфікацій: серії міжнародних стандартів ISO 19100 “Географічна інформація/Геоматика”, Відкритого геопросторового консорціуму (Open Geospatial Consortium – OGS), INSPIRE, національних стандартів України (ДСТУ), комплексу стандартів організації України (COU) “База топографічних даних”. **Методи.** Основою дослідження є аналіз можливостей застосування теорії баз даних і баз знань, міжнародних стандартів і специфікацій. **Наукова новизна і практичне значення.** Це забезпечує високий інтелектуальний рівень базових і тематичних геопросторових даних, який здатний забезпечувати геоінформаційний аналіз і моделювання в сучасних ГІС. Крім того, впровадження інфраструктурного підходу в топографічне виробництво та створення і розвиток постійної системи топографічного моніторингу забезпечить публікацію геопросторових даних у режимі реального часу практично одночасно зі змінами на місцевості, що гарантує підтримання в актуальному стані єдиної цифрової топографічної основи і відповідно наборів базових геопросторових даних для НІГД.

Ключові слова: Національна інфраструктура геопросторових даних (НІГД), топографічне картографування, набір базових геопросторових даних (Core Reference Dataset – CRD), геоінформаційна система (ГІС), База топографічних даних (БТД), геопросторові дані.

Вступ

Ще до проголошення незалежності України було створено високого рівня інфраструктуру картографічного виробництва. Якість, точність, детальність, інформативність і наочність топографічних карт були дуже високими [Lee, 2003; Сосса Р.І., 2014], але зі стрімким розвитком методів і технологій для збирання геопросторових даних, як-от контактні (наземні: горизонтальні та вертикальні зйомки: планові, висотні, планово-висотні; тахеометричне зйомки; зйомки за допомогою глобальних навігаційних супутникових систем (ГНСС); наземна фотограмметрична зйомка та лазерне сканування; зйомка за допомогою мобільних картографічних систем та інерціальних навігаційних систем), дистанційні (космічна, аерофотозйомка та зйомка безпілотними літальними апаратами (БПЛА – unmanned

aerial vehicles (UAVs)), Opensource та crowd-sourcing технології збирання геопросторових даних та їхні комбінації [Карпінський та ін., 2018]; зі зростанням швидкості їх опрацювання і поширення для задоволення сучасних потреб користувачів, класичне значення топографічних карт як цілісних картографічних творів багатозначного призначення також змінилося.

Наразі в світі, топографічна карта в її класичному значенні вже не є бажаним кінцевим продуктом, на зміну їм прийшли бази топографічних даних, які є сукупністю взаємопов'язаних складних структурованих геопросторових даних [Sarjakoski, 1997; Jakobsson, 2006].

Цифрові топографічні карти в Україні створюються в середовищі сучасних геоінформаційних систем (ГІС): ArcGIS, QGIS, GeoMedia тощо. Такі карти виготовляють для конкретного замовника, і власне лише він ними користується

задля власних потреб. Тобто виготовляють карту один раз для конкретного замовника, для виконання конкретних завдань. Тому в інфраструктурі картографічного виробництва, як правило, не ведеться топографічний моніторинг місцевості, а отже, немає постійного оновлення інформації про зміну стану місцевості. Окрім того, картографічна та кадастрова діяльність в Україні проводяться в умовах недостатньої співпраці різних відомств і, часто, конкуренції між різними інституціями в питаннях кадастру та, як наслідок, без координації і без загальноприйнятої на національному рівні чітко визначеної концепції розвитку кадастрів.

Галузеві кадастри розрізнені організаційно і функціонально. Рівень і форми фінансового, нормативного, методичного, інформаційного і технологічного забезпечення галузевих кадастрів дуже різняться. Це призвело до одночасної дії різних відомчих “мандатів”: постанов, галузевих нормативних документів, відомчих наказів, тимчасових вказівок, методик тощо у ході збирання, реєстрації і використання інформації в різних кадастрових системах.

Зважаючи на те, що збирання й опрацювання геопросторових даних дуже затратний процес як у фінансовій, так і в часовій площині, то логічно буде дотримуватися такого правила: “Геопросторові дані, які були зібрані, мають використовуватися багаторазово і різними користувачами”. Цю багаторазовість використання геопросторових даних можливо досягти в умовах створення і розвитку Національної Інфраструктури Геопросторових Даних (НІГД).

Постановка проблеми

Сучасний стан прийняття управлінських рішень по розвитку територій і просторового планування характеризується широким використанням геоінформаційних систем і технологій на основі міжгалузевої інтеграції геопросторових даних, що обумовлює перехід від інфраструктури картографічного виробництва до розвитку інфраструктур геопросторових даних. Враховуючи те, що вартість управлінських рішень по управлінню територіями зростає, то в цих умовах значно зростають вимоги до геопросторових даних. Особливого значення набувають набори

базових геопросторових даних (Core Reference Dataset), які є єдиною топографічною основою для інтегрування всіх наборів тематичних даних.

Таке підвищення значення топографічної основи крім традиційних вимог, таких як: актуальність, достовірність, точність, детальність, інформативність, наочність, – потребує додаткових вимог по підвищенню інтелектуального рівня набору базових даних, які б відповідали сучасному рівню розвитку геоінформаційних систем і повною мірою забезпечували геопросторовий аналіз і моделювання, інтероперабельність даних та можливість інтеграції даних з різних джерел.

Проаналізувавши перелік даних, які відносяться до набору базових геопросторових даних можна зробити висновок, що він складається переважно з об’єктів реального світу, тобто топографічних об’єктів, що в свою чергу підвищує важливість топографічного картографування в умовах розвитку НІГД.

Аналіз останніх досліджень

Основою проведення дослідження є аналіз можливостей застосування теорії баз геопросторових даних та баз знань, які мають створюватися на основі використання серії міжнародних стандартів ISO 19100 “Географічна інформація/Геоматика”, Відкритого геопросторового консорціуму (Open Geospatial Consortium – OGC) та INSPIRE для вирішення завдань підвищення інтелектуального рівня наборів базових геопросторових даних.

Дослідження пов’язане з реалізацією українсько-японського проекту “Створення національної інфраструктури геопросторових даних в Україні” (2015–2018 рр.) та українсько-норвезьким проектом “Карти для сприяння належному управлінню землями в Україні”, метою якого є створення цілісної бази топографічних даних Основної державної топографічної карти. Вхідними даними для Базы топографічних даних будуть оновлені цифрові топографічні карти масштабу 1:50 000 для всієї території України. Ці цифрові топографічні карти також стануть набором базових геопросторових даних для НІГД.

Нині в Україні ведуться 13 видів державних кадастрів, а саме: земельний, містобудівний, водний, лісовий, родовищ і проявів корисних копалин, природних лікувальних ресурсів, територій та об'єктів природно-заповідного фонду, природних територій курортів, кадастри тваринного світу та рослинного світу, сховищ радіоактивних відходів, водних біоресурсів та рибогосподарських водних об'єктів та національний кадастр антропогенних викидів та абсорбції парникових газів. Всі вони потребують актуальних і якісних базових наборів геопросторових даних у вигляді топографічних карт і планів.

У 2018 році проведено аналіз топографо-геодезичних та геоінформаційних робіт з використанням тендерних матеріалів для визначення попиту на топографо-геодезичні роботи та картографічну продукцію в Україні.

Інформацію про державні закупівлі було отримано з тендерних майданчиків, і вона використовувалася як показник попиту на топографо-геодезичні роботи і картографування продукції та для виявлення сфер їх застосування.

Розглянуто 64 тендери за період 2016–2018 років. У відсотковому відношенні було визначено поділ тендерів за офіційними категоріями

(рис. 1): науково-технічні послуги в галузі інженерії становлять 28 %; архітектурні, інженерні та геодезичні послуги – 14 %; послуги, пов'язані з програмним забезпеченням – 11 %; інформаційні системи – 6 %; по 5 % становлять: комплексні інженерні послуги; послуги з обробки даних; послуги цифрового картографування та на інші припадає 26 %. Відповідно до категорій тендерів було визначено їх розподіл за призначенням: найбільше було замовлень на створення/оновлення топографічних планів території міст та населених пунктів – 24, програмне забезпечення для роботи з геопросторовими даними містобудівного кадастру – 8, створення топографічної основи для містобудівної документації – 6, програмне забезпечення для роботи з іншими тематичними геопросторовими даними тощо (рис. 2). При цьому найбільшим попитом користувалися топографічні плани масштабу 1:2000, найменшим – 1:5000. Крім того 3 тендери стосувалися створення топографічних карт масштабів 1:10000, 1:25000, 1:100000 для території міст та південних областей України для військових цілей (рис. 3) [Карпінський, Лазоренко-Гевель, 2018].



Рис. 1. Розподіл тендерів за офіційними категоріями, %



Рис. 2. Розподіл тендерів за призначенням

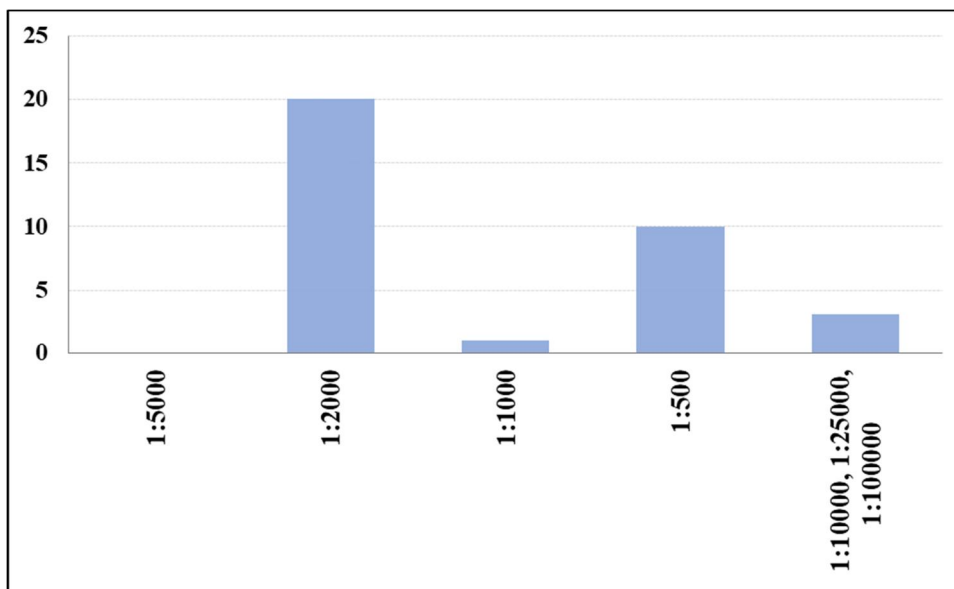


Рис. 3. Ранжування тендерів по масштабам топографічних планів і карт

Метою статті є дослідження чи цифрові топографічні карти можуть бути набором базових геопросторових даних для створення і розвитку національної інфраструктури геопросторових даних; обґрунтування основних принципів топографічного картографування в умовах розвитку НІГД в Україні та нової системної моделі, що описує геоінформаційний підхід до топографічного картографування в НІГД і враховує важливість створення та розвитку топографічного моніторингу місцевості, а також вирішує питання багаторазового використання баз геопросторових даних.

У 2019 році стартував в Україні загальнодержавний українсько-норвезький проект “Карти для сприяння належному управлінню землями в Україні”. Цей проект складається з таких трьох компонентів: створення (оновлення) цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000 на всю територію України; створення цілісної Базы Топографічних даних і Геоportалу Основної Державної Топографічної Карти. Метою створення (оновлення) цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000 для всієї території України є створення Основної державної топографічної карти як сукупності взаємопов’язаних структу-

рованих геопросто-рових даних у Базі топографічних даних та їх відображення на Геопорталі Основної державної топографічної карти для забезпечення актуальності єдиної цифрової топографічної бази шляхом ведення топографічного моніторингу місцевості та для розвитку національної інфраструктури просторових даних в Україні.

Результати

Топографічне картографування K_m в інфраструктурі картографічного виробництва. Картографічний підхід до виробництва цифрових топографічних карт і планів можна описати у вигляді системної моделі як взаємодію трьох систем: місцевості **T**, яка містить множину об'єктів, що картографується; множини топографічної інформації **I**, отриманої в

результаті топографічних знімачь f_{TI} , та цифрової карти **M**, яка формується в результаті оброблення топографічної інформації в середовищі геоінформаційних систем f_{IM} (рис. 4) [Лисицкий, 1984]:

$$K_m = \{T, I, M, F\}$$

де K_m – топографічне картографування в інфраструктурі картографічного виробництва; **T** – місцевість: множина об'єктів, що картографується під час виконання комплексу робіт по топографічному зніманню f_{TI} ; **I** – множина топографічної інформації f_{TI} :

$$T \rightarrow I, f_{TI} \in F;$$

f_{IM} – формування цифрової карти в середовищі геоінформаційних систем, шляхом застосування картографічних методів $f_{IM}: I \rightarrow M, f_{IM} \in F$; **M** – цифрова карта.

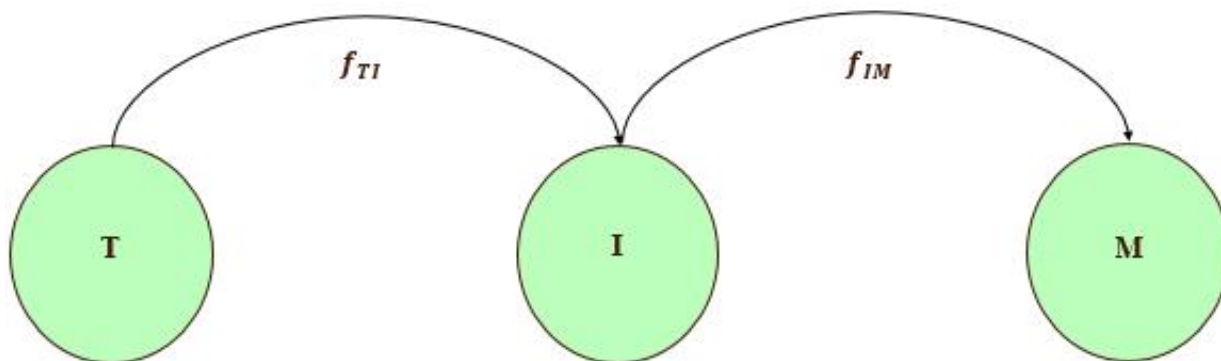


Рис. 4. Системна модель картографічного підходу до виробництва цифрових топографічних карт і планів

У теперішній час основні тенденції розвитку топографо-геодезичної та картографічної діяльності обумовлюються розвитком інформаційних технологій, зокрема, глобальних навігаційних супутникових систем (ГНСС) визначення місцезнаходження об'єктів, аерокосмічних систем високої роздільної здатності для отримання інформації про Землю, створення високопродуктивних засобів отримання просторової інформації про Землю в режимі реального часу на основі систем оптико-електронного сканування місцевості, супутникової радіолокації, лазерної локації наземного та повітряного базування, цифрового аерофотознімання включаючи безпілотні літальні апарати, неметричні фотока-

мери, піктографічне знімання для створення реалістичних моделей місцевості, цифрових методів обробки зображень та геопросторової інформації, широкого використання геоінформаційних систем і телекомунікаційних технологій як основного засобу забезпечення доступу суспільства до геопросторових даних та інформації тощо Життєвий цикл створення або оновлення топографічних карт зменшився до 3–6 місяців. Цифрові топографічні карти створюються в сучасних ГІС для конкретного замовника і власне лише він ними користується задля власних потреб [Lee, 2003].

При такому підході цифрова карта є “зрізом місцевості” на певний час і не враховує зміни

місцевості. Крім того, під час топографічних знімаль, як правило, збираються виключно топографічні характеристики геопросторових об'єктів та не інтегруються дані з різних джерел. Виготовлення цифрової карти відбувається в середовищі конкретної ГІС, що не забезпечує інтероперабельність геопросторових даних, зібраних в інших ГІС, спричиняє проблеми зі створення, оновлення, обміну та поширення таких даних між різними виробниками та користувачами. Обмін геоінформаційними моделями між ГІС різних виробників відбувається за допомогою конверторів даних. З такою архітектурою легко визначити основні недоліки корпоративних ГІС. Крім того процес конвертування великих обсягів даних перетворюється на трудомісткий, конвертовані дані, як правило, не повністю відображають вихідну структуру вихідної геоінформаційної моделі. Це, в свою чергу, вимагає додаткових витрат на коригування результатів моделі перетворення, і накопичує дублювання інформації в різних форматах ГІС, практично – цілісність та адекватність моделей даних точно не забезпечуються, а управління даними здійснювати важко.

Зважаючи на зазначене вище, відповідь на питання чи можуть цифрові топографічні карти у вигляді файлових структур бути набором базових геопросторових даних для створення і розвитку національної інфраструктури геопросторових даних є очевидною: ні не можуть, оскільки головною умовою створення і розвитку НІГД є інтероперабельність геопросторових даних щодо їх створення, інтеграції з різних джерел, оновлення, обміну, поширення між різними виробниками і користувачами.

Топографічне картографування K_D в національній інфраструктурі геопросторових даних. Запропоновано нову системну модель, яка описує геоінформаційний підхід до топографічного картографування в інфраструктурі геопросторових даних. Ця динамічна модель складається з чотирьох систем: T – місцевості з множиною геопросторових об'єктів, що моделюються; I – множини топографічної інформації, яка отримується внаслідок топографо-геодезичних і картографічних робіт за допомогою методів збирання геопросторових даних

f_{TI} ; D – банку топографічних даних, який формують бази топографічних даних f_{ID} і M – множини цифрових топографічних карт, які формуються в процесі виконання запитів f_{DM} до банку топографічних даних. При чому модель враховує зміни на місцевості – f_{TT} , ці зміни місцевості вносяться під час оновлення множини топографічної інформації – f_{II} , далі відбувається процес оновлення банку топографічних даних – f_{DD} і відповідно виникає можливість оновлення множини цифрових карт (рис. 5).

$$K_D = \{T, I, D, M, F\}$$

де K_D – топографічне картографування в інфраструктурі геопросторових даних; I – множина топографічної інформації; F :

$$T \rightarrow M, F = \{f_{TT}, f_{TI}, f_{II}, f_{ID}, f_{DD}, f_{DM}, f_{MM}\}$$

D – банк топографічних даних; M – множина цифрових топографічних карт; f_{TT} – процес зміни місцевості:

$$f_{TT}: T \rightarrow T, f_{TT} \in F;$$

f_{TI} – комплекс робіт по топографічному зніманню:

$$f_{TI}: T \rightarrow I, f_{TI} \in I;$$

f_{II} – оновлення множини топографічної інформації:

$$f_{II}: I \rightarrow I, f_{II} \in F;$$

f_{ID} – формування бази топографічних даних – Clearing House:

$$f_{ID}: I \rightarrow D, f_{ID} \in F;$$

f_{DD} – оновлення бази топографічних даних:

$$f_{DD}: D \rightarrow D, f_{DD} \in F;$$

f_{DM} – формування множини цифрових топографічних карт:

$$f_{DM}: D \rightarrow M, f_{DM} \in F;$$

f_{MM} – оновлення множини цифрових топографічних карт:

$$f_{MM}: M \rightarrow M, f_{MM} \in F;$$

Саме сукупність процесів F : $f_{TT}, f_{TI}, f_{II}, f_{ID}, f_{DD}, f_{DM}, f_{MM}$, – власне, і є складовими топографічного моніторингу місцевості:

$$F = \{f_{TT}, f_{TI}, f_{II}, f_{ID}, f_{DD}, f_{DM}, f_{MM}\}.$$

1. Архітектуру Основної державної топографічної карти (рис. 6), яка відповідає геоінформаційному підходу до топографічного картографування в умовах розвитку національної інфраструктури геопросторових даних можна описати таким чином:

2. Маємо місцевість з множиною геопросто-

рових об'єктів (T), яка постійно змінюється в часі f_{TT} ;

3. Множина топографічної інформації, яка отримується внаслідок топографо-геодезичних і картографічних робіт за допомогою методів збирання геопросторових даних f_{TI} . До останніх належать методи: контактні, дистанційні, складання карт, Opensource і crowsourcing-технологій та комбіновані [Карпінський, Лазоренко-Гевель, 2018)]. Зміни місцевості вносяться під час оновлення множини топографічної інфор-

мації – f_{II} .

Банк топографічних даних D , який формують бази топографічних даних – f_{ID} , СКБД і ГІС-інструментарій. Бази топографічних даних формуються за допомогою UML-моделей, розроблених на основі міжнародних і національних стандартів та специфікацій у сфері “Географічна інформація/Геоматика”. Інформація про зміни на місцевості оновлюється в БТД у режимі реального часу.

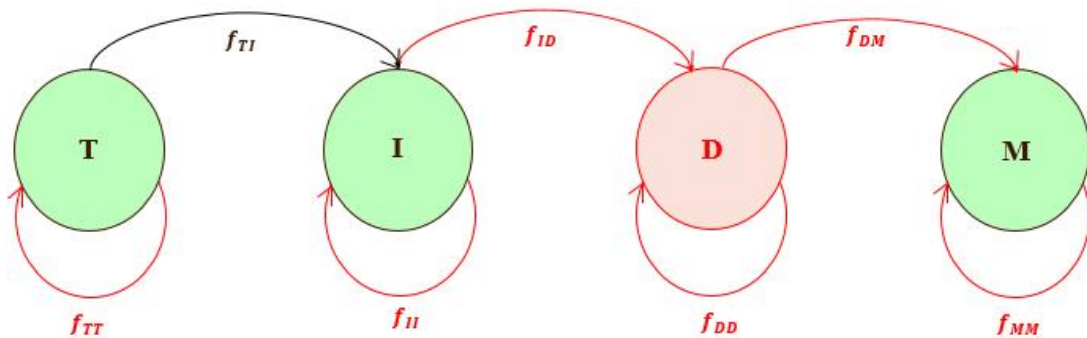


Рис. 5. Системна модель геоінформаційного підходу до топографічного картографування в національній інфраструктурі геопросторових даних

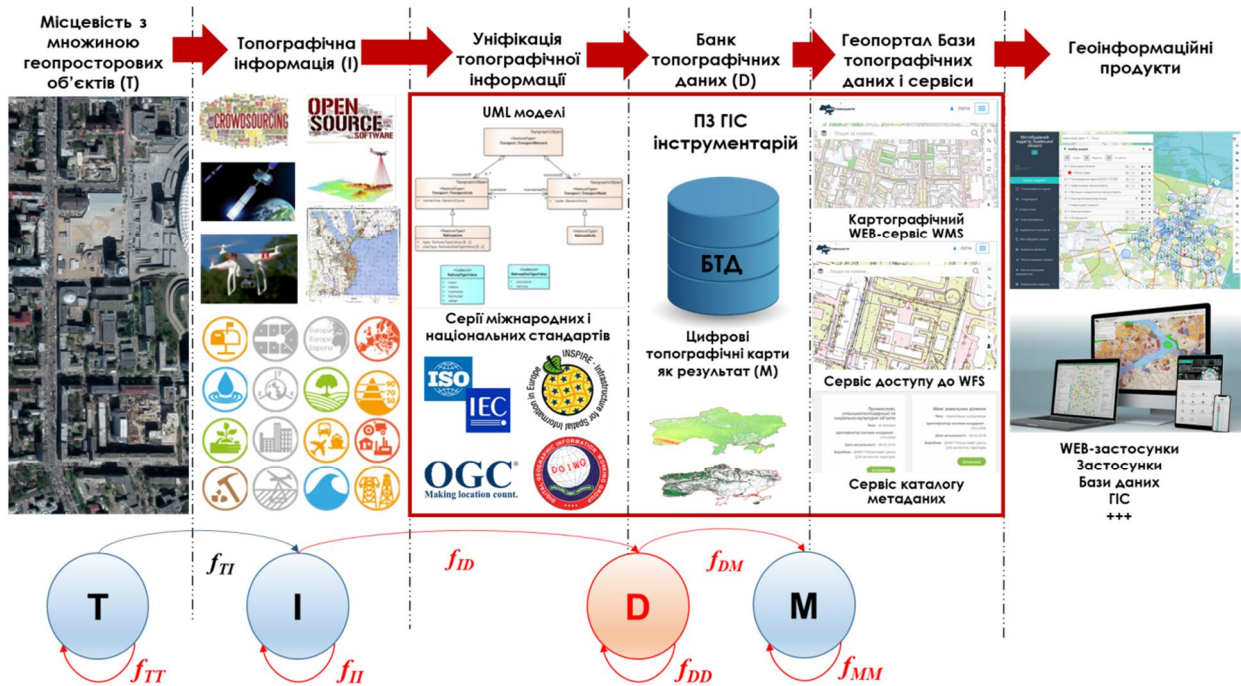


Рис. 6. Архітектура основної державної топографічної карти в НІГД

1. Цифрові топографічні карти M формуються в результаті запитів до банку топографічних даних – f_{DM} . Постійне оновлення інформації в банку топографічних даних забезпечує оновлення множини цифрових карт – f_{MM} та ведення топографічного моніторингу місцевості.

2. Підвищення рівня доступу до Основної державної топографічної карти забезпечують геопортал та сервіси:

- сервіси пошуку, що забезпечують виявлення геопросторових даних та сервісів геопросторових даних в інформаційних мережах;
- сервіси перегляду геопросторових даних, інформації про характеристики геопросторових об'єктів та змісту метаданих;
- сервіси доступу, що забезпечують безпосередній доступ до геопросторових даних або отримання їхніх копій;
- сервіси координатних операцій, що забезпечують трансформування та перетворення координат геопросторових даних з однієї системи координат або картографічної проекції в іншу.

3. На основі інформації, отриманої з геопорталу Основної державної топографічної карти виробники створюють свої геоінформаційні продукти: WEB-застосунки, ГІС-застосунки, набори тематичних геопросторових даних та ГІС.

Наукова новизна і практична значущість

Геоінформаційний підхід до топографічного картографування в національній інфраструктурі геопросторових даних ґрунтується на таких принципах:

1. Топографічний моніторинг місцевості повинен розвиватися.
2. База топографічна даних є ядром топографічного картографування. БТД – не залежна від програмного забезпечення ГІС.
3. Формування цифрових топографічних карт та інших карт як результати запитів до Базы топографічних даних.
4. Підвищення інтелектуального рівня створення геопросторових даних.
5. Інтегрування наборів базових і тематичних геопросторових даних.

1. Топографічний моніторинг місцевості повинен розвиватися. Всі топографічні дані повинні оновлюватися в базі топографічних даних у результаті здійснення топографічного моніторингу за правилами:

- будь-який артефактний об'єкт може бути введеним в експлуатацію тільки після виконавчого топографічного знімання з помещенням в Базу топографічних даних;
- також можна використовувати Big Data [Lu, et al., 2016] і crowdsourcing-технології для виявлення змін топографічних об'єктів місцевості, такі зміни можуть бути виправлені і вноситися лише після того, як виконано виконавчу топографічну зйомку та її результати завантажено у Базу топографічних даних;
- дані про природні топографічні об'єкти оновлюються не рідше одного разу на 3–5 років.

Очевидно, що організація такої системи топографічного моніторингу можлива тільки в умовах національної інфраструктури геопросторових даних, яка вимагає ефективної взаємодії між її учасниками.

2. База топографічна даних є ядром топографічного картографування. БТД – не залежна від програмного забезпечення ГІС. В інфраструктурі геопросторових даних діє принцип “дані, які створено один раз в одному місці використовуються багаторазово” різноманітними користувачами в середовищі різноманітних геоінформаційних систем.

В архітектурі сучасних ГІС, які за еволюцією геоінформаційних систем належать до ГІС третього покоління, спостерігається їхнє повне інтегрування з універсальними СКБД, а також їхній вихід у глобальний інформаційний простір через Інтернет. У таких ГІС обидві компоненти моделі географічних об'єктів (атрибутивна й просторова) зберігаються в середовищі єдиної бази даних, а розширена мова SQL дозволяє описувати множину просторових предикатів для виконання просторового аналізу [Hampe, et al., 2004; Jakobsson, 2006].

Ефективним методом дотримання цього принципу є використання баз даних, незалежних від будь яких ГІС. Незаперечними перевагами використання баз даних є:

1. Мінімізація надлишковості даних. Застосування баз даних дає змогу мінімізувати над-

лишковість даних, яка є властивою для файлових систем. Саме скорочення та взагалі вилучення дублювання даних забезпечує їхню ефективну експлуатацію та підвищення достовірності. Вилучення дублювання даних та мінімізація їхньої надлишковості забезпечується взаємопов'язаністю даних, підтримкою різноманітних зв'язків між даними.

2. Уніфікація засобів організації даних досягається використанням прикладних схем, розроблених на основі міжнародних стандартів та національних стандартів України в сфері Географічної інформації/Геоматики. Наразі в Україні за поданням Державного підприємства “Науково-дослідного інституту геодезії і картографії”, який здійснює функції секретаріату Технічного комітету стандартизації ТК 103 “Географічна інформація/Геоматика”, Національний орган стандартизації – Державне підприємство “Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості” (ДП “УкрНДНЦ”) наказом № 226 від 14 серпня 2017 прийняв 14 національних стандартів, гармонізованих з міжнародними стандартами серії ISO 19100 “Географічна інформація/Геоматика”, крім того, відповідно до Наказу № 158 від 11 червня 2018 р. ДП “УкрНДНЦ” 1 липня набув чинності Національний стандарт України ДСТУ 8774:2018 “Географічна інформація. Правила моделювання геопросторових даних” [Національний стандарт, 2018]. Використання цих національних стандартів в сфері топографо-геодезичної і картографічної діяльності є однією з основних умов створення і розвитку єдиної державної топографічної основи та національної інфраструктури геопросторових даних в Україні.

3. Синхронна підтримка даних (синхронна реплікація). У випадку синхронної реплікації діє правило: якщо дана репліка оновлюється, то всі інші репліки того ж фрагменту даних повинні бути оновлені в тій самій транзакції. Логічно це означає, що існує тільки одна версія даних. У більшості продуктів синхронна реплікація реалізується за допомогою тригерних процедур. Недоліком синхронної реплікації є те, що вона створює додаткове навантаження при виконанні транзакцій, в яких оновлюються репліки.

4. Цілісність та захист від несанкціонованого доступу, яка визначає відповідність інформації баз даних її внутрішній структурі та заданим правилам. Кожне правило накладає певне обмеження на можливий стан бази даних – обмеження цілісності (*integrity constraint*). Під цілісністю баз даних розуміється несуперечливість та відповідність визначеним вимогам даних, що зберігається. Враховуючи те, що бази даних орієнтовані на широке коло застосувань то необхідним є заходи для захисту від несанкціонованого доступу.

5. Незалежність структур даних від програмного забезпечення. Використання баз даних забезпечує високий рівень незалежності даних від програм, що означає можливість зміни структури даних без зміни програмного забезпечення, що їх використовує. Ця властивість баз даних забезпечує децентралізований розвиток інформаційних систем. Внесення змін до структур даних не вимагає звернення до розробників програмного забезпечення, що забезпечує значну гнучкість для модернізації інформаційних систем на місцях.

6. Незалежність програмного забезпечення від структур даних. Використання баз даних забезпечує високий рівень незалежності програм від змін структури даних, що означає можливість зміни програмного забезпечення без зміни структури даних. Ця властивість баз даних забезпечує розвиток програмного забезпечення з гарантуванням сумісності з наявними структурами даних.

Розподілена база геопросторових даних (РБГД) від англ. *distributed geospatial database* (DGDB) – це база геопросторових даних, яка розташована на сукупності віддалених вузлів. Розподілена система керування базами даних – це програмне забезпечення, яке призначене для управління РБГД, причому в їхніх межах можуть бути різні СКБД. Власне в цьому і перевага використання РБГД під час створення (оновлення) єдиної топографічної основи для інтегрування всіх наборів тематичних даних в умовах розвитку національної інфраструктури геопросторових даних в Україні. Обмін інформацією здійснюється через комунікаційну мережу. Усі користувачі РБГД – рівноправні, незалежно від віддаленості.

Крім того, необхідно взяти до уваги, що тематичні та атрибутивні геопросторові дані можуть створюватися і вестися різноманітними організаціями-утримувачами, що здійснюють їхній моніторинг. Тому ефективним інструментарієм забезпечення їх інтеграції та синхронізації даних є використання розподілених баз геопросторових даних [Frank, 1988].

Це забезпечує повну свободу виробникам і користувачам геопросторових даних і продуктів використовувати різне програмне забезпечення

(рис. 7). Інтєроперабельність забезпечується завдяки використанню прикладних схем, створених на основі серії міжнародних та національних стандартів України в сфері “Географічна інформація/Геоматика”.

3. Створення цифрових топографічних карт. Всі цифрові карти складаються в результаті запиту до Баз топографічних даних. Як правило, такі запити по формуванню цифрових карт здійснюються у форматі GML, який також не залежить від конкретних ГІС.

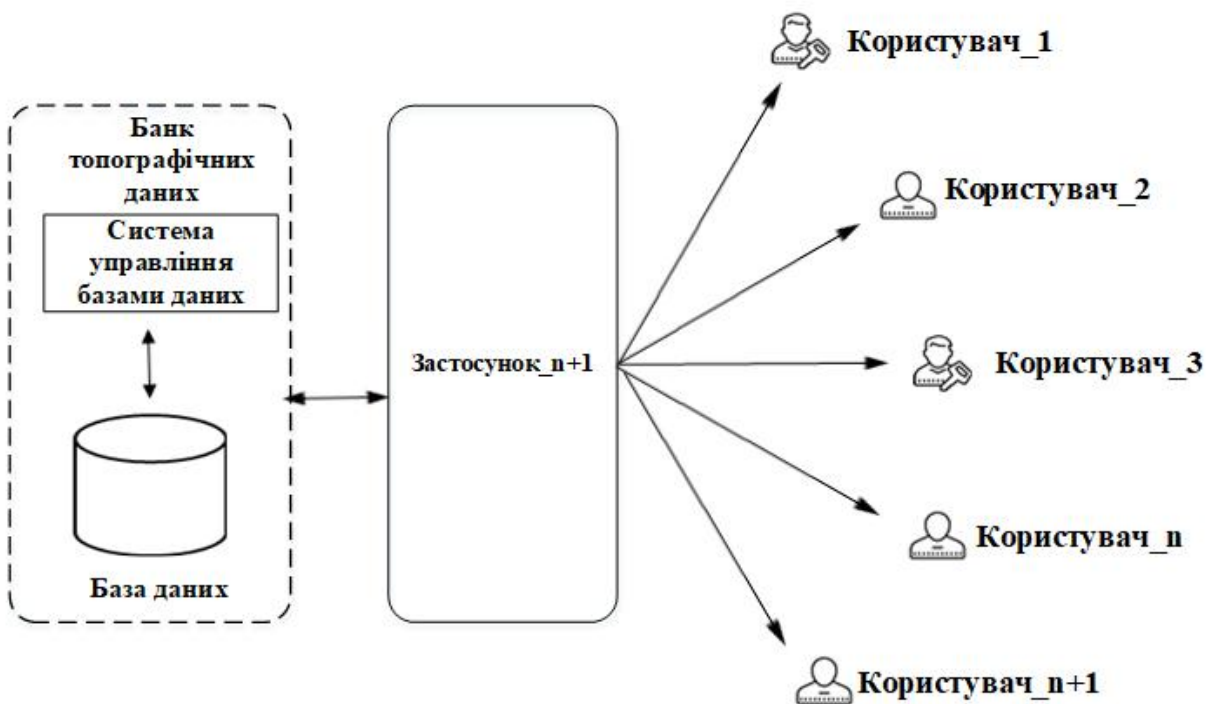


Рис. 7. Застосування баз геопросторових даних для створення, оновлення, обміну та поширення цифрових топографічних карт і планів, створених різними виробниками в середовищі різних ГІС

4. Підвищення інтелектуального рівня створення геопросторових даних. Це забезпечується застосуванням просторових схем, опису внутрішньої конструкції моделей і правил цифрового опису геопросторових об’єктів, уніфікації каталогу об’єктів та їх атрибутів, топологічної узгодженості геометрії відповідно до стандартів і специфікацій: серією національних стандартів України ДСТУ ISO 19100 “Географічна інформація/ Геоматика”, прийнятих методом прямого підтвердження міжнародних стандартів цієї серії і ДСТУ 8774:2018 “Географічна інформація. Правила моделювання геопросторових даних”, комплексом стандартів

організацій України (COU) “База топографічних даних”. Використання зазначених вище стандартів забезпечить уніфікацію структури та складу цифрових моделей місцевості в базах топографічних даних і покращить якість та сумісність топографічних даних, що постачаються різними виробниками.

5. Інтегрування наборів базових і тематичних геопросторових даних. При існуючій картографічній парадигмі атрибутивні характеристики топографічних об’єктів збираються в результаті виконання топографічних знімачів. Як правило, ці атрибутивні характеристики не містять повноцінної тематичної інформації про

ці об'єкти. Одночасно з цим організації-утримувачі тематичних даних цих геопросторових об'єктів, як правило, експлуатують ці об'єкти і в силу своєї діяльності збирають та оновлюють необхідну для ефективного управління цими об'єктами, цінну інформацію. Для інтегрування (з'єднання) базових та тематичних геопросторових даних, виділяється географічний ідентифікатор, який присутній в обох наборах даних і за яким виконується з'єднання об'єктно-реляційних відношень (рис. 8).

Ця інтеграція забезпечується використанням операції реляційної алгебри з'єднання (Join) різних базових і тематичних наборів геопросторових даних, які підтримують різні виробники геопросторових даних в середовищах різних систем керування баз даних на основі встановлених географічних ідентифікаторів відповідно до національного стандарту ДСТУ ISO 19112:2017 (ISO 19112:2003, IDT). "Географічна інформація. Просторова прив'язка за географічними ідентифікаторами" [Karpinskyi, та ін., 2020].

Таке з'єднання дозволяє мінімізувати набір атрибутів для набору базових геопросторових даних і обов'язкового постійного зберігання для кожного об'єкта, що включає: код класу, унікальний в класі ідентифікатор та назву об'єкта, а також обов'язкові ідентифікатори (коди)

об'єктів за офіційними загально-державними системами класифікації (кодифікації) об'єктів у відповідних галузевих реєстрах:

- 1) КОАТУУ для об'єктів адміністративно-територіального устрою України;
- 2) коди електромереж високої напруги відповідно до реєстрів Міністерства енергетики України;
- 3) кадастрові номери земельних ділянок відповідно до реєстру Державного земельного кадастру Державної служби України з питань геодезії, картографії та кадастру;
- 4) коди річок, водойм та водостоків – за класифікатором Державного водного кадастру Державного агентства водних ресурсів України;
- 5) лісів та рослинності – за реєстром Державного лісового кадастру Державного агентства лісових ресурсів України;
- 6) будівель та споруд – за реєстрами об'єктів нерухомості, реєстрами бюро технічної інвентаризації (БТІ) та містобудівного кадастру Міністерства розвитку громад та територій України;
- 7) автошляхи, мости, переїзди, об'єкти залізниці за реєстрами Міністерства інфраструктури України, АТ "Укрзалізниці", Державного агентства автомобільних доріг України (Укравтодору) та ін.

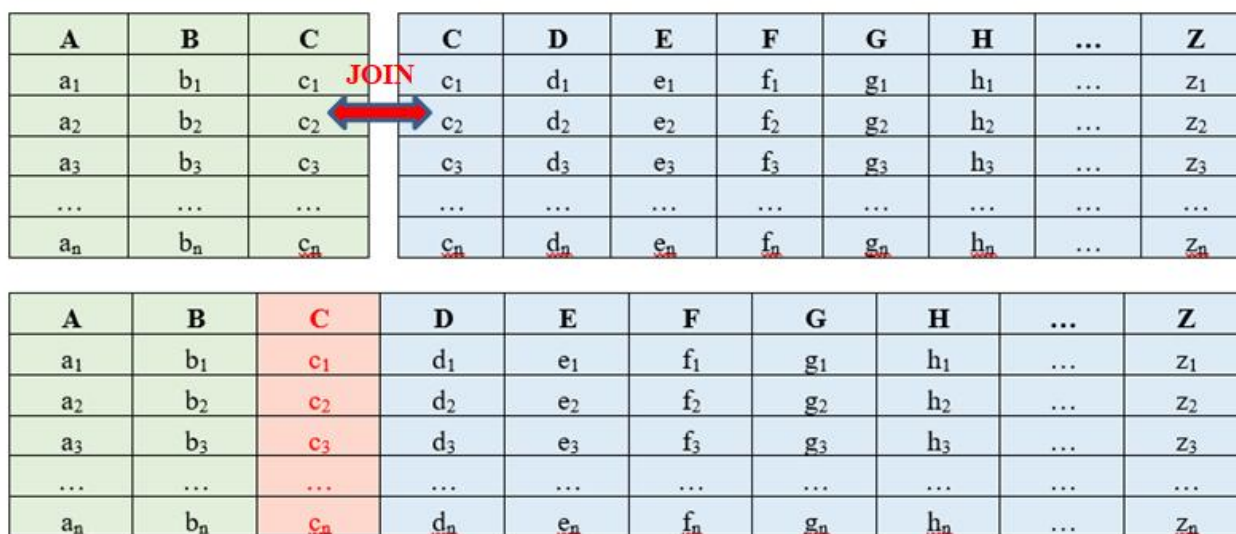


Рис. 8. Приклад інтегрування наборів базових і тематичних геопросторових даних в об'єктно-реляційній базі геопросторових даних

Висновки

У статті досліджено два підходи щодо виробництва цифрових топографічних карт і планів: картографічний та геоінформаційний. Було виявлено, що картографічний підхід під час створення (оновлення) цифрових топографічних карт більше не задовольняє сучасні потреби галузей економіки і суспільства, оскільки при такому підході цифрова карта є “зрізом місцевості” на певний час і не враховує зміни місцевості, не забезпечує можливість інтеграції даних, зібраних з різних джерел для оновлення карт та виготовлення цифрової карти відбувається в середовищі конкретної ГІС, що не забезпечує інтероперабельність геопросторових даних, зібраних в інших ГІС, спричиняє проблеми зі створення, оновлення, обміну та поширення таких даних між різними виробниками та користувачами.

Також виявлено, що цифрові топографічні карти у вигляді файлових структур не можуть бути набором базових геопросторових даних, але можуть бути в тому випадку, якщо їх створювати (оновлювати) у вигляді наборів даних у складі бази топографічних даних.

В архітектурі сучасних ГІС, які за еволюцією геоінформаційних систем належать до ГІС третього покоління, спостерігається їх повне інтегрування з універсальними СКБД, а також їх вихід у глобальний інформаційний простір через Інтернет. У таких ГІС обидві компоненти моделі географічних об'єктів (атрибутивна й просторова) зберігаються в середовищі єдиної бази даних, а розширена мова SQL дозволяє описувати множину просторових предикатів для виконання просторового аналізу.

Тому запропоновано нову системну модель, яка відповідає геоінформаційному підходу до топографічного картографування в умовах розвитку національної інфраструктури геопросторових даних і передбачає формування наборів геопросторових даних у вигляді баз даних та баз знань.

Впровадження інфраструктурного підходу в топографічне виробництво та створення і розвиток постійно діючої системи топографічного моніторингу забезпечить публікацію геопросторових даних в режимі реального часу практично одночасно зі змінами на місцевості, що гарантує

підтримання в актуальному стані єдиної цифрової топографічної основи і відповідно наборів базових геопросторових даних для НІГД.

Створюватися такі бази геопросторових даних повинні відповідно до: серії міжнародних ISO 19100 “Географічна інформація/ Геоматика”, Відкритого геопросторового консорціуму (OGS), INSPIRE, національних стандартів України (ДСТУ), комплексу стандартів організацій (COU) “База топографічних даних”, що забезпечують їх високий інтелектуальний рівень, забезпечують геоінформаційний аналіз та моделювання у середовищі сучасних ГІС.

Саме бази геопросторових даних можуть забезпечувати інтеграцію даних на основі з'єднання (Join) різнорідних об'єктно-реляційних моделей. Також використання розподілених баз геопросторових даних забезпечить незалежність геопросторових даних від будь-яких ГІС, які обмежують використання і обмін даними між різними виробниками і користувачами геопросторових даних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Карпінський Ю. О., Лазоренко-Гевель Н. Ю. Застосування топографічних планів в умовах розвитку національної інфраструктури геопросторових даних Містобудування і територіальне планування, К.: КНУБА, 2018. Вип. 68. С. 712–724. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/MTP_2018_68_85
- Карпінський Ю. О., Лазоренко-Гевель Н. Ю. (2018) Методи збирання геопросторових даних для топографічного картографування Сучасні досягнення геодезичної науки і виробництва. Збірник наукових праць, 2018. Вип. I (35). С. 204–211. URL: <http://gki.com.ua/ua/metodi-zbirannja-geoprostorovich-danih-dlja-topografichnogo-kartografuvannja>
- Лисицкий Д. Б. Системный анализ способов наземной топографической съемки Системные исследования в геодезии. Межвузовский сборник, Новосибирск, 1984. С. 76–84.
- Національний стандарт України ДСТУ 8774:2018 “Географічна інформація. Правила моделювання геопросторових даних”: URL: <http://gki.com.ua/ua/prinjato-nacionalni-standart-ukraini-dstu-87742018-geografichna-informacija-pravila-modeljuvannja-geoprostorovich-danih>
- Сосса Р. І. Топографічне картографування України (1917–2012): моногр. К.: Наук. Думка, 2014. 384 с., 96 іл.
- Frank A. Requirements for a database management system for a GIS, Photogrammetric Eng. & Remote

- Sensing, Nov. 1988. Vol. 54, no. II, pp. 1557–1564, Retrieved from https://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/1988journal/nov/1988_nov_1557-1564.pdf
- Hampe M., Sester M., & L. Harrie. Multiple Representation Databases To Support Visualisation On. Proceedings of the XXth ISPRS Congress, 2004. URL: https://www.researchgate.net/publication/2933118_Multiple_Representation_Databases_To_Support_Visualisation_On. 2004.
- Jakobsson A. On the Future of Topographic Base Information Management in Finland and Europe. Doctoral dissertation. Helsinki University of Technology, 2006. 180 p URL: <http://lib.tkk.fi/Diss/2006/isbn9512282062/isbn9512282062.pdf>.
- Karpinskyi Yu., Lazorenko-Hevel N., & D. Kin. Inspireid implementation in the topographic database of the main state topographic map of Ukraine. ISTCGCAP. 2020. 91, 20–27. <https://www.doi.org/10.23939/istcgcap2020.91.020>
- Lee D. Kent. Russian data illuminate world mapping. Imaging notes. 2003. URL: <http://gis-lab.info/docs/russian-topo.pdf>
- Lu S., Shao X., Freitag M., Klein L. J., Renwick J., Marianno F. J., ... & Hamann H. F. IBM PAIRS curated big data service for accelerated geospatial data analytics and discovery. In *2016 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)* (pp. 2672–2675). IEEE.
- Sarjakoski L. Tiina. Multiple Representation and Generalization of Geo-Databases for Topographic Maps. Doctoral dissertation, Helsinki University of Technology. Publications of the Finnish Geodetic Institute, 1997. No 124, Kirkkonummi, 229 p. URL: https://www.researchgate.net/publication/269278367_Multiple_Representation_and_Generalization_of_GeoDatabases_for_Topographic_Maps_Doctoral_dissertation_Helsinki_University_of_TechnologyPublications_of_the_Finnish_Geodetic_Institute_No_124_Kirkkonumm

YURII KARPINSKYI¹, NADIIA LAZORENKO-HEVEL^{2*}

¹. State Enterprise “Research Institute of Geodesy and Cartography”, 69, Velika Vasylykivska Str. Kyiv, 03150, Ukraine, e-mail: karp@gki.com.ua, orcid.org/0000-0002-0701-1277

². Department of Geoinformation system and photogrammetry, Kyiv National University of Construction and Architecture, 31 Povitroflotsky Ave, Kyiv, 03037, Ukraine, e-mail: nadiialg@gmail.com, orcid.org/0000-0002-1572-4947

THE SYSTEM MODEL OF TOPOGRAPHIC MAPPING IN THE NATIONAL SPATIAL DATA INFRASTRUCTURE IN UKRAINE

The article proposes a new development concept of topographic mapping in Ukraine. **The goal.** It is based on the implementation of a new system model that responds to the geoinformation approach to topographic mapping in the development of National Spatial Data Infrastructure (NSDI) and provides the creation of geospatial data sets in the form of databases and knowledge bases based on existing standards and specifications: series of International Standards ISO 19100 “Geographic information/Geomatics”, Open Geospatial Consortium (OGS), INSPIRE, National Standards of Ukraine (DSTU), Complex of Standards Organization of Ukraine (SOU) “Topographic database”. **Methods.** The basis for the research is the analysis of the possibilities of applying the theory of databases and knowledge bases International Standards and specifications. **Scientific novelty and practical significance.** It provides a high intellectual level of Core Reference and profile geospatial data, which is capable to provide geoinformation analysis and modeling in modern GIS. In addition, the implementation the infrastructure approach to topographic production and the creation and development of a permanent topographic monitoring system will ensure the publication of geospatial data in real time, almost simultaneously with changes in the terrain, which guarantees the maintenance of the single digital topographic basis and, accordingly, Core Reference Datasets for NSDI.

Key words: National Spatial Data Infrastructure (NSDI), topographic mapping, Core Reference Dataset (CRD), geoinformation system (GIS), topographic data base (TDB), geospatial data.

Надійшла 04.09.2020 р.