

УДК 528.481

ОЦІНЮВАННЯ ТОЧНОСТІ ВЕЛИКОМАСШТАБНИХ ЦИФРОВИХ КАРТ

А. Доскоч

Університет Вармінсько-Мазурський, Ольштин, Польща

В. Тарнавський, В. Літинський

Національний університет “Львівська політехніка”, Україна

Постановка проблеми

Пропонується дослідити методику нагромадження інформації для державного геодезичного і картографічного запасу, а також створення і актуалізації баз даних цифрової карти в геодезичних роботах та дидактиці.

Пропонована праця є продовженням досліджень роботи [1].

Зв'язок із важливими науковими і практичними завданнями

У дослідженнях зроблена спроба оцінити точність геодезичних методів створення великомасштабних цифрових карт (ВЦК). На основі виконаного експерименту і використаних інших досліджень підтверджено високу ефективність технології цифрової фотограмметрії у створенні великомасштабних цифрових робіт. Наголошено також на можливості отримання цифрових даних технологією супутникових вимірювань у процесі побудови інформаційних територіальних систем [2].

Аналіз останніх досліджень та публікацій, присвячених вирішенню цієї проблеми

Сьогодні під час впровадження інформаційних систем у центрах геодезичної і картографічної документації, постає питання про якість отриманих баз даних та доступ до них у цифровій формі [3, 4].

Якість цифрових даних можна визначити як сукупність вимог, пов'язаних із здатністю даних задовольнити передбачувані потреби їх одержувачів [5].

Основними властивостями, які визначають якість цифрових даних, є генеалогія, точність, комплектність, відповідність і актуальність [6].

Щодо більшості властивостей, які визначають якість цифрових даних, панує однозначність, бо приймається, що комплектність, відповідність і актуальність даних має бути максимальною. Натомість питання точності геометричних даних не трактується так однозначно.

Невирішені частини загальної проблеми

Суспільно-господарські зміни, що відбуваються в Польщі, ставлять перед владою міст вимоги щодо засобів управління підлеглою територією. Для реалізації цих завдань використовують цифрові карти, що є основою для подальшого аналізу в системах інформації про територію [7, 8].

Також щодо геодезично-картографічного запасу, то треба згадати про цифрові системи ведення осередків геодезичної і картографічної документації. Основним методом опрацювання основоположної (базової) карти, що входить до складу державного запасу, є її цифрове зображення у векторній формі, пов'язане з текстовою базою інформації про об'єкти (польська Інструкція технічна К-1 з 1998 року [9]).

ВЦК створюють різними методами, а їхні творці та споживачі не задаються питанням – картами якої точності користуються.

У відомих в літературі працях, які розглядають тематику точності цифрових карт, досі не подано комплексної методики оцінювання точності цифрових даних, отриманих різними методами для створення великомасштабних міських карт.

Постановка завдання

Метою роботи є оцінювання точності ВЦК, створених різними методами, а отже – визначення їх практичної придатності для визначення пропозицій щодо технології створення ВЦК.

Поставлено також завдання – дослідити точність ВЦК, отриманих з різних даних, а також вимог точності щодо опрацювань цифрових карт.

У статті подано методики оцінювання точності ВЦК за допомогою статистичного аналізу множин істинних похибок (ΔX , ΔY) координат контрольних пунктів двох об'єктів (В і D):

Об'єкт В – це цифрова базова карта міста Зельона Ґура, адаптована за результатами безпосередніх вимірювань, виконаних у 1974–1999 рр. Точність карти оцінено на основі 1619 контрольних пунктів, які розділено на окремі об'єкти (частини карт міста від В-1 до В-8).

Об'єкт D – це цифрова базова карта міста Ольштина, створена графічно-цифровим перетворенням аналогових карт масштабу 1:500 разом з шарами підземних комунікацій масштабів 1:500 і 1:1000. Точність цифрової карти оцінено на основі 2282 контрольних пунктів, які розділено на окремі об'єкти (частини карт міста від D-1 до D-6).

Також проаналізовано технічну вартість карти об'єкта D оцінюванням точності визначення довжин (ΔS) та площ (ΔP).

Виклад основного матеріалу

У статистичному аналізі множин істинних похибок обчислено описові параметри випадкової змінної, а також перевірено істинність її розподілу з теоретичними моделями похибок. Це дуже важливо для статистичного оцінювання точності контрольних об'єктів [10]. У випадку підтвердження єдності розподілу обох множин істинних похибок (ΔX і ΔY) контрольного об'єкта з нормальним розподілом, випадкова змінна ΔL^2 ($\Delta L^2 = (\Delta X^2 + \Delta Y^2)$) – квадрат довжини вектора зсуву контрольного пункту) мала б розклад χ^2 з двома ступенями свободи.

У літературі відомі також перетворення розподілу χ^2 , а у геодезичних питаннях часто застосовується змінна типу $\Delta L = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$ (позначення, прийняте в пропонованій статті). Ця змінна з двома ступенями свободи виражає довжину вектора на площині, складові якого – проекції на дві осі прямокутної системи координат є взаємно незалежними випадковими змінними з нормальним розподілом і однаковими стандартними відхиленнями. Прикладом такої випадкової змінної є похибка положення пункту [11].

Точність ВЦК досліджено згідно з нижченаведеною схемою (табл. 1).

Перевіряючи непараметричні гіпотези в сфері єдності розподілів емпіричних множин з розподілом Гавсса, можна стверджувати, що єдність з нормальним розподілом доведена лише для розподілу емпіричних множин ΔX контрольного об'єкта D-6.

Під час обговорення результатів статистичного аналізу множин істинних похибок зроблено також спроби назвати (гіпотетичні) причини аномалій розподілів емпіричних множин, враховуючи рекомендації, наведені в літературі [12–14]:

- Підтвердження коефіцієнта асиметрії (англ. *skewness*) $A \neq 0$ в емпіричній множині свідчить, що вона виникла із поєднання підмножин з різною кількістю і різними очікуваними величинами. Це також свідчить про виникнення систематичного щодо знака, але змінного щодо величини визначуваного чинника (чинника з не випадковим характером).
- Теоретичним обґрунтуванням підвищеної емпіричної кривої (англ. *leptokurtosis*), коефіцієнт ексцесу $e > 0$ є поява в множинах елементів з різною точністю.
- Сплющення емпіричної кривої (англ. *platykurtosis*), коефіцієнт ексцесу $e < 0$ свідчить про появу похибок систематичного характеру.
- Ненульова очікувана величина похибки ($a \neq 0$) вказує на появу постійних похибок.

Такі дослідження також мали на меті обґрунтувати оцінювання точності досліджуваних ВЦК. Проте точне встановлення причин, які б доводили підтверджену точність, вимагали б докладного дослідження генеалогії окремих вимірювань (які охоплюють у випадку об'єктів В і D період останніх 30 років).

Оцінювання точності контрольних об'єктів

Результати виконаного статистичного аналізу довели брак єдності множин, що розглядалися, істинних похибок (ΔX і ΔY), з нормальним розподілом (виняток складає множина похибок ΔX об'єкту D-6).

Таблиця 1

Схематичне представлення методики дослідження точності ВЦК за допомогою статистичного аналізу множин істинних похибок

Статистичний аналіз множин істинних похибок (ΔX , ΔY)	
I етап: Визначення описових параметрів випадкової змінної	
• обчислення описових емпіричних параметрів випадкової змінної “істинна похибка”	
II етап: Аналіз розподілу істинних похибок	
• встановлення типу випадкової змінної “істинна похибка” (змінна безперервного або стрибкоподібного типу)	
• формулювання попередніх чинників розподілу множин істинних похибок (спираючись на описові емпіричні параметри і встановлений тип змінної)	
• перевірка непараметричних гіпотез в сфері єдності розподілів множин істинних похибок (ΔX , ΔY) з нормальним розподілом	
III етап: Оцінювання точності контрольних об'єктів (якщо прийняти, що похибки (ΔX , ΔY) є незалежні	
У випадку підтвердження єдності розподілів множин істинних похибок (ΔX , ΔY) контрольного об'єкта з нормальним розподілом	У випадку підтвердження браку єдності хоча б одного з розподілів множин істинних похибок (ΔX або ΔY) даного контрольного об'єкта з нормальним розподілом
Оцінка точності контрольного об'єкта із застосуванням розподілу χ^2 (з двома ступенями свободи) для випадкової змінної ΔL^2 (квадрат довжини вектора зсуву контрольного пункту).	Оцінка точності контрольного об'єкта із застосуванням статистичного визначення ймовірності, в якій ймовірність випадку ототожнюється з відносною частотою випадку – виявлення визначеної довжини вектора зсуву пункту (ΔL) у множинах контрольних пунктів об'єкта (за достатньо великої кількості спроб)

Тому у ситуації браку єдності випадкової змінної “квадрат довжини вектора зсуву” з теоретичним розподілом (χ^2), ймовірність появи певних значень похибок положення пункту m_p (вираженого через вектор зсуву контрольного пункту ΔL), оцінено на підставі відносної частоти появи випадкової змінної ΔL в емпіричних множинах. За статистичним означенням ймовірності [15], за достатньо великої кількості спроб ймовірність випадку ототожнюється з відносною частотою випадку $P \approx \frac{l}{N} = W_N$. N означає кількість спроб (кількість елементів в емпіричній множині), а l – кількість елементів, що сприяють випадку.

Межі розділу сподівання для оцінюваної ймовірності (P) виражені залежністю

$$P_1(W, N) \leq P \leq P_2(W, N),$$

де

$$P_1(W, N) = \frac{2 \cdot N \cdot W_N + t_\gamma^2 - t_\gamma \cdot \sqrt{D}}{2 \cdot (N + t_\gamma^2)}; P_2(W, N) = \frac{2 \cdot N \cdot W_N + t_\gamma^2 + t_\gamma \cdot \sqrt{D}}{2 \cdot (N + t_\gamma^2)}; \sqrt{D} = \sqrt{4 \cdot N \cdot W_N \cdot (1 - W_N) + t_\gamma^2}.$$

Ймовірності, що визначаються, оцінено з заданим коефіцієнтом кореляції $\gamma = 0,997$ для $t_\gamma = 3$ (інтервал довіри 3 %).

Нижче на рис. 1 і 2 показано статистичну оцінку точності контрольних об'єктів цифрової базової карти міст Зельона Гура і Ольштин. На рисунках зображено ймовірність появи на території окремих контрольних об'єктів, пунктів з похибкою положення більшою від теоретичної граничної похибки (або пунктів, обтяжених грубими похибками, з $\Delta L > 0,45$ м).

Отримано результати статистичного аналізу множин істинних похибок, схожі із даними, виведеними на основі класичної оцінки точності цифрових карт [1], які створені на основі наявних геодезично-картографічних матеріалів. Підтверджено вищу точність бази даних цифрової карти, створеної на основі результатів безпосередніх вимірювань (об'єкт В). Загалом ймовірність появи грубої похибки на просторі контрольних об'єктів не перевищує 5 % (рис. 1), як виняток контрольний об'єкт В-3 і аркуш 1(2) контрольного об'єкта В-7.

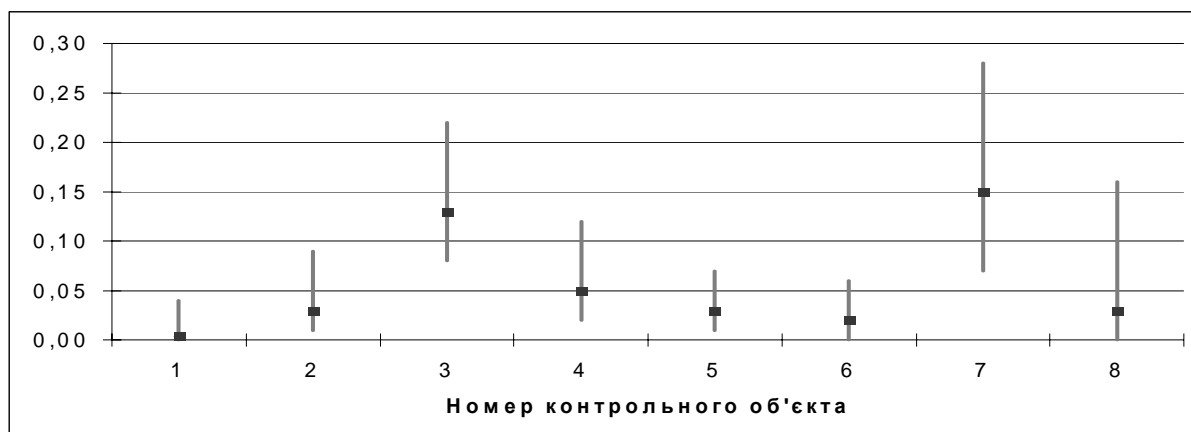


Рис. 1. Статистична оцінка точності контрольних об'єктів цифрової базової карти міста Зельона Гура (об'єкт В)

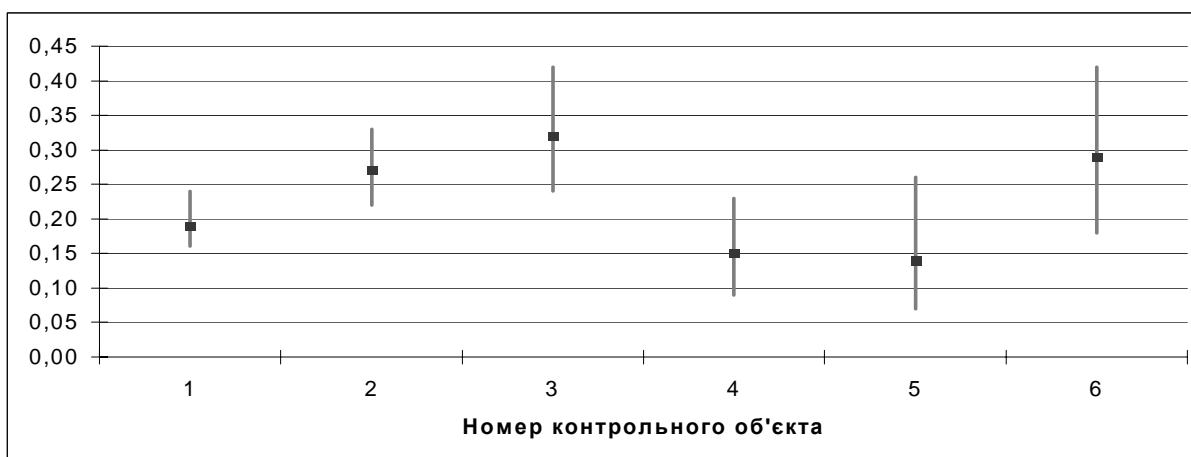


Рис. 2. Статистична оцінка точності контрольних об'єктів цифрової базової карти міста Ольштын (об'єкт D)

Натомість точність цифрової карти, створеної методом графічно-цифрового перетворення аналогових карт (об'єкт D), є нижчою. Ймовірність появи грубої похибки на досліджуваних контрольних об'єктах приблизно 20 % (рис. 2).

Оцінювання точності геометричних баз даних суспільно-господарських задач, що ставляться до ВЦК

Типовими завданнями великомасштабної карти є отримання на їхній базі: довжин а також площ, для реалізації широкого спектра проектних робіт і обслуговування інвестицій. Для цифрових карт ця інформація вибирається з бази даних.

Технічною вартістю карти є ступінь відповідності елементів місцевості з їх представленням на карті. У роботі оцінено технічну вартість об'єкта D на підставі досліджень точності визначення довжин на просторі контрольних об'єктів D-1 і D-2 а також площ на контрольному об'єкті D-1.

Дослідження точності великомасштабної карти виконано згідно з нижченаведеною схемою (табл. 2).

Таблиця 2

Схематичне відображення методики дослідження точності ВЦК в аспекті суспільно-господарських завдань, що ставляться перед великомасштабними картами

Дослідження технічної вартості карти	
Оцінка точності визначення довжин	Оцінка точності визначення площ
<ul style="list-style-type: none"> • обчислення середньої похибки довжини • визначення графічного масштабу досліджуваної цифрової карти, яка відповідає критерію картометричності ($\pm 0,19 \text{ мм} \cdot M$) 	<ul style="list-style-type: none"> • обчислення середньої похибки площі • аналіз впливу отриманої (у досліджуваній базі даних цифрової карти) точності похибки положення межових пунктів і пунктів зламу обрисів будівель на точність аналітичного визначення площі ґрунтової ділянки і площ забудови

Точність визначення довжин оцінено, спираючись на різницю довжин (ΔS) між їхньою величиною, отриманою з карти, і вимірюваною на місцевості. Аналізувалися множини, отримані вимірюванням фасадів будинків.

З різниць ΔS обчислено похибку середньої довжини, яка становить:

- У випадку об'єкта D-1 $m_S = 0,25$ м, для середньої довжини фасаду, яка дорівнює 22,27 м (147 вимірювань фасадів).

- У випадку об'єкта D-2 $m_S = 0,35$ м, для середньої довжини фасаду, яка дорівнює 18,34 м (131 вимірювань фасадів).

Точність визначення площ оцінено використанням різниці між аналітичними площами (ΔP) і їхньою величиною, отриманою з досліджуваної цифрової карти (об'єкт D), а також з цифровою картою, створеною на основі безпосередніх вимірювань (об'єкт А). З різниць ΔP обчислено середню похибку площі, яка становить 20,74 м², для середньої площі, яка дорівнює 695,80 м² (73 площі, визначені за обрисами будівель).

У подальшій частині досліджень проаналізовано вплив похибки положення пунктів (m_P) на точність визначення площі, ідентифікованої на цих пунктах фігури. Похибку площі обчислено за допомогою взятого з літератури виразу [16, 17]:

$$m_{P_{ow}} = m_P \sqrt{1/8 \sum_{i=1}^n d_{i-1,i+1}^2} ,$$

де $d_{i-1,i+1}$ – довжина найкоротшої діагоналі, що розташована навпроти межового пункту з номером i .

Для спрощення обчислень прийнято, що фігура є прямокутником.

Докладне обговорення отриманої точності похибок було б дуже обширне. Проте у даному опрацьовуванні належить підкреслити, що, наприклад, під час обчислення площі ділянки, яка дорівнює 2500 м², і коефіцієнта видовження $k=1$ (оптимального, враховуючи точність обчислення площ), використовуючи координати межових пунктів, положення яких визначено з точністю $\pm 0,10$ м (згідно з обов'язковими вимогами у Польщі), похибка обчислення площі становить 5 м².

Обчислюючи натомість площі такої самої ділянки, але використовуючи координати межових пунктів, положення яких визначено з точністю $\pm 0,59$ м (допустиму в міських межах, згідно з обов'язковим до виконанням розпорядженням, в справі відомості ґрунтів і будівель у Польщі) має похибку обчислення площі близько 30 м². Такий результат виглядає не дуже добрим, а зваживши на вищевказане: “Площа ділянки обчислюється на підставі координат, (...), і записується в гектарах з точністю до 0,0001” [18] – є сумнівним.

Вплив похибки положення межових пунктів на точність обчислення площ ділянки (згаданої вище ділянки площею 25 арів) зображено на рис. 3 (як приклад визначення точності обчислення площі ділянки m_{Pow}).

У літературі [19] стверджується, що серед геометричних кадастрових атрибутів об'єктів площа є однією з найважливіших, а також, що це може бути чинником точності кадастрових вимірювань [20]. У цьому переконують також дослід, виконані у цій роботі, – точність аналітичного визначення площі ділянки (m_{Pow}) залежить прямо пропорційно від точності положення межових пунктів (m_p).

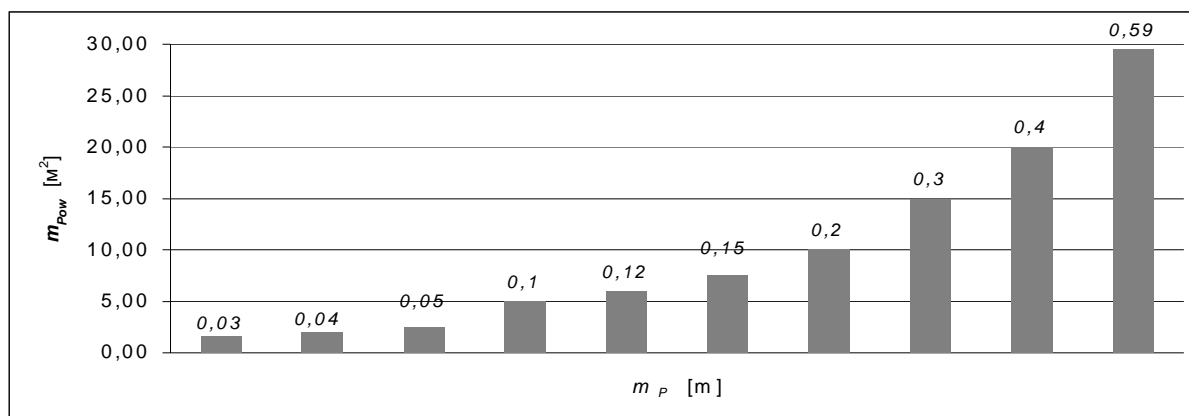


Рис. 3. Вплив похибки положення пункту на точність аналітичного визначення площ ділянки

Висновки

Дослідження, виконані в рамках роботи, стосуються точності геодезичних методів формування ВЦК. А саме (у дужках – буквене позначення методу, прийняте в роботі [2]):

- (метод А) безпосередніх вимірювань електронним тахеометром на місцевості.
- (метод В) адаптації попередніх результатів безпосередніх вимірювань.
- (метод D) графічно-цифрове перетворення аналогових карт.

Серед вищезгаданих методів знаходження цифрових даних, згідно з прогнозами, найвищу точність визначення деталей місцевості отримано за методом А ($m_p = 0,04$ м). За методом В отримано m_p близько 0,15–0,20 м. Натомість точність методу D характеризується похибкою положення пункту 0,30–0,40 м [2].

Якщо точність цифрових даних, отриманих методами А і В, є достатньою для геодезичних задач (реалізація завдань великомасштабної карти), то в загальному цього не можна стверджувати для методу D. Це впливає із самої технології графічно-цифрового перетворення, а також безпосередньо пов'язане з генеалогією перетворюваних аналогових карт (а особливо з їх точністю і картометричністю).

З літератури відомо:

- Велике значення в досягненні вищої точності цифрових даних, які отримують методом сканування і векторизації, має розрізнення складових деформацій растрових образів, що вносяться через сканер, а також їх виключення (дослідження д-р інж. Даріуша Госцієвського [21]).
- Загалом введення інформації (вимірювальних величин), збереженої у геодезичних документах, до бази даних цифрової карти дає змогу отримати карту з точністю приблизно 0,10 м, відносно найближчих пунктів планової геодезичної основи (думка професора Карла Шеліги [22]).
- Безпосереднє вимірювання на місцевості залишається основним методом оновлення цифрової карти, а також поліпшення її точності (думка професора Єви Кживіцької-Блюм [23]).

З економічного погляду, обґрунтованим є створення цифрової карти методом графічно-цифрового перетворення. Відомим є також зовсім інший погляд на цю проблему “Дигіталізаційні витрати на створення базової карти в масштабі 1:500 в повному обсязі з існуючими шарами значно перевершують витрати опрацювання нової карти, не кажучи про досягнення цим шляхом точності” [24].

Вищезгадані погляди підтверджують факт тривалих дискусій на цю тему. Належить проте замислитися (без визнання цілковитої правоти жодного з розглянутих поглядів) про раціональне розв’язання такої вагомий проблеми, якою є вибір технології створення базової цифрової карти міста.

Достатньо поширеною є думка, що геодезичне середовище надмірно акцентує увагу на необхідності отримання за допомогою карти точності ($\pm 0,3$ мм в масштабі карти) і формулює погляд, що для багатьох завдань у галузі системи інформації про місцевість (англ. *Land Information System, LIS*) майже будь-яка точність утвореної цифрової карти є достатньою.

У зв’язку з вищезгаданим виникає запитання: чи цифрова карта міста має задовольняти лише реалізацію завдань, пов’язаних із загальноприйнятим управлінням територіями міста?

На нашу думку – оскільки формування *LIS* можливе завдяки базі даних цифрової карти – відповідним розв’язком є створення базової цифрової карти з максимально можливою до отримання точністю, а надалі, опираючись на неї, побудова системи інформації про місцевість.

Володіючи отриманим запасом, можна реалізовувати завдання, що ставляться перед базовою картою, а також повною мірою інші цілі, які задаються адміністрацією і міськими службами.

Надалі геодезично-картографічний запас, ведений в цифровому вигляді, має модернізуватися. Через безперервне оновлення, у межах виконуваних геодезичних робіт, його точність зростатиме (як наприклад, у місті Кетжин, розташованому у Вармінсько-Мазурському воєводстві у Польщі). У літературі це зростання точності цифрової карти визначається її “вдосконаленням” [25] або виникненням повновартісної ВЦК [26].

Згідно із записами Вимог технічних К-1.2 (у Польщі) обґрунтованою є модернізація карти, для якої точність положення планових деталей I групи, після цього буде не меншою ніж 0,4 мм (у масштабі карти) відносно найближчого пункту планової геодезичної основи.

Доцент Радо Шумрада з Відділу наземної інженерії і геодезії Університету в Лубляні, розглядаючи практичні дослідження і аспекти ймовірності, запропонував прийняти найнижчу межу технічної якості трохи більшою за 75 % якості просторових даних. Натомість якнайвищою з можливих з технічного погляду і для деяких споживачів – з економічного погляду достатньо визначити межу 95 % якості даних або придатності до задуманого використання [27].

За результатами досліджень, наведеними у цій роботі, і з урахуванням рекомендацій Вимог технічних К-1.2, а також тверджень, зроблених д-м Р. Шумрадою, стверджуємо, що створення базової цифрової карти має погоджуватися із застосуванням методів А і В.

Оскільки міська влада не володіє фінансовими засобами на виконання нових вимірювань для всього міста, в опрацюванні базової цифрової карти належить надавати перевагу методу адаптації результатів попередніх безпосередніх вимірювань (метод В).

Література

1. Доскоч А., Тарнавський В., Літинський В. Дослідження точності великомасштабних цифрових карт створених різними методами. *GEOFORUM-2008*.
2. Doskocz A. Examining of accuracy of large-scale digital maps made with different methods (in Polish). PhD Dissertation, University of Warmia and Mazury in Olsztyn, 2002, 174 pp.
3. Wilkowski W., Pietrzak L. Digital data and their quality (in Polish). *Przegląd Geodezyjny* No 9, Warsaw 1995.

4. Dąbrowski W., Dąbrowska D., Doskocz A., Lubarski J. Digital does it mean accurate? (in Polish) // *Magazyn Geoinformacyjny GEODETA*. Warsaw 1999, No 4, <http://www.atomnet.pl/~geodeta/1999/47text2.htm>
5. Gaździcki J. Lexicon of Geomatics (in Polish). *PTIP*, Warsaw 2002, <http://www.ptip.org.pl>
6. Guptill S.C., Morrison J.L. (editors) Elements of spatial data quality. *Pergamon Press*. – Oxford, 1995.
7. Wrzółek A. Geographic Information System in self-government for example of the city of Zielona Góra (in Polish). *Materials of Conference of GIS is a chance for progress of self-government*, Warsaw 2006, <http://forumgis.pl/?id=27>
8. Gaździcki J. Spatial data infrastructure and e-administration in Poland – the major facts (in Polish). *Forum of Geoinformatics of Masovian Voivodeship*. – Warsaw, 2006, <http://forumgis.pl/elearning.php?id=11>
9. Technical Instruction K-1. Base map (in Polish). *Główny Urząd Geodezji i Kartografii*. – Warsaw, 1998.
10. Doskocz A. The use of statistical analysis for estimation of positional accuracy of large-scale digital maps. *Geodezja i Kartografia* Vol. 54, No 3 (pp. 131–150). – Warsaw, 2005. – Polish Academy of Science.
11. Ney B. Statistical methods in geodesy (in Polish). *Skrypt Uczelniany AGH nr 497*, Krakow 1976.
12. Szacherska M.K. Model of composition of the geodetic measurements errors (in Polish). *Geodezja i Kartografia* T. XXIII, Z. 1 (pp. 21-51), Polish Academy of Science, Warsaw 1974.
13. Wiśniewski Z. The use of Pearson's distributions II and VII types in the adjustment of geodetic networks (in Polish). *Geodezja i Kartografia* T. XXXIII, Z. 3 (pp. 85-104), Polish Academy of Science. – Warsaw, 1984.
14. Wiśniewski Z., (1986) Adjustment of geodetic networks with use probabilistic model of survey errors (in Polish). *Acta Acad. Agricult. Techn. Ols. Geodaesia et Ruris Regulatio*, No 15, Supplementum C., University of Warmia and Mazury in Olsztyn (105 pp.).
15. Smirnow N.W., Dunin-Barkowski I.W. (1969) Kurs teorii verojatnostej i matematičeskoj statistiki dlja techničeskich priloženij, *Państwowe Wydawnictwo Naukowe*, (переклад з російської польською мовою Плуцінска А. – Warsaw, 1969 (596 pp.).
16. Maslov A.V. Sposoby i točnosť opredelenja ploščadej (in Russian). *Izdatelstvo Geodezitcheskoi Literatury GEODEZIZDAT*, Moscow, 1955 (227 pp.).
17. Pluciński E. Accuracy analysis of area determination of a polygon basing on calculated coordinates of its vertices (in Polish). *Zeszyty Naukowe PW* No 128, Series: *Geodezja*, No 18 (pp. 17–40), Warsaw 1966.
18. Decree: The decree of the Minister of Regional Development and Building Industry on 29 March 2001 on issues of lands and buildings registers (in Polish), Official Journal No. 38, item. 454, *Internetowy System Informacji Prawnej* <http://isip.sejm.gov.pl/servlet/Search?todo=file&id=WDU20010380454&type=2&name=ATTTJNLH>
19. Wrona T. The value of error of areas as a factor limiting the accuracy of cadastral measurements (in Polish), *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 11 (pp. 37-40), Cracow 2001, Poland, ISBN 83-915723-0-7
20. Wolosec'kyj B. On the accuracy of cadastral maps (in Ukrainian). *Zbirnyk materialiv naukovotechničnoho sympoziumu „GEOMONITORYNH-99”* (pp. 89-92), Morszyn – Lviv, Ukraine, 13-16 November 1999.
21. Gościewski D. Graphic analysis of errors occurring in graphic-numerical and numerical-graphic processing (in Polish). *Biuletyn Naukowy* No 6 (pp. 235-248), Olsztyn 1999.
22. Szeliga K.: Problems with cadastre's progress in Warsaw Vojevodship (in Polish). *Materials of 8th Conference of Spatial Information Systems (since 2003 Annals of Geomatics)* Vol. 1, Warsaw, 1998.

23. Krzywicka-Blum E. Digital cartography in Poland (in Polish). *XVII Konferencja z cyklu "Jesienna Szkoła Geodezji"*, p.t. *Geodezja w systemach geoinformacyjnych*, Polanica Zdrój, Poland, 11–14 października 2000.

24. Nosowska-Mazur D. Profitability of photogrammetric methods in creation of data base for cities (in Polish). *Konferencja Naukowo-Techniczna nt. Fotogrametryczna mapa numeryczna miasta*, Warsaw, 24-26 lutego 1994.

25. Latoś St., Maślanka J. Digital cadastral map in the process of creation of data base of Land Information Systems (in Polish). *Materials of 8th Conference of Spatial Information Systems (since 2003 Annals of Geomatics)* Vol. 1, Warsaw, 1998.

26. Cymerman R., Rutkowski S. The use of Spatial Information System (SIS) in the spatial management of municipality (in Polish). *Konferencja Naukowa pt. GIS w praktyce, towarzysząca VI Targom Zastosowań Teleinformatyki INFO-FESTIWAL'98*, Poznań, 26-29 października 1998.

27. Šumrada R. Elements of spatial data (in Polish). *Materials of 6th Conference of Spatial Information Systems (since 2003 Annals of Geomatics)*, Warsaw, 1996.

Оцінювання точності великомасштабних цифрових карт

А. Доскоч, В. Тарнавський, В. Літинський

Розглянуто питання точності цифрових топографічних карт, створених різними методами. Результати досліджень показали, що топографічні дані, створені різними методами, не завжди гарантують необхідний рівень точності геодезичної документації. Співавтори пропонують дослідити точність баз даних великомасштабних карт для підтвердження того, що державні геодезичні та картографічні матеріали відповідають стандартам якості і сприяють прозорим відносинам між виробником цифрових карт і їхніми споживачами.

Оценка точности крупномасштабных цифровых карт

А. Доскоч, В. Тарнавский, В. Литинский

Рассмотрен вопрос о точности цифровых топографических карт, созданных разными методами. Результаты исследования показали, что топографические данные, созданные разными методами, не всегда гарантируют необходимый уровень точности геодезической документации. Соавторы предлагают исследовать точность баз данных крупномасштабных карт для подтверждения того, что государственные геодезические и картографические материалы отвечают стандартам качества и способствуют прозрачным отношениям между производителем цифровых карт и их потребителями.

Accuracy examination of digital topographic map

A. Doskocz, V. Tarnavskyj, V. Litynskyj

The paper presents estimation of accuracy of digital maps using statistical analysis. Investigations have been performed for two large-scale digital maps produced basing on various methods of digital data: re-calculation of previous direct measurements (orthogonal and polar surveys) (object B) and graphical-and-digital processing of analogue maps (object D). Analysis has been performed for large statistical samples of sets of vectors of shift of control points ΔL and their components, i.e. true errors of increments of co-ordinates ΔX , ΔY . The true errors were represented by differences of co-ordinates acquired from an investigated maps and co-ordinates calculated from new direct surveys.