

УДК 528.4

О. В. Анисенко,
старший викладач кафедри управління земельними ресурсами, Чорноморський національний університет імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна
В. А. Рощенко,
"Школа молодого вченого", факультет економічних наук, Чорноморський національний університет імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна

DOI: 10.32702/2306-6792.2018.21.22

СУЧАСНИЙ СТАН РОЗВИТКУ ДЕРЖАВНОЇ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНОЇ МЕРЕЖІ УКРАЇНИ

O. Anisenko,
Senior Lecturer Department of Land Management, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolayiv, Ukraine
V. Roshchenko,
"School of the Young Scientist", faculty of Economic Sciences, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolayiv, Ukraine

THE CURRENT STATE OF THE STATE TOPOGRAPHIC AND GEODETIC NETWORK OF UKRAINE

У статті обґрунтовано стан сучасної топографо-геодезичної мережі України, яка базується на основі використання сучасних інформаційних систем, що дасть змогу, в автономному режимі здійснювати картографічне районування території і проводити демаркацію геодезичних мереж держави. Висвітлено функції сучасних геоінформаційних ресурсів, спрямовані на застосування інформаційних технологій, зокрема глобальних навігаційних супутникових систем (мереж глобальних навігаційних супутникових систем), які використовуються під час виконання більшості геодезичних робіт, аерокосмічних систем високої роздільної здатності для отримання інформації про Землю, цифрових методів оброблення зображень та геопросторової інформації, багатозональних систем дистанційного зондування Землі, а також у результаті створення високопродуктивних засобів отримання просторової інформації про Землю в режимі реального часу з використанням систем оптико-електронного сканування місцевості, баз геопросторових даних та інформаційних комп'ютерних систем. Запропоновано основні напрями розвитку та вдосконалення топографо-геодезичної мережі України в умовах євроінтеграції.

The article substantiates the state of the modern topographic and geodetic network of Ukraine, which is based on the use of modern information systems, which will allow autonomously to perform the cartographic zoning of the territory and conduct the demarcation of the geodetic networks of the state. The functions of modern geographic information resources are aimed at the application of information technologies, in particular, global navigation satellite systems (networks of global navigation satellite systems), which are used in most geodetic works, high-resolution aerospace systems for obtaining information about the Earth, digital image processing methods are highlighted. and geospatial information, multi-zonal earth remote sensing systems, as well as the creation of high-end ktyvnyh means for obtaining spatial data on real-time systems using opto-electronic scanning area, geospatial data bases and computer information systems.

It is revealed that the methods of geoinformation analysis and modeling in general and the analysis of squares in a special form are an effective technology that allows to estimate the geospatial distribution of the points of the State Geodetic Network of Ukraine and the modern technologies determination of coordinates by GNSS methods, which allow to apply new schemes of construction of geodetic networks of higher orders. During the reconstruction of the State

Geodetic Network of Ukraine, these technologies made it possible to move from constructing a series of triangulation of 1, 2 classes to uniform coverage of the points of the State Geodetic Network 1 class throughout the country. Described geospatial distribution of the points of the State Geodetic Network with the use of the method of geoinformation analysis of the "nearest neighbour" will allow to carry out research on the geometrical rigidity of the schemes of construction of SK-42 and USC-2000 networks, in particular, to determine the conditionality of the system of normal equations in the cluster and the uniform spatial distribution points of these networks.

The main directions of development and improvement of the topographic and geodetic network of Ukraine in the conditions of European integration are offered.

Ключові слова: геодезичні мережі, демаркація, картографування, кадастр, система глобального позиціонування.

Key words: geodetic networks, demarcation, mapping, cadastre, gps.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Основною проблемою сучасного стану топографо-геодезичної мережі є неефективність створення національної системи відліку, недостатнє забезпечення функціонування державної геодезичної мережі, загальнодержавного топографічного картографування території країни та занепад розвитку національної системи картографування. Вирішення проблеми передбачає розвиток топографо-геодезичного картографування, забезпечення делімітації та демаркації державного кордону, розвиток геоінформаційних ресурсів і створення геоінформаційних систем.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Теоретичні аспекти розвитку державної топографо-геодезичної мережі знайшли своє відображення в дослідженнях вітчизняних вчених, серед них: В. Горлачук, А. Даниленко, Д. Добряк, Т. Дудар, В. Кравців, П. Кулініч, А. Мірошниченко, А. Мартин, Н. Яковлев, А. Третяк, які обґрунтували теоретично методологічні засади розвитку державної топографо-геодезичної мережі України, але залишилось недоопрацьованим питання напряду вдосконалення та розвитку топографо-геодезичної мережі в умовах євроінтеграції.

ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ

Основною метою є обґрунтування сучасного стану розвитку державної топографо-геодезичної мережі України.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ

На початку ХХІ ст. в Україні актуальною проблемою став вибір оптимального шляху перебудови національної системи відліку. Складність якого обумовлювалася такими основними факторами [1, с. 416]:

— по-перше, необхідне оперативне впровадження у геодезичне виробництво нової системи відліку, що забезпечило б ефективне використання супутникових радіонавігаційних систем та європейську інтеграцію в питаннях геопросторового представлення інформації;

— по-друге, в новій структурі системи відліку в максимальному ступені необхідно враховувати можливість використання наявної Державної геодезичної мережі (далі — ДГМ), на створення якої були затрачені значні ресурси країни і яка була математичною основою загальнодержавного картографування території України. За дорученням Укргеодезкартографії в Науково-дослідному інституті геодезії і картографії у 2001 р. виконані роботи з дослідження референцної систем координат, які найбільш ефективні, порівняно з чинною в Україні системою координат 1942 р. (СК — 42). У подальші роки була реалізована стратегічна лінія Укргеодезкартографії з створення та впровадження геодезичної референцної системи координат як планової складової національної системи відліку.

До 1991 року картографія знаходилась у складі державної картографо-геодезичної служби СРСР. Наслідком такої прямої залежності стала монополія держави на виконання топографо-геодезичних і картографічних робіт. Картографічна інформація трималась у жорсткій таємниці, тому її здобутки та розробки майже не використовувались.

Після проголошення незалежності України постановою Кабінету Міністрів було створено Головне управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів. На допомогу залучили і військових, створивши Топографічну службу Збройних сил України, яка мала широкі контакти та зв'язки — Київський, Одеський та Прикарпатський військові округи. За цей час створювались точні карти, визначалися кордони та проводився чіткий контроль за

ними, але вже з 1996 року фінансування урізали на стільки, що до 2000 року галузь не надрукувала жодної топографічної карти.

Неабияким гальмом для розвитку топографо-геодезичної мережі була та ж таки необгрунтована таємність багатьох геодезичних і картографічних даних. Найбільше ж таємність картографічної інформації позначилася на формуванні внутрішнього попиту на топографічні карти: його повністю було втрачено і через таємність, і застарілість інформації про стан місцевості, непроведення її систематичного оновлення.

Реалізацію картографо-геодезичною службою загальнодержавних функцій унеможлилювали численні реорганізації. Укргеодезкартографія до 2014 р. пройшла реорганізацію вісім разів, внаслідок чого її статус з центрального органу виконавчої влади поступово знижувався аж до повної ліквідації.

Масова інвентаризація земель, розпочата Держкомземом у середині 90-х років, призвела до розірвання єдиного топографічного простору. Публічні кадастрові карти стали доступними як геоінформаційний ресурс в Інтернеті з 1 січня 2012 р. Публікація цих земельно-кадастрових даних — показовий підсумок майже 20-річної діяльності системи управління земельними ресурсами зі збирання геопросторових даних про земельні ділянки. Уперше громадськість змогла побачити, в якому жалюгідному стані перебуває офіційна кадастрова інформація — численні помилки в місцезнаходженні та конфігурації земельних ділянок, окремі ділянки в прибережних смугах "плавають" далеко в річці чи й морі, велика кількість випадків, коли земельні ділянки частково накладаються одна на одну або між сусідніми ділянками з'явилися великі розриви. Якби межі земельних ділянок наносили на єдину топографічну основу, то переважної більшості помилок у їх розташуванні земельних ділянок можна було б уникнути [1, с. 416].

Припинення останніми роками загальнодержавних топографо-геодезичних робіт спричиняє кадрову деградацію, падіння професійного рівня суб'єктів топографо-геодезичної та картографічної діяльності.

Національні геодезичні системи відліку та методи їх створення перестали задовольняти потреби науки і практики. Їх замінили загальноземні системи відліку та геодезичні системи координат, утворені на їх основі.

Одночасно з розвитком нових технологій та методів створення геодезичних систем відліку змінилися підходи до методів побудови геоде-

зичних мереж вищих порядків. Основна риса супутникових спостережень — необов'язковість прямої видимості між пунктами мережі, що в свою чергу пом'якшило вимоги стосовно відстаней між пунктами спостережень. Використання методів глобальних навігаційних супутникових систем дало змогу перейти від кутових методів розвитку мереж до векторних, які, як відомо, набагато менш чутливі до конфігурації мережі. Названі чинники та суттєве підвищення точності геодезичних визначень дозволили застосувати принципово нову схему побудови державної геодезичної мережі, яка задає Державну референцну систему координат УСК — 2000 і різниться від схеми побудови геодезичної мережі, яку задавала СК — 42.

Відзначимо, що геоінформаційний аналіз став звичною технологією оцінки розподілу геопросторових об'єктів, але досі не застосовувався для аналізу просторового розподілу пунктів геодезичних мереж. Метою аналізу просторового розподілу пунктів геодезичних мереж є геоінформаційний аналіз квадратів схеми побудови ДГМ 1 класу, запропонованої Красовським, та схеми мережі 1 класу, на основі якої побудовано Державну геодезичну референцну мережу УСК — 2000 з наступними висновками про геопросторовий розподіл пунктів.

Вдосконалення напрямів розвитку Державної геодезичної мережі України, формування та використання геодезичних ресурсів, створення нової системи координат віднесено до ключових завдань Державної науково-технічної програми розвитку топографо-геодезичної діяльності та національного картографування на 2003—2010 роки. Зокрема у Програмі визначено такі основні завдання щодо створення державної геодезичної системи відліку, забезпечення функціонування та розвитку державної геодезичної мережі [5, с. 24]:

— розвиток мережі постійно діючих супутникових радіонавігаційних спостережень;

— розвиток і підтримання на сучасному рівні (обстеження, оновлення та згущення) державної геодезичної мережі;

— розвиток і підтримання на сучасному рівні (обстеження, оновлення та згущення) спеціальних геодезичних мереж (у містах, на геодинамічних і техногенних полігонах);

— каталогізація, створення і ведення банку даних державної геодезичної мережі.

Питанням побудови геодезичної референцної системи координат в Україні присвячені публікації вчених та спеціалістів Укргеодезкар-



Рис. 1. Схема мережі періодично діючих пунктів проекту EUREF-UKR95

Джерело: [7].

тографії, Науково-дослідного інституту геодезії і картографії, ГАО НАН України, НУ "Львівська політехніка", інших дослідників. Ці публікації стосуються досліджень, пов'язаних з розробкою регуляторних актів щодо впровадження нових систем геодезичного відліку; концептуальних досліджень побудови державної системи координат; технологічних та методичних розробок, що мають теоретичне спрямування в питанні впровадження референцної системи координат.

Підґрунтям для впровадження державної системи координат має бути наявність технічного проектування, яке базується на принциповій схемі створення державної геодезичної мережі. Враховуючи те, що зазначені роботи в Україні виконуються вперше, технологічні та методологічні основи їх реалізації висвітлені

недостатньо. Використання методів глобальних навігаційних супутникових систем дозволило відійти від побудови рядів триангуляції з подальшим їх згущенням і перейти до іншої схеми, за якою опорна мережа I класу рівномірно розміщена по території країни. В Україні з появою новітніх супутникових методів визначення координат і, як наслідок, з підвищенням продуктивності та якості побудови високоточних мереж було розроблено Основні положення створення Державної геодезичної мережі України [2, с. 28]. У 2003 р. Науково-дослідний інститут геодезії і картографії підготував техніко-економічну доповідь про впровадження референцної системи координат, а в 2004 р. технічний проект створення Державної геоде-

зичної мережі України I класу, реалізований фахівцями інституту, інших підприємств Укр-геодез картографії протягом 2004—2005 років.

Під час проектування та реалізації геодезичної мережі I класу дотримано такі критерії — за пункти I класу обиралися тільки пункти існуючої астрономо-геодезичної мережі I і 2 класів; відбір виконано за такими пріоритетами [1, с. 416]:

- пункти, на яких виконано астрономічні спостереження, тобто пункти Лапласа;
- пункти базисних сторін та мереж;
- пункти, розміщені на перетині ланок полігонів I класу;
- пункти, на яких визначено висоти із геометричного нівелювання I—IV класів; перевага надавалася пунктам I—III класу;
- пункти, розміщені у місцях, де забезпечується довготривала їх схоронність та мож-

Таблиця 1. Відомості про періодично діючі пункти проекту EUREF-UKR95

№ з / п	Повна назва пункту	Код пункту	Ідентифікатор пункту	Наближені координати Широта / Довгота
1	Вапнярка (смт. Томашпіль)	016	VAPN	48°33'46" N / 28°30'50"E
2	Каховка	004	KACH	46°48'30" N / 33°29'00"E
3	Кропивницький	005	KIRO	48°32'24" N / 32°17'00"E
4	Київ (ГУГК)	013	GUGK	50°27'36" N / 30°38'07"E
5	Львів (с. Брюховичі)	015	LVIV	49°55'00" N / 23°57'18"E
6	Одеса (с. Крижанівка)	017	ODES	46°33'39" N / 30°48'29"E
7	Суми	001	SUMY	50°51'33" N / 34°45'35"E
8	Ужгород (с. Деренівка)	б/№	UZHD	48°33'45" N / 22°19'05"E
9	Чернівці	008	CHER	48°15'36" N / 25°59'10"E
10	Шацьк (с. Світязь)	010	SHAT	51°28'30" N / 23°49'30"E
11	Шепетівка	б/№	SHEP	50°09'45" N / 27°01'29"E
12	Маріуполь	003	MARI	47°04'52" N / 37°27'17"E
13	Сімеїз		SIME	44°24'56" N / 33°59'35"E
14	Полтава	002	POLT	49°34'22" N / 34°24'05"E
15	Алчевськ (с. Михайлівка)	009	ALCH	48°27'25" N / 38°54'22"E
16	Миколаїв	019	MIKO	46°58'22" N / 31°58'22"E

Джерело: [4].

Таблиця 2. Характеристика GPS спостережень на пунктах проекту EUREF-UKR95 (2017 р.)

№ з / п	Ідентифікатор пункту	Тип приймача	Тип антени	К-ть діб спостережень
1	VAPN	TRIMBLE 4000SSE	TRM14532.00	6
2	KACH	TRIMBLE 4000SSE	TRM22020.00+GP	2
3	KIRO	TRIMBLE 4000SSE	TRM14532.00	3
4	GUGK	TRIMBLE 4000SSE	TRM22020.00+GP	6
5	LVIV	TRIMBLE 4000SSE	TRM14532.00	6
6	ODES	TRIMBLE 4000SSE	TRM14532.00	6
7	SUMY	TRIMBLE 4000SSE	TRM14532.00	4
8	UZHD	TRIMBLE 4000SSE	TRM14532.00	6
9	CHER	TRIMBLE 4000SSE	TRM14532.00	6
10	SHAT	TRIMBLE 4000SSE	TRM14532.00	6
11	SHEP	TRIMBLE 4000SSE	TRM22020.00+GP	5
12	MARI	TRIMBLE 4000SSE	TRM14532.00	6
13	SIME	TRIMBLE 4000SSE	TRM14532.00	6
14	POLT	TRIMBLE 4000SSE	TRM14532.00	6
15	ALCH	TRIMBLE 4000SSE	TRM14532.00	6
16	MIKO	TRIMBLE 4000SSE	TRM14532.00	6

Джерело: [4].

ливність виконання супутникових радіонавігаційних спостережень.

Геодезична мережа 1 класу будувалася у вигляді однорідної за точністю просторової геодезичної мережі, яка складається з системи рівномірно розміщених геодезичних пунктів, віддалених один від одного на відстані 30—50 км. У прикордонних районах, навколо великих міст і промислових районів відстань між пунктами зменшувалась до 25—40 км [2, с. 4].

Вимірювання векторів-баз виконувалось методами супутникової геодезії з відносною похибкою $\delta/S_x = 1:106$ (де δ — середньоквадратична похибка визначення вектора-баз — S_x).

Кожний пункт мережі в ході супутникових радіонавігаційних спостережень прив'язувався не менше ніж до трьох суміжних пунктів мережі, а також до найближчих пунктів Української постійно діючої мережі Глобальних навігаційних спостережень (УПМ ГНСС) [3, с. 2].

Схема мережі, побудованої за проектами EUREF-UKR95, наведено на рисунку 1, а її характеристики — у таблиці 1.

Зазначені у таблиці 1 періодично діючі пункти мережі були побудовані у 1994 р. силами Українського державного аерогеодезичного підприємства (УкрДАГП). Побудовані пункти в переважній більшості (окрім пункту Сімеїз) є турами (бетонний моноліт) різної висоти (від 0.1 до 3 м) та глибини закладки (до 3 м) з маркою для примусового центрування.

На жаль, завершити повноцінно спостереження, згідно з планом, не вдалось з причини деяких організаційних прорахунків. Були отримані дані спостережень десь на 80% від запланованого (див. табл. 2) і це дало можливість

провести перше попереднє їх опрацювання у 1996 р. Головним недоліком виконаного опрацювання була відсутність надійної прив'язки побудованої мережі до перманентних станцій Європи.

За даними таблиці 2 показано результати повторних обчислень та вирівнювання мережі за 1998 р. В опрацювання було включено результати спостережень на 16 пунктах GPS мережі України та на 5 закордонних перманентних станціях мережі EUREF. Це такі станції: GRAZ (Graz, Австрія), JOZE (Jozefoslaw, Польща), METS (Metsahovi, Фінляндія), POTS (Potsdam, Німеччина), WZR (Wetzze, Німеччина). Координати цих перманентних станцій у системі ITRF94, епоха 1993.0 слугували опорними для вирівнювання GPS мережі України. За результатами опрацювання даних спостережень отримано такі характеристики GPS мережі України:

— середня квадратична похибка взаємного положення пунктів мережі ± 2 — ± 5 мм;

— середня квадратична похибка узгодження з загальноземною системою ITRF94 на епоху 1995.47 становить ± 5 — ± 8 мм;

— загальна оцінка точності мережі — на рівні 10 мм.

Обов'язковим при побудові геодезичних мереж було і залишається дотримання принципу переходу від загального до часткового. Державна геодезична мережа України є головною геодезичною основою топографічних знімачів у всіх масштабах, вона має задовольняти потреби економіки й оборони країни під час вирішення відповідних наукових та інженерно-технічних задач. Завдяки переходу на нові методи побудови мереж з'явилася можливість отрима-

ти високоточну, рівномірну геодезичну мережу найвищого класу. Для порівняльного аналізу рівномірності розподілу пунктів 1 класу у мережах, побудованих на основі різних систем координат, скористаємося методами геоінформаційного аналізу просторових розподілів та апаратом математичної статистики.

ВИСНОВКИ З ПРОВЕДЕНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК

У ході дослідження було виявлено, що комплекс наукових та прикладних робіт, пов'язаних із модернізацією державної топографо-геодезичної мережі, дозволить у достатньо короткі терміни повністю перебудувати систему геодезичного забезпечення України на основі сучасних супутникових та комп'ютерних технологій та вирішити питання створення і подання цифрової картографічної інформації на сучасному науковому і технічному рівні. Ці дії повинні базуватися на основі сучасних технологій визначення координат методами ГНСС (Супутникова система навігації), яка дозволить застосовувати нові схеми побудови геодезичних мереж вищих порядків. При реконструкції ДГМ України ці технології дали змогу перейти від побудови рядів триангуляції 1, 2 класів до рівномірного покриття пунктами ДГМ 1 класу всієї території країни.

Подальші розвідки даного дослідження мають розкрити механізми багатокрокової системи розвитку топографо-геодезичної мережі, яка дасть змогу, в автономному режимі здійснювати картографічне районування території і проводити демаркацію геодезичних мереж держави в умовах євроінтеграції.

Література:

1. Основні положення створення Державної геодезичної мережі України: постанова Кабінету Міністрів України № 844 від 8 черв. 1998 р. [Текст] // Збір. законодавства України. Сер. 1. Постанови та розпорядження Кабінету Міністрів України. — 1998. — № 9. — С. 416.
2. Моніторинг стану пунктів геодезичної мережі України з використанням соціальних мереж [Електронний ресурс] / І. Тревого, Є. Ільків, М. Галярник // Lviv Polytechnic National University Institutional Repository. — 2016. — Режим доступу: http://ena.lp.edu.ua/bitstream/ntb/34313/1/06_35-37.pdf
3. Державна геодезична мережа України 1 класу: геоінформаційний аналіз квадратів

[Електронний ресурс] / Ю.О. Карпінський, Ю.А. Стопхай // Геоінформатика і кадастр. — 2010. — Режим доступу: <http://clc.to/zLdw1A>

4. Марков С. Принципы работы системы GPS и ее использование [Електронний ресурс] — Режим доступу: <http://loi.sssc.ru/gis/GPS/chapter100.html>

5. Супутникові радіонавігаційні спостереження при реалізації геодезичної референцної системи координат України — УСК — 2000 [Текст] / О.В. Кучер, Б.Д. Лепетюк, Ю.А. Стопхай [та ін.] // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. — Л.: Вид-во НУ "Львівська політехніка", 2005. — С. 26—32.

6. Яковлев Н.В. Высшая геодезия [Текст] / Н.В. Яковлев. — М.: Недра, 1989. — С. 57—59.

7. Публічна кадастрова карта [Електронний ресурс]. — 2018. — Режим доступу: <http://map.land.gov.ua/kadastrova-karta>

References:

1. Cabinet of Ministers of Ukraine No. 844 of June 8. 1998, "Collection of Ukrainian legislation, Series 1, No. 9 "Decisions and orders of the Cabinet of Ministers of Ukraine", p. 416.

2. Trevoy, I. Ilkiv, E. and Galyarn, M. (2016), "Monitoring of the state of the points of the geodetic network of Ukraine with the use of social networks", Lviv Polytechnic National University Institutional Repository, [Online], available at: http://ena.lp.edu.ua/bitstream/ntb/34313/1/06_35-37.pdf (Accessed 21 October 2018).

3. Karpinsky, Yu. O. and Stophay, Yu. A. (2010), "State geodetic network of Ukraine of class 1: geoinformation analysis of squares", Heoinformatyka i kadastr, [Online], available at: <http://clc.to/zLdw1A> (Accessed 21 October 2018).

4. Markov, S. (2008), "Principles of operation of the GPS system and its use", available at: <http://loi.sssc.ru/gis/GPS/chapter100.html> (Accessed 21 October 2018).

5. Kucher, O.V. Lepetyuk, B.D. and Stophay, Yu.A. (2005), "Satellite radionavigation observations in the implementation of the geodetic reference system of coordinates of Ukraine — USC-2000", Suchasni dosiahnennia heodezychnoi nauky ta vyrobnytstv [Modern achievements of geodesic science and production], Vydavnytstvo NU "L'vivs'ka politekhnika", Lviv, Ukraine.

6. Yakovlev, N.V. (1989), Vysshaya heodezyia [Higher geodesy], Nedra, Moscow, Russia.

7. The official site of Ukrainian cadastral map (2018), "Public Cadastre Card" (2018), available at: <http://map.land.gov.ua/kadastrova-karta> (Accessed 21 October 2018).

Стаття надійшла до редакції 25.10.2018 р.