

ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ ТА МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ INFORMATION RESOURCES AND MATHEMATICAL MODELING

UDK 332.6

Serhii Verthehel¹

PhD in Military Sciences, Senior Research Assistant, Main Specialist of the Information and Analytical Center of the National Space Facilities Control and Test Center
ORCID ID: 0000-0001-7633-0389 *e-mail*: sergeygavrilovich54@gmail.com

Viacheslav Vyshniakov¹

PhD in Technical Sciences, Chief of the Radar Data Processing and Stereo Imaging Group of the Information and Analytical Center of the National Space Facilities Control and Test Center
e-mail: wishnya_dzz@ukr.net

Vitalii Hurelia²

PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor of Geodesy and Land Management Department of the Polissya National University
ORCID ID: 0000-0001-8283-0152 *e-mail*: Gurelya.v@gmail.com

Serhii Slastin¹

Chief of the Satellite Data Processing Group of the Information and Analytical Center of the National Space Facilities Control and Test Center
ORCID ID: 0000-0002-4173-265X *e-mail*: sergeyslastin@gmail.com

Oleh Piskun¹

Chief of the Space Systems Department of the Special Programs Center of the National Space Facilities Control and Test Center
ORCID ID: 0000-0002-2009-9314 *e-mail*: piskun@nkau.gov.ua

Serhii Kharchenko¹

Chief of the Department of the Information and Analytical Center of the National Space Facilities Control and Test Center
ORCID ID: 0000-0001-6011-4227 *e-mail*: pochtocka@gmail.com

Viacheslav Moroz¹

Chief of the Security and Defense Forces Support Department of the Information and Analytical Center of the National Space Facilities Control and Test Center
ORCID ID: 0000-0001-5028-6332 *e-mail*: viachesl.savv@gmail.com

¹ National Space Facilities Control and Test Center, Kyiv, Ukraine

² Polissya National University, Zhytomyr, Ukraine

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR CREATING AND UPDATING THE CARTOGRAPHIC BASE USING SPACE IMAGES FROM «SUPER VIEW-1» SATELLITES

Abstract. Data obtained by remote sensing of land (remote sensing) from space, at this time in the world are widely used to create orthophotos in solving the following tasks: creating inventories and land management; creating and updating maps; planning and management of municipal territories; general monitoring of territories; in architecture and construction; in geological works; in design and survey works; when creating a basic cartographic substrate for various applications. The article presents the authors' views on the possibility of using Earth Remote Sensing data from the «SuperView-1» satellites to create and update cartographic bases based on the capabilities of the NSFCTC. The advantages of using digital orthorectification technology based on space images are presented. The technical characteristics of the SuperView-1 satellites and UNSPI-8.2 receiving station, which makes it possible to receive data from satellites are provided. The algorithm and results of practical experiment for orthophotos creation on a scale of 1:10,000 using space images from SuperView-1 satellites are presented. In general, the data from SuperView-1 satellites have been shown to be suitable for creating orthophotos on a scale of 1:10,000. The application of this technology to create digital cartographic support of territories on the basis of space survey materials will significantly reduce the cost of obtaining planning and cartographic materials, which in turn will reduce the time and cost of designing spatial data infrastructure, preparation of relevant documents for spatial planning. At the same time, it is possible to update planning and cartographic materials by monitoring and adjusting their changes.

Keywords: Earth Remote Sensing; space images; orthophoto; topographic and geodetic information

С.Г. Вертегел¹, В.Ю. Вишняков¹, В.В. Гуреля², С.О. Сластін¹, О.М. Піскун¹, С.П. Харченко¹, В.С. Мороз¹

¹ Національний центр управління та випробувань космічних засобів, м. Київ, Україна

² Поліський Національний університет, м. Житомир, Україна

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ СТВОРЕННЯ І ОНОВЛЕННЯ КАРТОГРАФІЧНОЇ ОСНОВИ З ВИКОРИСТАННЯМ КОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ ВІД СУПУТНИКІВ «SUPER VIEW-1»

Анотація. Дані, отримані шляхом дистанційного зондування землі (ДЗЗ) з космосу, на цей час у світі знайшли досить широке застосування для створення ортофотопланів у вирішенні наступних завдань: створення кадастрів та ведення землеустрою; створення та оновлення карт; планування та управління муніципальними територіями; загальний моніторинг територій; в архітектурі і будівництві; у геологічних роботах; у проектно-вишукувальних роботах; при створенні базової картографічної підкладки для різних додатків. У статті викладені погляди авторів на можливість використання даних ДЗЗ від супутників «SuperView-1» для створення і оновлення картографічних основ, виходячи з існуючих в НЦУВКЗ можливостей. Викладені переваги використання технології цифрової орторектифікації на основі космічних знімків. Надані технічні характеристики супутників серії «SuperView-1» та приймальної станції с УНСПІ-8.2, що здійснює отримання даних від них. Наведено алгоритм та

результати проведення практичного експерименту для створення ортофотопланів масштабу 1:10000 на базі використання космічних знімків від супутників «SuperView-1». Доведено, що в цілому дані, отримані з супутників «SuperView-1», є придатними для створення ортофотопланів масштабу 1:10000. Застосування зазначеної технології створення цифрового картографічного забезпечення територій за матеріалами космічної зйомки дозволить значно скоротити витрати на отримання планово-картографічних матеріалів, що у свою чергу забезпечить скорочення термінів та витрат на проектування інфраструктури просторових даних, підготовку відповідних документів для територіального планування.

Ключові слова: дистанційне зондування Землі; космічні знімки; ортофотоплан; топографо-геодезична інформація

DOI: <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2022.1.89-101>

Вступ

Ортофотоплани як фотографічний план місцевості на точній геодезичній опорі, отриманий шляхом аерофотозйомки з подальшим перетворенням знімків з центральної проекції в ортогональну за допомогою методу ортотрансформування, були розроблені ще в середині 60-х рр. 20 ст. Отримані знімки дозволяли скласти ортофотоплан на будь-які райони, що істотно розширяло вживання аеро-фотознімальних матеріалів при топографічних, геологічних та ін. проектно-дослідницьких роботах. Основним недоліком проведення аерофотозйомки була її достатньо велика вартість та обмеженість району проведення зйомки.

Сьогодні в космосі працюють десятки апаратів різних типів, що виконують збір даних різними дистанційними методами. Серед них значну роль відіграють комерційні апарати, знімки яких доступні для використання не тільки урядовим та військовим структурам, а й широкому колу користувачів. Дані, отримані шляхом дистанційного зондування землі (ДЗЗ) з космосу, на цей час у світі знайшли досить широке застосування для створення ортофотопланів у вирішенні наступних завдань:

- створення кадастрів та ведення землеустрою;
- створення та оновлення карт;
- планування та управління муніципальними територіями;
- загальний моніторинг територій;
- в архітектурі і будівництві;
- у геологічних роботах;
- у проектно-вишукувальних роботах;
- при створенні базової картографічної підкладки для різних додатків.

Ортотрансформування усуває спотворення на знімку, обумовлені рельєфом місцевості і відхиленнями осі фотоапарата від вертикалі при зйомці. Цифрові ортофотоплани та створені на їх основі цифрові моделі територій є основою для створення та ведення геоінформаційних систем (ГІС) різного призначення: сільськогосподарських земель, ділянок, відведених для будівництва, земель державної та приватної власності тощо.

Постановка проблеми. Одним з найважливіших напрямків ефективного розвитку України та її регіонів є забезпечення раціональної організації територій, яку неможливо здійснити без наявності єдиної актуалізованої цифрової планово-картографічної основи. Необхідність створення планово-

картографічної основи для ведення державного земельного кадастру та обліку об'єктів нерухомості на землях та відповідних територіях було визначено у Законі України від 13.04.2020 р. № 544-IX та постанові Кабінету Міністрів України від 26.05.2021 р. № 522 [1, 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз останніх публікацій показує, що вони мали «загальну цільову спрямованість», в основному стосувались загальних питань, наприклад, таких як формування інфраструктури геопросторових даних, топографічного моніторингу, створення еталонної моделі топографічних даних, і не мали «вузьку цільову спрямованість» практичного характеру [3, 4, 5, 6].

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою статті є на основі наявних в НЦУВКЗ сил та засобів для прийому та обробки даних ДЗЗ від супутників «SuperView-1» оцінити можливість їх використання для створення й оновлення картографічної основи. Для оцінки можливостей та визначення показників точності передбачити проведення практичного експерименту зі створення ортофотопланів за матеріалами космічної зйомки від супутників «SuperView-1», отриманих на приймальню станцію НЦУВКЗ.

Викладення основних матеріалів досліджень

Наявна у державних органах топографо-геодезична інформація повинна відповідати реальній обстановці та регулярно оновлюватись. Це надасть можливість підтримувати її у актуальному стані і забезпечить ефективне вирішення низки важливих завдань, наприклад, таких як землевпорядкування, містобудівництво та проектування об'єктів будівництва, вирішення майнових відносин, оперативного керівництва територіями. Крім того, потрібно зазначити, що досі наявна більшість топографічних матеріалів представлена на паперових носіях, що суттєво ускладнює формування єдиних просторових даних регіону та не дозволяє використовувати сучасні комп'ютерні технології для вирішення проектних, виробничих та управлінських завдань.

Як було зазначено вище, ортофотоплан може бути отриманий різними способами: шляхом цифрової обробки космічних знімків, аерознімків, а також знімків, одержаних від безпілотників. Технологія цифрової орторектифікації аерокосмічних знімків передбачає здійснення наступних процедур:

- виконання зйомки з перекриттям (зазвичай 60% уздовж маршруту і 30% – між маршрутами);
- геодезична прив'язка знімків за допомогою наземних контрольних точок;
- побудова цифрової моделі рельєфу;
- виконання орторектифікації і формування остаточного продукту – ортофотоплану у вигляді цифрової мозаїки ортотрансформованих знімків.

Останнім часом у світі у якості базової основи для забезпечення вирішення завдань топографічного картографування на перший план вийшли космічні знімки. До основних переваг використання супутникових даних ДЗЗ у картографії слід віднести наступні:

- наявність значної кількості супутників ДЗЗ на орбіті, в тому числі космічних апаратів (КА) з характеристиками високого та понад високого розрізнення, що забезпечує великий вибір даних з різноманітними параметрами;
- підвищення точності позиціонування без польової прив'язки до 1-5 м;
- висока оперативність отримання результатів зйомки;

• низька вартість даних ДЗЗ та витрат на їх обробку у порівнянні з аерофотозйомкою та геодезичними методами.

Це обумовлює доцільність залучення супутників ДЗЗ для вирішення завдань топографічного картографування.

НЦУВКЗ на цей час є єдиною в Україні організацією, що забезпечує весь спектр заходів з експлуатації космічних систем різного призначення, зокрема дистанційного зондування Землі. Після проведеної у 2018 році у філії НЦУВКЗ – Центрі прийому та обробки спеціальної інформації та контролю навігаційного поля (ЦПОСІ та КНП) модернізації універсальної наземної станції прийому інформації УНСПІ-8,2 (розташована у с. Залісці, Дунаєвського р-ну, Хмельницької обл.) з'явилась можливість отримувати інформацію ДЗЗ від супутників серії «SuperView-1» (01, 02, 03, 04) та інших супутників типу SuperView. Встановлене у станції УНСПІ-8,2 нове програмне забезпечення дозволяє здійснювати декодування, розпаковуку прийнятих станцією даних ДЗЗ з радіометричною корекцією та системною геометричною корекцією отриманих даних. Станція прийому інформації УНСПІ-8,2 призначена для здійснення прийому, демодуляції, реєстрації і передачі для подальшої обробки сигналів з КА ДЗЗ «SuperView-1» в X-діапазоні та виконання наступних функцій:

- наведення антени на КА і супровід його під час сеансу зв'язку;
- прийом радіосигналу КА і перетворення його в сигнал проміжної частоти;
- демодуляція прийнятого інформаційного сигналу проміжної частоти та перетворення його в бітовий потік;
- реєстрація інформації в темпі прийому;
- оперативне керування режимами роботи станції та документування результатів контролю і якісних показників прийому інформації.

Основні технічні характеристики станції УНСПІ-8,2 наведені у табл. 1, а зовнішній вигляд станції УНСПІ-8,2 та її апаратного залу наведено на рис. 1 і 2.

Таблиця 1 – Основні технічні характеристики станції УНСПІ-8,2

| Найменування характеристики | Значення |
|---|---------------------------------------|
| 1 Тип антени | Дзеркально-параболічна |
| 2 Діаметр дзеркала антени, м | 12 |
| 3 Діапазон робочий частот, ГГц | 7,700-8,500 |
| 4 Поляризація вхідного сигналу | кругова права, кругова ліва |
| 5 Кількість каналів прийому даних корисного навантаження | 5 |
| 6 Тип модуляції, швидкість прийому інформації | BPSK, QPSK, OQPSK, UQPSK, AQPSK, 8PSK |
| 7 Швидкість прийому даних, Мб/с | до 500 |
| 8 Ширина діаграми спрямованості, кут. хв. | 13,5±1,5 |
| 9 Управління АС | програмне, ручне |
| 10 Тип опорно-поворотного пристрою | азимутально-кутомісна |
| 11 Діапазон обертання по азимуту, град. | 0±270 |
| 12 Діапазон обертання по куту місця, град. | 7-85 |
| 13 Максимальна швидкість наведення по азимуту, град/с. | 10 |
| 14 Максимальна швидкість наведення по куту місця, град/с. | 5 |

Продовження таблиці 1

| Найменування характеристики | Значення |
|--|----------|
| 15 Максимальна динамічна похибка наведення при супроводженні за ЦВ, кут. хв. | 2 |
| 16 Максимально допустима швидкість вітру, м/сек. | 25 |
| 17 Мінімальний час між сеансами, хв. | 10 |
| 18 Посилення антенної системи, Дб | 50 |
| 19 Чутливість приймального тракту, Дб | 105 |
| 20 Кількість каналів прийому даних корисного навантаження | 2 |
| 21 Енергоспоживання, кВт | 2 |
| 22 Маса антенної системи, т | 1,5 |



Рис. 1. Зовнішній вигляд станції УНСП-8.2 при сеансі зв'язку з КА «SuperView-1»



Рис. 2. Зовнішній вигляд апаратного залу станції УНСП-8.2

На цей час у світі лише 4 компанії-оператори ДЗЗ, які надають інформацію з просторовою розрізненістю 50 см та краще: DigitalGlobe (США), Airbus Defence and Space (СН), SI Imaging Services (Пд. Корея), China Great Wall Industry Corporation (Китай). Космічні апарати «SuperView-1» (GaoJing-1) – це орбітальне угруповання китайських супутників ДЗЗ з високою просторовою розрізненістю, що працюють в інтересах цивільних споживачів. Китайська компанія-оператор SpaceView запланувала до 2022 р. повністю завершити розгортання всього супутникового угруповання з 16 оптичних супутників з просторовою розрізненістю 50 см, 4 оптичних супутників з просторовою розрізненістю краще ніж 50 см, 4 радарних супутників Ч діапазону та великої кількості супутників для проведення зйомки у гіперспектральному режимі та відеозйомки. В зв'язку з цим слід зазначити, що з 2018 р. на засобах НЦУВКЗ розпочато постійний прийом даних з супутників серії «SuperView-1» (1, 2, 3, 4), власником яких є компанія «Great Wall», КНР. Основні технічні характеристики супутників серії «SuperView-1» наведені у табл. 2.

Згідно з даними [7] для отримання допустимої точності картографування та граничних масштабів картографування інформація з КА «SuperView-1» теоретично підходить для складання планів масштабу 1:10000. При цьому середньоквадратична похибка в площині для масштабу 1:10000 має становити 1 м, по висоті – 1,7 м. З метою оцінки можливості використання космічних знімків від супутників «SuperView-1» для створення ортофотопланів масштабу 1:10000 було розроблено блок-схему проведення практичного експерименту, яка наведена на рис. 3.

Таблиця 2 – Технічні характеристики супутників серії «SuperView-1»

| № з. п. | Назва характеристики | Значення параметрів |
|----------------|---|---|
| 1 | Орбіта | 530 км кругова сонячно-синхронна |
| 2 | Період | 97 хв. |
| 3 | Період життєдіяльності | 8 років |
| 4 | Спектральні діапазони | 1 Panchromatic: 450-890 nm 4 Multispectral: Blue: 450-520 nm Green: 520-590 nm Red: 630-690 nm Near-IR: 770-890 nm |
| 5 | Розрізнення | PAN: 0.5 m; MS: 2.0 m (Надир) |
| 6 | Динамічний діапазон | 11 bits |
| 7 | Смуга зйомки | 12.1 км (Надир) |
| 8 | Швидкість передачі даних | 2 * 450 Мбіт/с |
| 9 | Період ревізиту | 2-4 доби (залежно від кута нахилу) |
| 10 | Точність позиціонування | 9,5 м CE90 (Надир) |
| 11 | Відхилення платформи | До +/-30° (за потреби до +/-45°) |
| Режими зйомки: | | |
| 12 | Смугова (longtrip) | 12~24 км (R) 4500 км (A) |
| 13 | 5 смуг – мозаїка (multi-strip) | 60 км (R) x 70 км (A) |
| 14 | Точкова зйомка по декількох цілях (multi-point) | 12~24 км (R) 500 км (A) |
| 15 | Стерео (stereoscopiccollections) | 12~24 км (R) 120 км (A) |

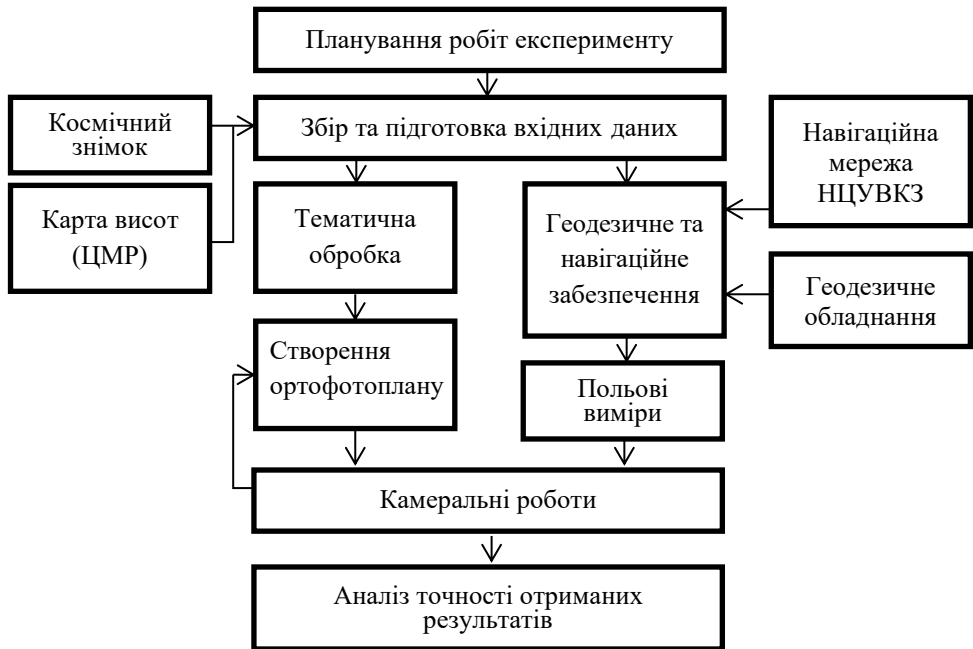


Рис. 3. Узагальнена блок-схема проведення експерименту з оцінки можливостей використання космічних знімків від супутників «SuperView-1» для створення і оновлення картографічної основи

Проведення експерименту здійснювалось у *три етапи*.

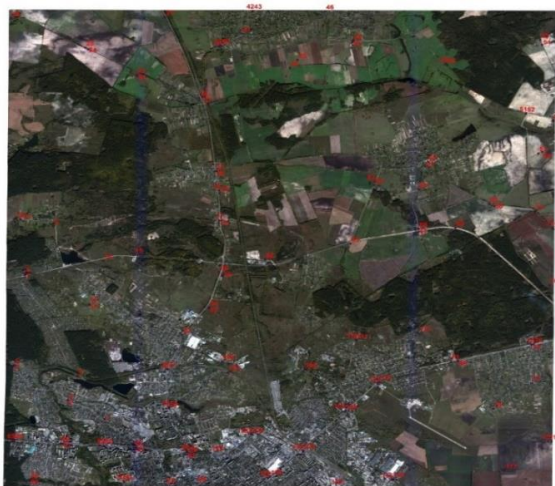
На *першому етапі* здійснювалось планування робіт експерименту, збір та підготовка необхідних вхідних даних. В процесі планування вибиралася ділянка територій, на якій має здійснюватись картографування місцевості з використанням даних ДЗЗ та її просторово-територіальна прив'язка.

В ході проведення робіт з планування:

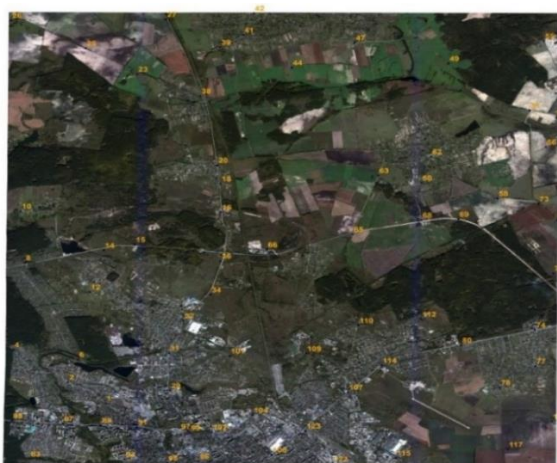
- здійснювалось приведення зображення в задану картографічну проекцію;
- обиралась робоча система координат: Pulkovo_1942_GK_Zone_5, датум - D_Pulkovo_1942);
- обиралась цифрова модель рельєфу (ЦМР): SRTM GL1*;
- здійснювалась попередня обробка космічного зображення з розрахунком RPC коефіцієнтів для проведення операцій орторектифікації з використанням координат опорних точок**;
- здійснювалось визначення контрольних точок для проведення вимірів на зображенні (рис. 4а);
- здійснювалось визначення контрольних точок для проведення геометричної трансформації (рис. 4б);
- здійснювалось визначення контрольних точок для проведення практичної перевірки (рис. 4в);
- проводився вибір та підготовка маршрутів збору наземних польових вимірів.

В ході виконання робіт першого етапу експерименту були визначені та отримані наступні вхідні дані:

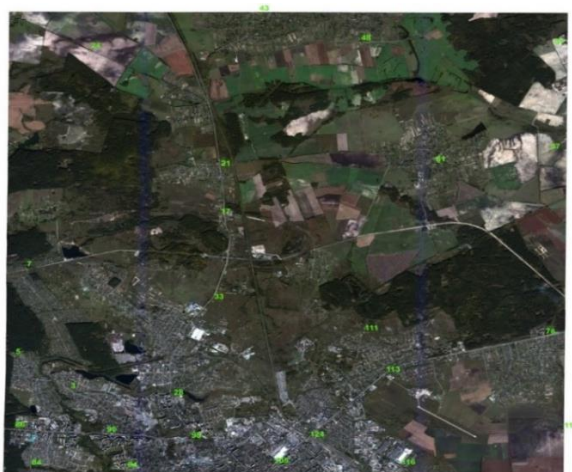
- забезпечено отримання даних РТК сервісу НЦУВКЗ від станції, що розміщена на споруді Поліського національного університету (м. Житомир);
- здійснено отримання даних від геодезичного обладнання НЦУВКЗ (GNSS приймач EInav i70), допустима точність вимірів в місці проведення експерименту: в площині – ± 2 см, по висоті – ± 5 см;
- на космічному знімку з КА «SuperView-1» здійснено підбір об'єктів для визначення їх просторового положення по координатах X, Y та Z, що дозволяють провести їх подальшу ідентифікацію в процесі отримання ортофотоплану;
- сплановано оптимальний маршрут руху для здійснення польових вимірів.



а)



б)



в)

Рис. 4. Розташування контрольних точок на місцевості: а) для планування проведення вимірів на місцевості; б) для проведення геометричної трансформації зображення; в) для проведення перевірки точності

Примітка. * Цифрова модель рельєфу SRTM створена на основі даних радарної інтерферометричної зйомки земної поверхні радарним комплексом SIR-C/X-SAR, з борта КА Shuttle Endeavour у діапазоні хвиль С (5,6 см) та Х (3,1 см), який вимірює висоту радарного відображення, а не висоту топографічної поверхні. В зв'язку з цим коректна оцінка точності рельєфу, як правило, можлива для відкритих незабудованих територій та тих, які не мають рослинності. ЦМР SRTM відкрита для доступу у мережі Інтернет [8].

** Для підвищення точності отримання наземних польових вимірів була задіяна глобальна навігаційна супутникова система (ГНСС) НЦУВКЗ, яка забезпечувала формування та надання диференціальних поправок для користувачів GNSS в стандарті RTCM.

На *другому етапі* проведено польові виміри, здійснено заміри 120 точок.

На *третьому етапі* здійснювались камеральні (лабораторні) роботи, які були спрямовані на створення ортофотоплану та проведення аналізу точності отриманих результатів експерименту.

При створенні *ортофотоплану* виконувались наступні кроки:

- з використанням модулів програмного забезпечення ENVI 5.5 здійснювалась операція ортотрансформування космічного знімку;
- використані RPC коефіцієнти, що були сформовані станцією попередньої обробки (SV1-01_20181011_L2A0000784315_SV20181022114834_01-PAN. rpb);
- використана цифрова модель рельєфу Shuttle Radar Topography Mission (SRTM GL1) Global 30m Ellipsoid.

Після створення ортофотоплану було проведено аналіз якості отриманих результатів експерименту, а саме здійснена оцінка точності геоприв'язаного зображення космічного знімку з КА «SuperView-1» та визначення максимально можливих похибок.

Результати розрахунків максимальних похибок у площині, нев'язок та загальні середньоквадратичні похибки в площині при афінному трансформуванні поліномом 1-го порядку, в залежності від різної кількості опорних точок, з перевіркою по 4 контрольних точках, наведені у табл. 3.

Таблиця 3 – Результати розрахунків максимальних похибок у площині, нев'язок та загальних середньоквадратичних похибок космічних знімків від супутників «SuperView-1»

| № з. п. | Назва характеристики | Значення параметрів, м |
|---------|---|------------------------|
| 1 | Результати розрахунку для 5 опорних точок: | |
| 1.1 | максимальна похибка по X | 0,42 |
| 1.2 | максимальна похибка по Y | 0,12 |
| 1.3 | максимальна нев'язка | 0,44 |
| 1.4 | загальна середньоквадратична похибка | 0,39 |
| 2 | Результати розрахунку для 9 опорних точок: | |
| 2.1 | максимальна похибка по X | 0,41 |
| 2.2 | максимальна похибка по Y | 0,14 |
| 2.3 | максимальна нев'язка | 0,43 |
| 2.4 | загальна середньоквадратична похибка | 0,38 |
| 3 | Результати розрахунку для 35 опорних точок: | |
| 3.1 | максимальна похибка по X | 0,55 |
| 3.2 | максимальна похибка по Y | 0,21 |
| 3.3 | максимальна нев'язка | 0,58 |
| 3.4 | загальна середньоквадратична похибка | 0,52 |

Проведений аналіз точності отриманих результатів експерименту показав наступне:

- з огляду на відсутність можливості використати готовий ортофотоплан на зону інтересу, в ході підготовки опорних точок були проведені польові виміри опорних точок з використанням геодезичного обладнання та диференційних поправок з навігаційної системи ГНСС з похибками по горизонталі ± 2 мм, по висоті ± 5 мм;
- знімок з рівнем обробки 2A вимагає проведення додаткових операцій корегістрації, паншарпенінгу та геометричної корекції по опорних точках;
- в процесі ортотрансформації були використані RPC коефіцієнти, що формуються автоматично станцією УНСП-8.2, здійснена геометрична корекція по опорних точках з визначенням максимальних похибок, нев'язок та

загальних середньоквадратичних похибок при афінному трансформуванні для поліному 1-го порядку з використанням 5, 9 та 35 опорних точок;

- встановлено, що середньоквадратичні похибки знаходяться в межах 0,38–0,52 м, що є прийнятним для точності в площині для масштабу 1:10000, причому виявилось достатнім використання 5 опорних точок для додаткової прив'язки зображення;

- точність результатів оцінки по висоті суттєво залежить від обраної цифрової моделі рельєфу, визначено, що для масштабу 1:10000 середньоквадратична похибка по висоті має складати не більше 1,7 м;

- встановлено, що використана в ході експерименту ЦМР SRTM GL1 надає точність в площині близько 30 м та середньоквадратичну похибку по висоті до 16 м, що дозволяє стверджувати про невідповідність умов допуску похибки по висоті для масштабу 1:10000 та вимагає в процесі створення ортофотоплану на основі даних з КА «SuperView-1» використання ЦМР з середньоквадратичною похибкою не гірше 1,7 м;

- в цілому дані, отримані з КА «SuperView-1», є придатними для створення ортофотопланів масштабу 1:10000 за умови забезпечення відповідних вхідних даних.

Отримані в ході проведення практичного експерименту результати дають можливість зробити наступні узагальнені висновки.

Висновки

1. В результаті експерименту була проведена практична перевірка можливостей використання даних з КА «SuperView-1» компанії «Great Wall» для створення на їх основі ортофотопланів масштабу 1:10000. Технологія створення цифрового картографічного забезпечення територій за матеріалами космічної зйомки дає можливість оперативно створювати та оновлювати топографічні плани необхідних масштабів як для території, так і для окремих локальних об'єктів.

2. Отримані цифрові ортофотоплани являють собою трансформоване та масштабоване фотографічне представлення визначених ділянок території. Цифрові ортофотоплани за своєю сутністю можуть стати раціональною основою для виконання робіт, що пов'язані з землевпорядкуванням. Їх використання дозволить практично максимально виключити польові геодезичні роботи, які пов'язані з прокладенням теодолітних проходів та топографічною зйомкою для визначення координат поворотних точок кордонів та меж ділянок землевпорядкування.

3. Застосування зазначеної технології створення цифрового картографічного забезпечення територій за матеріалами космічної зйомки дозволить значно скоротити витрати на отримання планово-картографічних матеріалів, що у свою чергу забезпечить скорочення термінів та витрат на проектування інфраструктури просторових даних, підготовку відповідних документів для територіального планування. При цьому оновлення планово-картографічних матеріалів можливо здійснювати шляхом моніторингу та корегування їх змін.

4. За результатами космічної зйомки можливо буде складати цифрові ортофотоплани, що нададуть можливість відслідковувати картографічні зміни та здійснювати картографічне оновлення. При застосуванні цієї технології ресурсні витрати будуть в основному пов'язані із закупівлею космічних знімків та проведенням камеральних фотограмметричних робіт.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних» від 13.04.2020 р. № 544-IX.
2. Постанова Кабінету Міністрів України «Порядок функціонування національної інфраструктури геопросторових даних» від 26. 05. 2021 р. № 522.
3. Ю.О. Карпінський, А.А. Лященко, Т.М. Квартич. Концептуальні засади створення системи Державного топографічного моніторингу місцевості. Вісник геодезії та картографії. – 2011. – № 3. – С. 27–31.
4. Ю.О. Карпінський. Стратегія формування національної інфраструктури геопросторових даних в Україні [Текст] / Ю.О. Карпінський, А.А. Лященко. – К.: НДІГК, 2006. – 108 с.: іл. – (Сер. "Геодезія, картографія, кадастр").
5. Ю.О. Карпінський. Еталонна модель бази топографічних даних [Текст] / Ю.О. Карпінський, А.А. Лященко, Р.М. Рунець // Вісн. геодез. та картогр. – 2010. – № 2. – С. 28–36.
6. Ю.О. Карпінський. Топографічне картографування в Національній інфраструктурі геопросторових даних [Текст] / Ю.О. Карпінський, А.А. Лященко // Національне картографування: стан, проблеми та перспективи розвитку; зб. наук. пр. – К.: ДНВП "Картографія", 2010. – Вип. 4. – С. 52–60.
7. Основні положення створення та оновлення топографічних карт масштабів від 1:10000 до 1:1000000. Головне управління геодезії, картографії та кадастру України. Наказ №156 від 31.12.1999 р.
8. Цифрова модель рельєфу SRTM. – Режим доступу: <http://dds.cr.usgs.gov/srtm>.

Стаття надійшла до редакції 09.12.2021 і прийнята до друку після рецензування 02.03.2022

REFERENCES

1. Law of Ukraine On the National Infrastructure of Geospatial Data of April 13, 2020 No. 544-IX.
2. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine «Procedure for the functioning of the national infrastructure of geospatial data» of May 26, 2021 No. 522.
3. Karpinsky, Yu.O., Lyashchenko, A.A., & Kvartych, T.M. (2011). Conceptual principles of creating a system of State topographic monitoring of the area. *Geodesy and Cartography Bulletin*, 3, 27-31 [in Ukrainian].
4. Karpinskii, Yu.O., & Lyashchenko, A.A. (2006). Strategy of formation of national infrastructure of geospatial data in Ukraine. Kyiv: NDIGK [in Ukrainian].
5. Karpinskii, Yu.O., Lyashchenko, A.A., & Runets, R.M. (2010). Reference model of topographic data base. *Geodesy and Cartography Bulletin*, 2, 28-36 [in Ukrainian].
6. Karpinskii, Yu.O., & Lyashchenko, A.A. (2010). Topographic mapping in the National Infrastructure of Geospatial Data. *National mapping: state, problems and prospects of development; Collection of scholarly articles*, 4, 52-60 [in Ukrainian].
7. Basic provisions for creating and updating topographic maps of scales from 1:10000 to 1:1000000. The State Service of Ukraine for Geodesy, Cartography and Cadastre. Order №156 of 31.12.1999.
8. SRTM digital terrain model. Retrieved from: <http://dds.cr.usgs.gov/srtm>.

The article was received 09.12.2021 and was accepted after revision 02.03.2022

Вертегел Сергій Гаврилович

кандидат військових наук, старший науковий співробітник, провідний фахівець інформаційно-аналітичного центру Національного центру управління та випробувань космічних засобів

Адреса робоча: 01010 Україна, м. Київ, вул. Московська, 8

ORCID ID: 0000-0001-7633-0389 **e-mail:** sergeygavrilovich54@gmail.com

Вишняков В'ячеслав Юрійович

кандидат технічних наук, начальник групи обробки радіолокаційних даних та стереозйомки інформаційно-аналітичного центру Національного центру управління та випробувань космічних засобів

Адреса робоча: 01010 Україна, м. Київ, вул. Московська, 8

e-mail: wishnya_dzz@ukr.net

Гуреля Віталій Володимирович

кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри геодезії та землеустрою Поліського національного університету

Адреса робоча: 10002 Україна, м. Житомир, бульвар Старий, 7

ORCID ID: 0000-0001-8283-0152 **e-mail:** Gurelya.v@gmail.com

Сластін Сергій Олександрович

начальник групи обробки супутникових даних інформаційно-аналітичного центру Національного центру управління та випробувань космічних засобів

Адреса робоча: 01010 Україна, м. Київ, вул. Московська, 8

ORCID ID: 0000-0002-4173-265X **e-mail:** sergeyslazin@gmail.com

Піскун Олег Миколайович

начальник відділу космічних систем центру спеціальних програм Національного центру управління та випробувань космічних засобів

Адреса робоча: 01010 Україна, м. Київ, вул. Московська, 8

ORCID ID: 0000-0002-2009-9314 **e-mail:** piskun@nkau.gov.ua

Харченко Сергій Петрович

начальник відділу інформаційно-аналітичного центру Національного центру управління та випробувань космічних засобів

Адреса робоча: 01010 Україна, м. Київ, вул. Московська, 8

ORCID ID: 0000-0001-6011-4227 **e-mail:** pockocka@gmail.com

Мороз В'ячеслав Саватійович

начальник відділу забезпечення сил безпеки інформаційно-аналітичного центру Національного центру управління та випробувань космічних засобів

Адреса робоча: 01010 Україна, м. Київ, вул. Московська, 8

ORCID ID: 0000-0001-5028-6332 **e-mail:** viachesl.savv@gmail.com