

DOI: 10.32347/2076-815X.2024.87.294-307

УДК 528.3:528.41

д.п.н., професор **Браславська О.В.**,
oksana.braslavska@udpu.edu.ua, ORCID: 0000-0003-0852-686X,

к.п.н. **Рожі І.Г.**,
inna.rozhi.93@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7950-525X,

к.е.н., доцент **Грицик О.М.**
oleggricik32@gmail.com, ORCID: 0009-0001-5321-4753,

Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини

ЗАСТОСУВАННЯ СУПУТНИКОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У КАДАСТРОВИХ РОБОТАХ: ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ

Супутникові технології мають великий потенціал у кадастрових роботах, значно підвищуючи ефективність і точність процесів. В статті розглянуто існуючі аспекти супутникового моніторингу для кадастрових робіт та розібрано питання ведення моніторингу в системі автоматизації кадастру, пов'язаного з обробкою інформації щодо об'єктів кадастру. Описано основи сучасної ГІС технологій у веденні супутникового моніторингу GPS у кадастрі. Розглянуто інноваційні програми при веденні супутникового моніторингу іншими країнами. Що є особливо актуально в даний час при військових діях з російською федерацією. Швидкий моніторинг з застосуванням супутникових технологій допоможе підвищити точність розвідки та відповідно ефективність артилерії.

У статті проаналізовано розвиток геодезичного забезпечення при виконанні кадастрових робіт, описано використання новітніх геодезичних технологій – тривимірного супутникового сканування. Аналіз літературних джерел показав, що існує значна кількість наукових робіт з використанням супутникових технологій для отримання кадастрових даних та створення тривимірного кадастру. В якій описано методики виконання кадастрового знімання, критерії вибору засобів вимірювання, методів оцінки точності координат, алгоритми обробки даних сканування. Однак питання подальшого використання супутникових технологій для кадастрової документації вимагає більш детального дослідження.

Ключові слова: дистанційне зондування землі; супутниковий моніторинг; аерознімання; системи кадастру нерухомості; інженерно-геодезичні дослідження; територія будівництва; супутникові методи.

Постановка проблеми. Зараз засоби дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) стають основним джерелом оперативних просторових даних для

інформаційного забезпечення важливих державних завдань, у тому числі ведення кадастрових робіт [1]. У світі діє вже понад 30 супутників ДЗЗ цивільного призначення, сформувався ринок просторових даних та ГІС додатків. Не секрет, що вітчизняний ринок даних ДЗЗ має особливу специфіку, яка не найкращим чином позначається на розвитку кадастрових робіт. Довгий час факторами, що стримують розвиток ринку просторових даних, були відстала нормативна база та відсутність актуальних та доступних за вартістю даних ДЗЗ. Проте військові дії спричинені нападом Росії, спричинили значний прогрес в цій галузі, що привело до надання суттєвої допомоги від союзників, Україна розширила доступ до супутникових технологій, що позитивно вплинуло на хід військових дій та суттєво підвищило точність та ефективність кадастрових робіт. Також останнім часом у сфері нормативного регулювання відбулися позитивні зрушення, через збільшення надходжень матеріалів високої детального знімання які надаються нашими союзниками.

Для інформаційного забезпечення кадастрових робіт необхідні відносно недорогі матеріали середнього, високого та надвисокого просторового дозволу на всю територію України доступні в оперативному режимі. Досвід НАТО показує, що якщо залучити кілька космічних систем, що працюють у режимі безперервного знімання з передачею даних у масштабі реального часу, можливо повністю покрити територію країни знімками середнього дозволу за 6-9 місяців. Здешевити інформацію можна, імпортуючи "сиру" телеметрію ведучих закордонних програм ДЗЗ на мережу станцій в Україні. Порівняно із закупівлею готових зображень прямий прийом забезпечить зниження вартості космічних знімків для клієнтів на 20-30%, а для власників приймальних станцій – у рази. Схему прямого прийому даних кількох програм ДЗЗ доповнює мережу регіональних центрів ДЗЗ з універсальними малогабаритними приймальними станціями, які у сучасному варіанті забезпечують прийом інформації з 12 супутників різних програм ДЗЗ у X-діапазоні частот з просторовою роздільною здатністю від 0,7 м до 1 км [2].

Так, як в Україні інформація про об'єкти нерухомості, про права на них, та межі адміністративно-територіальних утворень, міститься в Єдиному Державному реєстрі нерухомого майна (ЄДРНМ), який є глобальною базою даних. А кадастр нерухомості є частиною цієї бази даних і складається з інформації, введеної в процесі кадастрового обліку земельних ділянок, будівель, приміщень, споруд, окремого нерухомого майна, паркомісць та об'єктів незавершеного будівництва. Тому використання супутникових технологій має велике значення при формуванні ЄДРНМ та його складової частини кадастру нерухомого майна. Проте помітна тенденція до інтеграції одного із засобів супутникового вимірювання – лазерного сканера. Лазерне

сканування відоме як метод фотографування поверхні Землі та об'єктів на ній ще в 80-90-х років ХХ століття, але не отримала широкого поширення в Україні, через високу вартість технологій та існуючу в той історичний період соціально-політичну напругу [3].

Отже, останнім часом спостерігається тенденція все більшого впровадження супутникового сканування в багатьох галузях виробничо-господарської діяльності, наприклад екологічного моніторингу, моніторингу стану об'єктів інфраструктури, моделювання, будівництва, архітектури, картографування, геодезичних та геологічних досліджень, археології, сільського господарства, паспортизації доріг, у тому числі кадастру нерухомості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Особливості супутникового методу отримання даних описані у працях Н.Л. Сосницької, М.В. Морозова, Н.А. Дьоміна, Р.В. Шульца, О.І. Терещука, С.Д. Крячка, Л.С. Мамонтова, Л.М. Казаченка, В.О. Решетила, Y. Nie, Y. Shen [3–17].

Актуальність. Завдяки сучасним супутниковим технологіям, маємо доступ до великої кількості супутникових зображень, які охоплюють великі території та збирають дані в реальному часі. Ця доступність дозволяє ефективно використовувати супутникові дані для підвищення точності та ефективності кадастрових робіт. Використання супутникових зображень та аналітичних методів дозволяє покращити процес моніторингу та забезпечити точні та актуальні дані.

Формування цілей статті. Метою дослідження є аналіз можливості та механізму використання даних супутникового сканування для підготовки кадастрової документації, виявлення змін в її структурі в частині додавання нової характеристики об'єктів. Для її вирішення необхідно провести аналітичний огляд основних джерел наукової літератури про використання супутникових технологій для кадастрових робіт; пошук практичного застосування супутникової технології сканування в кадастрових роботах; розглянути структуру кадастрової документації; обґрунтувати вдосконалення геодезичних робіт для формування кадастру нерухомого майна.

Виклад основного матеріалу. У воєнний час однією зі складових національної безпеки та оборони є топографічно-геодезичне і картографічне забезпечення. Принцип роботи супутникової диференціальної системи ґрунтується на створенні станцій, що приймають сигнали супутникових систем і передають їх як вимірювальну інформацію в обчислювальний центр, який формує коригуючу інформацію і по каналах зв'язку транслює її користувачами території, що обслуговується. Тобто станція, яка знаходиться в заздалегідь відомій точці, періодично коригує координати свого розташування за

допомогою GPS і таким чином визначає похибку роботи системи, хоч би чим вона була викликана. Для якісної роботи системи, координати базової станції повинні бути відомі з високим ступенем точності.

Для кадастрового картографування земель окремих областей оптимальними можуть бути матеріали індійського супутника IRS_P6, одержувані за допомогою сканерів з роздільною здатністю 5,8; 23 та 56 м. Наприклад, при картографуванні земель сільськогосподарського призначення за даними IRS у Полтавській області виявлено, що за останні 10 років близько половину земель виведено із господарського обороту. Використовуючи великий архів актуальних матеріалів знімання за допомогою сканерів PAN та LISS_4 (роздільна здатність 5,8 м) можна провести оновлення карт масштабів 1:25 000 та 1:50000. В даний час сегмент ринку даних, найбільш швидко розвивається завдяки програмам ДЗЗ – даних високого (1-10 м) та надвисокого (менш ніж 1 м) дозволу.

Попри стабільний попит, дані високої-детального знімання є найбільш дорогими та мають низьку оперативність отримання. Технологічні рішення, дозволяють оперативно замовляти знімки високої та надвисокої роздільної здатності програм IRS, EROS A та EROS B (Ізраїль) у регіональних приймальних центрах ДЗЗ. Ведуться переговори щодо прийому інформації з супутників Formosat_2 (Тайвань) з роздільною здатністю 2 м, KOMPSAT_2 (Корея) з роздільною здатністю 1 м, а в найближчому часі розпочнеться прийом стереопар зображень із супутника Cartosat_1 IRS_P5 (Індія) з роздільною здатністю 2,5 м. Використання високодетальних матеріалів космічного знімання дозволить створювати карти земель сільськогосподарського призначення масштабу 1:25 000.

У інтересах інформаційного забезпечення кадастрових робіт у регіонах доцільно створювати багатофункціональні супутникові приймальні центри ДЗЗ з локальними архівами даних різних програм. Як приклад можна назвати пункт прийому інформації середньої роздільної здатності на базі командно-виміральної системи «Фазан», яка оснащена універсальною приймальною станцією і має локальні архіви даних та різноманітні засоби для розробки ГІС додатків та продуктів високого рівня обробки. Так рухома станція, забезпечує прийом даних Terra, Aqua (США), SPOT_2, _4, IRS, Landsat_5, EROS A з просторовою роздільною здатністю від 2 м до 1 км.

Прикладом глобальних супутникових мереж є мережа станцій стеження системи GPS (Global Positioning System). **Супутниковий моніторинг GPS:** працює на основі визначення координат розташування об'єктів щодо позицій супутників [18]. Сучасні системи GPS визначають просторові координати місця розташування і часу користувача за допомогою роботи трьох сегментів:

- підсистем космічних апаратів, які складаються зі штучних супутників Землі, що передають радіосигнали на Землю;
- підсистем наземного контролю і керування, які стежать за функціонуванням усієї системи;
- підсистем апаратури користувачів, які складаються з приймачів різних типів.

Серед проблем у використанні GPS (рис. 1) можна віднести:

- Неєфективне використання транспортних засобів;
- Необхідність оперативного реагування на позаштатні ситуації та контролю технічної справності техніки;
- Недотримання правил дорожнього руху;
- Сторонні рейси;
- Злив палива [18].

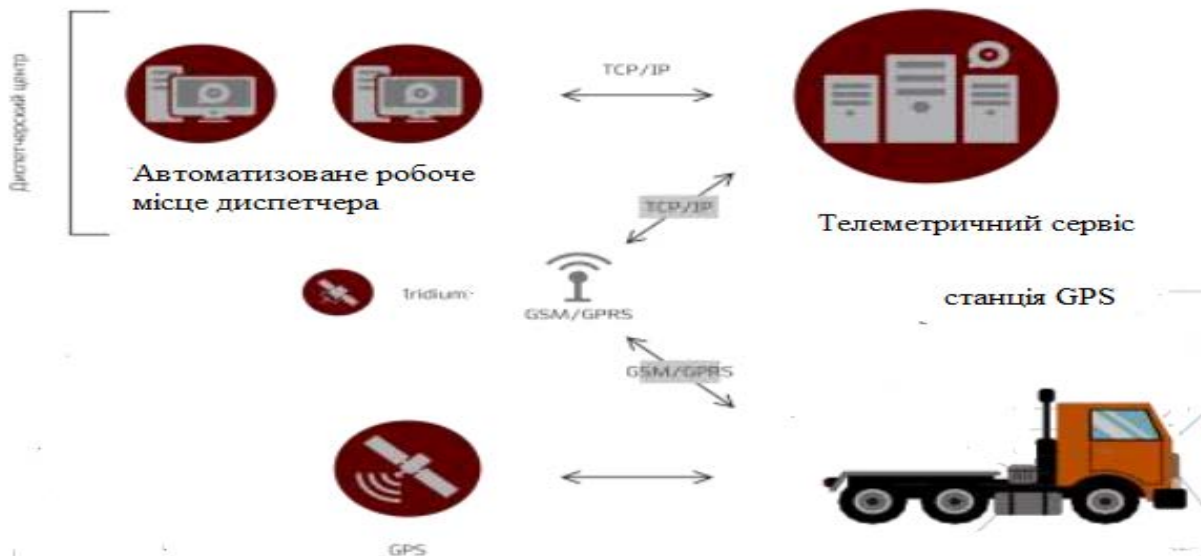


Рис. 1. Супутниковий моніторинг GPS

Проте використання систем GPS в супутниковій геодезії все ж має ключову перевагу вимірювання і обчислення повністю автоматичне, що зменшує фактор людської похибки та підвищує швидкість обробки даних, що також підвищує точність та ефективність кадастрових робіт. За допомогою збірника [19] та порівняльних показників складено таблицю 1, де порівняно трудові затрати на геодезичні вимірювання традиційним та супутниковим методами; за одиницю виміру прийнято витрати на один геодезичний пункт.

Сучасні електронні тахеометри мають однакові з GPS-приймачами формати запису польової інформації, взаємозамінні карти пам'яті, що дозволяє виконувати вимірювання до мікропризмових наклейок (катафотів), а також до точок, у напрямі яких є перешкоди (наприклад, листя), за допомогою

спеціального відбивача і мають у своєму розпорядженні велику бібліотеку геодезичних програм. Можливості застосування супутникових технологій, які вважаються найбільш перспективними для вирішення геодезичних завдань, в умовах багатоповерхової міської забудови дуже обмежені. Це пов'язано як з екранування супутникових сигналів, так і з появою помилок притаманних за умов незадовільної радіовидимості [20]. Проте проведений аналіз дозволив визначити переваги супутникової геодезії у сферах землевпорядкування, кадастрових, геодезичних вишукувальних робіт. Супутникові методи забезпечують значну економію часу і зусиль, особливо в умовах, де традиційні методи можуть бути складними або небезпечними.

Таблиця 1.

Трудові затрати на геодезичні вимірювання традиційним
та супутниковим методами

Обрані параметри	Трудові затрати (бригадо-дні) на геодезичні вимірювання одного пункту з використанням	
	електронного тахеометра	GPS-приймачів
Рекогносцирування вихідних пунктів	0,20	0,18
Рекогносцирування орієнтирних пунктів	0,22	-
Створення опорної мережі	0,80	0,30
Опрацювання матеріалів	0,65	0,50
Разом	1,89	0,98

Найбільш точною та ефективною глобальною супутниковою геодезичною мережею є практична реалізація міжнародної земної опорної системи координат (International Terrestrial Reference System – ITRS). Каталоги координат пунктів ITRF внаслідок безперервного вдосконалення мережі та геодинамічних процесів періодично оновлюються. Зараз на офіційному сайті доступні для завантаження результати в реалізаціях ITRF-94, ITRF-96, ITRF-97, ITRF-2000, ITRF-2005, ITRF-2008. У переліку наведено також реалізації ITRF-92 та ITRF-93, але на сайті вони недоступні.

Характерними прикладами національних супутникових мереж є супутникові мережі Австралії, США та Китаю. Геодезична супутникова мережа Австралії поєднує основну, національну мережі та супутникову мережу GPS. Австралійська основна мережа (Australian Fiducial Network – AFN) включає вісім постійно діючих станцій, координати яких визначено в епоху 1994.0 з точністю до кількох сантиметрів (2-4+10⁻⁹) мм. Австралійська національна мережа (Australian National Network – ANN) складається з рівномірно

розташованих пунктів з середньою відстанню між ними близько 500 км. Схема розташування станцій AFN та ANN наведено на рис. 2.

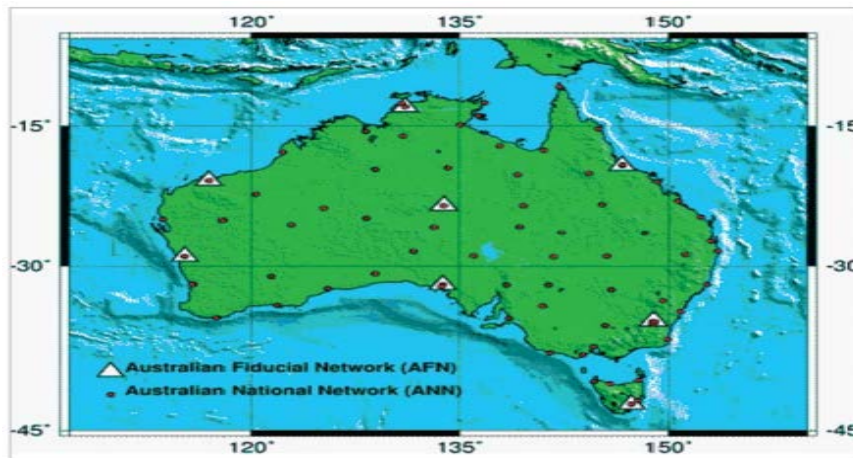


Рис. 2. Схема розташування пунктів AFN та ANN

Національна супутникова мережа США являє собою сукупність пунктів федеральної опорної мережі та користувальницької мережі. Федеральна опорна мережа (Federal Base Network — FBN) представлена мережею постійно діючих фундаментальних станцій, розташованих за 100 км. Мережа забезпечує просторовий контроль з найбільш високою на сьогодні точністю (95%): 1 см для широт та довгот, 2 см для еліпсоїдальної (геодезичної) висоти, 3 см для ортометричної висоти, 50 мкГал для сили тяжіння, 1 мм/в рік для руху земної кори. Об'єднана опорна мережа (Cooperative Base Network — CBN) об'єднує постійно діючі станції, що розташовані на території Сполучених Штатів на відстані 25–50 км одна від одної.

Національна геодезична служба США (National Geodetic Survey, NGS) відповідає за CBN і надає допомогу та консультації установам, що співпрацюють у здійсненні просторового контролю відповідно до прийнятих федеральних стандартів та технічних умов. Користувальницька мережа (User Densification Network — UDN) забезпечує просторову прив'язку локальних інфраструктурних проєктів, а за потреби — архівування та розповсюдження даних пунктів UDN. Перед надсиланням даних до NGS, організація — власник пунктів UDN повинна перевірити їх точність, використовуючи програмне забезпечення, яке постачається NGS.

Основа китайської геодезичної системи координат (CGCS 2000 — China Geodetic Coordinate System 2000) складає супутникова геодезична мережа трьох рівнів:

- мережа 28 постійно діючих станцій з точністю взаємного становища 3 мм;

- національна контрольна мережа GPS (National GPS control network 2000 - GPS 2000), що включає 2500 пунктів із точністю взаємного положення 3 см;
- астрономо-геодезична мережа, включає близько 50 000 пунктів з середніми відстанями між ними близько 22 км по даних GPS.

Прикладом регіональної (міждержавної, міжнаціональної) супутниковою мережею є європейська мережа постійно діючих пунктів EPN (EUREF Permanent Network). Мережа EPN не є в повному обсязі континентальною, тому, що не має пунктів на значній частині Європейського континенту зокрема на території України. Практична реалізація Європейської земної опорної системи координат ETRS89 (European Terrestrial Reference System), що збігається з ITRS пов'язана з Євразійською платформою, — ETRF (European Terrestrial Reference Frame), заснованої на пунктах європейської регіональної мережі EPN. Пункти європейської регіональної (міждержавної) мережі EPN є реалізацією першого (вищого) рівня геодезичної мережі у континентальному плані. EPN складається з більш ніж 200 станцій ДНСС, що постійно діють. На національному рівні Європейська земна опорна система координат ETRS реалізується згущенням геодезичної мережі щодо пунктів EPN, відповідно до рекомендацій Технічної робочої групи EUREF — TWG (EUREF Technical Working Group) та основ IGS (International GNSS Service). Застосування даних рекомендацій дозволить досягти точності координат пунктів на рівні 1 мм у плані та 3 мм у висоті щодо пунктів EPN.

Висновок. Застосування супутникових технологій у кадастрових роботах не тільки підвищує точність і ефективність, але й відкриває нові можливості для управління земельними ресурсами. Вони сприяють зменшенню витрат та часу на виконання кадастрових робіт, що робить їх незамінними в сучасному світі. Дистанційний моніторинг використовують для будь-яких типів кадастрових робіт – систематичне спостереження за станом об'єктів, явищ, процесів для забезпечення дотримання основних положень об'єктів законодавства при організації та здійсненні використання земельного фонду на основі аналітико-вимірювального дешифрування матеріалів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). При обробці архівних знімків і знімків, які оперативно отримують з супутників вирішуються такі завдання, як:

- виявлення та визначення місць, площ та обсягів незаконних (без дозвільних документів) рубок лісу;
- виявлення порушень чинних правил заготівлі деревини;
- аналіз стану лісових ділянок, переданих в оренду для будівництва, реконструкції та експлуатації об'єктів, не пов'язаних зі створенням лісової інфраструктури (виконання робіт з геологічного вивчення надр, розробка

родовищ корисних копалин, будівництво, реконструкція, експлуатація ліній електропередачі, ліній зв'язку, доріг, трубопроводів та інших лінійних об'єктів);

➤ визначення розташування противника та моніторинг переміщення його військ;

➤ і так далі.

Результати дистанційного супутникового моніторингу землі спрямовуються до органів державної влади, які здійснюють функції управління в галузі використання, охорони, захисту та відтворення лісів, а також до органів державної влади, уповноважених у сфері державного земельного контролю та нагляду. Супутникове аерознімання (дистанційне зондування Землі) є одним з основних методів оперативного отримання відомостей про земну поверхню. Винятково багата інформацією та високою точністю фотографічного (цифрового) зображення, аерофотогеодезія широко використовується у різних галузях народного господарства та науки.

Список використаних джерел

1. Alcaras, E.; Amoroso, P.P.; Parente, C.; Prezioso, G. Remotely sensed image fast classification and smart thematic map production. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.* 2021, 46, 43–50. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVI-4-W5-2021-43-2021>.

2. Bepalov V., Turk G., Gurova O. Physical features of reducing air pollution for the operating conditions of the drying drum of brick factories // *E3S Web of Conferences: Innovative Technologies in Environmental Science and Education, ITESE 2019, Divnomorskoe Village: EDP Sciences, 2019.* – P. 01034. – DOI 10.1051/e3sconf/201913501034.

3. Краснощок С.Л. Дослідження технології кадастрового знімання з використанням методів супутникової геодезії: кваліфікаційна робота. Дніпро: ПДАБА, 2020. 100 с.

4. Сосницька Н.Л., Морозов М.В., Дьоміна Н.А., Онищенко Г.О., Халанчук, Л. В. Застосування супутникової геодезії у землеробстві. *Галузеве машинобудування.* Т. 311. 2020. С. 11–18.

5. Дьоміна Н.А., Морозов М.В. Моделювання сферичних та циліндричних квантових точок. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Технічні науки.* Т. 3. 2019. С. 325–334.

6. Шульц Р.В., Терещук О.І., Анненков А.О., Нисторьяк І.О. Практичні дослідження точності визначення координат за супутниковими технологіями в режимі реального часу. *Інженерна геодезія.* 2014. С. 58–76.

7. Крячок С.Д., Мамонтова Л.С., Беленок В.Ю. Визначення сталої віддалеміра електронного тахеометра під час прив'язки до стінних геодезичних знаків. *Технічні науки та технології*. Т. 2. 2019. С. 197–202.
8. Крячок С.Д. Дослідження критеріїв із виявлення залишкових систематичних похибок у результатах подвійних нерівноточних геодезичних вимірювань. *Технічні науки та технології*. Т. 1 (15). 2019. С. 258–266.
9. Терещук О.І. Методика реалізації супутникових технологій кінематичного позиціонування для геодезичних полігонів. *Технічні науки та технології*. Т. 2. 2017. С. 236–245.
10. Казаченко Л.М. ГІС-технології у виявленні процесів зсуву ґрунту. *Комунальне господарство міст*. Серія: Технічні науки та архітектура. Вип. 7. Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2018. С. 198–202.
11. Казаченко Л., Чубукін Р., Казаченко В. ГІС-технології при створенні планової геодезичної основи для розроблення генерального плану населеного пункту. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*. Вип. II (42). 2021. С. 67–75.
12. Решетило В.О., Кіпріянов О.Л., Кузнецов В.О. Особливості застосування супутникових методів визначення нормальних висот точок земної поверхні. *Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*. Вип. 1. 2019. С. 143–148.
13. Nesterenko S., Yermolenko D., Shefer O., Klierko A. Українська навігаційна супутникова система: стан і перспективи. *Системи управління, навігації та зв'язку*. Вип. 3. 2021. С. 4–7.
14. Кулешов В.В., Шаповал Г.В., Кулешов А.В., Громов С.О., Лисенко Є.М. Удосконалення систем супутникової навігації при розвитку пасажирського комплексу в умовах швидкісних перевезень. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. 2017. Вип. 173. С. 96–106.
15. Conlon L.O., Michel T., Guccione G., Mc. Kenzie K., Assad S. M., Lam P. K. Enhancing the precision limits of interferometric satellite geodesy missions. *Microgravity*. № 8 (1). 2021. С. 1–10.
16. Alvarez A.D., Bevilacqua R., Hollis H., Mueller G., Knudston A., Patel U., Conklin J.W. A simplified gravitational reference sensor for satellite geodesy. 2107. Pp. 08545.
17. Nie Y., Shen Y., Pail R., Chen Q. Efficient variance component estimation for large-scale least-squares problems in satellite geodesy. *Journal of Geodesy*. № 96 (2). 2022. Pp. 1–15.

18. Haydarovich, B.M., Lazizbek, I., Rakhmanovich, Y.Z., & Abduazizovich, R.B. (2023). Description of Natural and Hydrographic Conditions of Kashakadarya Region. *Web of Semantic: Universal Journal on Innovative Education*, 2(3), 26-31.

19. Про затвердження Збірника укрупнених кошторисних розцінок на топографо-геодезичні та картографічні роботи. Наказ України № 29/м від 19.02.2003. 2003. 80 с.

20. Міхно П.Б. Проблеми застосування традиційних інженерно-геодезичних технологій в Україні в сучасних умовах. Технічні та економічні рішення з протидії глобальним викликам: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (17–20 вересня 2020 р., Кременчук). Кременчук: Колос, 2020. С. 150–154.

Doctor of Pedagogical Sciences, Professor **Braslavska Oksana**,
Candidate of Pedagogical Sciences **Rozhi Inna**,
Candidate of Economic Sciences, Associate Professor **Grytsyk Oleg**,
Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University

APPLICATION OF SATELLITE TECHNOLOGIES IN CADASTRAL WORK: INCREASING ACCURACY AND EFFICIENCY

Satellite technologies have great potential in cadastral works, significantly increasing the efficiency and accuracy of processes. The article examines the existing aspects of satellite monitoring for cadastral works and analyzes the issue of monitoring in the cadastre automation system related to the processing of information on cadastre objects. The basics of modern GIS technologies in conducting GPS satellite monitoring in the cadastre are described. Innovative programs for conducting satellite monitoring by other countries are considered. Which is especially relevant at the moment during military operations with the Russian Federation. Rapid monitoring using satellite technology will help increase the accuracy of reconnaissance and, accordingly, the effectiveness of artillery.

The article analyzes the development of geodetic support during the performance of cadastral works, describes the use of the latest geodetic technologies - three-dimensional satellite scanning. The analysis of literary sources showed that there is a significant number of scientific works using satellite technologies for obtaining cadastral data and creating a three-dimensional cadastre. In which are described the methods of cadastral surveying, criteria for choosing measuring instruments, methods for assessing the accuracy of coordinates, algorithms for processing scanning data. However, the issue of further use of satellite technologies for cadastral documentation requires more detailed research.

Keywords: remote sensing of the earth; satellite monitoring; aerial survey; real estate cadastre systems; engineering and geodetic research; construction area; satellite methods.

REFERENCES

1. Alcaras, E.; Amoroso, P.P.; Parente, C.; Prezioso, G. (2021). Remotely sensed image fast classification and smart thematic map production. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.* 46, 43–50. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVI-4-W5-2021-43-2021> {in English}.
2. Beshpalov V., Turk G., Gurova O. (2019). Physical features of reducing air pollution for the operating conditions of the drying drum of brick factories. *E3S Web of Conferences: Innovative Technologies in Environmental Science and Education, ITESE 2019, Divnomorskoe Village: EDP Sciences, 01034*, DOI 10.1051/e3sconf/201913501034 {in English}.
3. Krasnoshchok S.L. *Doslidzhennya tekhnolohiyi kadaastrovoho znimannya z vykorystanniam metodiv suputnykovoyi heodeziyi [Research of cadastral survey technology using satellite geodesy methods Qualification thesis]*. Dnipro: PSACEA, 2020, 100 p. {in Ukrainian}.
4. Sosnytska N.L., Morozov M.V., Dyomina N.A., Onishchenko G.O. and Khalanchuk L.V. *Zastosuvannya suputnykovoyi heodeziyi u zemlerobstvi [Application of satellite geodesy in agriculture]*. *Haluzeve mashynobuduvannya [Industrial Engineering]*. Vol. 311, 2020, pp. 11–18. {in Ukrainian}.
5. Dyomina N.A. and Morozov M.V. *Modelyuvannya sferychnykh ta tsylindrychnykh kvantovykh tochok [Modeling of spherical and cylindrical quantum dots]*. *Pratsi Tavriys'koho derzhavnoho ahrotekhnolohichnoho universytetu. Tekhnichni nauky [Proceedings of the Tavri State Agro-Technological University. Technical Sciences]*. Vol. 3, 2019, pp. 325–334. {in Ukrainian}.
6. Schultz R.V., Tereshchuk O.I., Annenkov A.O. and Nystoryak I.O. *Praktychni doslidzhennya tochnosti vyznachennya koordynat za suputnykovymy tekhnolohiyamy v rezhymi real'noho chasu [Practical studies of the accuracy of determining coordinates using satellite technologies in real time]*. *Inzhenerna heodeziya [Engineering Geodesy]*. Vol. 61, 2014, pp. 58–76. {in Ukrainian}.
7. Kryachok S.D., Mamontova L.S. and Belenok V.Yu. *Vyznachennya staloyi viddalemira elektronnoho takheometra pid chas pryv'yazky do stinnykh heodezychnykh znakiv [Determining the constant range finder of the electronic total station when tying to wall geodetic marks]*. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohiyi [Technical Sciences and Technologies]*. Vol. 2 (16), 2019, pp. 197–202. {in Ukrainian}.

8. Kryachok S.D. Doslidzhennya kryteriyiv iz vyyavlennya zalyshkovykh systematychnykh pokhybok u rezul'tatakh podviynykh nerivnotochnykh heodezychnykh vymiryuvan' [Research of criteria for the detection of residual systematic errors in the results of double non-equal point geodetic measurements]. Tekhnichni nauky ta tekhnolohiyi [Technical Sciences and Technologies]. Vol. 1 (15), 2019, pp. 258–266. {in Ukrainian}.

9. Tereshchuk O.I. Metodyka realizatsiyi suputnykovykh tekhnolohiy kinematychnoho pozytsionuvannya dlya heodezychnykh polihoniv [Methods of implementation of satellite technologies of kinematic positioning for geodetic polygons]. Tekhnichni nauky ta tekhnolohiyi [Technical Sciences and Technologies]. Vol. 2 (8), 2017, pp. 236–245. {in Ukrainian}.

10. Kazachenko L.M. HIS-tekhnolohiyi u vyyavlenni protsesiv zsuvu gruntu [GIS technologies in detecting landslide processes]. Komunal'ne hospodarstvo mist. Seriya: Tekhnichni nauky ta arkhitektura [Communal Management of Cities. Series: Technical Sciences and Architecture]. Vol. 7 (146). Kharkiv: XNUMG named after O. M. Beketova, 2018, pp. 198–202. {in Ukrainian}.

11. Kazachenko L., Chubukin R. and Kazachenko V. HIS-tekhnolohiyi pry stvorenni planovoyi heodezychnoyi osnovy dlya rozroblennya heneral'noho planu naselenoho punktu [Geospatial technologies in the creation of a planned geodetic basis for the development of a general plan of a settlement]. Suchasni dosyahnennya heodezychnoyi nauky ta vyrobnytstva [Modern Achievements of Geodetic Science and Production]. Iss. II (42), 2021, pp. 67–75. {in Ukrainian}.

12. Reshetylo V.O., Kipriyanov O.L. and Kuznetsov V.O. Osoblyvosti zastosuvannya suputnykovykh metodiv vyznachennya normal'nykh vysot tochok zemnoyi poverkhni [Peculiarities of using satellite methods for determining the normal heights of points on the earth's surface]. Zbirnyk naukovykh prats' Derzhavnoho naukovo-doslidnoho instytutu vyprobuvan' i sertyfikatsiyi ozbroyennya ta viys'kovoyi tekhniky [Collection of Scientific Works of the State Research Institute of Testing and Certification of Weapons and Military Equipment]. Vol. 1 (1), 2019, pp. 143–148. {in Ukrainian}.

13. Nesterenko S., Yermolenko D., Shefer O. and Kliepko A. Ukrayins'ka navihatsiyina suputnykova systema: stan i perspektyvy [Ukrainian navigation satellite system: status and prospects. Control, navigation and communication systems]. Systemy upravlinnya, navihatsiyi ta zv'yazku [Control, Navigation and Communication Systems]. Vol. 3 (65), 2021, pp. 4–11. {in Ukrainian}.

14. Kuleshov V.V., Shapoval G.V., Kuleshov A.V., Gromov S.O. and Lysenko E.M. Udoskonalennya system suputnykovoyi navihatsiyi pry rozvytku pasazhyrs'koho kompleksu v umovakh shvydkisnykh perevezen' [Improvement of satellite navigation systems during the development of the passenger complex in the

conditions of high-speed transportation]. Zbirnyk naukovykh prats' Ukrayins'koho derzhavnoho universytetu zaliznychnoho transportu [Collection of Scientific Works of the Ukrainian State University of Railway Transport]. 2017, iss. 173, pp. 96–106. {in Ukrainian}.

15. Conlon L.O., Michel T., Guccione G., McKenzie K., Assad S.M. and Lam P.K. Enhancing the precision limits of interferometric satellite geodesy missions. *Microgravity*. Vol. 8 (1), 2022, pp. 1–10 {in English}.

16. Alvarez A.D., Bevilacqua R., Hollis H., Mueller G., Knudston A., Patel U. and Conklin J.W. A simplified gravitational reference sensor for satellite geodesy. 2107, pp. 08545 {in English}.

17. Nie Y., Shen Y., Pail R. and Chen Q. Efficient variance component estimation for large-scale least-squares problems in satellite geodesy. *Journal of Geodesy*. Vol. 6 (2), 2022, pp. 1–15 {in English}.

18. Haydarovich, B.M., Lazizbek, I., Rakhmanovich, Y. Z., & Abduazizovich, R. B. (2023). Description of Natural and Hydrographic Conditions of Kashakadarya Region. *Web of Semantic: Universal Journal on Innovative Education*, 2(3), 26-31 {in English}.

19. Pro zatverdzhennya Zbirnyka ukрупnenykh koshtorysnykh roztsinok na topografo-heodezychni ta kartografichni roboty. Nakaz Ukrayiny №29/m vid 19.02.2003 [On the approval of the Compendium of consolidated estimates for topographical, geodetic and cartographic works. Order of Ukraine no. 29/m dated 19.02.2003]. 2003, 80 p. {in Ukrainian}.

20. Mikhno P.B. Problemy zastosuvannia tradytsiinykh inzhenernoheodezychnykh tekhnolohii v Ukraini v suchasnykh umovakh. [Problems of using traditional engineering and geodetic technologies in Ukraine in modern conditions]. *Tekhnichni ta ekonomichni rishennia z protydii hlobalnym vyklykam: materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (17–20 veresnia 2020 r., Kremenchuk)*. Kremenchuk: Kolos, 2020. S. 150–154 {in English}.