DOI https://doi.org/10.30525/978-9934-26-649-2-10

ПРАВОВЕ ТА ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УПРАВЛІННЯ ЗЕМЕЛЬНИМИ РЕСУРСАМИ ПРИ ВСТАНОВЛЕННІ МЕЖ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ У КОНТЕКСТІ ГЕОПРОСТОРОВИХ ВИМІРІВ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Канівець О. М., Ковальчук В. С.

ВСТУП

Проблематика встановлення та уточнення меж населених пунктів набуває особливої актуальності в умовах сучасних трансформацій системи просторового планування та управління земельними ресурсами. Чітке визначення меж має правове, економічне й соціальне значення, оскільки від нього залежить ефективність землекористування, здійснення кадастрового обліку, планування територій, реалізація інвестиційних проєктів, а також дотримання принципів сталого розвитку.

Правове забезпечення цього процесу в Україні формувалося поступово й ґрунтується на положеннях земельного та містобудівного законодавства, однак практика свідчить про наявність низки проблем – від неузгодженості нормативних актів до недостатнього врахування сучасних геопросторових технологій. При цьому важливого значення набуває інтеграція правових механізмів та технологічних рішень, яка дозволяє не лише підвищити точність і достовірність визначення меж, але й забезпечити прозорість та ефективність прийняття управлінських рішень.

Сучасні геодезичні й фотограмметричні методи відкривають широкі можливості для формування актуальної геопросторової інформації, що виступає основою сталого територіального розвитку. Їх поєднання із правовими та організаційними інструментами сприяє створенню комплексної системи управління земельними ресурсами, що відповідає як національним потребам, так і міжнародним стандартам.

Метою дослідження є обґрунтування правових та технологічних основ встановлення меж населених пунктів у контексті геопросторових вимірів, спрямованих на сталий розвиток, визначення перспектив удосконалення відповідних методик та апробацію комплексного підходу, що включає аналіз законодавства, оцінку ефективності сучасних геодезичних і фотограмметричних технологій і забезпечення сталого територіального планування.

Питання правового та технологічного забезпечення встановлення меж населених пунктів активно досліджуються сучасними українськими науковцями. Перший спеціальний дослідницький труд, присвячений проблемі формування меж адміністративно-територіальних одиниць, створений колективом авторів Третяк А., Другак В., Третяк Р. У цьому посібнику здійснено аналіз розвитку землекористування на територіях населених пунктів, розглянуто зміни за типами та режимами використання земель, а також простежено тенденції трансформації їхніх меж. Крім того, у роботі викладено

методику розробки проектів землеустрою, що стосуються зміни меж селищ міського типу та сіл, і проведено оцінку ефективності запропонованих проектних рішень [1].

У працях Мельника М., Залуцького І. та Попадинець Н., обґрунтовано актуальність встановлення меж територіальних громад і адміністративно-територіальних одиниць в умовах децентралізації, наголошено на необхідності комплексного підходу, який поєднує правові механізми з геопросторовими технологіями[2].

У дослідженні Дороша Й.М., Тарнопольського А.В., Харитоненка Р.А., Деркульського Р.Ю. та Рябової Ю.П. розглянуто проблемні аспекти встановлення меж територій територіальних громад як у сучасних умовах, так і в контексті повоєнного відновлення. Автори акцентують увагу на правовій неврегульованості та технологічних викликах, що ускладнюють процес межування[3].

Крім того, Аврамчук Б.О. та Лошакова Ю.А. у своїй роботі здійснили аналіз сучасного стану формування меж об'єднаних територіальних громад, підкресливши необхідність удосконалення нормативного регулювання й ширшого впровадження сучасних геодезичних методів у практику землеустрою[4]. Наукові напрацювання вітчизняних дослідників засвідчують, що ефективне встановлення меж населених пунктів можливе лише за умови гармонійного поєднання правових, організаційних і технологічних рішень.

Таким чином, дослідження правових та технологічних аспектів встановлення меж населених пунктів у контексті геопросторових вимірів сталого розвитку є важливим для підвищення ефективності управління територіями та забезпечення збалансованого використання земель. Воно дозволяє сформувати комплексне бачення ролі нормативно-правових механізмів і сучасних геодезичних технологій у системі просторового планування. Актуалізація геопросторової інформації сприяє підвищенню прозорості процесів землеустрою, забезпечує правову визначеність меж та зменшує ризики земельних конфліктів.

Крім того, впровадження сучасних методів встановлення меж є інструментом гармонізації національного законодавства з європейськими стандартами, що особливо важливо в умовах інтеграційних процесів України. Це відкриває нові перспективи для розвитку кадастрових систем, впровадження електронного врядування у сфері земельних відносин та посилення ролі геоінформаційних технологій у прийнятті управлінських рішень.

---

[1] Третяк А., Другак В., Третяк Р. Землевпорядне проектування: розроблення проектів землеустрою щодо встановлення (відновлення) меж населених пунктів. Херсон : Олді-Плюс, 2017. 180 с.

[2] Мельник М., Залуцький І., Попадинець Н. Актуалізація встановлення меж територіальних громад та адміністративно-територіальних одиниць в умовах децентралізації. *Економіка та право.* 2024. № 4. С. 113–122. URL:https://doi. org/10.15407/ econlaw.2024.04.113

[3] Дорош Й.М. Тарнопольський А.В., Харитоненко Р.А., Деркульський Р.Ю., Рябова Ю.П. Проблемні аспекти щодо встановлення меж територій територіальних громад (сьогодення та повоєнний період). *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель*. 2022. № 2. С. 4–13. URL:https://doi.org/10.31548/zemleustriy2022.02.01

[4] Аврамчук Б.О., Лошакова Ю.А. Аналіз сучасного стану формування та встановлення меж об'єднаних територіальних громад. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель.* 2020. № 2-3. С. 39–46. URL:https://doi.org/10.31548/zemleustriy2020.02.04

Поєднання правового забезпечення та технологічних інновацій створює підґрунтя для формування сучасної моделі управління земельними ресурсами, яка відповідає викликам сталого розвитку та потребам суспільства.

1. Правове регулювання та нормативно-методичне забезпечення встановлення меж населених пунктів

Етап встановлення меж є складовою державного управління земельними ресурсами та територіального планування. Точне визначення меж забезпечує законність використання земель населених пунктів, охорону прав власників і користувачів земельних ділянок, а також сприяє раціональному розвитку територій.

Правові засади визначення та встановлення меж населених пунктів ґрунтуються на положеннях Основного Закону України [5], Земельного кодексу держави[6], а також відповідних нормативно-правових актів, зокрема законів України «Про місцеве самоврядування»[7], «Про землеустрій»[8], «Про регулювання містобудівної діяльності»[9], та інше. Ці документи визначають повноваження органів виконавчої влади та місцевого самоврядування, порядок розробки документації із землеустрою та механізми затвердження меж територіальних громад.

У контексті проведення адміністративно-територіальної реформи в Україні важливого значення набуває упорядкування процедур, що стосуються створення, скасування та коригування меж адміністративно-територіальних утворень. Зазначені питання регулюються положеннями Закону України[10]. В ньому визначено процеси визначення і зміни меж адміністративно-територіальних одиниць, а також регламентує їхнє найменування і перейменування.

Згідно з положеннями вищезазначеного акта встановлено критерії поділу населених пунктів за видами. До них належать:

– **міста** – з компактною забудовою та населенням понад 10 тисяч осіб;

– **селища** – з переважно садибною забудовою та кількістю жителів не менше 5 тисяч осіб;

– **села** – із садибною забудовою та чисельністю населення до 5 тисяч осіб.

---

[5] Конституція України: від 28 червня 1996 р. № 254к/96-ВР. *Відомості Верховної Ради України.* 1996. № 30. Ст. 141. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254к/96-вр#Text (дата звернення 10.10.2025р.)

[6] Земельний Кодекс України від 25.10.2001 року № 2768-III URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text (дата звернення 10.10.2025р.)

[7] Про місцеве самоврядування в Україні : Закон України від 21 травня 1997 р. № 280/97-ВР. *Відомості Верховної Ради України.* URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/280/97-%D0%B2%D1%80#Text (дата звернення 10.10.2025р.)

[8] Про Землеустрій : Закон України від 22 травня 2003 року № 858-IV. URL: http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/5673-22 (дата звернення 10.10.2025р.)

[9] Про регулювання містобудівної діяльності : Закон України від 17 лютого 2011 року № 3038-VI. *Відомості Верховної Ради України*. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17#Text (дата звернення 10.10.2025р.)

[10] Про порядок вирішення окремих питань адміністративно-територіального устрою України : Закон України від 28.07.2023 р. № 3285-IX. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3285-20#Text (дата звернення 10.10.2025р.)

Міські населені пункти представлені містами, а до сільських належать села та селища. Таким чином, на відміну від попередньої системи адміністративного устрою, скасовано категорію «селище міського типу», що є важливим кроком у напрямі модернізації класифікації населених пунктів.

Новим для українського адміністративно-територіального устрою є введення категорії **«поселення»**. За визначенням Закону, поселення являє собою місце компактного проживання людей, розташоване за межами населених пунктів і без постійного складу населення. Оскільки поселення не входить до переліку населених пунктів, його межі встановлюються лише у разі перетворення на населений пункт, відповідно до порядку, визначеного статтею 5 Закону[11]. Це нововведення забезпечує більш гнучке планування територій та врахування сучасних тенденцій розвитку компактних житлових і виробничих зон.

Встановлення або зміна меж сільських населених пунктів належить до компетенції відповідної місцевої ради, на території якої розташоване село чи селище. У випадках, коли коригування меж населеного пункту одночасно зачіпає межі територіальної громади, рішення з цього питання ухвалює Кабінет Міністрів на підставі подання органів місцевого самоврядування.

До такого подання обов'язково додаються матеріали, що підтверджують законність і доцільність змін, а саме: обґрунтування необхідності встановлення чи зміни меж; проєкт землеустрою із зазначенням меж населеного пункту; карта-схема відповідної території; інші документи та відомості, визначені чинним законодавством.

Таким чином, процедура визначення та зміни меж сільських населених пунктів поєднує як локальний (рішення місцевих рад), так і державний (рішення Кабінету Міністрів України) рівні управління, що забезпечує баланс інтересів громади та узгодженість дій у межах адміністративно-територіальної реформи.

На відміну від сільських територій, встановлення меж міста відбувається за поданням Кабінету Міністрів до Верховної Ради. Зазначене подання формується на основі звернення місцевої ради, в межах якої розташована міська територія. Документація, що супроводжує пояснювальну до проекту рішення, майже аналогічна переліку документів для сільських територій.

Слід підкреслити, що встановлення або зміна меж районів у межах міста здійснюється за наявності двох ключових документів: обґрунтування необхідності внесення змін; карта-схема, що відображає встановлені або змінені межі.

У цьому разі розроблення проекту землеустрою, відповідно до Закону **«Про порядок вирішення окремих питань адміністративно-територіального устрою України»**, не передбачена, хоча така документація згадується у статті 186 ЗКУ[12]. Крім того, чинне законодавство встановлює обов'язковість

[11] Про порядок вирішення окремих питань адміністративно-територіального устрою України : Закон України від 28.07.2023 р. № 3285-IX. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3285-20#Text (дата звернення 10.10.2025 р.)

[12] Земельний Кодекс України від 25.10.2001 року № 2768-III URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text (дата звернення 11.10.2025р.)

проведення громадських обговорень під час ухвалення рішень, що стосуються адміністративно-територіального устрою на місцевому рівні. Така процедура спрямована на забезпечення відкритості, прозорості та врахування думки мешканців територіальних громад. Зокрема, громадські слухання проводяться у випадках створення нових населених пунктів, включення поселень до складу вже існуючих міських або сільських населених пунктів, а також під час зміни їхніх меж чи перейменування.

Таким чином, залучення громадськості є важливим елементом формування адміністративно-територіальної політики, що сприяє підвищенню рівня довіри населення до органів влади та забезпечує врахування інтересів місцевих жителів у процесі ухвалення управлінських рішень.

Відповідно до статті 46 Закону «Про Землеустрій»[13], підставою для розроблення проєктів землеустрою щодо встановлення меж населених пунктів є рішення відповідної місцевої ради. Зміст таких проєктів визначається законодавством і обов'язково включає: пояснювальну записку, план існуючих і проєктних меж, завдання на виконання, опис, каталог координат, а також інформацію про можливі зміни меж суміжних адміністративно-територіальних одиниць (у разі потреби).

Як бачимо, усі ключові складові проєкту базуються на геопросторових даних, а отже, їхня точність, актуальність і повнота є визначальними чинниками для забезпечення якості та достовірності результатів землеустрою. Саме від коректності цих даних залежить правильність відображення меж у Державному земельному кадастрі, а також подальше використання проєкту для управління територіальним розвитком і планування.

Відповідно до статті 21 Закону[14], інформація про межі населених пунктів заноситься до державного земельного кадастру (надалі – ДЗК) на підставі відповідних проектів землеустрою. При цьому, згідно зі статтею 32 Закону, внесення відомостей про межі населеного пункту до ДЗК здійснюється на основі рішення місцевих органів самоврядування про встановлення або зміну меж відповідної територіальної громади.

Перелік відомостей, які потрібно подавати до ДЗК після розроблення проєкту землеустрою, визначений у пункті 22 відповідної постанови[15]. Згідно з цим порядком до ДЗК мають вноситися такі дані про землі в межах населених пунктів: назва адміністративної одиниці відповідно до Державного реєстру[16]; інформація з державного адресного реєстру; опис меж, що включає: картографічне зображення меж; координати поворотних точок, текстовий опис та довжини меж як у цілому, так і по окремих відрізках; кількість і координати

[13] Про Землеустрій : Закон України від 22 травня 2003 року № 858-IV. URL: http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/5673-22 (дата звернення 14.10.2025р.)

[14] Про Державний земельний кадастр : Закон України від 07.07.2011 р. № 3613-VI. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3613-17#Text (дата звернення 15.10.2025р.)

[15] Про затвердження Порядку ведення Державного земельного кадастру : Постанова Кабінету Міністрів України від 17.10.2012 р. № 1051 URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1051-2012-п#Text (дата звернення 16.10.2025р.)

[16] Про затвердження Положення про Державний реєстр географічних назв : Постанова Кабінету Міністрів України від 11.05.2006 р. № 622 URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/622-2006-п#Text (дата звернення 17.10.2025р.)

межових знаків, закріплених у натурі; площа земель; найменування суміжних адміністративних одиниць згідно з Державним реєстром; дані про документи, які стали підставою для зміни меж (назва, дата, номер рішення, а також електронні копії відповідних рішень); інформація про категорії земель у межах населеного пункту; відомості про угіддя адміністративно-територіальної одиниці (назва, код, контури, координати, довжини меж, площа та якісні характеристики); дані щодо заходів із охорони земель і ґрунтів (площа, контури, товщина та об'єм родючого шару); інші додаткові відомості (за потреби).

Отже, чинний порядок ведення ДЗК забезпечує повне й систематизоване відображення інформації про межі та характеристики земель у населених пунктах, що слугує основою для достовірного й якісного ведення кадастрової документації.

Виконання топографо-геодезичних та фотограмметричних робіт регламентується відповідним Порядком[17], у якому визначено технологічні процеси, технічні характеристики та допустимі похибки. Попередня інструкція була ухвалена ще у 1998 році і до 2025 року суттєво застаріла, оскільки не враховувала стрімкий розвиток сучасних геодезичних технологій, методів та інструментарію. На момент її прийняття в практиці не застосовувалися супутникові методи визначення координат у режимі реального часу (RTK), відсутні були технології безпілотної аерофотозйомки, що нині стали невід'ємною складовою геодезичних робіт.

Основним правовим актом, який визначає засади функціонування у зазначеній галузі, є **законодавчий акт України, що регулює топографо-геодезичну та картографічну діяльність**[18], який регламентує порядок створення, оновлення та використання топографо-геодезичних і картографічних матеріалів. Цей закон встановлює вимоги до точності, узгодженості та достовірності геопросторової інформації, що використовується під час встановлення та відновлення меж територій, у тому числі меж населених пунктів. Відповідно до положень закону, усі топографо-геодезичні роботи повинні виконуватися в єдиній державній геодезичній системі координат, що забезпечує взаємоузгодженість даних між земельним кадастром, містобудівним кадастром і національною інфраструктурою геопросторових даних.

Провідне місце у регулюванні цих питань належить **законодавчому акту України, що визначає засади функціонування національної інфраструктури геопросторових даних**[19], який заклав правові засади формування єдиної державної системи геопросторової інформації. Закон визначає принципи відкритості, сумісності та інтеграції геопросторових даних, що забезпечують їх

[17] Про затвердження Порядку топографічної зйомки у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0868-25#Text (дата звернення 19.10.2025р.)

[18] Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність: Закон України від 23 грудня 1998 року № 353-XIV URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/353-14#Text (дата звернення 22.10.2025р.)

[19] Про національну інфраструктуру геопросторових даних: Закон України від 13 квітня 2020 р. № 554-IX URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20#Text (дата звернення 23.10.2025р.)

використання у всіх сферах управління територіями – від кадастрової діяльності до просторового планування.

У межах **процесу окреслення територій населених пунктів** йдеться про створення єдиної інформаційної системи, що забезпечує узгодженість координатних, кадастрових і картографічних даних. Такий підхід дозволяє уникати розбіжностей у межах, підвищує точність просторових рішень і сприяє прозорості у сфері земельних відносин. Закон також стимулює інтеграцію даних, створених за допомогою сучасних технологій – GNSS, аерофотозйомки, дистанційного зондування, лазерного (у тому числі – повітряного та ручного) сканування тощо – у державну систему геопросторових ресурсів.

Важливою складовою нормативного забезпечення екологічного напряму сталого розвитку територій є **національне законодавство у сфері охорони довкілля**[20]. Закон визначає основні екологічні принципи управління територіями, спрямовані на збалансоване використання земельних ресурсів, збереження екосистем і забезпечення екологічної безпеки населення. У контексті визначення меж населених пунктів цей закон підкреслює необхідність урахування екологічних факторів – природоохоронних зон, водоохоронних смуг, заповідних територій, земель рекреаційного призначення тощо. Геопросторові технології при цьому виступають інструментом екологічного моніторингу, що дозволяє оцінювати антропогенне навантаження та прогнозувати наслідки зміни меж територій.

Сучасний стан розвитку галузі потребує більш гнучкого та оновленого нормативного забезпечення, яке б враховувало використання GNSS-технологій, лазерного сканування (LiDAR), безпілотних літальних апаратів, цифрової фотограмметрії та геоінформаційних систем. Такі інноваційні технології стають ключовими інструментами у сфері геодезії, картографії, землеустрою та кадастру, забезпечуючи перехід від традиційних методів вимірювань до автоматизованих та високоточних систем збору й оброблення даних. Застосування сучасних технічних засобів дозволяє створювати тривимірні моделі місцевості, проводити моніторинг змін рельєфу та інфраструктури, здійснювати високоточні вимірювання в умовах складного рельєфу та урбанізованого середовища.

Ці методи суттєво підвищують точність, оперативність та економічну ефективність виконання геодезичних робіт, а також відкривають нові можливості для просторового аналізу та моделювання. Вони забезпечують більш якісне планування територій, сприяють раціональному використанню природних ресурсів і підвищенню ефективності управління земельними відносинами. Крім того, впровадження сучасних технологій у практику геодезичних робіт створює передумови для формування національної інфраструктури геопросторових даних, що є важливою складовою цифрової трансформації країни та інтеграції у світовий інформаційний простір.

[20] Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України від 25 червня 1991 року № 1264-XII URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text (дата звернення 24.10.2025р.)

2. Геодезичні та фотограмметричні технології як інструменти оптимізації процесів визначення меж

У сучасних умовах цифровізації земельних ресурсів геодезичні та фотограмметричні технології відіграють ключову роль у процесах визначення, встановлення та уточнення меж земельних ділянок. Точність, оперативність і достовірність даних є основними вимогами до таких робіт, адже від цього залежить юридична правильність кадастрової інформації, ефективність землекористування та зниження кількості земельних спорів.

Геодезичне забезпечення є базовою та найвідповідальнішою складовою процесу визначення меж земельних ділянок. Саме воно гарантує точність просторових координат, правильність закріплення межових знаків на місцевості та відповідність даних картографічним і кадастровим системам. Цей процес складається з основних взаємопов'язаних етапів: підготовчого, польового, камерального та аналітичного[21].

На першому етапі здійснюється збір вихідних матеріалів – кадастрових карт, планів землекористувань, проєктів землеустрою, а також координат пунктів державної геодезичної мережі. Геодезист проводить аналіз існуючих даних, визначає необхідну точність вимірювань, вибирає систему координат (наприклад, УСК-2000 або СК-63) та тип приладів, які будуть використовуватись.

Також готуються прилади до роботи: проводиться юстування тахеометра, перевірка калібрування GNSS-приймача, тестування нівеліра, заряд акумуляторів тощо.

Польовий етап є ключовим, адже саме в польових умовах відбувається безпосереднє визначення координат межових точок та елементів рельєфу. Для цього використовуються сучасні високоточні геодезичні прилади:

Електронні тахеометри (Leica TS16, Topcon GTS-255N, Sokkia CX-105) – забезпечують вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів, а також відстаней до точок. Вони дозволяють виконувати зйомку ситуації, фіксуючи положення межових знаків, доріг, водних об'єктів, будівель та інших елементів місцевості. Завдяки вбудованим контролерам дані одразу зберігаються в цифровому вигляді, що усуває потребу у ручному записі результатів і зменшує ризик помилок[22]. Приклад електронного тахеометра **Topcon GTS-255N** наведено на *рис. 1.*

Рис. 1 Електронний тахеометр Topcon GTS-255N

[21] Інженерна геодезія: підручник / за ред. проф. С. П. Войтенка. Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2022. 700 с.

[22] Нестеренко С. Г. Електронні геодезичні прилади: конспект лекцій (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій) / С. Г. Нестеренко, А. А. Євдокімов, О. О. Воронков ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. 102 с

Рис. 2 GNSS-приймач Leica GS18T

GNSS-приймачі (супутникові системи позиціювання) – Trimble R12i, Leica GS18T, Topcon HiPer VR, Spectra SP85 – дозволяють проводити координатні вимірювання у режимах RTK (Real Time Kinematic) або статичному. Приклад GNSS-приймача Leica GS18T наведено на рис. 2. RTK-зйомка забезпечує отримання координат у реальному часі з високою точністю, що особливо важливо при визначенні меж невеликих ділянок або під час кадастрової зйомки. Використання базових станцій і мереж постійно діючих GNSS-референц- станцій (System GeoTerr, Trimble VRS Now, SmartNet) дає змогу працювати з високою стабільністю сигналу навіть у складних умовах – біля дерев, будівель чи в гірській місцевості[23].

Рис. 3 Нівелір Nikon AC-2S

Нівеліри (Nikon AC-2S, Leica NA720) – застосовуються для визначення висотних відміток межових знаків, а також при складанні планів рельєфу території. Приклад нівеліра Nikon AC-2S наведено на рис. 3. Точне знання висот дозволяє врахувати ухили, забезпечити правильне водовідведення та в подальшому уникнути проблем із підтопленням ділянок[24].

Рис. 4 DJI Phantom 4 RTK

Дрони з RTK/PPK-модулями (DJI Phantom 4 RTK, Matrice 300 RTK) – поєднують функції аерозйомки та геодезичного позиціювання. На *рис. 4* наведено приклад дрона **DJI Phantom 4 RTK**, який використовується для аерофотограмметричних та геодезичних робіт. Завдяки автоматичному польоту за маршрутом він отримує серії знімків з високим перекриттям, які потім обробляються у спеціальному програмному забезпеченні (Agisoft Metashape, Pix4Dmapper). Результатом є ортофотоплан з точністю до кількох сантиметрів, який відображає не лише межі, а й усі деталі ситуації – дороги, споруди, дерева, рельєф.

Окрему увагу привертають лідари, змонтовані на безпілотних літальних апаратах (дрони, мультикоптери). Вони забезпечують швидке та точне сканування земної поверхні на малих висотах, а також архітектурних та промислових об’єктів, значно підвищуючи ефективність топографо-геодезичних робіт. Завдяки цим технологіям стало можливим поєднувати високу точність вимірювань із мобільністю та оперативністю збору даних, що

[23] Сухий П. О., Сабадаш В. І., Дарчук К. В. Сучасні електронні геодезичні прилади: практикум. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2021. 288 с.

[24] Рій І.Ф., Бочко О.І., Біда О.Ю. Електронні геодезичні прилади: навч. пос. / І. Ф. Рій, О. І. Бочко, О. Ю. Біда. Львів : «ГАЛИЧ-ПРЕС», 2021. 336 с.

особливо важливо для сучасного землеустрою, інженерних досліджень та моніторингу об’єктів інфраструктури[25].

Сучасні технології лазерного сканування активно розвиваються і постійно вдосконалюються, стаючи все більш доступними та ефективними для застосування у геодезичному виробництві[26]. Крім традиційних стаціонарних лазерних сканерів, які встановлюються на штативи для проведення високоточних вимірювань, нині широко використовуються мобільні ручні лідари, що дозволяють виконувати детальні зйомки всередині приміщень, на складних промислових об’єктах, у вузьких або важкодоступних просторах. Приклад лазерного сканера зображено на рис. 5.

Рис. 5. Мобільний лазерний сканер Faro (https://tnt-tpi.com/mobilnyi-skaner-orbis-vid-faro/)

При виборі геодезичних технологій щодо встановлення меж населених пунктів найчастіше розглядають два основні підходи до організації геодезичних робіт:

1. **Виконання польових зйомок без фізичного встановлення межових знаків**. Цей варіант застосовується, коли завдання полягає у визначенні та документальному закріпленні меж на картах, але без додаткового маркування на місцевості.
2. **Встановлення межових знаків на місцевості** – зазвичай вибіркове, із фіксацією ключових точок проектних меж, що дозволяє забезпечити чітке відображення меж на практиці та сприяє уникненню можливих спірних ситуацій між землевласниками.

[25] Альперт С.І. Використання безпілотних літальних апаратів для вирішення задач підсупутникового моніторингу в аерокосмічному комплексі. *Український журнал дистанційного зондування Землі.* 2020. Т. 27. С. 26–30. DOI: 10.36023/ujrs.2020.27.184

[26] Нестеренко С. Г. Електронні геодезичні прилади: конспект лекцій (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій) / С. Г. Нестеренко, А. А. Євдокімов, О. О. Воронков ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. 102 с.

Проведення геодезичних робіт щодо окреслення меж населених пунктів і територіальних одиниць здійснюється у декілька стадій[27] послідовність яких визначається обраною технологічною схемою**:**

– **аналіз існуючого стану земель:** якщо в смузі проектної межі вже існують сформовані земельні ділянки, зареєстровані в Державному земельному кадастрі, або ж ділянки, що не зареєстровані, але для яких наявні документації із землеустрою із зазначенням метричних даних;

– рекогностування і аналіз можливих варіантів меж на місцевості, що дає змогу оцінити особливості рельєфу, розташування інженерних мереж та природних об'єктів;

– розробка зйомочних матеріалів, яка включає створення картографічних планів і схем для подальшого проведення польових робіт (за потреби);

– ідентифікація та погодження розташування інженерних комунікацій, що є необхідним етапом при встановленні межових знаків для запобігання пошкодженню існуючих інженерних мереж.

– **знімання ситуації** у смузі меж населеного пункту, включаючи природні та штучні об'єкти, рельєф, будівлі та інші конструкції;

– з**німання контурів та земельних ділянок**, що плануються для включення до меж населеного пункту, із визначенням площ, форм та координат;

– а**ерофотознімальні роботи**, які забезпечують додаткову точність і можливість формування цифрових моделей території;

– в**иготовлення та закладення межових знаків** на місцевості (за необхідності), що фіксує ключові точки проектних меж;

– с**кладання каталогу координат та карток-кроків межових знаків**, що дозволяє систематизувати результати робіт для подальшого використання в кадастрових та планувальних документах.

Якщо в межах проектної смуги вже існують сформовані земельні ділянки, межі адміністративної одиниці прокладаються так, щоб не розділяти ці ділянки на частини, що суттєво знижує обсяг необхідних зйомочних робіт.

У ситуаціях, коли сформовані ділянки знаходяться по обидві сторони проектної межі і стикуються один з одним, потреба в проведенні додаткових геодезичних зйомок може **повністю відпасти**, що робить процес встановлення меж більш оперативним та економічно ефективним.

У випадку, коли Державний земельний кадастр не містить повної інформації про всі земельні ділянки, для коректного визначення меж необхідно виконати польові зйомочні роботи. На початковому етапі такі роботи можуть включати координування природних лінійних меж та існуючих інженерних об'єктів, наприклад: канав, лісосмуг, газопроводів, ліній електропередач та інших подібних елементів. Ці об'єкти часто виступають як наочні орієнтири меж, що можуть використовуватися протягом тривалого часу без додаткового встановлення межових знаків.

[27] СП «Західно-Український Експертно-Консультативний Центр». (2024, 18 червня). *Встановлення відповідності меж земельної ділянки в натурі (на місцевості)*.URL: https://zuekc.com.ua/sudovi-ekspertyzy-ta-doslidzhennia/zemelno-tekhnichna/vstanovlennia-vidpovidnosti-mezh

Якщо планується закріплення меж межовими знаками, необхідно точно визначити розташування інженерних комунікацій, щоб врахувати їх охоронні зони і запобігти можливим пошкодженням під час проведення земляних робіт.

Аерофотозйомка зазвичай здійснюється вздовж запланованої межі, проте в деяких випадках охоплює всю територію населеного пункту, що дозволяє детально зафіксувати поточний стан для ефективного проектування та забезпечення зрозумілого відображення меж для замовника. Результати таких робіт дозволяють також створювати цифрові просторові моделі місцевості, які при необхідності дають змогу враховувати рельєфні особливості території.

Для зменшення витрат і підвищення мобільності, аерофотозйомка може виконуватися за допомогою недорогих безпілотних літальних апаратів коптерного типу, що при дотриманні технологічних вимог забезпечує необхідну точність і повноту даних для проведення геодезичних робіт.

Ще одним важливим чинником, який визначає вибір технології знімання, є наявність, структура та кількість земельних ділянок, що плануються до включення в межі населеного пункту. Для коректного проектування такі ділянки повинні бути відображені на відповідних кресленнях у документації щодо встановлення меж. Крім того, обов'язковою є підготовка експлікацій земельних угідь, а також детальна інформація про землевласників та землекористувачів.

Приклад суцільної аерофотозйомки, яка дозволяє отримати повну і точну картину території, представлений на рис. 6. Такий підхід забезпечує високу наочність проектних меж і сприяє більш ефективному плануванню території населеного пункту.

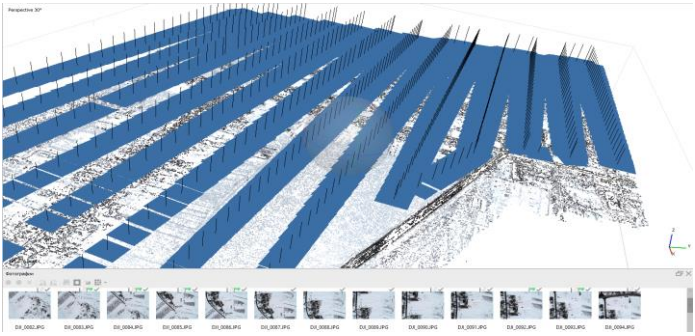

Рис. 6. Суцільна аерофотозйомка (кут перспективи 30^{o})

Як видно, при проведенні **суцільного аерофотознімання** територія населеного пункту покривається знімками повністю, що забезпечує максимально повну картину місцевості. Водночас для практичних цілей **встановлення меж населеного пункту** зазвичай достатньо обмежитися зйомкою **вздовж проектних меж**, що дозволяє значно зекономити час та ресурси, зберігаючи при цьому необхідну точність і наочність для документального закріплення меж.

Геодезичне забезпечення процесу визначення меж – це поєднання класичних методів вимірювання з інноваційними цифровими технологіями, яке дозволяє забезпечити найвищий рівень точності, надійності та ефективності в роботі із землеустроєм.

Одним із сучасних напрямів такого цифрового підходу є **фотограмметрія –** потужний інструмент, що створює додаткові можливості для просторового аналізу та картографування. Вона дає змогу отримувати детальну і точну інформацію про об'єкти місцевості на основі аерофотозйомки, поєднуючи процеси зйомки, обробки зображень та побудови цифрових моделей рельєфу і поверхні.

Сучасні фотограмметричні методи базуються на використанні високотехнологічного обладнання та спеціалізованого програмного забезпечення, що забезпечує комплексний підхід до збору та обробки просторових даних.

Передусім, для аерозйомки широко застосовуються БПЛА, оснащені високороздільними камерами, інерціальними вимірювальними системами та приймачами супутникової навігації високої точності. Серед найпоширеніших моделей – DJI Phantom 4 RTK та Matrice 300 RTK, які завдяки інтегрованій RTK-системі (Real-Time Kinematic) забезпечують сантиметрову точність позиціонування під час зйомки. Це дозволяє мінімізувати потребу в наземних контрольних точках і значно скорочує час польових робіт[28].

Отримані зображення обробляються у фотограмметричних програмних комплексах, таких як Pix4Dmapper, DroneDeploy та інших. Ці програмні продукти автоматично виконують орієнтування знімків, побудову щільних хмар точок, трикутну сітку поверхні та текстуровані 3D-моделі. У результаті формується ортофотоплан високої роздільної здатності, цифрова модель рельєфу (ЦМР) та цифрова модель поверхні (ЦМП), які можуть бути інтегровані у геоінформаційні системи (ГІС) для подальшого аналізу, кадастрових робіт або моніторингу територій[29].

На основі ортофотопланів можна з високою точністю окреслити межі земельних ділянок, порівняти фактичне землекористування з кадастровими даними, виявити накладання чи розбіжності. Фотограмметричні матеріали також є незамінними для моніторингу змін земельного покриву та планування територій. Тобто сучасна фотограмметрія поєднує переваги точності, швидкості та наочності, що робить її одним із ключових інструментів у сучасній системі геодезичного забезпечення землеустрою[30].

Результати геодезичних вимірювань та фотограмметричної обробки інтегруються у геоінформаційні системи (ГІС) – ArcGIS, QGIS, MapInfo, GeoCad. У цих програмах здійснюється аналіз даних, узгодження координат,

[28] Могильний Сергій Георгійович, Хайнус Дмитро Дмитрович, Виноградeнко Сергій Олександрович. Аналіз точності кадастрових зйомок із застосуванням БПЛА. *The journal «Український журнал прикладної економіки та техніки».* 2024. № 1. С. 146–151. URL: https://doi.org/10.36887/2415-8453-2024-1-24

[29] Кочеригін Л.Ю. Фотограмметрія: навч. посіб. для студ. аграрних закладів вищої освіти галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій». Біла Церква : БНАУ, 2019. 496 с.

[30] Білоус В.В., Боднар С.П. Фотограмметрія. Навчальний посібник. К. : Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 2021 р. 137 с.

формування кадастрових карт і підготовка документації для внесення до Державного земельного кадастру (ДЗК)[31].

Така інтеграція дозволяє: автоматизувати процес обчислення площ ділянок; здійснювати порівняльний аналіз фактичних меж і зареєстрованих даних; створювати тривимірні моделі рельєфу для візуалізації меж і зон землекористування; проводити дистанційний моніторинг земель.

Використання геодезичних та фотограмметричних технологій значно оптимізує всі етапи визначення меж:

– скорочує терміни виконання робіт у 2–3 рази;
– знижує людський фактор завдяки автоматизації обробки даних;
– забезпечує високу точність (до 2-3 см у плані і 5 см по висоті);
– створює цифрові копії місцевості, які можуть бути використані повторно без додаткових виїздів на об'єкт.

Таким чином, геодезичні та фотограмметричні технології сьогодні є невід'ємною складовою сучасної системи землеустрою та ведення кадастрових робіт. Їх застосування суттєво змінює підхід до збирання, обробки та аналізу просторових даних, роблячи процес визначення меж земельних ділянок більш точним, швидким і науково обґрунтованим.

Завдяки використанню сучасних геодезичних приладів, супутникових систем позиціонування (GNSS), безпілотних літальних апаратів та фотограмметричних програмних комплексів вдається досягати сантиметрової точності при визначенні координат, виготовляти детальні ортофотоплани та цифрові моделі рельєфу місцевості. Це забезпечує не лише точність встановлення меж, але й надійне документальне підтвердження їхнього положення у правовому полі.

Крім того, інтеграція отриманих результатів у геоінформаційні системи (ГІС) сприяє формуванню єдиної цифрової бази даних земельних ресурсів, яка є основою для прозорого управління, моніторингу та планування територій. Такий підхід дозволяє не лише мінімізувати ризики технічних помилок і суперечок між землевласниками, а й забезпечує повну відкритість та доступність інформації для органів влади, фахівців і громадян[32].

Кожен метод визначення геопросторових координат має свої сильні та слабкі сторони, тому раціональне поєднання різних підходів дає змогу підвищити ефективність виконання геодезичних робіт. Щоб обґрунтувати вибір оптимальної комбінації методів, доцільно розглянути основні переваги й обмеження кожного з них.

Одним із найбільш результативних за масштабом охоплення території та продуктивністю є фотограмметричний метод. Розвиток аерофототріангуляції став важливим етапом цього процесу, адже дозволив замінити традиційні

[31] Пілічева М. О. Сучасні технології геоінформатики, фотограмметрії та дистанційного зондування: конспект лекцій для здобувачів третього (освітньонаукового) рівня вищої освіти спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій) / М. О. Пілічева ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. 110 с.

[32] Геодезія Частина 1. Навчальний посібник / Д.О. Ляшенко, Т.М. Малік, А.Ю. Гордеєв – електронне видання у двох частинах, загальна редакція В.І. Зацерковний. К. : КНУ імені Тараса Шевченка, 2025. 212 с. URL: http://www.geol.univ.kiev.ua/lib/Geodesy_1_2025.pdf

польові методи згущення планово-висотної мережі на фотограмметричні технології, які базуються на камеральному опрацюванні аерознімків[33].

На **рис. 7** представлено приклад використання різних типів аерознімальних літальних апаратів залежно від масштабу зйомки та площі покриття території[34]. Як видно, для картографування великих площ у масштабі близько **1:30 000** доцільно застосовувати **спеціалізовані аерофотознімальні літаки**. Для середніх масштабів – від **1:2 000 до 1:30 000** – оптимальним вибором є **гелікоптери**, тоді як у масштабі близько **1:10 000** ефективно використовувати **легкі пілотовані літаки**.

Для детальних зйомок у **великих масштабах (1:500–1:1 000)** найкраще підходять **безпілотні літальні апарати**, які забезпечують високу роздільну здатність зображень і точність геопросторових даних.

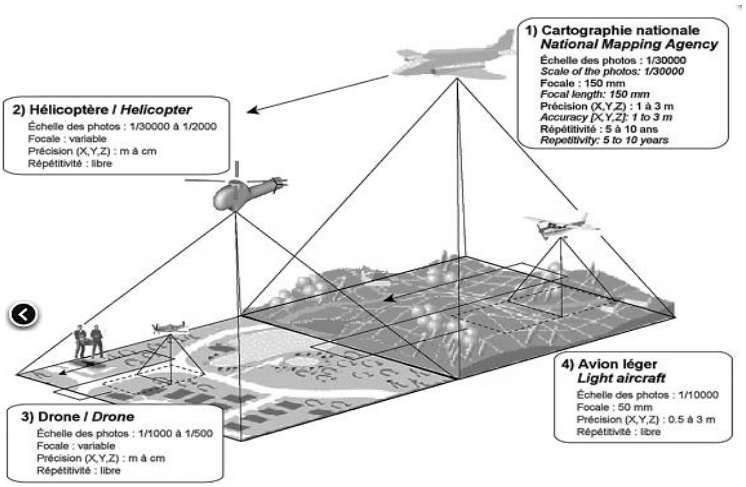

Рис. 7. Рівні використання аерознімальних апаратів

Джерело: https://shs.hal.science/halshs-00260644v1/document

Ще одним ключовим фактором, який впливає на якість аерофотознімання, є правильний вибір умов проведення зйомки. Щоб забезпечити чітке розпізнавання об’єктів місцевості, аерофотознімання рекомендується проводити до початку вегетаційного періоду, коли рослинність ще не перешкоджає видимості. Сніговий покрив при цьому повинен бути відсутнім

[33] Дорожинський О., Тукай Р. Фотограмметрія : підручник. Львів : Нац. ун-т «Львів. політехніка», 2008. 332 с.

[34] Photographies aeriennes prises par drone et Modele Numérique de Terrain: apports pour l’observatoire sur l’erosion de Draix / D. Raclot et al. *Geomorphologie: relief, processus, environnement.* 2005. Vol. 11, no. 1. P. 7–20. URL: https://doi.org/10.4000/geomorphologie. 209

або не перевищувати 10 см, за умови, що він не приховує важливі елементи, необхідні для дешифрування.

Під час зйомки у вегетаційний період якість візуальної інформації може частково знижуватися, зокрема в зонах, затінених кронами дерев. Тому при плануванні робіт слід враховувати кінцеву мету аерофотознімання, а також особливості рельєфу та рослинності на об'єкті дослідження.

Наприклад, якщо населений пункт має густу зелену зону, але його межі пролягають через сільськогосподарські угіддя, зйомку можна проводити в будь-який сезон, окрім зими за наявності снігового покриву. На рис. 8 наведено приклади, що ілюструють такі ситуації.

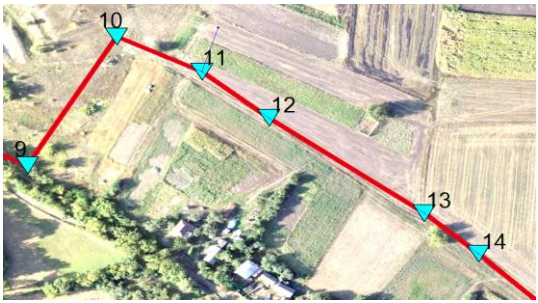

Рис. 8. Відсутність деревної рослинності вздовж проектних меж (аерознімок виконаний влітку, проектну межу показано червоним)

Аерофотозйомка, проведена взимку за умови невеликого снігового покриву, має свої особливості щодо інформативності: зображення виглядають менш насиченими за кольорами, ніж літні, проте мають низку важливих переваг:

– м'яке світло забезпечує збалансоване зображення, яке легко аналізувати як на освітлених ділянках, так і в затінених зонах;

– відсутність листя сприяє чіткішому розпізнаванню об'єктів, зокрема таких, як огорожі чи межі, розташовані під деревами;

– тонкий шар снігу на сільськогосподарських землях допомагає виділити контури землекористувань завдяки різниці відтінків між ділянками з рослинністю;

– дороги, стежки та проїзди добре помітні завдяки слідам коліс чи протоптаним місцям темного тону. **Рис. 9** наочно демонструє зазначені особливості.

Як показують ілюстрації, аерофотознімання ефективно вирішує проблему ідентифікації об'єктів не лише на сільськогосподарських угіддях, а й у межах забудованих територій та ділянок, вкритих деревною рослинністю.

Рис. 9. Ортофотоплан, виконаний по зимовому аерофотознімання (проектну межу показано червоним)

Ще одним важливим аспектом застосування аерофотозйомки при зйомці населених пунктів є **розмір території**, що підлягає обстеженню. На сучасному етапі розвитку безпілотних технологій **БПЛА доцільно використовувати переважно для зйомки невеликих сільських населених пунктів**, де вони забезпечують високу деталізацію та точність результатів.

Наступним методом, який широко застосовується під час визначення меж населених пунктів, є **GNSS-технологія**. Вона використовується для виконання кількох ключових завдань:

– геодезичної прив'язки маркерів, необхідних для орієнтування аерофотознімання;

– визначення координат центрів аерофотознімків у процесі зйомки (за наявності обладнання, що підтримує режими **RTK** або **PPK**);

– дозйомки та уточнення меж земельних ділянок у разі потреби;

– фіксації чітких елементів ситуації з метою прив'язки межових знаків і складання абрисів;

– нанесення меж на місцевість через встановлення межових знаків.

Таким чином, сучасні методи геодезичних і фотограмметричних вимірювань формують технологічну основу точного визначення меж земельних ділянок і населених пунктів. Вони забезпечують високу достовірність просторових даних, скорочують тривалість польових робіт і підвищують ефективність землеустрою[35].

Застосування сучасного обладнання – GNSS-приймачів, електронних тахеометрів, нівелірів, безпілотних літальних апаратів із RTK/PPK-модулями та лідарних систем – дозволяє отримувати детальні цифрові моделі місцевості та ортофотоплани з точністю до кількох сантиметрів[36]. Використання

[35] Екологія землекористування : навч. посіб. / А.М. Третяк, О.С. Будзяк, В.М. Третяк та ін. ; за заг. ред. Третяка А.М. К. : Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. 178 с.

[36] PPK vs RTK in drone mapping: choosing right technology for precision surveys / Natalia Botygina – 2024. URL: https://blog.emlid.com/ppk-vs-rtk-in-drone-mapping-choosing-right-technology-for-precision-surveys/

аерофотознімання значно оптимізує процес збору даних, зменшує вплив людського чинника й підвищує наочність результатів.

Інтеграція результатів зйомки в геоінформаційні системи (ГІС) створює єдину цифрову базу земельних ресурсів, що є інструментом для ефективного моніторингу, аналізу й планування територій. Такий підхід сприяє прозорості управління землею, зменшенню кількості спірних ситуацій і підвищенню доступності просторової інформації для користувачів[37].

Поєднання геодезичних, GNSS – і фотограмметричних технологій забезпечує комплексний підхід до дослідження та управління територіями, відповідає вимогам цифровізації та сприяє сталому розвитку системи землеустрою.

3. Перспективи розвитку та апробація методики у забезпеченні сталого територіального планування

Сучасний етап розвитку геодезичної науки та практики характеризується стрімким упровадженням інноваційних технологій, що забезпечують підвищення точності, оперативності та надійності просторових даних. Особливої уваги заслуговує фотограмметрія – галузь, яка набула нового змісту під впливом цифрових, комп'ютерних і супутникових технологій. Згідно з дослідженнями проф. О. Дорожинського[38], на розвиток фотограмметрії визначальний вплив мають такі чинники, як удосконалення математичних методів, програмних засобів, комп'ютерної техніки, а також активна інтеграція геоінформаційних технологій. Не менш важливу роль відіграють цифрова фотографія, глобальні системи визначення місцеположення (GNSS), інерціально-навігаційні системи, сучасні сенсори дистанційного зондування та технології лазерного сканування. У сукупності ці складові формують основу для обґрунтування перспективних напрямків розвитку фотограмметричних технологій, орієнтованих на потреби просторового моніторингу, землеустрою, кадастрових робіт та управління територіальними ресурсами.

Серед перелічених чинників, які на даному етапі розвитку технологій становлять особливий інтерес у контексті дослідження теми даної роботи, можна виділити більшість із них. Зокрема, завдяки математичним методам і програмним інструментам з'явилися нові можливості для автоматизованої, високоточної та зручної фотограмметричної обробки великих обсягів даних. Завдяки цьому процеси, які раніше займали багато часу та вимагали значних людських ресурсів, сьогодні виконуються у сотні, а то й тисячі разів швидше, ніж при використанні аналогових приладів попередніх поколінь фотограмметричної техніки.

Розвиток сучасної комп'ютерної техніки відіграє ключову роль у підвищенні ефективності фотограмметричних процесів, забезпечуючи не лише зростання обчислювальних потужностей, а й створюючи умови для одночасної

[37] Пілічева М. О. Сучасні технології землеустрою та кадастру : конспект лекцій для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій) / М. О. Пілічева ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. 107 с.

[38] Дорожинський О. Л. Цифрова фотограмметрія – сучасний стан та чинники її розвитку. *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. 2005. № 66.

обробки надзвичайно великих масивів просторових даних. Постійне вдосконалення апаратного та програмного забезпечення дозволяє реалізовувати складні алгоритми цифрової фотограмметрії у реальному часі, що раніше було технічно неможливим.

До основних компонентів комп'ютерної техніки, які безпосередньо впливають на ефективність фотограмметричної обробки, належать:

– багатоядерні процесори з високою тактовою частотою, що забезпечують паралельне виконання обчислень;

– потужні графічні процесори (GPU), спеціально оптимізовані для роботи з великими обсягами зображень і тривимірними моделями;

– оперативна пам'ять із високою пропускною здатністю, що дозволяє швидко передавати й обробляти дані;

– сучасні твердотільні накопичувачі (SSD), які забезпечують надшвидкий доступ до інформації та її надійне збереження.

Додатково, важливе значення мають засоби швидкісного інтернет-з'єднання, використання геоінформаційних онлайн-платформ, хмарних технологій і розподілених обчислювальних систем, які дають змогу проводити фотограмметричну обробку в інтегрованому цифровому середовищі, підвищуючи її продуктивність, точність і доступність для користувачів у будь-якій точці світу.

Глобальні навігаційні супутникові системи заслуговують окремого опису, оскільки вони є одним із ключових елементів сучасного геодезичного та фотограмметричного забезпечення. Їх використання забезпечує високу точність визначення координат у будь-якій точці земної поверхні, що значно підвищує якість і достовірність просторових даних.

Інерціально-навігаційні системи сьогодні посідають важливе місце у структурі сучасних засобів просторового позиціювання, адже саме вони забезпечують безперервне визначення параметрів руху об'єкта навіть за відсутності сигналу від супутникових систем. Завдяки високому рівню мініатюризації, такі системи успішно інтегруються в безпілотні літальні апарати (БПЛА) як окремі модулі або безпосередньо вбудовуються в плати польотних контролерів. Це дозволяє суттєво підвищити стабільність польоту, точність орієнтації камери та узгодженість просторових координат отриманих зображень.

На сучасному етапі раціональним вважається використання бюджетних БПЛА для виконання фотограмметричних знімань територій сільських населених пунктів і невеликих міст площею до 2 тис. га. Такі апарати є економічно доцільними, простими в експлуатації та забезпечують достатній рівень деталізації місцевості для вирішення завдань землеустрою, кадастру чи просторового планування.

У випадках, коли необхідно охопити значні площі або отримати матеріали зйомки великого масштабу, ефективнішим є застосування малої авіації, обладнаної високоточними фотокамерами, стабілізуючими платформами та інерціально-навігаційними системами. Такий підхід дозволяє забезпечити вищу якість ортофотопланів і цифрових моделей рельєфу.

Разом із тим, з огляду на динамічний розвиток безпілотних технологій, збільшення тривалості польоту, вдосконалення енергетичних систем, підвищення роздільної здатності фотокамер і зменшення вартості зйомки на одиницю площі,

межі ефективного застосування БПЛА постійно розширюються. У перспективі такі апарати можуть стати основним інструментом аерофотознімання для більшості геодезичних і картографічних робіт середнього масштабу.

Серед сучасних геодезичних методів, що застосовуються для встановлення та відновлення меж земельних ділянок, провідне місце займають технології GNSS-вимірювань і тахеометрії. На практиці саме GNSS-системи забезпечують найвищу ефективність і точність у більшості ситуацій завдяки можливості швидкого отримання координат у глобальних системах відліку, мінімальній залежності від польових умов та високій продуктивності. Виняток становлять лише густо зарослі лісові ділянки, гірські райони або щільна міська забудова – так звані «міські джунглі», де сигнал супутників може бути частково або повністю заблокований[39].

У таких випадках GNSS-технології доцільно поєднувати з фотограмметричними методами, що забезпечують додаткову точність і можливість дистанційного уточнення меж. Саме тому при створенні земельно-кадастрової документації, зокрема для визначення меж адміністративно-територіальних утворень чи населених пунктів, поєднання GNSS і фотограмметрії є не лише оптимальним, а фактично обов'язковим підходом, який відповідає сучасним стандартам просторової точності та законодавчим вимогам.

Що стосується тахеометрії, то її використання з появою електронних тахеометрів значно зменшилося. Порівняно з GNSS і фотограмметричними технологіями, цей метод поступається у швидкості виконання робіт і потребує більшої кількості польових вимірювань. Водночас, тахеометрія залишається важливим резервним і допоміжним методом, який може стати незамінним у складних умовах – наприклад, у місцях із відсутнім супутниковим сигналом, на територіях зі щільною забудовою або у випадках, коли потрібна максимальна точність при визначенні локальних меж.

Отже, раціональне поєднання GNSS, фотограмметричних і тахеометричних методів забезпечує комплексність геодезичних робіт і дозволяє досягти високої якості кадастрових даних незалежно від особливостей рельєфу чи умов зйомки.

[39] Волошин, В., Жулінський, В. Застосування сучасних геодезичних технологій в інженерних вишукуваннях для встановлення меж земельної ділянки. Міжнародна науково-практична Інтернет-конференція *«Суспільно-географічні чинники розвитку регіонів»* 2018 р. URL: https://konfgeolutsk.wordpress.com/2018/04/18/%D0%B7%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%81%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D1%81%D1%83%D1%87%D0%B0%D1%81%D0%BD%D0%B8%D1%85-%D0%B3%D0%B5%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%B7%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B8%D1%85-%D1%82/ (дата звернення 26.10.2025р.)

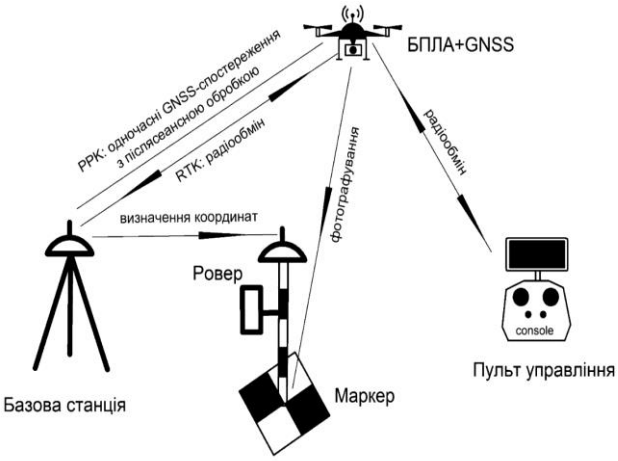

Рис. 10. Технологічна схема аерофотознімання з геодезичною прив'язкою

Логічно обґрунтованою та технологічно правильною схемою аерофотознімання лінійних об'єктів, до яких належить, зокрема, і межа населеного пункту, є виконання польотів у **прямому та зворотному напрямках**. Такий підхід забезпечує повноту охоплення території, високу якість зображень і надійну геометричну узгодженість отриманих даних.

На **рис. 11** представлено ілюстрацію аерофотознімання лінійно-витягнутого об'єкта, де білі маркери з підписами імен зображень показані на фоні ортофотоплана[40]. У більшості випадків маршрут польоту планується таким чином, щоб спочатку охопити одну сторону межі, а під час зворотного проходу – іншу. Така організація маршруту дозволяє створити оптимальну фотограмметричну модель з максимальною деталізацією та мінімальними спотвореннями.

Подібна схема виконання робіт має низку суттєвих переваг, серед яких:

– **покращена оглядовість об'єкта знімання**, адже фотографування здійснюється з різних ракурсів – як у поздовжньому, так і в поперечному напрямках, що дає можливість детальніше зафіксувати рельєф та особливості території;

– **підвищення точності фототриангуляції**, оскільки отримані знімки з різних напрямків сприяють кращому визначенню просторового положення опорних точок;

– **забезпечення якісної прив'язки фотограмметричної моделі** до наземних маркерів (опорних пунктів), що підвищує геодезичну точність кінцевих результатів.

[40] Мамонов К., Ковальчук В., Троян В. Особливості аерофотозйомки при проектуванні капремонту та реконструкції автомобільних доріг. Науково-технічний збірник *«Комунальне господарство міст».* 2023. Вип. 178. с. 147–151. DOI: https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-4-178-147-151

Таким чином, двонапрямна схема аерофотознімання є технологічно доцільним рішенням для лінійних об’єктів, оскільки дозволяє отримати більш повну просторову інформацію, покращити якість ортофотопланів та забезпечити надійну метричну відповідність усіх елементів місцевості.

Рис. 11. Аерофотознімання лінійного об’єкта двома «нитками» польоту

Одним із перспективних напрямків підвищення ефективності аерофотознімання лінійних об’єктів є вдосконалення методики зйомки з використанням бортових GNSS-приймачів геодезичного класу, встановлених безпосередньо на БПЛА.[41] Завдяки такому підходу значно зменшується потреба в наземних маркерах, що скорочує обсяг польових робіт та підвищує оперативність знімання. У деяких випадках це дозволяє навіть виконувати зйомку в одному напрямку, без необхідності повторного проходу, при цьому зберігається висока точність просторової прив’язки отриманих зображень (рис. 12).

Використання бортових геодезичних GNSS-приймачів у поєднанні з фотограмметричною зйомкою відкриває можливості для швидкого та економічного отримання ортофотопланів і цифрових моделей місцевості, особливо для лінійних об’єктів – меж населених пунктів, доріг, інженерних комунікацій та інших протяжних об’єктів.

Така схема аерофотознімання може вважатися доцільною за певних умов:

– Об’єкт знімання добре видно або майже повністю доступний для зйомки з однієї осі маршруту польоту.

– БПЛА оснащений **GNSS-приймачем геодезичного класу**, який дозволяє визначати або обчислювати координати в режимах **RTK** або **PPK**, забезпечуючи високу точність просторової прив’язки зображень.

[41] Герасимчук, О., Гой, В., Харів, В. (2024). Використання сучасних геодезичних технологій для проведення оцінки земельних ресурсів у віддалених районах. *Технічні науки та технології*, (4 (38), 313–324. https://doi.org/10.25140/2411-5363-2024-4(38)-313-324

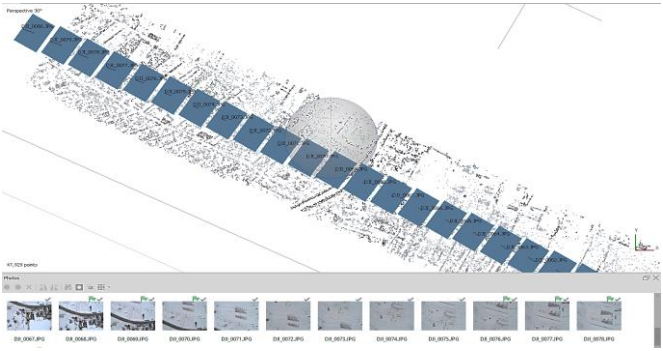

Рис. 12. Аерофотознімання лінійного об'єкта в одному напрямку

Для зйомки меж населених пунктів маршрут польоту можна організувати у двох варіантах:

1. **Невеликий населений пункт**, периметр якого дозволяє облетіти його за один виліт.
2. **Протяжний полігон**, що потребує виконання кількох вильотів для повного охоплення території.

У першому випадку **точка старту** обирається на проектній межі, яка підлягає зйомці. БПЛА здійснює політ по замкненому маршруту з поверненням у стартову точку. Для бюджетних квадрокоптерів, таких як **DJI Phantom 4 Pro RTK, DJI Mavic 3 RTK** та їхніх аналогів, довжина такого маршруту може становити близько **15-20 км**.

На ефективну довжину польоту впливають наступні чинники:

– Заявлена тривалість польоту квадрокоптера за технічними характеристиками.

– Стійкість апарата до вітру та фактичні погодні умови (швидкість і напрямок вітру).

– Характеристики камери та стабілізуючого підвісу, що визначають чіткість і якість знімків.

– Висота польоту, оскільки час підйому і спуску впливає на використання запасу акумулятора.

– Відстань від точки старту до початкової та кінцевої точок маршруту.

Правильне планування маршруту з урахуванням зазначених чинників сприяє максимально використовувати заряд батареї та забезпечити повне охоплення території з високою точністю просторової прив'язки зібраних даних.

Вищезгадані квадрокоптери, оснащені камерами з **20-мегапіксельною матрицею**, при висоті польоту **150 м** забезпечують ширину смуги ортофотоплана близько **110 м**. Така ширина покриття повністю задовольняє потреби у визначенні або уточненні точних місць для встановлення межових знаків чи точок повороту меж у разі їх відсутності. Водночас це дозволяє точно визначити проектне положення межового знака та провести його детальний опис.

Процес проєктування меж населених пунктів із використанням геоінформаційних систем (ГІС) є багатоетапним і комплексним завданням, яке має вирішальне значення для раціонального землекористування та сталого розвитку територій[42]. Застосування ГІС-технологій як інноваційного інструменту для збирання, опрацювання й відображення просторових даних забезпечує високу точність визначення меж та дає змогу враховувати природні, економічні, соціальні й екологічні особливості територій.

Як зазначено у праці[43] , важливою складовою сучасного планування є поєднання просторового аналізу з оцінкою потенціалу земель, що дозволяє визначати оптимальні напрями їх використання. Саме інтеграція ГІС-технологій у процес територіально-просторового планування забезпечує можливість узгодження інтересів громади, держави та приватних землевласників, сприяє формуванню збалансованої структури землекористування й підвищенню екологічної стійкості територій.

Застосування геоінформаційних технологій у процесі формування меж сприяє покращенню ефективності земельними ресурсами, забезпечує відкритість і обґрунтованість прийнятих рішень, а також відповідає сучасним принципам сталого просторового планування.

Для практичного випробування цієї методики було обрано Сумську область, яка характеризується аграрним типом землекористування, великою кількістю малих і середніх населених пунктів та різноманітним рельєфом. Цей регіон є оптимальним для апробації методики визначення меж із використанням ГІС-технологій, оскільки дозволяє комплексно аналізувати природні умови, інженерну інфраструктуру та потенціал розвитку територій. Застосування ГІС створює науково обґрунтовану основу для прийняття ефективних управлінських рішень і планування розвитку населених пунктів.

Подальше удосконалення методики пов’язане з впровадженням геодезичних і фотограмметричних технологій, що підвищує точність просторових даних, забезпечує оперативне оновлення картографічної інформації та інтеграцію результатів у єдину систему сталого територіального планування.

При організації аерофотознімальних робіт враховувалися такі фактори:

– конфігурація населеного пункту (рис. 13);

– наявність і розташування земель, призначених для розширення населеного пункту відповідно до генерального плану (рис. 14);

– загальна площа населеного пункту та прилеглої 50-метрової смуги;

– точність визначення координат чітких елементів зображення, тобто масштаб створюваних матеріалів;

– метеорологічні умови (температура, вітер, пориви вітру, хмарність);

– інші оперативні фактори, які можуть впливати на виконання польотів.

[42] Часковський О., Андрейчук Ю., Ямелинець Т. З 36 Застосування ГІС у природоохоронній справі на прикладі відкритої програми QGIS: навч. посіб. / О. Часковський, Ю. Андрейчук, Т. Ямелинець. Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, Вид-во Простір-М, 2021. 228 с.

[43] Територіально-просторове планування землекористування: навч. посібник / За заг. ред. професора А.М. Третяка. Третяк А.М., Третяк В.М., Прядка Т.М., Третяк Н.А. Біла Церква: «ТОВ «Білоцерківдрук», 2022. 168 с.

Окрім безпосереднього визначення та опису меж населеного пункту, інженеру-землевпорядникуу необхідно також скласти експлікацію земельних ділянок, що входять до його складу, у рамках підготовки документації з встановлення меж адміністративно-територіальних утворень. Для цього ефективним і достовірним підходом є комбіноване використання планово-картографічних матеріалів попередніх років разом із актуальною аерофотозйомкою.

Приклад таких планово-картографічних матеріалів наведено на рис. 13. Стандартний масштаб для їх складання становить 1:10 000, а обліковою одиницею площі є 0,1 га. Проте такі параметри вже не відповідають сучасним вимогам ведення ДЗК, де обліковою одиницею площі прийнято 0,0001 га. Таким чином, для забезпечення актуальності та точності кадастрових даних необхідне використання сучасних методів фотограмметричної зйомки та інтеграції її результатів у ГІС.

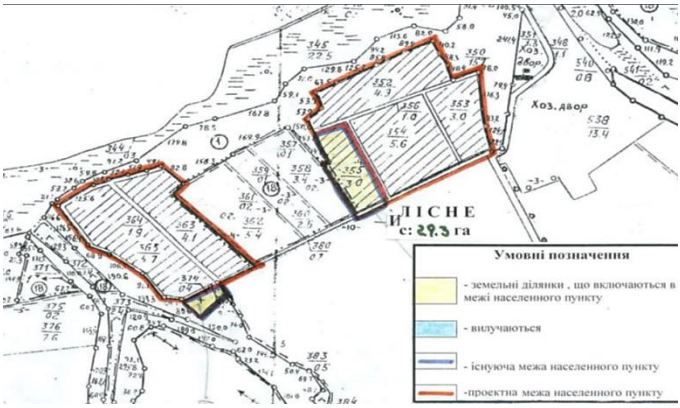

Рис. 13. Межі с.Лісне за матеріалами 2003 року

До скасування Інструкції щодо встановлення (відновлення) меж сільських населених пунктів вимоги щодо точності визначення меж становили 0,30 м. Подібне значення закріплене і в сучасних нормах, які визначають допустиму середньоквадратичну похибку визначення координат кутових точок меж земельних ділянок щодо найближчих пунктів Державної геодезичної мережі під час проведення земельної інвентаризації[44].

За своєю величиною це відповідає графічній точності планово-картографічних матеріалів або ортофотопланів масштабу 1:1500, що розраховується з урахуванням 0,2 мм на плані. Така точність забезпечує достатню деталізацію для ведення кадастрової документації та розробки земельно-кадастрових матеріалів у межах сучасних нормативних вимог.

[44] Про затвердження Порядку проведення інвентаризації земель : Постанова Каб. Міністрів України від 23.05.2012 р. № 513 : станом на 20 черв. 2019 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/513-2012-п#Text

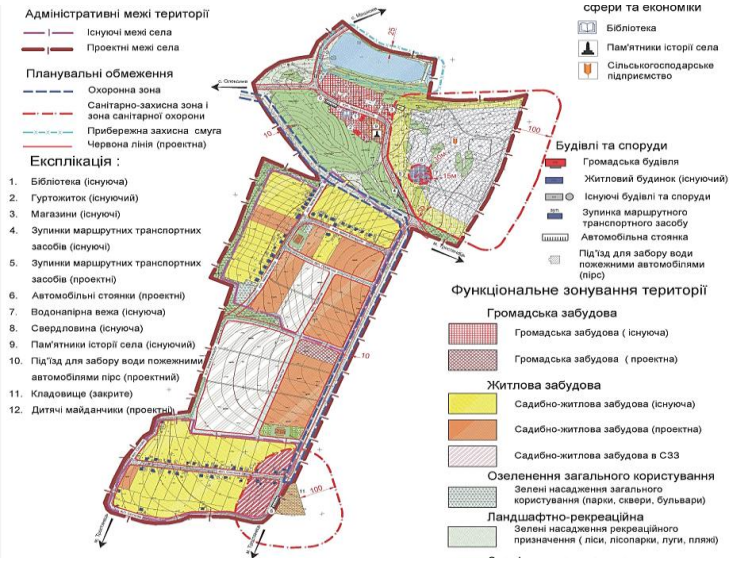

Рис. 14. Межі с. Лісне згідно генерального плану

Виходячи з наведених факторів, що впливають на точність визначення координат елементів ситуації, для виконання аерофотознімання на даному об'єкті було прийнято рішення використовувати квадрокоптер DJI Phantom 4 Pro з висотою польоту 150 м над рівнем землі. Це забезпечує отримання ортофотоплану готового до роботи з роздільною здатністю 0,05 м на піксель, що дозволяє точно визначати положення межових знаків та елементів інфраструктури.

За матеріалами попередніх робіт площа населеного пункту складала 29,3 га, тоді як відповідно до генерального плану пропонується розширення до 65,3 га. Таким чином, площа нових земельних ділянок, що планується включити до складу населеного пункту, становить 36,0 га.

На практиці часто виникають невідповідності між межами, нанесеними на планово-картографічні матеріали, та фактичними межами земельних ділянок, які вже внесені до ДЗК. Такі розбіжності можуть бути зумовлені як неточністю старих планово-картографічних матеріалів, так і відмінністю конфігурацій контурів ділянок.

Саме тому на даному об'єкті зйомка передбачає фіксацію не лише земель, які планується включити до меж населеного пункту, але й старих кварталів селища.

Отже, заплановано суцільну аерофотозйомку всього населеного пункту, включно з земельними ділянками, що передбачено в генеральному плані (площа 65,3 га), а також прилеглої 50-метрової смуги. Це необхідно для виявлення об'єктів, фіксації елементів рельєфу та інфраструктури, які можуть впливати на уточнення межі відносно запроектованої по генеральному плану,

та забезпечення максимальної точності створюваного ортофотоплану. Основні параметри аерофотознімання зведено в таблицю 1.

Таблиця 1

Основні проєктні параметри аерофотознімання на об'єкті «с. Лісне»

Тип і модель літального апарату	**DJI Phantom 4pro**
Роздільна здатність камери, форм-фактор матриці	20 Мр
Середня висота фотографування	150 м
Роздільна здатність зображення на місцевості	До 0,05м
Загальна тривалість аерофотознімання без зльоту/посадки	32 хвилини
Кількість підйомів	2
Корисна площа знімання	115 га

Для забезпечення геодезичної прив'язки аерофотозйомки було застосовано таку технологічну схему виконання робіт:

– Розроблення маршрутів польоту квадрокоптера для проведення зйомки.

– Нанесення на місцевість розпізнавальних знаків (установлення маркерів).

– Визначення координат цих маркерів за допомогою GNSS-приймача в RTK-режимі.

– Встановлення координат точки зльоту квадрокоптера за технологією GNSS у режимі RTK.

– Визначення координат базової станції, що працює у статичному режимі під час аерозйомки для накопичення даних.

– Увімкнення квадрокоптера з GNSS-приймачем у режимі PPK та підготовка обладнання до роботи.

– Активування базової станції у статичному режимі та запуск процесу ініціалізації бортового PPK-приймача.

– Виконання польоту квадрокоптера відповідно до запроєктованого маршруту.

– Вимкнення базової станції після завершення польотного завдання для завершення збору даних PPK-приймачем.

– Перегляд отриманих фото після посадки квадрокоптера, перевірка їх якості та послідовності, виявлення можливих пропусків (наприклад, через неспрацювання камери чи відсутність файлу).

– Виконання попереднього PPK-оброблення, аналіз навігаційних рішень та визначення координат центрів кожного фотознімка.

Загальний вигляд маршрутів аерофотознімання, а також розташування наземних маркерів (жовті крапки з номерами та сині прапорці) на фоні щільної хмари точок наведено на рис. 15.

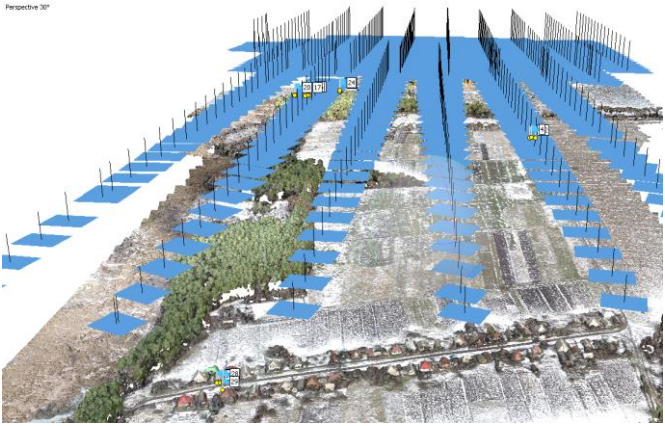

Рис. 15. Маршрути аерофотознімання (перспективний вид)

Як видно, маршрутні нитки обрані паралельно довгій осі об’єкта знімання – з південного заходу на північний схід. Такий напрямок вважається оптимальним, оскільки зменшує час, необхідний для розвороту безпілотного літального апарата під час переходу від однієї нитки маршруту до наступної.

В якості маркерів (розпізнавальних знаків) були використані як наявні на місцевості предмети, так і спеціально розкладені на поверхні аркуші паперу формату А4. Приклади отриманих знімків у максимальному наближенні наведено на рис. 16.

Рис. 16. Маркери (в центрі фрагментів зображень).
Ліворуч – аркуш А4, праворуч – центр розфарбованої автомобільної шини (елемент квітника)

Координування маркерів та базової станції для визначення центрів фотографування в режимі PPK виконувалося за допомогою режиму RTK із використанням мережі базових станцій диференційних поправок, зокрема мережі спеціального призначення System.NET.

Загалом, реалізована схема відповідає пропонованій на рис. 10, проте було уточнено, що в якості базової станції використовувалась власна станція, розташована безпосередньо на об'єкті знімання.

На рис. 17 наведено фрагменти відомостей координат центрів фотознімків, розрахованих за допомогою GNSS у режимі PPK.

Вирахування геодезичних координат центрів знімків в системі WGS-84

```
% program   : RTKPOST ver.2.4.3 Emlid b28
% inp file  : D:\temp\chap\EPS_190820-122119.20O
% inp file  : D:\temp\chap\hp_02320.20o
% inp file  : D:\temp\chap\hp_02320.20n
% obs start : 2020/08/19 12:21:42.0 GPST (week2119 303702.0s)
% obs end   : 2020/08/19 12:44:32.2 GPST (week2119 305072.2s)
% ref pos   : 51.688824382   33.197256816   123.6990
%
% (lat/lon/height=WGS84/ellipsoidal,Q=1:fix,2:float,3:sbas,4:dgps,5:single,6:ppp,ns=# of satellites)
%  GPST                  latitude(deg) longitude(deg)  height(m)    Q  ns   sdn(m)   sde(m)   sdu(m)  sdne(m)  sdeu(m)  sdun(m) age(s)  ratio
2020/08/19 12:24:51.792   51.692577135   33.200435376   132.6944   1   9   0.0049   0.0029   0.0065  -0.0005   0.0008  -0.0029   0.80  999.9
2020/08/19 12:27:39.878   51.692577046   33.200435295   132.6922   1   9   0.0050   0.0030   0.0065  -0.0006   0.0010  -0.0030   0.90  999.9
2020/08/19 12:27:41.692   51.692577043   33.200435313   132.6953   1   9   0.0050   0.0029   0.0065  -0.0006   0.0010  -0.0030   0.70  999.9
2020/08/19 12:33:31.524   51.692577027   33.200435376   132.6954   1   9   0.0051   0.0030   0.0065  -0.0008   0.0015  -0.0032   0.50  999.9
2020/08/19 12:33:38.276   51.692577020   33.200435398   132.6968   1   9   0.0051   0.0030   0.0065  -0.0008   0.0015  -0.0032   0.30  999.9
2020/08/19 12:35:06.339   51.693149634   33.200849063   303.6497   2  10   0.0049   0.0030   0.0060  -0.0001   0.0012  -0.0027   0.40  999.9
```

Каталог прямокутних координат центрів знімків

```
DJI_0528.JPG 5729330.330 6514002.995 303.663
DJI_0529.JPG 5729329.859 6513959.152 303.063
DJI_0530.JPG 5729329.843 6513916.377 302.093
DJI_0531.JPG 5729329.862 6513874.606 301.231
DJI_0532.JPG 5729329.536 6513833.037 300.629
DJI_0533.JPG 5729329.490 6513791.166 300.128
DJI_0534.JPG 5729329.351 6513749.514 299.628
```

Рис. 17. Відомості координат GNSS-спостережень

Наступним етапом після проведення польових аерофотознімальних робіт є камеральна фотограмметрична обробка. Зважаючи на кінцеву мету роботи – встановлення меж населеного пункту – основну увагу приділяють отриманню таких матеріалів: ортофотоплану (першочергово) та карти висот або 3D-моделі (як додаткового матеріалу).

У більшості випадків достатньо ортофотоплану, проте при необхідності уточнення меж або визначення положення природних чи антропогенних об'єктів на місцевості, що мають об'ємну форму (вали, канавки тощо), корисним є використання карти висот або 3D-моделі. Таке обстеження проводиться в камеральних умовах, що дозволяє значно зекономити час та кошти на польові дослідження.

Нижче наведено приклади отриманих матеріалів для однієї й тієї ж ділянки: ортофотоплан та карта висот (рис. 18, 19). На ортофотоплані також додатково показана ортофотомозаїка, представленою у вигляді ліній, що з'єднують окремі частини знімків в єдине зображення.

Виходячи з переліку матеріалів, необхідних для подальшої обробки, можна виділити наступну порядок дій при камеральній фотограмметричній обробці:

– Завантаження аерофотознімків у програмне забезпечення для фотограмметричної обробки.

– Імпорт каталогу координат маркерів та точних центрів аерофотознімків.

– Попереднє вирівнювання знімків для підготовки до формування моделі.

– Визначення маркерів, які будуть використані для балансування та точності фотограмметричної моделі.

Рис. 18. Лінії порізів ортофотоплану

– Побудова карти висот та уточненої моделі фототриангуляції; при необхідності – створення щільної хмари точок.

– Формування ортофотоплану на основі отриманої фотограмметричної моделі.

– Створення та аналіз звіту з результатами обробки.

– Експорт ортофотоплану у растровий формат з координатною прив'язкою (наприклад, GeoTIFF) для подальшого використання у ГІС або іншому програмному забезпеченні.

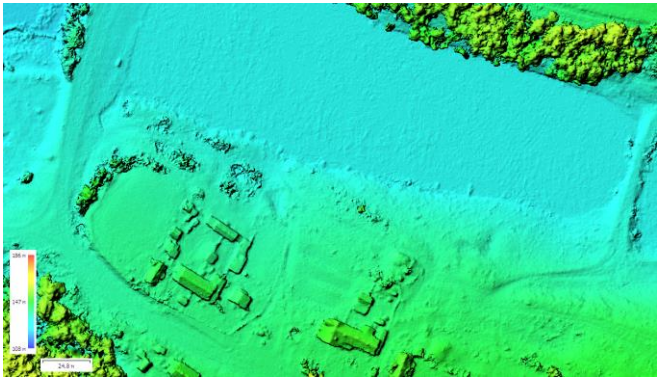

Рис. 19. Карта висот

Отримані результати можна розділити на дві основні складові: **польові роботи та камеральна обробка**

У рамках **польових робіт** одним із досягнень стало **перенесення базової станції PPK безпосередньо на об'єкт знімання.** Це рішення забезпечило декілька важливих переваг:

– **Висока стабільність та надійність отриманих результатів**. Завдяки безпосередньому розташуванню станції на об'єкті мінімізується вплив зовнішніх факторів, що можуть спотворювати дані, таких як слабкий сигнал від сторонніх сервісів або затримки у передачі диференційних поправок.

– **Незалежність від сторонніх сервісів**, які не завжди можуть гарантувати наявність необхідних даних або потрібну точність координат. Це особливо актуально для віддалених територій або населених пунктів із слабким покриттям GNSS-сервісів.

– **Максимальна точність GNSS-спостережень у режимі PPK**, що дозволяє точно визначати координати центрів фотографування та маркерів, а отже – підвищує точність створюваного ортофотоплану і подальших топографо-кадастрових матеріалів.

Ще однією суттєвою перевагою стало **використання GNSS-приймача на борту БПЛА**. Це дозволяє значно скоротити кількість наземних маркерів, що, в свою чергу, забезпечує **економію ресурсів** при виконанні польових робіт:

– **Часові витрати** зменшуються, адже не потрібно встановлювати та координувати велику кількість маркерів на місцевості.

– **Фінансові витрати** знижуються за рахунок скорочення трудових витрат на оплату праці фахівців, а також зменшення транспортних витрат на доставку обладнання та персоналу до різних точок маркування.

– Крім того, скорочення кількості маркерів зменшує ризик помилок при їх встановленні та координуванні, що підвищує загальну точність та надійність геодезичних даних.

Серед **недоліків використання додаткового GNSS-приймача на борту квадрокоптера** слід зазначити **збільшення ваги апарата**, що при зовнішньому монтажі також призводить до підвищеної **парусності**, а отже, може дещо ускладнити керування та стабільність польоту за вітрових умов.

Крім того, **обробка PPK-спостережень** потребує додаткових знань і навичок від виконавця. Для цього необхідне **володіння спеціальними програмними засобами**, у нашому випадку – програмою **Novatel RTKPost**, яка використовується додатково у порівнянні з RTK-методом. При RTK, як правило, готові координати можна отримати безпосередньо під час спостережень, без додаткових обчислень, тоді як PPK передбачає попередню обробку і перевірку навігаційних рішень.

В контексті **камеральної обробки**, координати центрів аерофотознімків, визначені з **геодезичною точністю** (на даному об'єкті – близько **0,03 м**), дають низку суттєвих переваг:

– **Прискорене врівноваження фотограмметричної мережі**, що значно скорочує час обробки даних.

– **Забезпечення високої точності** результатів навіть при мінімальній кількості наземних маркерів.

– **Економія часу та ресурсів** також проявляється у зменшенні обсягу робіт з ручної інтерпретації маркерів на знімках, що робить процес камеральної обробки більш ефективним і менш трудомістким.

Запропонована **технологія поєднання GNSS та фотограмметричних методів** може ефективно застосовуватись не лише при **встановленні меж населених пунктів**, а й у ряді інших видів робіт, часто з ще більшою питомою ефективністю. До таких робіт можна віднести:

– **Топографічне та земельно-кадастрове знімання**, а також **інженерні вишукування** на лінійно-витягнутих об'єктах, таких як **автодороги, залізниці, річки, інженерні комунікації** тощо.

– **Знімання важкодоступних об'єктів**, де традиційні методи зйомки ускладнені або неможливі.

– **Знімання територій, потенційно небезпечних для життя та здоров'я людини**, що дозволяє мінімізувати ризики для виконавців і водночас отримати необхідні геодезичні та фотограмметричні дані.

Таким чином, поєднання GNSS і фотограмметричних методів відкриває широкі можливості для оптимізації польових робіт, підвищення точності та надійності отриманих результатів, а також для зниження трудових, часових та фінансових витрат. Використання цієї технології дозволяє значно ефективно скоротити кількість необхідних наземних маркерів, що спрощує організацію польових робіт і зменшує ризик помилок при встановленні та координуванні маркерів.

Крім того, інтеграція GNSS-приймачів на борту БПЛА дає можливість виконувати знімання важкодоступних або небезпечних територій, що традиційно потребувало значних ресурсів і часу. Висока точність визначення координат центрів фотознімків забезпечує ефективне врівноваження фотограмметричних мереж у камеральних умовах, а також дає змогу отримати детальні ортофотоплани, карти висот і 3D-моделі, які є необхідними для сучасного земельного кадастру, просторового планування та інженерних вишукувань[45].

Завдяки цьому підхід підвищує наукову обґрунтованість прийняття управлінських рішень, дозволяє інтегрувати результати в геоінформаційні системи, оптимізувати процеси встановлення меж та забезпечує системний контроль якості просторових даних. У перспективі технологія GNSS + фотограмметрія може стати стандартом для масштабних та локальних топографо-кадастрових робіт, забезпечуючи високу точність, ефективність та економічність у різних умовах виконання робіт.

ВИСНОВКИ

Дослідження проблематики встановлення та уточнення меж населених пунктів засвідчує, що цей процес має багатогранний характер і потребує узгодженого поєднання правових, організаційних та технологічних складових. Ефективність визначення меж безпосередньо впливає на якість просторового

[45] Шевчук, С., Домашенко, Г., Рожі, Т. (2024). Сучасні методи геодезичного картографування територій: використання GPS ТА ГНСС технологій. *Просторовий розвиток*, (8), 506–517. https://doi.org/10.32347/2786-7269.2024.8.506-517

планування, раціональне використання земельних ресурсів, розвиток територіальних громад і забезпечення сталого розвитку регіонів.

Правова база України в цій сфері перебуває у стадії модернізації, однак потребує подальшого вдосконалення, зокрема гармонізації з європейським законодавством, усунення суперечностей між окремими нормативними актами та адаптації до вимог цифрової епохи. Особливо актуальним є оновлення нормативно-методичних документів, які регламентують проведення топографо-геодезичних і фотограмметричних робіт, адже існуючі стандарти не враховують потенціалу сучасних технологій – GNSS, LiDAR, безпілотних літальних апаратів, цифрової фотограмметрії та геоінформаційних систем.

Інтеграція інноваційних геопросторових рішень у процеси землеустрою та кадастрової діяльності дозволяє суттєво підвищити точність визначення меж, забезпечити їхню юридичну достовірність, а також створити єдиний інформаційний простір для управління територіями. Це, своєю чергою, сприятиме прозорості у сфері земельних відносин, запобіганню конфліктам, ефективнішому плануванню та реалізації стратегій розвитку територіальних громад.

Вважаємо, що подальший розвиток системи встановлення меж населених пунктів в Україні має базуватися на принципах правової визначеності, науково обґрунтованості та технологічної інноваційності. Всебічне застосування сучасних геодезичних та правових інструментів формує основу для створення нової системи управління земельними ресурсами, спрямованої на забезпечення сталого розвитку, екологічної безпеки та покращення якості життя населення.

У результаті аналізу сучасних геодезичних і фотограмметричних технологій можна зробити висновок, що вони є ключовими інструментами оптимізації процесів визначення, встановлення та уточнення меж земельних ділянок і населених пунктів. Завдяки впровадженню високоточних GNSS-систем, електронних тахеометрів, нівелірів, безпілотних літальних апаратів із RTK/PPK-модулями та лідарів забезпечується висока точність координатних вимірювань, оперативність збору просторових даних і зниження впливу людського чинника.

Фотограмметричні методи, поєднані з аерофотозйомкою та спеціалізованим програмним забезпеченням (Agisoft Metashape, Pix4Dmapper, DroneDeploy), дають змогу створювати точні ортофотоплани, цифрові моделі рельєфу та тривимірні зображення місцевості. Це сприяє підвищенню достовірності кадастрової інформації, оптимізації землеустрою й ефективному просторовому плануванню.

Інтеграція результатів геодезичних і фотограмметричних робіт у геоінформаційні системи (ArcGIS, QGIS, MapInfo, GeoCad) формує єдину цифрову базу земельних ресурсів, що є основою для прозорого управління територіями, моніторингу земель і мінімізації кількості спірних ситуацій між землевласниками.

Таким чином, сучасні геодезичні та фотограмметричні технології не лише підвищують точність і ефективність процесів визначення меж, але й забезпечують перехід до цифрової моделі управління земельними ресурсами. Вони створюють технологічне підґрунтя для розвитку національної

інфраструктури просторових даних, сприяючи сталому розвитку територій, відкритості кадастрової інформації та підвищенню якості землеустрою загалом.

Проведене дослідження підтверджує, що поєднання сучасних геодезичних, фотограмметричних та геоінформаційних технологій створює науково обґрунтовану, високоефективну методику для забезпечення сталого територіального планування. Використання GNSS-приймачів геодезичного класу у поєднанні з фотограмметричними зйомками за допомогою безпілотних літальних апаратів дозволяє суттєво підвищити точність і швидкість збору просторових даних, мінімізувати обсяг польових робіт і скоротити витрати на виконання зйомки.

Апробація методики на прикладі населеного пункту Сумської області показала її практичну ефективність для визначення та уточнення меж, створення ортофотопланів і цифрових моделей рельєфу. Використання технологій PPK і RTK забезпечило отримання координат із сантиметровою точністю, що відповідає сучасним вимогам кадастрових і землевпорядних робіт. Камеральна обробка даних із застосуванням спеціалізованого програмного забезпечення дозволила створити точні геопросторові моделі, інтегровані у ГІС, що значно підвищує якість аналітичних рішень при плануванні розвитку територій.

Впровадження описаної методики сприяє формуванню сучасної цифрової інфраструктури просторових даних, необхідної для ефективного управління земельними ресурсами, забезпечення прозорості кадастрових процесів та збалансованого розвитку територій. У перспективі подальший розвиток технологій GNSS, фотограмметрії та безпілотних систем дозволить ще більше автоматизувати процеси просторового моніторингу, оновлення картографічної інформації та інтеграції результатів у системи сталого територіального планування на національному рівні.

АНОТАЦІЯ

У роботі розглянуто сучасні підходи до визначення, встановлення та уточнення меж населених пунктів із використанням інноваційних геодезичних, фотограмметричних та геоінформаційних технологій. Проаналізовано правові аспекти регулювання процесів встановлення меж, охарактеризовано чинну нормативно-правову базу у сфері землеустрою та кадастру, визначено напрями її вдосконалення з урахуванням впровадження сучасних технологічних рішень. Особливу увагу приділено застосуванню GNSS-систем високої точності, безпілотних літальних апаратів, лазерного сканування (LiDAR) та цифрової фотограмметрії, які забезпечують підвищення точності, оперативності та ефективності виконання геодезичних робіт.

Проведено апробацію запропонованої методики на прикладі населеного пункту Сумської області, що підтвердило її практичну придатність для створення ортофотопланів, цифрових моделей рельєфу та інтеграції отриманих даних у геоінформаційні системи. Отримані результати свідчать, що поєднання сучасних технологічних і правових рішень дає змогу оптимізувати процеси землеустрою, удосконалити кадастрові процедури та забезпечити формування єдиної цифрової інфраструктури просторових даних.

Запропонований підхід сприяє підвищенню якості територіального планування, прозорості управління земельними ресурсами та сталому розвитку територіальних громад.

Література

1. Photographies aeriennes prises par drone et Modele Numerique de Terrain: apports pour l'observatoire sur l'erosion de Draix / D. Raclot et al. *Geomorphologie: relief, processus, environnement.* 2005. Vol. 11, no. 1. P. 7–20. URL: https://doi.org/10.4000/geomorphologie.209

2. Аврамчук Б.О., Лошакова Ю.А. Аналіз сучасного стану формування та встановлення меж об'єднаних територіальних громад. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель.* 2020. № 2-3. С. 39–46. URL: https://doi. org/10.31548/zemleustriy2020.02.04

3. Альперт С.І. Використання безпілотних літальних апаратів для вирішення задач підсупутникового моніторингу в аерокосмічному комплексі. *Український журнал дистанційного зондування Землі.* 2020. Т. 27. С. 26–30. DOI: 10.36023/ujrs.2020.27.184

4. Білоус В.В., Боднар С.П. Фотограмметрія. Навчальний посібник. К. : Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 2021 р. 137 с.

5. PPK vs RTK in drone mapping: choosing right technology for precision surveys / Natalia Botygina – 2024. URL: https://blog.emlid.com/ppk-vs-rtk-in-drone-mapping-choosing-right-technology-for-precision-surveys/

6. Волошин, В., Жулінський, В. Застосування сучасних геодезичних технологій в інженерних вишукуваннях для встановлення меж земельної ділянки. Міжнародна науково-практична Інтернет-конференція *«Суспільно-географічні чинники розвитку регіонів»*, 2018 р. URL: https://konfgeolutsk.wordpress.com/2018/04/18/%D0%B7%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%81%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D1%81%D1%83%D1%87%D0%B0%D1%81%D0%BD%D0%B8%D1%85-%D0%B3%D0%B5%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%B7%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B8%D1%85-%D1%82/ (дата звернення 26.10.2025р.)

7. Геодезія Частина 1. Навчальний посібник / Д.О. Ляшенко, Т.М. Малік, А.Ю. Гордеєв – електронне видання у двох частинах, загальна редакція В.І. Зацерковний. К. : КНУ імені Тараса Шевченка, 2025. 212 с. URL: http://www.geol.univ.kiev.ua/lib/Geodesy_1_2025.pdf

8. Герасимчук, О., Гой, В., Харів, В. (2024). Використання сучасних геодезичних технологій для проведення оцінки земельних ресурсів у віддалених районах. *Технічні науки та технології*, (4 (38), 313–324. URL: https://doi.org/10.25140/2411-5363-2024-4(38)-313-324

9. Дорожинський О. Л. Цифрова фотограмметрія – сучасний стан та чинники її розвитку. *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. 2005. № 66.

10. Дорожинський О., Тукай Р. Фотограмметрія: підручник. Львів : Нац. ун-т «Львів. політехніка», 2008. 332 с.

11. Дорош Й.М., Тарнопольський А.В., Харитоненко Р.А., Деркульський Р.Ю., Рябова Ю.П. Проблемні аспекти щодо встановлення меж територій територіальних громад (сьогодення та повоєнний період). *Землеустрій,*

кадастр і моніторинг земель. 2022. № 2. С. 4–13. URL: https://doi.org/10.31548/zemleustriy2022.02.01

12. Екологія землекористування : навч. посіб. / А.М. Третяк, О.С. Будзяк, В.М. Третяк та ін. ; за заг. ред. Третяка А.М. К. : Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. 178 с.

13. Земельний Кодекс України від 25.10.2001 року № 2768-III URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text (дата звернення 10.10.2025 р.)

14. Інженерна геодезія: підручник / за ред. проф. С. П. Войтенка. Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2022. 700 с.

15. Конституція України: від 28 червня 1996 р. № 254к/96-ВР. *Відомості Верховної Ради України.* 1996. № 30. Ст. 141. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254к/96-вр#Text (дата звернення 10.10.2025 р.)

16. Кочеригін Л.Ю. Фотограмметрія: навч. посіб. для студ. аграрних закладів вищої освіти галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій». Біла Церква : БНАУ, 2019. 496 с.

17. Мамонов К., Ковальчук В., Троян В. Особливості аерофотозйомки при проектуванні капремонту та реконструкції автомобільних доріг. Науково-технічний збірник *«Комунальне господарство міст»*. 2023. Вип. 178. с. 147–151. DOI: https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-4-178-147-151

18. Мельник М., Залуцький І., Попадинець Н. Актуалізація встановлення меж територіальних громад та адміністративно-територіальних одиниць в умовах децентралізації. *Економіка та право*. 2024. № 4. С. 113–122. URL: https://doi. org/10.15407/econlaw.2024.04.113

19. Могильний Сергій Георгійович, Хайнус Дмитро Дмитрович, Виноградено Сергій Олександрович. Аналіз точності кадастрових зйомок із застосуванням БПЛА. The journal *«Український журнал прикладної економіки та техніки».* 2024. № 1. С. 146–151. URL: https://doi.org/10.36887/2415-8453-2024-1-24

20. Нестеренко С. Г. Електронні геодезичні прилади: конспект лекцій (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій) / С. Г. Нестеренко, А. А. Євдокімов, О. О. Воронков ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. 102 с.

21. Пілічева М. О. Сучасні технології геоінформатики, фотограмметрії та дистанційного зондування: конспект лекцій для здобувачів третього (освітньонаукового) рівня вищої освіти спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій) / М. О. Пілічева; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. 110 с.

22. Пілічева М. О. Сучасні технології землеустрою та кадастру: конспект лекцій для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій) / М. О. Пілічева ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. 107 с.

23. Про Державний земельний кадастр: Закон України від 07.07.2011 р. № 3613-VI. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3613-17#Text (дата звернення 15.10.2025р.)

24. Про затвердження Порядку топографічної зйомки у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0868-25#Text (дата звернення 19.10.2025р.)

25. Про затвердження Положення про Державний реєстр географічних назв : Постанова Кабінету Міністрів України від 11.05.2006 р. № 622 URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/622-2006-п#Text (дата звернення 17.10.2025 р.)

26. Про затвердження Порядку ведення Державного земельного кадастру : Постанова Кабінету Міністрів України від 17.10.2012 р. № 1051. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1051-2012-п#Text (дата звернення 16.10.2025 р.)

27. Про затвердження Порядку проведення інвентаризації земель : Постанова Каб. Міністрів України від 23.05.2012 р. № 513 : станом на 20 черв. 2019 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/513-2012-п#Text

28. Про Землеустрій: Закон України від 22 травня 2003 року № 858-IV. URL: http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/5673-22 (дата звернення 10.10.2025р.)

29. Про місцеве самоврядування в Україні: Закон України від 21 травня 1997 р. № 280/97-ВР. *Відомості Верховної Ради України*. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/280/97-%D0%B2%D1%80#Text (дата звернення 10.10.2025 р.)

30. Про національну інфраструктуру геопросторових даних : Закон України від 13 квітня 2020 р. № 554-IX URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20#Text (дата звернення 23.10.2025р.)

31. Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України від 25 червня 1991 року № 1264-XII URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text (дата звернення 24.10.2025р.)

32. Про порядок вирішення окремих питань адміністративно-територіального устрою України : Закон України від 28.07.2023 р. № 3285-IX. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3285-20#Text (дата звернення 10.10.2025 р.)

33. Про регулювання містобудівної діяльності : Закон України від 17 лютого 2011 року № 3038-VI. *Відомості Верховної Ради України*. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17#Text (дата звернення 10.10.2025р.)

34. Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність : Закон України від 23 грудня 1998 року № 353-XIV URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/353-14#Text (дата звернення 22.10.2025 р.)

35. Рій І.Ф., Бочко О.І., Біда О.Ю. Електронні геодезичні прилади: навч. пос. / І. Ф. Рій, О. І. Бочко, О. Ю. Біда. Львів : «ГАЛИЧ-ПРЕС», 2021. 336 с

36. СП «Західно-Український Експертно-Консультативний Центр». (2024, 18 червня). *Встановлення відповідності меж земельної ділянки в натурі (на місцевості).* URL:https://zuekc.com.ua/sudovi-ekspertyzy-ta-doslidzhennia/zemelno-tekhnichna/vstanovlennia-vidpovidnosti-mezh

37. Сухий П. О., Сабадаш В. І., Дарчук К. В. Сучасні електронні геодезичні прилади: практикум. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2021. 288 с.

38. Територіально-просторове планування землекористування: навч. посібник / За заг. ред. професора А.М. Третяка. Третяк А.М., Третяк В.М., Прядка Т.М., Третяк Н.А. Біла Церква : «ТОВ «Білоцерківдрук», 2022. 168 с.

39. Третяк А., Другак В., Третяк Р. Землевпорядне проектування: розроблення проектів землеустрою щодо встановлення (відновлення) меж населених пунктів. Херсон : Олді-Плюс, 2017. 180 с.

40. Часковський О., Андрейчук Ю., Ямелинець Т. З 36 Застосування ГІС у природоохоронній справі на прикладі відкритої програми QGIS : навч. посіб. / О. Часковський, Ю. Андрейчук, Т.Ямелинець. Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, Вид-во Простір-М, 2021. 228 с.

41. Шевчук, С., Домашенко, Г., Рожі, Т. (2024). Сучасні методи геодезичного картографування територій: використання GPS та ГНСС технологій. *Просторовий розвиток*, (8), 506–517. URL: https://doi.org/10.32347/2786-7269.2024.8.506-517

Information about the authors:
Kanivets Olena Mykolayivna,
Ph.D in Geodesy and Land Management,
Associate Professor of the Department of Geodesy and Land Management
Sumy National Agrarian University
160, Herasyma Kondratieva Str., Sumy, 40000, Ukraine

Kovalchuk Vasyl Stepanovych,
Senior Lecturer, Department of Geodesy and Land Management,
Sumy National Agrarian University
160, Herasyma Kondratieva Str., Sumy, 40000, Ukraine