

ГЕОДЕЗИЧНІ ВИШУКУВАННЯ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

GEODETIC SEARCHES IN AGRICULTURE



Хом'як Анна Ярославівна, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, кафедра проектування доріг, геодезії та землеустрою, доцент, akhomjak@gmail.com, +380673990164,

<http://orcid.org/0000-0002-2483-8153>



Дзюба Петро Петрович, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, кафедра проектування доріг, геодезії та землеустрою, доцент, dzuba.petr@gmail.com, +380675320548,

<http://orcid.org/0000-0002-1115-334X>



Неізвестна Наталія Володимирівна, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, кафедра проектування доріг, геодезії та землеустрою, доцент, supernesh@ukr.net, +380957970158,

<http://orcid.org/0000-0003-2406-3906>



Омельчук Сібілла Костянтинівна, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, кафедра проектування доріг, геодезії та землеустрою, доцент, sib-@ukr.net, +380974403827,

<http://orcid.org/0000-0003-2191-1551>

Анотація. Сільське господарство - дуже складна і багатогранна галузь, яка вимагає великих вкладень - як коштів, так і сил. Сільське господарство може мати різні масштаби. У кого-то - це земельна ділянка поруч з будинком, а хто-то є фермером і має кілька полів. Ті, хто далекий від цієї сфери діяльності, може наївно припускати, що все, що посіяне в землю обов'язково виросте і ніяких аналізів і досліджень проводити не потрібно. Однак це далеко не так. Особливо, коли мова йде про так

званому комерційному сільському господарстві з великими площами землі, цехами по виробництву та переробці врожаю та іншими особливостями.

Геодезичні роботи в сільському господарстві мають такі особливості:

- великі майданчики;
- віддаленість від міста;
- слабка геодезична і геологічна вивченість районів проведення робіт;
- складна ситуація з координатами ділянок та незадовільна точність вихідних даних і матеріалів для початку досліджень.

Геодезичні вишукування в сільському господарстві виконуються з метою точного визначення посівних площ.

Геодезичне забезпечення дозволяє визначати площі земельних ділянок, враховувати при цьому рельєф місцевості, що лежить в основі подальшого ефективного використання ресурсів та прогнозування врожайності.

В статті розглядаються та аналізуються методи виконання геодезичних робіт в сільському господарстві.

Ключові слова геодезичні вишукування, геодезичні роботи, посівні площі, обмір площ, рельєф, супутник, БПЛА, модель.

Вступ. На сучасному етапі розвитку сільського господарства надзвичайно велику роль відіграє планування та економічно вигідний розрахунок посівів.

Процес геодезичного забезпечення сільського господарства потребує використання геодезичної і картографічної інформації, а супровідна документація має прив'язку до картографічних об'єктів. Саме тому геодезичне забезпечення сільськогосподарських робіт дає змогу створити комплексне уявлення про організацію території та впорядкування сільськогосподарських угідь. [1]

Сільськогосподарська галузь є відносно новою для використання в ній геодезії, тож доцільно врахувати особливості геодезичних робіт в цій сфері:

віддаленість від населених пунктів, великі площі посівів, незадовільна точність вихідних даних, можлива недостатність матеріалів для початку досліджень[2]. Основними та принциповими питаннями є межі земельних ділянок.

Мета і методи. Геодезію вважають однією з найдавніших наук, яка не тільки виникла, а й розвивалася, тому що людина відчувала гостру потребу в ній. Питання землевпорядкування постали в давні часи. На місцевості закріплювалися межові лінії, лінії сонцестоянь і рівнодень, полуденних ліній та ін., а точками – культові місця, пов'язані з землеробством.

Основна мета застосування геодезії в сільському господарстві — підвищення виробництва продукції за рахунок точного розрахунку тих чи інших даних, які впливають на кінцевий результат.

Питаннями забезпечення якості землевпорядкування сьогодні займаються такі вчені, як А.М. Третяк, А.М., О.В. Кондращенко, Б. І. Волосецький, Г. І. Грещук, Л.А. Гунько та інші [4-7]. Одним з основних інструментів підвищення якості землевпорядкування є геоінформаційні технології (ГІС-технології), основою яких є геодезичні роботи.

Функціонування та взаємодія ГІС технологій, геодезії, і сучасного сільського господарства приводять до зменшення людського фактору у роботі, персоналізації обчислювального обладнання та активного створення автоматизованих робочих місць. Дані, отримані при польових вимірюваннях, можна автоматично інтегрувати в спеціалізоване програмне забезпечення і, відповідно, відобразити на екрані комп'ютера у вигляді цифрової карти.

Слід виконувати винесення меж ділянок та паїв в натуру. Для правильного проектування інженерних об'єктів використовують топографічне знімання.

Результати і пояснення. Геодезичне забезпечення сільського господарства – це один із можливих шляхів інноваційного управління, адже його запровадження дозволить досягти низку поставлених цілей, зокрема, щодо точності вимірювання площ, що безпосередньо тягне за собою всі інші процеси, пов'язані з внесенням добрив, витратами на обробку землі, прогнозуванням урожайності

тощо. Також дозволить підвищити якість проектування ділянок зрошення, або ж водопідвідних мереж для ефективного використання ресурсів.

Щодо застосування в сфері сільського господарства геодезичних методів, то їх можна умовно поділити на 2 способи: методи «класичної геодезії» та методи новітньої альтернативної геодезії.

Геодезичні методи застосовується досить широко, починаючи з початку століття, найпоширеніші - винесення меж паїв, контурів полів, інших сільськогосподарських угідь в натуру; визначення площ угідь; топографічне знімання місцевості; проектування систем зрошення полів; комплексне знімання будівель, споруд, елеваторів, зерносховищ; знімання трубопроводів, колекторів для проектування водопостачання [2].

Використовуються як планове знімання, так і висотне, що дозволяє комплексно підійти до виконання вищевказаних завдань.

Як правило, для таких видів знімань використовують електронні геодезичні прилади, основними з яких є двочастотні GPS приймачі, тахеометри та теодоліти, а також спеціалізоване програмне забезпечення для обробки результатів знімань.

Якщо ж говорити про, так звані, альтернативні геодезичні методи, то в сільському господарстві їх стали застосовувати досить недавно й сьогодні вони швидко удосконалюються. До таких методів можна віднести безпілотні літальні апарати (БПЛА) та аерофотознімання; дані з супутників та дистанційне зондування Землі (ДЗЗ).

Використання БПЛА в сільському господарстві має величезний потенціал. Якщо оцінювати їх можливість з геодезичної точки зору, то вони активно застосовуються для визначення меж земельних ділянок та кадастрового обліку, визначення площ, обстеження посівів, складання топографічних планів, оптимальної побудови іригації і меліорації і т.д.[3].

Забезпечується візуальна ідентифікація географічних меж сільськогосподарських угідь з координатною прив'язкою.

В послугах аеровізуального спостереження зацікавлені не лише фахівці із землеустрою, носії прав проведення кадастрової перевірки, але й суб'єкти господарювання, які є власниками або користувачами земельних паїв.

Значною є ефективність застосування БПЛА в сільському господарстві. З їх допомогою фермери можуть відстежувати стан посівів, спостерігати за зміною контуру поля, за відхиленням техніки від заданого курсу польових робіт, отримувати цифрову модель рельєфу (після обробки в спеціалізованому програмному забезпеченні).

Найголовніше і найпростіше, що можна отримати за допомогою БПЛА – це ортофотоплан місцевості з роздільною здатністю до 1 см/піксель (в залежності від висоти польоту). Деякі БПЛА здатні зробити обліт до 1000 га за один виліт. Їх оснащують обладнанням, здатним складати детальні карти полів як у візуальному спектрі, так і в різних спектральних діапазонах з можливістю прорахунку вегетаційних індексів для зернових культур.

Зрозуміло, що тільки БПЛА недостатньо для досягнення результату. Необхідно мати програмне забезпечення, яке дозволяє виконувати польоти, збирати дані та робити геодезичні вимірювання в автоматичному режимі. Все це потрібно як для моніторингу полів, так і для майбутнього складання карт на основі даних знімання. І найважливіше — отримані дані необхідно правильно обробляти і аналізувати за допомогою спеціального програмного забезпечення, яке в автоматичному режимі або ж в напівавтоматичному виконує геодезичні розрахунки для конкретних задач [5].

Ефективним інструментом отримання інформації про посіви, що сьогодні широко застосовується в агровиробництві, є супутниковий моніторинг. Отримані знімки з сенсорів супутника обробляються і в результаті маємо якісні растрові зображення з різною роздільною здатністю, за допомогою яких можливо виконувати різні як геодезичні задачі, так і агрономічні. Ця технологія розглядається більше з точки зору прогнозування врожаю - визначаються індекси, які впливають на стан посівів. Супутникові дані мають місце в геодезичному забезпеченні ведення сільського господарства, адже в основі супутникових спостережень лежить геодезія. Обидва джерела є цінними

можливостями для сільського господарства, кожен має свої сильні і слабкі сторони, але вони можуть використовуватися разом для досягнення кращих результатів.

В Україні використання дронів у сільськогосподарській галузі набуває все ширшого застосування. Раніше дрони застосовувалися лише для військових потреб.

Більшість сучасних БПЛА вже оснащені як мінімум звичайною камерою, а як максимум - мультиспектральною, яка дозволяє отримувати знімки в різних спектрах та потім діагностувати проблемні ділянки сільськогосподарських угідь.

Станом на 2017 рік кожен 4 дрон України працював на потреби агросектору [8]. На сьогоднішній день БПЛА використовують майже всі великі агрокомпанії та холдинги, серед яких «Harvest holding», «Kornel», «Мрія», «МХП», «Агро-Регіон» і т.д. Сукупний земельний банк підприємств, які працюють з цими технологіями, становить більше як 4,5 млн га.

Говорячи про використання супутникових даних для потреб сільського господарства, варто зазначити, що це не така нова технологія для України, але все ж маловикористовувана, адже ціни на комерційні супутникові знімки досить високі для України. Тож на даний момент в Україні супутникові дані для агромоніторингу не використовуються на державному рівні. Звісно, що можна навести приклади компаній, які займаються цими технологіями. Як правило вони використовують дані з некомерційних супутників і демонструють можливість забезпечувати українських аграріїв відповідними даними.

Однією з найрозповсюджених задач, які потрібно вирішувати в агропромисловому комплексі – це моніторинг полів та визначення площі посівів. На сьогоднішній день ці вимірювання можна називати точними, тому що більшість підприємств уже використовує техніку, яка обладнана GPS трекерами, тож точність обмірів варіюється від 3 см і до 1-2 м. До основних методів визначення площ варто віднести:

- обліт БПЛА;
- супутникове знімання;
- об'їзд автомобілем.

Суть кожного з методів та проміжні результати, що можна з них отримати – на рис. 1.

Бачимо, що найточнішим способом є БПЛА, оскільки є недорогою альтернативою традиційному зніманню з літаків, гелікоптерів, мотодельтапланів та супутників та дає найбільше проміжних результатів (ортофотоплан, карта висот і т.д.)

Крім високої економічної ефективності (здешевлення в десятки разів), БПЛА мають додаткові переваги порівняно з традиційним аеро- та космічним зніманням:

- невелика висота знімання – можна виконувати знімання на висотах від 10 до 500 метрів для отримання надвисокого розрізнення (одиниці й десятки сантиметра) на місцевості;
- точковість – можливість детального знімання невеликих об'єктів і малих ділянок там, де це цілком нерентабельно або технічно неможливо зробити іншими способами, наприклад, в умовах міської забудови;
- мобільність – не потрібні аеродроми або спеціально підготовлені злітні майданчики, БПЛА легко транспортуються легковими автомобілями (або переносяться вручну), відсутня складна процедура дозволів і узгодження польотів;
- висока оперативність – весь цикл, від виїзду на знімання до одержання результатів, займає кілька годин;
- екологічна чистота польотів – використовуються малопотужні бензинові або безшумні електричні двигуни, забезпечується практично нульове навантаження на навколишнє середовище [9].



Рисунок 1 – Основні методи визначення площ полів у сільському господарстві
 Figure 1 – Basic methods of determining the area of fields in agriculture

В табл. 1 наведені переваги та недоліки кожного методу .

Ефективність застосування безпілотних апаратів різного призначення багато в чому визначається якістю функціонування командного та інформаційного каналів. Перший із них призначений для передавання сигналів керування БПЛА з пункту управління на його бортову апаратуру, яка відпрацьовує отримані команди керування. За цими командами літальний засіб змінює висоту, курс і швидкість польоту, а також відпрацьовує зміну режимів роботи розвідувальної та іншої апаратури.

Більшість стандартних задач по побудові ортофотоплану, карти висот, підрахунку сходів рослин активно вивчаються, а в деякій мірі можна вважати вже досить вивченими, але все ж ще є куди вдосконалюватись. Враховуючи розвиток точного землеробства в Україні, варто зазначити, що одним з таких напрямків вдосконалення є розробка алгоритму дій для визначення площ з урахуванням рельєфу, потрібно показати, як впливає рельєф місцевості на зміну площі угіддя.

Врахування рельєфу є необхідною складовою при визначенні посівних площ, оскільки різниця на площі в 100 га (при врахуванні рельєфу та без нього) може складати до 5 % від загальної площі, що досить сильно впливає на прорахунок витрат на паливо та техніку, на кількість внесених добрив, на кількість внесеного насіння, а що саме головне – на прогнозування майбутнього врожаю.

Один із методів - поділ окремого полігону на нескінченну кількість трикутників, які не матимуть більше, ніж 1 похилу в будь-яку сторону і з подальшим розрахунком площ цих трикутників. Площа ділянки з урахування рельєфу місцевості обчислюється як сумарна площа всіх малих нахилених, але з одним похилом трикутників на ділянці. Для даної задачі досить вигідно використовувати БПЛА з постробробкою даних, це хороша альтернатива космічному зніманню і інтерферометрії, які є дуже дорогі.

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика основних методів визначення площ

ГЕОДЕЗИЯ ТА ЗЕМЛЕУСТРІЙ

Table 1 – Comparative characteristics of the main methods of determining areas

Назва	Супутник	БПЛА	Об'їзд поля транспортом
Технологія	Замовлення архівних супутникових даних Замовлення проведення нової зйомки	Обліт території дронами з РТК Обробка даних і створення ортофотоплану Векторизация полів / посівів	Об'їзд полів транспортним засобом Створення контурів
Результат	Ортофотоплан Контур Площа	Ортофотоплан Матриця рельєфу Контур Площа з рельєфом	Контур Площа
Точність	1 і більше м	5-10 см	3-5 м
Покриття за день	до 2000 га	до 3000 га	до 1000 га
Фактори ризику	Погода	Погода Аеропорти Режимні об'єкти	Погода Наявність посівів
Рекомендації до застосування	У зонах, заборонених для польотів дронів При інвентаризації великого земельного банку	Максимальна оперативність При моніторингу стану посівів	Якщо не терміново, в плановому режимі При відборі проб ґрунтів
Усереднена вартість	грн/га	25 грн/га	15 грн/га

На рис. 2 наведений поділ дослідного полігону на плоскі трикутники з похилом в одну сторону одним із найпоширеніших способів – формуванням TIN (*Triangulated Irregular Network*) мережі.

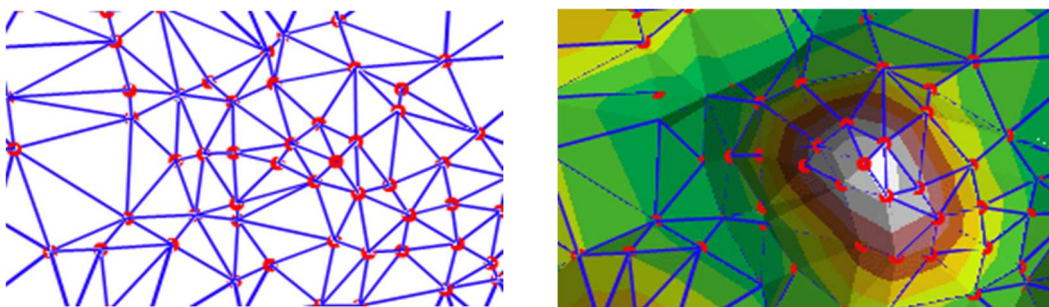


Рисунок 2 – Загальний вигляд TIN мережі
Figure 2 – General view of the TIN network

TIN (Triangulated Irregular Network) модель – це нерегулярна мережа трикутників, яка є способом цифрового відображення структури поверхні. TIN є формою векторних цифрових географічних даних, які будуються методом триангуляції набору вершин (точок). Вершини з'єднуються серією ребер і формують мережу трикутників. І.

Якщо не враховувати фізичних характеристик при визначенні площі земельної ділянки, яка має складний рельєф, в загальній сукупності, то в результаті можна отримати спотворення вимірів площі до 20 відсотків від загальної площі контуру. Тож із врахуванням рельєфу з'являється можливість уникнути зайвих витрат на «неіснуючі» гектари, що є основою для впровадження основ точного землеробства на підприємстві.

Висновки та рекомендації. Методи обміру площ із врахуванням рельєфу варто впроваджувати в систему точного землеробства великих агрохолдингів. Враховуючи кількість оброблюваної родючої землі, що перебуває у власності, сума збитків може сягати досить великих розмірів, якщо не проводити відповідного аналізу й розрахунків.

Дослідження можуть бути продовжені у напрямку вивчення складності рельєфу та похибок визначення площ. Необхідно розробити моделі на основі спеціалізованого програмного забезпечення для автоматизації процесу підрахунку площ.

Перелік посилань

1. Грещук Г. І. Сутність землеустрою та землевпорядкування: концептуальний підхід / Г. І. Грещук // Агросвіт. - 2016. - № 23. - С. 24-27.
2. Гильдия Инжиниринг – [Електронний ресурс]/ Режим доступу: https://geotop.com.ua/sotrudnichestvo-po-geodezii-i-geologii-s-selskoxozyajstvennymi-kompaniyami_ua.php
3. GEODEZ - [Електронний ресурс] — Режим доступу: <http://geodez.com.ua/vikoristannya-bpla-v-silskomu-gospodarstvi.-chomu-cze-vigidno>
4. Третьяк А.М. Землевпорядне проектування: екологоландшафтне землевпорядкування сільськогосподарських підприємств: навч. Посібник [Текст] / А.М. Третьяк, В.М. Другак, Р.А. Третьяк, Л.А. Гунько – К.: Аграрна наука, 2007. – 120 с.
5. Воронов В. В. БЛА на виставці LAAD 2009. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://www.uav.ru/articles/LAAD-2009_report.pdf
6. Костецька Я. М. Методичні вказівки з курсу “Методи і прилади високоточних інженерно-геодезичних вимірювань” [Текст] / Я. М. Костецька – Львів Видавництво Державного університету “Львівська політехніка”, 2009 рік. – 76 с.
7. Волоसेцький, Б. І. Геодезія у природокористуванні [Текст] / навчальний посібник Б. І. Волоसेцький. - Львів: Видавництво Національного університету Львівська політехніка, 2015. – 327 с.
8. Mind.ua – [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://mind.ua/publications/20187343-galuzi-majbutnogo-yak-bezpilotniki-pidkoryuyut-ukrayinu>
9. Ачасова А. Дрони для аграріїв – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.50northspatial.org/ua/drones-in-agriculture/>

GEODETIC SEARCHES IN AGRICULTURE

Khomiak Anna Ya., National Transport University, Department of Road Designing, Geodesy and Land Management, PhD in technical science, Associate Professor, akhomjak@gmail.com, +380673990164, orcid.org/0000-0002-2483-8153

Dziuba Petro P., National Transport University, Department of Road Designing, Geodesy and Land Management, PhD in technical science, Associate Professor, dzuba.petr@gmail.com, +380675320548, orcid.org/0000-0002-1115-334X

Neizvestna Natalia V., National Transport University, Department of Road Designing, Geodesy and Land Management, PhD in technical science, Associate Professor, supernesh@ukr.net, +380957970158, orcid.org/0000-0003-2406-3906

Omelchuk Sibilla K, National Transport University, Department of Road Designing, Geodesy and Land Management, PhD in technical science, Associate Professor, sib-@ukr.net, +380974403827, orcid.org/0000-0003-2191-1551

Summary: Agriculture is a very complex and multifaceted industry that requires large investments - both money and effort. Agriculture can have different scales. Someone has a plot of land next to the house, and someone is a farmer and has several fields. Those who are far from this field of activity may naively assume that everything that is sown in the ground will surely grow and no analyzes and researches need to be carried out. However, this is far from the case. Especially when it comes to so-called commercial agriculture with large areas of land, workshops for production and processing of crops and other features.

Geodetic works in agriculture have the following features:

- large playgrounds;
- distance from the city;
- weak geodetic and geological study of the work areas;
- a difficult situation with the coordinates of the plots and unsatisfactory accuracy of the initial data and materials for starting research.

Geodetic surveys in agriculture are carried out in order to accurately determine the sown areas.

Geodetic support allows you to determine the area of land plots, while taking into account the topography of the area, which is the basis for further effective use of resources and forecasting of yield.

The article examines and analyzes the methods of performing geodetic works in agriculture.

Keywords: geodetic searches, geodetic works, cultivated areas, area measurement, relief, satellite, UAV, model.

References

1. G. I. Greshchuk The essence of land management and land management: a conceptual approach / G. I. Greshchuk // *Agrosvit*. - 2016. - No. 23. - P. 24-27.
2. Engineering Guild – [Electronic resource] / Access mode: https://geotop.com.ua/sotrudnichestvo-po-geodezii-i-geologii-s-selskoxozyajstvennymi-kompaniyami_ua.php
3. GEODEZ - [Electronic resource] — Access mode: <http://geodez.com.ua/vikoristannya-bpla-v-silskomu-gospodarstvi.-chomu-cze-vigidno>
4. Tretyak A.M. Land management design: ecological landscape land management of agricultural enterprises: teaching. Manual [Text] / A.M. Tretyak, V.M. Drugak, R.A. Tretyak, L.A. Gunko - K.: Agrarian science, 2007. - 120 p.
5. Voronov V. V. UAV at the LAAD 2009 exhibition. — [Electronic resource]. — Access mode: http://www.uav.ru/articles/LAAD-2009_report.pdf
6. Kostecka Ya. M. Methodical instructions from the course "Methods and instruments of high-precision engineering and geodetic measurements" [Text] / Ya. M. Kostecka - Lviv Publishing House of the State University "Lviv Polytechnic", 2009. - 76 p.
7. Volosetskyi, B. I. Geodesy in nature management [Text] / study guide B. I. Volosetskyi. - Lviv: Publishing House of the National University of Lviv Polytechnic, 2015. – 327 p.
8. Mind.ua – [Electronic resource]. — Access mode: <https://mind.ua/publications/20187343-galuzi-majbutnogo-yak-bezpilotniki-pidkoryuyut-ukrayinu>
9. Achasova A. Drony dlya agropyiv - [Electronic media]. – Access method: <http://www.50northspatial.org/ua/drones-in-agriculture/>

Надійшла до редакції 06.03.2023.