

## ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ В МАРКШЕЙДЕРІЇ

В останні роки спостерігається значний технологічний прогрес в області цифрових технологій, що призвело до суттєвого поліпшення якості цифрових камер та їх роздільної здатності. Підвищення якості фотографій поєднується зі значним зменшенням ціни на цифрові камери. В результаті, фахівці отримали можливість застосовувати цифрові камери в якості геодезичного вимірювального інструмента. Використання цифрових камер в області інженерної геодезії може привести до підвищення продуктивності геодезичних і маркшейдерських робіт, а також автоматизації багатьох процесів гірничого виробництва.

На сьогодні досить активно починають використовувати на гірничих підприємствах безпілотні літальні апарати (unmanned aerial vehicles), які є цінним джерелом для перевірки, спостереження, картографування та тривимірного моделювання різних об'єктів. Безпілотні літальні апарати, які ще називають дронами або квадрокоптерами, широко застосовуються в аерофотограмметрії.

Використання таких літальних апаратів вирішує проблему швидкого збору даних, дає можливість виконувати зйомку у важко доступних і небезпечних місцях повністю в автоматизованому режимі. Найчастіше безпілотники (дрони) використовуються для вирішення наступних топографо-геодезичних задач:

- в маркшейдерських роботах - при зйомці та моніторингу стану кар'єрів, відвалів, визначенні обсягів при розробці відкритим способом;
- при інженерно-геодезичних вишукуваннях, для створення ортофотопланів і топографічних планів місцевості, де застосування традиційних методів економічно не ефективно або пов'язано з ризиком для персоналу (зйомка важкодоступних, непрохідних або ж протяжних об'єктів);
- при земельно-кадастрових роботах для визначення характерних точок меж земельних ділянок фотограмметричним методом на не великих площах (село, селище, садовий кооператив), інвентаризації земель та інших об'єктів нерухомості;
- контроль технічного стану та безпечної експлуатації об'єктів енергетичного та комунального господарств (ЛЕП, газопроводи, теплотраси), об'єктів інфраструктури, залізничного господарства, тощо.

Безпілотні літальні апарати здатні отримувати фотограмметричні дані за допомогою дзеркальних цифрових камер. Вони можуть літати в ручному, напівавтоматичному, автоматичному і автономному режимах.

Згідно з визначенням Міжнародної асоціації безпілотних систем (UAV International), дрони є родовою конструкцією літака, яка працює без людського пілота на борту. В залежності від розмірів, ваги, витривалості та дальності польоту UAV International поділяє дрони (UAV) на три основні категорії:

- *тактичні безпілотні літальні апарати*, які включають в себе мікро, міні, коротко, близько та середньо радіусні дії. Маса його коливається від декількох кілограм до 1000 кг, в діапазоні від декількох кілометрів до 500 км, на висоті польоту від декількох сотень метрів до 5 км, а витривалість від декількох хвилин до 2–3 днів;
- *стратегічні безпілотні літальні апарати*, характеризуються великою висотою польоту та довгою витривалістю, також стратосферичні та екзо-стратосферичні системи, які літають вище 20 000 м над рівнем моря і мають витривалість 2–4 днів;
- *спеціального призначення*, такі як безпілотні бойові транспортні засоби.

Отримані дані, за допомогою безпілотних систем, зазвичай використовуються в таких галузях:

- *лісове та сільське господарство*: господарі можуть приймати обґрунтовані рішення, щоб заощадити гроші та час (наприклад, для землеробства), отримувати швидкий та точний обсяг збитків або для виявлення потенційних проблем в даній області;
- *археологія та культурна спадщина*: відображення об'єктів і структур, які легко спостерігаються на малій висоті;
- *екологічний напрямок*: швидкі та дешеві регулярні польоти дозволяють виконувати контроль за водними та земельними ресурсами;
- *3D-моделювання*: безпілотні літальні апарати є джерелом відновлення загальних моделей.

Зображення, на основі зйомки дронами, вимагають польоту або місії з планування, вимірювання опорних точок (якщо немає в наявності), отримання зображень, калібрування камери і орієнтації зображення, обробки зображень для отримання інформації. Для підвищення рівня ефективності роботи рекомендується мати в комплексі, як мінімум, два дрона.

Політ та збір даних попередньо планується в лабораторіях з виділеним програмним забезпеченням. Операція польоту та посадки контролюється пультом керування, який знаходиться в руках досвідченого спеціаліста в даній області.

Калібрування камери і орієнтація зображення вимагають вилучення загальних ознак, видимих з багатьох зображень. У аерофотограмметрії це завдання вирішується за допомогою використання автоматичних методів аеротріангуляції. У ближній фотограмметрії, автоматизація цього завдання є складнішою проблемою, через великий масштаб зображення, нерегулярному перекриттю, сильних геометричних та радіометричних змінах. У багатьох випадках зображення, отримані за допомогою систем безпілотних літальних апаратів більше схожі на близькій відстані. Отже, стандартні процедури аеротріангуляції не працюють належним чином.

Після того, як набір зображень був орієнтований, наступним кроком в процесі 3D-моделювання – це обробка зображення та отримання необхідної інформації. Крім того, безпілотні літальні апарати мають додатковий ряд переваг порівняно з іншими методами знімання:

- невелика висота знімання – можливо виконувати знімання на висотах від 10 до 200 метрів для отримання надвисокого розрізнення 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, безпілотники 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.

У сучасних безпілотниках встановлено камеру із зовнішнім об'єктивом, що є найбільшою перевагою з фотограметричної точки зору – де зовнішні лінзи надають більш стабільну внутрішню геометрію, що призводить до якіснішого калібрування камери, ніж у висувних об'єктивах. У беззеркальних камерах використовуються великий CMOS-сенсор із 16.1 Мрх матрицею, який дозволяє різко підвищити світлочутливість та знизити рівень шуму. Такими безпілотниками є TRIMBLEUX5 і ZALA 421-16EM.

З аерофотознімків цих моделей, можуть бути легко створені та розроблені контурні карти, тривимірні фотографії, хмари точок і проведення екологічного моніторингу. Такий безпілотник буде ідеальним для отримання ортофотопланів, як у польовій, так і у міській місцевості різних масштабів (інженерно-топографічних планів у масштабах 1:2000, 1:1000 і 1:500).

На більш старіших моделях якість створеного, за матеріалами зйомки ділянки місцевості, в основному задовольняло картографічні вимоги. Це було пов'язано з використанням побутових компактних камер для зйомки, що мали певні недоліки, основними з яких була відсутність калібрування.

Створенням безпілотних літальних апаратів в Україні займається ціла низка організацій: «Юавія» (м. Київ); державне підприємство Міністерства оборони України «Чугуївський авіаремонтний завод»; конструкторське бюро «Зліт» (м. Харків); міжгалузевий науково-дослідницький інститут проблем фізичного моделювання (м. Харків); «Укртехно-Атом» (м. Київ); Державний аерокосмічний університет ім. Н.Е. Жуковського; науково-дослідні центри при технічних ВНЗ та окремі творчі колективи.

На сьогодні існує велика кількість програмного забезпечення, що працює в комплексі з дронами. Такі програми виконують обробку отриманих в результаті зйомки даних, створюють 3D моделі, здійснюють підрахунок об'ємів та площ. Однією з таких програм є 3DSurvey 2.0.

3DSurvey – це фотограметрична програма, яка дозволяє створювати 3D-моделі із 2D-зображень. Програма є розробкою компанії Blue Planet (Словенія). За допомогою звичайної фотографії, з будь-якої цифрової камери, можна створювати власні карти, цифрові моделі поверхні, та проводити підрахунок об'ємів запасів або видобутих порід. Дані обробляються автоматично на основі відповідних алгоритмів. Переваги цієї програми наступні:

- використовується в комплексі з будь-яким безпілотним літальним апаратом для обробки аерофотознімків місцевості або для перевірки даних попередньої зйомки;
- обробка знімків виконується з будь-якої цифрової камери DSLR або GoPro;
- висока швидкість отримання кінцевих результатів з потрібною точністю;
- немає необхідності завантажувати файли із точок польоту безпілотника або ж оплачувати дорогим системам порядок встановлення знімків і їх накладання один на одного. Для цього потрібно просто імпортувати зображення з камери в програму і почати обробку;
- після побудови тривимірної цифрової моделі, автоматично можна виконати обрахунок об'ємів певних областей моделі.

Використання малих безпілотних літальних апаратів є швидким та якісним інструментом виконання землевпорядних задач, яке дозволяє забезпечувати також такі галузі та напрями, як будівництво, гірничодобувна промисловість, 3D моделювання, візуалізація, дорожні роботи, вести лісове господарство та оцінку безпеки, проводити моніторинг ерозії, тощо.

В гірничодобувній промисловості переваги їх в тому, що вони дають можливість швидко та точно дослідити місцевість. Отримані зображення можуть бути використані для геометричного моделювання, відображення текстур, створення карт та планів місцевості, визначення об'ємів відвалів, складів продукції і виїнятої гірничої маси на каменевидобувних підприємствах. В порівнянні з іншими методами, за допомогою безпілотних літальних апаратів, знижуються експлуатаційні витрати та зберігається висока точність спостережень.