



DOI: 10.36023/ujrs.2020.27.184

УДК 528.06

Використання беспілотних літальних апаратів для вирішення задач підсупутникового моніторингу в аерокосмічному комплексі

С. І. Альперт*

ДУ Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України, вул. Олеся Гончара, 55-Б, Київ: 01054, Україна

На даний час із швидким розвитком інформаційних технологій дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) із використанням беспілотних літальних апаратів (дронів) дає нові можливості для проведення більш детальних наукових досліджень. БПЛА (беспілотні літальні апарати) дають можливість отримувати дані за досить низькою вартістю. Також вони надають дані швидше, ніж пілотні літальні апарати. Застосування БПЛА, що літають на низькій висоті дає можливість отримувати зображення з дуже високою роздільною здатністю та достатньою точністю. У цій статті були розглянуті структура та основні деталі дронів. Також було зауважено, що технології ДЗЗ на основі БПЛА застосовуються в різних сферах.

Дрони можуть вирішувати багато сільськогосподарських завдань, таких як: моніторинг посівів, зараження шкідниками, вміст азоту та зміни у розвитку елементів продуктивності. Ці беспілотники дають змогу побачити поля з висоти. Сільськогосподарські дрони використовуються для збільшення продукції врожаю та контролю за ростом сільськогосподарських культур. Дрони та супутники дають детальну картину полів. Вони забезпечують періодичний моніторинг стану посівів. Літаючи над посівами, дрони показують відмінності між здоровими та нездоровими рослинами. Отримані на основі дронів зображення, ортофото та відео допомагають при вирішенні численних сільськогосподарських задач. На даний час вдосконалення сільськогосподарських беспілотних літальних апаратів відбувається досить потужно. З постійним вдосконаленням технологій знімки сільськогосподарських земель мають бути вищої якості.

Отримані на основі використання дронів цифрові зображення можуть використовуватись у лісовому господарстві (у таксації, оцінюванні здоров'я рослин, екологічному моніторингу, в аналізі природних катастроф та оцінюванні можливих втрат).

Дрони використовуються для видобутку корисних копалин (у картографуванні родовищ корисних копалин, пошуку нафти, газу, виявлення корисних копалин з метою видобутку, у топографічній зйомці родовищ, в оцінюванні обсягів видобутку руди).

Наразі існують всі передумови для вдосконалення технічних характеристик дронів та розроблення їх новітніх модифікацій.

Ключові слова: беспілотний літальний апарат, дистанційне зондування Землі, екологічний моніторинг, сільськогосподарські задачі

© С. І. Альперт. 2020

1. Вступ

Одним із перспективних методів та технологій вирішення задач ДЗЗ (дистанційного зондування Землі) є аерозйомка (підсупутникова зйомка), яка передувала космічній зйомці. На початкових етапах розвитку ДЗЗ з космосу до аерозйомки перейшло багато технологічних прийомів та методів. При цьому найважливіше значення мало становлення та швидкий розвиток комп'ютерних технологій, спрямованих на обробку даних, отриманих методами ДЗЗ (McKnight, 2015; Popov et al., 2015; Alpert et al., 2019). Розрізняють фотографічну, теплову, радіолокаційну і багатозональну аерозйомку. Фотографічна зйомка (аерофотозйомка), яка застосовується для геологічного картування є найбільш важливою, не тільки тому, що володіє найбільшою інформативністю, а й тому, що за час її проведення накопичено значну кількість аерофотоматеріалів різних масштабів і по різних регіонах. Тому при проведенні геологознімальних робіт досить часто використовуються вже наявні у фондах аеро-фотоматеріали, ніж замовляти виробництво нової аерофотозйомки.

Аерофотозйомку місцевості використовують в різних цілях, найважливішими з них є складання і коригування топографічних карт, геологічні дослідження, вирішення різних завдань підсупутникового моніторингу в аерокосмічному комплексі, вирішення сільськогосподарських, екологічних та численних природоресурсних задач. Аерозйомка земної поверхні може виконуватися в залежності від поставлених завдань за допомогою літаків і вертольотів, аеростатів і навіть мотодельтапланів, а також беспілотних літальних апаратів (БПЛА), зокрема, дронів. Метою даної статті є аналіз структури БПЛА (дронів), їх основних характеристик, переваг у порівнянні із пілотованими літальними апаратами, аналіз передумов і перспектив розвитку БПЛА та розгляд основних сфер застосування продукції (знімків), що отримуються із застосуванням БПЛА. Завдання даної статті полягає у розгляді та детальному описі основних складових, характеристик та принципу дії БПЛА, наведенні основних переваг, недоліків та перспектив покращення продукції БПЛА, а саме підвищення точності аерозйомки з малих висот із використанням БПЛА. Об'єктом дослідження є БПЛА (дрони) та продукція (знімки), що отримують із застосуванням БПЛА.

Предметом дослідження є основні характеристики та функції БПЛА (дронів).

* E-mail: sonyasonet87@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-7284-6502>
 Тел.: +380 95 901 57 37; +380 44 239 74 12.

2. Безпілотні літальні апарати (дрони)

Одним із перспективних методів отримання геодезичної основи моніторингу є метод дистанційного картографування з використанням БПЛА (дронів). Загальний вигляд дронів, які застосовуються у сільському господарстві та для моніторингу стану лісів наведено на Рис. 1.



Рис. 1. Загальний вигляд БПЛА, які застосовуються для моніторингу лісів та сільськогосподарських земель

Безпілотні технології існують давно. Спочатку вони були складними і дорогими комплексами, що мали тільки військово застосування. Але протягом останнього десятиліття в цій області стався справжній прорив. Мініатюризація обчислювальних систем і розвиток супутникової навігації дозволили створювати БПЛА, у яких габарити, маса та вартість на порядок менше ніж у більш старих моделей БПЛА (Floreano et al., 2015; McCoy, 2005; Bongasser, 2008).

Безпілотний літальний апарат-літальний апарат, який літає без фізичної присутності пілота на його борту і знаходиться під постійним дистанційним контролем. Залежно від принципів управління, розрізняють такі різновиди безпілотних літальних систем: безпілотні автоматичні, безпілотні некерувані та безпілотні дистанційно-пілотовані літальні апарати. За доступністю безпілотні технології наближаються до рівня побутових технологій. За останній час прогрес у розвитку цивільних безпілотних систем набув досить швидкого темпу, на основі чого, сформувалася нова індустрія послуг.

Слід зазначити, що даний вид повітряного моніторингу широко застосовується для аналізу земельних і лісових ресурсів та надає фахівцям унікальну можливість відстежувати зміни земельного фонду. Традиційний спосіб аерофотозйомки території має на увазі використання великогабаритних пілотованих літаків, який спочатку передбачає значні витрати і накладає ряд обмежень зважаючи на його габарити і використання за наявності тільки сприятливих умов.

Використання малогабаритних безпілотних літальних апаратів має багато переваг у порівнянні із традиційними методами зйомки з використанням пілотованого літака, а саме: відсутність необхідності в спеціальних злітно-посадкових майданчиках, можливість літати при мінімальній висоті в 150–200 м, що, в свою чергу, дозволяє перебувати під хмарами практично в будь-який час. Крім цього, висока роздільна здатність на місцевості дозволяє побачити найдрібніші деталі рельєфу і об'єкти навіть зважачи на її точності. Найголовніший плюс використання БПЛА — це можливість детальної зйомки невеликих об'єктів, так як даний вид аерофотозйомки дозволяє проводити роботи з аерофотозйомки невеликих об'єктів і малих майданчиків там, де зробити це іншим видам аерофотозйомки нерентабельно, а в ряді випадків технічно неможливо.

Управління природокористуванням, засноване на дешифруванні аерофотоматеріалів (дослідження території з аерофотографічних зображень), дозволить полегшити і прискорити виробничий процес без втрати якості виробництва.

Дрон — це безпілотний апарат (не обов'язково літаль-

ний). Основні складові дрона: пропелер, двигун, регулятори обертів, рама та польотний контролер. Основою будь-якого дрона є рама, до якої прикріплюються всі складові елементи. Зазвичай рама виготовляється із полімерів або міцних, але легких сплавів, карбону, скловолокна та інші матеріалів, які зможуть забезпечити максимальну жорсткість конструкції. Рама може бути цільною або скла-

датися із великої кількості деталей, що, в свою чергу, дозволяє досягти легкості в управлінні дроном. Слід зазначити, що рама має отвори, через які прокладається електропроводка, що з'єднує польотний контролер з усіма іншими частинами дрона.

Польотний контролер відповідає за обробку різних сигналів, що надходять із дистанційного пульта оператора і встановлених на ньому датчиків. Також польотний контролер з'єднаний з кожним з чотирьох двигунів, що дозволяє подавати на них запрограмовані команди. За останній час польотні контролери випускаються вже з вбудованою віброізоляцією, що відповідає за стабільність польоту дрона. Зазвичай польотний контролер підключається до таких датчиків, як: GPS, гіроскопи, барометр, акселерометр і т. д., які, в свою чергу, передають йому свої дані, а зворотній зв'язок з оператором здійснюється через встановлені на корпусі спеціальні передавачі. В залежності від отриманої інформації оператор регулює параметри польоту дрона. Польотний контролер складається з наступних складових: гіроскопу, що відповідає за визначення положення дрона в просторі, головного процесору, що обробляє команди, барометру, що визначає висоту положення апарату, акселерометру, що визначає прискорення дрона в трьох площинах, стрілки-напрямку, яка вказує напрямку, в якому повинен летіти дрон, GPS-навігатор для визначення місця розташування дрона, Wi-Fi та ОЗП (оперативний запам'ятовуючий пристрій). Кожен із двигунів приєднується до одного пропелера і приводить його в рух зі швидкістю, що генерується регуляторами обертів. Також ще одним важливим елементом дрона, як в принципі і будь-якого автономного пристрою, є акумуляторна батарея, від ємності якої залежить максимальна висота, на яку дрон піднімається, дальність та час всього польоту. При цьому всі акумулятори дронів є відносно важкими, тому конструкція для їх кріплення повинна бути досить міцною.

Унаслідок малої ємності і малих розмірів акумулятора, мініатюрні дрони поки можуть триматися в повітрі не більше 3–5 хвилин. Аматорські моделі здатні перебувати в повітрі близько 12–15 хвилин. Тривалість польоту професійних дронів в автономному режимі становить півгодини. Час польоту дронів, який залежить від розмірів і ємності акумуляторів, є зараз однією із найбільших проблем, яка є актуальною на даний момент. Рух дрона контролюється за допомогою дистанційного пульта управління, сигнали з якого надходять на бортовий комп'ютер літального апарату. Слід зазначити, що дрон може: злітати вгору, спускатися вниз,

переміщатися по горизонталі, рухатися вперед і назад, рухатися вліво і вправо та нахилитися. Деякі дрони можуть кружляти на місці і навіть виконувати так звані фліпи-перевороти на місці навколо своєї осі. Швидкісні характеристики дрона можуть коливатися в залежності від моделі пристрою. На даний момент ці показники дорівнюють від нуля (зависання на місці) до 100–150 км/год. Також усі дрони оснащені програмним забезпеченням безпечного польоту. Якщо акумулятор почне сідати, то дрон сповістить про це оператора, і, коли зарядка наблизиться до нуля, система контролю направить дрон в те місце, звідки був здійснений запуск (за орієнтацію в просторі тут відповідає вбудований GPS навігатор) (Horowitz et al., 2020).

3. Основні завдання, що вирішуються за допомогою БПЛА (дронів)

Зазначимо основні сфери та задачі, які застосовують інформацію, отриману із використанням БПЛА:

- 1) моніторинг повітряного простору, земної й водної поверхонь;
- 2) розвідка;
- 3) екологічний контроль (контроль стану лісів, запобігання екологічним катастрофам, тощо);
- 4) контроль морського судноплавства та керування повітряним рухом;
- 5) контроль переміщення людей, техніки;
- 6) ідентифікація тварин;
- 7) створення географічних інформаційних систем (ГІС);
- 8) збір інформації про об'єкти нерухомості з метою визначення відповідності їх характеристик технологічним, екологічним та іншим нормам, також стан зовнішнього (природного) середовища;
- 9) картографування елементів земної поверхні, підготовка основи для територіального проектування та землеустрою;
- 10) контроль снігового і льодового покриву, кромки льодоставу, прогноз стоків річок і моніторинг місць розливів річок;
- 11) виконання моніторингу щодо запобігання несанкціонованого втручання з боку інших осіб (охорона земель);
- 12) вирішення задач сільського господарства, а саме: моніторинг стану сільськогосподарських угідь, у тому числі цільового використання земель, оперативна оцінка стану та ступеня деградації земель, прогноз врожайності.

Останній пункт розглянемо більш детально. Так, у багатьох країнах для контролю сільгоспугідь застосовуються безпілотні літальні апарати (БПЛА), вартість яких з економічної точки зору у багато разів дешевше будь-якого пілотованого летального апарату. БПЛА (дрони) застосовуються для вирішення сільськогосподарських задач, зокрема, для моніторингу станів посівів. Слід зазначити, що БПЛА досить мобільні, а тому дають більшу деталізацію даних та більш точну інформацію про об'єкти, які досліджуються. Висота польоту дрона в середньому становить від 100 до 300 метрів над поверхнею Землі, що дає можливість отримувати знімки з досить високою роздільною здатністю та на основі них складати детальний ортофотоплан (Korapan et al., 2020). БПЛА (дрони) можуть збирати величезну кількість інформації за короткі терміни. Також дрони здатні здійснювати обліт території за складним маршрутом.

Дрони використовують спеціальні спектральні камери, завдяки яким можна отримувати знімки в ближньому інфрачервоному спектрі. На основі отриманих знімків проводиться розрахунок нормалізованого диференційного вегетаційного індексу (NDVI) — кількісного показника кількості фотосинтетичної активної біомаси. Даний індекс зазвичай

використовується для вирішення завдань, які застосовують кількісні оцінки рослинного покриву.

Слід зауважити, що сервіс DroneDeploy дозволяє самостійно проводити обробку знімків з розрахунком NDVI індексу. При цьому не потрібно завантажувати і встановлювати спеціалізоване програмне забезпечення і проводити складні обчислення, всі операції відбуваються у браузері користувача. БПЛА також застосовуються для складання точної карти рельєфу, де відзначаються всі височини, яри та інші природні об'єкти.

Дрони застосовуються для проведення моніторингу сільськогосподарських земель, починаючи з передпосівної підготовки ґрунту, і закінчуючи збором врожаю. За допомогою БПЛА (дронів) перед посівом проводиться аналіз стану ґрунту та перевіряється якість проведення передпосівного обробітку ґрунту. Після посіву БПЛА застосовуються для контролю схожості врожаю. На цьому етапі аналізується рівень втрат рослин, визначається потреба в підсіві або пересіві сільськогосподарських культур. При цьому саме використання БПЛА (дронів) дозволяє найбільш швидко та оперативно виявляти проблеми. На основі інформації, яку дають БПЛА складаються карти густоти посівів та зон неоднорідності сходів, за допомогою яких можна проводити порівняльну характеристику стану всіх полів, вести підрахунок загальних втрат при проведенні посівних робіт, проводити аналіз потреби в підживленні та оптимізувати внесення добрив. Використовуючи БПЛА, можна визначати ті ділянки з сільськогосподарськими культурами, де потрібно вносити високі дози добрив у підживлення, а також створювати електронні карти, які використовуються для диференціального внесення добрив. Також можливості БПЛА (дронів) застосовуються для боротьби зі шкідниками полів, хворобами та бур'янами, при цьому на частку бур'янів припадає приблизно 30% втрат врожаю. Досить часто сумарні втрати врожаю та додаткові витрати на очищення полів від бур'янів подвоюють загальні втрати у виробництві численних сільськогосподарських культур, зокрема, зерна. Завдяки низькій висоті польоту і потужним камерам дрони здатні збирати інформацію для створення карт, за допомогою яких можна відрізнити бур'яни від посівів, завдяки чому можна отримувати більш точну інформацію та вчасно вносити оптимальну дозу гербіциду гербіциду.

Для уточнення терміну збору врожаю та остаточного прогнозу врожайності в кінці вегетаційного періоду проводиться повторне проведення моніторингу сільськогосподарських земель.

З кожним роком оснащення БПЛА (дронів) модернізується, покращується, підвищується якість камер, зростає ємність батарей, що, в свою чергу, дозволяє більш продуктивно застосовувати БПЛА у вирішенні природоресурсних та сільськогосподарських задач.

Таким чином, незважаючи на свій малий розмір, БПЛА може бути більш продуктивним, ніж звичайний пілотований літак. Але крім позитивних сторін є багато факторів, які стримують розвиток ринку даної галузі в багатьох країнах. Такими факторами є:

- 1) відсутність нормативно-правової бази, що забезпечує виконання топографо-геодезичних робіт для інтеграції БПЛА в єдиний повітряний простір;
- 2) залишаються не врегульованими питання сертифікації, реєстрації, технічних вимог та умов експлуатації обладнання;
- 3) не організована підготовка фахівців з управління БПЛА при виробництві аерофотозйомки в картографічних цілях.

Висновки

В даній статті було розглянуто та проаналізовано основні характеристики, принцип дії та сфери застосування БПЛА (дронів). Наголошувалося на тому, що, у порівнянні з аерозйомкою земної поверхні з літаків, БПЛА може літати при мінімальній висоті в 150—200 м, може перебувати під хмарами в будь-який час та потребує набагато менших витрат, що робить їх вартістю з економічної точки зору набагато меншою ніж вартість пілотованих літальних апаратів. Також завдяки високій роздільній здатності на місцевості БПЛА (дрони) дають можливість отримувати зображення з роздільною здатністю до декількох сантиметрів в залежності від висоти польоту.

Також в даній статті було розглянуто структуру, основні складові та принцип дії дрона. Наголошено на тому, що тривалість польоту професійних дронів в автономному режимі становить півгодини. Швидкість дрону залежить від моделі пристрою і змінюється від 0 до 100–150 км/год. Зазначалося, що точність знімків становить від 2 сантиметрів. Також дрони характеризуються високою мобільністю та оперативністю проведення зйомки. Наголошувалося на тому, що дрони застосовуються для проведення моніторингу сільськогосподарських земель, прогнозу врожайності, у контролі снігового і льодового покриву, у війсьній справі, в екологічному контролі, у контролі морського судноплавства та у багатьох інших сферах. Супутниковий моніторинг у поєднанні з БПЛА дозволяє досить швидко та ефективно вирішувати задачі дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) (Alpert et al., 2020; Popov et al., 2017; Koparan et al., 2018).

Слід зазначити, що зйомка з БПЛА (дронів) має певні недоліки. Так, недоліком при використанні дронів є невелика тривалість польотів, що, залежить від розміру та ємності акумуляторів. Також дрони не виконують у повній мірі умови топографічної точності при складанні топографічних карт великого масштабу із-за неточної прив'язки БПЛА на місцевості, що, в свою чергу, ускладнює пошук нафти та газу.

Тому, на даний час актуальною залишається саме задача підвищення точності аерозйомки з малих висот, а саме зйомки з використанням БПЛА (дронів).

Література

- Alpert M. I., Alpert S. I. A new approach to the application of Jaccard coefficient and Cosine similarity in Hyperspectral Image Classification. Proceedings of the XVIII-th International Conference on Geoinformatics — Theoretical and Applied Aspects. 2019, May. 1–5, Kiev.
- Alpert M. I., Alpert S. I. New methods to determine basic probability assignment and data fusion in Hyperspectral Image Classification. Proceedings of the XIX-th International Conference on Geoinformatics Theoretical and Applied Aspects. 2020, May. 1–5, Kiev.
- Bongasser, M. Hyperspectral Remote Sensing: Principles and Applications. Boca Raton, FL: CRC Press, 2008. 119 p.
- Floreano Dario, Wood Robert, J. Science, technology and the future of small autonomous drones. *Nature*. 2015. № 521 (7553). P. 460–466. doi:10.1038/nature14542.
- Horowitz Michael, C. Do Emerging Military Technologies Matter for International Politics? *Annual Review of Political Science*. 2020. № 23. P. 385–400. doi:10.1146/annurev-polisci-050718-032725
- Koparan Cengiz, Koc Ali Bulent, Privette, Charles, V., Sawyer Calvin, B. Adaptive Water Sampling Device for Aerial Robots. *Drones*. 2020. № 4 (1). doi:10.3390/drones4010005
- Koparan Cengiz, Koc Ali Bulent, Privette Charles, V., Sawyer Calvin B., Sharp Julia, L. Evaluation of a UAV-Assisted Autonomous Water Sampling. *Water*. 2018. № 10 (5). P. 655. doi:10.3390/w10050655
- McCoy R. M. *Fields Methods in Remote Sensing*. New York: Guilford Press. 2005. P. 150–160.
- McKnight Veronica. Drone technology and the Fourth Amendment: aerial surveillance precedent and Kyllo do not account for current technology and privacy concerns. *California Western Law Review*. 2015. № 51. 263 p.
- Popov M., Alpert S., Podorvan V., Topolnytskyi M., Mieshkov S. Method of Hyperspectral Satellite Image Classification under Contaminated Training Samples Based on Dempster-Shafer's Paradigm. *Central European Researchers Journal*. 2015. Vol. 1. № 1. P. 86–97.
- Popov M. A., Alpert S. I., Podorvan V. N. Satellite image classification method using the Dempster-Shafer approach. *Izvestiya, atmospheric and oceanic. Physics*. 2017. № 53(9). P. 1112–1122. doi: 10.1134/s0001433817090250

References

- Alpert, M.I., Alpert, S.I. (2019, May). A new approach to the application of Jaccard coefficient and Cosine similarity in Hyperspectral Image Classification. Proceedings of the XVIII-th International Conference on Geoinformatics—Theoretical and Applied Aspects, 1–5, Kiev.
- Alpert, M.I., Alpert, S.I. (2020, May). New methods to determine basic probability assignment and data fusion in Hyperspectral Image Classification. Proceedings of the XIX-the International Conference on Geoinformatics. Theoretical and Applied Aspects, 1–5, Kiev.
- Bongasser, M. (2008). *Hyperspectral Remote Sensing: Principles and Applications*. Boca Raton, FL: CRC Press, 119.
- Floreano, Dario, Wood, Robert, J. (2015). Science, technology an the future of small autonomous drones. *Nature*, 521 (7553). 460–466. doi:10.1038/nature14542.
- Horowitz, Michael, C. (2020). Do Emerging Military Technologie Matter for International Politics? *Annual Review of Political Science*, 23. 385–400. doi:10.1146/annurev-polisci-050718-032725
- Koparan, Cengiz, Koc, Ali Bulent, Privette, Charles, V., Sawyer, Calvin, B. (.2020). Adaptive Water Sampling Device for Aerial Robots. *Drones*, 4 (1). 5. doi:10.3390/drones4010005
- Koparan, Cengiz, Koc, Ali Bulent, Privette, Charles, V., Sawyer, Calvin, B., Sharp, Julia, L. (2018). Evaluation of a UAV-Assisted Autonomous Water Sampling. *Water*, 10 (5). 655. doi:10.3390/w10050655
- McCoy, R. M. (2005). *Fields Methods in Remote Sensing*. New York: Guilford Press. 150-160.
- McKnight, Veronica. (2015). Drone technology and the Fourth Amendment: aerial surveillance precedent and Kyllo do not account for current technology and privacy concerns. *California Western Law Review*, 51. 263.
- Popov, M., Alpert, S., Podorvan, V., Topolnytskyi, M., Mieshkov, S. (2015). Method of Hyperspectral Satellite Image Classification under Contaminated Training Samples Based on Dempster-Shafer's Paradigm. *Central European Researchers Journal*, 1 (1), 86–97.
- Popov, M. A., Alpert, S. I., Podorvan, V. N. (2017). Satellite image classification method using the Dempster-Shafer approach. *Izvestiya, atmospheric and oceanic. Physics*, 53 (9). 1112–1122. doi: 10.1134/s0001433817090250.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПОДСПУТНИКОВОГО МОНИТОРИНГА В АЭРОКОСМИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ

С. И. Альперт

Научный центр аэрокосмических исследований Земли ИГН НАН Украины,
ул. Олеся Гончара, 55-Б, Киев 01054, Украина

В настоящее время с быстрым развитием информационных технологий дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) с использованием беспилотных летательных аппаратов (дронов) дает новые возможности для проведения более детальных исследований. БПЛА (беспилотные летательные аппараты) позволяют получать данные по достаточно низкой стоимости. Также они предоставляют данные быстрее, чем пилотные летательные аппараты. Применение БПЛА, летающих на низкой высоте, дает возможность получать изображения с очень высоким разрешением и достаточной точностью. В данной статье были рассмотрены структура и основные детали дронов. Также было отмечено, что технологии ДЗЗ на основе БПЛА применяются в различных сферах.

Дроны могут решать многие сельскохозяйственные задачи, такие как: мониторинг посевов, заражение вредителями, содержание азота и изменения в развитии элементов продуктивности. Эти беспилотники позволяют увидеть поля с высоты. Сельскохозяйственные дроны используются для увеличения продукции урожая и контроля за ростом сельскохозяйственных культур. Дроны и спутники дают подробную картину полей. Они обеспечивают периодический мониторинг состояния посевов. Летая над посевами, дроны показывают различия между здоровыми и нездоровыми растениями. Полученные на основе дронов изображения, ортофото и видео помогают при решении многочисленных сельскохозяйственных задач. В настоящее время усовершенствование сельскохозяйственных беспилотных летательных аппаратов происходит достаточно мощно. С постоянным усовершенствованием технологий снимки сельскохозяйственных земель должны быть высшего качества.

Полученные на основе использования дронов цифровые изображения могут использоваться в лесном хозяйстве (в таксации, оценке здоровья растений, экологическом мониторинге, в анализе природных катастроф и оценке возможных потерь).

Дроны используются для добычи полезных ископаемых (в картографировании месторождений полезных ископаемых, в поиске нефти, газа, в поиске полезных ископаемых с целью добычи, в топографической съемке месторождений, в оценке объемов добычи руды).

Сейчас существуют все предпосылки для совершенствования технических характеристик дронов и разработки их новейших модификаций.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, дистанционное зондирование Земли, экологический мониторинг, сельскохозяйственные задачи

APPLYING OF UNMANNED AERIAL VEHICLES FOR SOLVING SUBSATELLITE MONITORING PROBLEMS IN THE AEROSPACE COMPLEX

S. I. Alpert

Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth of the Institute of Geological Science of the National Academy of Sciences of Ukraine, O. 55-b Gonchar str., Kyiv 01054, Ukraine.

Nowadays with the rapid development of information technologies, UAV-based Remote Sensing (drone remote sensing) gives a new opportunities for conducting scientific research in a much more detail way. UAVs (unmanned aerial vehicles) give the opportunity to acquire data at sufficiently low cost. They also provide remote data more rapidly than piloted aerial vehicles. Application of low altitude UAVs give a possibility to achieve images with a very high resolution and sufficient precision. In this article structure and main details of drones were considered. It also was noted, that technologies of UAV-based Remote Sensing are used in different areas.

Drones can reveal many agricultural tasks, such as crop monitoring, pest infestation, nitrogen content, and changes in the development of productivity elements. These drones allow to see fields from a height. Agricultural drones are used to increase crop production and monitor crop growth. Drones and satellites provide a detailed picture of the fields. They provide periodic monitoring of the state of crops. Flying over crops, drones show the differences between healthy and unhealthy plants. Drone-based images, orthophotos and videos help to solve numerous agricultural tasks. Nowadays there is a large capacity for growth in the area of agricultural unmanned aerial vehicles. With technology constantly improving, imaging of the crops will need to improve as well.

Digital images obtained by drones can be used in forestry (taxation, plant health assessment, environmental monitoring, analysis of natural disasters and assessment of property damage).

Drones are used for mining (mapping deposit sites, exploring for oil and gas, identification of minerals for potential extraction, surveying mines, estimation of ore production volumes).

Nowadays there are all prerequisites for improving the technical characteristics of drones and developing their latest modifications.

Keywords: unmanned aerial vehicle, remote sensing, ecological monitoring, agricultural tasks.

Рукопис статті отримано 27.08.2020.