

физической защиты объектов // БДИ.– 2007.– № 3(72).– с. 23 – 27.

13. *Препарата Ф., Шеймос М.* Вычислительная геометрия: Введение = Computational Geometry An introduction. –М.: Мир, 1989. – 478 с.

14. *Торффоли Т., Марголуз Н.* Машины клеточных автоматов: Пер. с англ. - М.: Мир, 1991 - 280 с.

Поступила 7.10.2013р.

УДК 623.746. – 519

М.В. Коробчинський, м.Київ

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ БПЛА У ВИРІШЕННІ ЗАДАЧ ЦИВІЛЬНОЇ СФЕРИ В ІНТЕРЕСАХ НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ

The analysis of opportunities and existing types of UAVs each focused on a separate class of flying machines. As part of the analysis of the features of the application of UAVs and their ability to implement the tasks of civil sector in the interests of the national economy of Ukraine.

Проводиться аналіз можливостей та існуючих типів БПЛА, кожен з яких орієнтований на окремий клас літаючих апаратів. У рамках аналізу розглядаються особливості застосування БПЛА та їх можливості щодо виконання задач цивільної сфери в інтересах національної економіки України.

Безпілотні літальні апарати почали використовуватися досить давно і, в першу чергу, у військових цілях. Ця обставина була однією з причин того, що БПЛА тривалий час не знаходили широкого застосування у вирішенні завдань у цивільній сфері. Другою причиною, яка суттєво загальмувала розвиток індустрії БПЛА, є вартість обладнання, що встановлюється на них для вирішення базових завдань. До яких відносяться:

- завдання навігаційного управління;
- завдання трансляції візуальних образів зони обльоту до оператора або в центр управління.

Завдання навігаційного управління польотом БПЛА вирішується в більшості випадків в ручному режимі оператором, за умови, що БПЛА знаходяться в полі зору оператора. Цей режим управління не може вважатися експлуатаційним оскільки вимагає постійної участі досвідченого оператора, що досить сильно підвищує вартість експлуатації БПЛА. Автоматичний режим управління по заданому курсу видається для реалізації більш складним завданням і вимагає відповідного обладнання, що здорожує безпосередньо сам БПЛА.

Можливості БПЛА в значній мірі визначаються класом окремих апаратів. У відповідності з відомими даними про БПЛА, можливі різні

підходи до їх класифікації. Один з підходів ґрунтується на обліку розмірів апаратів. У цьому випадку, такий поділ полягає у виділенні наступних класів:

- макро БПЛА;
- міні БПЛА;
- середні БПЛА;
- великі БПЛА.

Очевидно, що під розміром розуміється не стільки їх геометричні параметри, а пов'язані з ними параметри дальності польоту, параметри корисного навантаження і ряд інших параметрів. Виходячи з наведених даних і особливостей завдань, які існують у господарській діяльності, можна прийняти, що для цивільного застосування доцільно використовувати міні і середні БПЛА. На відміну від військового застосування, БПЛА не повинні забезпечувати дальності польоту понад сотні кілометрів, не повинні бути орієнтовані на транспортування великих вантажів, вимоги до точності навігаційного управління можуть відрізнятись від БПЛА військового призначення. Для більш детального аналізу можливостей БПЛА, необхідно зупинитися на аналізі взаємозв'язку технічних параметрів і, відповідно, можливостей міні БПЛА, з потребами різних господарських задач. Основою вирішення можливих господарських задач є обробка і аналіз образів різних типів, отримання яких доступно для таких апаратів, як БПЛА. Доцільність застосування БПЛА в області цивільної сфери в інтересах національної економіки України (далі – в області господарської діяльності) пов'язана з її розподілом в просторі і, в першу чергу, розподілом по великих площах. Така господарська діяльність може являти собою будівництво розподілених по великій території об'єктів, наприклад, будівництво доріг, будівництво розподілених на площинах будов, які ведуться одночасно по всій території. Особливість ведення таких робіт полягає в тому, що такі будівельні роботи ведуться по виділеній території одночасно. У цьому випадку, досить важливими завданнями є:

- визначення реального, поточного стану об'єктів будівництва;
- визначення стану об'єктів на територіях, які піддаються впливу природних факторів, наприклад, повеней, пожеж, землетрусів і т.д.;
- діагностика стану протяжних споруд, наприклад, трубопроводів різного призначення;
- вирішення окремих видів геодезичної розвідки на великих відстанях;
- аналіз стану фауни в окремих регіонах та інші завдання, які визначаються вимогами предметної області і ґрунтуються на аналізі образів.

Особливістю вирішення перерахованих завдань є розпізнавання виділених елементів образів, які відносяться до конкретних задач. У цьому випадку, не ставиться завдання повного розпізнавання образу або його елемента, а ставиться завдання розпізнавання тих чи інших особливостей відповідного елемента. Наприклад, такою особливістю може служити ступінь відповідності виділеного об'єкта його еталонному образу або відповідність

окремих параметрів об'єкта потрібним його значенням. Природно, що таким чином сформована задача є істотно простіша по відношенню до задачі ідентифікації образу в цілому. Такі задачі розпізнавання, в цілому, можуть бути зведені до задач оцінки за тими чи іншими критеріями оцінки об'єкта, що є істотним спрощенням класичної задачі розпізнавання [1,2]. Це обумовлено тим, що процес вирішення відповідних завдань може бути продовжений в рамках процесів перевірки або ідентифікації розподілених об'єктів за участю людини без використання таких засобів, як БПЛА. В цьому випадку процеси ідентифікації будуть вибірковими, а вибірки будуть ґрунтуватися на даних, які отримані за допомогою БПЛА. Таким чином, рішення господарських завдань, які вирішуються за допомогою БПЛА, на відміну від військових завдань, можуть бути продовжено більш точними методами, у реалізації яких можуть брати участь відповідні фахівці.

Важливим завданням, для вирішення якого доцільно використовувати БПЛА, є візуальне обстеження територій, які зазнали впливу різних природних процесів. Оскільки такі процеси призводять до руйнувань інфраструктури, то обстеження цих територій іншими засобами з використанням літаючих апаратів, наприклад, вертольотів, літаків, планерів та інших засобів видається більш небезпечним у зв'язку з тим, що для управління ними необхідний підготовлений пілот, що можливо лише у разі існування відповідної інфраструктури, наприклад, авіаційних клубів або спеціальних авіаційних підрозділів. Актуальність цього завдання обумовлюється тим, що обстеження тимчасово недоступних регіонів пов'язано з необхідністю порятунку людей, які можуть опинитися в зонах природних катаклізмів і в цьому випадку, можливості вирішення відповідних завдань виходять за рамки окремих приватних підприємств або організацій, і такі завдання повинні вирішуватися в рамках відповідних державних організацій.

По відношенню до природних катаклізмів, які періодично відбуваються в тих чи інших регіонах, актуальною є задача прогнозування їх розвитку. Це завдання найбільш достовірно може вирішуватися на основі даних візуального моніторингу значних і важкодоступних для людей територій, на яких такі природні процеси відбуваються. Як правило, швидкість розвитку більшості з таких процесів є досить малою і тому результати такого прогнозу можуть виявитися досить ефективними як в частині забезпечення безпеки мешканців відповідних територій, так і по відношенню до реалізації своєчасних методів протидії відповідним природним факторам. У зв'язку з цим, необхідно вирішувати завдання, які дозволили б автоматизувати процеси моделювання розвитку тих чи інших природних процесів на основі даних отриманих в результаті візуального моніторингу відповідних поверхонь або територій.

Більшість параметрів, які можуть використовуватися для вирішення завдань стосуються або характерних для великих поверхонь, які локально не розпізнаються, оскільки вони на рівні поверхні землі або невеликих висотах від поверхні можуть екрануватися іншими факторами, параметри яких під

поверхнею землі досить інтенсивні. У цьому випадку, відповідні параметри виявляються доступними для адекватної реєстрації тільки починаючи з певних висот. В цьому випадку, для моніторингу відповідних параметрів доцільно використовувати БПЛА. Відомим прикладом такого параметра може служити теплове випромінювання певних областей територій. Така можливість обумовлюється також і тим, що відповідні параметри інтегруються з висотою і формують образ окремих параметрів фрагментів територій. Якщо при цьому, використовувати спеціалізовані датчики, орієнтовані на вибрані типи параметрів, то можна отримати відповідні образи в координатах відповідних параметрів. Широко відомим прикладом таких спеціалізованих датчиків є датчики інфрачервоного випромінювання. Завдяки їх використанню, можна отримати теплові образи об'єктів на поверхнях обстежуваних територій [3,4,7,8].

На відміну від класичних задач розпізнавання, яке орієнтоване на використання окремих параметрів або на реалізацію певних оцінок розпізнаваних об'єктів, будемо називати цільовим розпізнаванням. Оскільки цільове розпізнавання, з точки зору алгоритмів, які його реалізують, є істотно більш простим завданням, то такі алгоритми можна реалізовувати безпосередньо на борту БПЛА, наприклад, в рамках спеціалізованих апаратних засобів. У цьому випадку, коло завдань, які можна вирішувати в режимі реального часу з використанням БПЛА істотно розширюється.

На основі використання образів можна вирішувати досить широке коло задач господарського значення. До важливого класу таких задач відносяться задачі діагностики. Їх можна розділити на наступні класи:

- діагностика окремих елементів розподілених об'єктів в цілому;
- діагностика, яка орієнтована на певні параметри або групу параметрів;
- діагностика аварійних ситуацій;
- загальна оцінка стану розподіленого об'єкта, що діагностується;
- виявлення критичних або небезпечних ситуацій на об'єкті моніторингу.

Завдяки використанню БПЛА, для вирішення задач діагностики, існує можливість спеціалізувати процес орієнтований на ту чи іншу задачу. Шляхом такої реалізації полягає в тому, що перед запуском БПЛА комплектується бортовим обчислювачем чи спеціалізованими блоками під визначену задачу. Це особливо важливо при вирішенні критичних завдань, до яких належать завдання виявлення аварійних ситуацій або завдання діагностування за обраними параметрами.

Слід зазначити, що така задача військового характеру, як радіаційна, хімічна та бактеріологічна розвідка повністю збігається з господарською задачею щодо визначення хімічно (радіаційно) активного зараження тих чи інших регіонів. У розряд господарських, ці задачі перейшли через те, що забруднення хімічне або радіаційне цілком може здійснюватися суб'єктами господарської діяльності.

Задачі діагностики елементів розподілених об'єктів відрізняються від завдань візуального моніторингу тим, що перші спрямовані на виявлення несправностей, розвиток яких може призвести до виникнення аварійних ситуацій [5,6,7]. Це зумовлює специфіку, яка полягає в тому, що виявлення тих чи інших значень параметрів має супроводжуватися додатковим аналізом динамічних характеристик відповідних параметрів. Тому, викликає необхідність циклічних вимірів відповідних параметрів, що стає можливим завдяки використанню БПЛА, оскільки останній може над певним об'єктом здійснювати повторні обльоти або польоти по колу, що ініціюється системою аналізу діагностичних параметрів. У разі виявлення ситуації на об'єктах, яка може інтерпретуватися як аварійна, результат такої інтерпретації, отриманий бортовими обчислювачами, може передаватися наземним станціям або безпосередньо службам реагування на аварійні ситуації.

Актуальність попередження не тільки розвитку, але й зародження аварійних ситуацій не викликає сумніву. Вирішення цих завдань, як правило, ґрунтується на рішенні завдань моніторингу відповідних розподілених об'єктів. Для вирішення завдань їх моніторингу, найбільш доцільним є використання БПЛА, оскільки їх використання не вимагає створення та експлуатації стаціонарних телекомунікаційних систем, які, не дивлячись на свою розвиненість, обумовлюють істотне збільшення вартості рішення задачі моніторингу розподілених систем.

Завдання загальної оцінки стану розподіленої системи представляються актуальними, оскільки такі оцінки можуть бути різноплановими і вони можуть залежати від різних випадкових факторів. Ця обставина призводить до того, що необхідність проведення таких оцінок може виникнути в ситуаціях, які складно передбачити. Особливість оцінок загального стану розподіленого об'єкта полягає в тому, що в багатьох випадках вони повинні оновлюватися. Наприклад, при виникненні необхідності приймати деякі рішення з приводу розподіленого об'єкта, необхідно мати досить адекватну на поточний момент оцінку його стану. У цьому випадку, така оцінка повинна здійснюватися оперативно. Оперативність може бути забезпечена при мінімальних витратах на її проведення, що можливо тільки при її здійсненні на основі використання БПЛА. Для осіб, які беруть те чи інше рішення з приводу розподіленого об'єкта, наприклад, рішення щодо його продажу або, якщо виникає необхідність показати такий об'єкт третій особі, то використання для вирішення цього завдання систем моніторингу на основі БПЛА є оптимальним. При цьому, виникають наступні можливості автоматизації процесу здійснення відповідних дій, які можуть реалізовуватися на основі дистанційного керування:

- запуск відповідних БПЛА використовуючи дистанційне керування;
- зміна траєкторії польоту, при реалізації обльоту розподіленого об'єкта;
- зміна в заданих межах завдання, яке вирішується в процесі моніторингу;

- повтор або доповнення рішення задачі моніторингу шляхом запуску додаткових БПЛА;
- зміна місця посадки БПЛА в залежності від виникаючих потреб, зміна способу посадки, якщо це обумовлюється умовами зміненого місця посадки і т.д.

Автоматизація запуску може забезпечуватися за рахунок використання пускових установок. Зміна траєкторії здійснюється за рахунок управління системою навігації. При цьому, таке управління можна реалізовувати на різних рівнях автоматизації цього процесу. Рівні автоматизації такого процесу визначаються рівнем інтелектуалізації інтерфейсу зв'язку користувача, який визначається характером опису команд переданих на БПЛА для зміни курсу польоту і способу маневрування БПЛА в зоні обльоту розподіленого об'єкта.

Зміна завдань, що вирішуються в процесі польоту БПЛА, здійснюється в тому випадку, якщо борт БПЛА укомплектований блоками різних алгоритмів реалізації завдань аналізу зображень. У більшості випадків такі можливості є обмеженими. Запуск додаткових БПЛА може здійснюватись в тому випадку, якщо у користувача існує кілька пускових установок і, відповідно, БПЛА.

Зміна місця посадки може бути доцільною у тому випадку, якщо система управління моніторингом передбачає запис частини інформації отриманої в результаті моніторингу в пам'ять, яка розташована на борту БПЛА.

Важливою компонентою, яка забезпечує достовірність вирішення завдань моніторингу, є можливість реєстрації положення БПЛА в процесі виконання завдання моніторингу. Відповідні реєстратори є аналогом тих, що використовуються в авіації на літаках, керованих пілотами. Відмінність полягає в тому, що на реєстратор БПЛА пишуться тільки ключові сигнали і дані, які дозволяють ідентифікувати траєкторію польоту. Такі пристрої є додатковими для БПЛА і встановлюються на них у випадках, коли завдання верифікації даних є однією з ключових завдань.

Оскільки оцінки розподілених об'єктів є завданнями інтегральними, то може мати місце ситуація, коли необхідно її уточнювати шляхом додаткового виміру певних параметрів розподіленого об'єкта (RO) або шляхом повторного аналізу візуального образу фрагмента RO . У цьому випадку, завдяки використанню БПЛА існує можливість повторного обльоту певних фрагментів RO . Більше того, якщо інтегральна оцінка експерту надається помилковою, то можна повторити цикл обльоту RO використовуваним БПЛА. Таким чином, можна досягти необхідного рівня адекватності інтегральних оцінок, що в більшості випадків є ключовим при вирішенні подібних завдань.

Крім завдань, які пов'язані з RO , у господарській діяльності існує цілий ряд інших завдань. Вони пов'язані з дослідженням поверхні території в рамках яких можуть виникати ті чи інші інтереси у господарюючих суб'єктів.

Завдання такого типу виникають досить часто, особливо в області геофізичних досліджень, картографічних досліджень тощо. Наприклад, для картографії характерним є завдання оновлення вмісту карт. У першу чергу, це стосується карт призначених для відображення орієнтирів, відображення нових будівель, змін в рельєфі місцевості, якщо до цього призводить проведена господарська діяльність. У цьому випадку, завдання модифікації карти складається з наступних підзадач:

- виявлення факту виникнення змін;
- визначення параметрів змін;
- внесення виявлених і певних змін на карту.

Оптимальна методика вирішення першого завдання ґрунтується на використанні БПЛА, котрий передає отримані зображення місцевості оператору з усіма змінами, які на цій місцевості сталися. Друге завдання може вирішуватися розробником карт не залежно від даних отриманих з БПЛА, а відомості про зміни, що відбулися на деякій місцевості, можна отримати від влади даної місцевості, тим більше, що у місцевої влади інформація про такі зміни повинна бути оформленою на основі документації. Картограф може, на основі використання цифрових образів про місцевість, які отримані з БПЛА, з різних фрагментів, в районі яких розміщені зміни, використовуючи більш складні алгоритми розпізнавання, з необхідною точністю ідентифікувати відповідні зміни і таким чином отримувати достатньо адекватну інформацію про відповідні зміни. Цю інформацію можна використовувати для внесення змін до модифікованої карти. Очевидно, що будь-яка модифікація карт, перед їх змінами узгоджується з керівництвом відповідних регіонів та організацій, які несуть відповідальність за видання карт.

Слід зазначити, що БПЛА можна успішно використовувати для контролю та дослідження фауни на окремих територіях, які представляють господарське значення. Детальні знімки лісів, скупчень тварин, які знаходяться під охороною державних і приватних структур, можуть служити важливим джерелом даних про фауну відповідної місцевості, що дозволяє успішно вирішувати не тільки завдання розвитку фауни, але і завдання управління її життєдіяльності.

Виходячи з наведених вище прикладів, можна стверджувати, що на основі використання БПЛА можна вирішувати цілий ряд важливих господарських задач, які можуть призвести до збільшення конкурентної здатності відповідних підприємств і організацій національної економіки України. Очевидно, що це стосується суб'єктів господарської діяльності, виробничий процес яких безпосередньо пов'язаний з розподіленими в просторі об'єктами або безпосередньо стосується аналізу значних за обсягом просторово розподілених компонент.

1. *Кухарев Г.В.* Биомергические системы: Методы и средства идентификации личности человека. СПб.: Политехника 2001. – 240 с.
2. *Равлидис Т.* Алгоритмы машинной графики и обработки изображений. М.: Радио и связь. 1986. – 400 с.
3. *Биргер И.А.* Техническая диагностика. М.: Машиностроение. 1978. – 240 с.
4. *Algosensors 2007.* 3rd International Workshop on Algorithmic Aspects of Wireless Sensor Networks. Wroclaw Poland. 2007/ – 190 s.
5. *Сизиков И.С.* Математические методы обработки результатов измерений. СПб.: Политехника. 2001. – 240 с.
6. *Воскобойников Ю.Е., Преображенский Н.Г., Седельников А.И.* Математическая обработка эксперимента в молекулярной газодинамике. Новосибирск: Наука, 1984. – 184 с.
7. *Коробчинський М.В.* Застосування інфрачервоних засобів при вирішенні завдань підрозділів спеціального призначення Сухопутних військ // М.В. Коробчинський, М.М. Руденко / Військово-технічний збірник / Академія сухопутних військ. – Вип.2. – Львів: АСВ, 2010.– С. 78-84.
8. *Коробчинський М.В.* Візуальне виявлення і розпізнання об'єктів (цілей) у темряві та за тепловим випромінюванням // М.В. Коробчинський, М.М. Руденко / Перспективи розвитку озброєння і військової техніки Сухопутних військ: збірка тез доповідей Другої Всеукраїнськ. наук.-тех. конф., 28-29 квіт.2009 р. / МО України, Львівськ. Орден Червоної зірки Ін-т Сух. Військ ім. П.Сагойдачного НУ “Львівська політехніка”, 2009. – С. 85.
9. *Машков О.А.* Исследование свойств функционально-устойчивого комплекса управления групповым полетом БПЛА экологического мониторинга // О.А. Машков, М.В. Коробчинский, А.Н. Щукин, О.Р. Ярема / Збірник наукових праць “Моделювання та інформаційні технології” – К.: НАН України Ін-т проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова, 2012. – Вип. 65. – С.202-214.
10. *Машков О.А.* Теоретические основы создания функционально-устойчивого комплекса управления групповым полетом беспилотных летательных аппаратов экологического мониторинга // О.А. Машков, М.В. Коробчинский, А.Н. Щукин, О.Р. Ярема / Збірник наукових праць “Моделювання та інформаційні технології” – К.: НАН України Ін-т проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова, 2012. – Вип. 66. – С.215-214.
11. *Korobchinskiy M.V.* Problem analysis of building systems group flight UAV // M.V. Korobchinskiy / 4th International conference: “Space technologies: present and future”, presentations theses, Dnepropetrovsk, 2013. – С. 153.
12. *Коробчинський М.В.* Моделювання складних динамічних систем на основі використання логічних засобів // М.В. Коробчинський / Міжнар. наук. конф. “Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту (ISDMCI'2013)”, 20-24 трав. 2013 р.: Матеріали міжнар. наук. конфер. – Херсон: ХНТУ, 2013.– С. 170-172.

Поступила 9.10.2013р.