

УДК 621.396

Д.В. Гриньов

Харківський університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Харків

АВТОМАТИЧНЕ РОЗПІЗНАВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ ОБ'ЄКТІВ ЗАСОБАМИ БПЛА

У статті запропоновано підхід до розпізнавання об'єктів у режимі реального часу, який ґрунтується на побудові узагальнених концептуальних структур контурів зображень і дозволяє здійснити автоматичний пошук об'єктів засобами БПЛА.

безпілотні літальні апарати (БПЛА), автоматичне розпізнавання зображень об'єктів

Вступ

Постановка проблеми і аналіз літератури.

Розвиток сучасної системи національної безпеки в Україні безпосередньо зв'язаний з використанням систем видової розвідки. Досвід воєнних конфліктів кінця ХХ – початку ХХІ століть показав, що наявність повних і достовірних даних про супротивника, своєчасно отриманих засобами видової розвідки, дозволить ефективно використовувати сучасні засоби озброєння з високими тактико-технічними характеристиками [1].

Одним з найбільш перспективних засобів видової розвідки в багатьох країнах світу є безпілотний літальний апарат (БПЛА) [1 – 3]. Процес пошуку об'єктів з використанням БПЛА ґрунтується на безперервному обміні інформацією між наземними (рухомими) пунктами управління (ПУ) і засобами спостереження. Обмін інформацією складається з передачі від БПЛА даних про об'єкт у реальному масштабі часу для прийняття рішення на пункті управління, з подальшою передачею команд управління від ПУ до БПЛА. Проте, залежно від поставлених завдань, наприклад ураження цілі, обробка інформації наземними програмно-технічними засобами збільшує інтервал часу між моментом теоретичного виявлення об'єкта (моментом фотографування) і моментом, коли отримана команда від ПУ.

Підвищення оперативності виявлення об'єктів можливо досягти за рахунок застосування програмно-апаратного комплексу автоматичного розпізнавання зображень, встановленого на борту БПЛА.

Метою статті є розробка підходу до автоматичного розпізнавання зображень у режимі реального часу в системі видової розвідки засобами БПЛА.

Основний матеріал

Сучасні БПЛА призначені для тривалого спостереження і використання у складі розвідувальних комплексів. Вони розрізняються за масою, висотою і

тривалістю польоту. БПЛА класу «мікро» або МЛР мають масу до 300 – 500 грамів [4]. БПЛА класу «міні» мають масу до 150 кг і використовуються на висоті до 3 – 5 км з тривалістю польоту в середньому 3-5 годин. Клас БПЛА «міди» представляє важчі багатоцільові апарати масою від 200 до 1000 кг з висотою польоту до 5 – 6 км і тривалістю польоту до 10-20 годин. БПЛА класу «максі» - це апарати масою від 1000 кг до 8 – 10 т з висотою польоту до 20 км і тривалістю польоту більше 24 годин [2, 3]. Останнім часом з'явилися передумови до появи БПЛА класу «супермаксі» з вагою, що перевищує 15 тонн. Основні порівняльні характеристики БПЛА вітчизняного та іноземного виробництва представлені в табл. 1.

Таблиця 1
Основні характеристики сучасних БПЛА

Льотно-технічні характеристики	Країни – виробники		
	США	Росія	Україна
Макс. швидкість, км/г	203 – 639	120-160	105
Радіус дії, км	125 – 4445	50-60	5-20
Тривалість польоту, год	5 – 38	2	2
Практична стеля, км	4,5 – 12,2	2,5-3	2,2

Одним з перспективних висотних американських розвідувальних БПЛА, розроблених за програмою Tier II Plus є RQ-4 Global Hawk, здатний вести тривалу розвідку на великій висоті та баражувати над районом розвідки більше 24 годин [2]. На Global Hawk встановлені три підсистеми розвідувальної апаратури одночасно. Радар з синтезованою апертурою забезпечує отримання радіолокаційного зображення місцевості в будь-яких погодних умовах з розрізненням до 0,3 м з можливістю супроводжування рухомої цілі, якщо її швидкість більше 7 км/ч. Денна електронно-оптична цифрова камера забезпечує отримання зображень з високим розрізненням. Датчик (1024 x 1024 точок) зв'язаний з телеоб'єктивом, який обертається на кут до 80 градусів (з фокусною відстанню 1750 мм) і працює у двох режимах. Пер-

ший режим – сканування та отримання зображення зі смуги шириною 10 км. Другий режим – отримання детального зображення області 2 x 2 км. Для отримання нічних зображень використовується інфрачервоний датчик (640 x 480 точок) [2].

У Росії у 1997 році був прийнятий на озброєння комплекс «СТРОЙ-П» з БПЛА «Пчела-1Т», що допускає телевізійну розвідку в світлий час доби [1, 2]. Комплекс «СТРОЙ-П» з БПЛА «Пчела-1Т» (головний розробник ГУП НДІ «Кулон»), створений у 1990-му, призначений для цілодобового спостереження об'єктів і передачі їх зображення в реальному масштабі часу на наземний пункт управління. Він включає 10 літальних апаратів, наземний пункт дистанційного керування, який разом з пусковою установкою розміщений на десантному бронетранспортері БТР-Д, технологічну машину (на базі автомобіля КАМАЗ) і транспортно-заряджаючу машину (на шасі ГАЗ-66).

В Україні створенням БПЛА займається Харківське КБ «Взлет» [5]. Серед останніх розробок є переносний комплекс повітряного спостереження «Ремез-3» і мобільний комплекс повітряного спостереження «Альбатрос-4» та їх модифікації. «Ремез-3» та «Альбатрос-4» призначається для ведення телевізійного спостереження місцевості в реальному масштабі часу.

Проведений аналіз сучасних та перспективних БПЛА показав, що переваги використання БПЛА в системі видової розвідки полягають у наступному. По-перше, БПЛА в середньому на порядок дешевше пілотованих літаків, які потрібно оснащувати системами життєзабезпечення, захисту, кондиціонування. Відсутність екіпажу на борту істотно знижує витрати на виконання завдання. По-друге, БПЛА мобільні (їх легко зберігати, транспортувати і використовувати, не потрібні аеродроми з покриттям). По-третє, вони багатофункціональні і прості в експлуатації. Більшість БПЛА, у тому числі й українські апарати, використовують інфрачервону і багатоспектральну оптико-електронну апаратуру високого і надвисокого розрізнення, та можуть нести на собі додаткову апаратуру управління, що дозволяє встановлювати на них системи автоматичного розпізнавання зображень об'єктів.

Існуючі методи розпізнавання зображень в основному орієнтовані на усунення впливу афінних перетворень на результат розпізнавання. Більшість методів при вирішенні подібних проблем мають істотні обчислювальні витрати та орієнтованість на обробку вузького класу зображень. До перспектив-

них методів розпізнавання зображень у режимі реального часу належать структурні методи [6]. Проте при розпізнаванні реальних контурних зображень доводиться мати справу зі структурними перетвореннями, до яких відносяться:

– зміна характеристик, як окремих структурних елементів, так і всієї структури в цілому в певних напрямках орієнтації, зміна внутрішніх кутів (кутів сполучення структурних елементів);

– додавання нових структурних елементів в існуючу структуру або видалення існуючих структурних елементів з даної структури.

Запропоновано підхід до структурного розпізнавання контурних зображень у режимі реального часу на основі визначення ознак класу об'єктів розпізнавання інваріантних як до афінних, так і до структурних перетворень.

Розглянемо контур зображення I як структуру z_i^0 на підмножині A_i^0 множини непохідних елементів A^0

$$z_i^0 = \langle A_i^0, r, T \rangle, \quad (1)$$

де A_i^0 – базисна множина структури Z_i ,

$$A_i^0 = \{a_{i1}^0, a_{i2}^0, \dots, a_{in}^0\}, \quad a_{ij}^0 = \langle x_{ij}, y_{ij} \rangle; \quad (2)$$

r – бінарні відношення, в яких знаходяться елементи множини $A_i^0, r = \langle A_i^0, R \rangle, R \leq A_i^0 \times A_i^0$;

T – аксіоми структури, умовам яких задовольняють дані відносини.

Визначимо аксіоми структури T , яким задовольняють контурні зображення на площині. Нехай a_i^0, a_j^0, a_k^0 – довільні елементи A_i . Тоді відношення на елементах контурних зображень підпорядковуватимуться такими аксіомам:

1) рефлексивності:

$$\forall (a_i^0) [a_i^0 r a_i^0]; \quad (3)$$

2) антисиметричності:

$$\forall (a_i^0) \forall (a_j^0 \neq a_i^0) [a_i^0 r a_j^0 \Rightarrow \neg a_j^0 r a_i^0]; \quad (4)$$

3) транзитивності:

$$\forall (a_i^0) \forall (a_j^0) \forall (a_k^0) [a_i^0 r a_j^0 \wedge a_j^0 r a_k^0 \Rightarrow a_i^0 r a_k^0]. \quad (5)$$

Структура замкнутого контуру зображення описується транзитивним замиканням його елементів.

Дана аксіоматика визначає $r = \langle A_i^0, R \rangle$ як відношення нестрогого лінійного (здійсненого) повного порядку.

Якщо розглядати контур зображення I_i на рецепторному полі, то при скануванні даного поля в певному напрямі відбувається «захоплення» контуру,

тобто виявлення його максимального елемента $\rho = \max_{a^0 \in A_i} a^0$ щодо напрямку сканування.

Після «захоплення» контуру відбувається його обхід у певному напрямку розвитку структури. Таким чином, розвитком структури буде процес впорядкування просторових елементів структури на лінійній шкалі порядку ρ^0 у напрямку обходу контуру відносно ρ . Іншими словами, на шкалі P відбувається розгортка структури Z_i^0 . Розгорткою Z_i^0 на ρ^0 є її відображення $f: Z_i^0 \rightarrow \rho^0$. Шкала ρ^0 у загальному випадку не пов'язана з напрямком обходу контуру, але її початкове значення є номером точки «захоплення» контуру ρ . Залежно від напрямку обходу контуру і напрямку сканування рецепторного поля, лінійний порядок структурних елементів і його відображення на ρ^0 можуть бути різні для одного і того ж контурного зображення. Проте, враховуючи транзитивність відносин на структурі елементів контуру (циклічності $\forall (a_i^0) [a_i^0 \bar{a}_i^0]$ відношень для замкнутого контуру), дані відображення $f: Z_i^0 \rightarrow \rho^0$ для різних напрямків обходу при розгляді одних і тих же структур, мають властивості ізоморфізму.

Структури Z контурних зображень є підмножинами або сукупністю підмножин деяких множин, що формуються над базисними множинами за допомогою декартових добутків і (або) булеанів, які задовольняють аксіоми структури. Конструйована множина Z_i називається ступенем шкали, що будується над базисними множинами. У даному випадку ми розглядаємо одну базисну множину A^0 і ступені шкали будуються над множиною A^0 , де $A_i^0 \subset A^0$, $Z_i^0 = \langle a_{i1}^0, a_{i2}^0, \dots, a_{in}^0 \rangle$ з внутрішніми бінарними відношеннями.

Визначення множини Z_i проводиться за m кроків шляхом послідовної побудови множин (ступенів) $Z_i^0, Z_i^1, \dots, Z_i^m = Z_i$ відповідно до певної схеми утворення ступенів $S = \langle s_1, s_2, \dots, s_m \rangle$.

Таким чином будується узагальнена концептуальна структура $Z_i = S((A^0)^n)$, яка інваріантна до афінних і структурних перетворень.

Запропонований підхід дозволяє здійснити побудову математичних структур на шкалі множин, кожен ступінь якої є концептуальним описом початкової (денотативної) структури зображення з певним рівнем узагальнення структурних елементів.

Отримувані ступені шкали множин, залежно від їх структурного рівня, визначають структуру ознак розпізнавання інваріантну до тих або інших видів перетворень зображення.

Застосування запропонованого підходу в процесі автоматичного розпізнавання об'єктів дозволить класифікувати їх зображення в режимі реального часу програмно-апаратними засобами БПЛА.

Висновки

Аналіз сучасних БПЛА показав доцільність автоматичного розпізнавання зображень об'єктів у режимі реального часу в системі видової розвідки засобами БПЛА.

Запропоновано підхід до структурного розпізнавання зображень об'єктів в режимі реального часу, який ґрунтується на побудові узагальнених концептуальних структур даних об'єктів, що дозволяє усунути вплив афінних і структурних перетворень контурів зображень на результат розпізнавання програмно-апаратними засобами БПЛА.

Список літератури

1. Краснов А.А., Путилин А.А. БЛА: От разведки к боевым действиям // Зарубежное военное обозрение. – 2004. – №4. – С.41-47.
2. Уголок неба [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.airwar.ru/bpla.html> (2007).
3. Сурков А.М. Беспилотные летательные аппараты – украинские горизонты // AeroBusiness. – 1999. – № 1. – С. 44-47.
4. Кулик А.С., Нарожный В.В., Лавошник И.В., Пунегов С.Ю., Таран А.Н. Концепция микробеспилотных летательных аппаратов // Сборник трудов семинара и материалы круглого стола «Наука и технологии против терроризма. Предотвращение угрозы и устранение последствий». – Х.: АНПРЭ, ХНУРЭ, 2006. – С. 40-41.
5. Конструкторское бюро «ВЗЛЕТ» [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://vzlet.com.ua> (2007).
6. Гринев Д.В. Классификация и идентификация объектов с использованием структурно-лингвистического метода // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ, 2004. – Вип. 11 (39). – С. 44-48.

Надійшла до редколегії 5.03.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.А. Краснобаєв, Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка, Харків.