

УДК 621. 396

Д.В. Гриньов

*Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків*

## **МЕТОД РОЗПІЗНАВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ ОБ'ЄКТІВ ЗАСОБАМИ ВИДОВОЇ РОЗВІДКИ**

*Запропоновано метод розпізнавання зображень об'єктів засобами видової розвідки, заснованого на використанні введених нових ознак класів розпізнавання для побудови концептуальних структур, які є сукупністю різнорідних структурних критичних точок в контурах зображень, що розпізнаються.*

*розпізнавання зображень об'єктів, концептуальні структури, безпілотні літальні апарати*

### **Вступ**

**Постановка проблеми і аналіз літератури.**  
Аналіз підготовки і ведення сучасних локальних війн

свідчить про постійне збільшення ролі видової розвідки, при цьому її активне проведення починається задовго до фази бойових дій, ще на стадії назрівання конфлікту і не зменшується до повного його

завершення [1 – 3]. Досвід ведення озброєної боротьби дає можливість не тільки зробити висновки про результати випробувань нового вигляду озброєння, але і намітити подальші шляхи їх модернізації і розвитку, підвищення ефективності способів їх застосування. Перемога в озброєній боротьбі в сучасних умовах можлива тільки при високому рівні розуміння намірів і дій супротивника, і може бути досягнута тільки при оснащенні військ високоефективними засобами розвідки, їх умілому і комплексному застосуванні [1, 2].

Підвищення оперативності виявлення об'єктів можливо досягти за рахунок застосування програмно-апаратного комплексу автоматичного розпізнавання зображень в режимі реального часу.

**Метою статті** є розробка методу розпізнавання зображень об'єктів засобами видової розвідки в режимі реального часу.

### Основний матеріал

Основною і невід'ємною складовою видової розвідки є повітряна розвідка, в якій провідну роль грають безпілотні літальні апарати (БПЛА), які оснащені оптико-електронними засобами (ОЕЗ) спостереження з використанням фотографічної, інфрачервоної, лазерної і телевізійної апаратури. Не дивлячись на залежність ОЕЗ від метеорологічних умов вони є найбільш ефективними засобами розвідки внаслідок того, що супротивник при відносно невеликих витратах може повністю протидіяти радіоелектронній розвідці [1].

Використання фотоапаратури дає можливість отримати якнайповніші і достовірніші дані про супротивника. Зображення, отримані фотоапаратурою, мають високе розрізнення і відображають об'єкти з лінійними розмірами до 0,15 м. Таке розрізнення дозволяє фіксувати складні об'єкти, виявляти в них різні зміни і з високою достовірністю розпізнавати множину малорозмірних об'єктів на зображенні.

Застосування інфрачервоної (ИК) апаратури дає можливість виявляти об'єкти по їх теплових контрастах з місцевістю. ОЕЗ перетворюють невидиме інфрачервоне випромінювання в електричні сигнали. Зображення, отримані за допомогою ИК апаратури, мають вид звичайних фотознімків, але по суті являють собою графічне зображення теплового випромінювання спостережуваних об'єктів. На них відображаються штучні споруди і різноманітні об'єкти, замасковані від оптичного спостереження і навіть частково захищені під землею за рахунок їх поверхневих ефектів. З допомогою ИК апаратури можливо вести спостереження в нічних умовах без штучного освітлення цілей. Проте ИК апаратурі властивий такий недолік, як загасання і розсіювання в атмосфері ИК хвиль під дією водяної пари повітря і вуглекислого газу.

Лазерна апаратура, встановлена на БПЛА, є ОЕЗ, в основі роботи якої лежить підсвічування місцевості променем лазера у видимому діапазоні спектру електромагнітних хвиль (0,4 – 0,75 мкм) і вико-

ристання відображеного від земної поверхні випромінювання для формування зображення. Недоліками лазерної апаратури є обмеження по висоті ведення спостереження у зв'язку з обмеженим розповсюдженням лазерного променя крізь атмосферу і вплив турбулентності атмосфери на інтенсивність направленої і відображеної променя.

На сучасному етапі розвитку ОЕЗ, встановлених на БПЛА, найбільш широке застосування отримала телевізійна апаратура, що представляє сукупність оптичних, електронних і радіотехнічних пристроїв, призначена для збору і передачі зображень на наземні стаціонарні або рухомі пункти прийому і обробки інформації в режимі реального часу. Телевізійне зображення характеризується параметрами, аналогічними фотографічному зображенню, і має такі ж властивості. Роль ОЕЗ розвідки, встановлених на БПЛА, з використанням телевізійної апаратури стрімко зростає у зв'язку з високою динамічністю бойових дій і швидкою зміною обстановки [1].

Активний розвиток БПЛА обумовлений поряд причин. Перш за все, це відсутність екіпажа, відносно невелика вартість БПЛА, малі витрати на їх експлуатацію, можливість виконувати маневри з переваженням, що перевищує фізичні можливості людини, велика тривалість і дальність польоту через відсутність чинника втоми екіпажа і інші переваги в порівнянні з пілотованою авіацією.

Можна виділити наступні основні існуючі і перспективні завдання для БПЛА, класифіковані за призначенням [3].

1. Розвідувальні завдання:
  - розвідка наземних цілей;
  - розвідка повітряних цілей і, як різновид, розвідка балістичних цілей, при застосуванні у складі систем протиракетної оборони;
  - розвідка морських цілей;
  - розвідка місцевості;
  - радіаційна, хімічна і біологічна розвідка;
  - розвідка погоди (метеорозвідка);
  - радіо- і радіотехнічна розвідка.
2. Вогневі (ударні) завдання:
  - завдання ударів по наземних цілях;
  - завдання ударів по морських цілях;
  - поразка елементів систем протиповітряної оборони (в першу чергу станцій радіолокацій);
  - боротьба з повітряними цілями;
  - знищення боєголовок балістичних ракет при застосуванні у складі систем протиракетної оборони.
3. Забезпечуючі завдання:
  - постановка перешкод радіо- і радіотехнічним засобам супротивника, виконання інших завдань радіоелектронної боротьби;
  - управління вогнем і цілевказівка наземним, повітряним і морським вогневим засобам;
  - оцінка результатів завдань по супротивникові ударів;
  - ретрансляція повідомлень і даних;
  - транспортні завдання.

За організаційними і технічними ознаками можна провести наступну класифікацію БПЛА:

- по масштабах застосування (стратегічні, тактичні, оперативні);
- по приналежності (по родах військ, по силових структурах);
- по габаритно-вагових характеристиках;
- по можливості повторного застосування;
- по аеродинамічній схемі (літакового і вертолітного типу);
- за способом старту та посадки;
- за способом управління (керовані оператором по каналах управління, керовані автоматично, з комбінованою системою управління);

– по вигляду вживаної розвідувальної апаратури (фото і відеорозвідки, розвідки радіолокації, тепловізійної розвідки, радіо- і радіотехнічної розвідки, РХБ розвідки);

- за часом отримання зібраної інформації (у масштабі реального часу, періодично в ході сеансів зв'язку, після посадки);
- по вигляду базування пускової установки (наземні, повітряні, морські);
- по висоті застосування;
- по дальності дії;
- за тривалістю польоту.

Для вирішення розвідувальних завдань в режимі реального часу ефективно використовувати програмно-апаратні засоби автоматичного розпізнавання зображень об'єктів, встановлені на борту БПЛА [4]. У зв'язку з цим пропонується метод заснований на побудові сукупності структурно-лінгвістичних концептів контурних зображень об'єктів, отриманих під різними кутами зйомки.

Даний метод розпізнавання складається з наступних етапів:

- визначення в контурі зображення різнорідних структурних точок, що характеризують розвиток структури в цілому;
- виділення структурних критичних точок максимальної опуклості і максимальної угнутості структури, які визначають формування базових підструктур;
- побудова по критичних точках нової структури контурного зображення об'єкту, що розпізнається, яка складається з базових підструктур;
- здійснення нормалізації побудованої структури;
- побудова структурного концепту;
- визначення класу розпізнавання об'єкту за ознаками розпізнавання, незалежними від афінних перетворень і від різних структурних деформацій.

В запропонованому методі контурне зображення  $I$  розглядається як структура  $z_i^{(0)} = \langle A_i^{(0)}, \Gamma, T \rangle$ , де  $A_i^{(0)}$  – базисна множина  $A_i^0 = \{a_{i,1}^0, \dots, a_{i,n}^0\}$ ;  $\Gamma$  – бінарні відносини, в яких знаходяться елементи множини;  $T$  – аксіоми структури, умовам яких задовольняють дані відносини [4].

Якщо розглядати контур зображення на рецепторному полі, при скануванні даного поля в певному напрямі, відбувається «захоплення» контуру, тобто виявлення його максимального елементу

$$\rho = \max_{a^0 \in A_i} a^{(0)}$$

структури буде процес впорядковування просторових елементів структури на лінійній шкалі порядку  $\rho^{(0)}$  у напрямі обходу контуру відносно  $\rho$ . На шкалі  $\rho^{(0)}$  відбувається розгортка структури  $f: z_i^{(0)} \rightarrow \rho^{(0)}$ .

Для усунення впливу афінних перетворень і структурних деформацій на процес розпізнавання були визначені структурні ознаки і побудовані математичні структури на шкалі множин.

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

$$Z_i = S \left( (A^0)^m \right).$$

Структура  $z_i^0$  зображення  $I_i$  ( $I_i \rightarrow z_i^0$ ) є базисним ступенем на шкалі множини  $Z_i$ .

Виділення структури інваріантів на  $z_{i,j}^{(2)}$  і  $z_{i,j}^{(3)}$

дозволяє здійснити усунення впливу афінних перетворень на процес розпізнавання і повністю визначає всі типи структурних елементів для контурних зображень на площині. Подальші узагальнення пов'язані з побудовою структур, інваріантних структурним деформаціям 1-го і 2-го роду.

Для усунення впливу цих деформацій на процес побудови концепту розпізнавання, визначаються базові підструктури 1-го рівня вкладеності, що мають характерні ознаки, які визначають клас розпізнавання. Процес представлення структури контурного зображення у вигляді підструктур 1-го рівня вкладеності здійснюються на основі визначення структурних точок 1-го і 2-го роду.

Точки 1-го роду характеризують продовження розвитку поточної підструктури і визначають опуклість даної підструктури. Точки 2-го роду характеризують початок розвитку нової підструктури і визначають угнутість підструктури. Критичні точки 1-го  $t_{\tau}^{(1)} \max$  роду є точками максимальної опуклості структури  $i$ , з'єднавши їх, утворюється описаний навколо контуру багатокутник. Критичні точки 2-го роду  $t_{\tau}^{(2)} \min$  є точками максимальної угнутості структури  $i$ , з'єднавши їх, утворюється вписаний в контур багатокутник.

Для побудови концепту об'єкту після визначення структурних критичних точок, послідовно з'єднуються по напрямі обходу контуру всі знайдені критичні точки. Таким чином, будується концептуальна структура:

$$z_{i,j}^{(4)} = \langle t_{\ell}, t_{\ell+1}, \dots, t_{\ell+s} \rangle, \quad \text{де} \\ t_{\ell} = t_{\tau}^{(1)} \max \cup t_{\tau}^{(2)} \min.$$

Після нормалізації зображення  $I_{i,j}$  будується структурний концепт об'єкту

$$\text{Cpt}(I_{i,j}) = z'_{i,j}{}^{(4)} = \{b_1^{(1)}, \dots, b_s^{(1)}\}, \quad b_\ell^{(1)} = \{t_\ell, t_{\ell+1}\},$$

який визначається множиною загальних структурних ознак, що формують клас об'єктів розпізнавання, інваріантних щодо проєктивних спотворень і деформаційних змін в структурі [5, 6].

Для визначення лінгвістичного концепту класу розпізнавання – структури вищого рівня спільності, необхідно перейти від структурного опису нормалізованої структури  $z'_{i,j}{}^{(4)}$  зображення до її лінгвістичного уявлення. Для цього необхідно об'єднати елементи структури, що володіють загальними властивостями. Тоді структурний концепт прийме вигляд:

$$\text{Cpt}(I_{i,j}) = z_{i,j}^{(5)} = \{b'_1{}^{(1)}, b'_2{}^{(1)}, \dots, b'_k{}^{(1)}\}, \quad \text{де } b'_\ell{}^{(1)} - \text{елементи, що володіють загальними властивостями.}$$

Після отримання структурного концепту йому ставиться у відповідність його лінгвістичне уявлення:

$$\text{Cpt}(I_{i,j}) \rightarrow \text{LCpt}(I_{i,j}) = \{v_{1,\sigma}^{(i)}, v_{2,\sigma}^{(i)}, \dots, v_{m,\sigma}^{(i)}\},$$

де  $\text{LCpt}(I_{i,j})$  – є структурно-лінгвістичним виразом, що складається із слів  $v_{\ell,\sigma}^{(i)}$ , кожне з яких поставлене у відповідність певній підструктурі структурного концепту  $\text{Cpt}(I_{i,j})$  зображення:  $(b'_\ell{}^{(1)} \Rightarrow g_\mu) \rightarrow v_{\ell,\sigma}^{(i)}$ , де  $g_\mu$  –  $\mu$ -й напрям орієнтації структурного елемента  $b'_\ell{}^{(1)}$ .

Таким чином запропонований метод розпізнавання зображень об'єктів засобами видової розвідки заснований на порівнянні сформованих в процесі навчання структурно-лінгвістичних концептів класів зображень об'єктів, і концептів розпізнавання, побудованих безпосередньо в процесі класифікації.

## ВИСНОВКИ

Для вирішення розвідувальних завдань в режимі реального часу запропоновано метод розпізнавання зображень об'єктів засобами видової розвідки, який заснований на використанні введених нових ознак класів розпізнавання для побудови концептуальних структур, які є сукупністю різнорідних структурних критичних точок в контурах зображень, що розпізнаються, і інваріантних до афінних і структурних перетворень.

## Список літератури

1. Артюшин Л.М., Мосов С.П., П'ясовський Д.В., Толубко В.Б. Аерокосмічна розвідка в локальних війнах сучасності: Монографія – К.: НАОУ, 2002. – 208 с.
2. Краснов А.А., Путилин А.А. БЛА: От разведки к боевым действиям // Зарубежное военное обозрение. – 2004. – № 4. – С. 41-47.
3. Уголок неба [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.airwar.ru/bpla.html> (2007).
4. Гринев Д.В. Классификация и идентификация объектов с использованием структурно-лингвистического метода // Системы обработки информации. – X.: ХВУ, 2004. – Вып. 11 (39). – С. 44-48.
5. Паржин Ю.В., Гринев Д.В. Нормализация структур контурных изображений распознаваемых объектов // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. – 2005. – Вып. 1 (9). – С. 58-62.
6. Паржин Ю.В., Гринев Д.В., Онищенко В.В. Определение оси нормализации в концептуальных структурах контурных изображений с проєктивными искажениями // Системы обработки информации. – X.: ХУ ПС, 2006. – Вып. 9 (58). – С. 109-111.

Надійшла до редколегії 20.11.2007

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