

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 (ІК) апаратури дає можливість виявляти об'єкти по їх теплових контрастах з місцевістю. ОЕЗ перетворюють невидиме інфрачервоне випромінювання в електричні сигнали. Зображення, отримані за допомогою ІК 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 ІК апаратури можливо вести спостереження в нічних умовах без штучного освітлення цілей. Проте ІК апаратурі властивий такий недолік, як загасання і розсіювання в атмосфері ІК 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 $z_i^{(0)} = \langle A_i^{(0)}, r, T \rangle$, де $A_i^{(0)}$ – базисна множина $A_i^0 = \{a_{i,1}^0, \dots, a_{i,n}^0\}$; r – 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 ρ . 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:

$$z_{i,j}^{(4)} = \langle t_{\ell}, t_{\ell+1}, \dots, t_{\ell+s} \rangle,$$

$$t_{\ell} = t_{\tau}^{(1)} \max \cup t_{\tau}^{(2)} \min.$$

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_μ – μ -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.