

УДК 681.7(02)

Д.В. Корнєв, студент гр. ПГ-11мп, д.т.н., проф. Микитенко В.І.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ПОШУК ПЕРСПЕКТИВНИХ МЕТОДІВ ВИЯВЛЕННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Анотація. В даній статті розглядається система виявлення малогабаритних безпілотних літальних апаратів (МБЛА) оптичними (ОП) та оптико-електронними (ОЕ) методами. Ціллю роботи є аналіз ОП методів, як предмету виявлення МБЛА.

Ключові слова: малогабаритні безпілотні літальні апарати, оптичні та оптико-електронні методи, БПЛА, ОЕ засоби, оптичний метод, ІЧ метод.

ВСТУП

Останні 20-30 років все більше набувають популярності безпілотні літальні апарати (БПЛА), що можуть застосовуватися у багатьох сферах життя безліччю способів, від доставки товарів, до діагностики і ремонту віддалених та важко доступних місць. Універсальність БПЛА і такі характеристики, як малий розмір, швидкість, маневреність, мала інерційність та найменша мінімальна висота польоту серед літальних апаратів, забезпечили їх використання у військовій сфері, де їх почали застосовувати для розвідки, бойових дій тощо. Це призвело до необхідності розробки засобів для виявлення та спостереження БПЛА.

Особливе місце у проблематиці виявлення БПЛА зайняли малогабаритні безпілотні літальні апарати (МБЛА), що за своїми розмірами часто не більші за птахів і є надскладними для виявлення та спостереження.

МЕТОДИ ВИЯВЛЕННЯ МБЛА

В загалом всі методи виявлення МБЛА можна поділити на 3 групи зі своїми підгрупами [1, 2]:

1. Радіо

1.1 Активний радіо-частотний метод

1.2 Пасивний радіо-частотний метод

2. Акустичні

3. Оптичні – оптичний метод означає спостереження оком через оптичний засіб. Нижче наведено оптико-електронні методи, які працюють в видимому або ІЧ діапазоні

3.1 Телевізійний метод (Видимий діапазон)

3.2 Тепловізійний (ІЧ) метод

Всі вказані методи є дієвими проте мають свої недоліки.

Так радіо методи ефективні на великій дистанції і можуть ігнорувати природні перешкоди, але не можуть виявити ціль серед природних об'єктів та ідентифікувати ціль. А також на заводі може стати великий шум, що перебіє сигнал.

Акустичний метод надзвичайно ефективний проте може працювати лише на невеликих відстанях і в гарних погодних умовах.

Телевізійний метод надзвичайно ефективний та може працювати на великих відстанях, проте залежить від яскравості середовища та погодних умов, також

ефективність можливо покращити різними алгоритмами, що будуть розглянуті далі.

Тепловізійний метод демонструє гарну ефективність завдяки можливості бачити об'єкти за природними перешкодами та незалежності від погоди, часу, проте тепловізійні камери та сенсори мають малу роздільну здатність в порівнянні з оптичним методом, що ускладнює ідентифікацію об'єктів та дає гірше зображення.

Проте у оптичних методів є перевага над іншими, вони надзвичайно ефективно працюють у тандемі закриваючи недоліки один одного та маючи величезний потенціал для подальшого розвитку.

ОПТИЧНІ МЕТОДИ

З конструктивної точки зору оптичні методи зазвичай передбачають використання певної передавальної камери (або двох камер у випадку бінокулярної системи). Камеру як правило розміщують на електромеханічному пристрої повороту навколо осей.

В залежності від потреб користувача оптичні системи можуть мати кардинально різні споживчі та масо-габаритні характеристики:

- Стационарні та пересувні системи, стационарні встановлюються на одне місце і на ньому працюють, пересувні можна транспортувати та використовувати у різних місцях;
- Маса та габарити можуть представляти як малий пристрій вагою декілька кілограм, що можна перенести у будь-яке місце та встановити, так і надзвичайно великі комплекси масою у сотні кілограм, що встановлюються у попередньо заготовленому місці та не може бути переміщеним або встановлюється на автомобіль починаючи з пікапів, закінчуючи грозивими автомобілями;
- Дистанція виявлення об'єкту в залежності від системи може досягати 5 км;
- Для виявлення об'єкту досить реєстрації 1-2 пікселів в залежності від алгоритму обробки зображення. Для класифікації об'єкту як правило необхідно 10 пікселів. Тобто чим більша роздільна здатність матриці камери тим далі можна виявити та класифікувати об'єкт;
- Виявлення та класифікація об'єкту займає не більше 2 секунд;
- Поле зору по вертикалі, як правило складає 20 градусів, а по горизонталі від 30 до 360 градусів;
- В залежності від системи можна відслідковувати як один так і декілька об'єктів;
- Система може бути, як ручного керування, так і автоматизованою.

На даний момент оптичний метод найчастіше передбачає використання засобів комп'ютерного зору та нейронних мереж. Комп'ютерний зір надає можливість обробляти окремі зображення та кадри відео загалом чи окремі їх частинки у реальному часі, виділяючи будь які зміни зображення, відокремлення певних деталей та інше. Нейрона мережа дозволяє ідентифікувати спостережувані об'єкти, що також вирішує проблему неможливості розпізнати

між собою птахів і МБЛА [2]. Також є розроблені алгоритми стеження за об'єктом з передбаченням його руху, що дозволяє позбавитися встановлення модуля лазерного стеження, що часто встановлюють на системи стеження [3].

Звичайний ІЧ методи відрізняються від телевізійних не тільки тим, що працюють в ІЧ діапазоні, а й тим, що зазвичай не використовують нейронні мережі, через що втрачається можливість точно ідентифікувати об'єкт. На це є 2 причини:

1. Відсутність достатньо великого набору прикладів зображень птахів і БПЛА у ІЧ діапазоні.

2. У ІЧ діапазоні є достатньо великий контраст між фоном та об'єктом для того щоб було достатньо використання лише комп'ютерного бачення.

Проте також є метод спостереження у поляризованому ІЧ діапазоні. У такому випадку у конструкцію також вноситься лінійний поляризатор, що дає можливість спостерігати об'єкти у великому контрасті з фоном, або комбінація з лінійного поляризатора та хвильової пластинки, що дасть можливість також вимірювати вектори Стокса та ідентифікувати за ними об'єкт [4].

При поєднанні обох методів можливо покращити роботу як першого, так і другого методу. Наприклад, ІЧ засоби спостереження більш ефективно виявляють та ідентифікують об'єкти в погану погоду, в темряві чи серед природного оточення. Паралельне застосування надасть можливість створити достатньо інформації для тренування нейронної мережі для ІЧ діапазону. Також використавши алгоритм розділення зображення по природному горизонту, можливо розділити функції окремих інформаційних каналів: тепловізійний канал буде обробляти природну складову зображення, а телевізійний - зону неба [5]. В цьому випадку велике значення матимуть методи комплексування інформаційних каналів [6]. Очевидною буде необхідність автоматизації процесу вилучення корисної інформації із сигналів ІЧ та телевізійного каналів.

ВИСНОВКИ

Наразі є достатня кількість методів виявлення та спостереження БПЛА, кожен з яких використовується, проте має свої недоліки. З усіх методів, якісно виділяється ІЧ метод, що демонструє гарні результати та малу залежність від навколишньої середовища. Також необхідно відмітити гарну роботу ІЧ методу з оптичним методом, та великий потенціал покращення ІЧ та оптичного методу як поодиночі так і в спільному комплексі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] В.М. Карташов и др. Методы обнаружения-распознавания радиолокационных, акустических, оптических и инфракрасных сигналов беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс]. – URL: <http://rt.nure.ua/article/view/239529/238033>
- [2] Jimmy Flórez José Ortega Andrés Betancourt Andrés García Marlon Bedoya Juan S. Botero // A review of algorithms, methods, and techniques for detecting UAVs and UAS using audio, radiofrequency, and video applications [Электронный ресурс] – URL:

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-77992020000200262#B36

- [3] Roberto Opromolla, Giancarmine Fasano, and Domenico Accardo // *A Vision-Based Approach to UAV Detection and Tracking in Cooperative Applications* [Электронный ресурс] – URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6210765/>
- [4] *Kristan P. Gurton* // *Calibrated Long-Wave Infrared (LWIR) Thermal and Polarimetric Imagery of Small Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) and Birds* [Электронный ресурс] – URL: <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/1059353.pdf>
- [5] Adrian Carrio, Hriday Bavle, Pascual Campoy // *Attitude estimation using horizon detection in thermal images* [Электронный ресурс] – URL: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1756829318804761>
- [6] Колобродов В.Г., Микитенко В.І. *Комплексування інформації в багатоканальних оптико-електронних системах спостереження (монографія)* К.: «Аверс», 2013. – 178 с.

Наук. керівник – д.т.н., проф. Микитенко В.І.