

Інтелектуальна відеоаналітика повітряних об'єктів у реальному часі

Андрій Тевяшев¹, Ігор Шостко², Олег Земляний³

^{1,2} Харківський національний університет радіоелектроніки
просп. Науки 14, Харків, Україна, 61166

¹tad45ua@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2846-7089>

²ihor.shostko@nure.ua, <https://orcid.org/0000-0002-5612-3080>

³zolvas@ukr.net

Отримано 16.05.2021, прийнято 19.05.2021

<https://doi.org/10.32347/tit2141.0309>

НАЗНАЧЕНИЕ

Інтелектуальна відеоаналітика – технологія, що об'єднує безліч точних аналітичних та наближених чисельних методів автоматизованого аналізу послідовності зображень, що надходять з відеокамер в режимі реального часу або з архівних записів. Відеоаналітика реалізується у вигляді програмного забезпечення (ПЗ) для роботи з відеоконтентом. В основі ПЗ лежить широкий спектр математичних моделей і методів, що дозволяють вести відеомоніторинг і виробляти інтелектуальний аналіз даних без прямої участі людини.

В даний час в системах відеоспостереження відомі численні приклади успішно вирішуваних задач за допомогою відеоаналітики:

- розпізнавання людей і транспорту з метою підрахунку їх кількості;
- розпізнавання номерів (на транспорті, на грошових купюрах, документах, тощо);
- детектування подій (переміщення, рух, перетин допустимих ліній і границь, перебування в зонах, перекидання предметів через огорожу, тощо);
- виявлення небезпечних ситуацій (скупчення людей, залишені предмети, загорання та задимлення, тощо);
- розпізнавання небезпечних предметів, ідентифікація людських обличчя і пошук їх в базах даних;
- аналіз даних без прямої участі людини.

Широке використання IP-камери дозволяє адекватно відображати реальний світ в

паралельний – цифровий світ, в якому можуть встановлюватися жорсткі умови (закони) перебування і поведінки різних суб'єктів цього світу. Відеоаналітика, без втручання окремих суб'єктів, дозволяє найбільш ефективно контролювати виконання цих умов різними суб'єктами і, на першому етапі, видавати екстрені повідомлення в разі їх порушення. На наступних етапах відеоаналітика забезпечує підтримку прийняття рішень про заходи та засоби, які повинні бути застосовані до суб'єктів, що порушили умови перебування і поведінки, аж до їх виконання. У системах моніторингу повітряного простору використовуються відеокамери з функціями повороту, нахилу і масштабування – PTZ камери, що отримали назву завдяки здатності повертатися вліво і вправо, нахилитися вгору і вниз, масштабувати і перетворювати зображення. Поворотні камери виконують ці дії завдяки унікальному поєднанню функцій управління панорамуванням, нахилом і об'єктивом з наближенням. Загальна здатність камери PTZ по наближенню зображення складається зі значення цифрового і оптичного зумів. Цифровий зум використовує електроніку для збільшення і зменшення зображення, в той час як оптичний зум використовує рух лінз. Загальне значення можливості наближення відеокамери можна розрахувати, помноживши значення цифрового та оптичного зумів.

Відеоаналітика повітряних об'єктів (ПО) автоматизує безліч функцій моніторингу повітряного простору, основними з яких є:

- виявлення (детектування) усіх ПО, що знаходяться в контрольованій зоні повітряного простору;
- стеження за обраними ПО;
- розпізнавання типу ПО;
- прогнозування траєкторій руху ПО;
- детектування подій, пов'язаних з поведінкою (траєкторією руху) ПО.

Всі функції виконуються багаторазово, забезпечуючи безперервне уточнення гіпотез про кількість, розташування, тип ПО і його наміри в контрольованій зоні повітряного простору. Під розпізнаванням ПО розуміється широкий спектр завдань – від бінарної класифікації ПО типу ціль/шум до ідентифікації або верифікації ПО за характерними ознаками.

Використання відеоаналітики ПО в системах моніторингу повітряного простору дає можливість в автоматичному режимі, без участі людини, в процесі відеоспостереження вирішувати завдання, які зазвичай під силу тільки людині. Дана технологія використовується як для забезпечення безпеки об'єктів, що охороняються, так і для пресічення перебування ПО в контрольованій зоні повітряного простору.

Відеоаналітика ПО застосовується для отримання об'єктивної оцінки ефективності моніторингу повітряного простору, бо здатна виробляти безперервний і автоматизований збір та аналіз відеоданих, що не залежить від людського фактору, і формувати звіти за запитом користувача в будь-який момент часу.

Базові функції відеоаналітики ПО [1–7]:

1. Отримання відеоданих, формування і представлення зображень від відеокамер у видимому та інфрачервоному діапазонах частот.

2. Фільтрація і поліпшення зображень забезпечує пригнічення безліч неважких або небажаних об'єктів на зображенні як на рівні окремого пікселя (елементу зображення), так і його локального околу шляхом зміни значень інтенсивності (півтонових рівнів) пікселів. Для підвищення ймовірності виявлення ПО на зображенні використовуються методи придушення шуму

(denoising), усунення розмитості (deblurring), згладжування, підвищення контрастності і посилення країв. Крім того, є ряд додаткових функцій: поліпшення передачі кольору, просвітлення темних фрагментів і т.п.

3. Виявлення ПО (object detection). Виявлення ПО проводиться за допомогою відеодетектора руху. Відеоаналітика дозволяє локалізувати (виділити) і проаналізувати відразу безліч ПО. Якщо рух не є достатньою ознакою для локалізації ПЗ в кадрі, наприклад, якщо завис вертоліт або квадрокоптер, то виявлення може проводитися за допомогою шаблонів.

4. Виявлення особливих (кутових) точок, країв і кордонів ПО. Відеоаналітика в своєму розпорядженні достатньо великим набором методів виявлення точок високого контрасту, які утворюють межі як конкретного ПО, так і різних об'єктів. До них відносяться метод диференціальних масок, масок Собеля, Превітт, Робертса, Гаусівська фільтрація і ЛОГ-фільтрація для виявлення країв, детектор країв Кенні (Canny), детектори кутів Моравець, Харріса і Стефана, MSER's і FAST. Результатом роботи детекторів є безліч особливих точок, для яких будується математичний опис у формі дескриптора.

Вхідними даними дескриптора є зображення і набір особливих точок, виділених на заданому зображенні. **Виходом дескриптора є безліч векторів ознак для вихідного набору особливих точок.** Ознаки (описи) будуються на підставі інформації про інтенсивність, кольорі і текстурі особливої точки

Розроблено безліч дескрипторів SIFT, SUR, GLOH, DAISY, BRIEF. Для виявлення контурів рухомих об'єктів можна використовувати величину просторово-часового градієнта (spatiotemporal gradient magnitude).

5. Формування (вибір) точки супроводу ПО. Задача супроводу об'єкта може бути зведена до супроводу обраних точок на його поверхні. Репрезентація об'єкта у вигляді групи точок дозволяє суттєво зменшити обсяг обчислень, а також використовувати локальні методи супроводу окре-

мих точок. В цілому, вибір характерних точок залежить від методу супроводу. Для стійкого супроводу по обраним точкам зазвичай необхідно виконання умови суттєвої неоднорідності зображення в околі точки. Такій умові відповідають кути. Використання кутових точок є необхідним для більшості методів супроводу.

6. Класифікація ПО (object classification). Класифікатор ПО здатний розподілити об'єкти на класи: літаки, вертольоти, крилаті ракети, дрони, квадрокоптери і т.д. Класифікація ПО є необхідною умовою для вирішення завдання високоточного супроводу ПО, тому що можливі траєкторії руху ПО в значній мірі визначаються класом ПО. Траєкторії руху вертольотів і квадрокоптерів можуть містити ділянки повного зависання (зупинки) або довільної зміни напрямку руху. Траєкторії руху інших класів ПО в тривимірному просторі є досить гладкі криві.

7. Ідентифікація ПО (object identification). Ідентифікація ПО дозволяє ідентифікувати тип ПО всередині виділеного класу. У класі літаки можна ідентифікувати: пасажирський літак: Boeing 737, Boeing 777, Airbus A320 і т. Д., вантажний цивільний літак типу Ан-225 і Ан-124 Boeing C-17 Globemaster III ..., військовий F-35A наземний винищувач і т. д.

8. Супровід (стеження) ПО (object tracking). Завдання супровід ПО ОЕС полягає в тому, що для кожного моменту часу спостереження необхідно забезпечити найбільш точне суміщення оптичної осі камери відеоспостереження ОЕС з вибраним пунктом супроводу на зображенні ПО (кутова, центр ваги, чебишевська, найбільш вразлива і т.п.). Для вирішення цього завдання використовуються трекари, які реалізують алгоритм супроводу ПЗ. В даний час відеоаналітика має безліч трекерів типу: Median flow, ORB, Boosting, MIL, KCF, TLD, Medianflow, MOSSE і інші. Проблему створення універсального трекера для всіх типів ПО в даний час практично не можна вирішити через різноманіття типів ПО, стану повітряного простору, в якому вони знаходяться, і траєкторій їх руху.

9. Оцінювання параметрів траєкторії руху ПО. Використання мережі електронних станцій дозволяє реалізувати дві стратегії спостереження за ПО: відкрите спостереження шляхом вимірювання азимута, кута місця і похилій дальності та приховане спостереження, при якому вимірюється тільки азимут і кут місця, а вимір похилої дальності лазерним далекоміром не проводиться, тобто ПЗ не опромінюється. У цьому випадку для визначення координат ПО необхідно, як мінімум, дві ОЕС.

10. Прогнозування траєкторії руху ПО. Прогнозування траєкторій руху ПО здійснюється у вигляді умовних математичних сподівань координат ПО з заданим попередженням за умови, що всі попередні значення координат ПО відомі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Shostko I., Tevyashev A., Kulia, Y., Koliadin A. (2020). Optical-electronic system of automatic detection and high-precise tracking of aerial objects in real-time. The Third International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems, CMIS, 784-803.
2. Andrey Tevyashev, Igor Shostko, Mihail Neofitniy, Anton Koliadin (2019). Laser Opto-Electronic Airspace Monitoring System in The Visible and Infrared Ranges. IEEE 5th International Conference Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments, APUAVD 2019, Proceedings, 170-173. DOI: 10.1109 / APUAVD47061.2019.8943887.
3. A.D. Tevyashev, I.S. Shostko, M.V. Neofinyi, S.V. Kolomiyets, I.Yu. Kyrychenko, Yu.D. Prymachov. Mathematical model and method of optimal placement of optical-electronic systems for trajectory measurements of air objects at test (2019). Odessa Astronomical Publications. Vol.32, 171-175. <https://doi.org/10.18524/1810-4215.2019.32.182231>.
4. Shostko I., Tevyashev A., Neofitnyi M., Kulia Y. Information-measuring system of polygon based on wireless sensor infocommunication network (2021). Chapter in the book Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, 48, Publisher, Springer Nature, 649-674.
5. Shostko I., Tevyashev A., Neofitnyi M., Ageyev D., Gulak S. (2018). Information and Measurement System Based on Wireless Sensory Infocommunication Network for Polygon Testing

of Guided and Unguided Rockets and Missiles. International Scientific-Practical Conference on Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T 2018, Proceedings, 705-710.

6. И.С. Шостко, А.Д. Тевяшев, М.В. Неофитный, Ю.Э. Куля, А.В. Колядин. Методы позиционирования узлов беспроводной сенсорной сети (2019). Проблемы телекоммуникаций, No.1 (24), 68-89.
7. Панасюк Т.П. (2016). Обработка радиолокационной информации. Москва, Радио и связь, 84.