

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ВИЯВЛЕННЯ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ В СИСТЕМАХ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ

Кавецький В.С., Стрілкова Т.О.

Кафедра мікроелектроніки, електронних приладів та
пристроїв,
Харківський національний університет
радіоелектроніки,
Україна

E-mail: viacheslav.kavetskyi@nure.ua,
tetiana.strilkova@nure.ua

Abstract

This article presents a method for detecting moving objects in video sequences, based on the analysis of contrast differences between the current frame and a pre-formed background. The algorithm evaluates intensity variations in image regions relative to their corresponding background values, allowing it to identify areas where the contrast exceeds a specified threshold. These regions are then used to generate a binary mask representing potential moving objects, with subsequent steps including the removal of small noise components caused by lighting fluctuations or sensor imperfections and the grouping of continuous regions to form coherent object boundaries. The method is capable of reliably extracting objects with sufficient contrast, while low-contrast or very small objects may remain undetected, and its simplicity and low computational cost make it suitable for real-time applications such as video surveillance, automated monitoring of static scenes, and security systems in IoT or embedded platforms.

Вступ

Методи визначення рухомих об'єктів відіграють ключову роль у сучасних системах автоматичного відеоспостереження, аналізу сцен та комп'ютерного зору. Їх важливість зумовлена потребою своєчасного реагування на зміну ситуації у кадрі, виявлення потенційно небезпечних або критичних об'єктів. Методи є актуальними для систем безпеки та кіберфізичних систем, де відеоаналіз використовується для виявлення вторгнень, контролю периметра, моніторингу зон обмеженого доступу та автоматичного виявлення підозрілої активності. Ефективне виділення підвищує точність розпізнавання та класифікації об'єктів [1, 2].

Практичне застосування методів визначення рухомих об'єктів охоплює широкий спектр завдань, зокрема автоматичний контроль ситуацій у громадських місцях, фіксацію появи сторонніх предметів, моніторинг транспортних потоків та підвищення безпеки [3].

Метод віднімання фону простіший за підходи, що потребують тривалого навчання або великих обчислювальних ресурсів. Його ефективність підтверджена у задачах, де об'єкти достатньо контрастують з фоном, а сцена характеризується помірним рівнем шуму, що робить метод дієвим у вбудованих системах захисту та IoT-пристроях.

Додатковим аргументом на користь використання методу стала його здатність адаптуватися до умов із повільними змінами освітлення шляхом обчислення середніх яскравісних характеристик та використання фонових значень. У сучасних дослідженнях нейромережеві методи демонструють високу чутливість, проте потребують великих наборів даних та не завжди стабільні у випадках із нестійким фоном. Це є критичним у контексті безпеки, оскільки різкі зміни фону, тіні, дощ, сніг або дим створюють умови для хибних спрацювань. Метод віднімання фону залишається надійним навіть у складних умовах [3-8].

Алгоритм виявлення рухомих об'єктів

Метод визначення рухомого об'єкта ґрунтується на аналізі різниці інтенсивності між поточним кадром та фоновим зображенням. На першому етапі формується фон – кадр або усереднене значення кількох кадрів, у яких відсутні зміни. Далі для кожної ділянки зображення обчислюється контрастність відносно фону. Ділянка з різницею яскравостей, що перевищує заданий поріг, розпізнається як потенційний об'єкт, що дозволяє сформувати маску змін, яка відображає рухомі елементи сцени.

У методі застосовуються два типи контрастності – абсолютна та відносна, кожна з яких використовується залежно від умов формування зображення. Абсолютна контрастність визначає величину різниці між середньою інтенсивністю об'єкта та фону. Розраховується за формулою:

$$C_{\text{абс}} = |I_{\text{сег}} - I_{\text{ф}}|,$$

де $I_{\text{сег}}$ – інтенсивність сегменту;

$I_{\text{ф}}$ – інтенсивність фону.

Відносна контрастність нормалізує різницю між інтенсивностями, враховуючи рівень фону. Цей показник дозволяє оцінити об'єкт у відносних одиницях, що є особливо корисним у випадках нерівномірного освітлення або значних флуктуацій фону. Відносна контрастність визначається виразом:

$$C_{\text{від}} = \frac{|I_{\text{сег}} - I_{\text{ф}}|}{I_{\text{ф}}}$$

Після формування маски суміжні пікселі об'єднуються, а дрібні шуми видаляються. У результаті формується область, що відповідає реальному об'єкту. Метод надійно виділяє об'єкти при достатній контрастності.

Результати, отримані під час моделювання, підтверджують працездатність методу за умов достатнього співвідношення сигнал/шум [1, 5, 6]. Об'єкти, що мають достатню контрастність, виділяються чітко та стабільно. Під час тестування відзначено, що зі зменшенням контрастності якість виділення знижується, що закономірно та відповідає висновкам інших досліджень, де наголошується на залежності точності від енергетичних характеристик сигналу [5-11].

Для демонстрації роботи методу наведено зображення, отримане в результаті обробки кадру. На зображенні показано виділений об'єкт, контрастність якого перевищує порогове значення, що дозволило сформувати відповідну маску.



Рис. 1. Приклад виділення об'єкта на основі методу віднімання фону.

Під час тестування було виявлено низку обмежень та проблем: метод менш ефективний у випадках низької контрастності об'єктів відносно фону, при наявності сильних флуктуацій, а також для дуже малих об'єктів, які можуть залишатися непомітними на сформованій масці. У кадрах з інтенсивним рухом фону або великим рівнем шуму алгоритм може формувати хибні детекції, що потребує подальшої фільтрації та обробки результатів. Для підвищення точності методу у випадках низької контрастності, сильних флуктуацій фону або малих об'єктів доцільно застосовувати адаптивне порогове визначення, попередню фільтрацію шуму та комбіновані підходи з урахуванням додаткових ознак об'єктів.

Література

1. Strelkova T.A., Strelkov A.I., Lytyuga A.P., Kalmykov A.S. Methods of Reception and Signal Processing in Machine Vision Systems in Examining Optoelectronics in Machine Vision and Applications in Industry 4.0., 2021, Pages: 71-102. DOI: 10.4018/978-1-7998-6522-3.ch003.
2. Стрілкова Т. О. Литюга О.П., Дуднік О.В. Використання методів машинного навчання для інтелектуального аналізу даних систем відеоспостереження // XXIII Міжнародна науково-технічна конференція “ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи”. Секція 2. Оптичні та оптико-електронні прилади системи. Фотоніка. 14-15 травня 2024 року, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна., С. 51-52.
3. Sun T., Gao C. Z. An improved canny edge detection algorithm. Applied mechanics and materials. 2013. Vol. 291-294. P. 2869–2873.
4. Robust Real-Time Traffic Surveillance with Deep Learning / J. Fernández et al. Computational Intelligence and Neuroscience. 2021. Vol. 2021. P. 1–18.
5. Кавецький В. С. Дослідження методів автоматичного виявлення та відстеження рухомих об'єктів в системах відеоспостереження : пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи здобувача вищої освіти на другому (магістерському) рівні, спеціальність 171 Електроніка / В. С. Кавецький ; М-во освіти і науки України, Харків. нац. ун-т радіоелектроніки. – Харків, 2025. – 46 с.
6. Strelkova T.A., Lytyuga A.P., Kalmykov A.S. Statistical Characteristics of Optical Signals and Images in Machine Vision Systems Examining Optoelectronics in Machine Vision and Applications in Industry 4.0. 2021, Pages: 134-162. DOI: 10.4018/978-1-7998-6522-3.ch005.
7. Кавецький В.С., Стрілкова Т.О. Розробка алгоритму виділення стаціонарних об'єктів / В. С. Кавецький, Т. О. Стрілкова // Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті : Матеріали 29-го Міжнародного молодіжного форуму, 16–19 квітня 2025 р. – Харків : ХНУРЕ, 2025. – Т. 1. – С. 44–46.
8. Стрілкова Т. О., Калмиков О. С., Литюга О. П. Визначення ефективності оптико-електронних систем на основі статистичних моделей сигналів. XX Міжнародна науково-технічна конференція «ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи», 18-19 травня 2021 року, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна, с. 19.
9. Woods R. E., Gonzalez R. C. Digital Image Processing: Pearson New International Edition. Pearson Education, Limited, 2013. 928 с.
10. Huang X., Bi N., Tan J. Visual transformer-based models: a survey. Pattern recognition and artificial intelligence. Cham, 2022. P. 295–305.