

УДК 621.382.8

Білоус Б. - аспірант групи РВа-12

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ВИБІР СЕНСОРА ДЛЯ ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ СЛІДКУВАННЯ ЗА ДИНАМІЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ

Науковий керівник: д.т.н., професор М.І. Паламар

Bilous B.

Ternopil Ivan Puluj National Technical University

SENSOR SELECTION FOR DESIGNING A DYNAMIC OBJECT TRACKING SYSTEM

Supervisor: Dr., Prof M.I. Palamar.

Ключові слова: CMOS сенсори, CCD сенсори, комп'ютерний зір.

Keywords: CMOS sensors, CCD sensors, computer vision.

При створенні ефективної системи слідування за динамічними об'єктами на основі комп'ютерного зору ключова роль належить вибору сенсора. Існує багато типів відеосенсорів найпоширенішими з яких є CMOS та CCD сенсори, кожен з яких має переваги та обмеження.

Актуальність дослідження обумовлена зростаючими потребами у створенні та вдосконаленні безпілотних систем із машинним зором. Метою роботи є порівняльний аналіз CMOS та CCD сенсорів для задач відстеження швидких об'єктів із виробленням рекомендацій для їх використання при проєктуванні та вдосконаленні систем відеоспостереження.

Для задач слідування за рухомими об'єктами, (як напр. БПЛА чи наземна техніка) ефективнішими є PTZ-камери (Pan-tilt-zoom), що підтримують роботизоване керування наведенням на напрям і масштабування зображення. При відстеженні швидких об'єктів ключовими параметрами є швидкість зчитування, роздільна здатність, чутливість, динамічний діапазон, шум, а також енергоспоживання та вартість.

CMOS сенсори бувають двох типів: з роликовим та глобальним затвором. Роликовий затвор створює спотворення зображення при зйомці рухомих об'єктів через послідовне зчитування пікселів, тоді як глобальний затвор зчитує зображення одночасно, усуваючи цей недолік. У роботі порівнюються CMOS із глобальним затвором та традиційні CCD сенсори для вибору оптимального рішення [1]. Результати наведені у табл.1

Таблиця 1. Порівняльні характеристики CMOS та CCD сенсорів

Характеристика	CMOS з глобальним затвором	CCD з електронним затвором
Швидкість зчитування	Висока	Відносно низька
Розмір	Компактний	Більший
Шум	Низький і дуже низький	Низький рівень

Динамічний діапазон	Високий і дуже високий	Високий
Розмиття	Відсутність розмиття	Схильний до розмиття
Частота кадрів	Дуже висока	Середній діапазон
Енергоспоживання	Дуже низька	Висока
Якість зображення	Висока	Дуже висока
Вартість	Низька	Висока
NIR чутливість	Висока	Дуже висока

На основі даних таблиці 1 проведено детальний аналіз ключових параметрів. CMOS забезпечує високу швидкість зчитування та дуже високу частоту кадрів, що є критично важливим для відстеження об'єктів, які рухаються з високою швидкістю. Натомість CCD демонструє відносно низьку швидкість зчитування та середній діапазон частоти кадрів, що може призводити до втрати кадрів при швидкому русі [6]. Однак, CCD-сенсори, незважаючи на їх нижчу швидкість обробки, часто забезпечують точніше визначення центру мас світлової плями, що важливо для вимірювань у специфічних умовах, де потрібна висока деталізація при низьких рівнях освітлення [9].

Щодо якості зображення та шумових характеристик, CMOS із глобальним затвором забезпечує низький і дуже низький рівень шуму, тоді як CCD також має низький рівень шуму, проте поступається CMOS у швидкості обробки сигналу. Обидва типи сенсорів забезпечують високу якість зображення, але CCD більш схильний до розмиття при русі [8]. При цьому CMOS забезпечує відсутність розмиття, що особливо важливо при відстеженні високошвидкісних об'єктів, таких як FPV-квадрокоптери, що дозволяє точно визначити положення об'єкта без значних спотворень [9].

Аналіз динамічного діапазону та чутливості показує, що CMOS демонструє високий і дуже високий динамічний діапазон, що є важливим при зміні освітлення. CCD також має високий динамічний діапазон, але характеризується вищою NIR-чутливістю [5]. Завдяки високому динамічному діапазону CMOS-сенсори краще адаптуються до різких змін освітлення, що є важливою перевагою при відстеженні об'єктів в умовах змінної освітленості [9]. Відсутність розмиття у CMOS особливо важлива для ефективного відстеження динамічних об'єктів.

З практичної точки зору, CMOS має компактніші розміри, що спрощує інтеграцію в PTZ-системи. Його енергоспоживання в середньому у 100 разів менше, що є критичним для автономних систем. Крім того, нижча вартість CMOS-сенсорів робить їх більш доступними для масового впровадження.

На основі проведеного аналізу та даних таблиці 1 встановлено, що для задачі відстеження FPV-квадрокоптерів оптимальним вибором є CMOS сенсор з глобальним затвором, що обґрунтовується наступними перевагами:

- висока швидкість зчитування та частота кадрів забезпечують плавне відстеження;
- відсутність розмиття покращує точність визначення положення об'єкта;
- низьке енергоспоживання та компактні розміри оптимальні для PTZ систем;
- високий динамічний діапазон забезпечує стабільну роботу при зміні освітлення.

Висновок: Порівняльний аналіз характеристик CMOS та CCD сенсорів (табл. 1) показав, що для реалізації PTZ камери відстеження динамічних об'єктів, зокрема FPV-квадрокоптерів, оптимальним є використання CMOS сенсора з глобальним затвором. Це рішення забезпечує найкращий баланс між швидкістю обробки даних, якістю зображення та енергоефективністю. Додатковими перевагами є відсутність розмиття при русі, високий динамічний діапазон та нижча вартість реалізації.

Література:

1. Daniel Durini, High Performance Silicon Imaging: Fundamentals and Applications of CMOS and CCD Sensors. Woodhead Publishing 2014. ISBN: 9780857097521
<https://www.oreilly.com/library/view/high-performance-silicon/9780857095985/>
2. Understanding The Digital Image Sensor, LUCID vision labs
<https://thinklucid.com/tech-briefs/understanding-digital-image-sensors/>
3. Adam Quinn, Manuel B. Valentin, Thomas Zimmerman, Davide Braga, Seda Memik, Farah Fahim. A Cryogenic Readout IC with 100 KSPS in-Pixel ADC for Skipper CCD-in-CMOS Sensors, ISCAS 2023.
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2302.03727>
4. Kalpana Kumbhar , Dr. Ketki P.Kshirsagar. Comparative Study of CCD & CMOS Sensors for Image Processing. International Journal of Innovative Research in Electrical, Electronics, Instrumentation and Control Engineering Vol. 3, Issue 12, December 2015
DOI:10.17148/IJIREEICE.2015.31240
5. Mikhail Konnik, James Welsh. High-level numerical simulations of noise in CCD and CMOS photosensors: review and tutorial, Faculty of Engineering and Built Environment, University of Newcastle, Australia 2014
<https://doi.org/10.48550/arXiv.1412.4031>
6. CMOS vs CCD: Why CMOS Sensors are Ruling the World of Embedded Vision
<https://www.edge-ai-vision.com/2023/04/cmos-vs-ccd-why-cmos-sensors-are-ruling-the-world-of-embedded-vision/>
7. Yang Cai, How Many Pixels Do We Need to See Things?, ICCS 2003
https://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-44863-2_105
8. CCD vs. CMOS Image Sensors in Machine Vision Cameras
<https://www.adimec.com/ccd-vs-cmos-image-sensors-in-machine-vision-cameras/>
9. Й. Й. Білинський, Аналіз сучасних багатоелементних фотоприймальних пристроїв та оптикоелектронних методів і засобів на їх основі, А7u8i9j ISSN 1997-9266, Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2005.