

УДК 621.391

О.В. Федорець, студент гр. ПІ-51-2, д.т.н., проф. Боровицький В.М.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

ОГЛЯД ГІПЕРСПЕКТРАЛЬНИХ КАМЕР ТА СИСТЕМ

Анотація. Гіперспектральні камери дозволяють отримати очне гіперспектральне зображення, що збирає і обробляє інформацію про електромагнітний спектр. Гіперспектральні камери можна класифікувати за типом хвиль та за діапазоном їх довжини. Гіперспектральні камери також входять до складу зйомочних гіперспектральних систем, що використовуються у космонавтиці, для досліджень у польових або у лабораторних умовах.

Ключові слова: гіперспектральна камера, аерознімальна бортова гіперспектральна система, польова гіперспектральна система, настільна гіперспектральна система.

ВСТУП

Вивчення гіперспектральних камер триває вже більше 30 років. За цей час знання в області гіперспектрального зображення розвинулись з теоретичного рівня до практичної розробки приладів, призначених для отримання гіперспектральних даних. Задачею гіперспектрального зображення є отримання спектру для кожного пікселя зображеної сцени, з метою знаходження об'єктів, визначення матеріалів, або здійснення процесів розпізнавання [1]. Експлуатаційні характеристики сучасних гіперспектральних камер забезпечують високу швидкість фіксації та дуже низький рівень шуму. Сьогодні існують камери на основі систем з плоскими лінзами, з сенсорами на основі дзеркального сканування та обертання, а також з сенсорами з переформатованими волокнами.

МЕТА РОБОТИ

Здійснити огляд технічних параметрів і функцій гіперспектральних камер з метою їх подальшої класифікації за категоріями, а також дослідити де і в яких сферах гіперспектральні камери можуть бути застосованими.

МАТЕРІАЛИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У гіперспектральних камерах є сенсор зображення з багатоспектральними смугами, що поєднують в собі колір і ближню інфрачервону візуалізацію. Вони створюють зображення з високою роздільною здатністю та накопичують набори даних з тією ж швидкістю, що і отримують знімки. Гіперспектральні камери фіксують кольори, використовуючи більше 150 спектральних смуг у діапазоні довжини хвиль від 3500 до 1700 нм та забезпечують максимальну роздільну здатність у форматі 3650x2,048 px (7 Мрх) [5]. Ці камери виводять та передають гіперспектральні зображення протягом декількох секунд за рахунок сканування, яке відбувається всередині камери у мініатюризованому відділі. Він обробляє зображення у режимі реального часу та передає його на комп'ютер.

Гіперспектральні камери успішно застосовуються у різних сферах, зокрема у медицині, а саме хірургії, у харчовій промисловості, сільському господарстві, приладобудуванні, машинобудуванні та ін. Аналіз отриманих зображень дозволяє провести детальний огляд та вирішувати багато завдань: моніторинг стану сільськогосподарської рослинності (в польових умовах); дослідження в

області клітинної біології; геологічне картографування; лабораторний аналіз мінералів та їх класифікація; сортування продуктів харчування і визначення їх якості; сортування твердих побутових відходів; визначення уражених ділянок мозку під час нейрохірургічних операцій; визначення осередків онкологічних захворювань внутрішніх органів; діагностика очних захворювань; контроль якості медичних препаратів в фармакології [4].

Гіперспектральні камери розрізняють за діапазонами довжини хвиль. Отже, за даним критерієм існують чотири типи гіперспектральних камер, технічні характеристики яких наведено у табл.1.:

1. Гіперспектральні камери ближнього ультрафіолетового діапазону (з діапазоном хвиль 350–800 нм)

Гіперспектральні камери для зйомки в ближній ультрафіолетовій (NUV - Near Ultraviolet) області спектру з діапазоном хвиль 350-800 нм. Такі камери мають високу просторову роздільну здатність. Вони обладнані призначеними для користувача високопродуктивним об'єктивами, оптимізованими для отримання ультрафіолетового зображення, які мають високу просторову роздільну здатність, охоплюють більш широкий спектральний діапазон. Характеризуються підсиленням відгуком в блакитній зоні спектра, відмінною температурною стабільністю [6].

2. Гіперспектральні камери короткого інфрачервоного діапазону (з діапазоном хвиль 450–950 нм)

Гіперспектральні камери короткого інфрачервоного діапазону (SWIR - Short-wavelength infrared) розподіляються на три типи. Гіперспектральні камери першого типу базуються на новітніх оптичних технологіях. Камери були розроблені для цілей високоточної зйомки, тому мають високу спектральну роздільність - 3600 spectra/cube. Змінні призми дозволяють вибирати різні варіанти діапазонів для зйомки.

Гіперспектральні камери другого типу є кадровими, нескануючими спектрометрами. Володіючи можливістю вести зйомку в ближній інфрачервоній зоні, камери можуть застосовуватися як в лабораторних, так і в польових умовах. Унікальний принцип роботи камер гарантує легке отримання гіперспектральних зображень, обробку в реальному режимі часу, аж до подання їх у вигляді відеоряду.

Гіперспектральні камери третього типу є найпростішими з усього набору кадрових камер. Вони поєднують в собі високу точність гіперспектральних камер з простотою зйомки, характерною для звичайних фотокамер. При використанні камер для аерофотозйомки весь обсяг даних передається на наземні станції в процесі польоту, що дозволяє швидко аналізувати зображення.

3. Гіперспектральні камери середнього інфрачервоного діапазону (з діапазоном хвиль 600–1000 нм)

Гіперспектральні камери середнього інфрачервоного діапазону (MWIR - Mid-wavelength infrared) базуються на технології однокристальної системі фільтрування. Зйомка ведеться у шістнадцяти або двадцяти п'яти спектральних каналах. Дані зберігаються на карту пам'яті. Є вбудований процесор, який дозволяє зберігати і автоматично обробляти отримані зображення. Додаткове

обладнання дозволяє встановлювати камеру на безпілотні літаючі апарати для проведення аерофотозйомки.

4. Гіперспектральні камери довгого інфрачервоного діапазону (з діапазоном хвиль 900-1700 нм)

Сюди відносять гіперспектральні камери для зйомки в дальній інфрачервоній (LWIR - Long-wavelength infrared) області спектра. До цієї категорії відносять також гіперспектральні камери для зйомки в дальній інфрачервоній області спектра з високою частотою отримання кадрів.

Таблиця 1. Технічні параметри гіперспектральних камер

№п/п	Параметри	Камери ультрафіолетового випромінювання	Камери інфрачервоного випромінювання		
			Камери з коротким діапазоном	Камери з середнім діапазоном	Камери з довгим діапазоном
1.	Спектральний діапазон, нм	350-800	450-950	600-1000	900-1700
2.	Спектральна роздільна здатність, нм	2,5	20	4	5,5
3.	Число спектральних каналів	184	16-25	125	180
4.	Радіометрична роздільна здатність, біт/піксель	12	10	12	14
5.	Максимальна частота кадрів, кадри/сек	67	145	180	250
6.	Ступінь спектрального викривлення, $\mu\text{м}$	4	2	5	10
7.	Характеристика світлової плями, $\mu\text{м}$	8	7	6	10

Гіперспектральні камери часто входять до складу гіперспектральних знімальних систем. Серед них виділяють аерознімальну, польову і настільну гіперспектральні системи.

Аерознімальна бортова гіперспектральна система (Airborne Hyperspectral Imaging Systems) – це бортова система повністю укомплектована обладнанням і програмним забезпеченням, необхідним для отримання геоприв'язаних просторових гіперспектральних даних [3]. Вона містить в собі гіперспектральну камеру, програмне забезпечення для трансформувannya знімків, комп'ютер для зберігання даних, службове програмне забезпечення для обробки і аналізу гіперспектральних даних, інерційну навігаційну систему GPS / IMU, що забезпечує точність позиціонування даних, гнучку систему монтажу сенсора і ін. Бортові системи зазвичай компактні можуть бути встановлені як на пілотованих, так і на безпілотних апаратах. Сервісне обслуговування передбачає радіометричне і спектральне калібрування отриманих зображень.

Польова гіперспектральна знімальна система (Field Hyperspectral Imaging Systems). Змонтована на штативі, польова гіперспектральна система призначена для використання на місцевості (поза приміщенням). Система включає в себе гіперспектральну камеру, штатив з ноутбуком, що обертається, сканувальний

пристрій, блок живлення, програмне забезпечення для обробки і аналізу гіперспектральних даних, модуль для радіометричного калібрування [2].

Настільна лабораторна гіперспектральна знімальна система (Benchtop Hyperspectral Imaging Systems). Настільна система включає в себе гіперспектральну камеру, монтажну стійку, освітлювальне обладнання, сканувальний пристрій, блок живлення, програмне забезпечення для обробки і аналізу гіперспектральних даних, модуль для калібрування.

ВИСНОВКИ

Гіперспектральні камери використовуються у різних сферах, в тому числі у медицині, а саме хірургії, офтальмології, фармакології, у харчовій промисловості, геології, біології, сільському господарстві, приладобудуванні, машинобудуванні та ін. Аналіз гіперспектральних камер за їх властивостями, діапазоном довжини хвиль і за типом хвиль дозволяє прийти до висновку, що гіперспектральні камери можна класифікувати за чотирма категоріями: гіперспектральні камери ближнього ультрафіолетового діапазону (350-800 нм), короткого інфрачервоного діапазону (450-950 нм), середнього інфрачервоного діапазону (600-1000 нм) та довгого інфрачервоного діапазону (900-1700 нм).

Гіперспектральні камери входять до складу гіперспектральних зйомочних систем: аерознімальних бортових гіперспектральних систем, польових гіперспектральних знімальних систем, настільних лабораторних гіперспектральних, знімальних систем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Chang, C. I. (2003). Hyperspectral imaging: techniques for spectral detection and classification (Vol. 1). Springer Science & Business Media.
- [2] Cloutis, E. A. (1996). Review article hyperspectral geological remote sensing: evaluation of analytical techniques. International Journal of Remote Sensing, 17(12), 2215-2242.
- [3] Goetz, A. F., Boardman, J. W., Kindel, B. C., & Heidebrecht, K. B. (1997, October). Atmospheric corrections: on deriving surface reflectance from hyperspectral imagers. In Imaging Spectrometry III (Vol. 3118, pp. 14-23). International Society for Optics and Photonics.
- [4] Hagen, N. A., & Kudenov, M. W. (2013). Review of snapshot spectral imaging technologies. Optical Engineering, 52(9), 090901.
- [5] Landgrebe, D. (1999). Information extraction principles and methods for multispectral and hyperspectral image data. Information processing for remote sensing, 82, 3-38.
- [6] Muhammed, H. H. (2005). Hyperspectral crop reflectance data for characterizing and estimating fungal disease severity in wheat. Biosystems Engineering, 91(1), 9-20. [0].

Наук. керівник – д.т.н., проф. Боровицький В. М.

