



ИППИ РАН

Ректификация гиперспектральных изображений с опорным RGB фото

Терехова Ольга (ИППИ РАН, МФТИ)

Научный руководитель: Д.С. Сидорчук (ИППИ РАН)

18 марта 2025

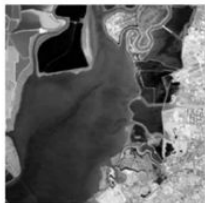


ИППИ РАН

Гиперспектральный мониторинг поверхности Земли

Для каждого пикселя гиперспектрального изображения (далее -- ГСИ) доступны интенсивности для сотен или тысяч каналов с не пересекающимися друг с другом функциями спектральной чувствительности.

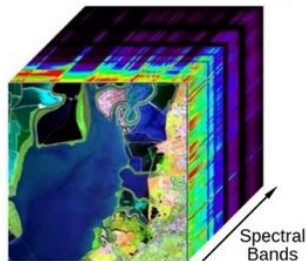
Single Band



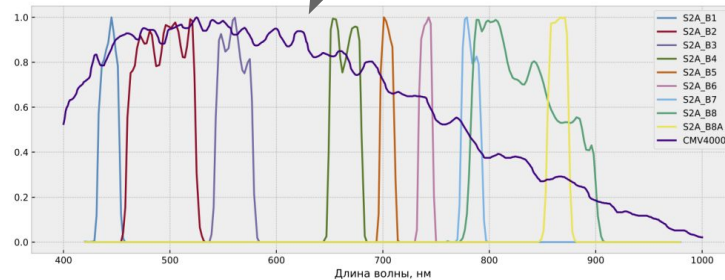
Multispectral



Hyperspectral



Объединённые спектры чувствительности для каналов ГСИ



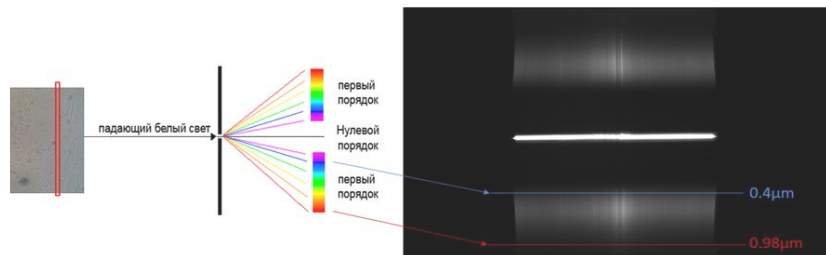
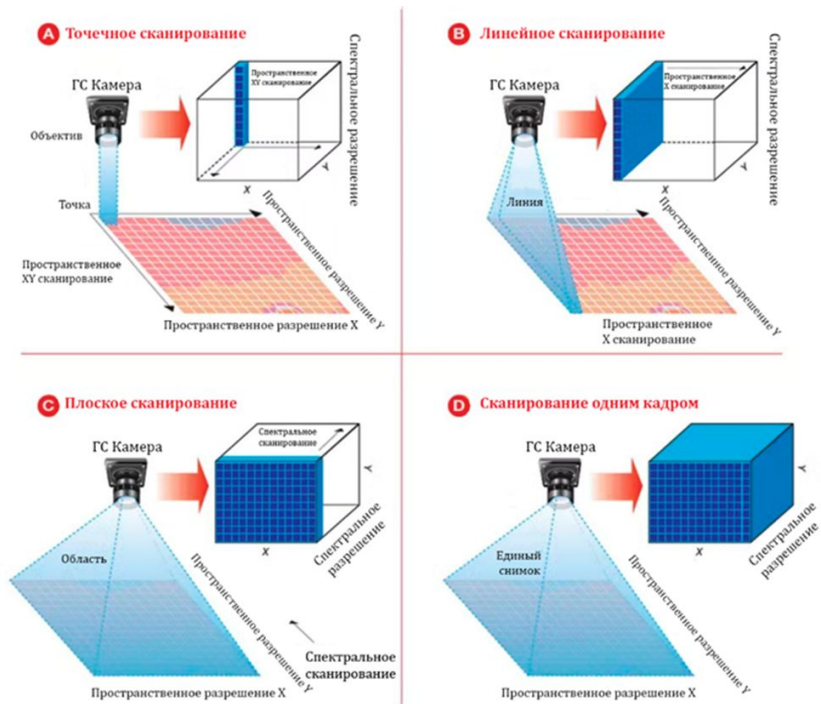
Функции чувствительности каналов мультиспектрального сенсора Multispectral Instrument и единая спектральная чувствительность гиперспектрального сенсора.

ГСИ предоставляют существенно более богатую информацию о поверхности, нежели чем обычная RGB или мультиспектральная съёмка.



ИППИ РАН

Принцип работы гиперспектральной камеры



Мы работаем с камерами линейного сканирования. Они позволяют получать разложение света в спектр для узкой полосы при помощи дифракционной щели.

При этом один кадр имеет размерность $W \times 1 \times N_{ch}$, где N_{ch} — число каналов.



ИППИ РАН

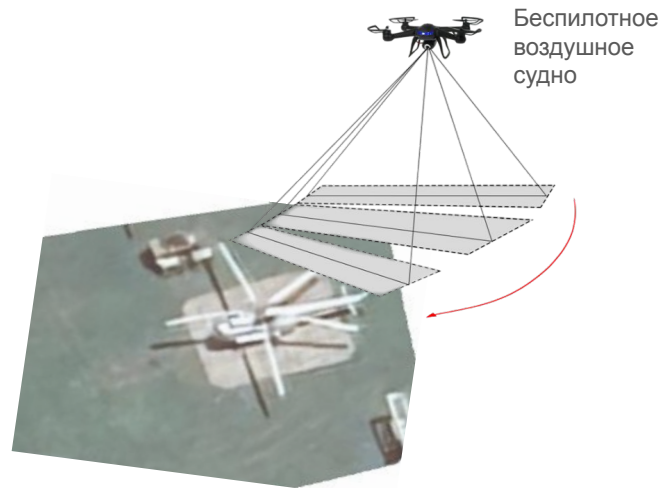
Формирование гиперспектрального изображения

За полёт беспилотное воздушное судно (БВС) регистрирует набор кадров ГСИ, из которых необходимо сформировать одно ГСИ, согласованное с системой координат местности.

Задача сводится к поиску параметров геометрических преобразований, сопоставляющих снятые кадры ГСИ с системой координат в плоскости Земли.

Наиболее популярное решение - использование данных телеметрии.

Щелевая ГС-камера при сканировании движется **неравномерно**





ИППИ РАН

Формирование гиперспектрального изображения

Проблемы:

- Неточность инерциальных датчиков, что приводит к искажениям фрагментов изображения
- Неравномерность движения приводит к неравномерному покрытию местности снимками и существенным площадям, где данных ГСИ нет.

Современные исследования направлены на устранение артефактов, вызванных неточными преобразованиями.



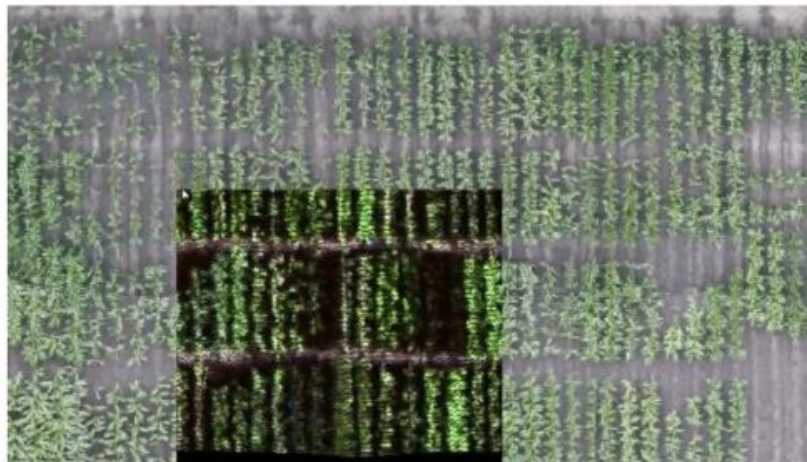
Пример сформированного изображения с наличием артефактов



Существующие методы

Задачу можно упростить, если предполагать, что существует снимки с борта БВС, сделанные двумерным сенсором, но с меньшим числом каналов (например, RGB камерой).

Эти данные можно использовать как опорные изображения для выравнивания и сопоставления.



Пример сопоставления снимков, сделанных двумя разными сенсорами: на снимок, сделанный на RGB-камеру, наложен участок, снятый ГС-камерой

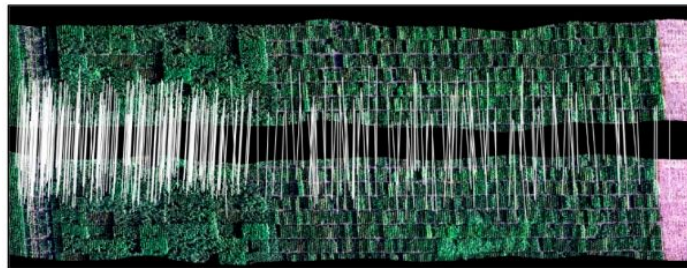
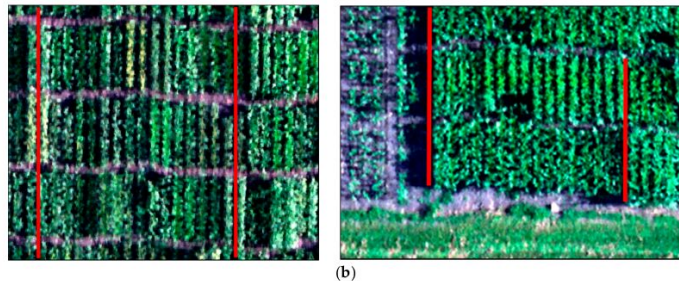
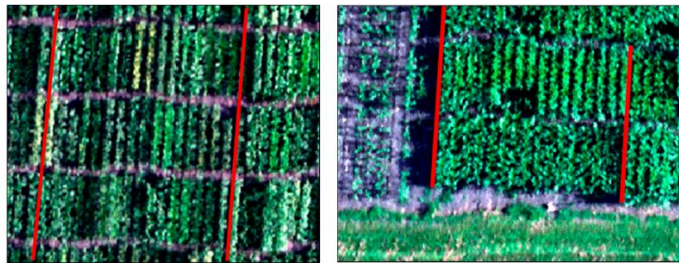


Существующие методы

В работе [1] метод основывается на автоматическом поиске прямых линий на RGB изображении, и модификации ГС изображения для выравнивания найденных линий.

Недостаток метода: изображение не всегда содержит достаточное количество прямых линий, присутствуют ложные срабатывания.

[1] Habib A. et al. Automated ortho-rectification of UAV-based hyperspectral data over an agricultural field using frame RGB imagery //Remote Sensing. – 2016. – Т. 8. – №. 10. – С. 796.





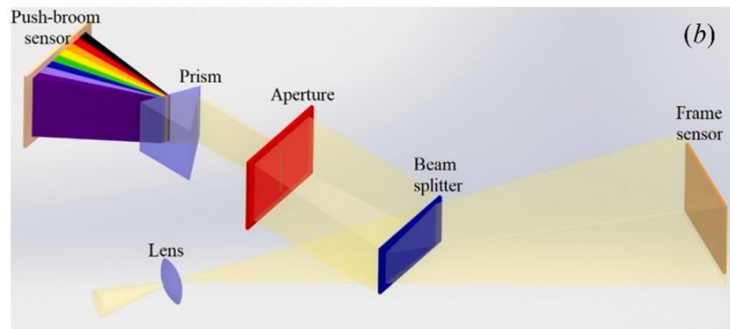
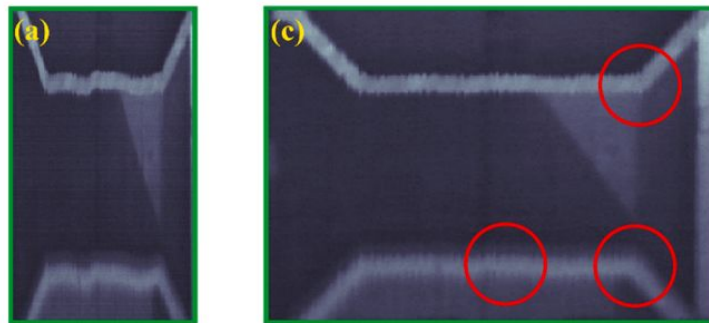
ИППИ РАН

Существующие методы

В работе [2] авторы используют синхронную съемку RGB и ГС изображений, что позволяет точно определить местоположение ГС-полоски на RGB снимке.

При помощи автоматического поиска ключевых точек RGB изображения сшиваются в единую сцену, после чего на неё проецируются ГС-полоски.

Проблема: метод работает только для камер специфичной конструкции, гарантирующих синхронность съемки.



[2] Khezrabad M. A., Zoej M. J. V., Safdarinezhad A. A new approach for geometric correction of UAV-based pushbroom images through the processing of simultaneously acquired frame images //Measurement. – 2022. – T. 199. – C. 111431.



ИППИ РАН

Сопоставление в модели однопараметрических искажений

В предположении, что необходимое преобразование имеет в качестве параметров только сдвиги и не требует поворота, можно свести задачу к известной задаче динамического программирования о выравнивании временной шкалы (dynamic time wrapping — DTW).



Алгоритм динамической трансформации временной шкалы (DTW)

- Построить матрицу невязок d
 - в каждой ячейке $d_{i,j}$ невязка i -го столбца ГСИ, сдвинутого на j , со столбцом опорного изображения
- Построить матрицу накопленных стоимостей D
 - минимальные стоимости для достижения каждой точки (i, j) в матрице невязок:
- Оценить путь с минимальной суммарной стоимостью:
 - для каждой ячейки i, j находим минимальную стоимость среди элементов в предыдущей строке
- Применить сдвиги, лежащие на оптимальном пути



Стадии предлагаемого метода

1. получить на вход RGB-изображение и ГС-данные;
2. усреднить каналы RGB-изображения, получив одноканальное опорное изображение L;
3. выбрать C^* : репрезентативный канал ГС-данных, на основе которого будет производится выравнивание;
4. для каждого столбца C^* рассмотреть все возможные сдвиги в некотором диапазоне и вычислить невязку со столбцами опорного изображения, получив в результате матрицу невязок;
5. на основе матрицы невязок построить матрицу трансформаций и вычислить оптимальный путь трансформации методом DTW;
6. применить для каждого столбца сдвиг, соответствующий оптимальному пути трансформации, найденному на предыдущем шаге



ИППИ РАН

Дальнейшие планы

- Реализация и тестирование алгоритма на открытых наборах данных. Уже найден датасет *High-resolution hyperspectral images of Council, Alaska 2019*.
- Поиск готовых реализаций или реализация других алгоритмов для сравнения с нашим методом.

