



# ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДИСТОРСИИ КАМЕРЫ НА ТОЧНОСТЬ КОМБИНИРОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ С БОРТА МКС

---

Ломако А.А.<sup>1</sup>, Беляев Б.И.<sup>1</sup>, Рассказов И.В.<sup>2</sup>, Беляев М.Ю.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>НИИ Прикладных физических проблем имени А. Н. Севченко БГУ, Минск, Беларусь

<sup>2</sup>ПАО «РКК «Энергия», Королев, Российская Федерация

2022



# Аннотация



В рамках проведения космического эксперимента «Ураган» на Международной космической станции (МКС) осуществляет работу система ориентации видеоспектральной аппаратуры (СОВА), основной функцией которой является автоматизация процесса измерений оптических характеристик подстилающих поверхностей при выполнении мониторинга земной поверхности на основе метода прогнозирования углов ориентации научной аппаратуры при съемке с борта станции.

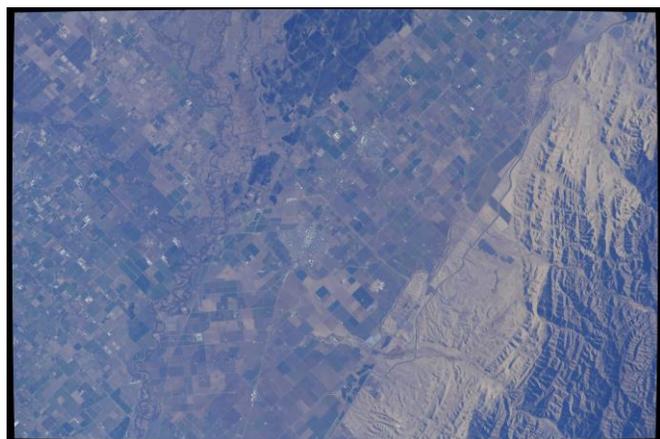
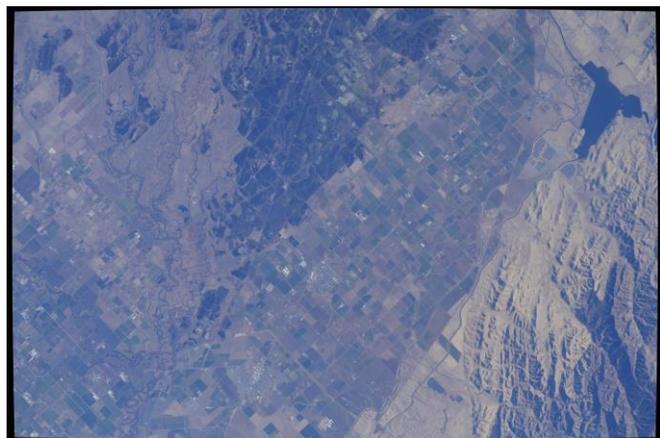
Одним из вариантов использования СОВА является установка на нее фотоаппарата Nikon D5 с объективами различного вида и последующая автоматическая съемка объектов земной поверхности, расположенных в заданных координатах. После завершения съемки данные, зарегистрированные фотоаппаратом, нуждаются в обработке и географической привязке. Одним из этапов постобработки может являться комбинирование изображений близлежащих территорий с целью получения одного «сшитого» изображения вместо ряда изображений.



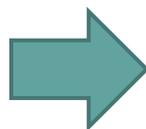
**ЛО СОВА-1-426 с установленным фотоаппаратом**



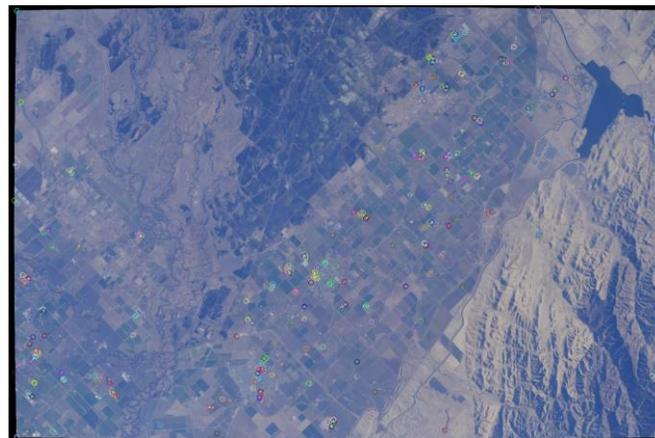
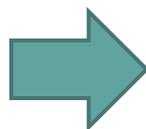
# Комбинирование изображений



Исходные изображения



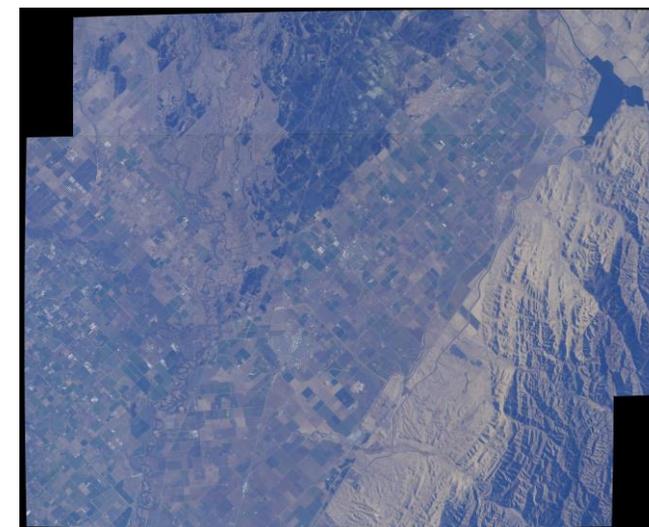
OpenCV  
ORB+FREAK



Изображения с особыми точками



OpenCV  
Matching



Сшитое изображение



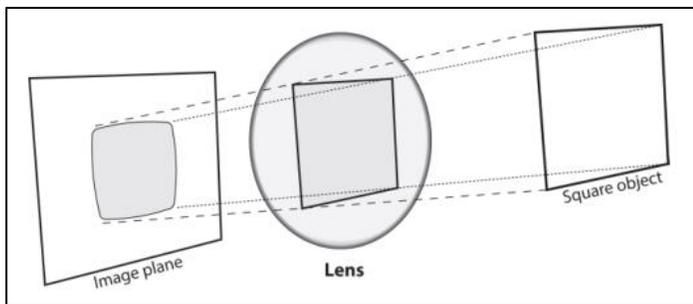
# Коррекция дисторсии на изображениях



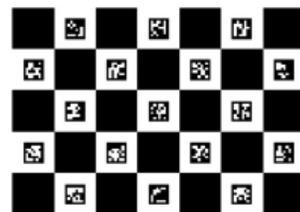
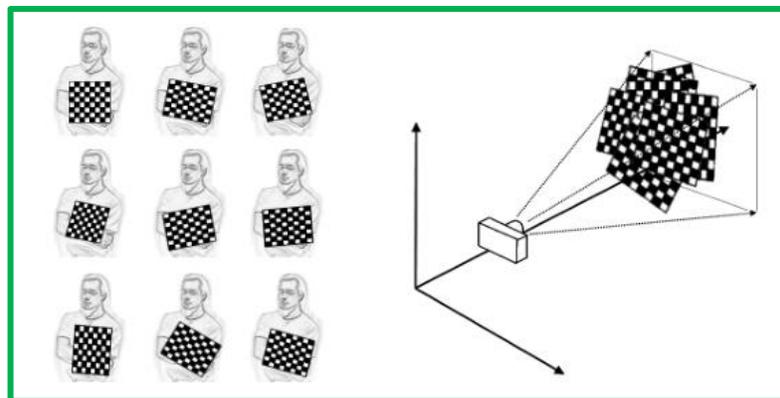
## Дисторсия камеры

### Радиальная

Результат неправильной формы линзы



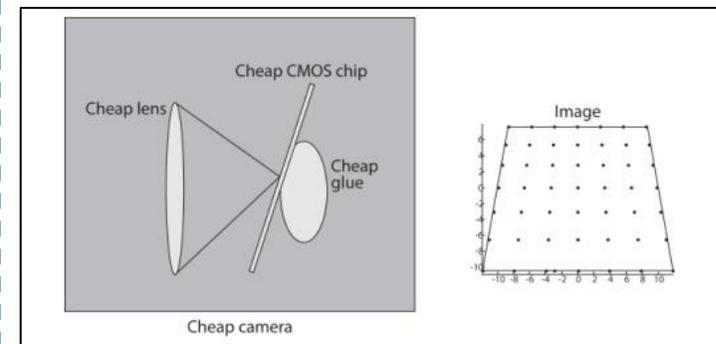
### Определение параметров



Метод калибровки:  
**ChArUco**  
(Chessboard + ArUco)

### Тангенциальная

Результат дефектов сборки камеры в целом

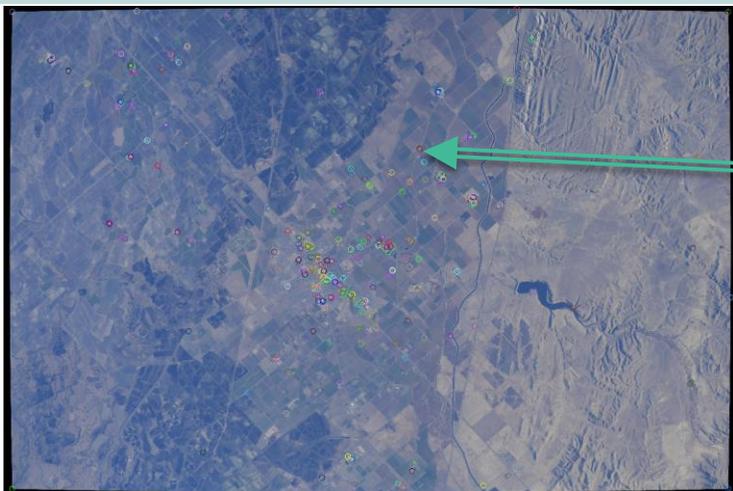




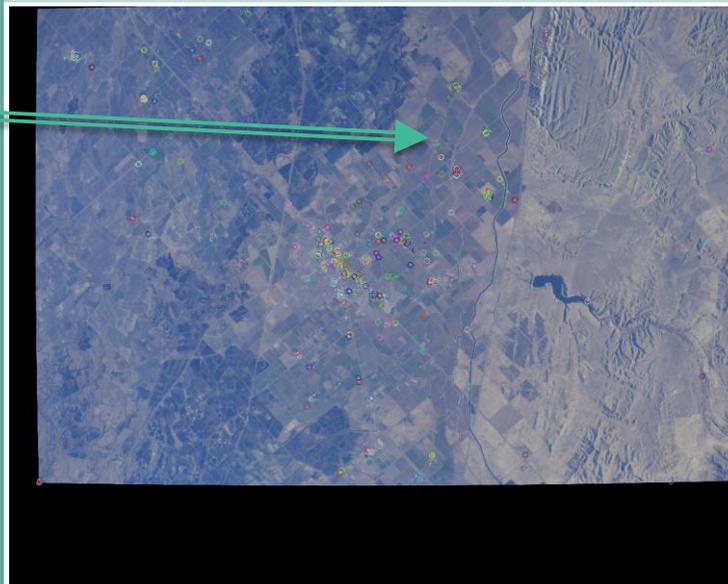
# Оценка точности комбинирования



Исходная пара изображений



Трансформированное изображение



$R_i$

СКО смещения особых точек:

$$E = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=0}^{N-1} (R_i - \bar{R})^2}$$

$N$  – количество особых точек

Результаты анализа

СКО для данных без коррекции дисторсии	СКО для данных с коррекцией дисторсии
3,34 пк	2,24 пк
Дисперсия отклонения для данных без коррекции дисторсии	Дисперсия отклонения для данных с коррекцией дисторсии
2,86 пк	0,64 пк



# Результаты



Среднеквадратичное значение ошибки комбинирования двух изображений по всему ряду данных составляет 2,24 пк для изображений с проведенной коррекцией дисторсии и 3,34 пк без нее. При этом дисперсия величины ошибки комбинирования также уменьшается с 2,86 до 0,63 пк в случае применения методики коррекции. Таким образом, учет дисторсии камеры в среднем повышает точность комбинирования изображений, полученных с борта МКС при использовании камеры Nikon D5 с объективом AF-S Nikkor 200-400мм, на 33%. Стоит отметить, что в случае, если комбинируемые изображения смещены друг относительно друга незначительно (на расстояние менее 50 пк), дисторсия не оказывает такого влияния. Среднее значение ошибки комбинирования в данной ситуации составляет ~1,5 пк и для данных с коррекцией дисторсии, и для данных без коррекции.