



Перспективы применения КМОП- матриц с фильтром Байера в аппаратуре ДЗЗ

Никитин Андрей Александрович
к.т.н. Квитка Василий Егорович





Структура доклада



01

Рынок КМОП фотоприёмников

Типы фотоприемников
Преимущества

02

Фильтр Байера

Основные принципы
Алгоритмы демозаики

03

Перспективы применения в ДЗЗ

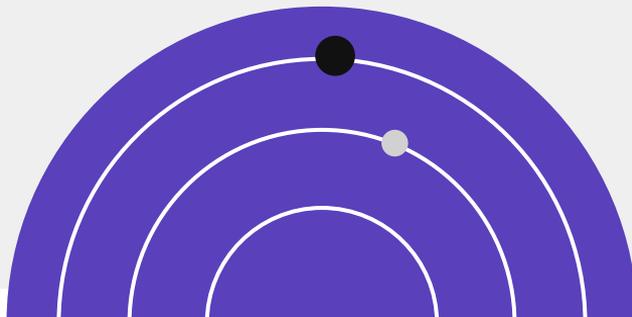
Современный опыт
Университетские кубсаты





01

Рынок КМОП фотоприёмников

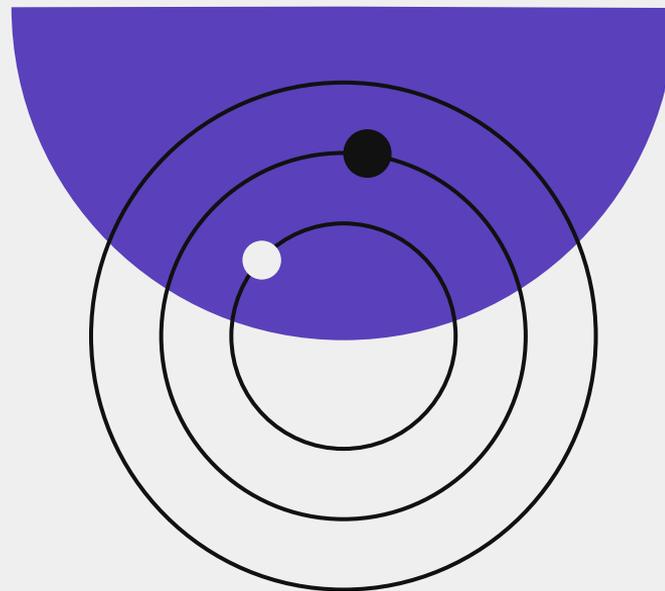


Что может дать КМОП?

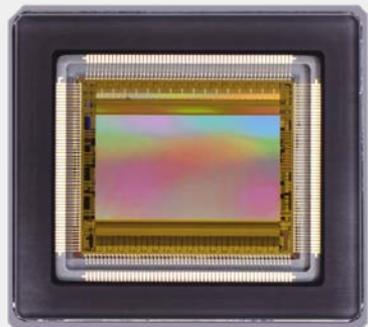
Современные КМОП фотоприёмники обладают следующими преимуществами:

- Разнообразный формат
- Выделение области интереса
- Стоимость
- Высокая кадровая частота

Также, доступность с учётом санкционных ограничений

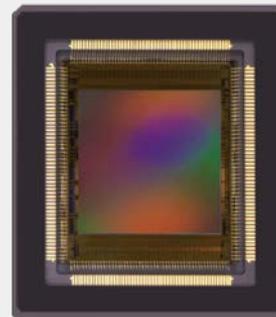


Тип матрицы: ЧБ и Цвет



GSENSE2011-BSC

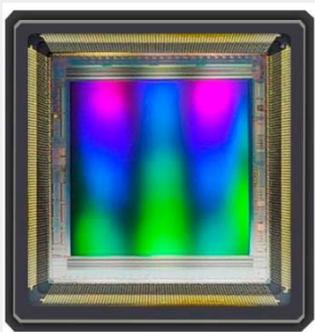
6.5 мкм матрица с высокой чувствительностью в ИК диапазоне с фильтром Байера



GSENSE2020s-BSM

6.5 мкм матрица с высокой чувствительностью в ИК диапазоне без фильтра Байера

Тип матрицы: Разрешение



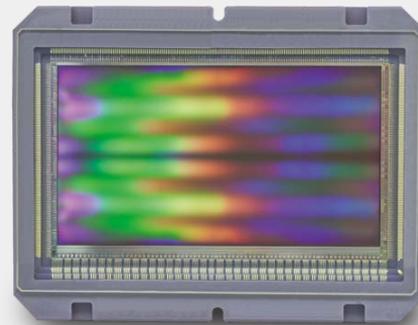
GM AX0505

Разрешение матрицы
5120×5120 пикселей
или 26.21 МП



GM AX4651

Разрешение матрицы
8424×6032 пикселей
или 50.81 МП



GM AX32152

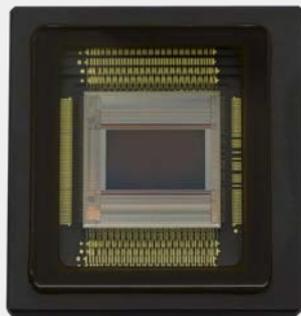
Разрешение матрицы
16556×9200 пикселей
или 152 МП

Тип матрицы: Кадровая частота



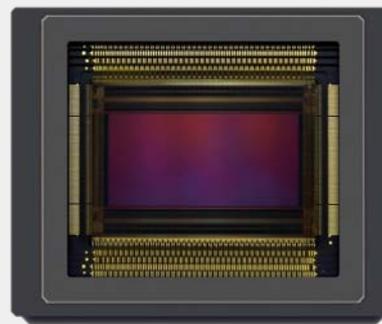
**GSPRINT
6502BSI**

Максимальная
кадровая частота
2941 Гц + BSI



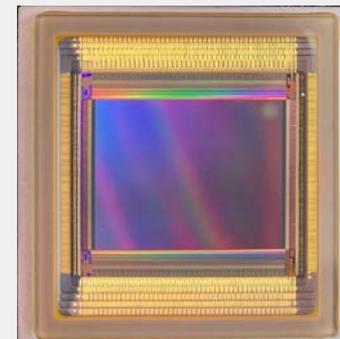
**GSPRINT
4502**

Максимальная
кадровая частота
3462 Гц



**GSPRINT
4510**

Максимальная
кадровая частота
1928 Гц



**GSPRINT
4521**

Максимальная
кадровая частота
1000 Гц

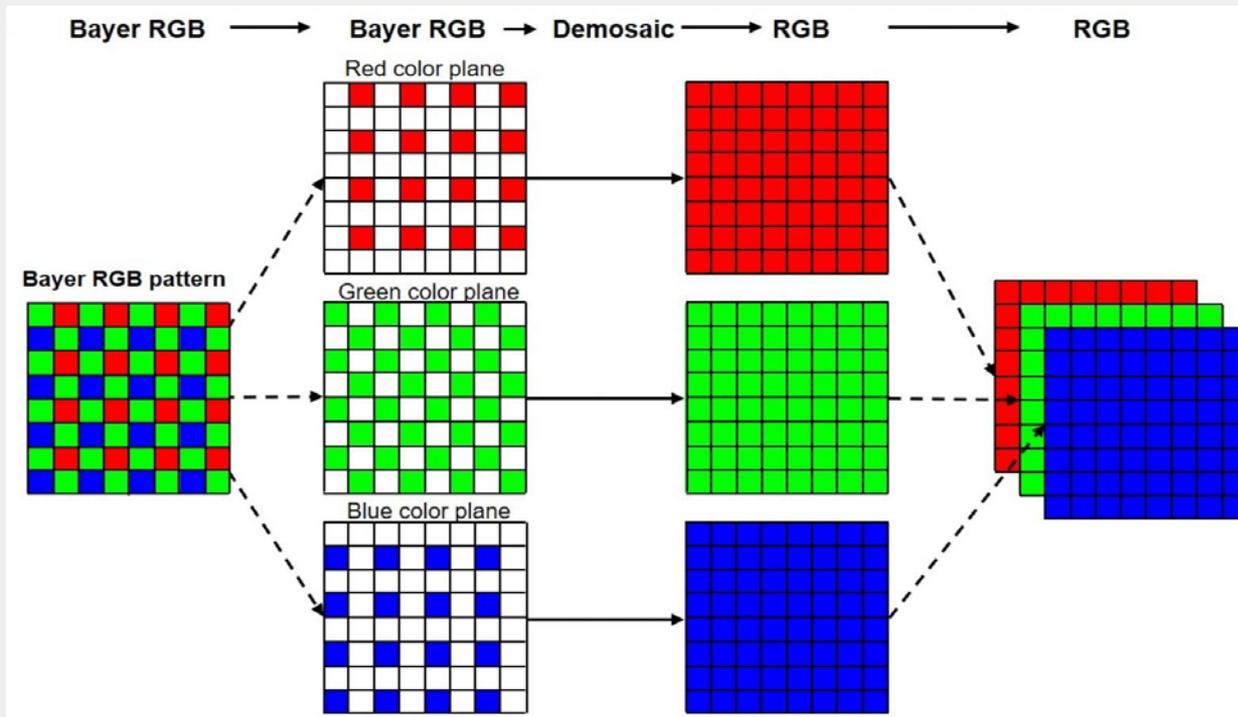


02

Фильтр Байера



Общий принцип работы



Процедура перехода от изображения в структуре Байера к цветному изображению RGB



Виды алгоритмов

Неадаптивные

- Nearest Neighbor Replication
- **Bilinear Interpolation**
- Cubic Convolution Interpolation
- Smooth Hue Transition и т.п.

Адаптивные

- Interpolation Color Correction
- Edge Sensing Interpolation
- Pattern Recognition Interpolation и т.п.



reen:

$$G5=(G2+G4+G6+G8)/4$$

ed:

$$R2=(R1+R3)/2$$

$$R4=(R1+ R7)/2$$

$$R5=(R1+R3+R7+R9)/4$$

lue:

Similarly to red

Биленная интерполяция



	G2	
G4	G5	G6
	G8	

1) Green:

$$G5=(G2+G4+G6+G8)/4$$

2) Red:

$$R2=(R1+R3)/2$$

$$R4=(R1+ R7)/2$$

$$R5=(R1+R3+R7+R9)/4$$

3) Blue:

Similarly to red

R1	R2	R3
R4	R5	R6
R7	R8	R9



а



б

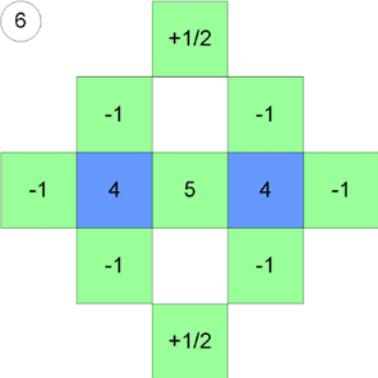


в

г

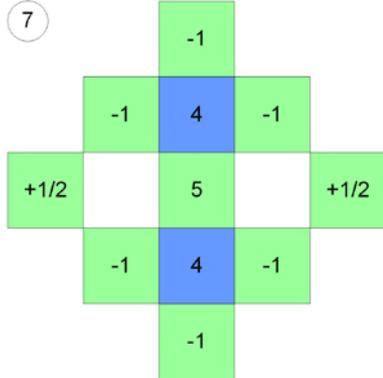
Метод биленной интерполяции (а), исходное (б), результат работы фильтра Байера (в), восстановленное биленной интерполяцией изображение (г)

6



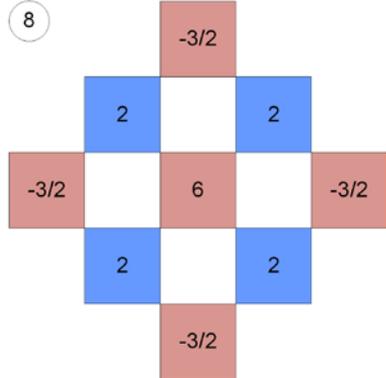
В на зеленом
ряд В, столбец R

7



В на зеленом
ряд R, столбец В

8

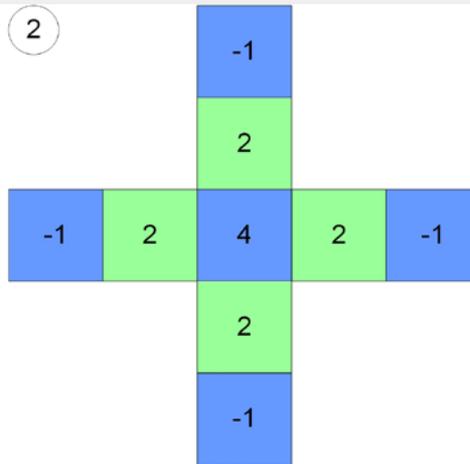


В на голубом
ряд R, столбец R

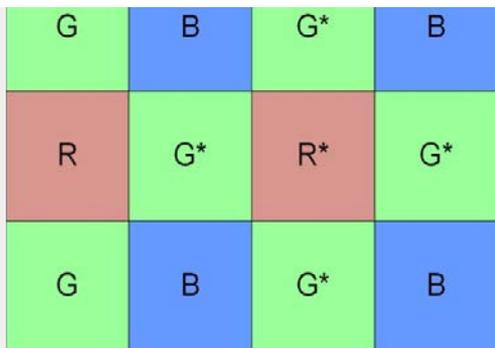
Маски (G)



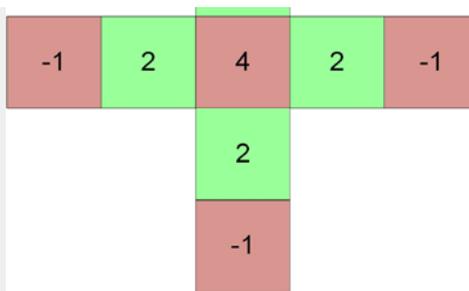
2



G в точках B



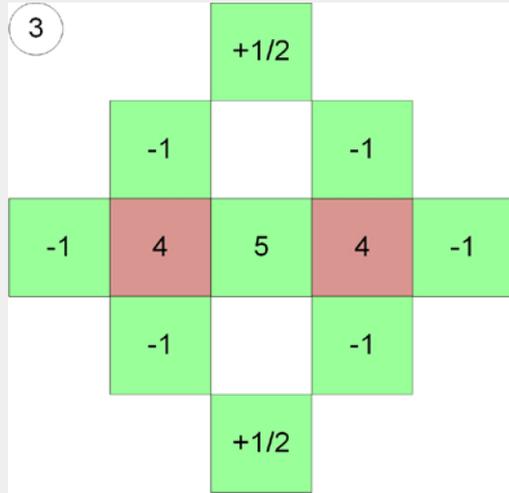
Фильтр Байера
RGGB



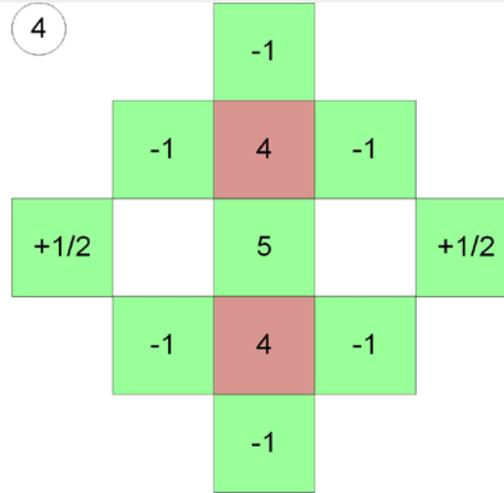
G в точках R

Маски фильтрации

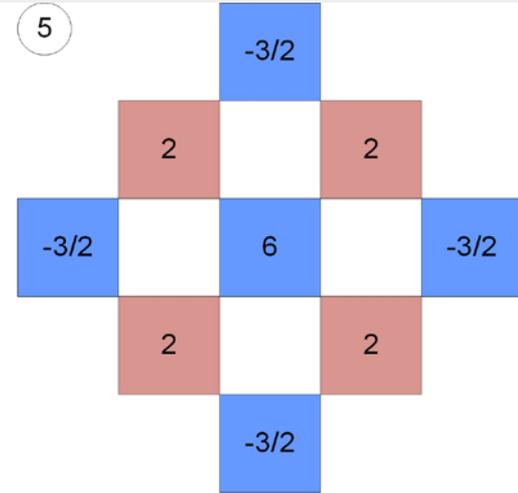
Оцениваемый метод демозаики (R)



R на зеленом,
ряд R, столбец B



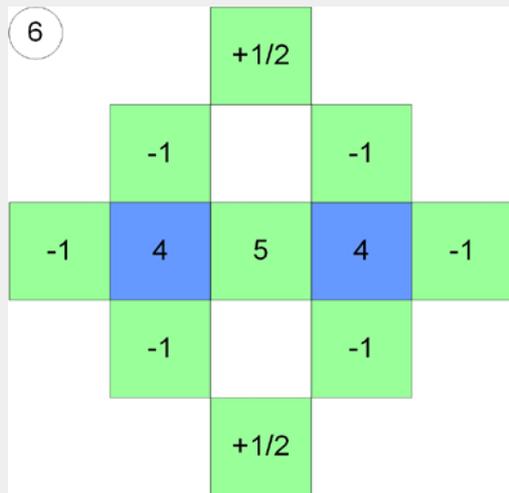
R на зеленом,
ряд B, столбец R



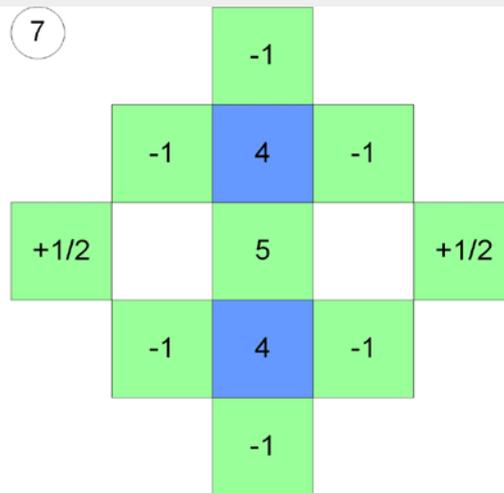
R на голубом,
ряд B, столбец R

Маски фильтрации

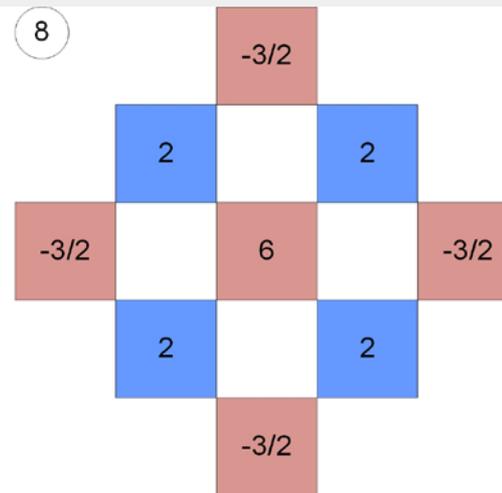
Оцениваемый метод демозаики (B)



В на зеленом
ряд В, столбец R



В на зеленом
ряд R, столбец B

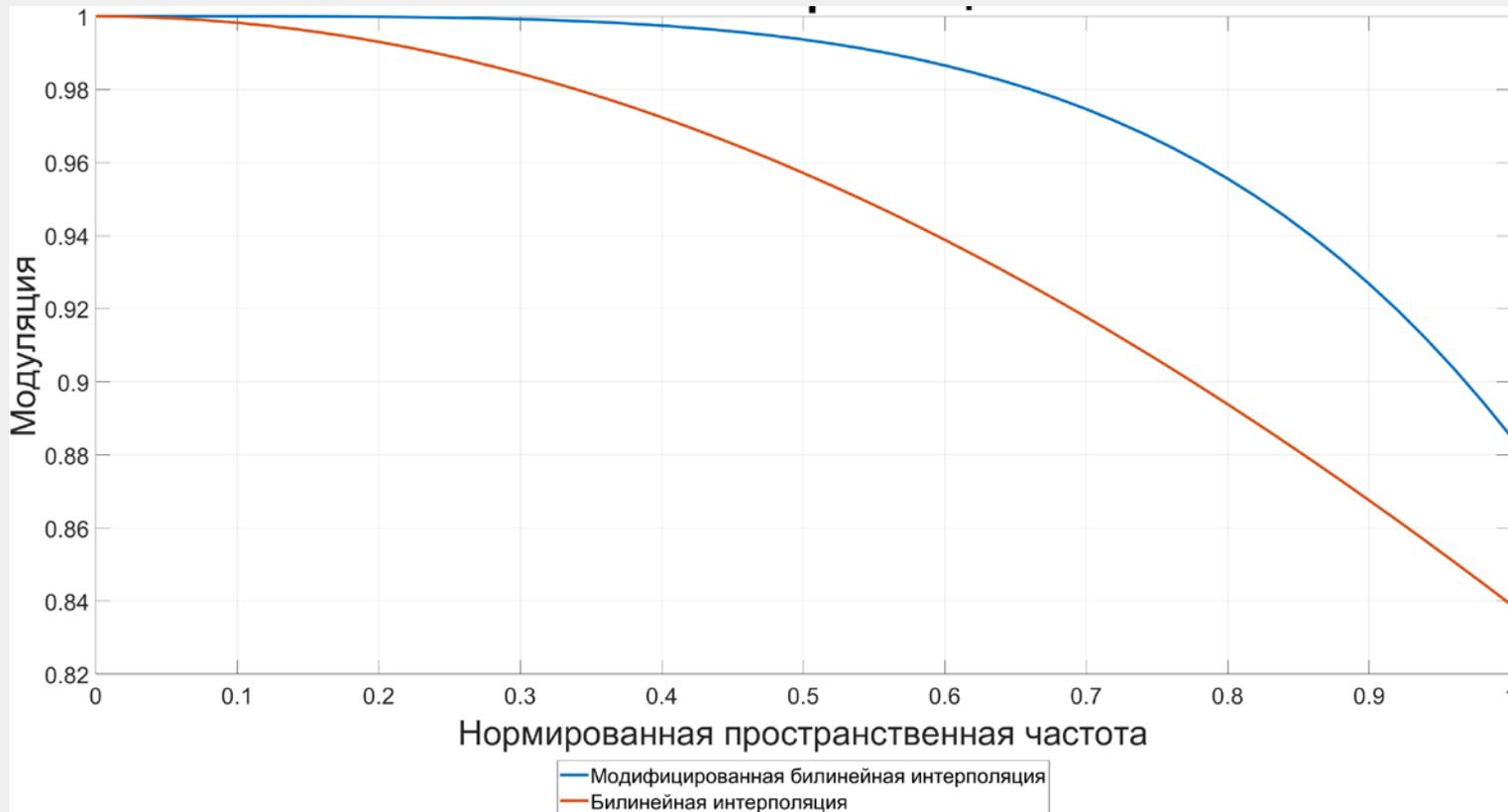


В на голубом
ряд R, столбец R

Маски фильтрации



ФПМ Интерполяции



реализации



а



б

Пример реализации алгоритма: а - исходное изображение,
б – восстановленное изображение



03

Перспективы применения в ДЗЗ

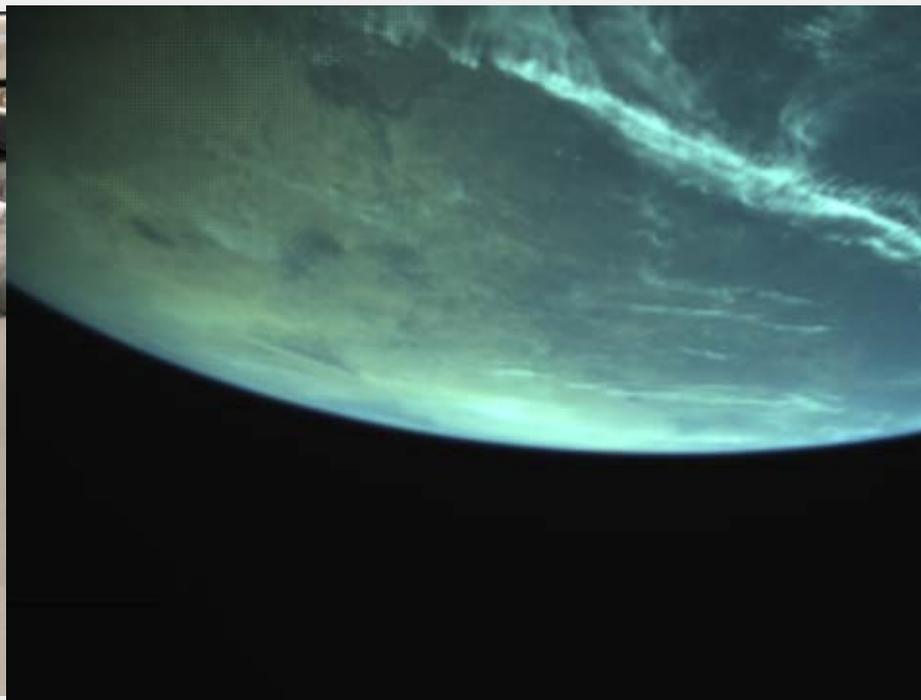




RoseyCubesat-1

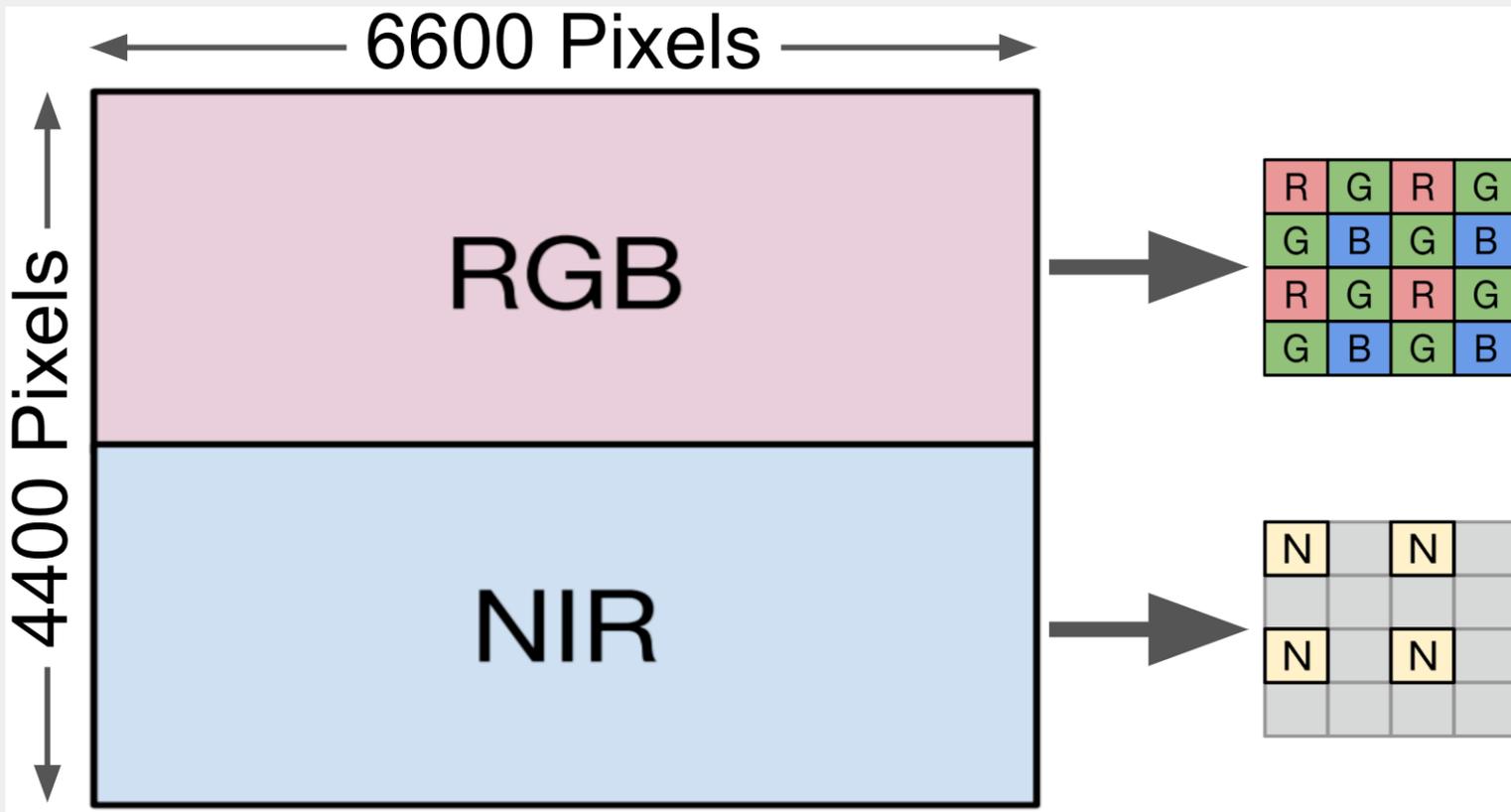


Кубсат с фильтром Байера



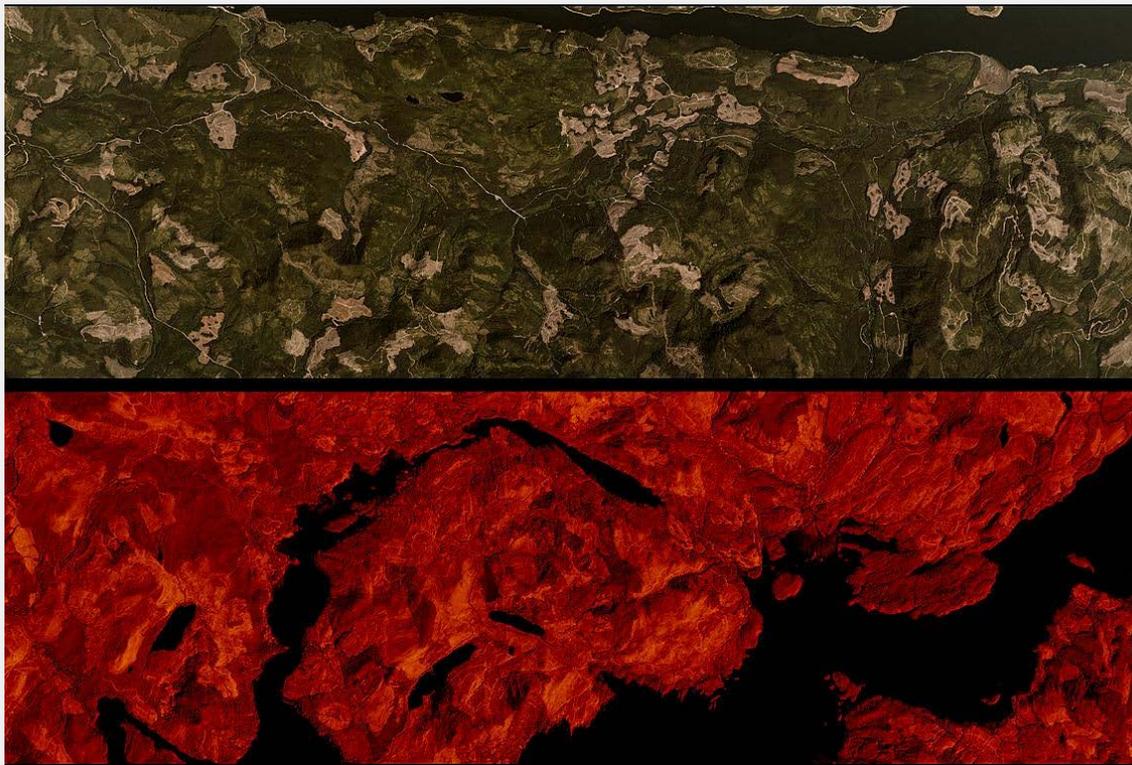
Обработанное изображение

PlanetScope





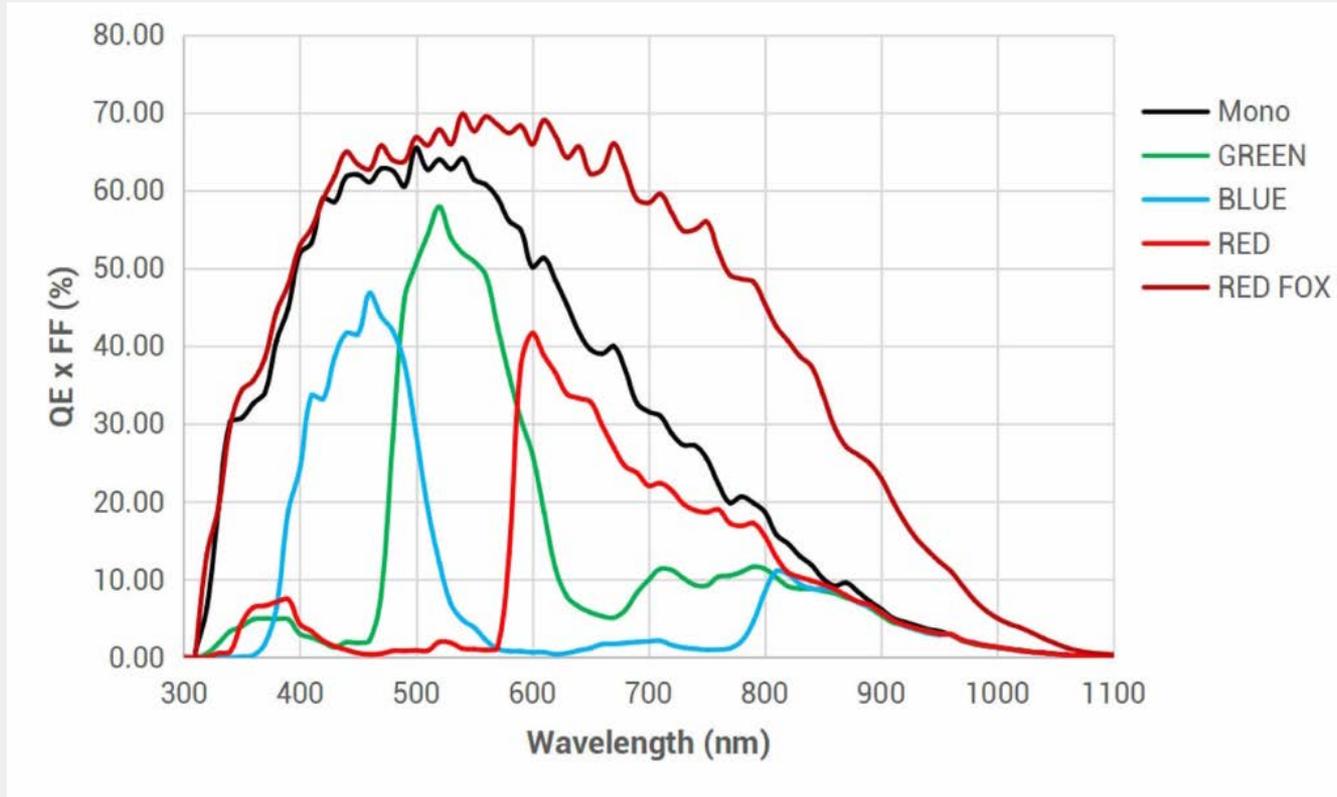
PlanetScope



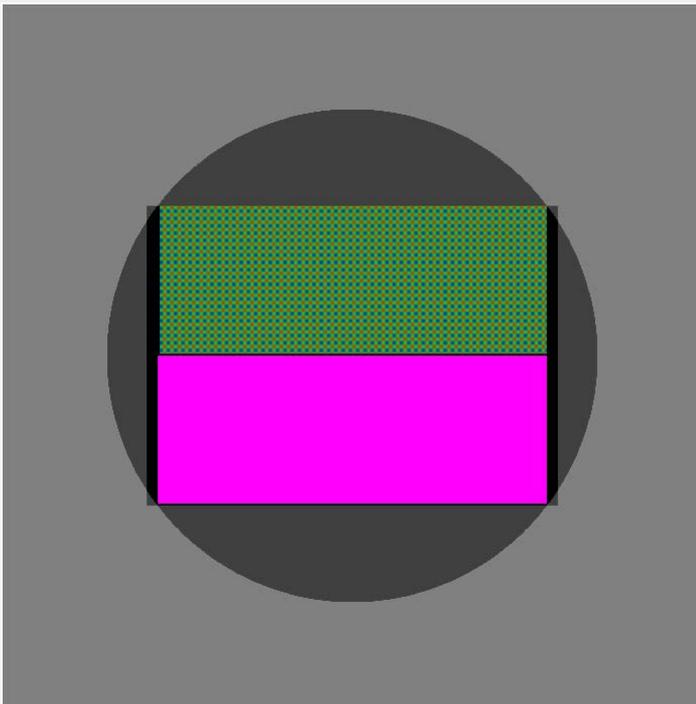
Пример обработанного результата



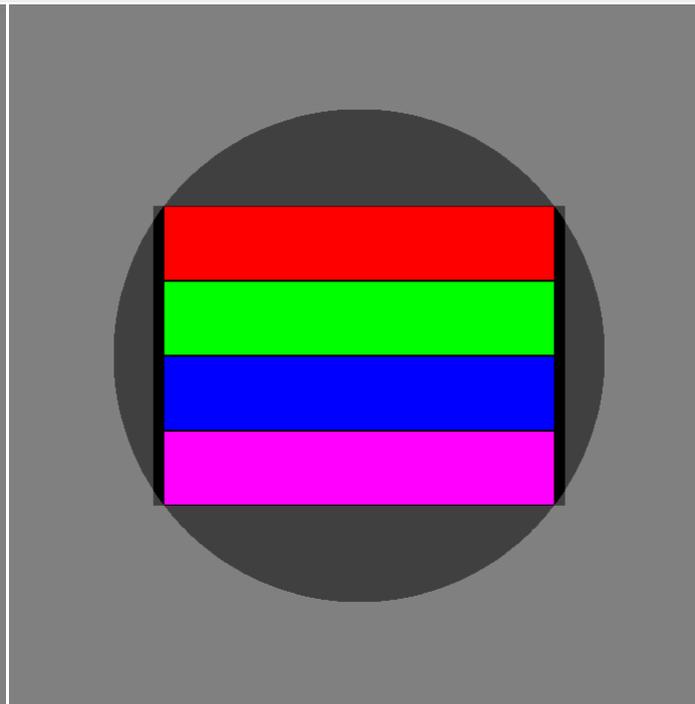
Как применить КМОП в БИК



МФТИ в проекте НТИ

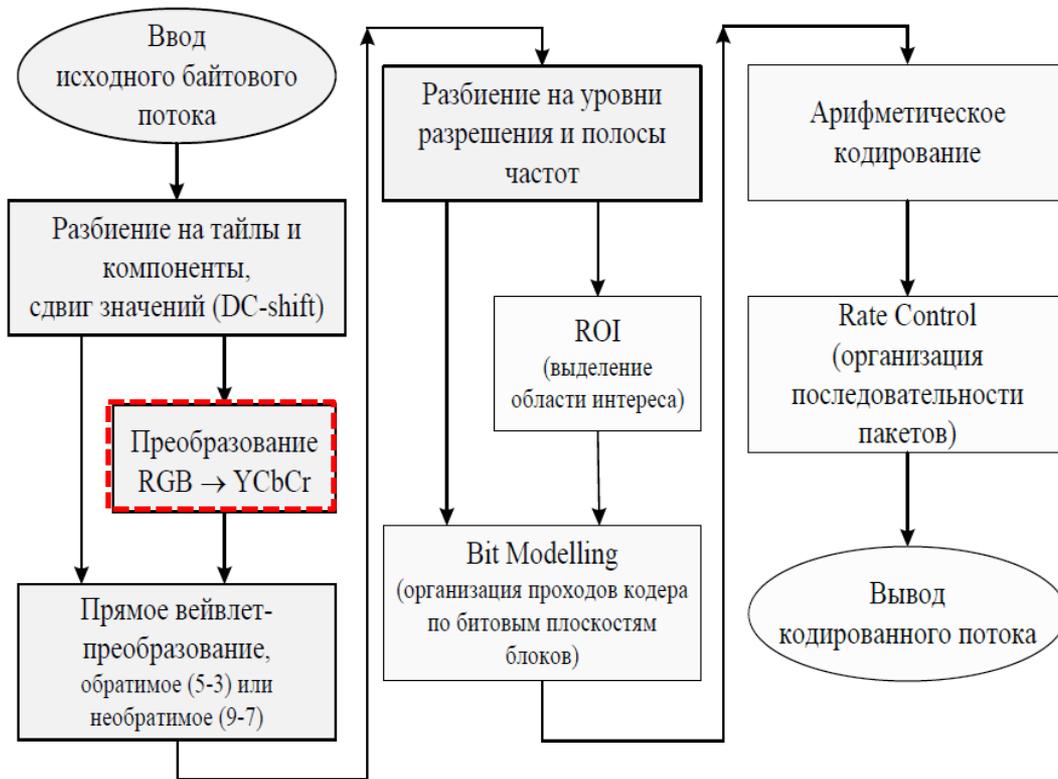


Вариант с применением
фильтра Байера



Вариант с применением
интерференционных СФ

Преимущества при сжатии JPEG2000





Недостатки КМОП с фильтром Байера

- Сложность реализации дополнительных спектральных каналов;
- Ухудшение разрешения в сравнении с ЧБ;
- Возникновение артефактов;
- Вероятность возникновения фиолетовых бликов из-за особенностей расположения зелёных пикселей;
- Шум на изображении, особенно при низкой освещённости;
- Медленная скорость считывания, что может привести к смазыванию изображения при съёмке быстро движущихся объектов.



Заключение



Данный анализ показывает перспективы применения КМОП фотоприёмников с фильтром Байера для решения задач ДЗЗ с помощью МКА.

- Современный рынок даёт возможность реализовать разнообразные методы и подходы для работы с кубсатами и МКА.
- Существует возможность реализовывать алгоритмы демозаики слабо влияющие на разрешение итоговой системы.
- В мире существуют лётные аналоги с КМОП, однако в России данный тренд появился недавно.



Список литературы



- 1.) Бирюков Евгений Эволюция датчиков изображения: от ПЗС к КМОП // Компоненты и Технологии. 2007. №75.
- 2.) Malvar, Henrique & He, Li-wei & Cutler, Ross. (2004). High-quality linear interpolation for demosaicing of Bayer-patterned color images. Acoustics, Speech, and Signal Processing, 1988. ICASSP-88., 1988 International Conference on. 3. iii - 485.
- 3.) Lukin, Alexey S. and Denis Kubasov. "An Improved Demosaicing Algorithm." (2004).
- 4.) https://www.gpixel.com/en/pro_details_1192.html
- 5.) <https://developers.planet.com/docs/apis/data/sensors/>



Спасибо за внимание!

Контакт: nikitin.aa@mipt.ru