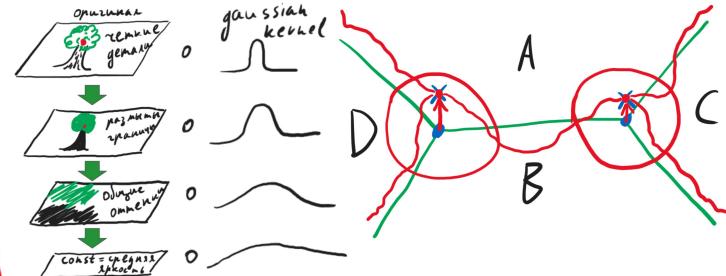
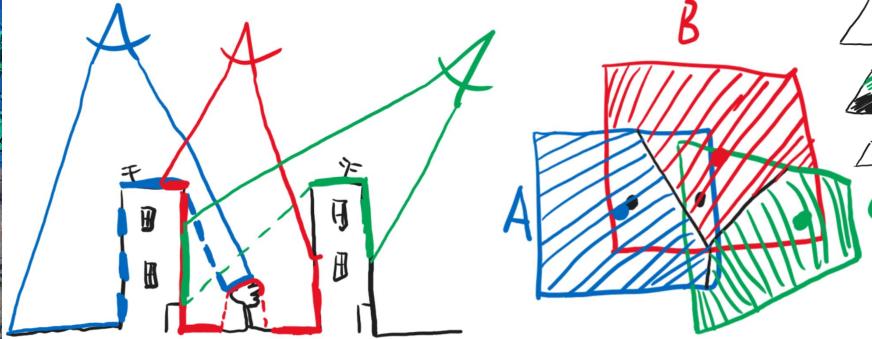
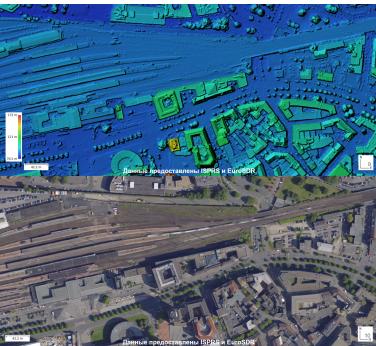


Введение в фотограмметрию

Построение ортофотоплана и панорамы

Фотограмметрия. Лекция 20

- Построение ортофотоплана/ортомозаики
- Nadir-приоритет фотографий
- По-частотное усреднение фотографий
- Умная прокладка швов
- Панорамы



Полярный Николай
polarnick239@gmail.com

Сложно реконструировать фотограмметрией



Что можно сделать?

Легко реконструировать фотограмметрией



Источник: <https://www.3dscanstore.com/blog/3d-scanning-reflective-objects>

Сложно или легко реконструировать фотограмметрией?



Легко реконструировать фотограмметрией



Сложно реконструировать фотограмметрией



Что можно сделать?

Легко реконструировать фотограмметрией



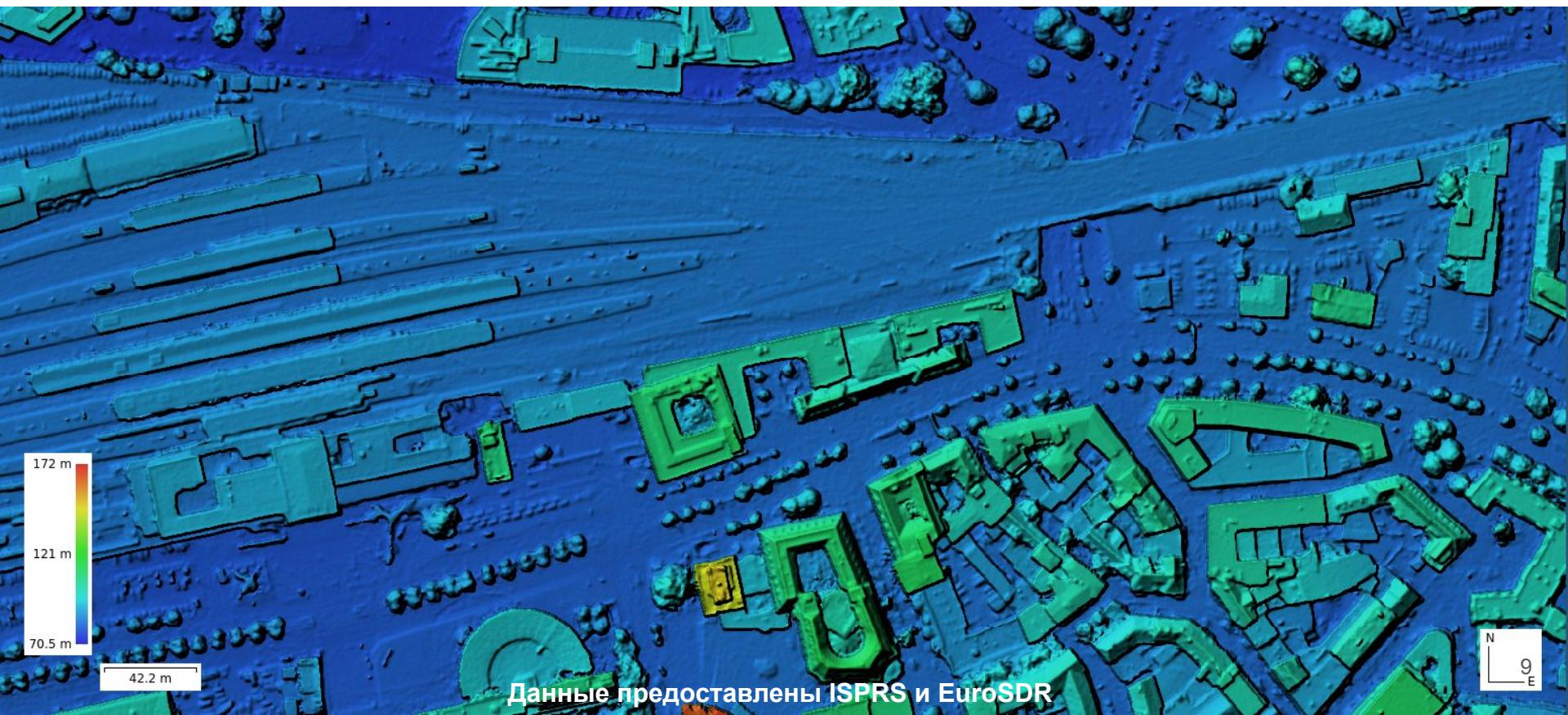
Источник: <https://agisoft.freshdesk.com/support/solutions/articles/31000163388-automatic-masking-from-the-model>⁷

Легко реконструировать фотограмметрией



Источник: <https://agisoft.freshdesk.com/support/solutions/articles/31000163388-automatic-masking-from-the-model>⁸

DEM - Digital Elevation Model (2.5D геометрия)



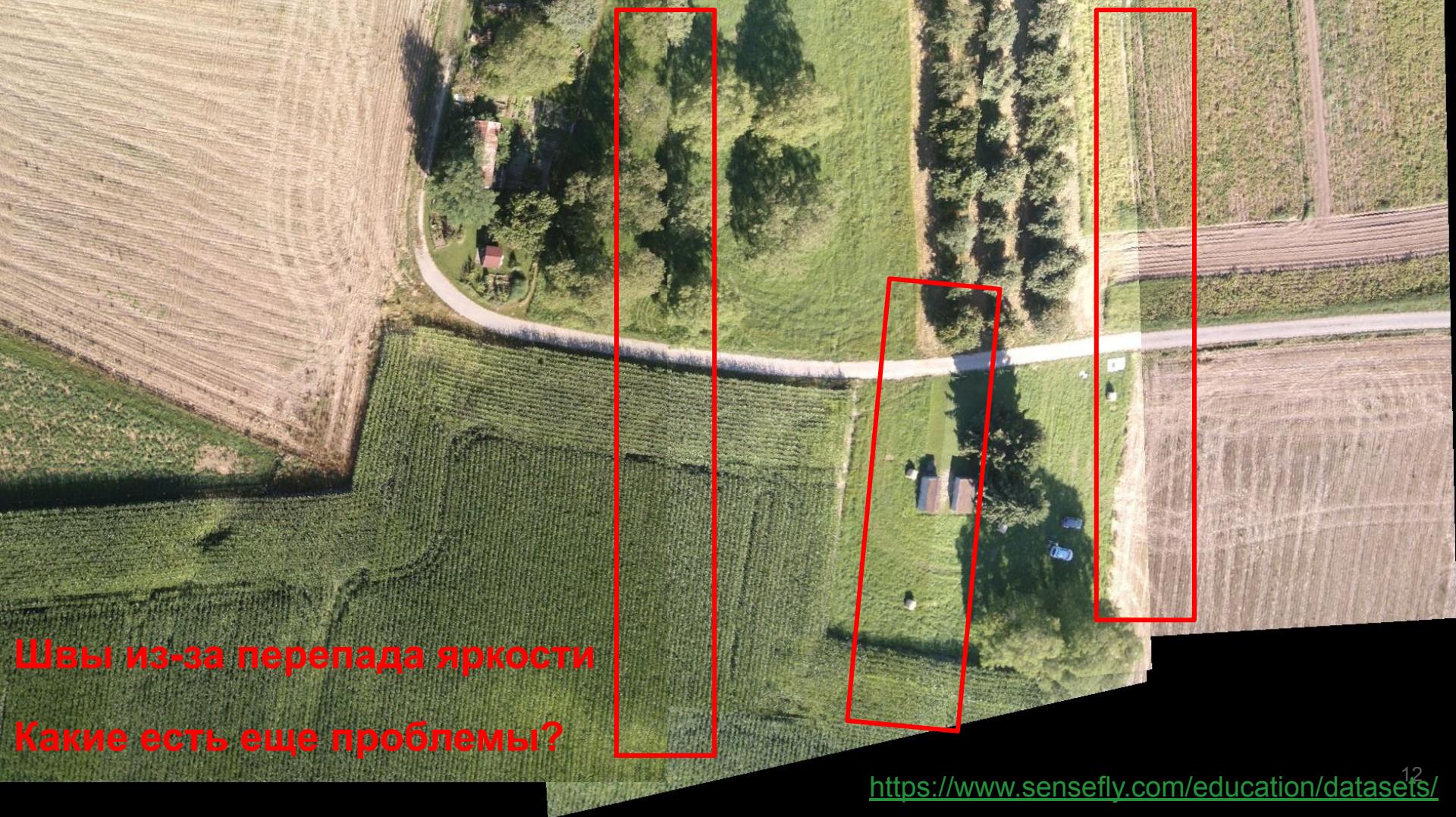
Ортофотоплан/ортомозаика - проекция фотографий на DEM



Данные предоставлены ISPRS и EuroSDR



Какие здесь есть проблемы?



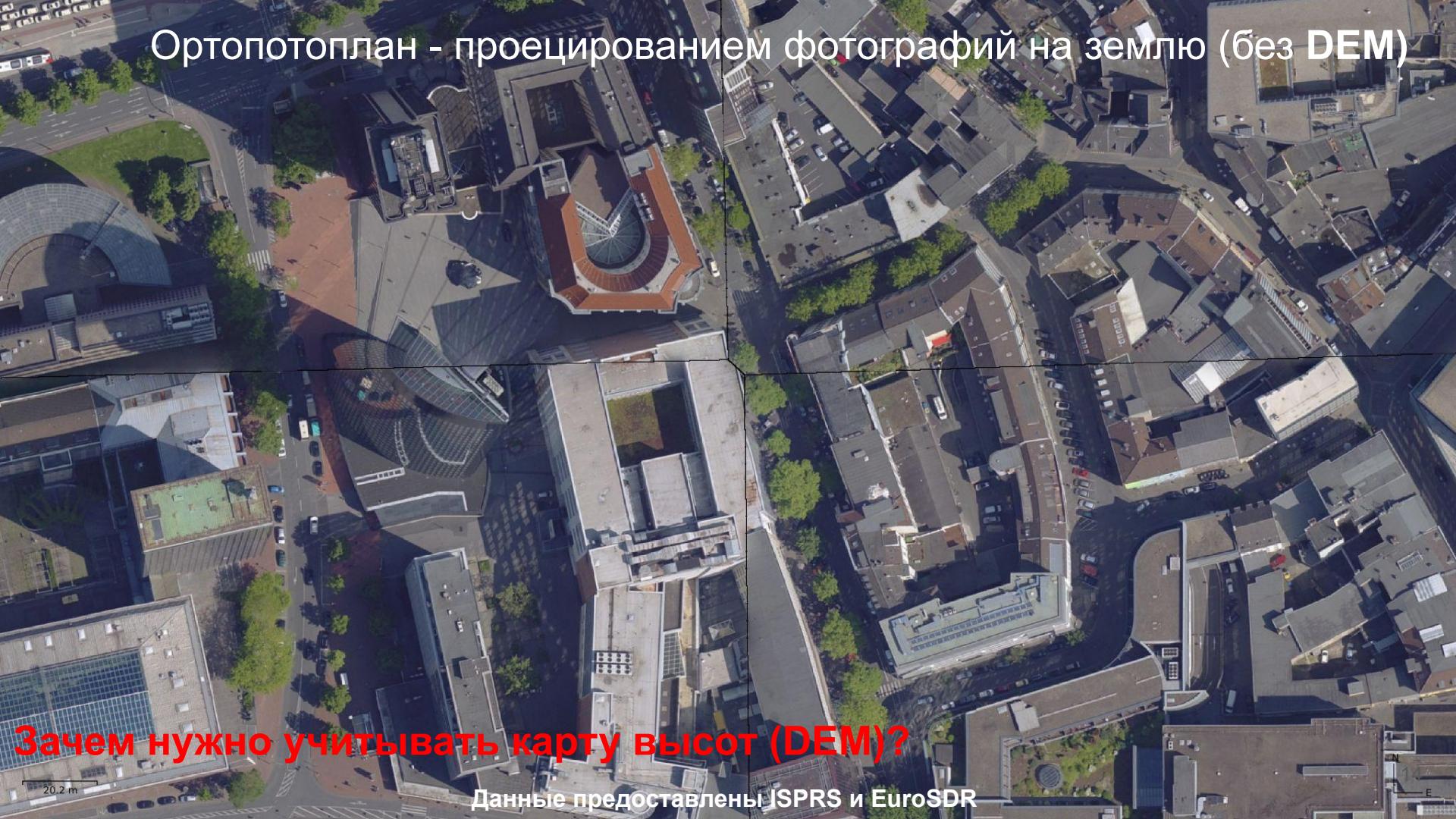
Швы из-за перепада яркости

Какие есть еще проблемы?



Швы из-за разрыва объектов (несстыковки)

Ортопотоплан - проецированием фотографий на землю (без DEM)



Зачем нужно учитывать карту высот (DEM)?

Данные предоставлены JSPRS и EuroSDR

20.2 m

Честный ортофотоплан (True Orthophoto) - с учетом DEM

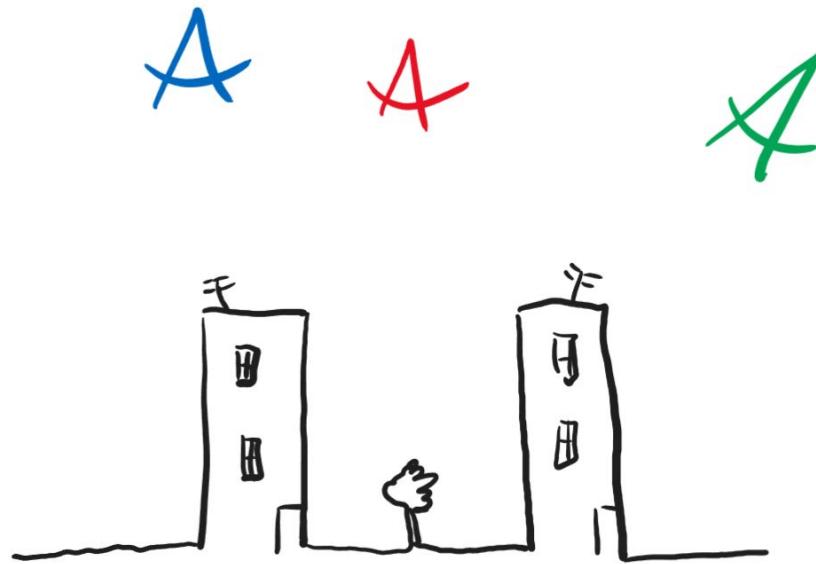


Зачем нужно учитывать карту высот (DEM)?

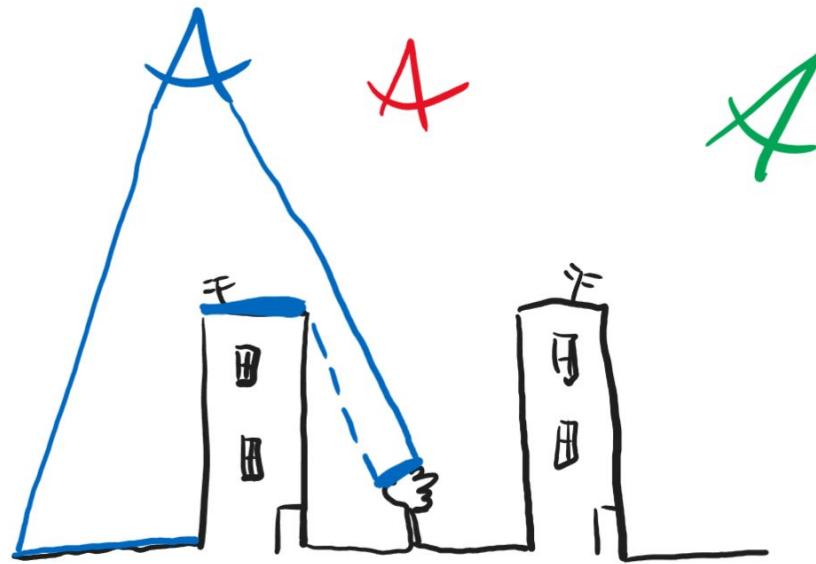
Данные предоставлены ISPRS и EuroSDR

20.2 m

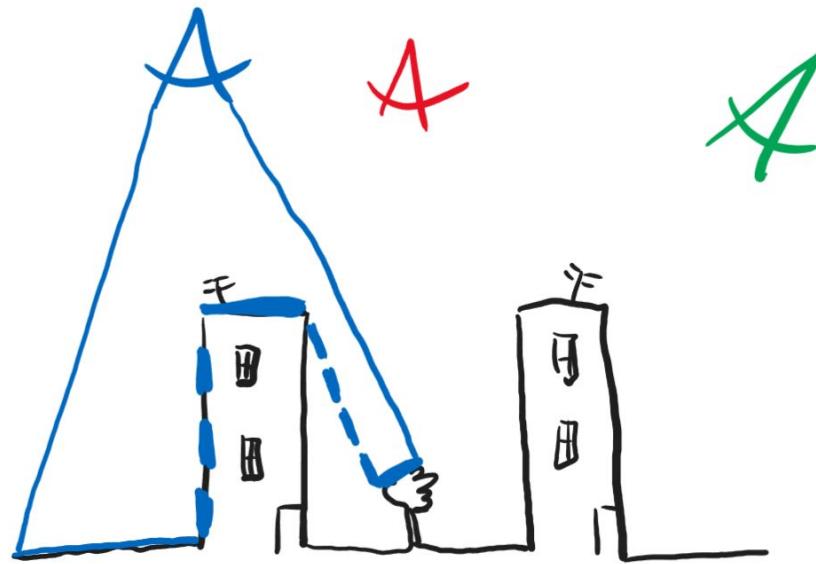
Нужно учитывать карту высот - DEM



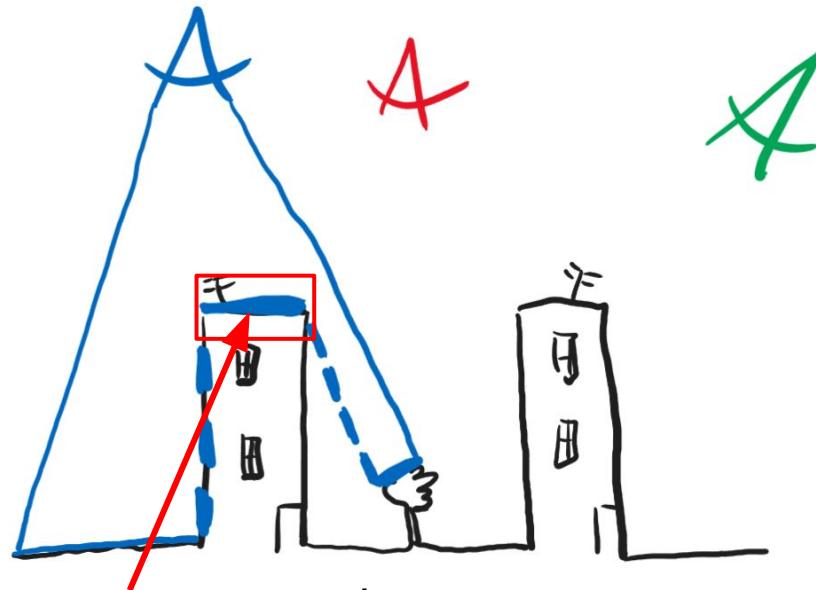
Нужно учитывать карту высот - DEM



Нужно учитывать карту высот - DEM

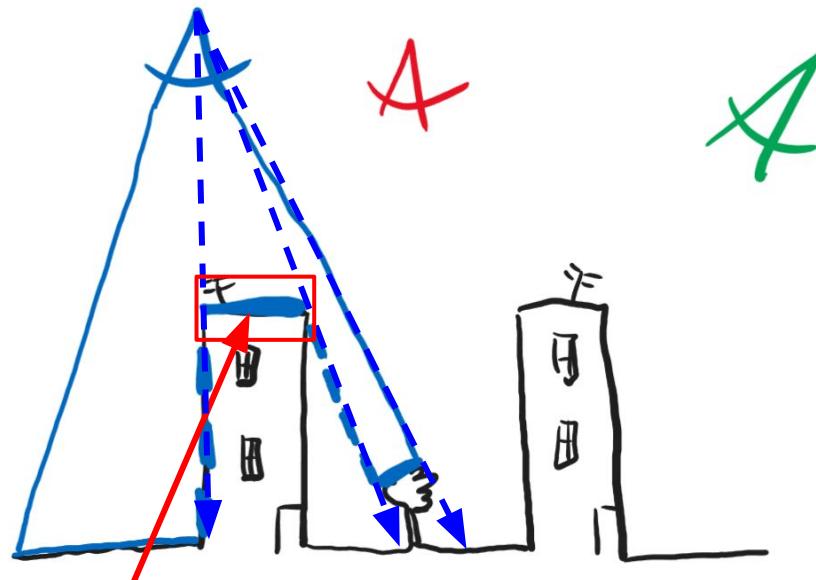


Нужно учитывать карту высот - DEM



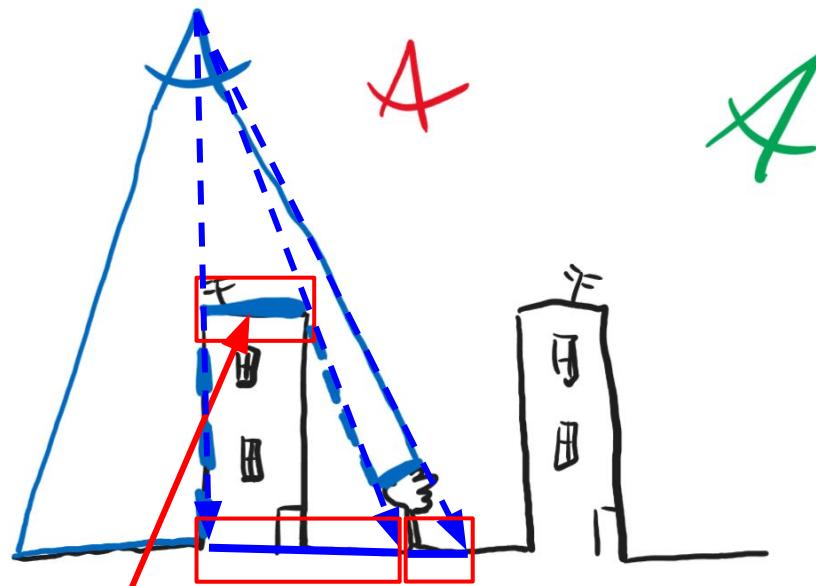
Где будет нарисована крыша в ортофотоплане, если мы не учтем DEM?

Нужно учитывать карту высот - DEM



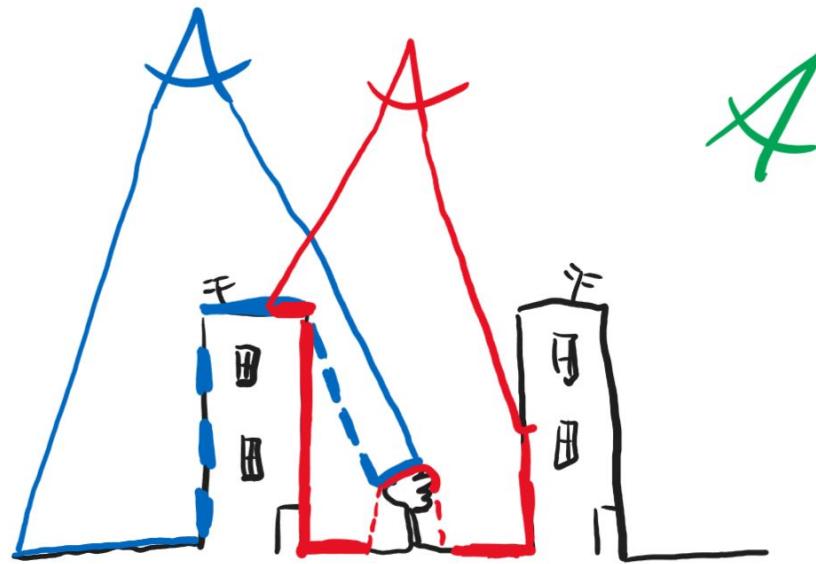
Где будет нарисована крыша в ортофотоплане, если мы не учтем DEM?

Нужно учитывать карту высот - DEM

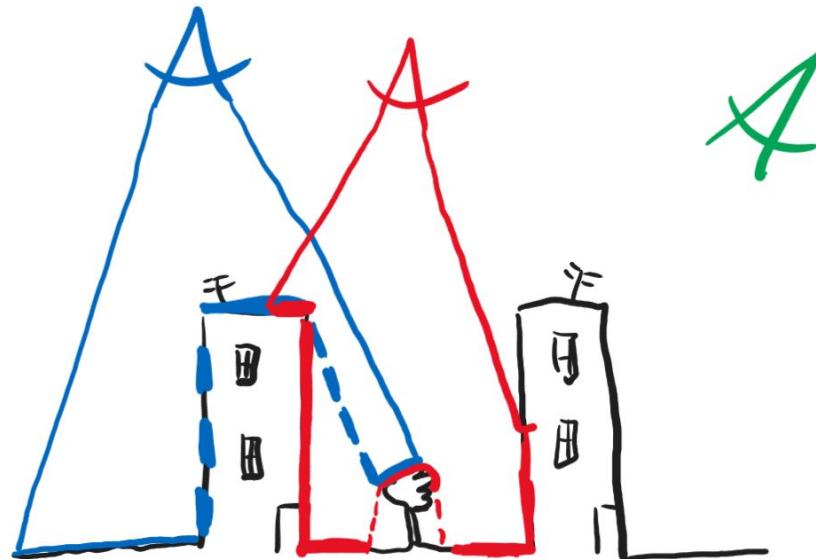


Где будет нарисована крыша в ортофотоплане, если мы не учтем DEM?

Нужно учитывать карту высот - DEM

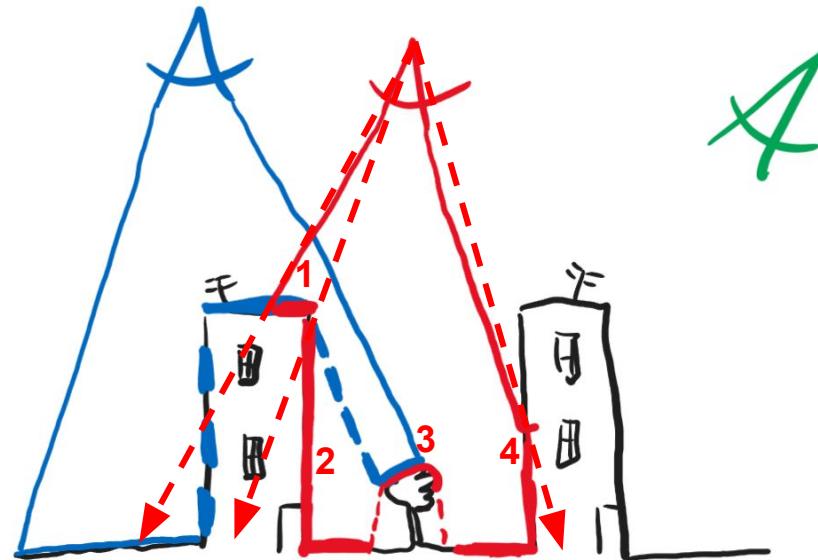


Нужно учитывать карту высот - DEM



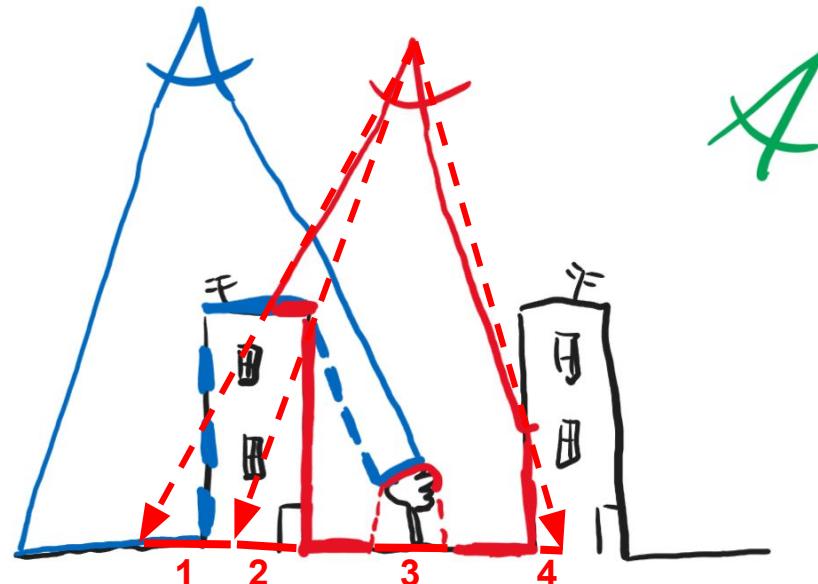
Как изменится ортофотоплан **красной камеры**, если мы не учитываем **DEM**?

Нужно учитывать карту высот - DEM



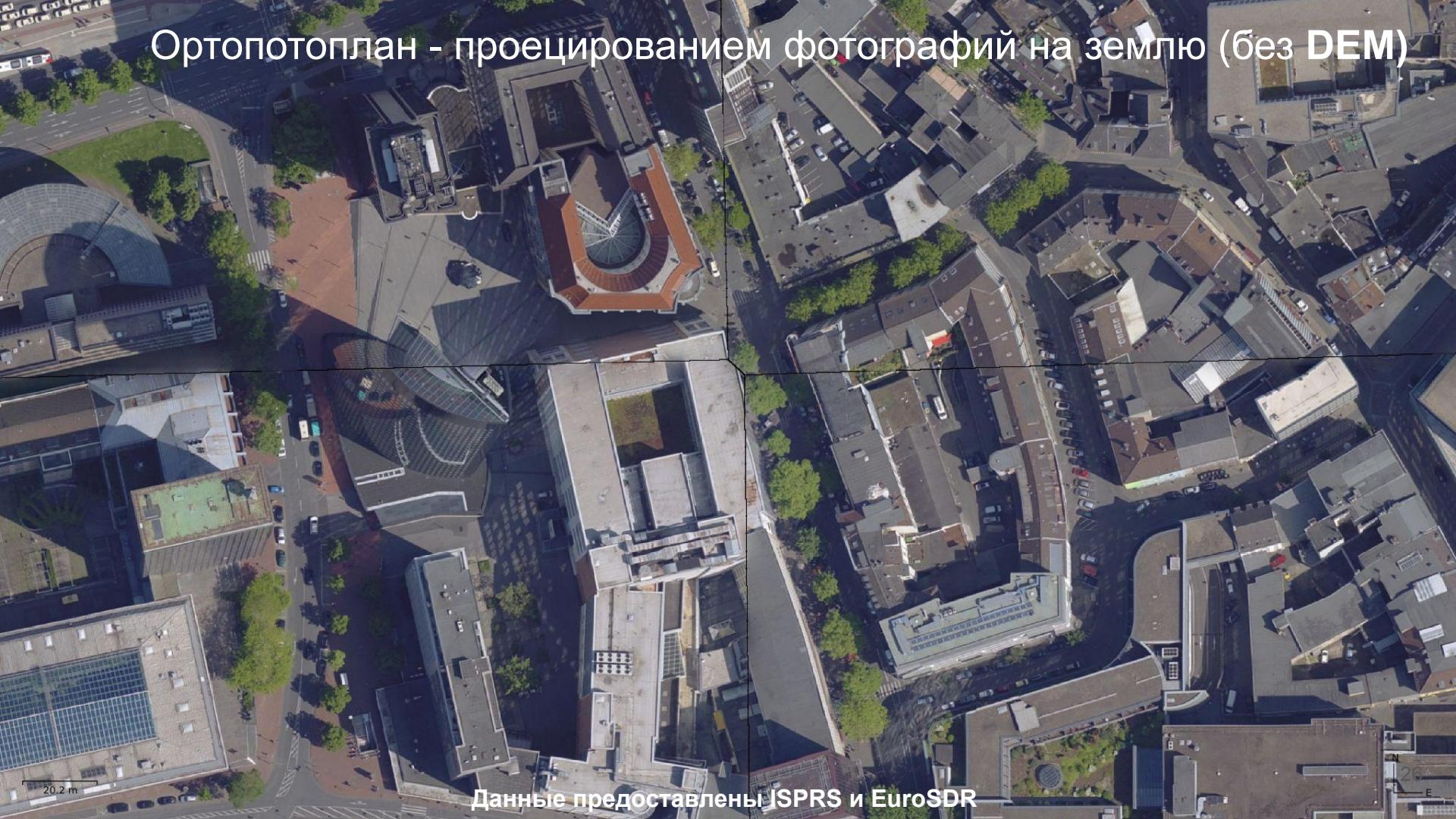
Как изменится ортофотоплан **красной камеры**, если мы не учитываем **DEM**?

Нужно учитывать карту высот - DEM



Как изменится ортофотоплан **красной камеры**, если мы не учитываем **DEM**?

Ортопотоплан - проецированием фотографий на землю (без DEM)



Данные предоставлены JSPRS и EuroSDR

Честный ортофотоплан (True Orthophoto) - с учетом DEM

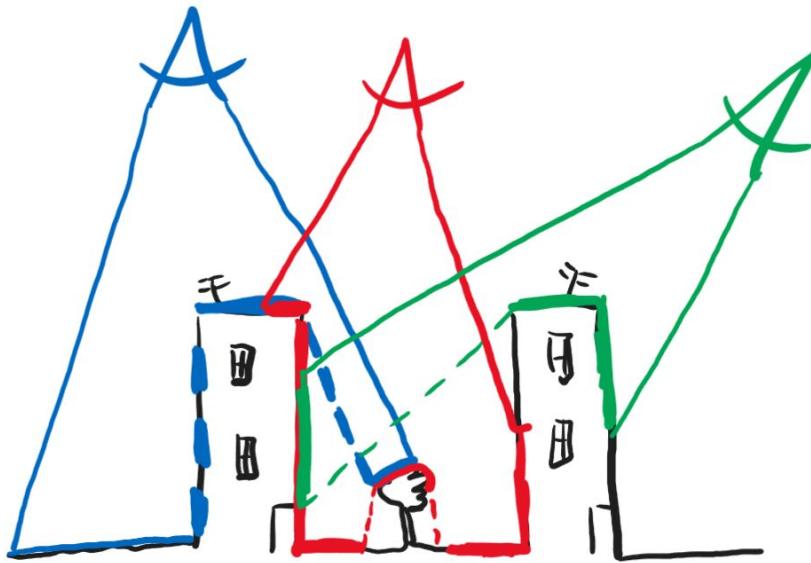


20.2 m

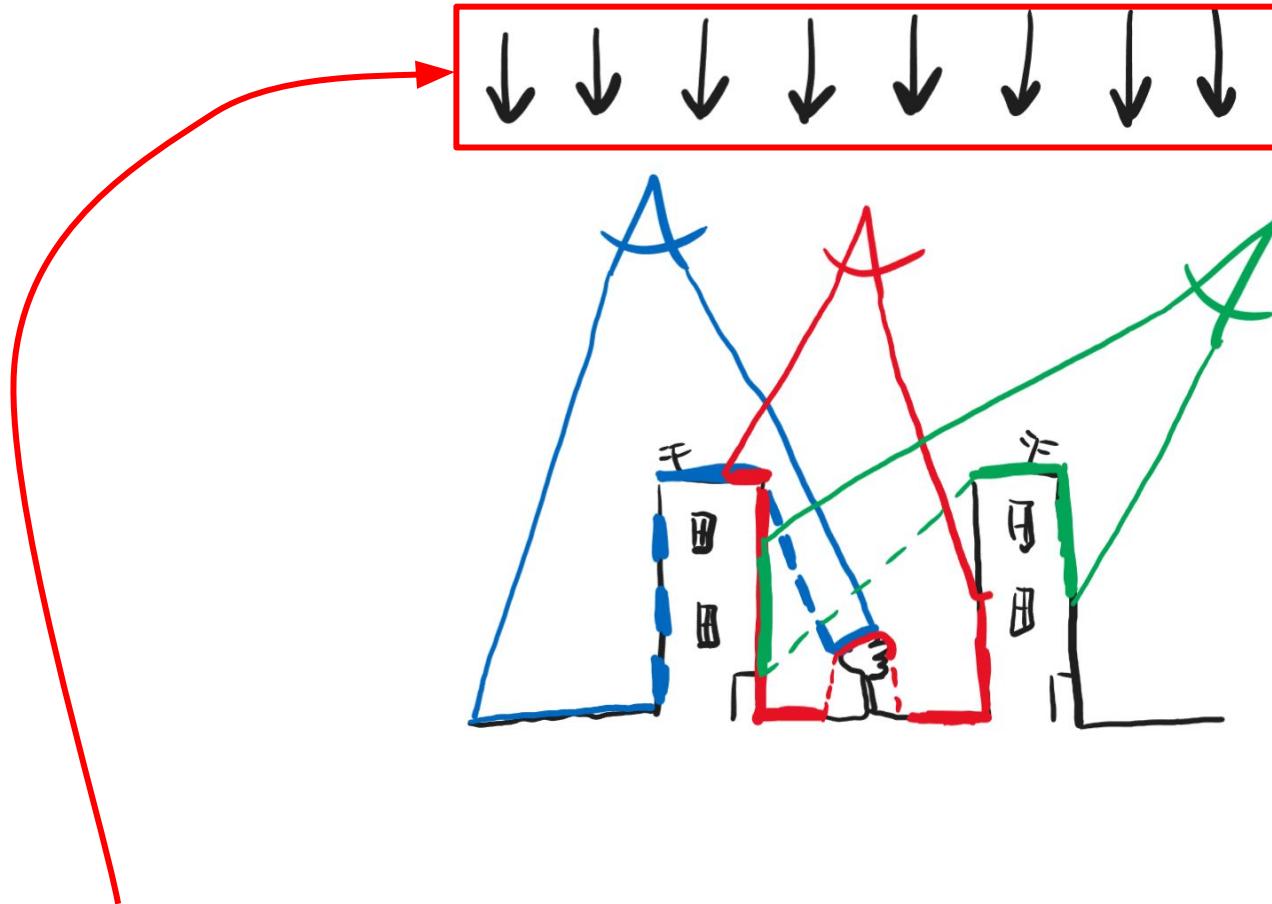
Данные предоставлены ISPRS и EuroSDR

N
27°
E

Нужно учитывать карту высот - DEM

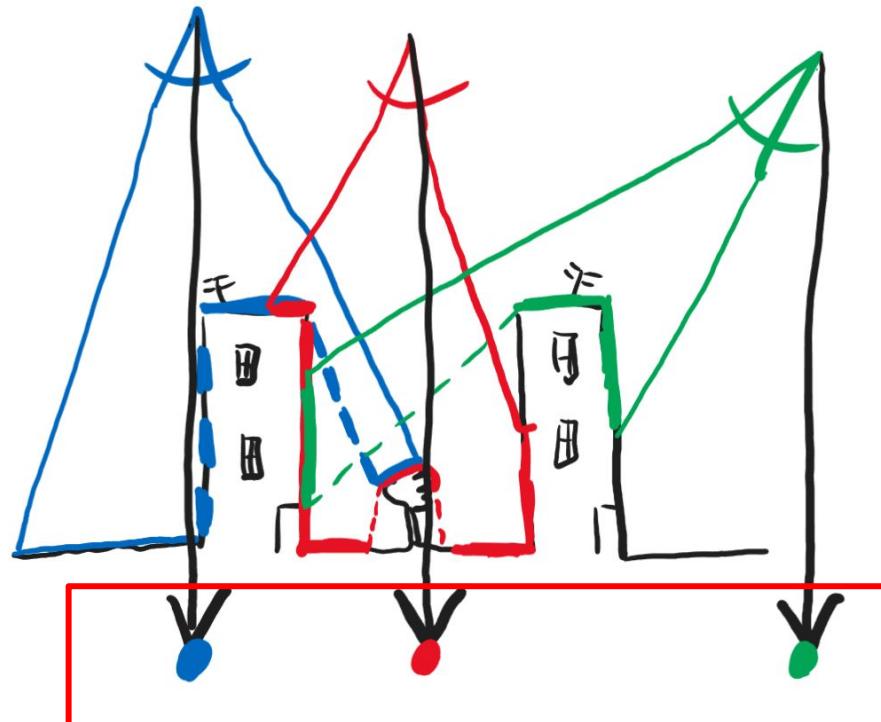


Нужно учитывать карту высот - DEM



Результат - ортофотоплан, т.е. вид сверху (ортопроекция) ²⁹

Нужно учитывать карту высот - DEM



Назовем эти точки: nadir-проекциями положения камер

Разная ошибка у разных фотографий (**nadir**)



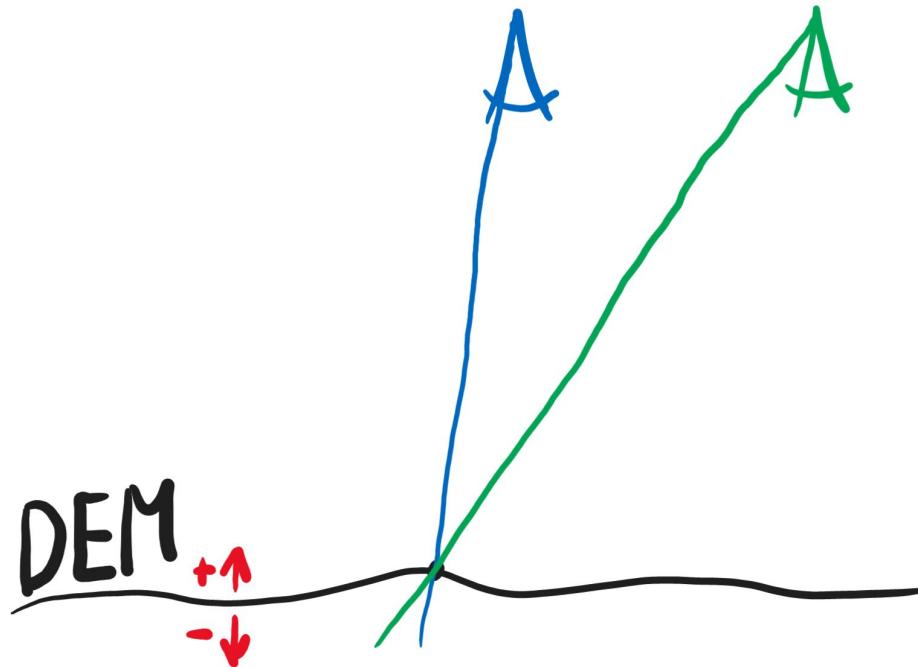
Истинная поверхность

Какая камера “лучше” раскрасит точку?
Что значит “лучше”?

Разная ошибка у разных фотографий (nadir)

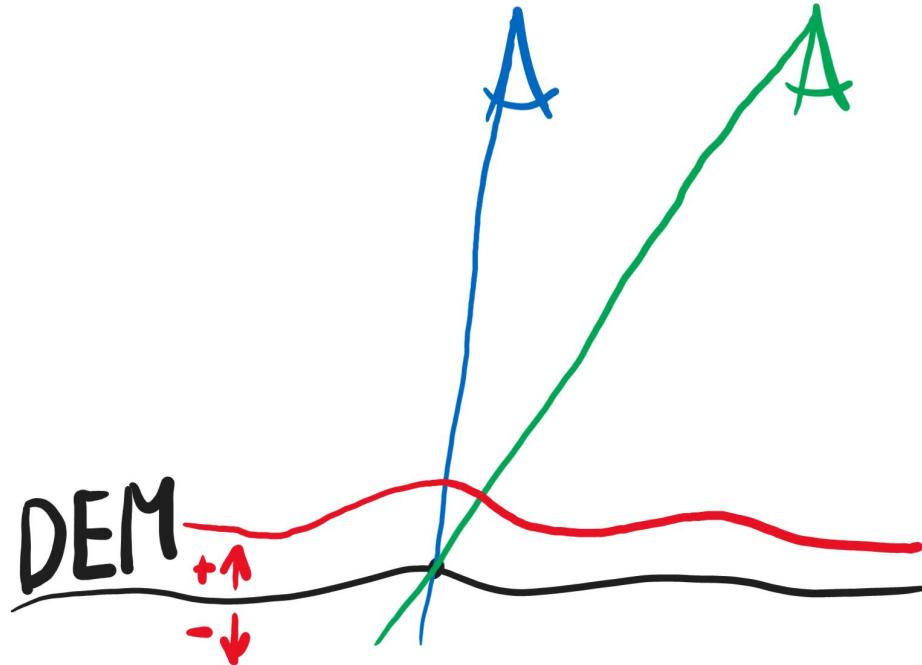


Разная ошибка у разных фотографий (nadir)



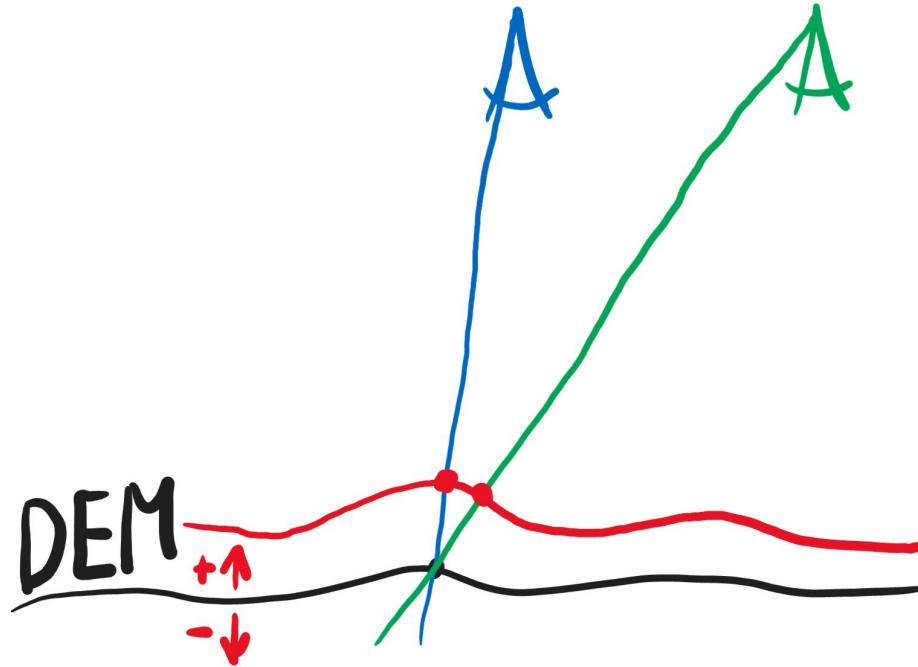
А если наш DEM - с ошибками?

Разная ошибка у разных фотографий (nadir)



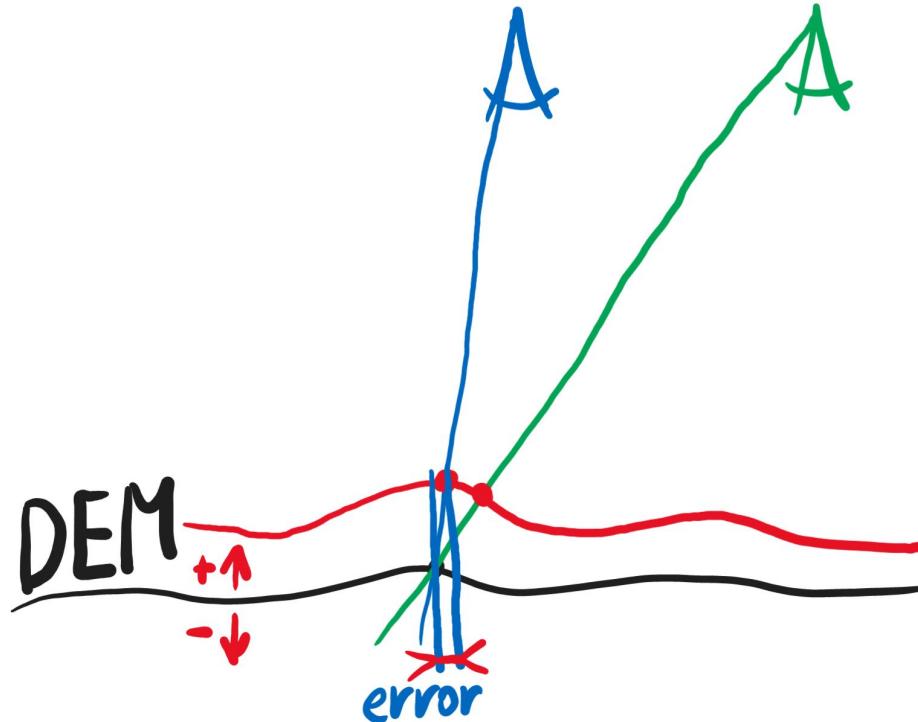
А если наш DEM - с ошибками?

Разная ошибка у разных фотографий (nadir)



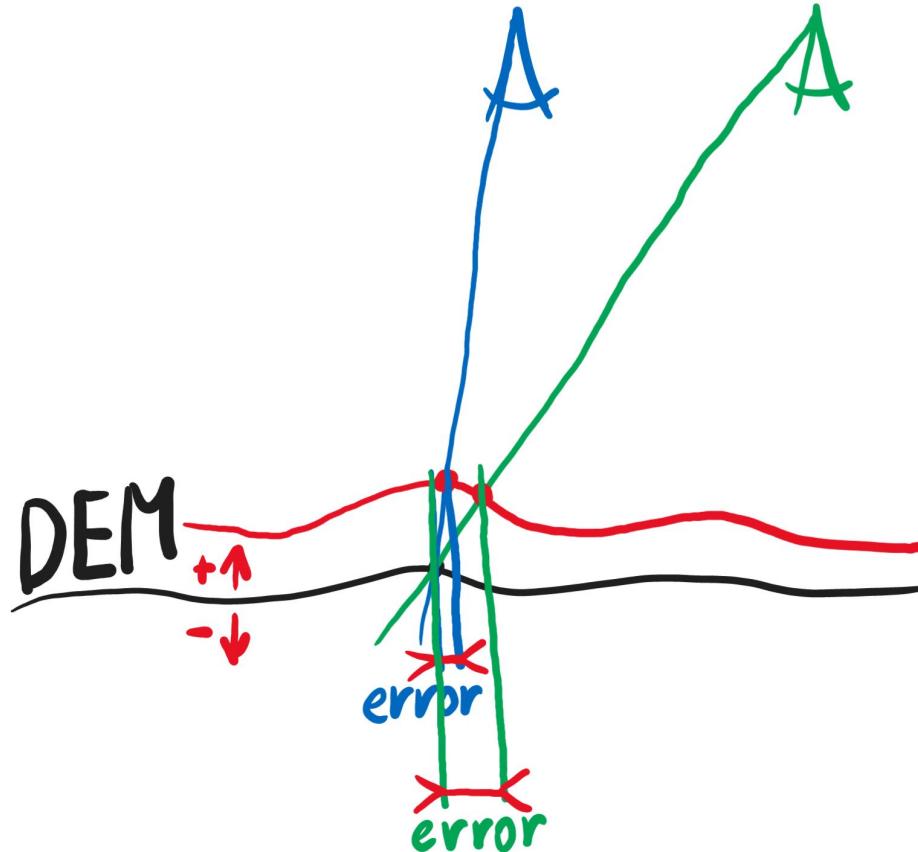
Как оценить ошибку в ортофотоплане?

Разная ошибка у разных фотографий (nadir)

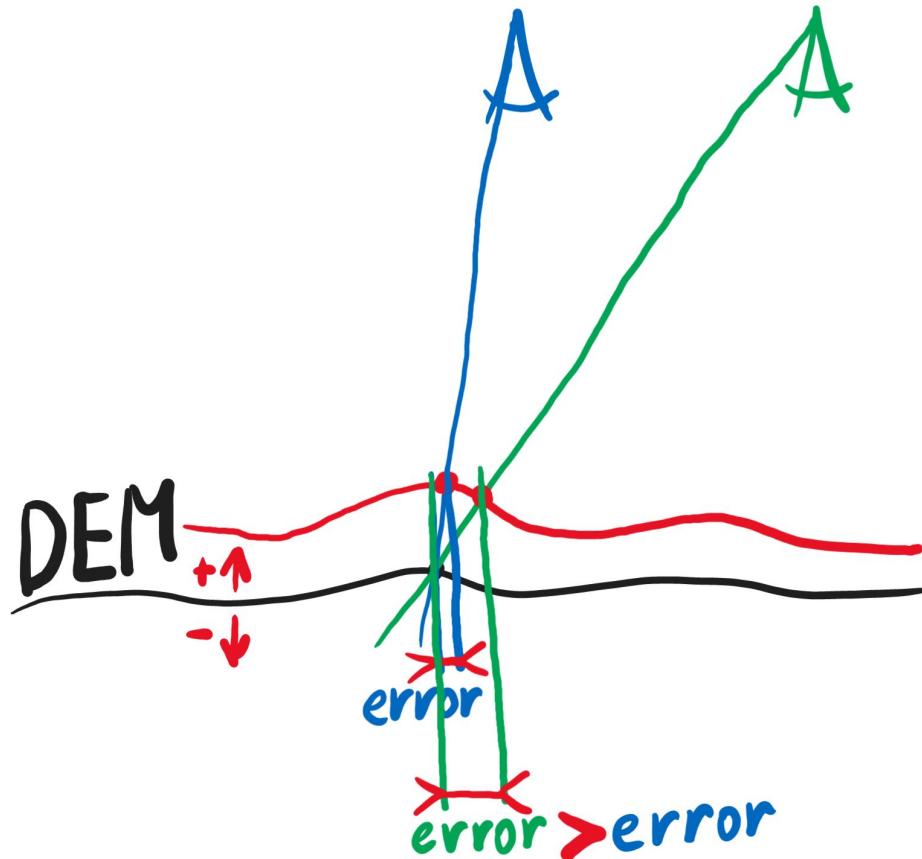


Как оценить ошибку в ортофотоплане?

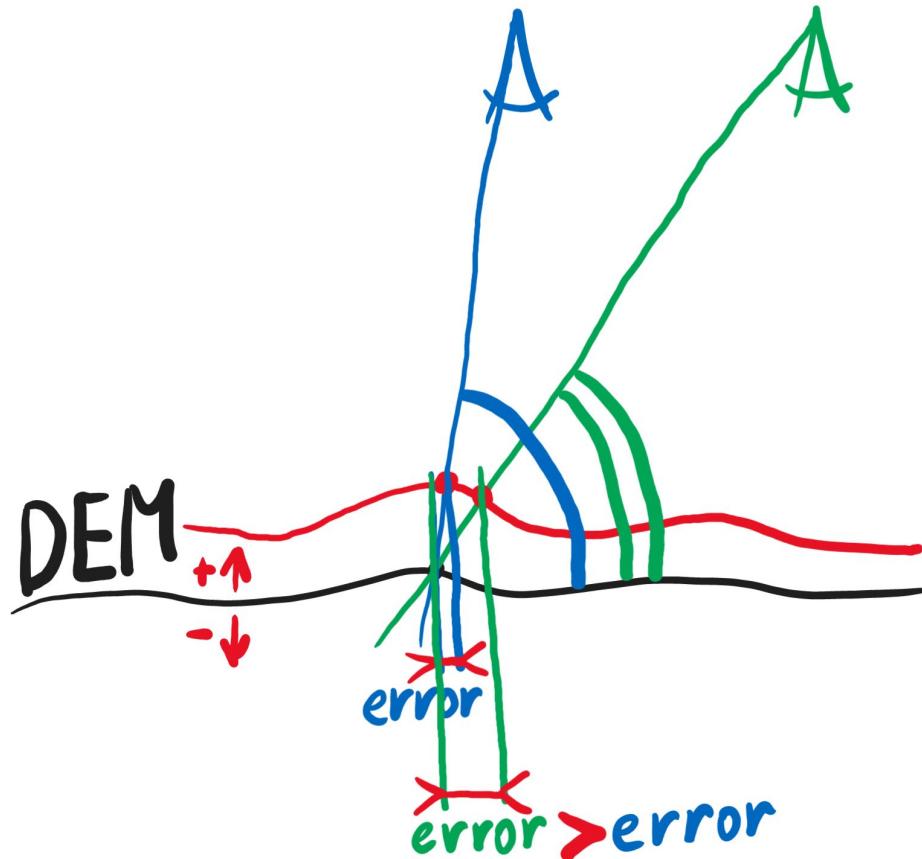
Разная ошибка у разных фотографий (nadir)



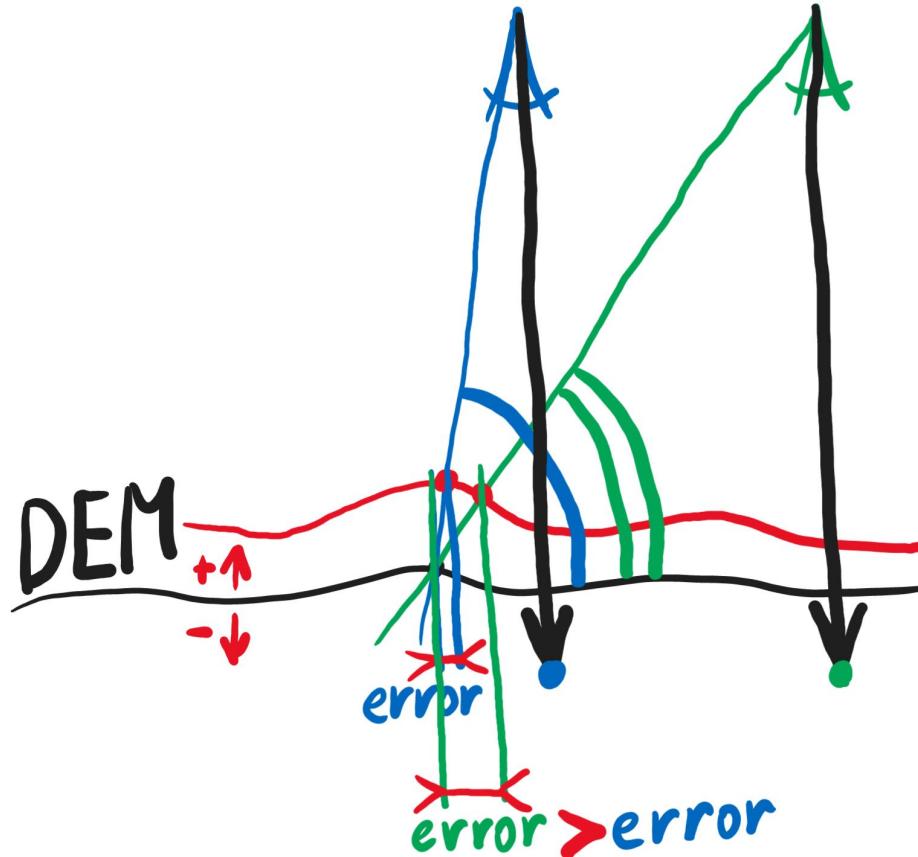
Разная ошибка у разных фотографий (nadir)



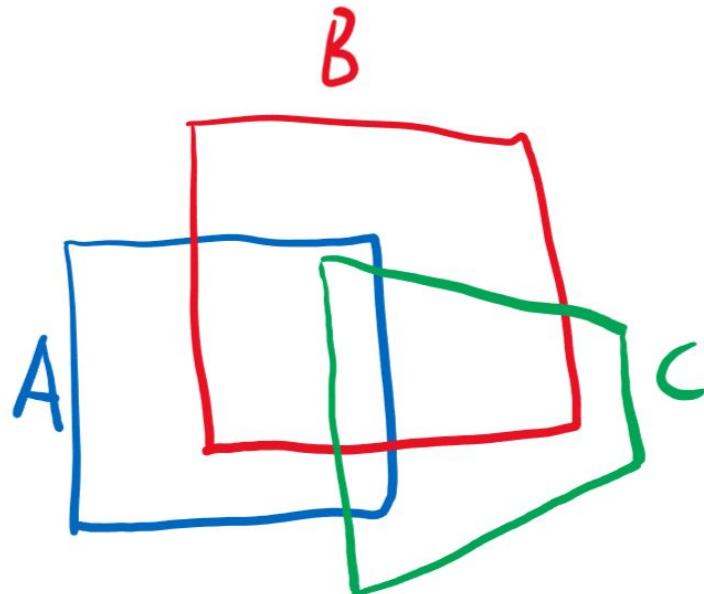
Разная ошибка у разных фотографий (nadir)



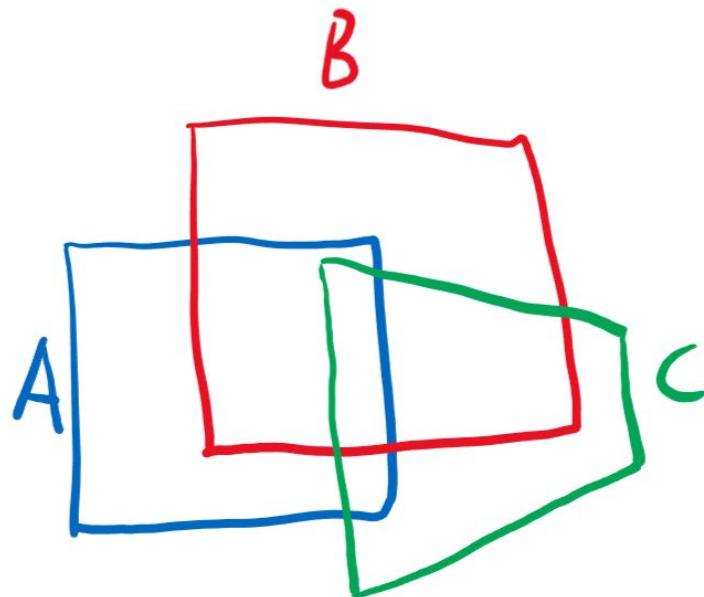
Разная ошибка у разных фотографий (nadir)



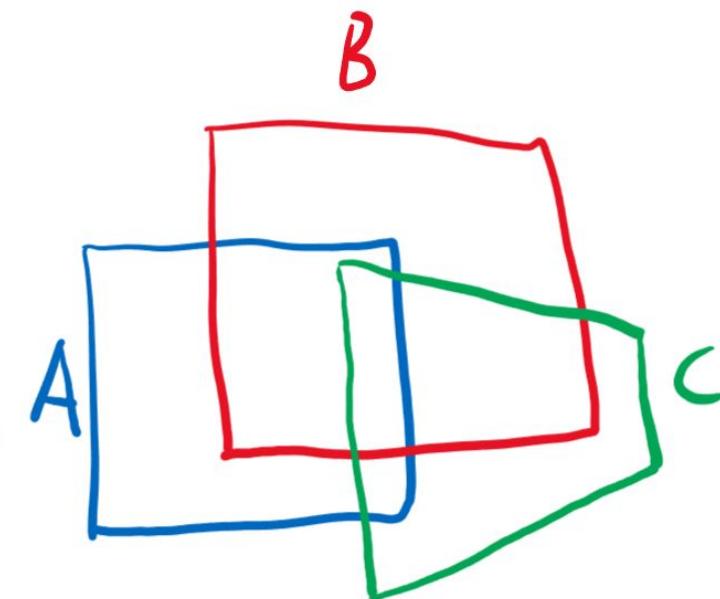
Как смешать орто-проекции фотографий в единый ортографический план?



Усреднение по всем кадрам

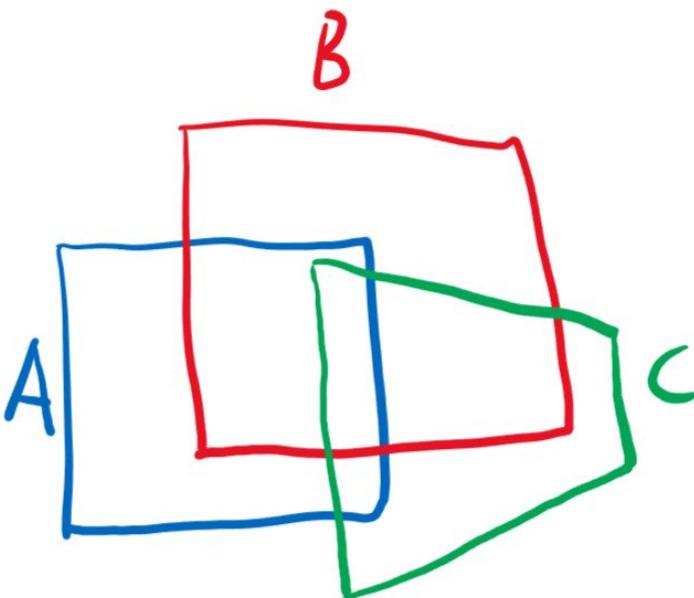
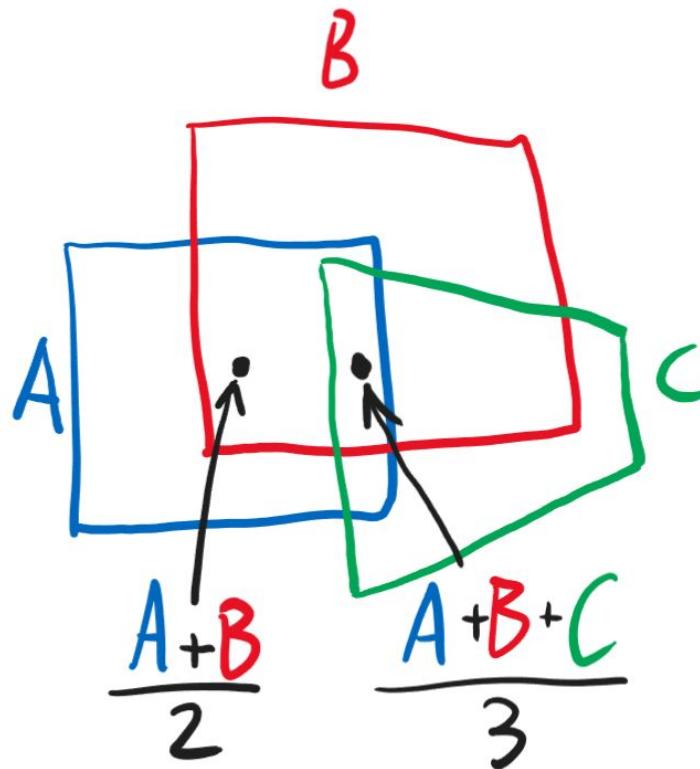


Выбор лучшего кадра



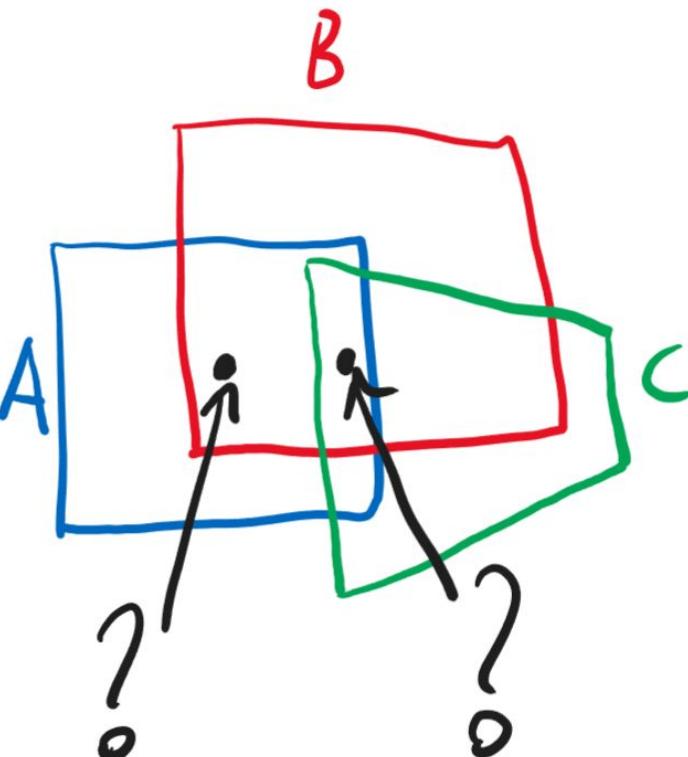
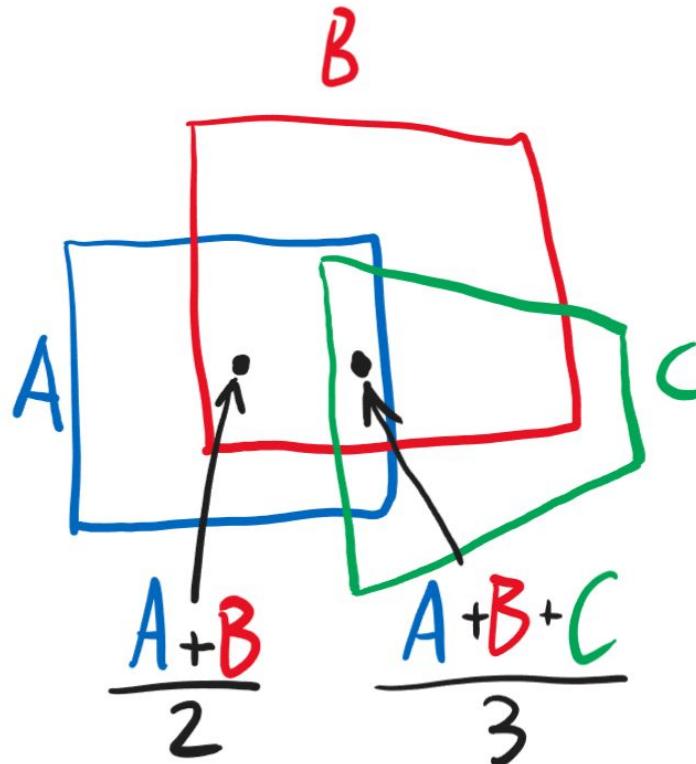
Усреднение по всем кадрам

Выбор лучшего кадра



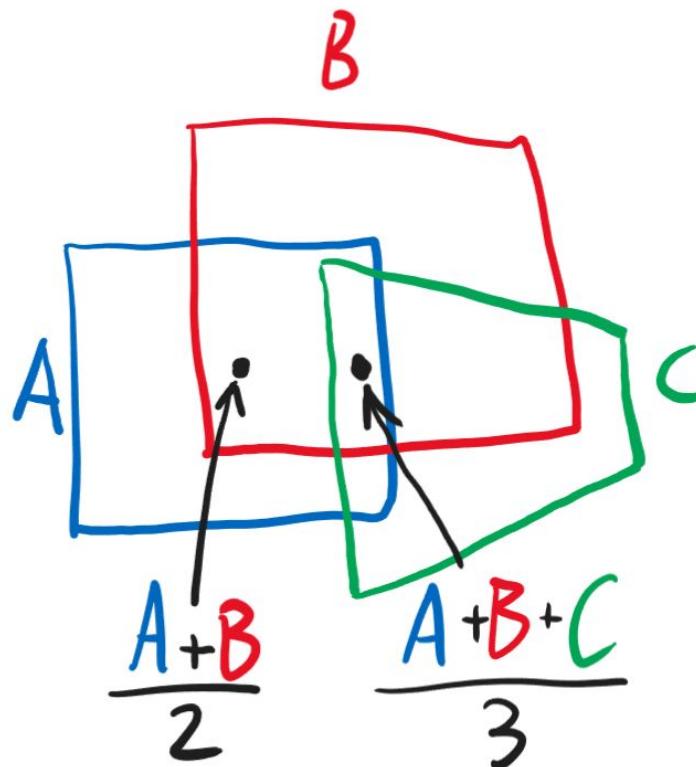
Усреднение по всем кадрам

Выбор лучшего кадра

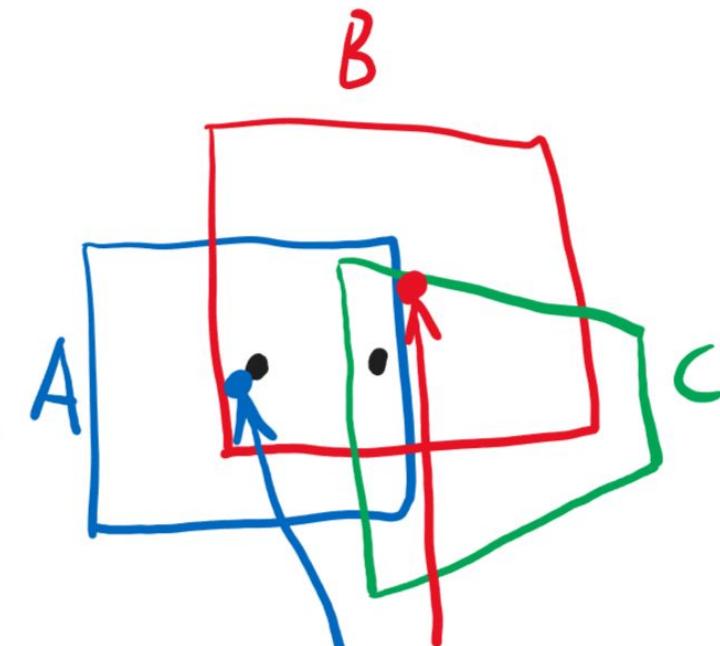


Какой кадр - лучший?

Усреднение по всем кадрам



Выбор лучшего кадра (**nadir**)

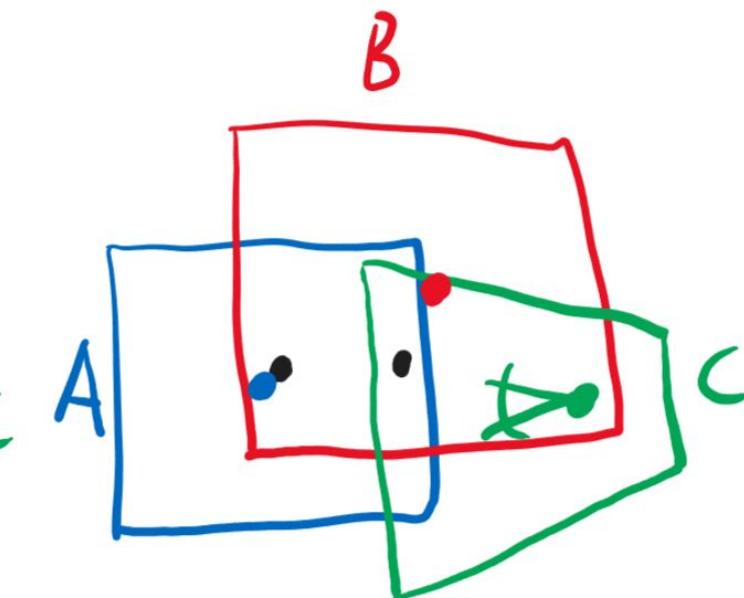
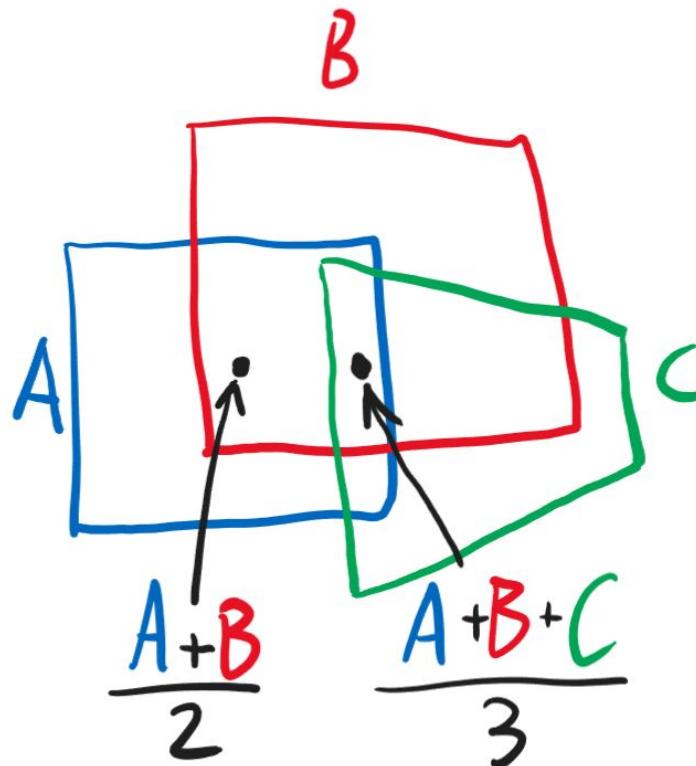


Nadir-проекция (т.е. строго вниз)
положения камер на DEM.

А где находится nadir-проекция С?

Усреднение по всем кадрам

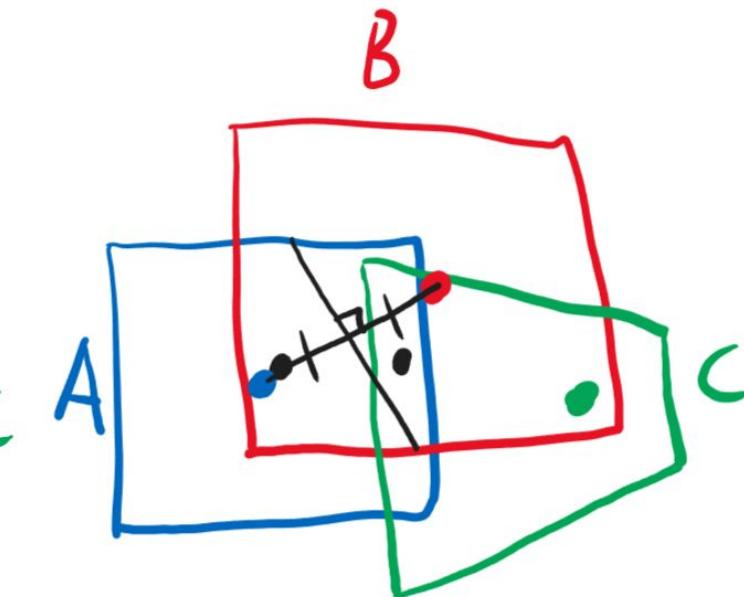
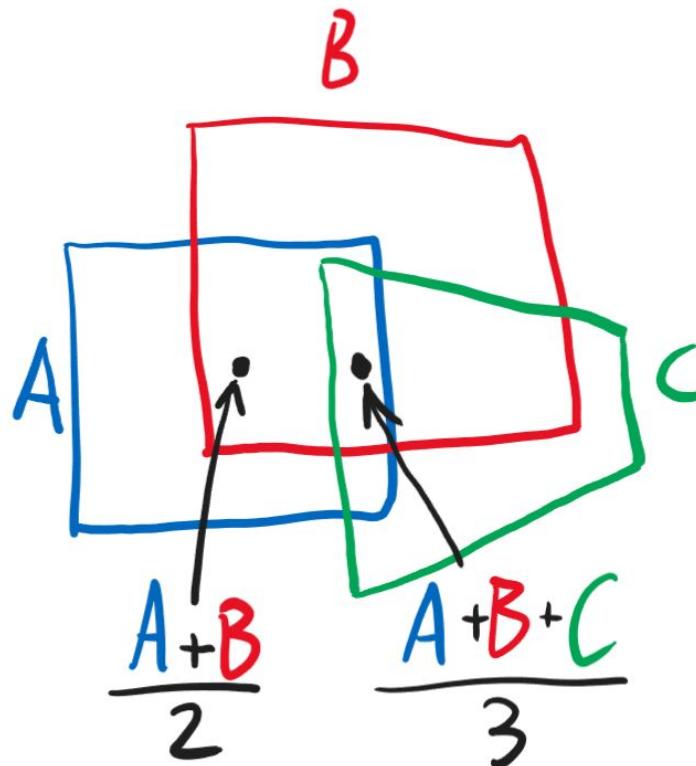
Выбор лучшего кадра (**nadir**)



А где находится *nadir*-проекция С?

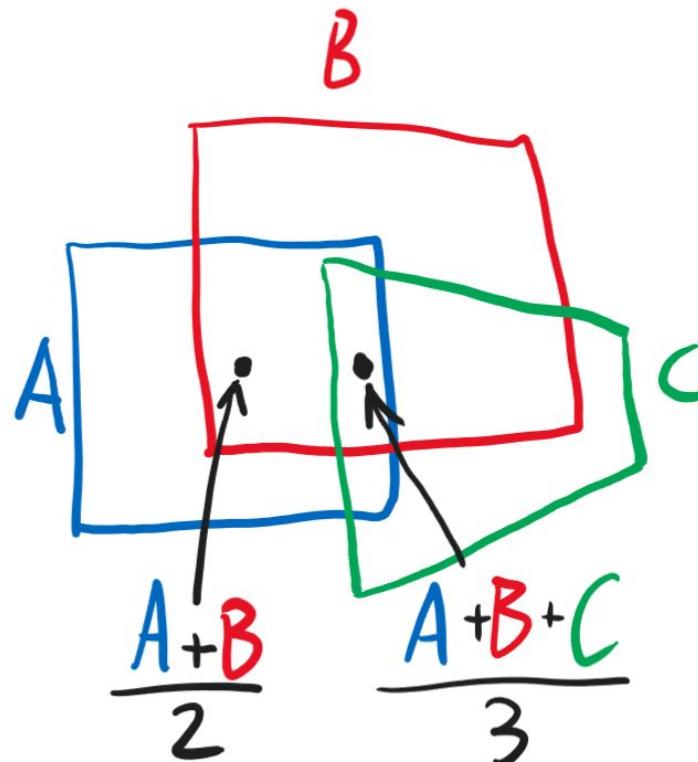
Усреднение по всем кадрам

Выбор лучшего кадра (**nadir**)

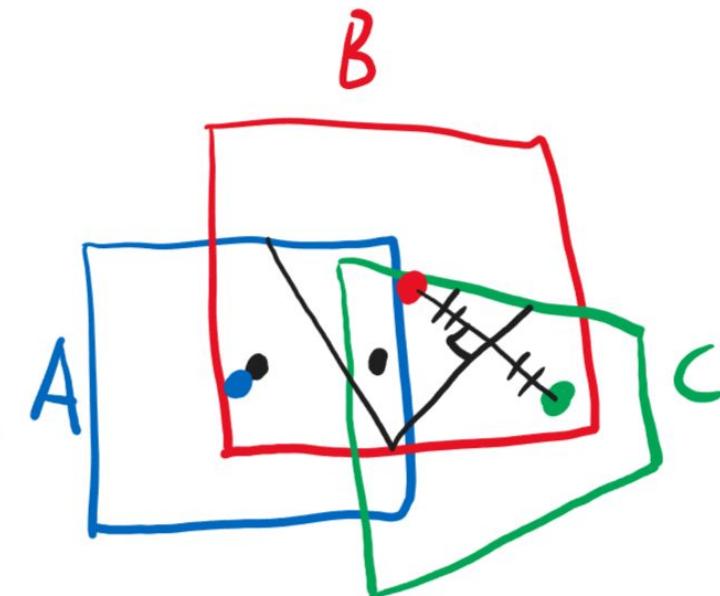


Строим диаграмму Вороного

Усреднение по всем кадрам



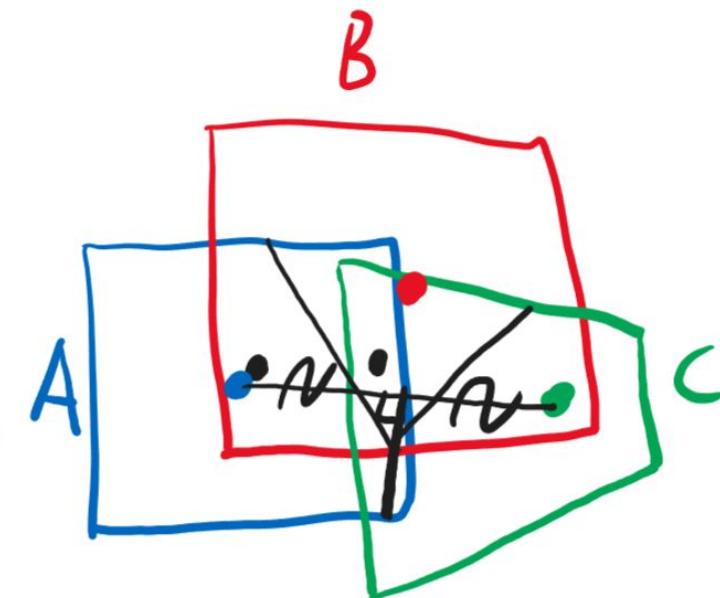
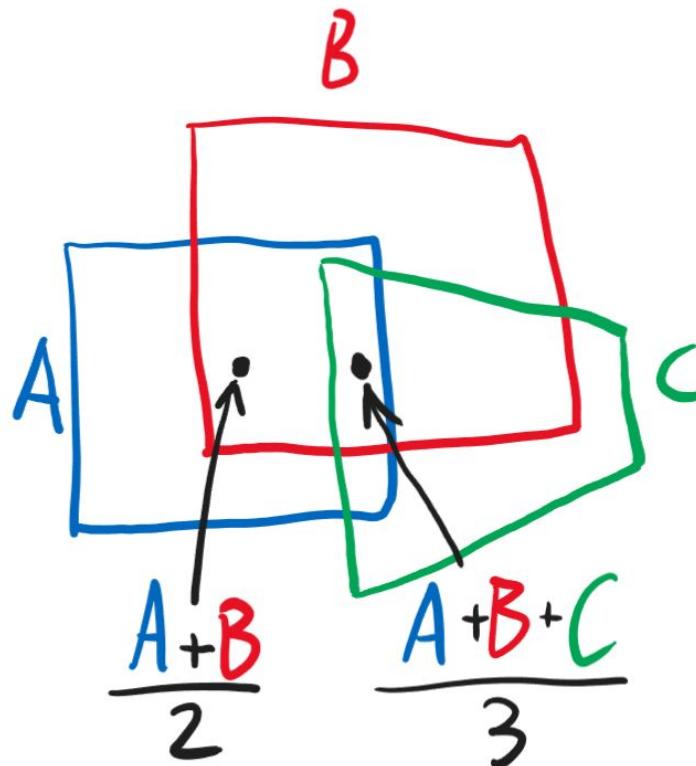
Выбор лучшего кадра (**nadir**)



Строим диаграмму Вороного

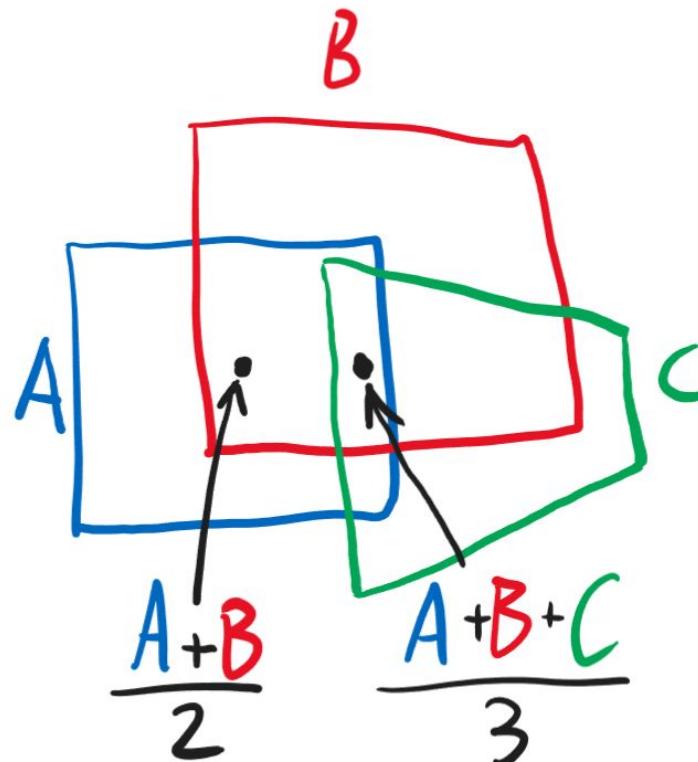
Усреднение по всем кадрам

Выбор лучшего кадра (**nadir**)

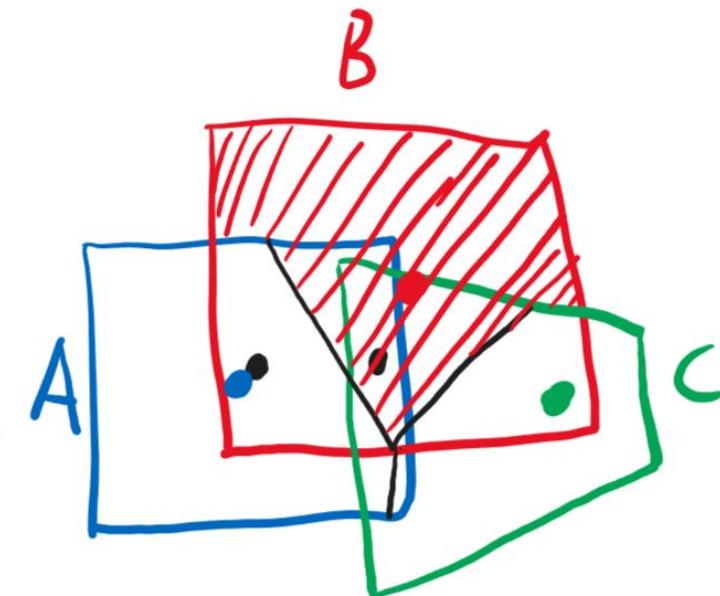


Строим диаграмму Вороного

Усреднение по всем кадрам

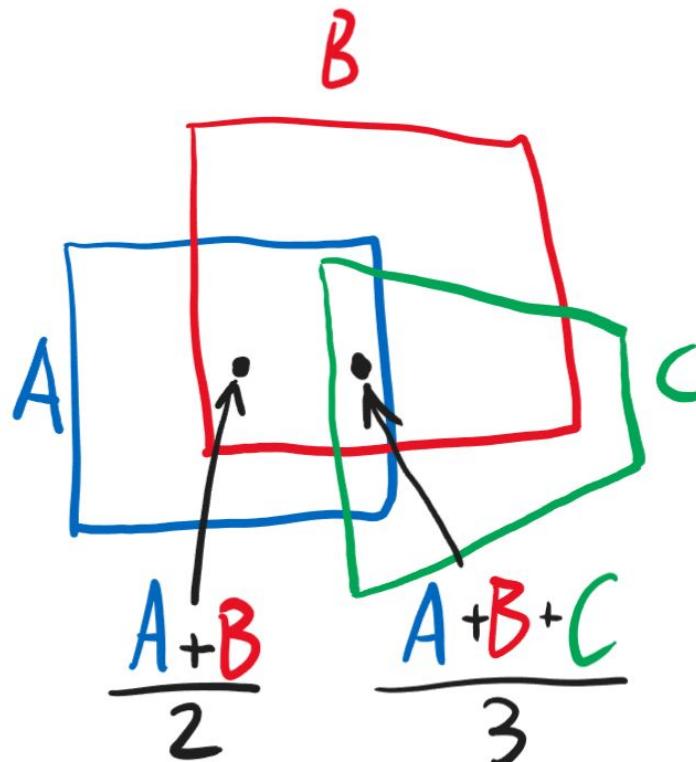


Выбор лучшего кадра (**nadir**)

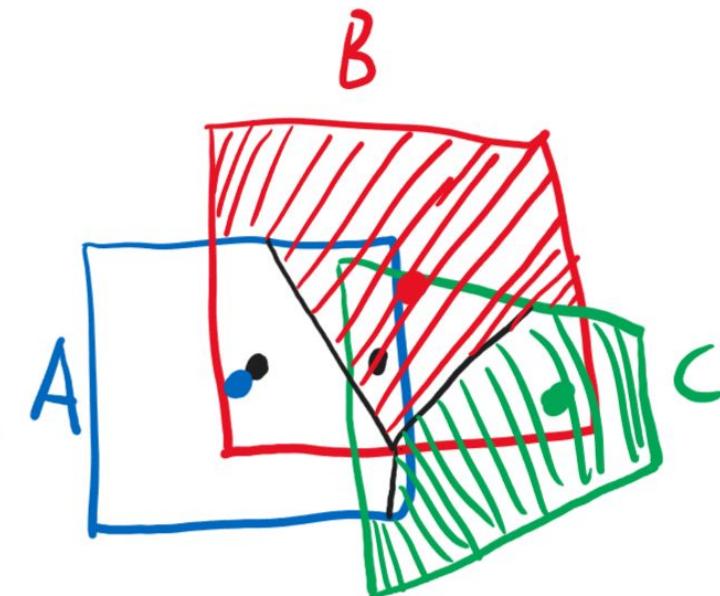


Строим диаграмму Вороного

Усреднение по всем кадрам



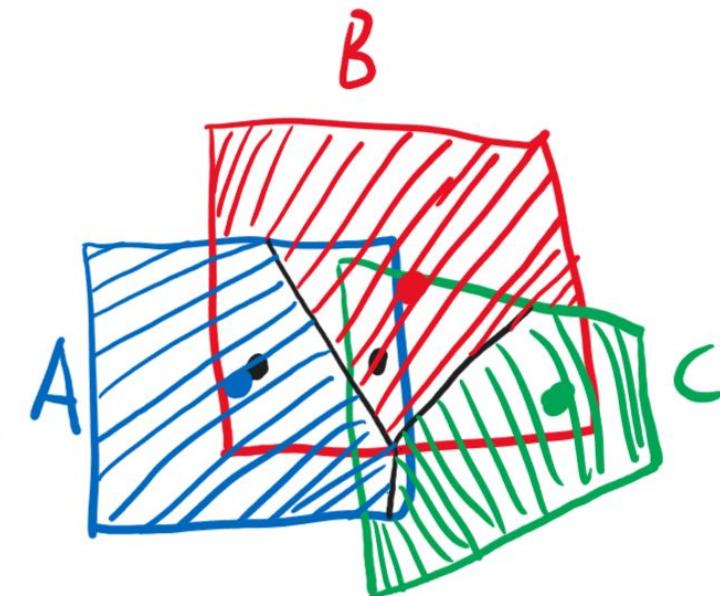
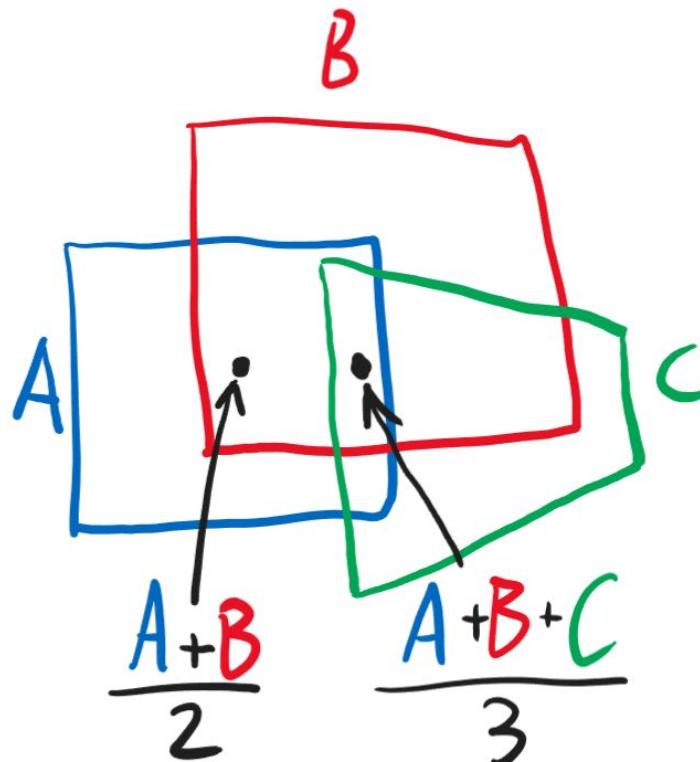
Выбор лучшего кадра (**nadir**)



Строим диаграмму Вороного

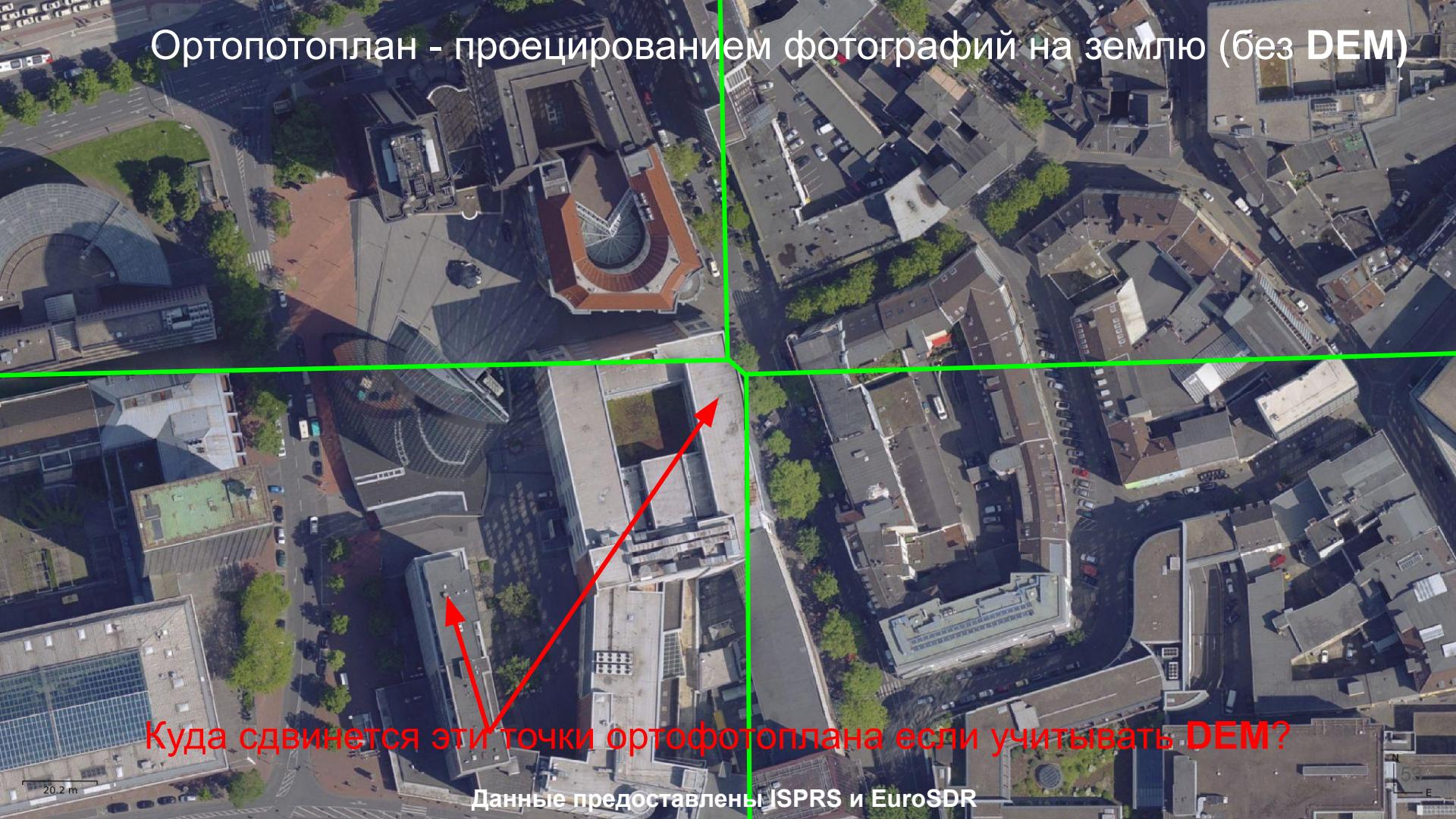
Усреднение по всем кадрам

Выбор лучшего кадра (**nadir**)



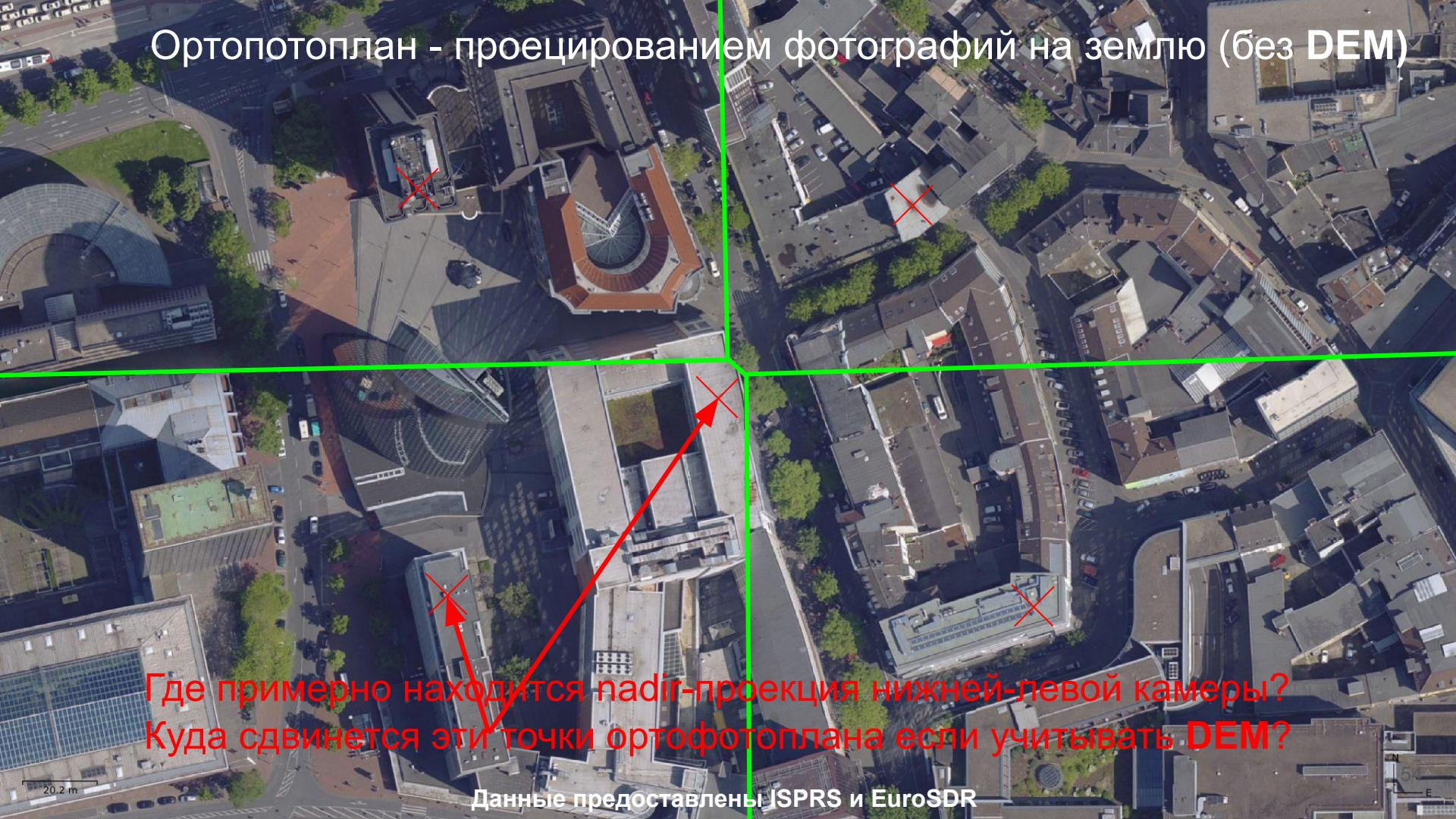
Строим диаграмму Вороного

Ортопотоплан - проецированием фотографий на землю (без DEM)



Куда сдвинется эти точки ортофотоплана если учитывать DEM?

Ортопотоплан - проецированием фотографий на землю (без DEM)



Где примерно находится nadir-проекция нижней-левой камеры?
Куда сдвинется эти точки ортофотоплана если учитывать DEM?

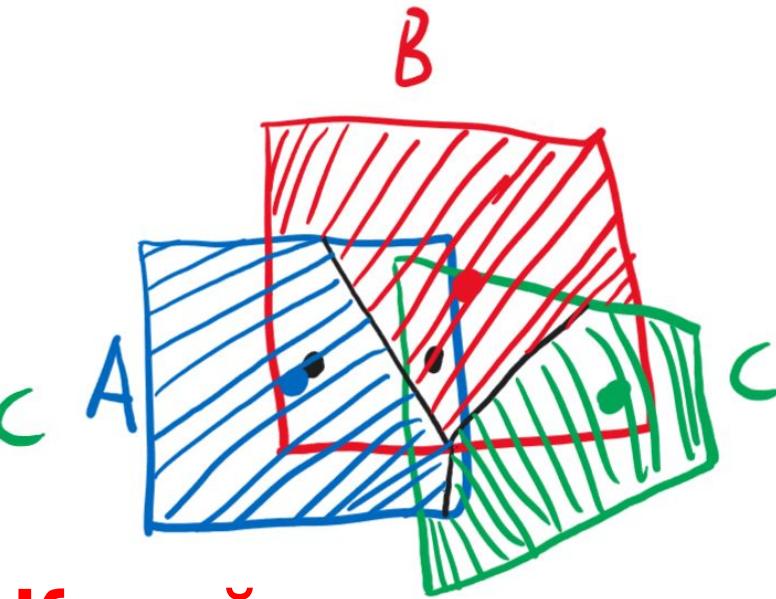
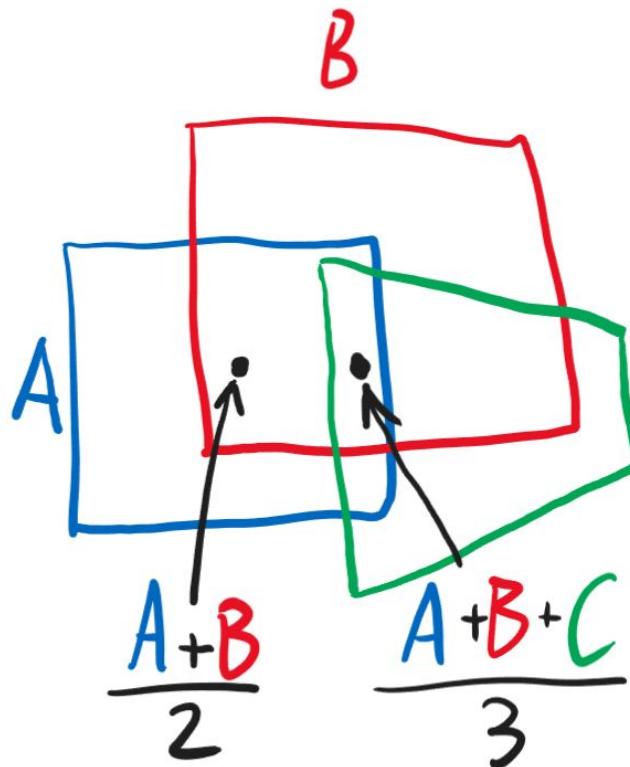
Честный ортофотоплан (True Orthophoto) - с учетом DEM



Где примерно находится nadir-проекция нижней-левой камеры?
Куда сдвинется эти точки ортофотоплана если учитывать DEM?

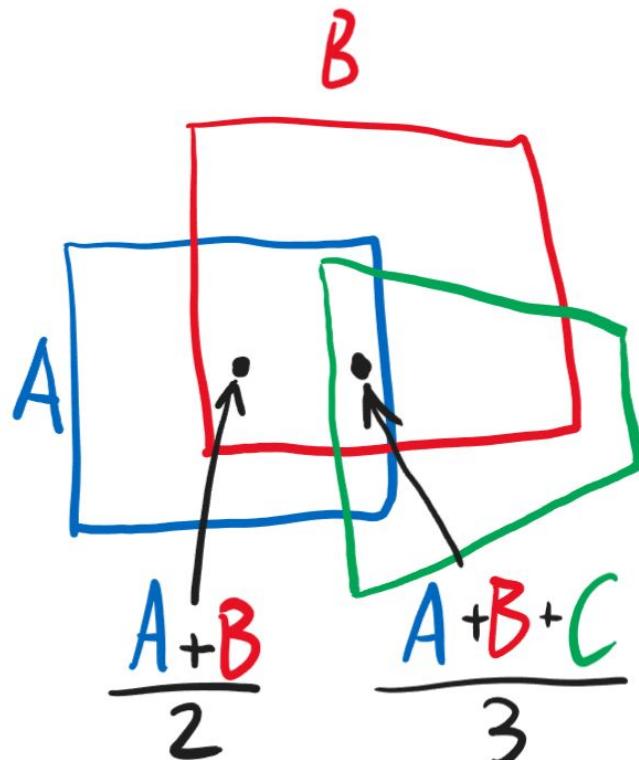
Усреднение по всем кадрам

Выбор лучшего кадра (**nadir**)

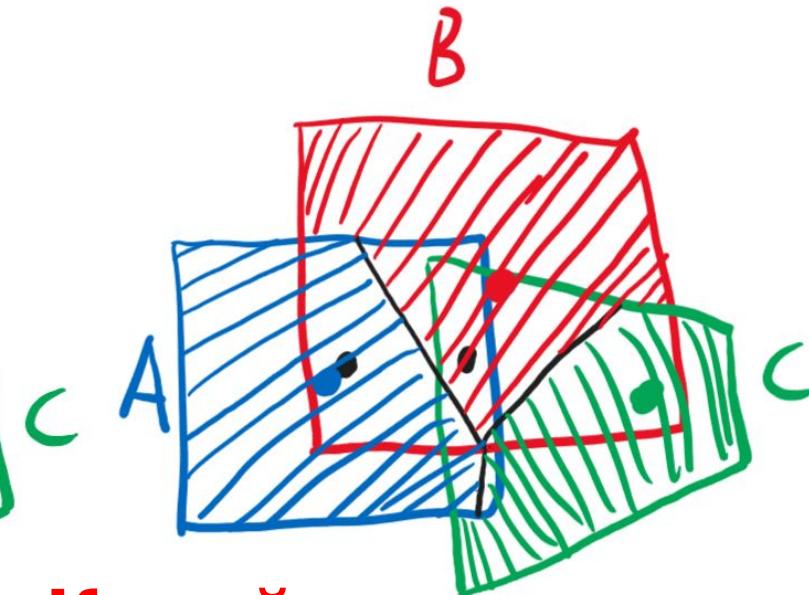


Какой метод лучше?

Усреднение по всем кадрам



Выбор лучшего кадра (**nadir**)



Какой метод лучше?

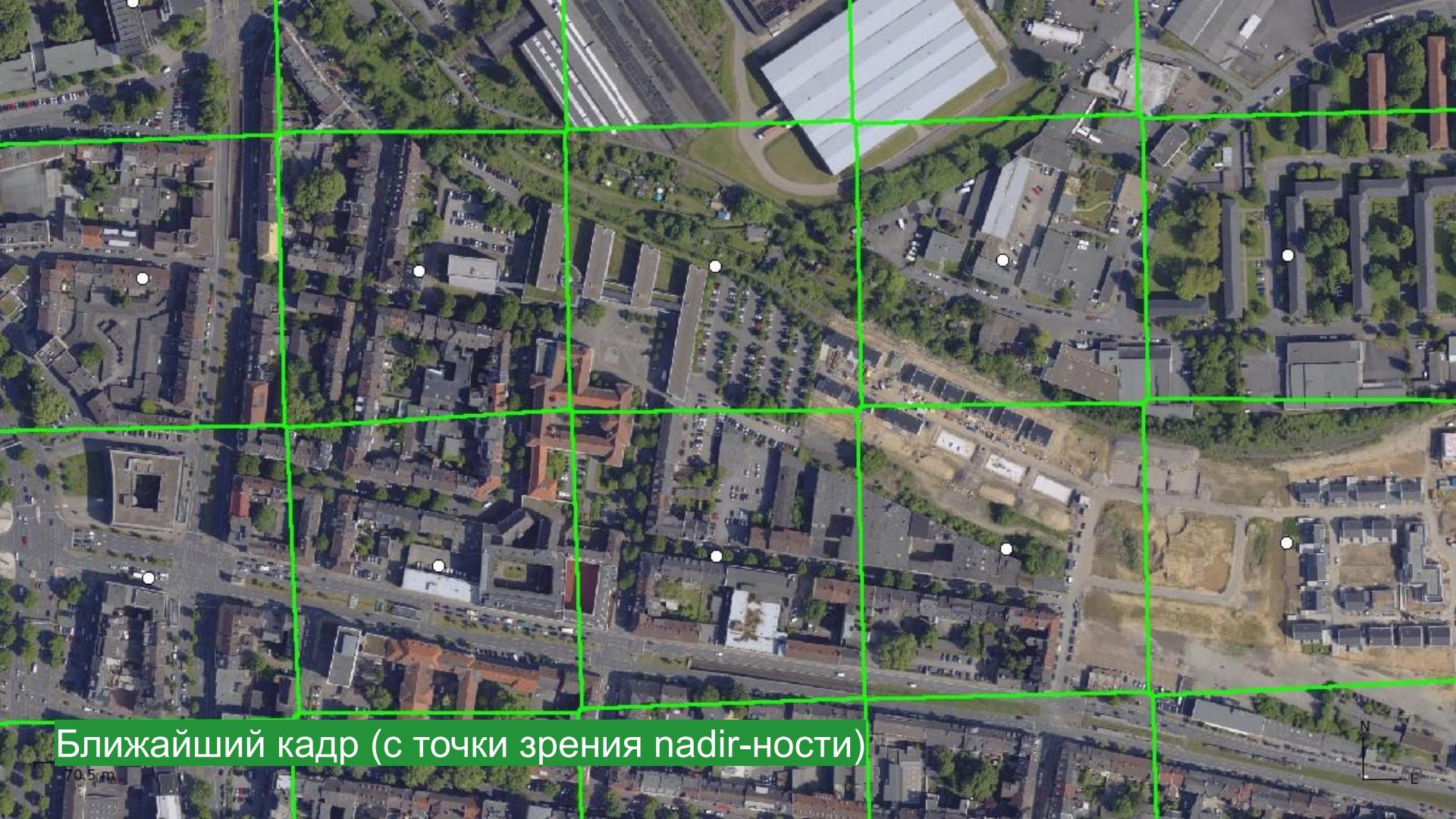
- 1) с точки зрения перепада яркости?
- 2) с точки зрения разрыва объектов?
- 3) другие критерии?

Усреднение по всем кадрам



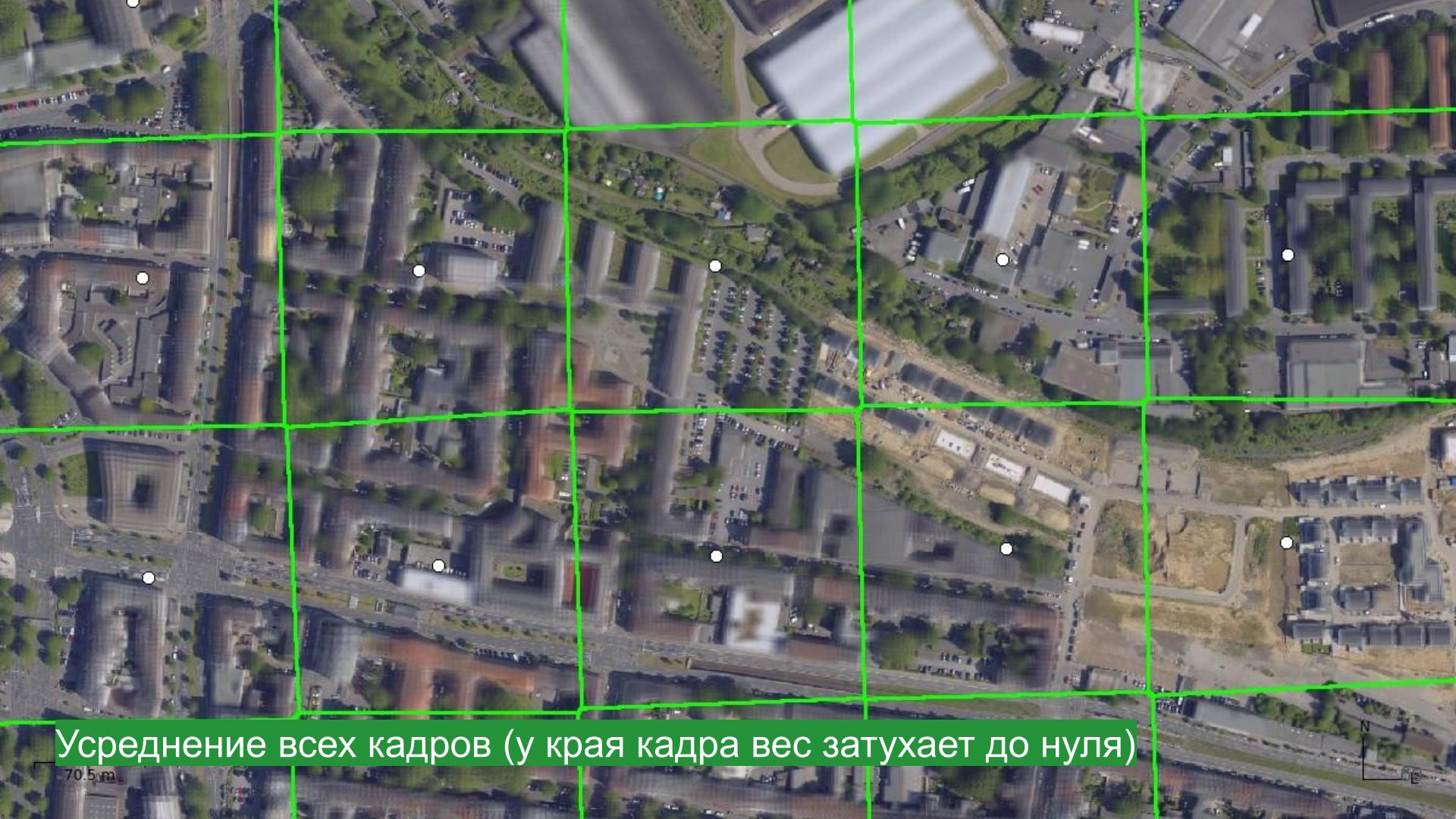
Выбор лучшего кадра (**nadir**)





Ближайший кадр (с точки зрения nadir-ности)

70.5 м

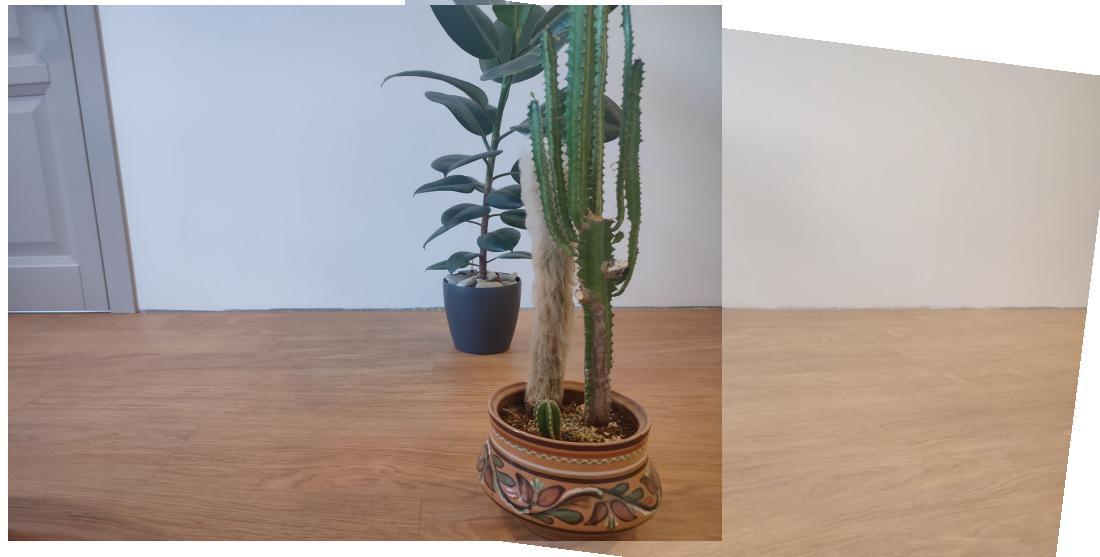


Усреднение всех кадров (у края кадра вес затухает до нуля)

70.5 m



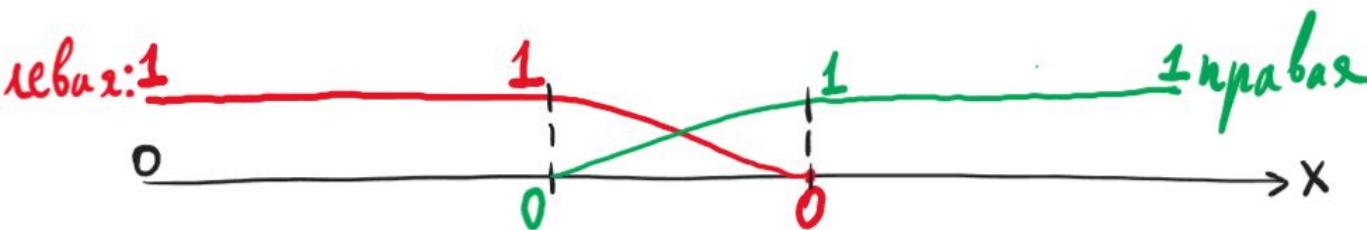
Устранение шва



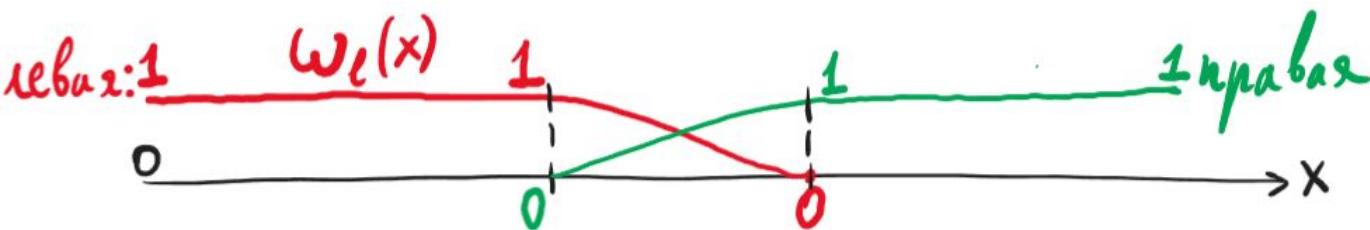
Устранение шва



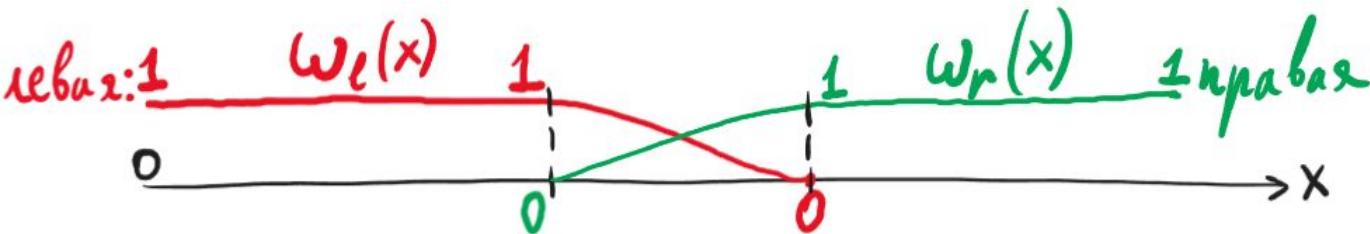
Устранение шва



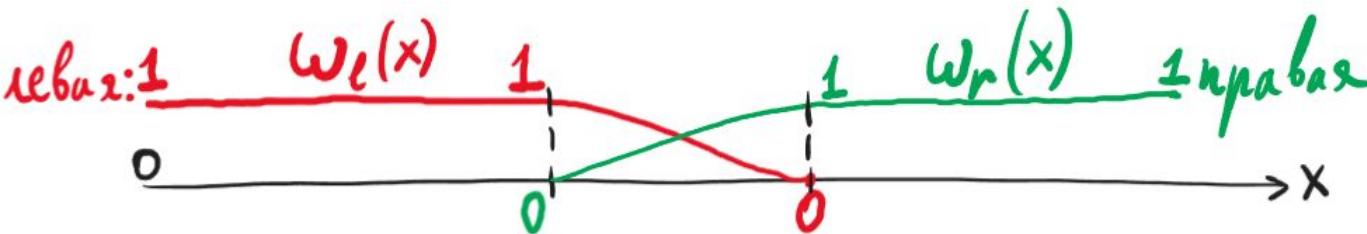
Устранение шва



Устранение шва



Устранение шва



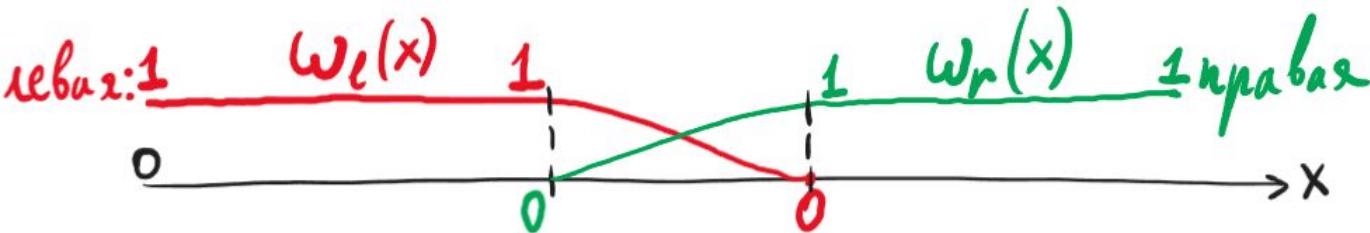
Устранение шва



$$I_l(x)$$

$$I_r(x)$$

$$P_{ano}(x) = I_l(x) \cdot w_l(x) + I_r(x) \cdot w_r(x)$$



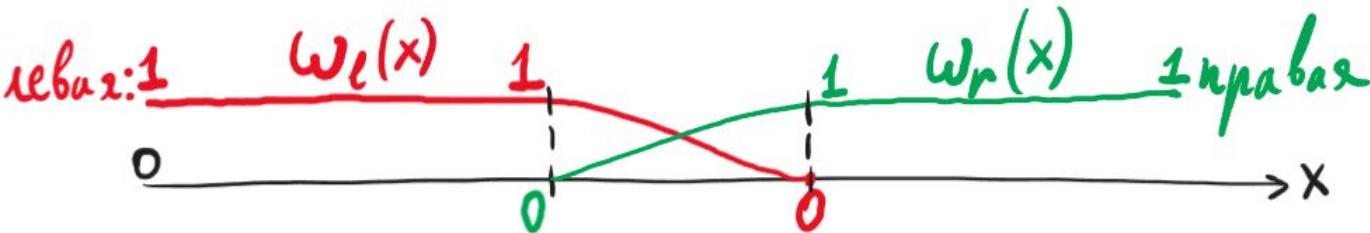
Устранение шва



$$I_l(x)$$

$$I_r(x)$$

$$P_{ano}(x) = \frac{I_l(x) \cdot w_l(x) + I_r(x) \cdot w_r(x)}{w_l(x) + w_r(x)}$$



Устранение шва

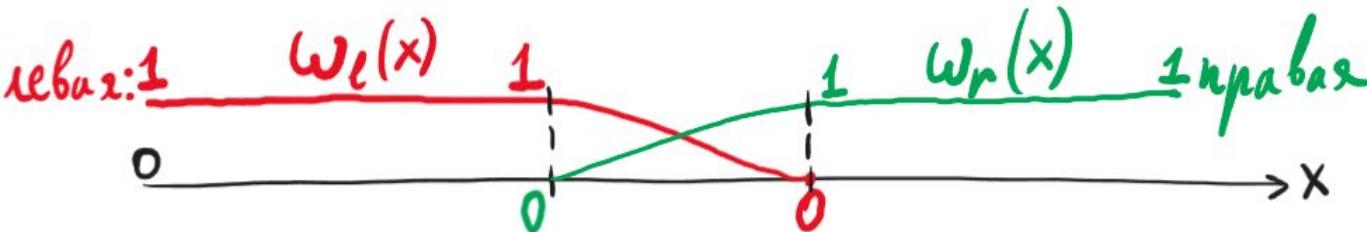


$$I_l(x)$$

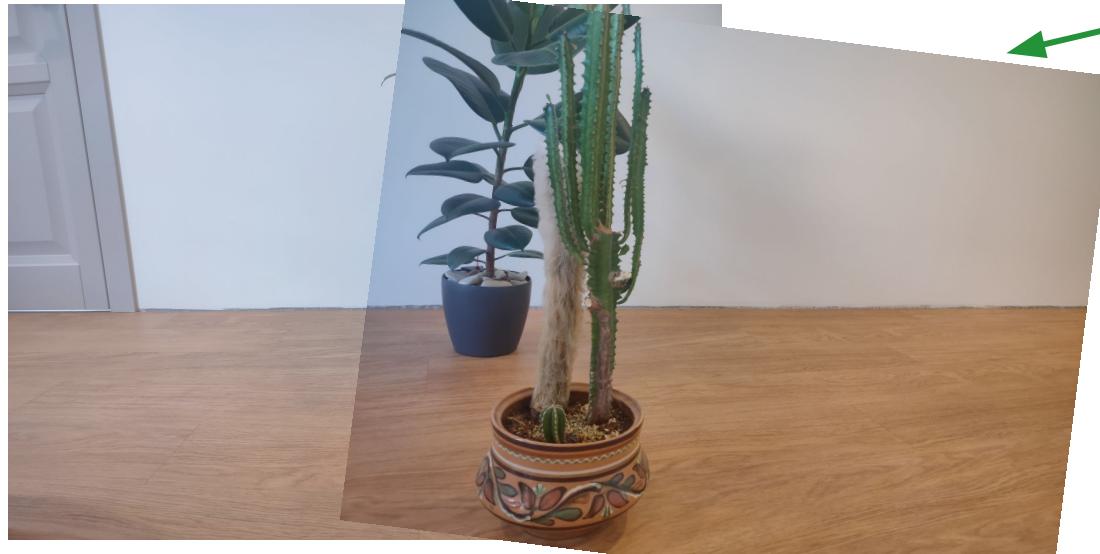
$$I_r(x)$$

$$P_{\text{ано}}(x) = \frac{I_l(x) \cdot w_l(x) + I_r(x) \cdot w_r(x)}{w_l(x) + w_r(x)}$$

Это ближе к алгоритму
усреднения ортофотоплана?
Или - к выбору лучшего кадра?



Устранение шва

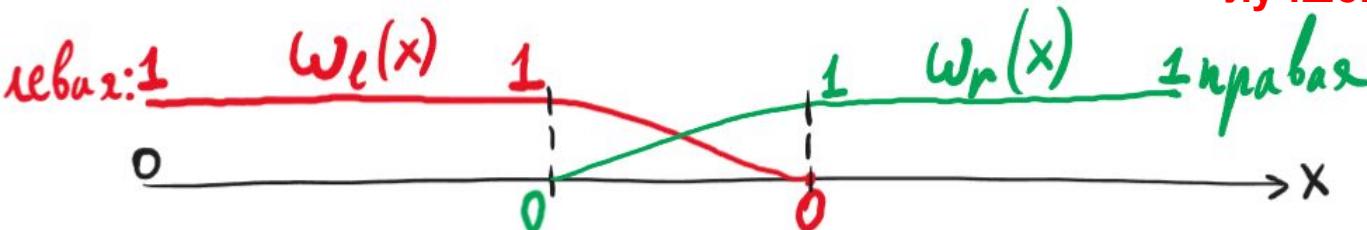


$$I_l(x)$$

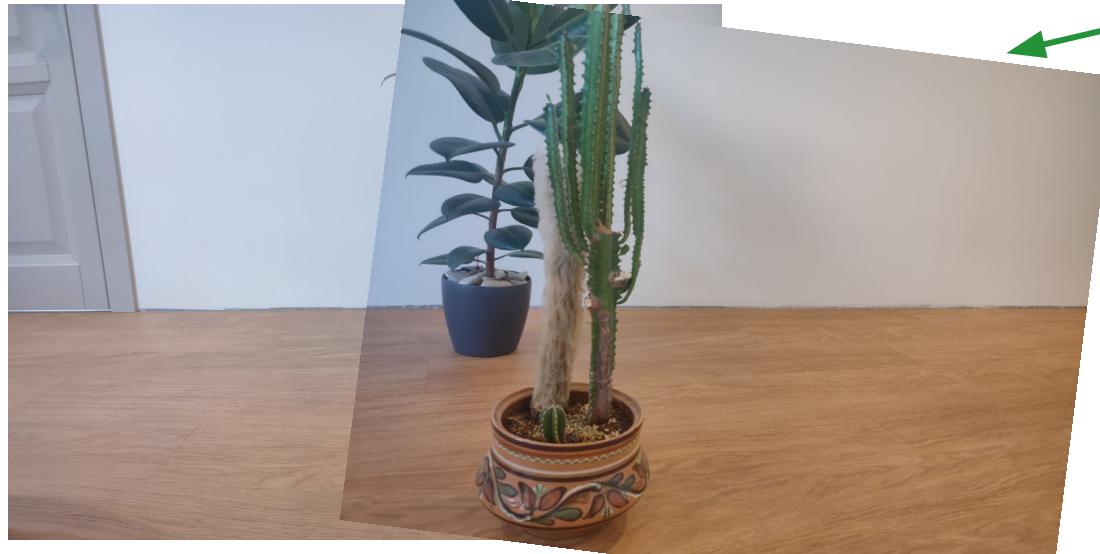
$$I_r(x)$$

$$P_{ano}(x) = \frac{I_l(x) \cdot w_l(x) + I_r(x) \cdot w_r(x)}{w_l(x) + w_r(x)}$$

Это ближе к алгоритму
усреднения ортофотоплана?
А как сделать из этого выбор
лучшего кадра?

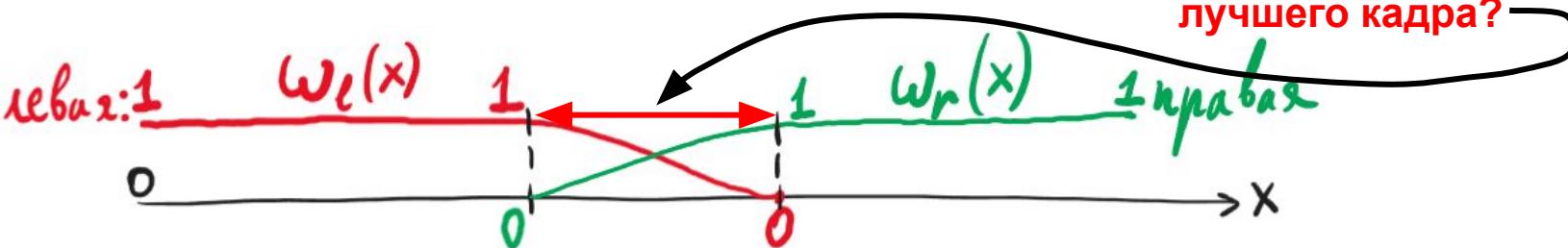


Устранение шва



$$P_{\text{ано}}(x) = \frac{I_l(x) \cdot w_l(x) + I_r(x) \cdot w_r(x)}{w_l(x) + w_r(x)}$$

Это ближе к алгоритму
усреднения ортофотоплана?
А как сделать из этого выбор
лучшего кадра?



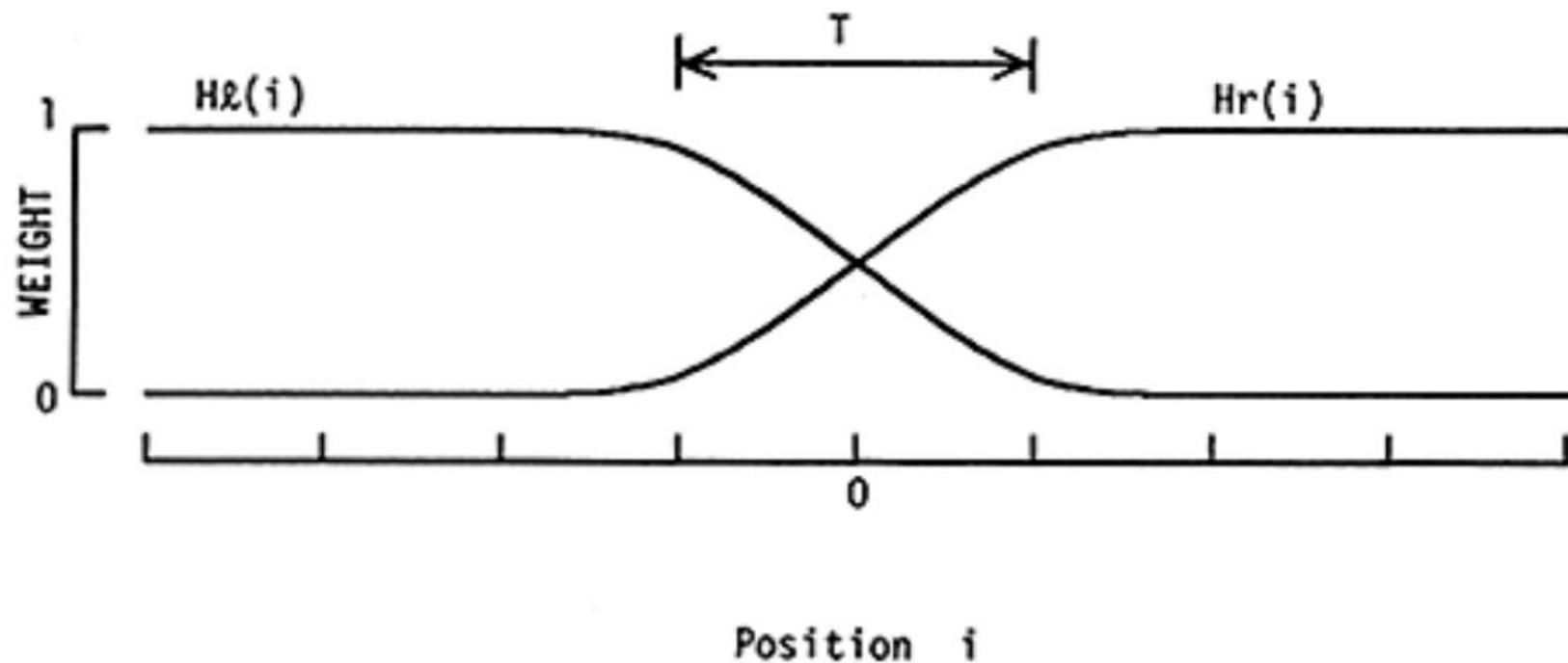


Fig. 2. The weighted average method may be used to avoid seams when mosaics are constructed from overlapped images. Each image is multiplied by a weighting function which decreases monotonically across its border; the resulting images are then summed to form the mosaic. Example weighting functions are shown here in one dimension. The width of the transition zone T is a critical parameter for this method.

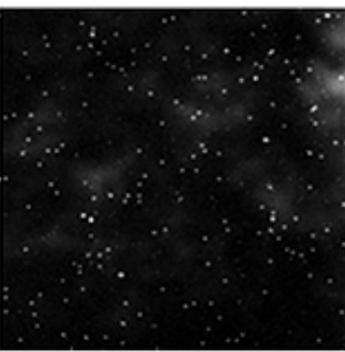
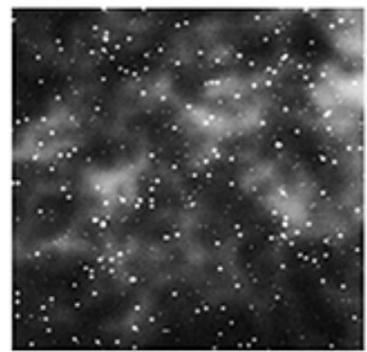


Fig. 3. Common artifacts of the weighted average techniques are demonstrated in these attempts to spline two synthetic images of stars (Figure 3a and 3b). These differ only in **mean gray level** and a **slight vertical shift**.

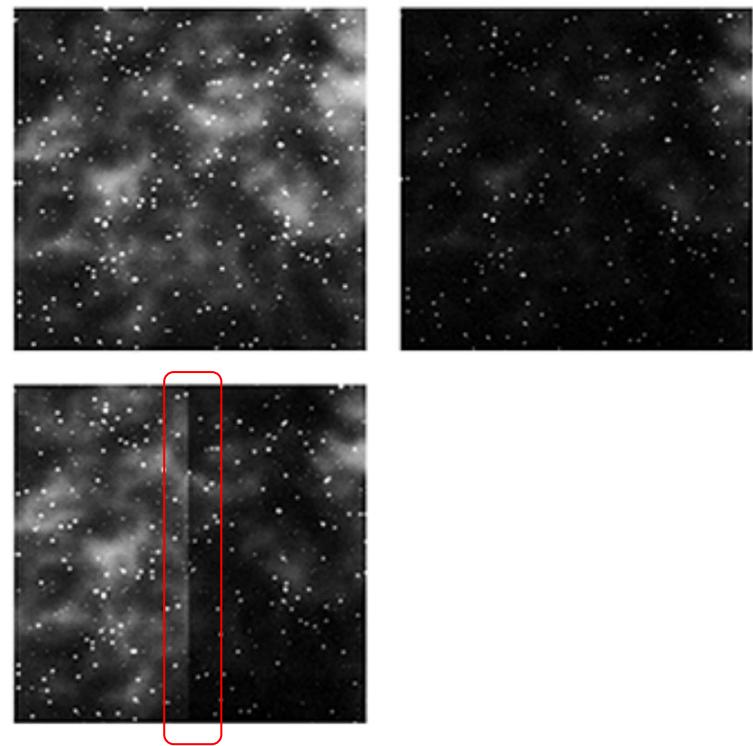


Fig. 3. Common artifacts of the weighted average techniques are demonstrated in these attempts to spline two synthetic images of stars (Figure 3a and 3b). These differ only in **mean gray level** and a **slight vertical shift**.

b A seam is clearly visible when the left half of figure 3a is joined with the right half of Figure 3b without any adjustment in gray level, as shown in Figure 3c.

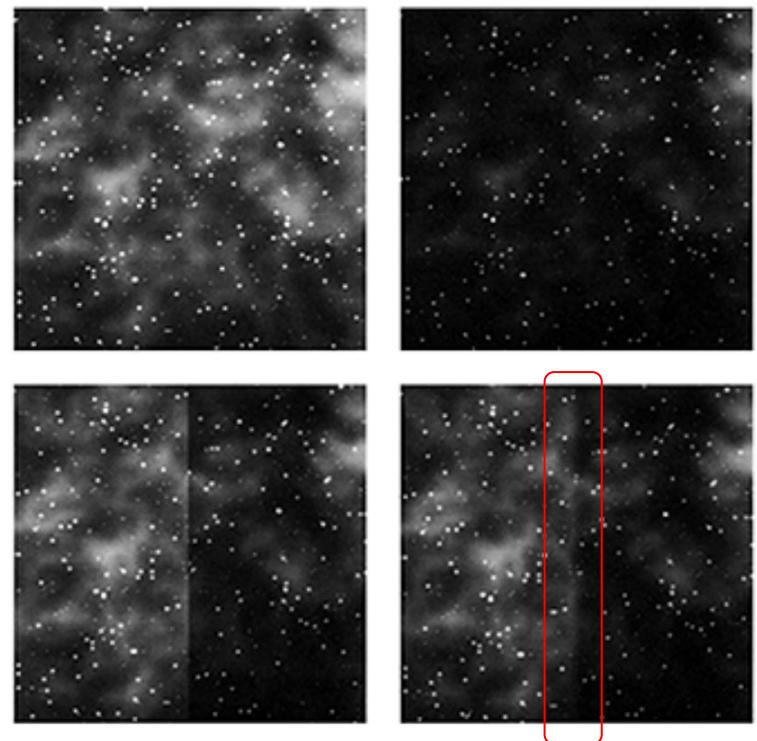


Fig. 3. Common artifacts of the weighted average techniques are demonstrated in these attempts to spline two synthetic images of stars (Figure 3a and 3b). These differ only in **mean gray level** and a **slight vertical shift**.

b A seam is clearly visible when the left half of figure 3a is joined with the right half of Figure 3b without any adjustment in gray level, as shown in Figure 3c. The seam is **still visible when the weighted average technique is used with a narrow transition zone (Figure 3d)**.

d

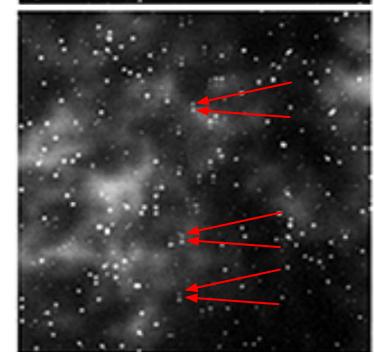
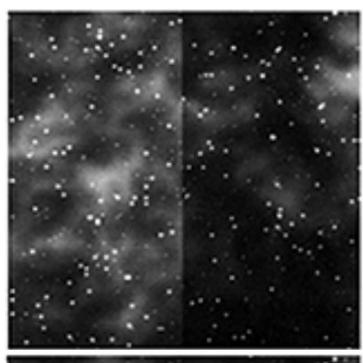
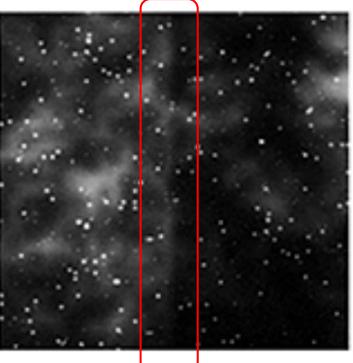
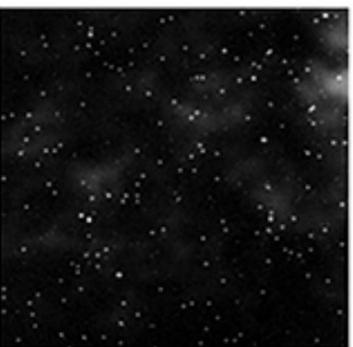
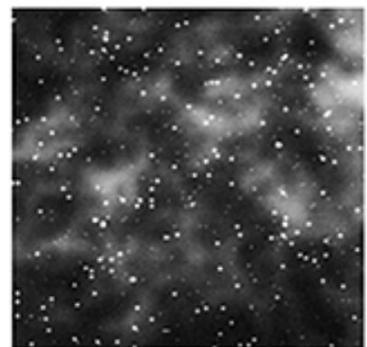
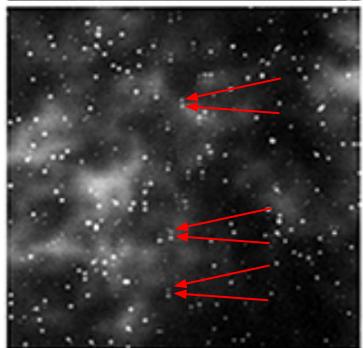
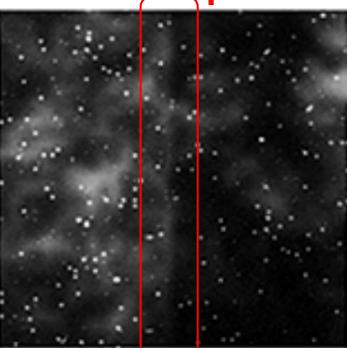
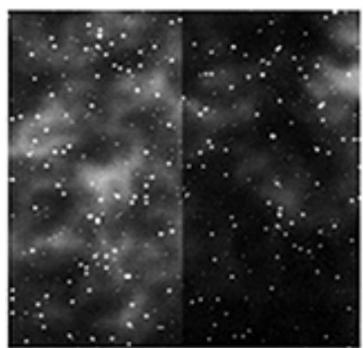
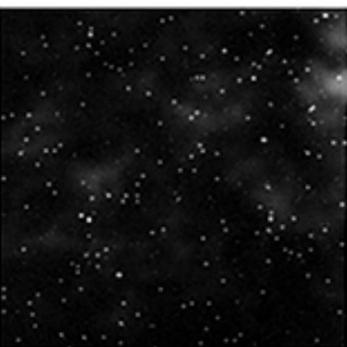
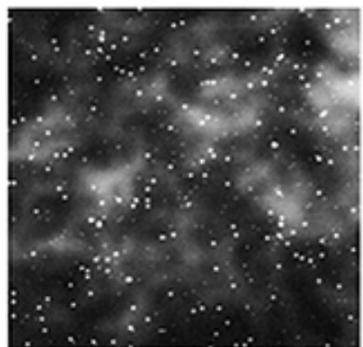
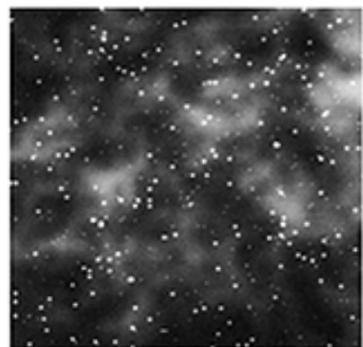


Fig. 3. Common artifacts of the weighted average techniques are demonstrated in these attempts to spline two synthetic images of stars (Figure 3a and 3b). These differ only in **mean gray level** and a **slight vertical shift**.

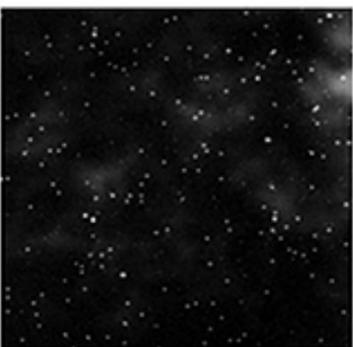
b A seam is clearly visible when the left half of figure 3a is joined with the right half of Figure 3b without any adjustment in gray level, as shown in Figure 3c. The seam is **still visible when the weighted average technique is used with a narrow transition zone (Figure 3d)**. However, if the transition zone is wide, features within the zone appear double (Figure 3e).



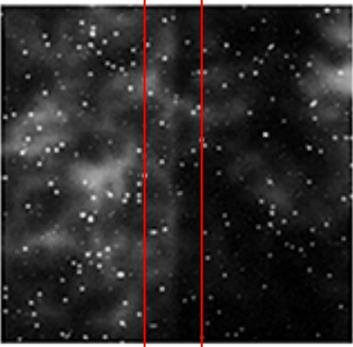
1. Чтобы подавить “широкие/большие” проблемы - перепады яркости - нужна широкая зона перехода весов.



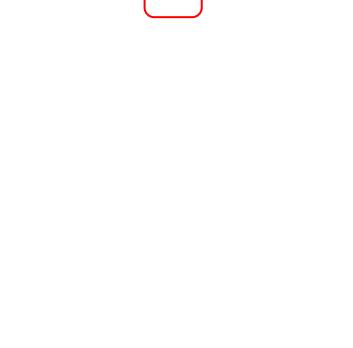
a



b

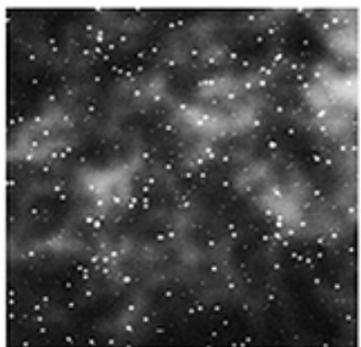


d

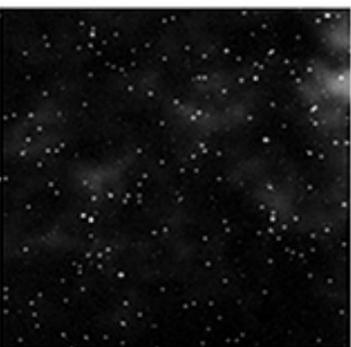


1. Чтобы подавить “широкие/большие” проблемы - перепады яркости - нужна **широкая зона** перехода весов.

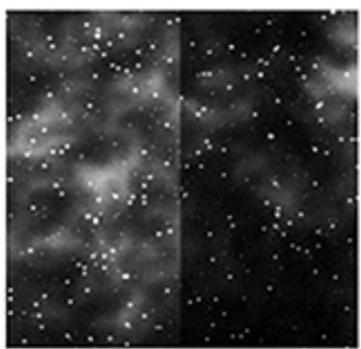
2. Чтобы не двоилось - нужно чтобы “маленькие” объекты - звезды - обычно брались ровно с одного кадра - например это так если мы используем **узкую зону** перехода весов.



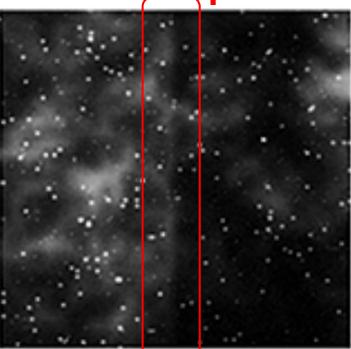
a



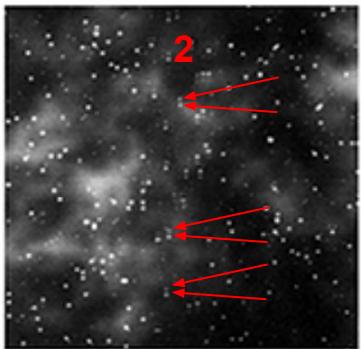
b



c



d

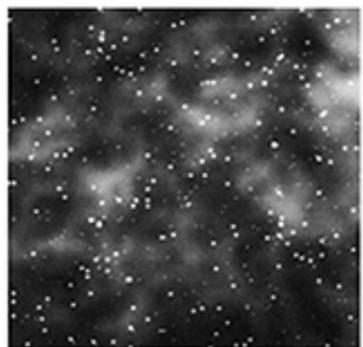


e

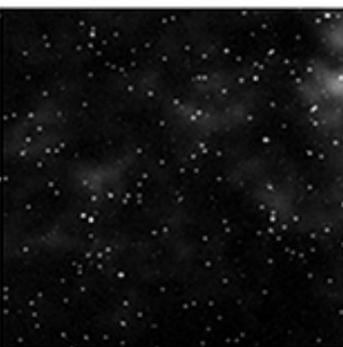
1. Чтобы подавить “широкие/большие” проблемы - перепады яркости - нужна **широкая зона** перехода весов.

2. Чтобы не двоилось - нужно чтобы “**маленькие**” объекты - звезды - обычно брались ровно с одного кадра - например это так если мы используем **узкую зону** перехода весов.

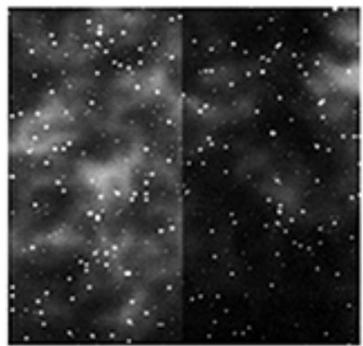
Как же взять лучшее от двух миров?



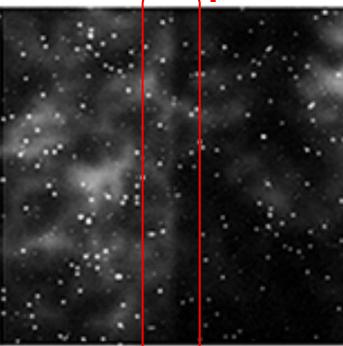
a



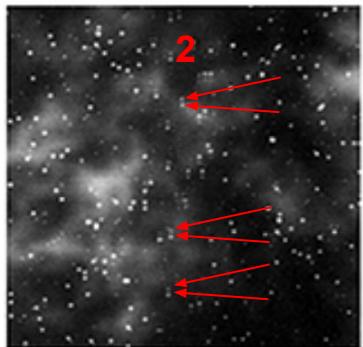
b



c



d



e

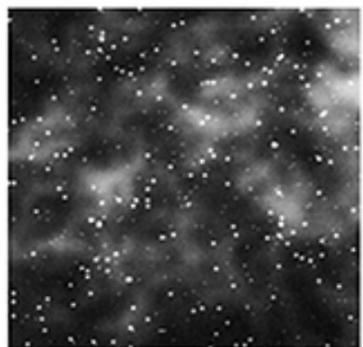
f

1. Чтобы подавить “широкие/большие” проблемы - перепады яркости - нужна **широкая зона** перехода весов.

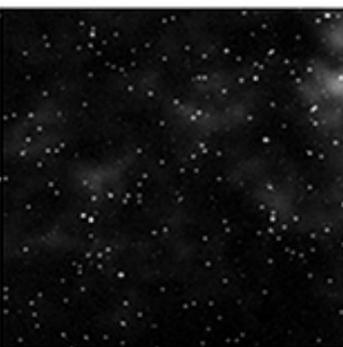
2. Чтобы не двоилось - нужно чтобы “маленькие” объекты - звезды - обычно брались ровно с одного кадра - например это так если мы используем **узкую зону** перехода весов.

Как же взять лучшее от двух миров?

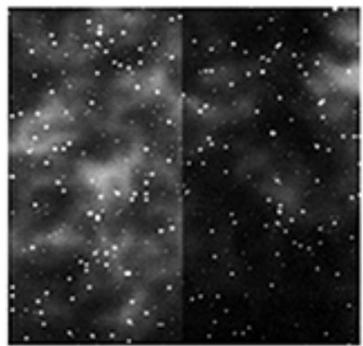
Суметь разбить картинку на разные частоты. И отдельно обрабатывать разные по масштабу объекты.



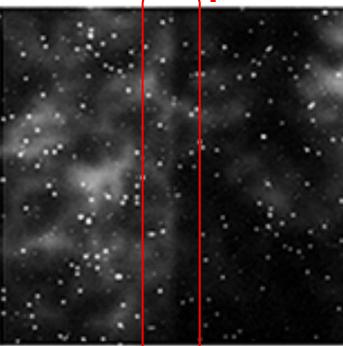
a



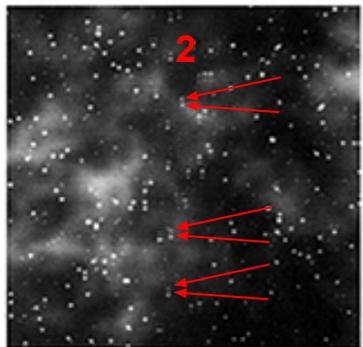
b



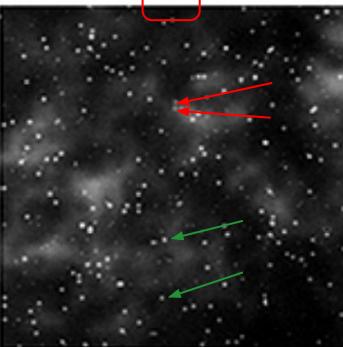
c



d



e



f

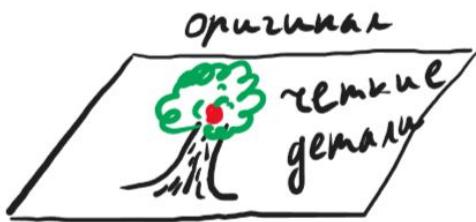
1. Чтобы подавить “широкие/большие” проблемы - перепады яркости - нужна **широкая зона** перехода весов.

2. Чтобы не двоилось - нужно чтобы “маленькие” объекты - звезды - обычно брались ровно с одного кадра - например это так если мы используем **узкую зону** перехода весов.

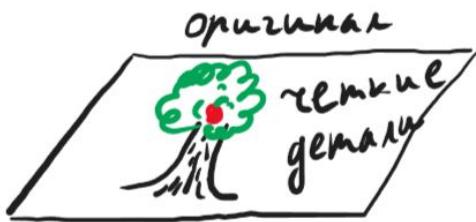
Как же взять лучшее от двух миров?

Суметь разбить картинку на разные частоты. И отдельно обрабатывать разные по масштабу объекты.

Разложим картинку на частоты



Разложим картинку на частоты



размытие (blur)

размытые
границы

A hand-drawn illustration of the same tree, but with a blurry effect applied to the edges. The drawing is enclosed in a trapezoidal frame. The word "размытие (blur)" is written above the tree, and the text "размытые границы" describes the blurred boundaries.

Разложим картинку на частоты



размытие (blur)



размытие (blur)



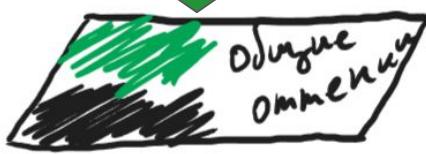
Разложим картинку на частоты



↓ размытие (blur)



↓ размытие (blur)



↓ размытие (blur)

что будет на **самом последнем** уровне???

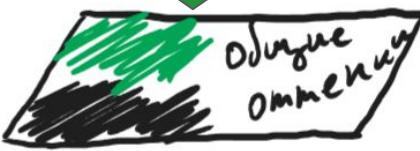
Разложим картинку на частоты



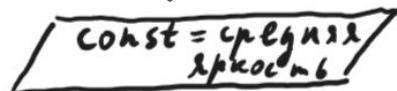
размытие (blur)



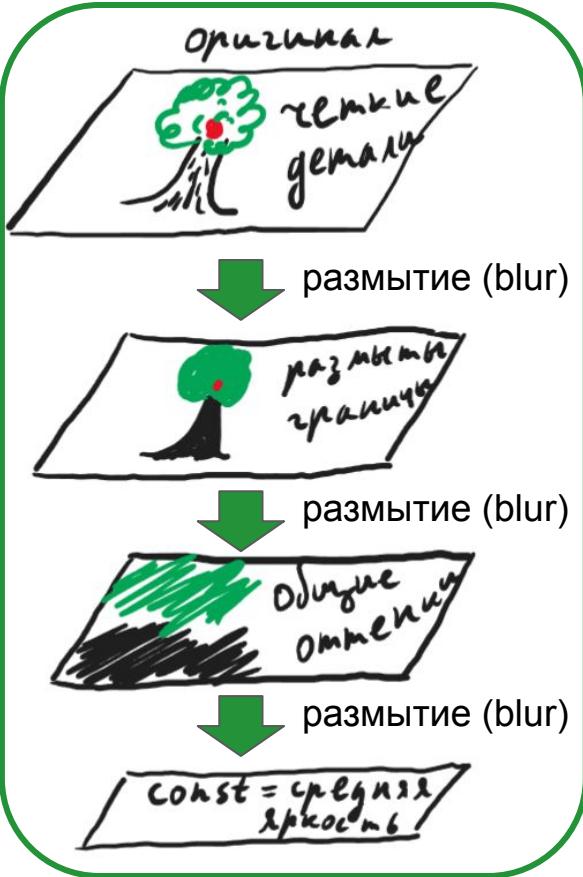
размытие (blur)



размытие (blur)

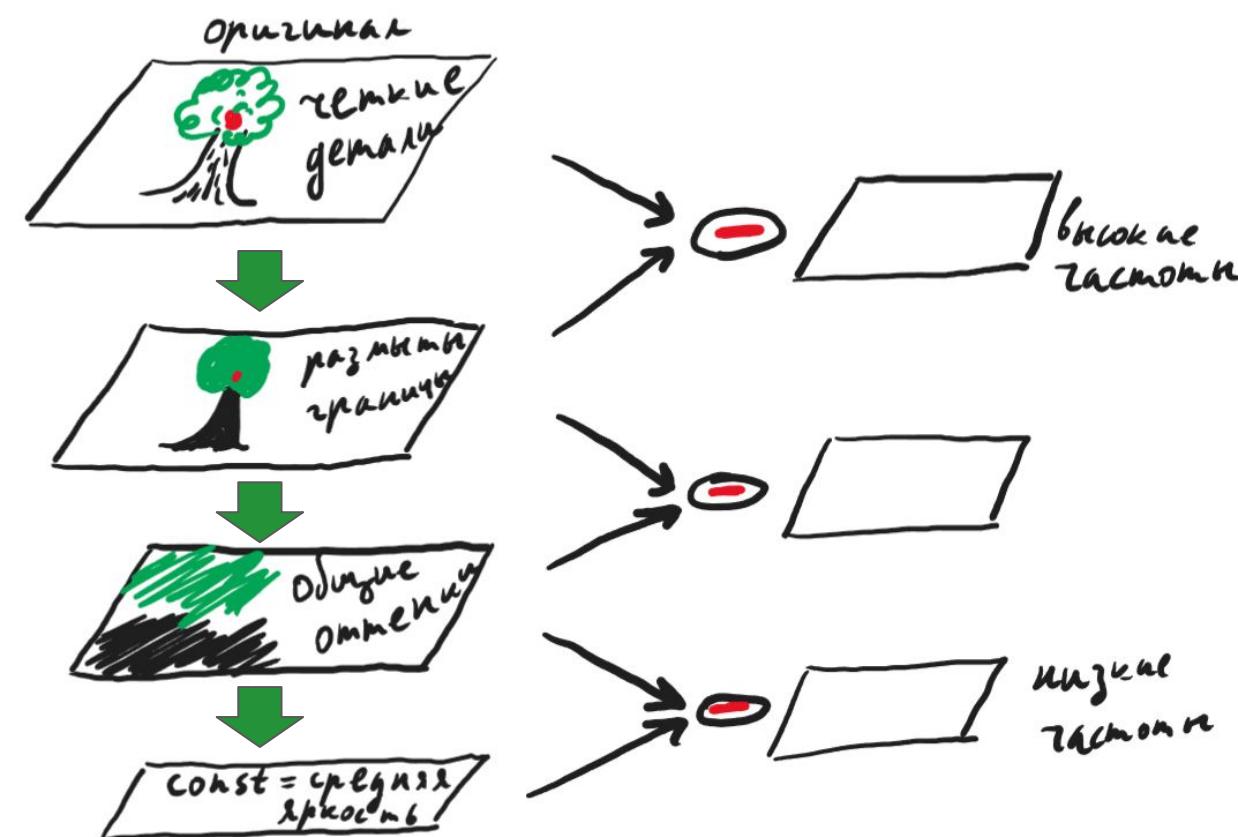


Разложим картинку на частоты



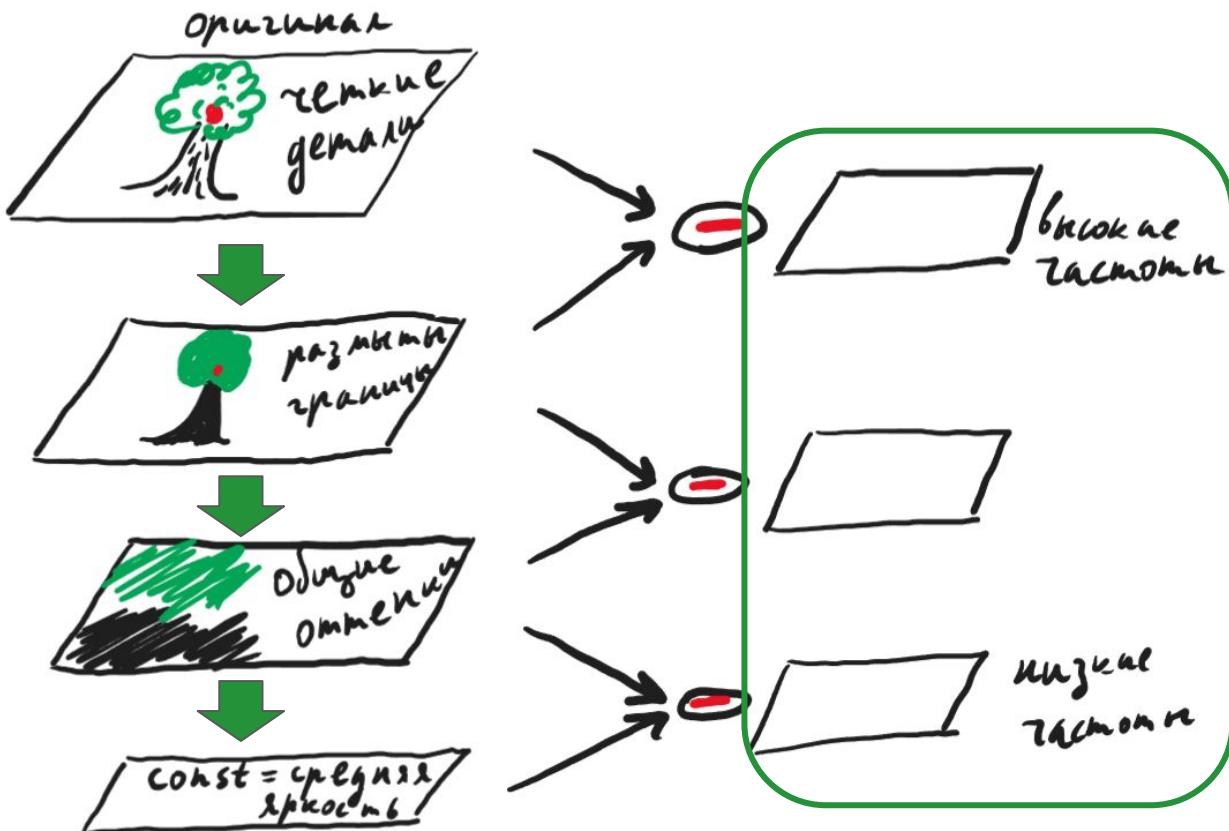
Gaussian Pyramid
(т.к. гауссово размытие)

Разложим картинку на частоты



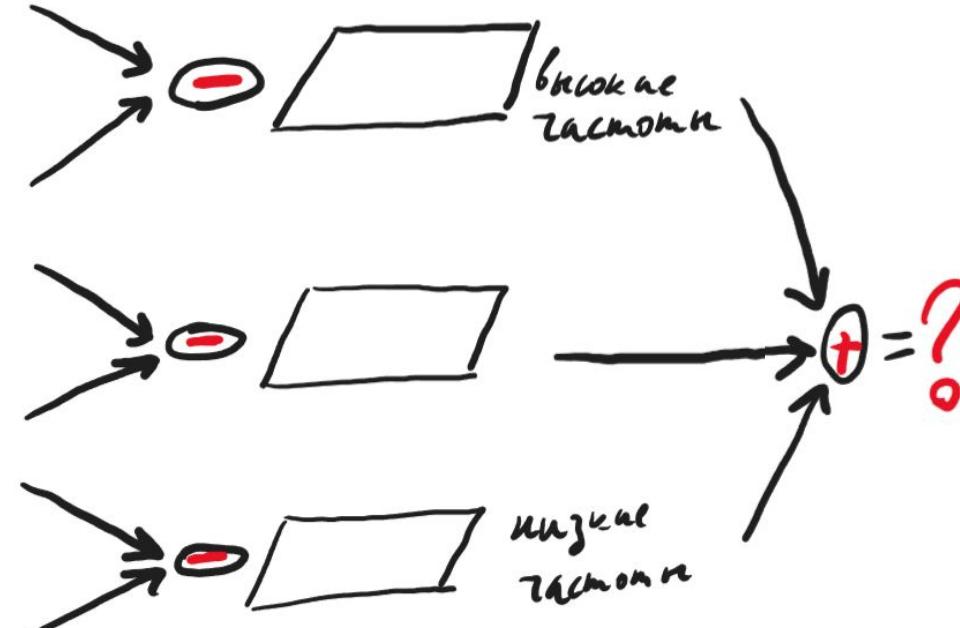
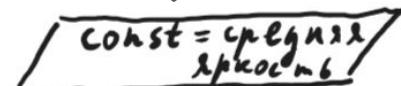
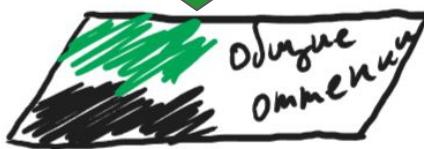
Gaussian Pyramid

Разложим картинку на частоты



Difference of Gaussian
(DoG)

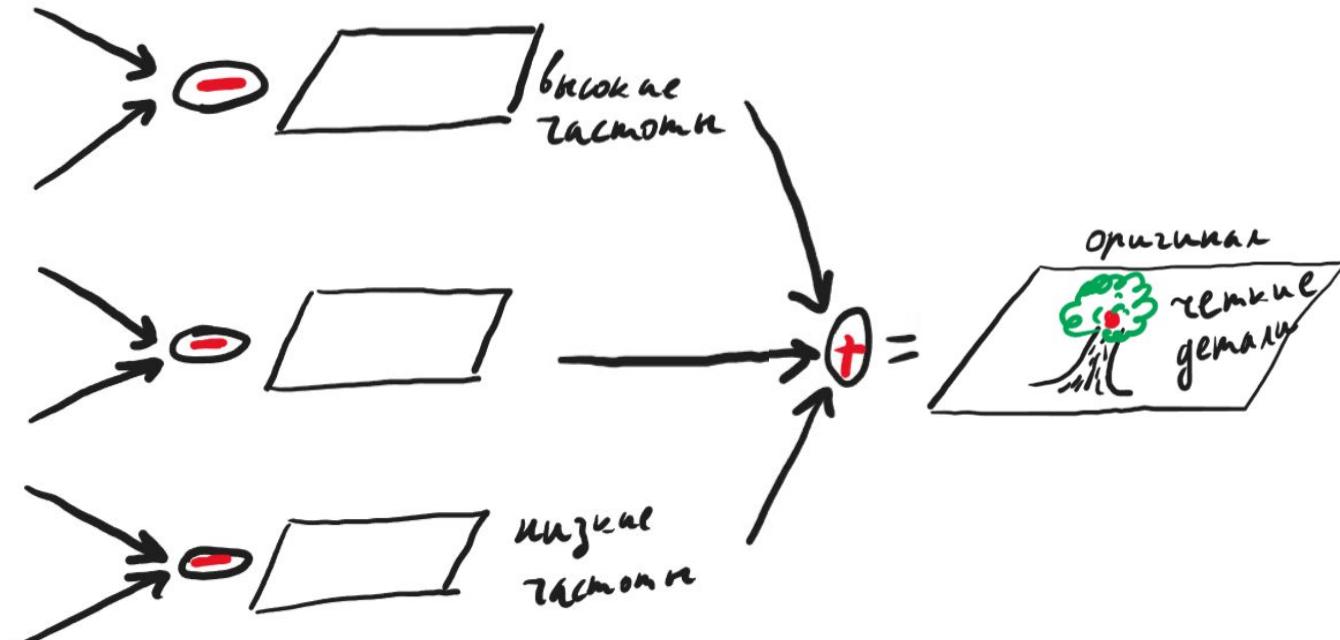
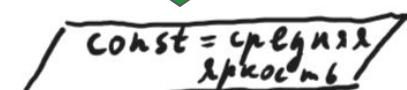
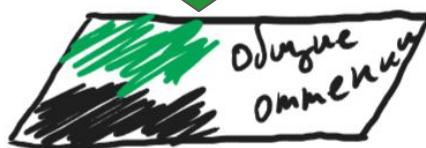
Разложим картинку на частоты



Difference of Gaussian
(DoG)

Gaussian Pyramid

Разложим картинку на частоты



Gaussian Pyramid

Difference of Gaussian
(DoG)

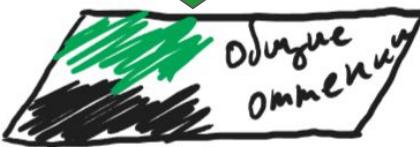
Разложим картинку на частоты



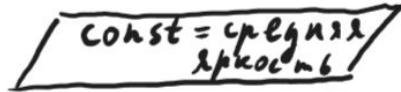
размытие (blur)



размытие (blur)



размытие (blur)



Gaussian Pyramid

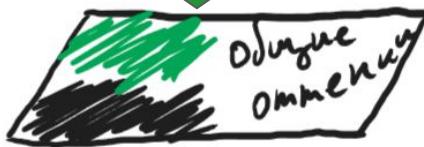
Разложим картинку на частоты



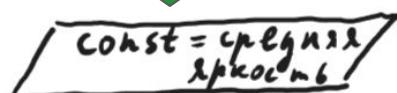
размытие (blur)



размытие (blur)

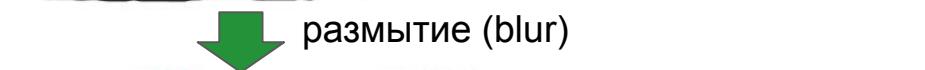
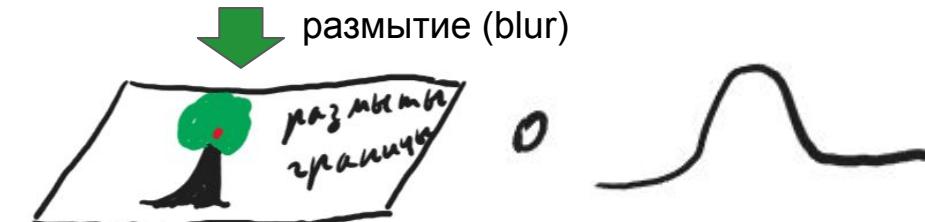


размытие (blur)



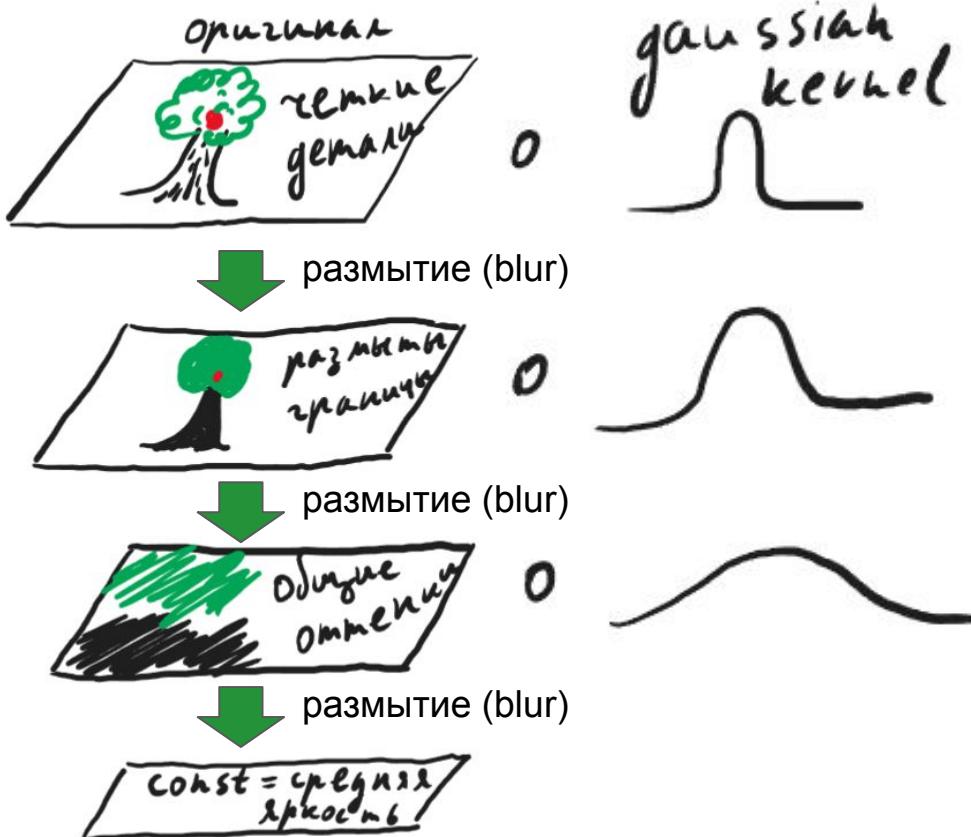
Gaussian Pyramid

Разложим картинку на частоты



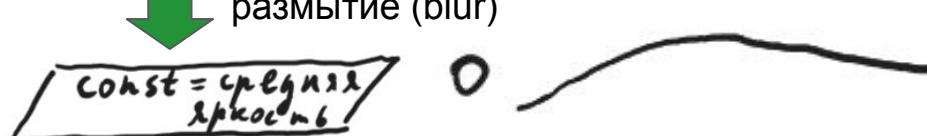
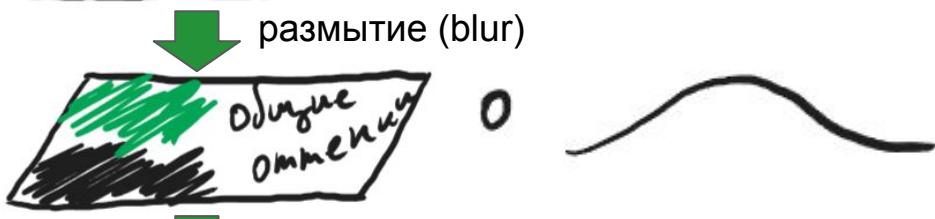
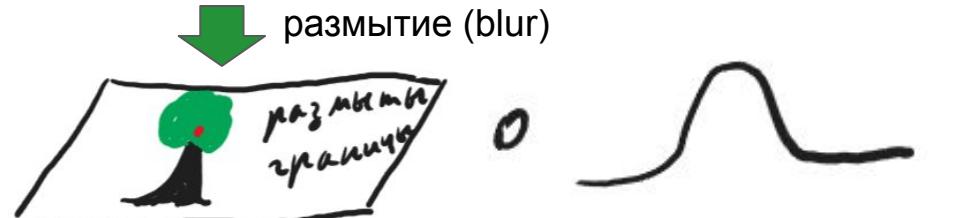
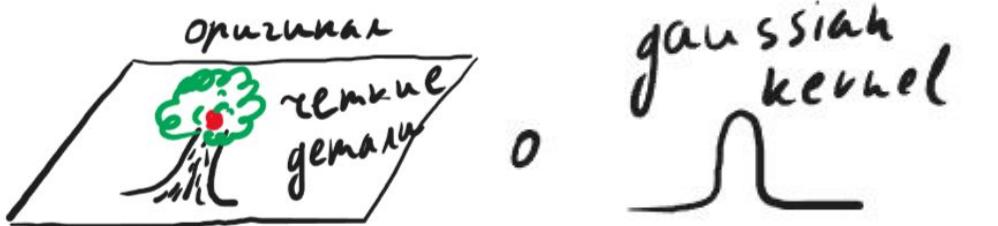
- фильтрует (убирает) **высокие частоты** (т.е. частоты выше некоторого порога)
например **шум**

Разложим картинку на частоты



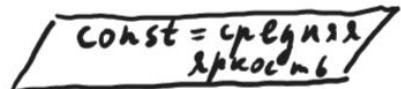
- фильтрует (убирает) **высокие частоты** (т.е. частоты выше некоторого порога)
например **шум**
- фильтрует (убирает) **средние частоты** (т.е. частоты выше некоторого порога)

Разложим картинку на частоты



- фильтрует (убирает) **высокие частоты** (т.е. частоты выше некоторого порога)
например **шум**
- фильтрует (убирает) **средние частоты** (т.е. частоты выше некоторого порога)
- фильтрует (убирает) **почти все частоты** кроме уже совсем низких

Разложим картинку на частоты



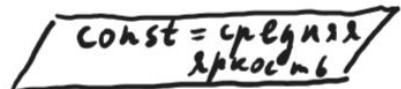
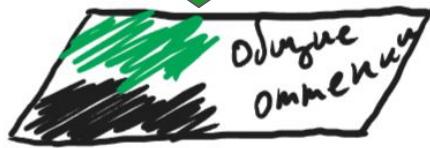
Gaussian Pyramid

убраны высокие частоты

убраны высокие частоты и средние частоты

Difference of Gaussian
(DoG)

Разложим картинку на частоты



Gaussian Pyramid

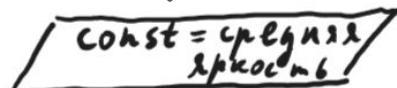
Difference of Gaussian
(DoG)

убраны высокие частоты

???

убраны высокие частоты и средние частоты

Разложим картинку на частоты



Gaussian Pyramid

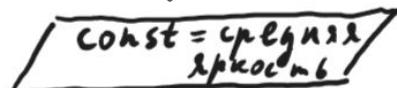
убраны высокие частоты

высоких частот не было ни сверху ни снизу

убраны высокие частоты и средние частоты

Difference of Gaussian
(DoG)

Разложим картинку на частоты



Gaussian Pyramid

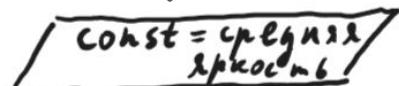
убраны высокие частоты

высоких частот не было ни сверху ни снизу
низкие частоты были и там и там - сократились

убраны высокие частоты и средние частоты

Difference of Gaussian
(DoG)

Разложим картинку на частоты



Gaussian Pyramid

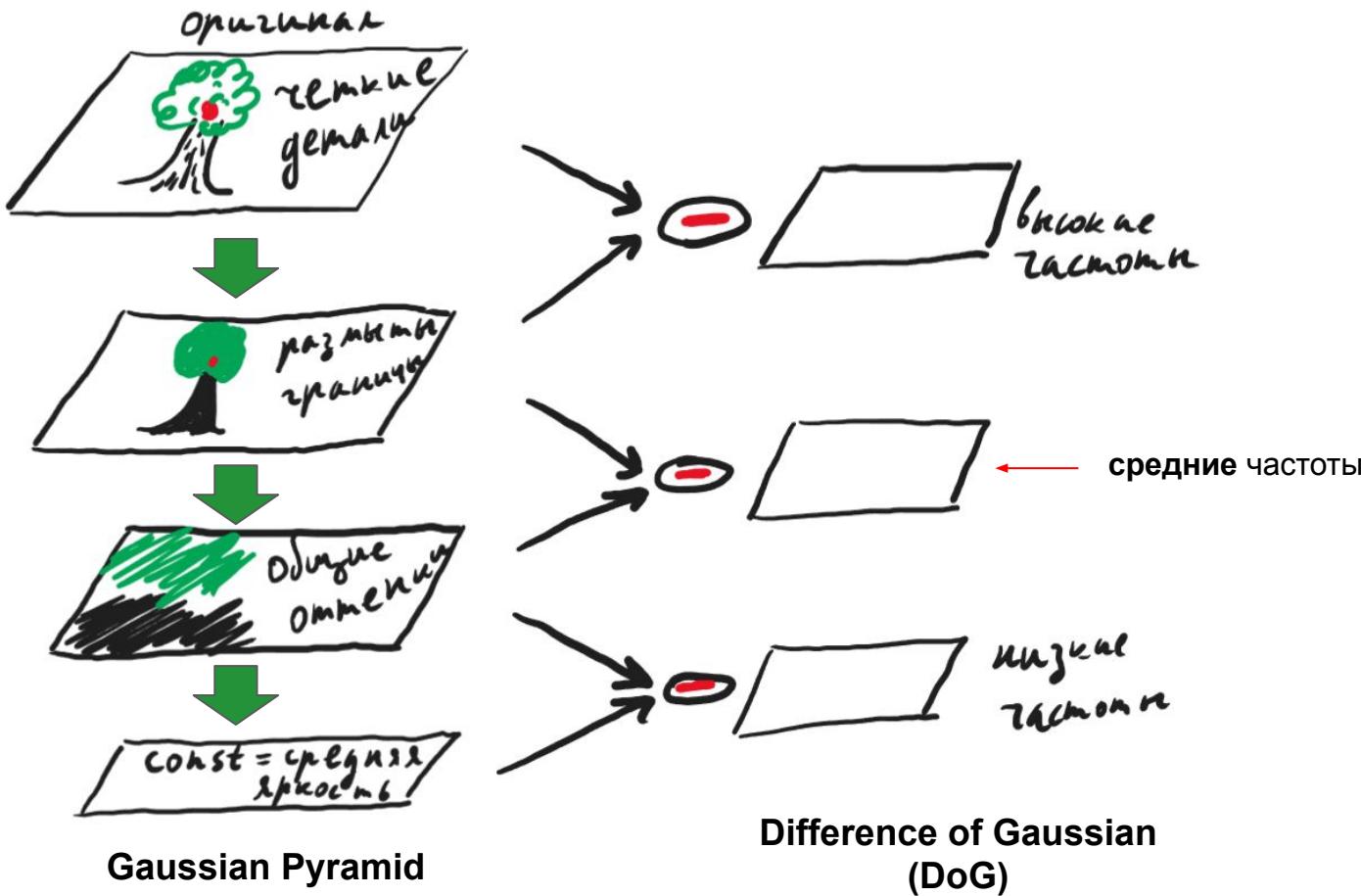
убраны высокие частоты

высоких частот не было ни сверху ни снизу
низкие частоты были и там и там - сократились
остались только **средние** частоты

убраны высокие частоты и средние частоты

Difference of Gaussian
(DoG)

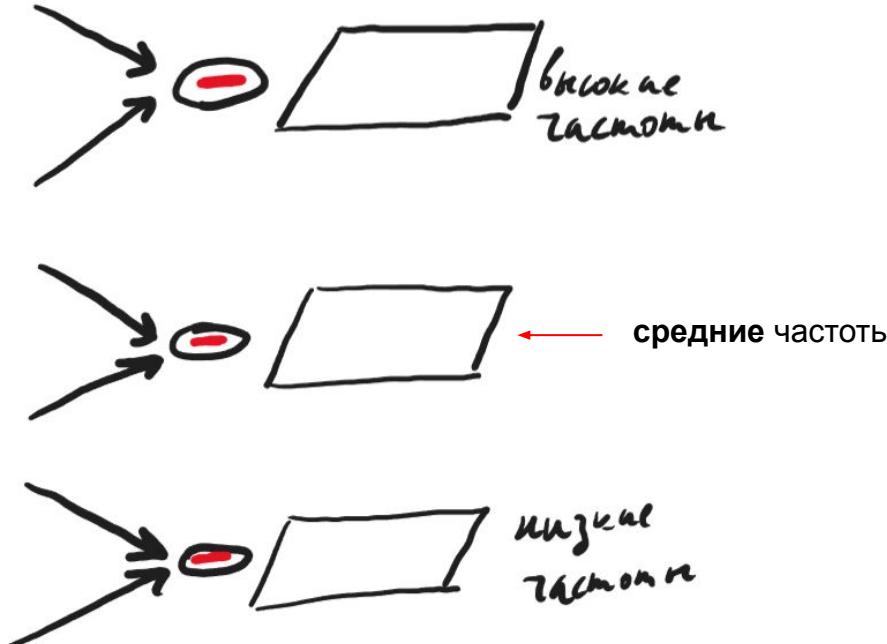
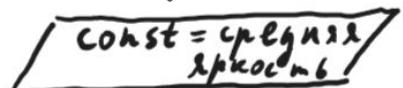
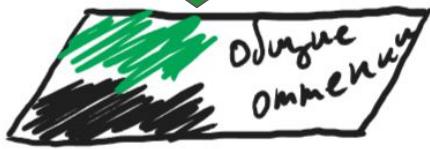
Разложим картинку на частоты



Разложим картинку на частоты

Получается каждый слой содержит информацию некоторого размера.

Чем обусловлен этот размер/радиус?

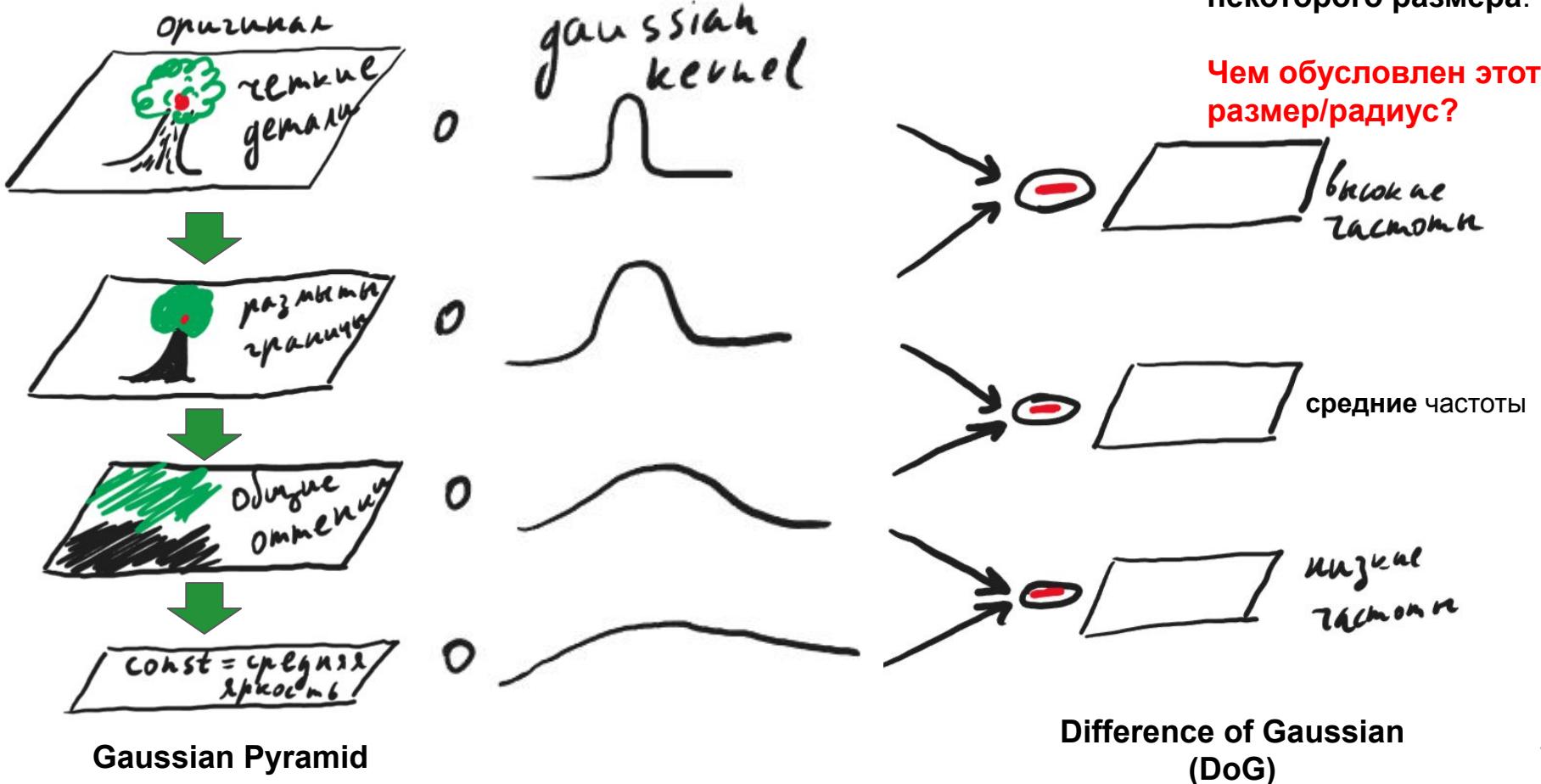


Difference of Gaussian
(DoG)

Gaussian Pyramid

Разложим картинку на частоты

Получается каждый слой содержит информацию некоторого размера.



Difference of Gaussian
(DoG)

Разложим картинку на частоты

Получается каждый слой содержит информацию некоторого размера.

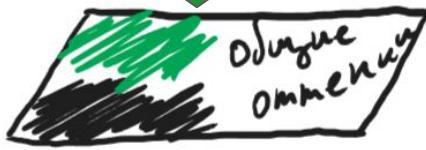
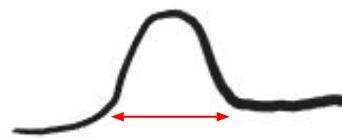


0

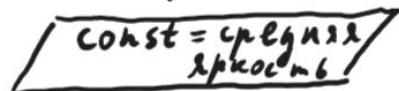
gaussian kernel



0



0



0



Gaussian Pyramid

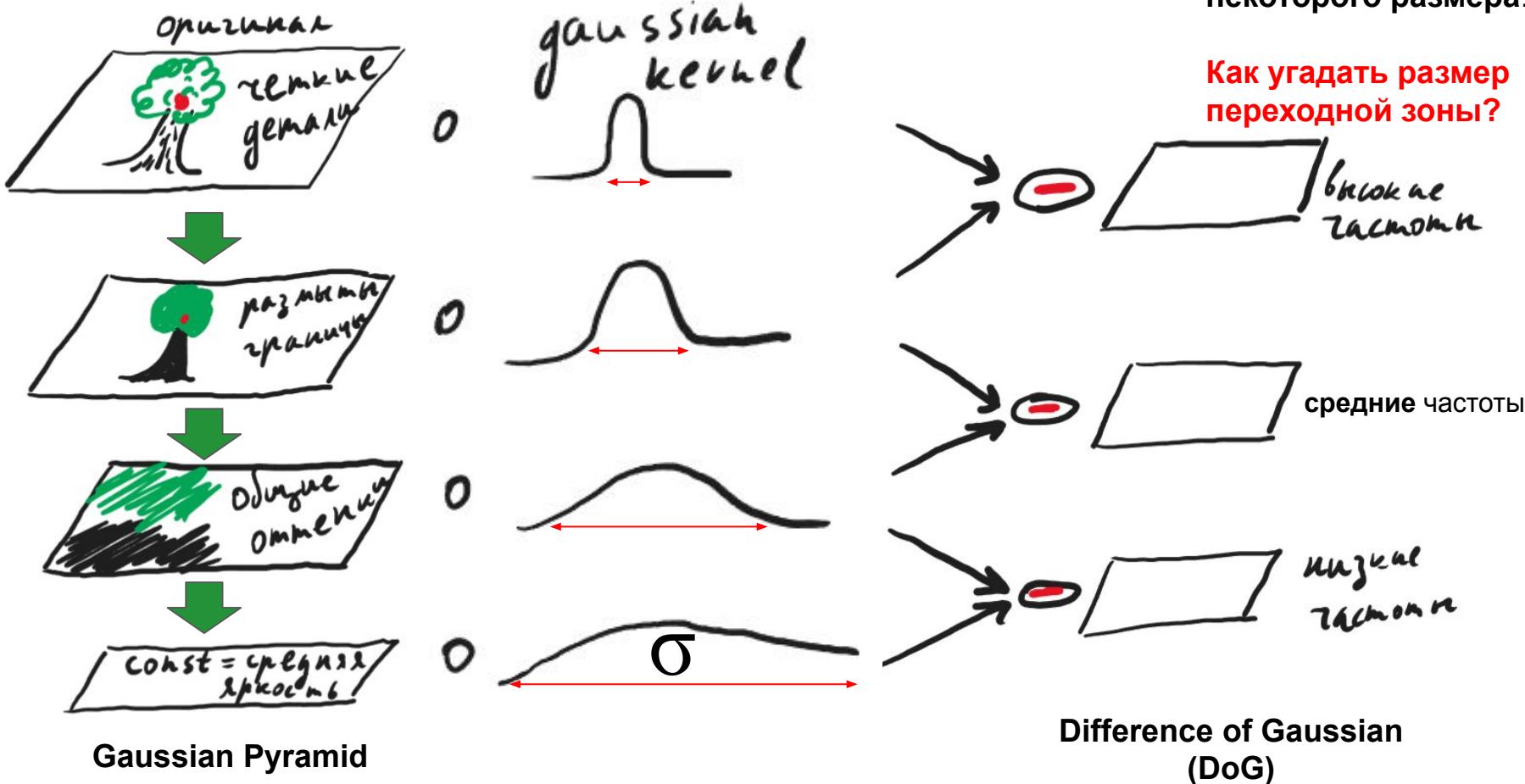


Difference of Gaussian
(DoG)

Чем обусловлен этот размер/радиус?

Разложим картинку на частоты

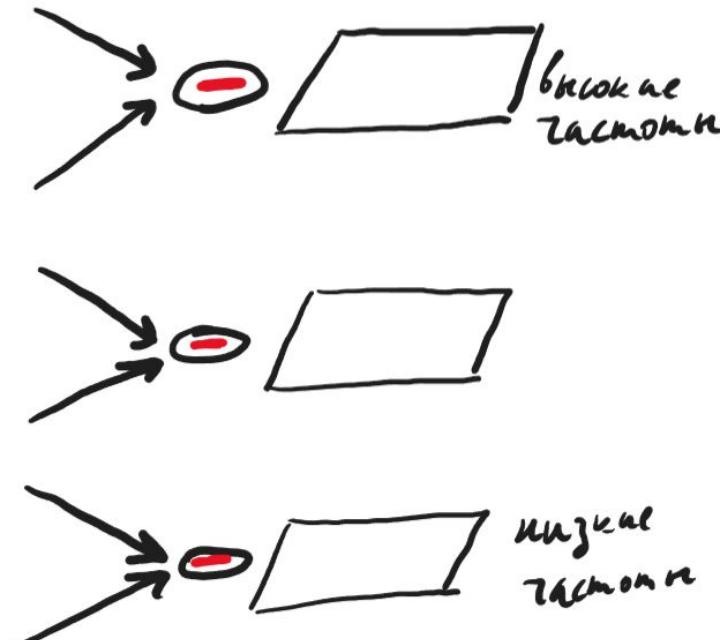
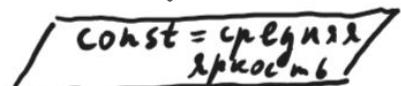
Получается каждый слой содержит информацию некоторого размера.



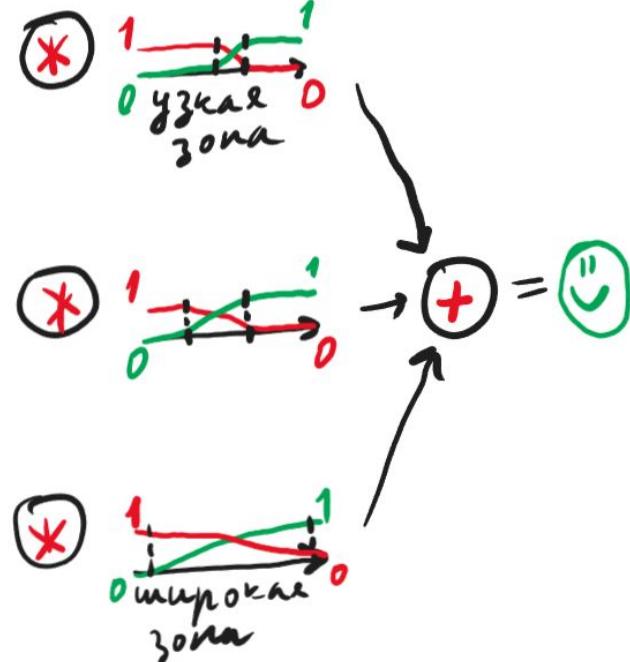
Difference of Gaussian
(DoG)

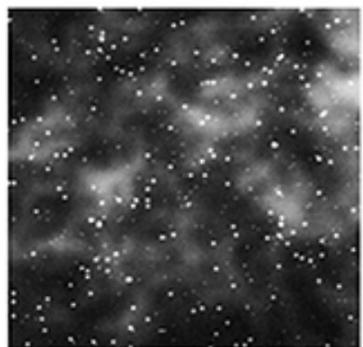
Разложим картинку на частоты

Получается каждый слой содержит информацию некоторого размера.

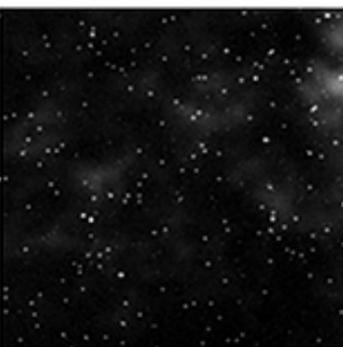


Как угадать размер переходной зоны?

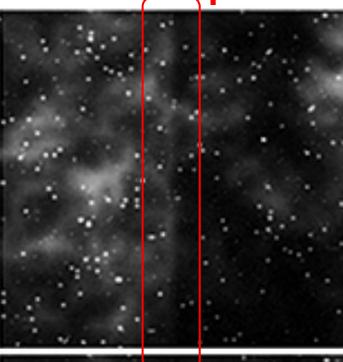




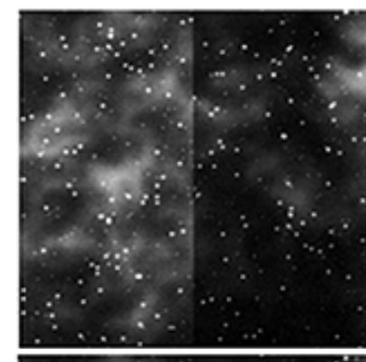
a



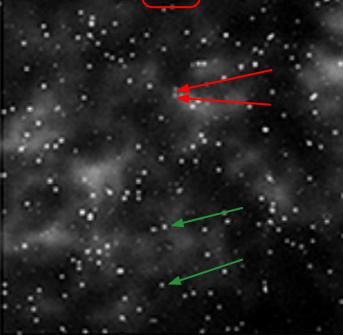
b



1. Чтобы подавить “широкие/большие” проблемы - перепады яркости - нужна **широкая зона** перехода весов.



c



d

2. Чтобы не двоилось - нужно чтобы “маленькие” объекты - звезды - обычно брались ровно с одного кадра - например это так если мы используем **узкую зону** перехода весов.

Как же взять лучшее от двух миров?

e

Суметь разбить картинку на разные частоты. И отдельно обрабатывать разные по масштабу объекты.

f

[A Multiresolution Spline With Application to Image Mosaics. Burt et al., 1983](#)

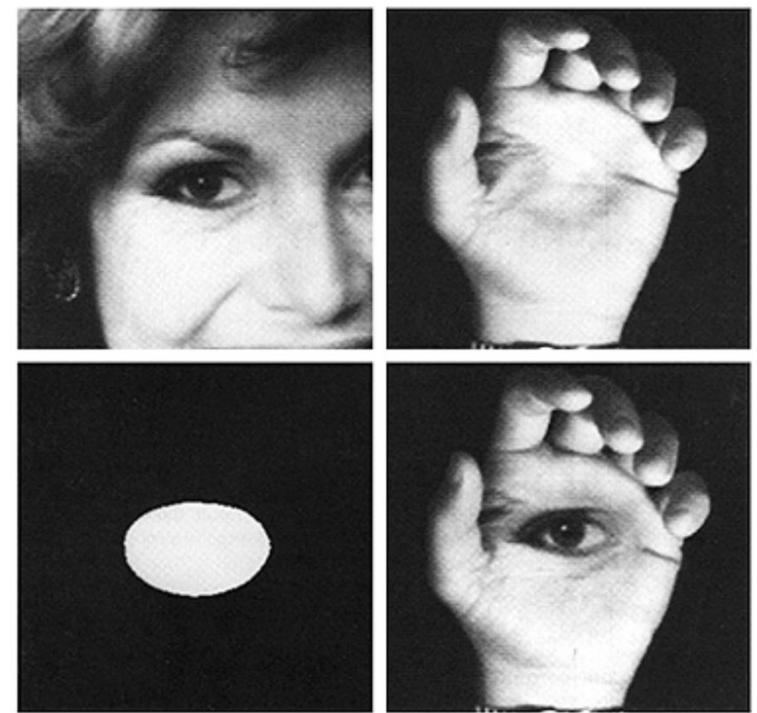


Fig. 8. The spline may be used to combine oddly shaped regions of very different images. The portion of Figure 8a within the region indicated by the mask in Figure 8c is inserted in the portion of Figure 8b which is outside this mask region (Figure 8d).



a



b



c



d

Fig. 8. The spline may be used to combine oddly shaped regions of very different images. The portion of Figure 8a within the region indicated by the mask in Figure 8c is inserted in the portion of Figure 8b which is outside this mask region (Figure 8d).

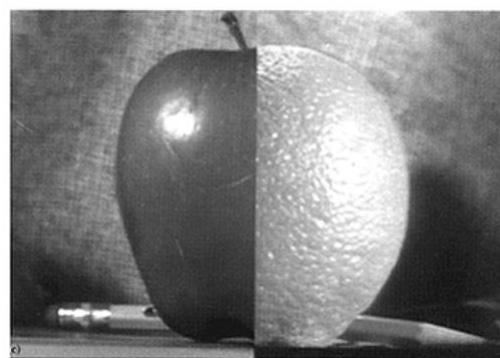
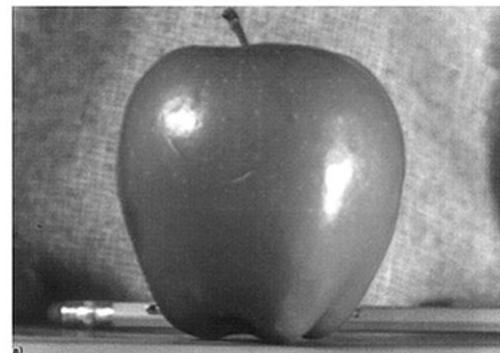


Fig. 7. The spline can be used to combine very different images. Here the left half of an apple is combined with the right half of an orange.



a



b

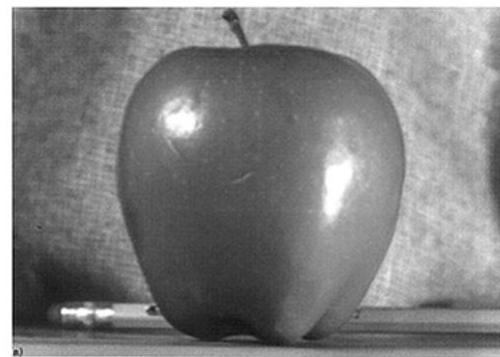


c

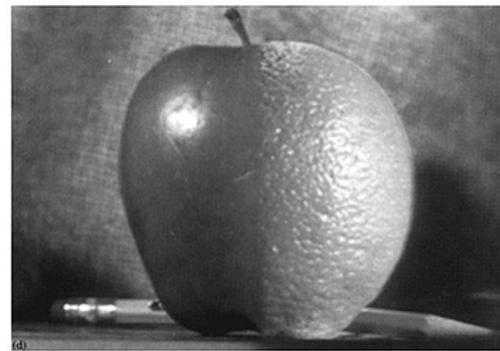


d

Fig. 8. The spline may be used to combine oddly shaped regions of very different images. The portion of Figure 8a within the region indicated by the mask in Figure 8c is inserted in the portion of Figure 8b which is outside this mask region (Figure 8d).



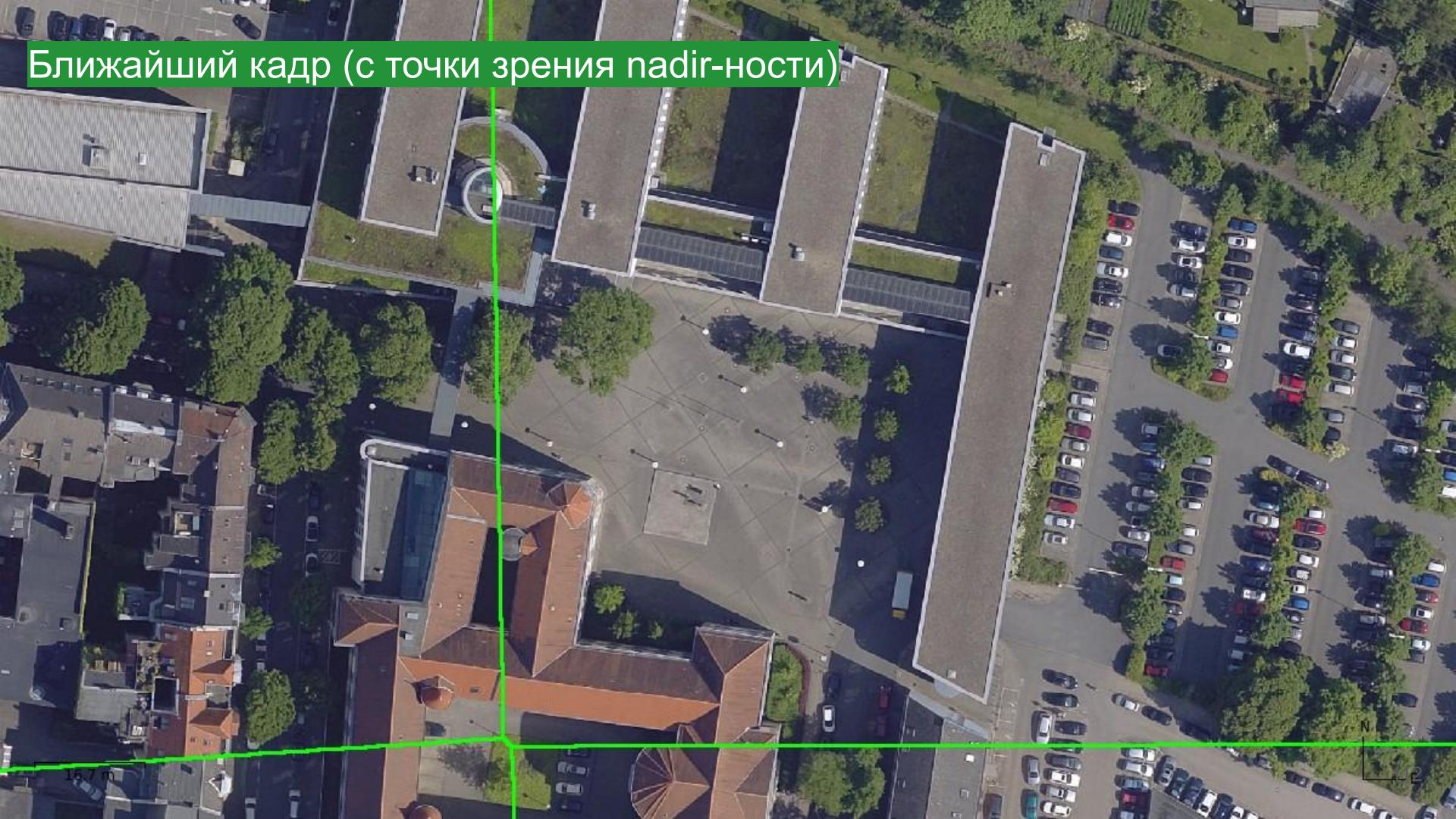
a



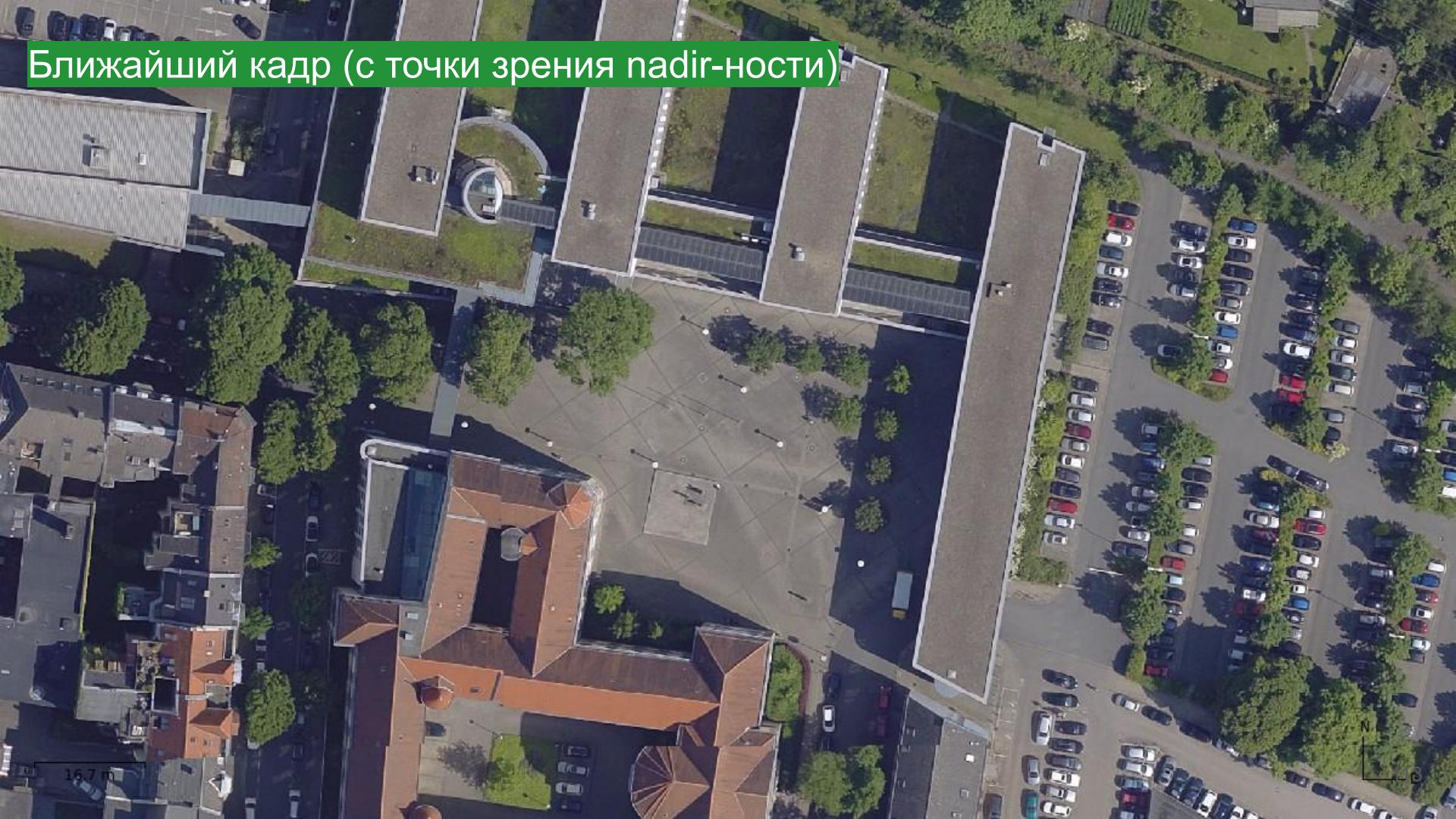
d

Fig. 7. The spline can be used to combine very different images. Here the left half of an apple is combined with the right half of an orange.

Ближайший кадр (с точки зрения nadir-ности)



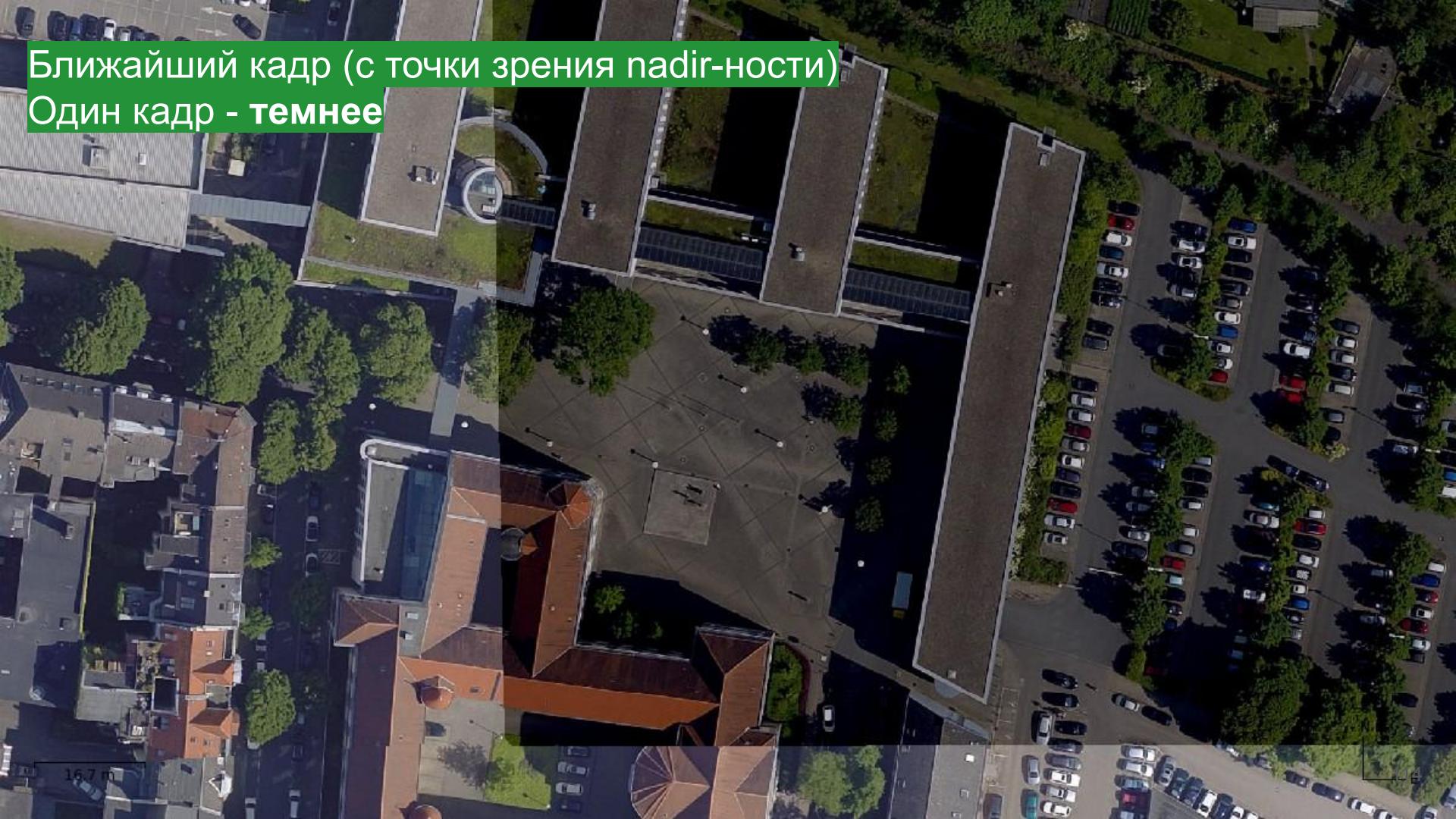
Ближайший кадр (с точки зрения nadir-ности)



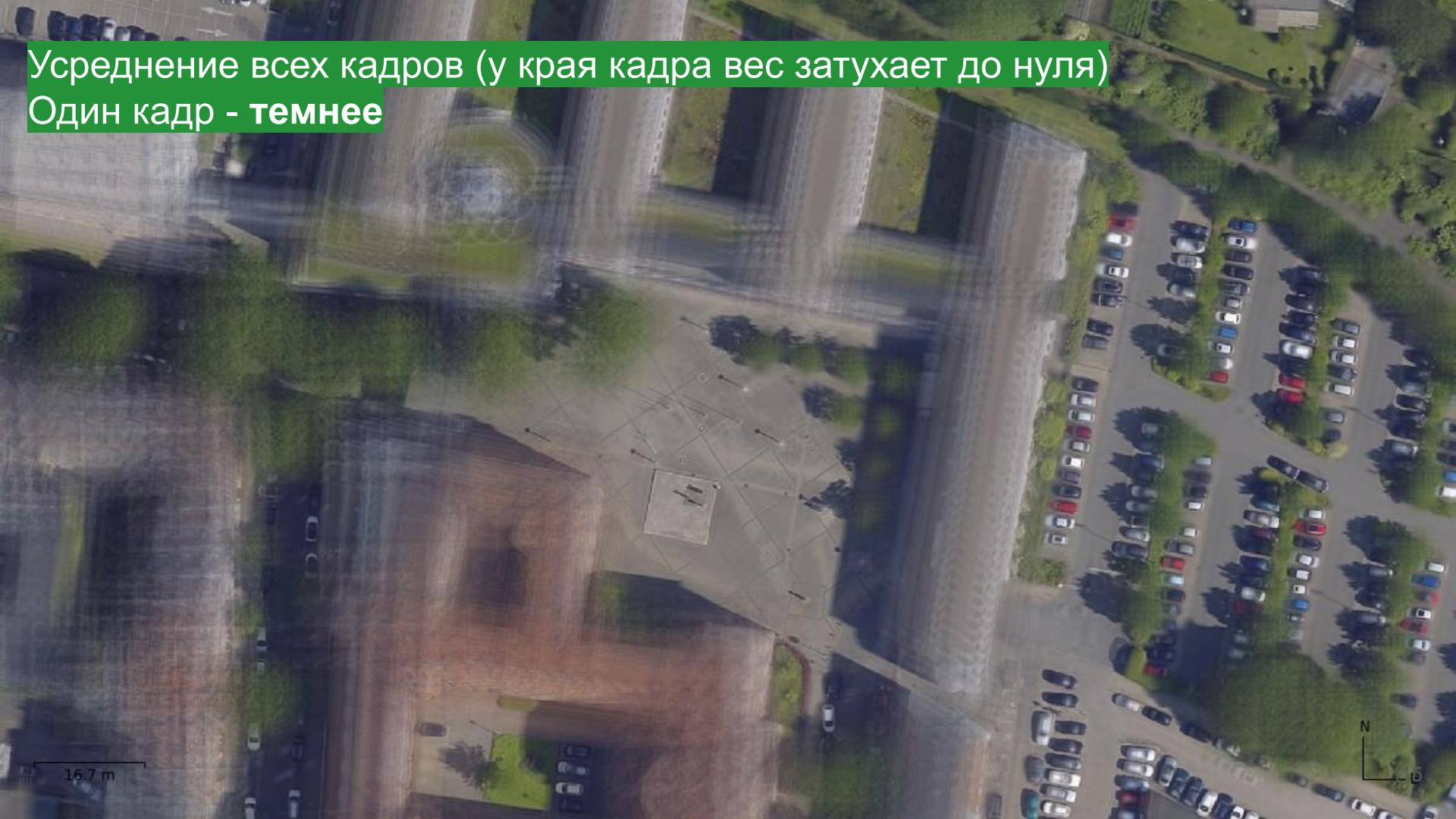
16.7 m

13

Ближайший кадр (с точки зрения nadir-ности)
Один кадр - темнее

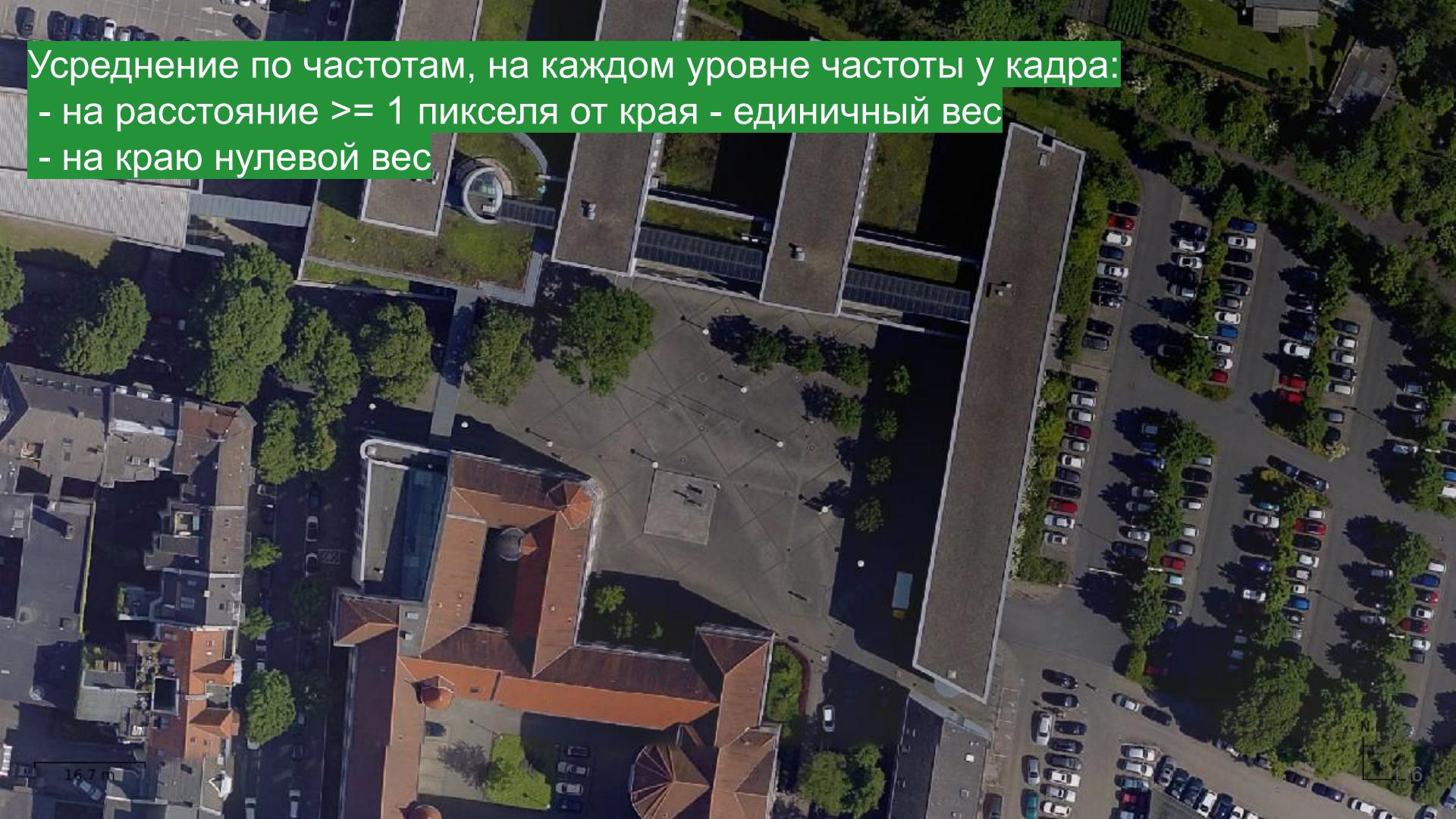


Усреднение всех кадров (у края кадра вес затухает до нуля)
Один кадр - темнее

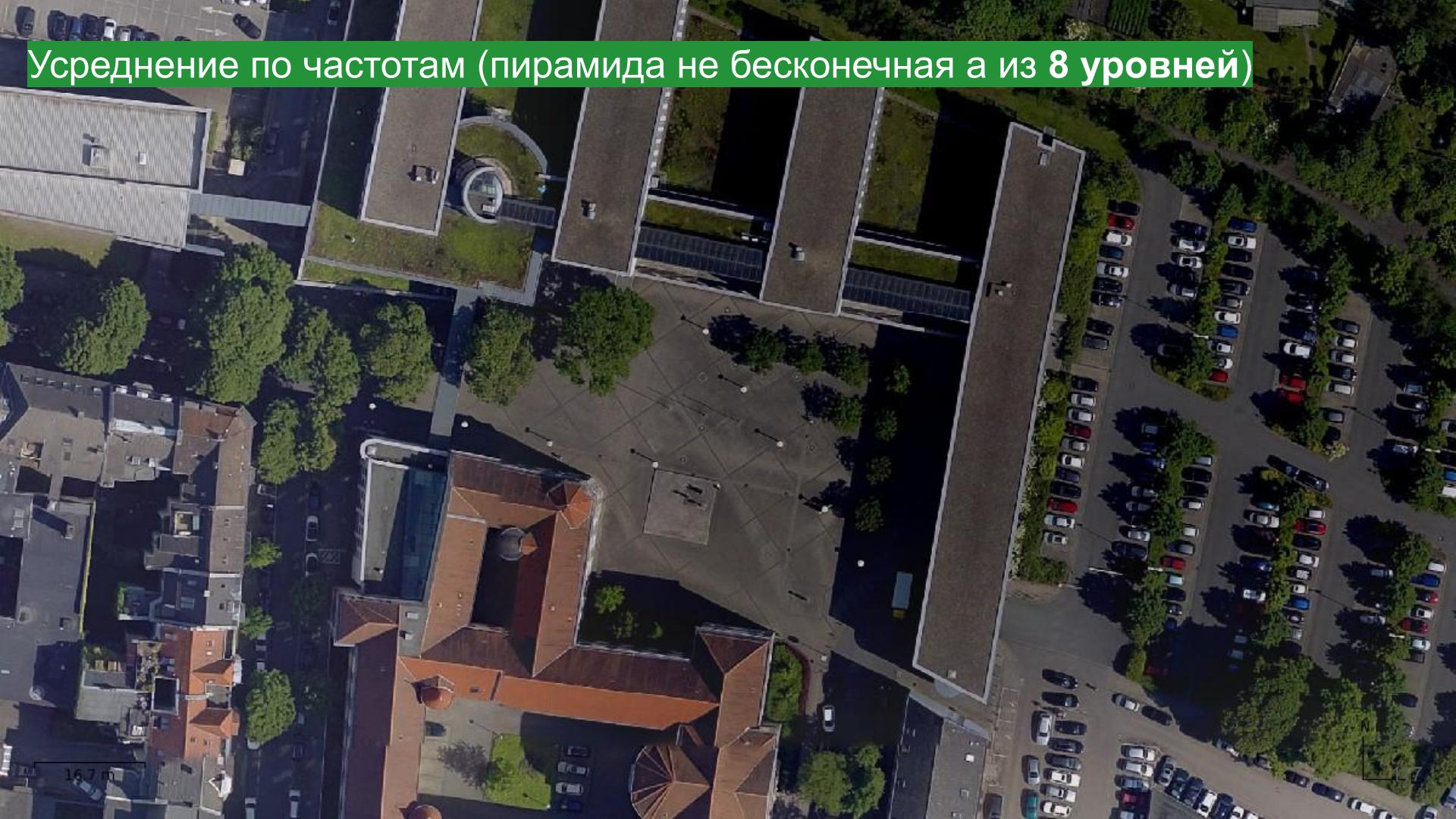


Усреднение по частотам, на каждом уровне частоты у кадра:

- на расстояние ≥ 1 пикселя от края - единичный вес
- на краю нулевой вес



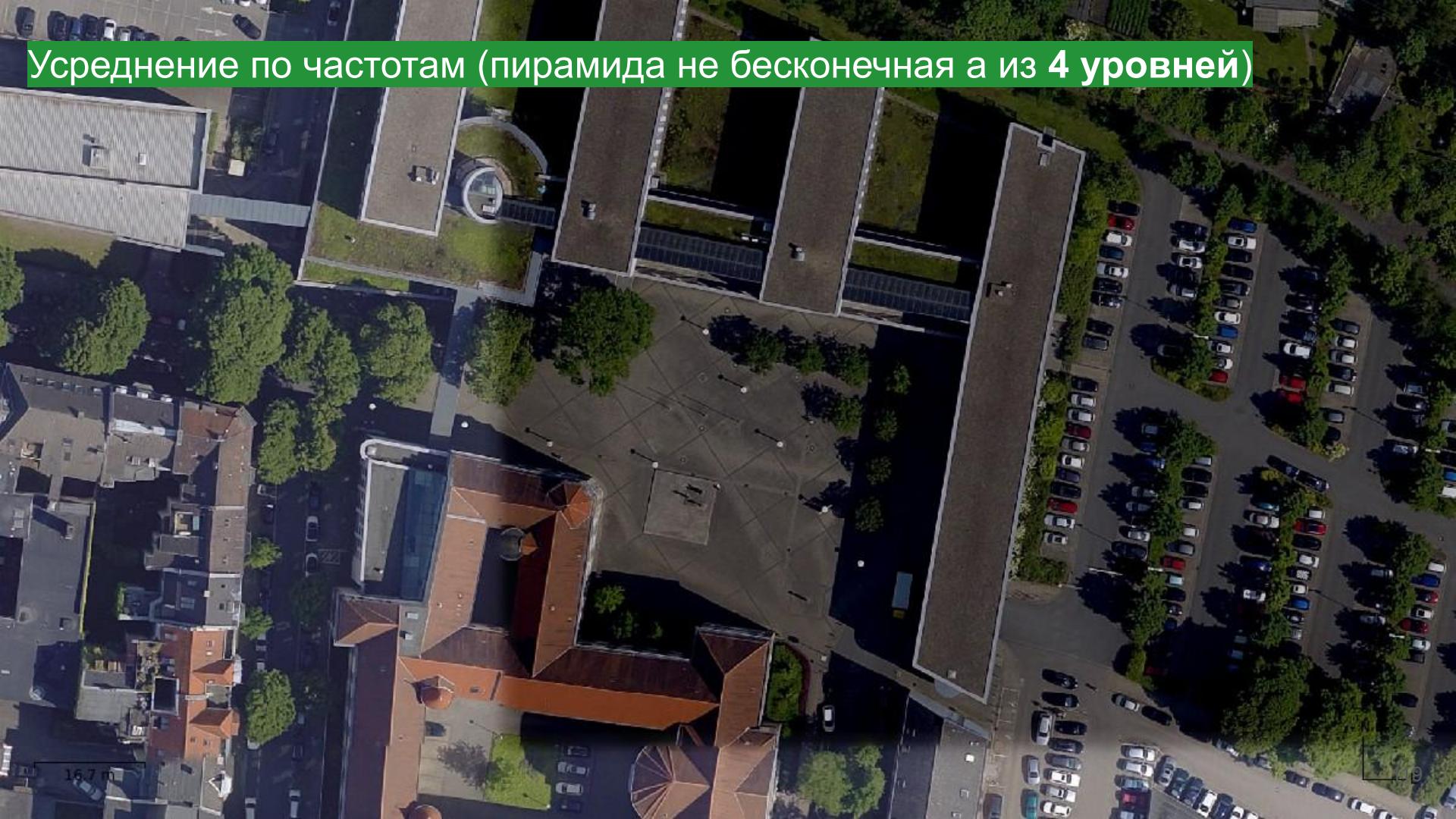
Усреднение по частотам (пирамида не бесконечная а из 8 уровней)



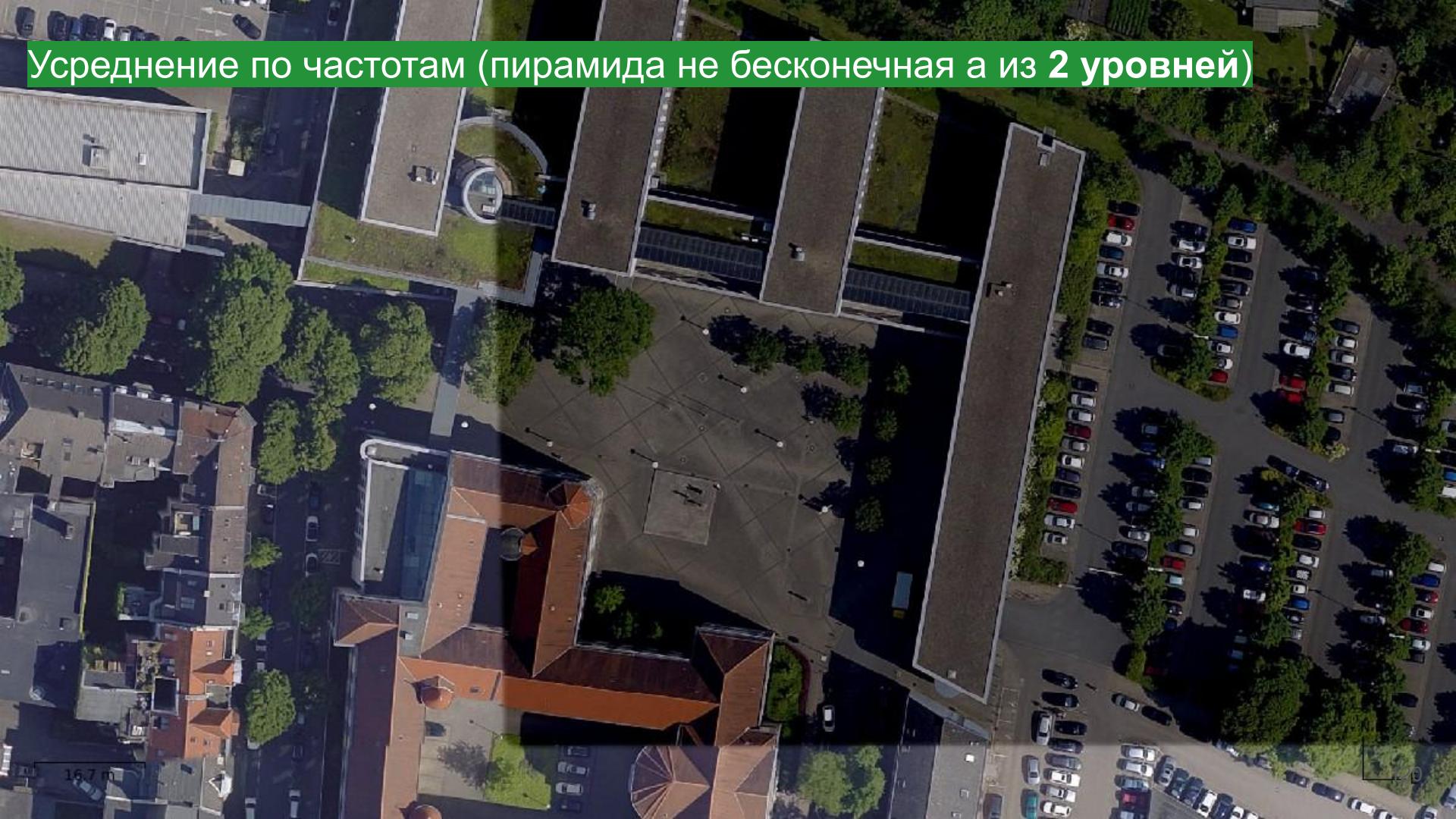
Усреднение по частотам (пирамида не бесконечная а из 6 уровней)



Усреднение по частотам (пирамида не бесконечная а из 4 уровней)



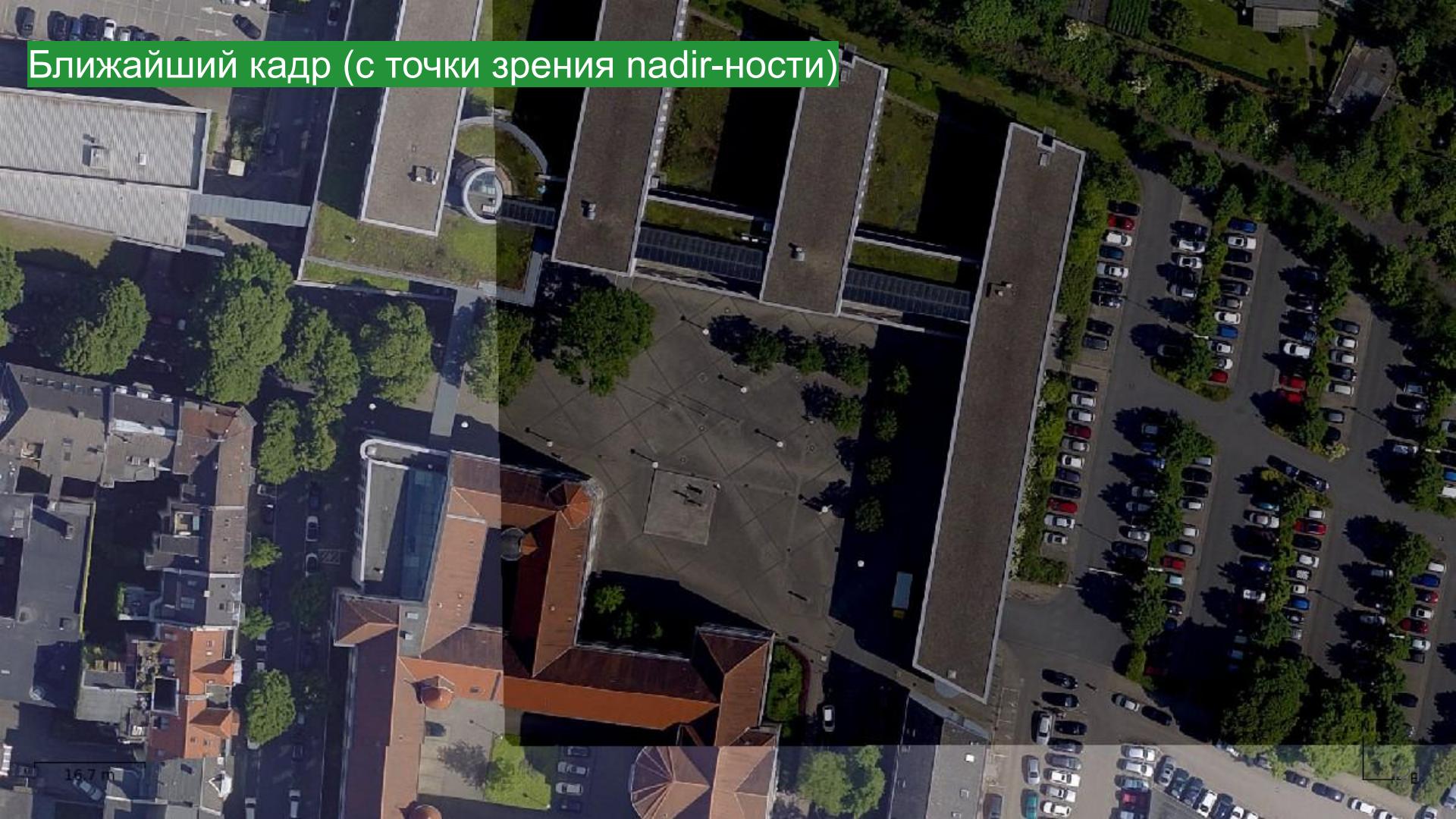
Усреднение по частотам (пирамида не бесконечная а из 2 уровней)



16.7 m

120

Ближайший кадр (с точки зрения nadir-ности)



16.7 m

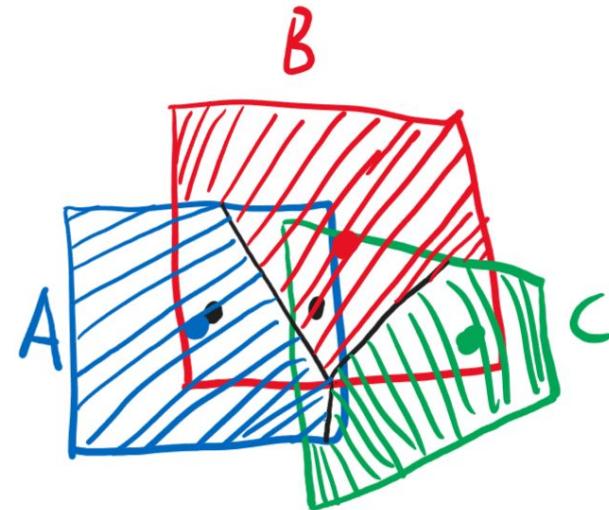
6

Ортофотоплан: итого

- 1) Спроектировали фотографии на поверхность (**DEM**) - получили ортофото

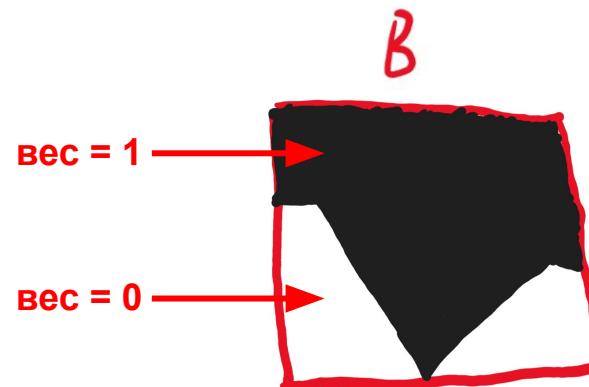
Ортофотоплан: итого

- 1) Спроектировали фотографии на поверхность (**DEM**) - получили ортофото
- 2) Нашли **nadir**-проекции центров фотографий
- 3) Построили диаграмму Вороного для определения лучшего кадра
- 4) Для каждого ортофото построили бинарную карту весов “где победил я?”



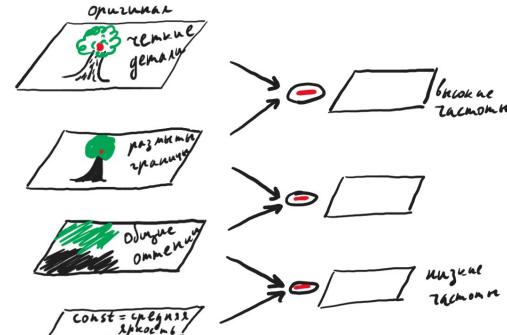
Ортофотоплан: итого

- 1) Спроектировали фотографии на поверхность (**DEM**) - получили ортофото
- 2) Нашли **nadir**-проекции центров фотографий
- 3) Построили диаграмму Вороного для определения лучшего кадра
- 4) Для каждого ортофото построили бинарную карту весов “где победил я?”



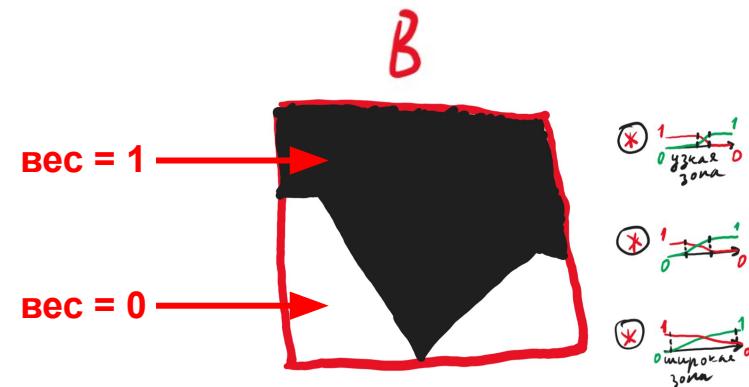
Ортофотоплан: ИТОГО

- 1) Спроектировали фотографии на поверхность (**DEM**) - получили ортофото
- 2) Нашли **nadir**-проекции центров фотографий
- 3) Построили диаграмму Вороного для определения лучшего кадра
- 4) Для каждого ортофото построили бинарную карту весов “где победил я?”
- 5) Разложили каждое ортофото в пирамиду частот



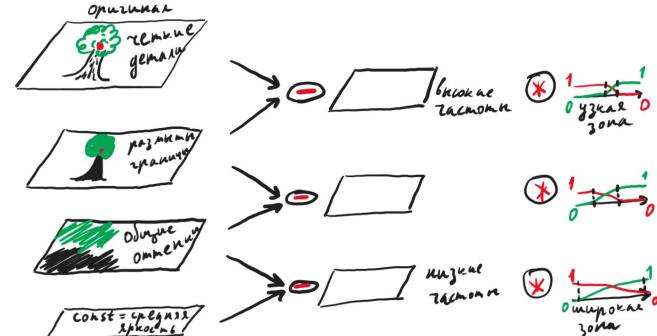
Ортофотоплан: итого

- 1) Спроектировали фотографии на поверхность (**DEM**) - получили ортофото
- 2) Нашли **nadir**-проекции центров фотографий
- 3) Построили диаграмму Вороного для определения лучшего кадра
- 4) Для каждого ортофото построили бинарную карту весов “где победил я?”
- 5) Разложили каждое ортофото в пирамиду частот
- 6) Для каждого ортофото построили пирамиду весов (размывая “где победил я?”)



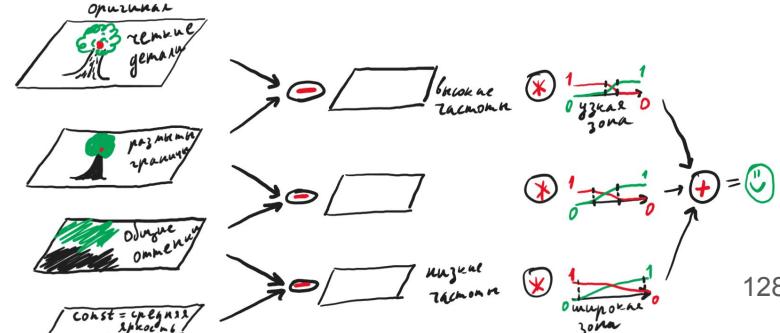
Ортофотоплан: ИТОГО

- 1) Спроектировали фотографии на поверхность (**DEM**) - получили ортофото
- 2) Нашли **nadir**-проекции центров фотографий
- 3) Построили диаграмму Вороного для определения лучшего кадра
- 4) Для каждого ортофото построили бинарную карту весов “где победил я?”
- 5) Разложили каждое ортофото в пирамиду частот
- 6) Для каждого ортофото построили пирамиду весов (размывая “где победил я?”)
- 7) Построили частоты ортофотоплана - на каждом слое взвешенная комбинация

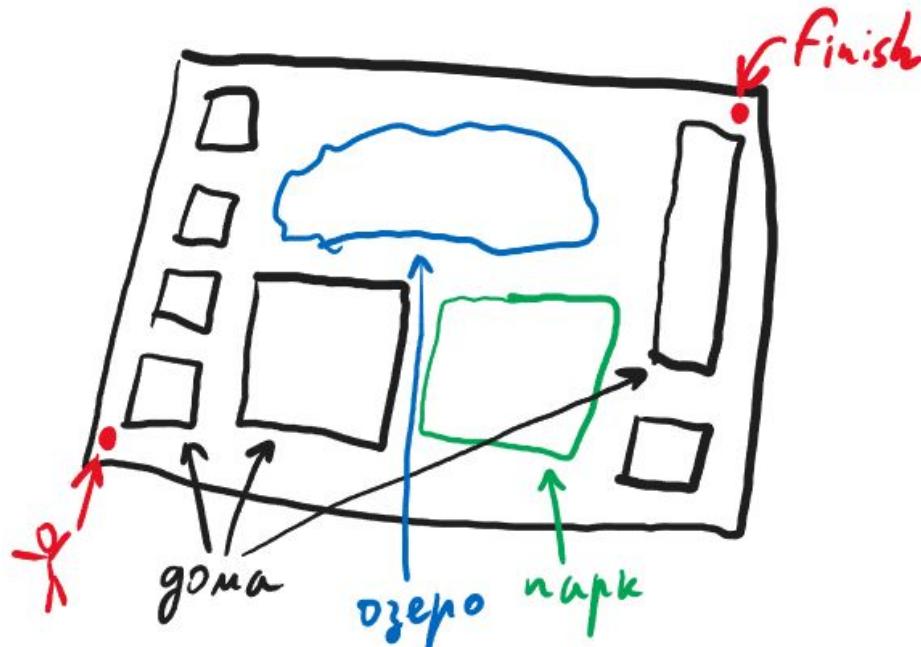


Ортофотоплан: ИТОГО

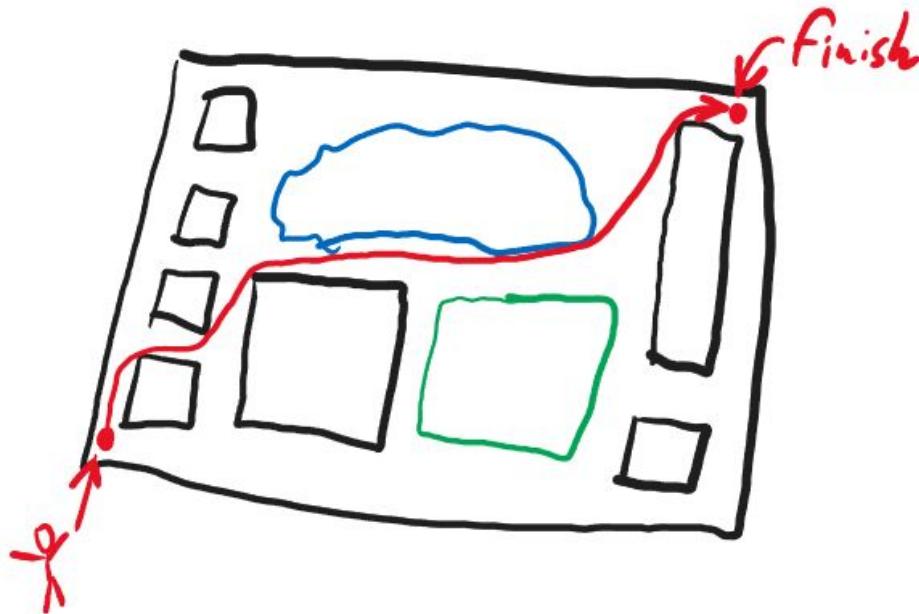
- 1) Спроектировали фотографии на поверхность (**DEM**) - получили ортофото
- 2) Нашли **nadir**-проекции центров фотографий
- 3) Построили диаграмму Вороного для определения лучшего кадра
- 4) Для каждого ортофото построили бинарную карту весов “где победил я?”
- 5) Разложили каждое ортофото в пирамиду частот
- 6) Для каждого ортофото построили пирамиду весов (размывая “где победил я?”)
- 7) Построили частоты ортофотоплана - на каждом слое взвешенная комбинация
- 8) Просуммировали частоты



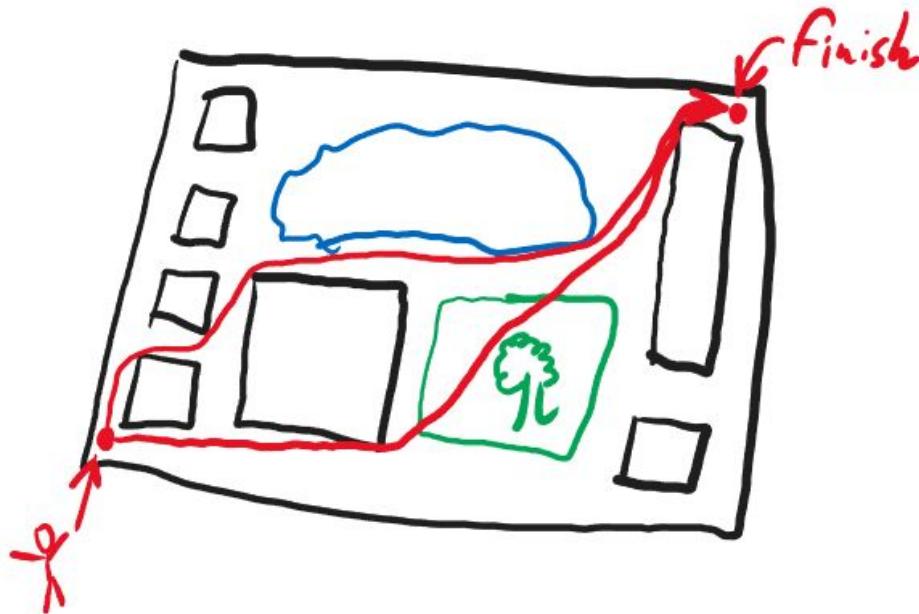
Отвлечемся: найдем кратчайший путь в городе



Отвлечемся: найдем кратчайший путь в городе



Отвлечемся: найдем кратчайший путь в городе



Отвлечемся: найдем кратчайший путь в городе



Если построим граф, то задача решаема.
Например **алгоритмом Дейкстры**.

Отвлечемся: найдем кратчайший путь в городе



Отвлечемся: найдем кратчайший путь в городе



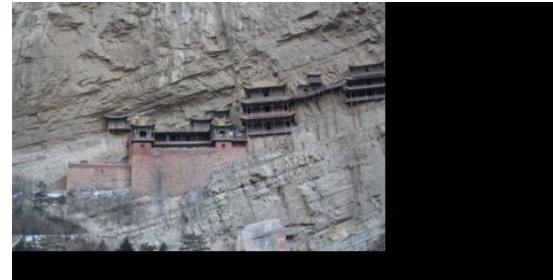
Отвлечемся: найдем кратчайший путь в городе



Отвлечемся: найдем кратчайший путь в городе



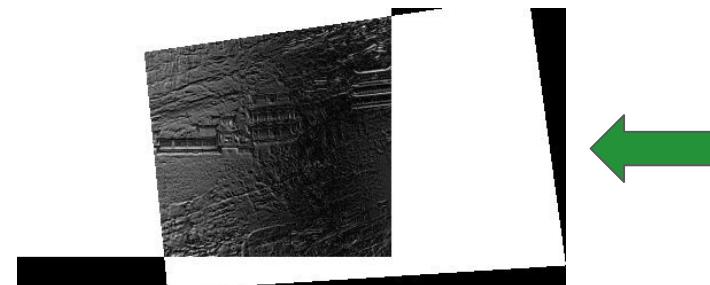
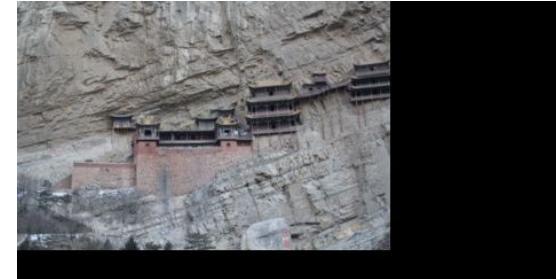
Прокладка умного шва в панораме



Прокладка умного шва в панораме



Прокладка умного шва в панораме

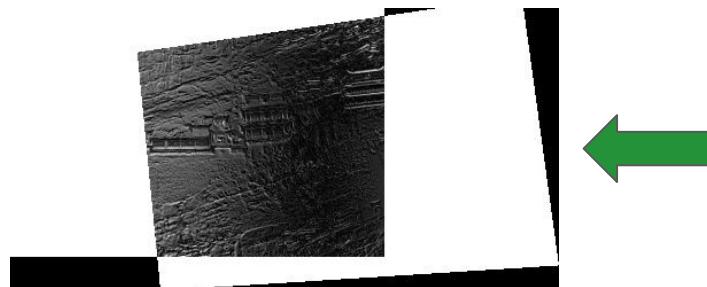


Построим картинку-“панораму” где в каждом пикселе
написано **насколько отличаются** картинки:

Прокладка умного шва в панораме

Где тогда нам бы хотелось провести шов?

Построим картинку-“панораму” где в каждом пикселе написано **насколько отличаются картинки**:



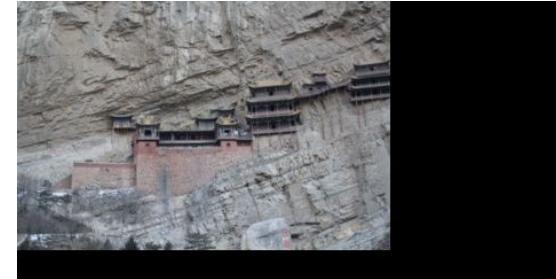
Прокладка умного шва в панораме

Где тогда нам бы хотелось провести шов?

Построим картинку-“панораму” где в каждом пикселе написано **насколько отличаются картинки**:



Прокладка умного шва в панораме



Где тогда нам бы хотелось провести шов?

Построим картинку-“панораму” где в каждом пикселе написано **насколько отличаются картинки**:



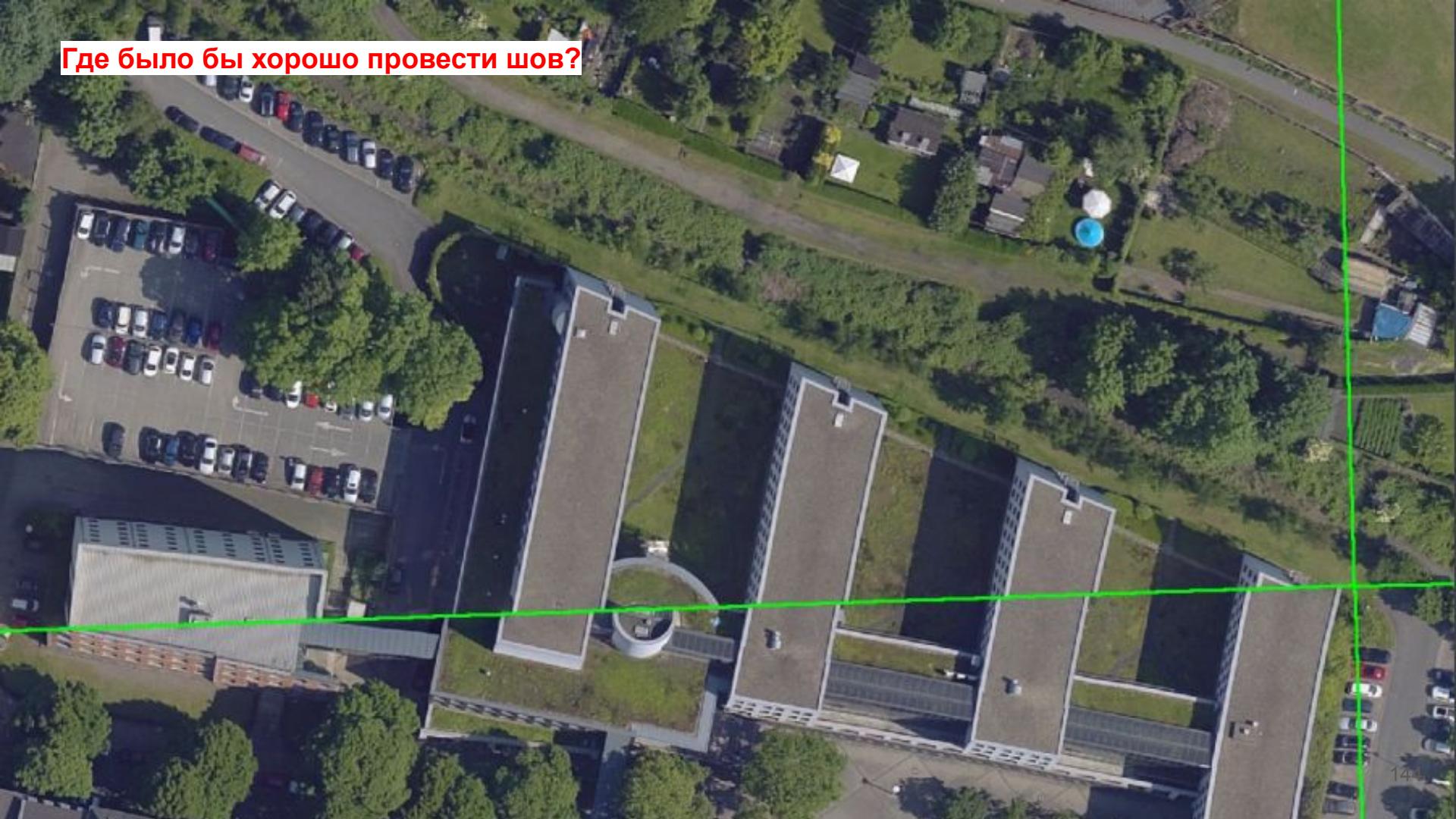
Прокладка умного шва в панораме

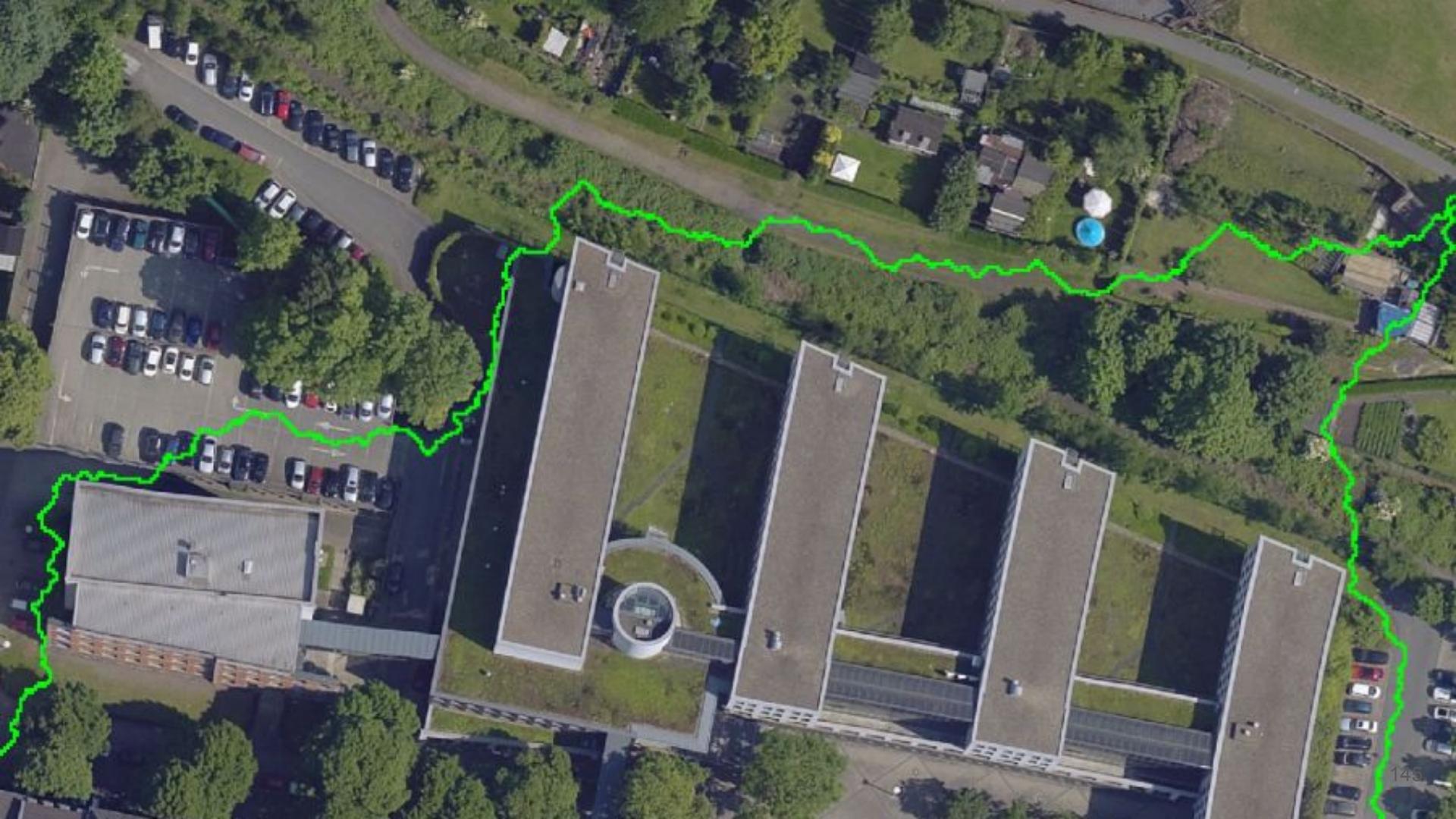
Где тогда нам бы хотелось провести шов?

Построим картинку-“панораму” где в каждом пикселе написано **насколько отличаются картинки**:

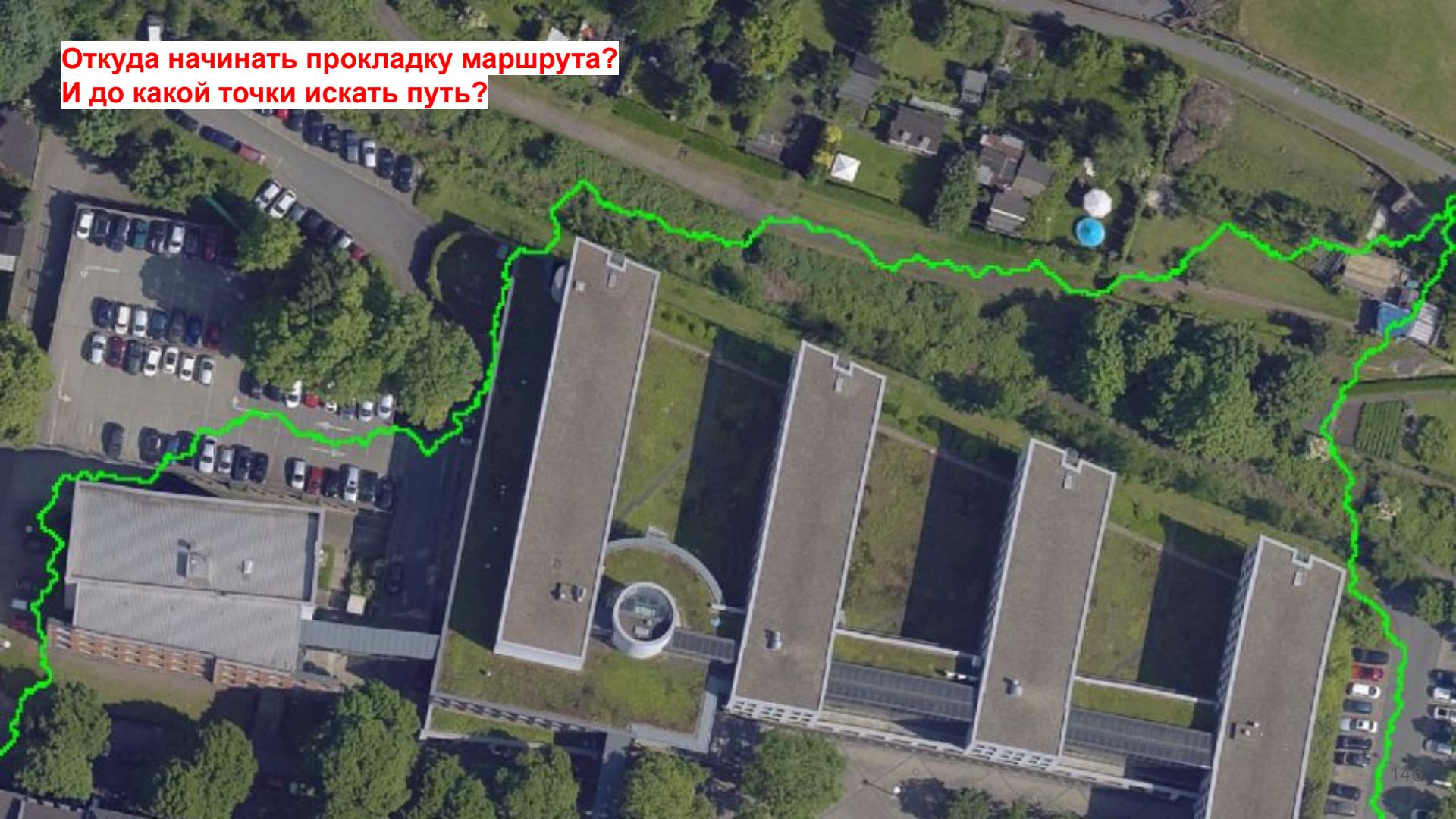


Где было бы хорошо провести шов?

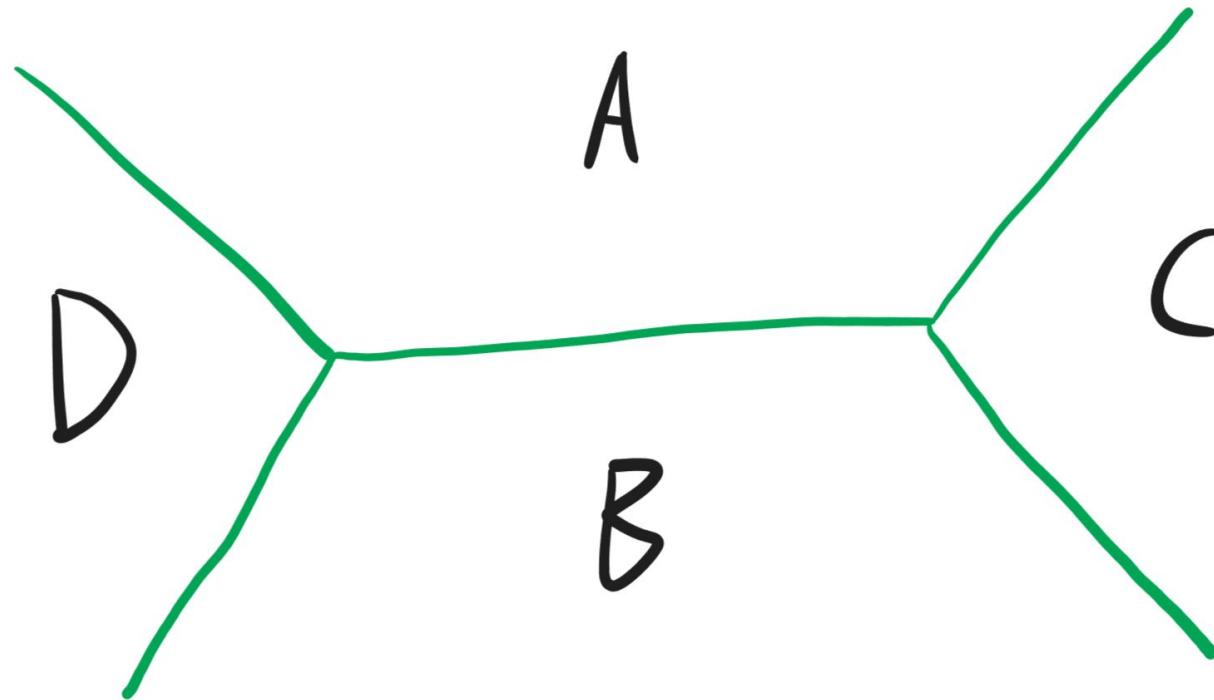




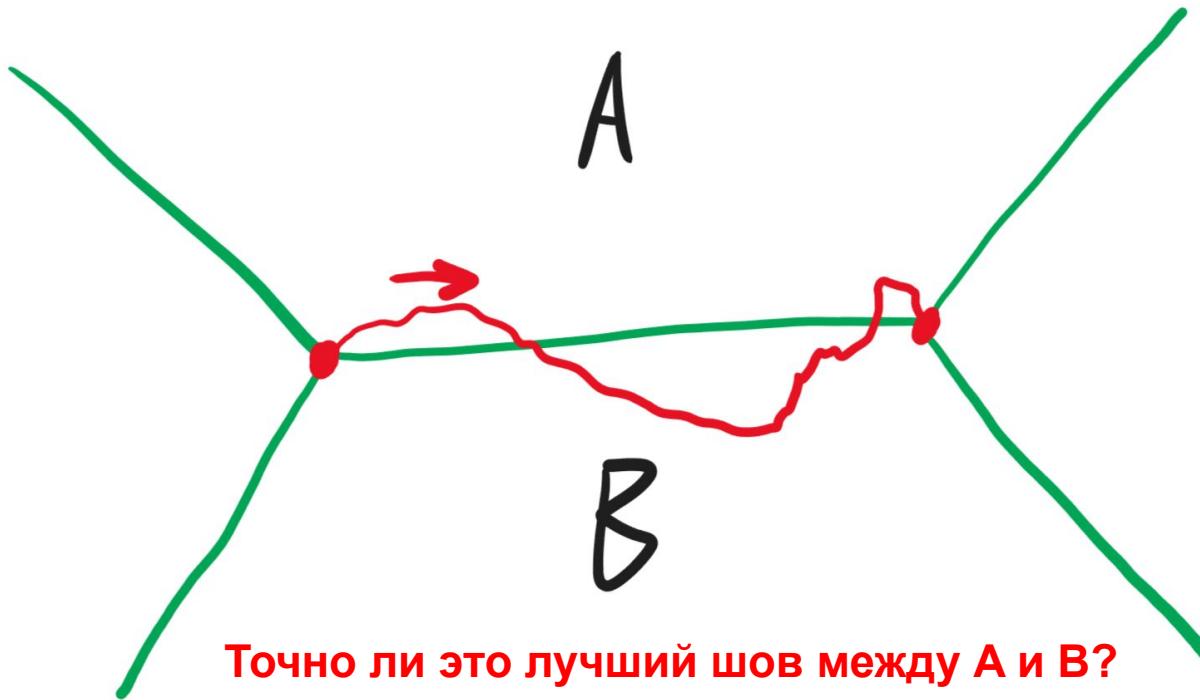
Откуда начинать прокладку маршрута?
И до какой точки искать путь?



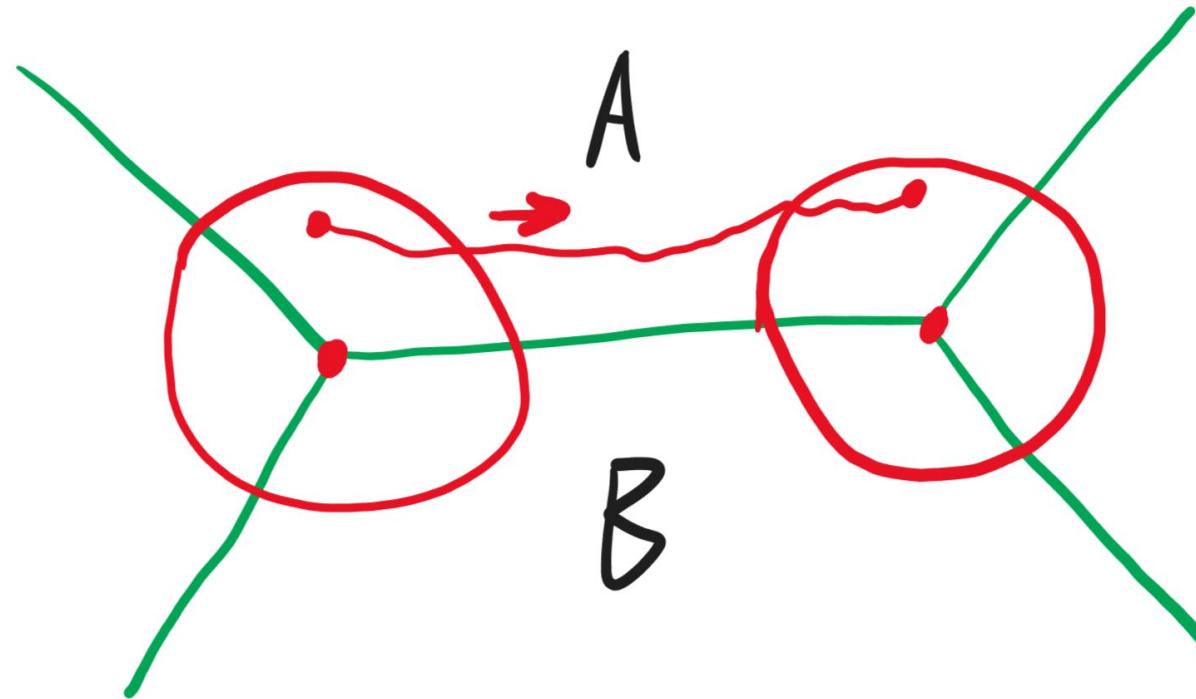
Прокладываем умный шов там где нет расхождений



Прокладываем умный шов там где нет расхождений

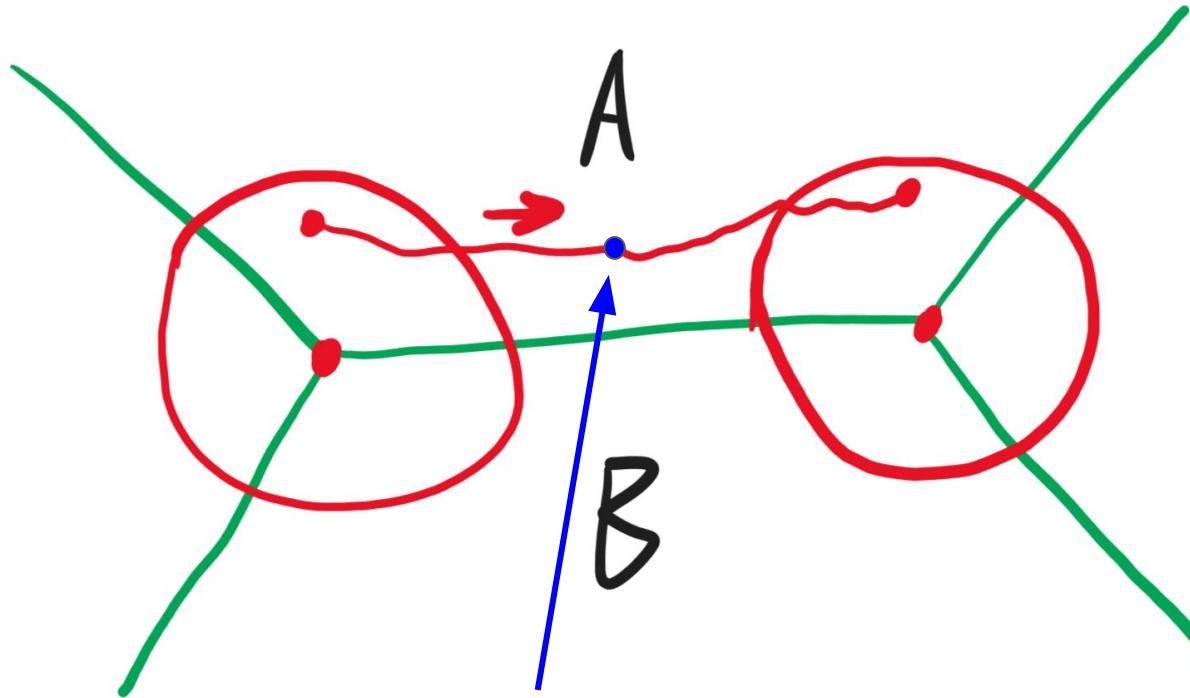


Прокладываем умный шов там где нет расхождений



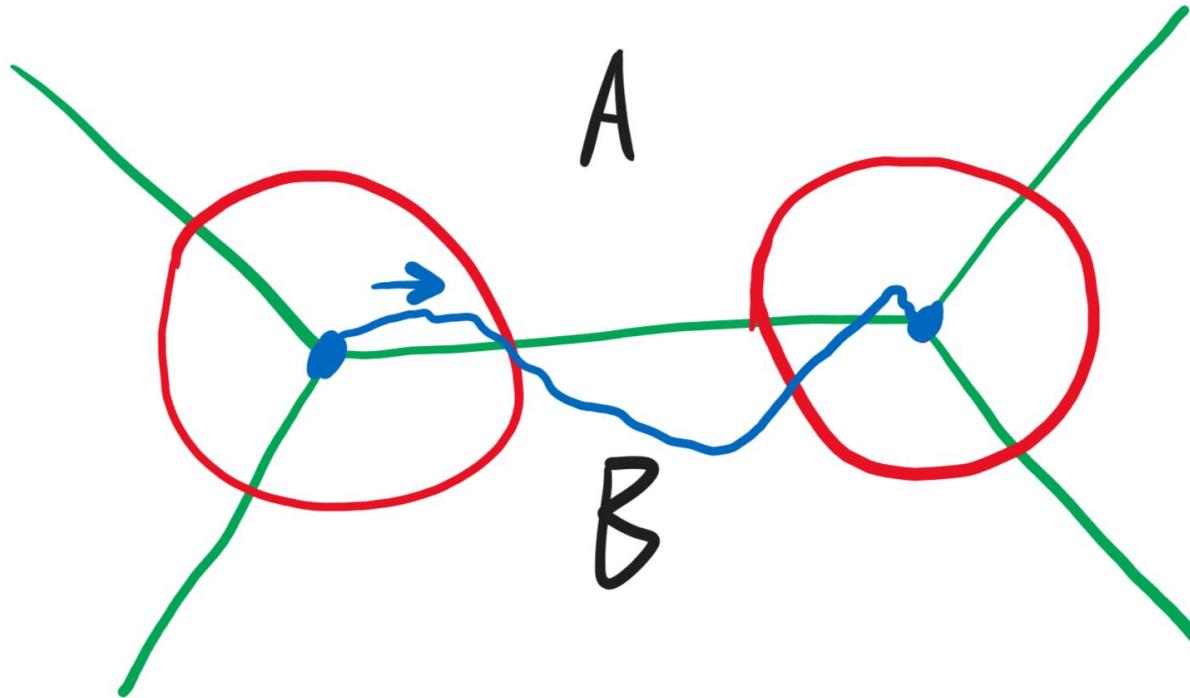
Как тогда найти (примерно) лучшую вершину начала и конца пути?

Прокладываем умный шов там где нет расхождений

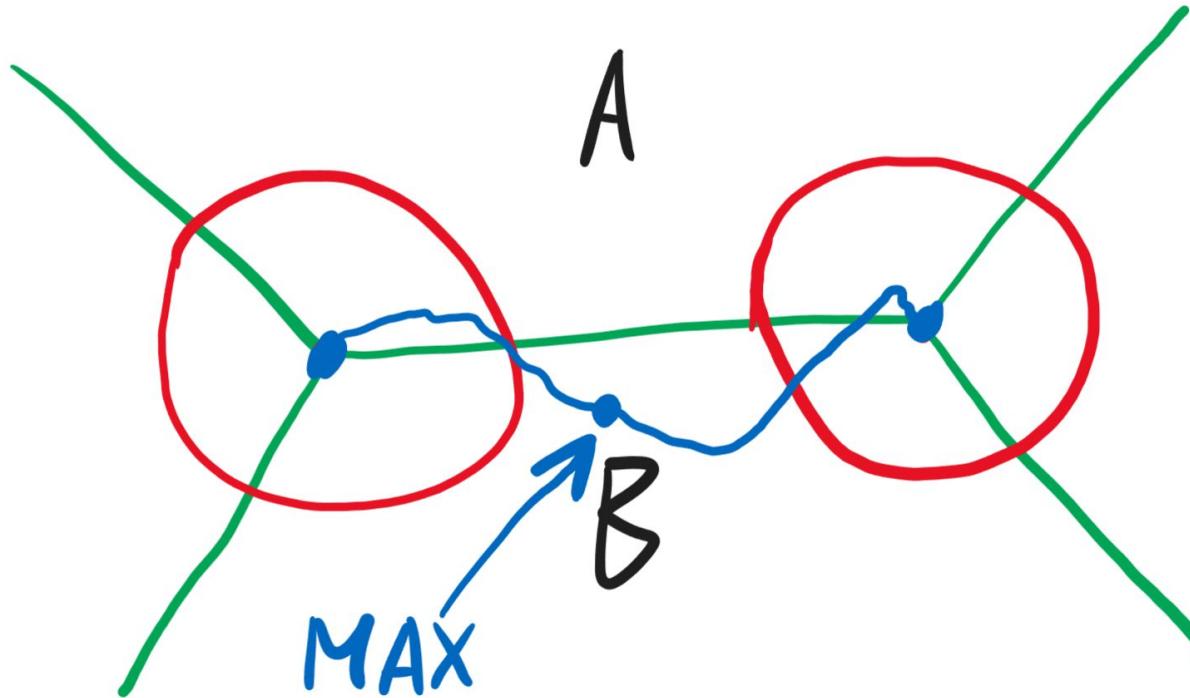


Как тогда найти (примерно) лучшую вершину начала и конца пути?
А если мы знаем что синяя точка лежит на лучшем шве?

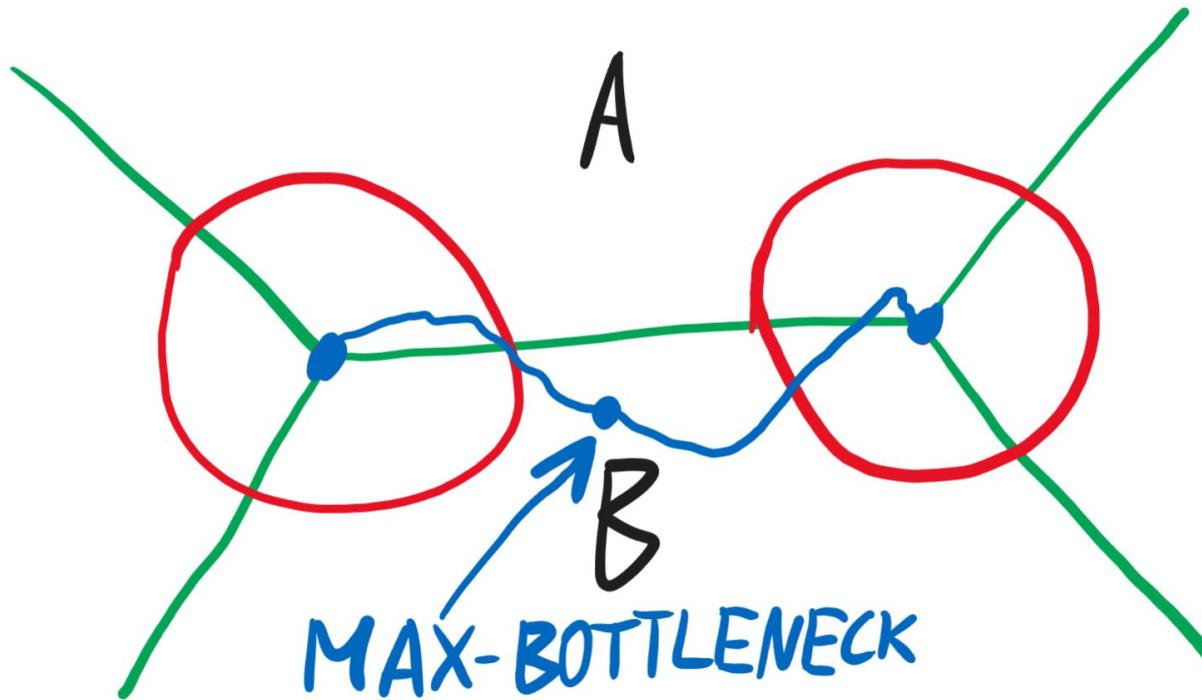
Прокладываем умный шов там где нет расхождений



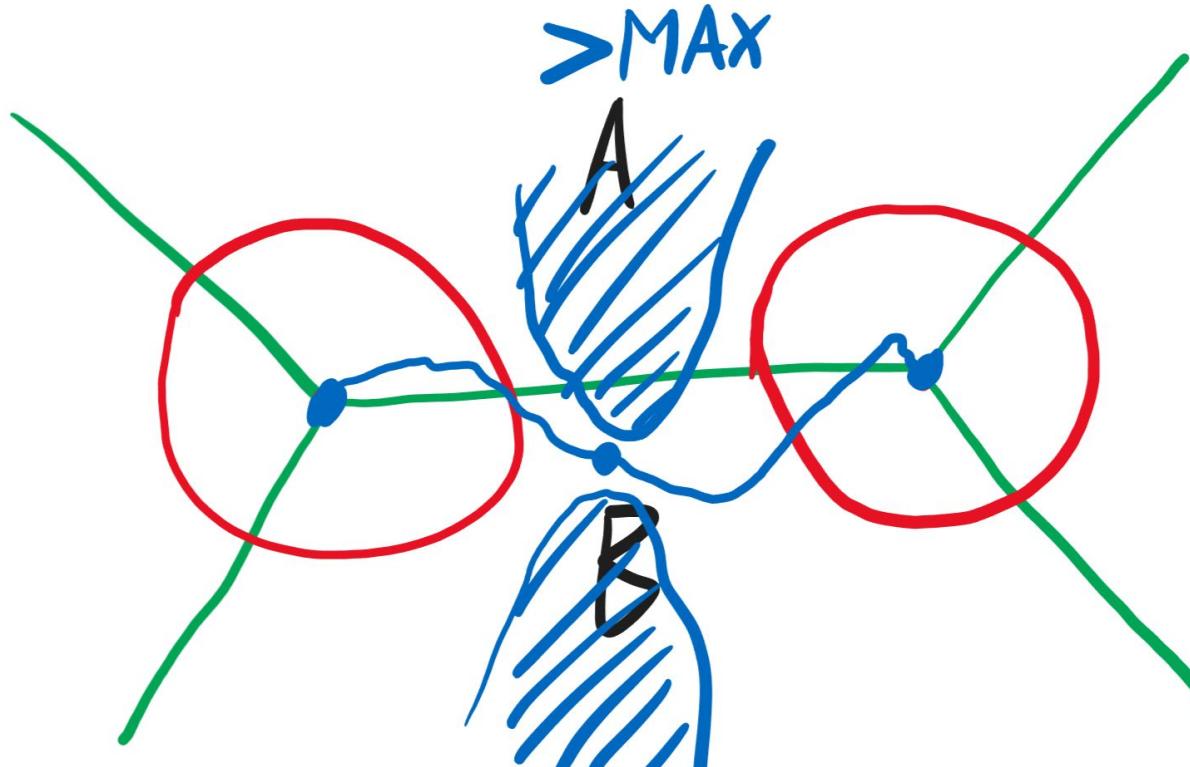
Прокладываем умный шов там где нет расхождений



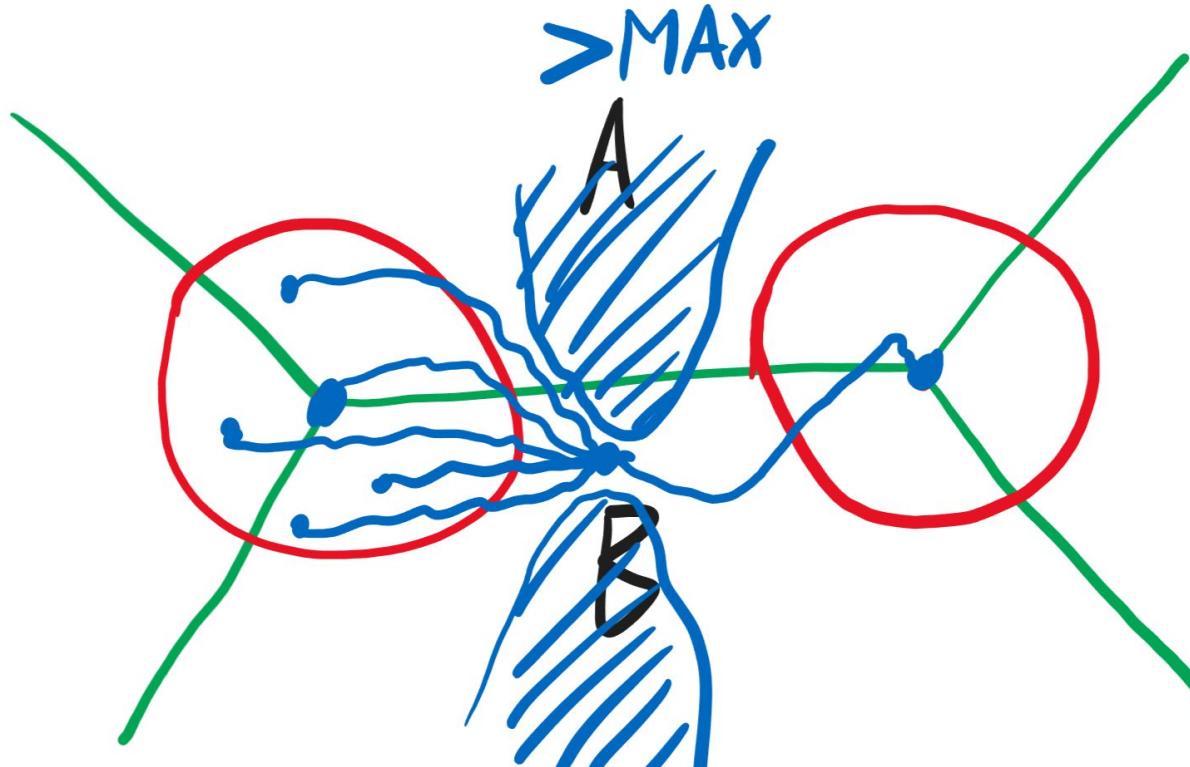
Прокладываем умный шов там где нет расхождений



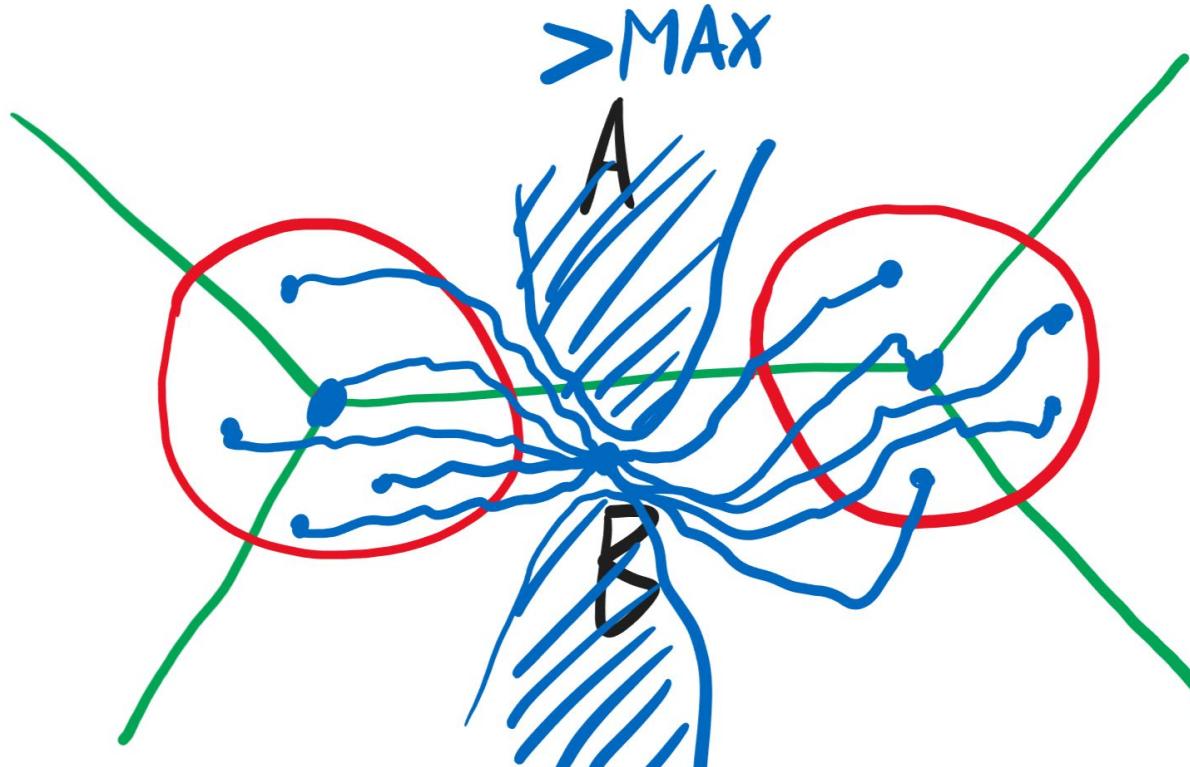
Прокладываем умный шов там где нет расхождений



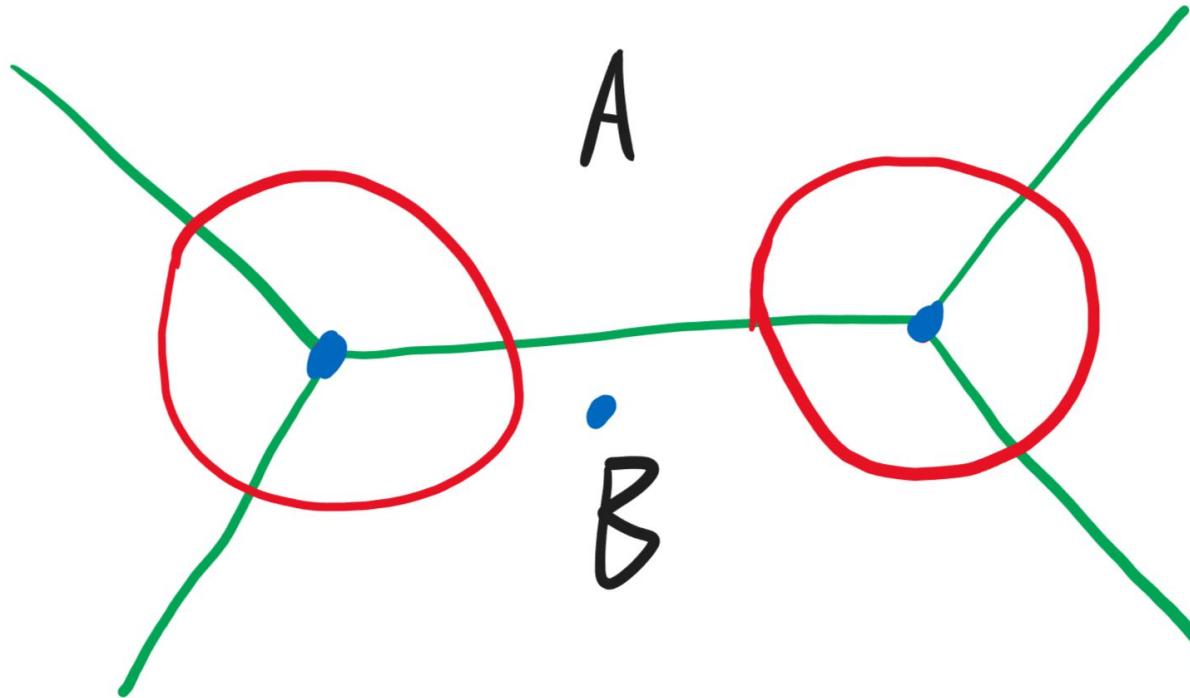
Прокладываем умный шов там где нет расхождений



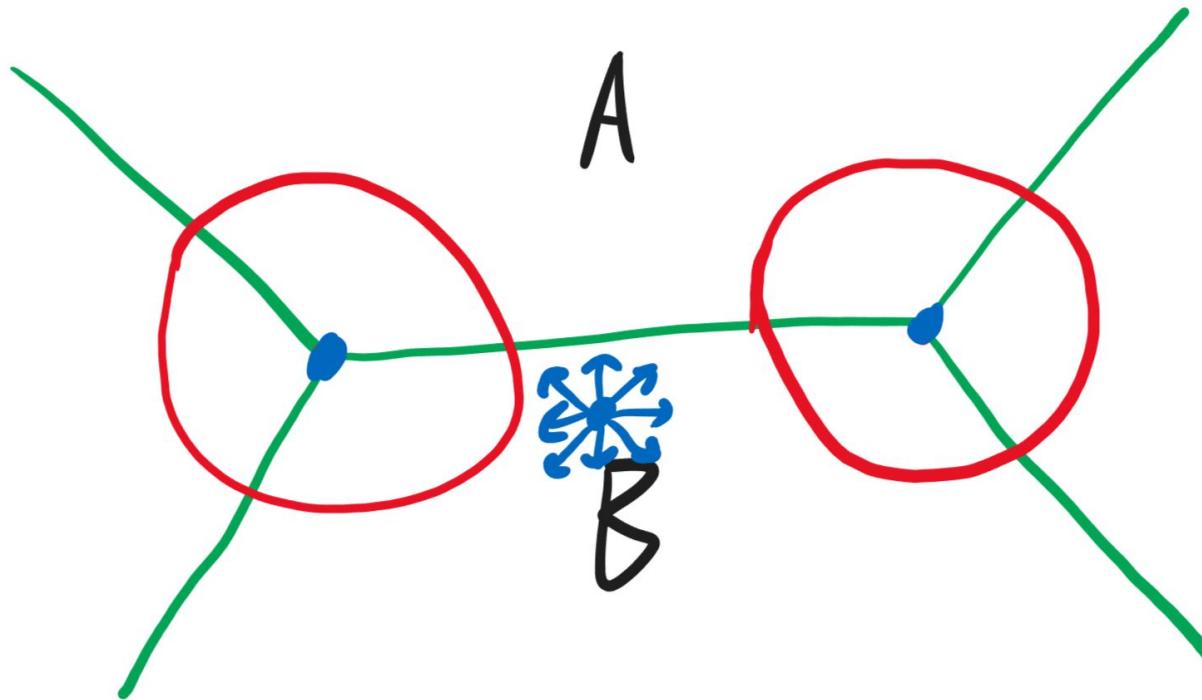
Прокладываем умный шов там где нет расхождений



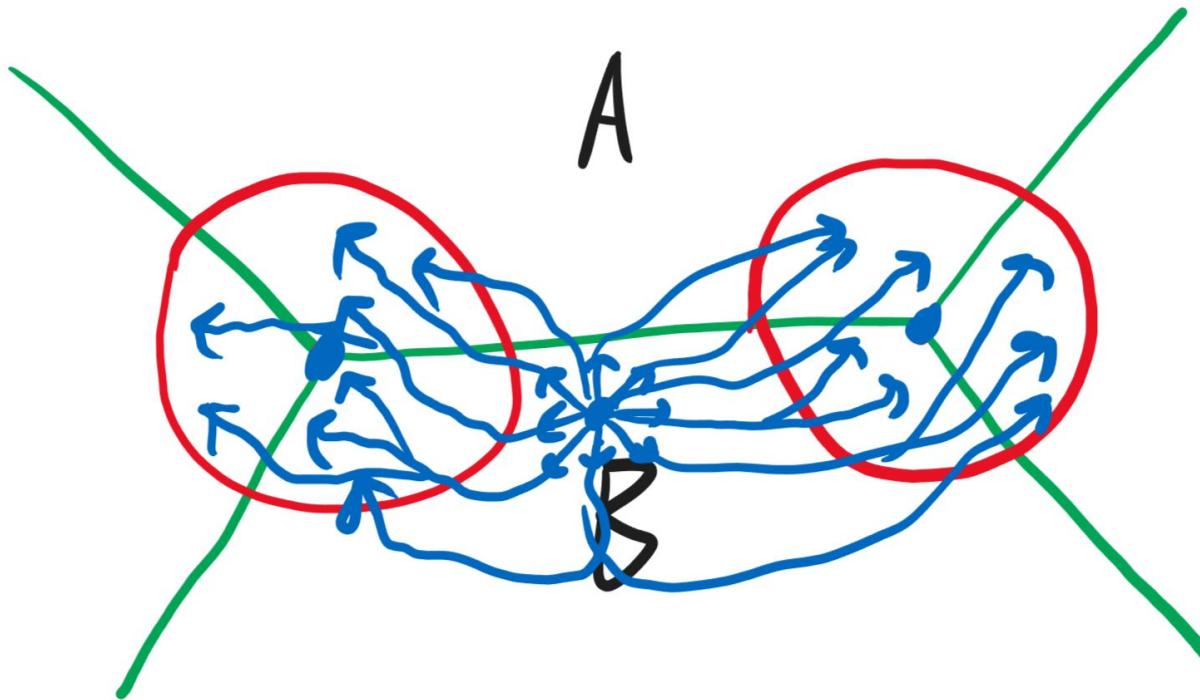
Прокладываем умный шов там где нет расхождений



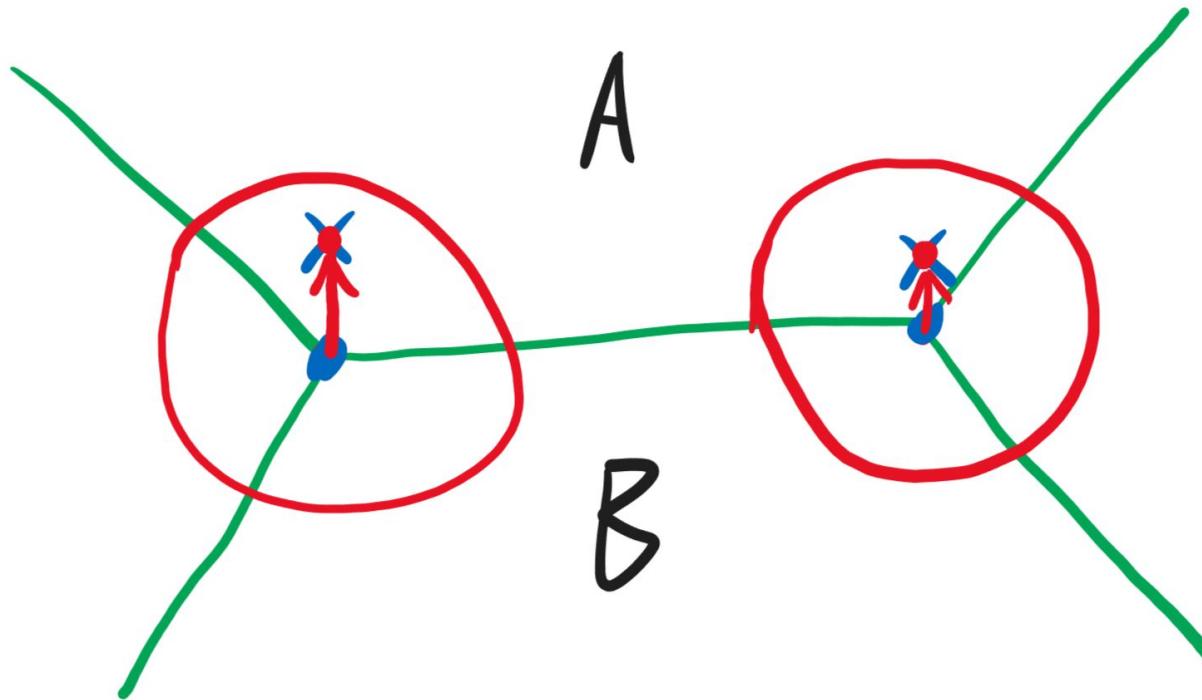
Прокладываем умный шов там где нет расхождений



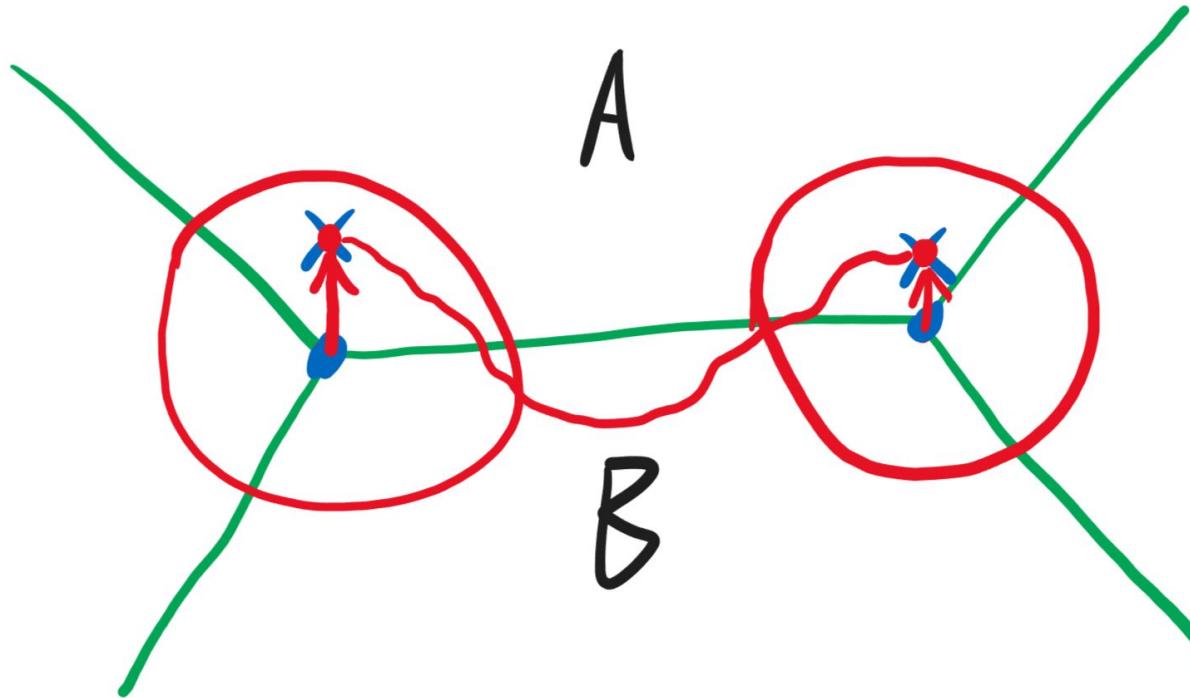
Прокладываем умный шов там где нет расхождений



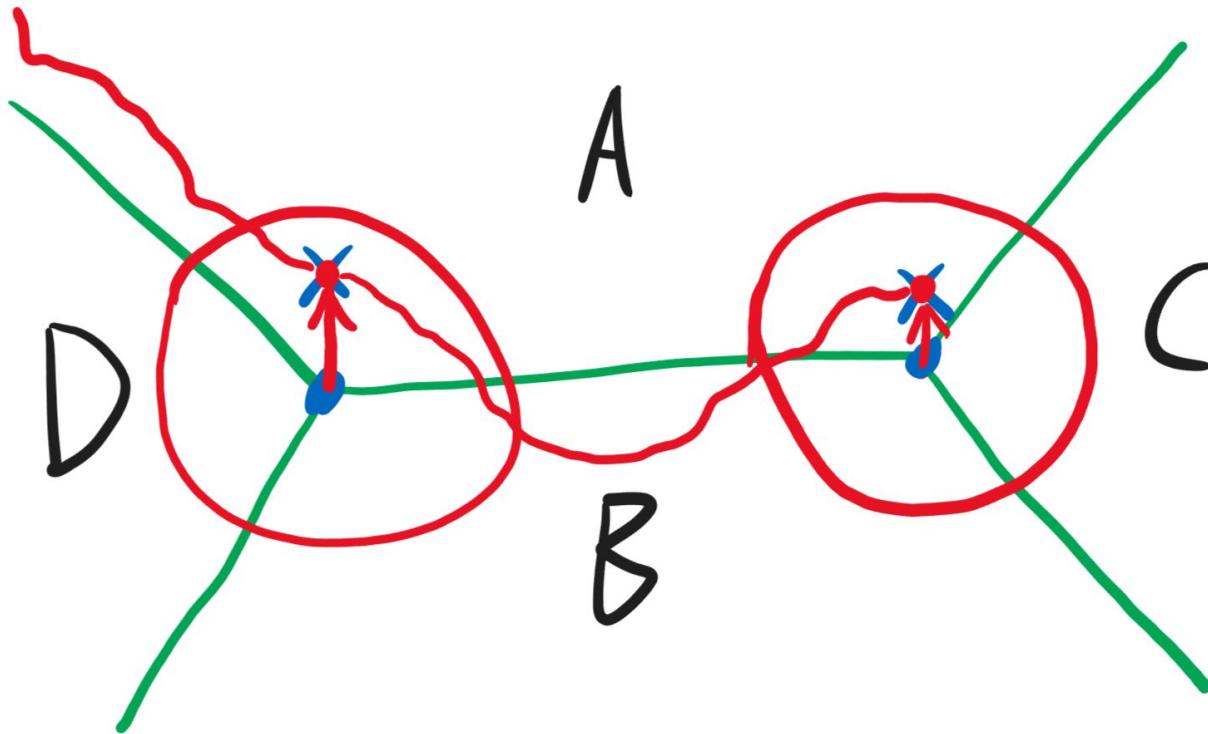
Прокладываем умный шов там где нет расхождений



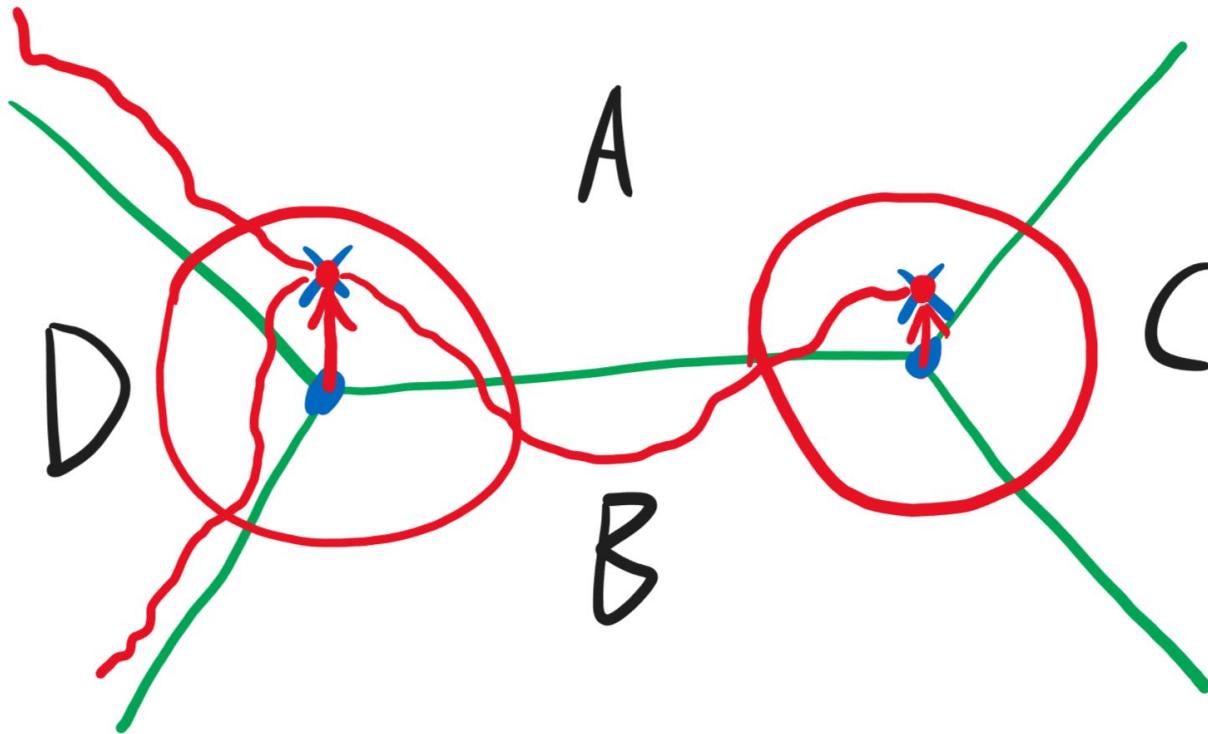
Прокладываем умный шов там где нет расхождений



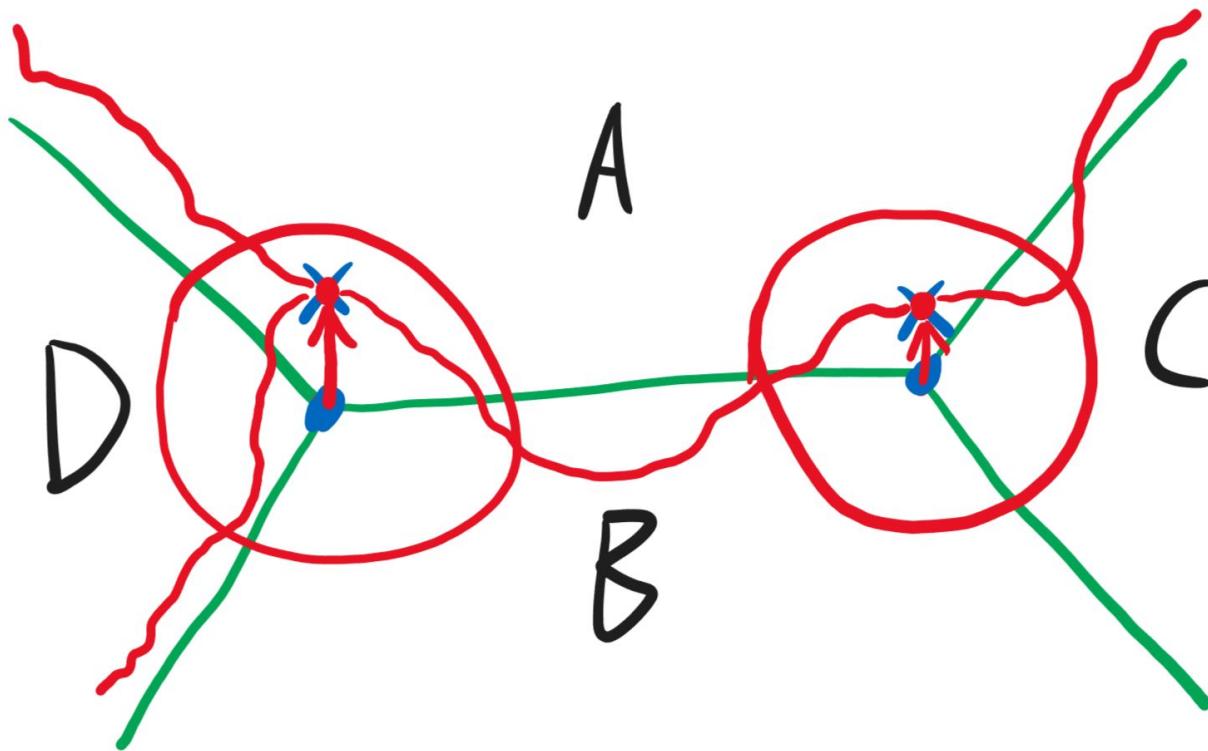
Прокладываем умный шов там где нет расхождений



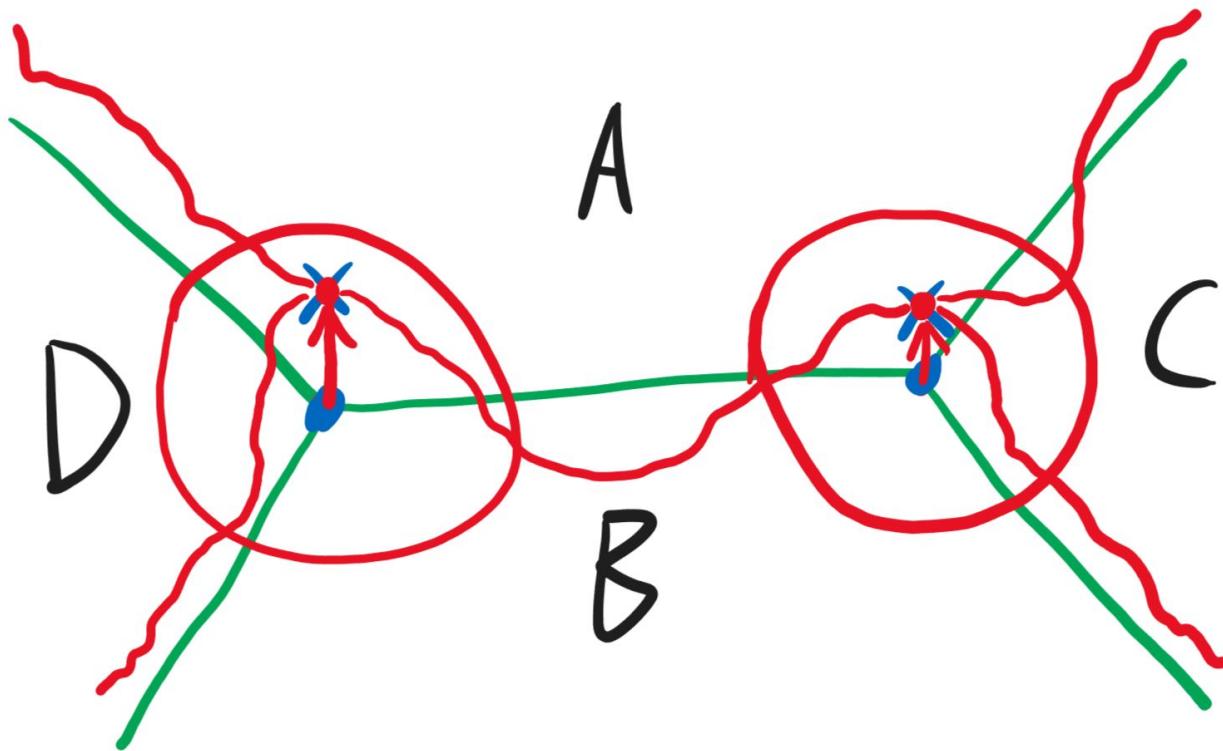
Прокладываем умный шов там где нет расхождений



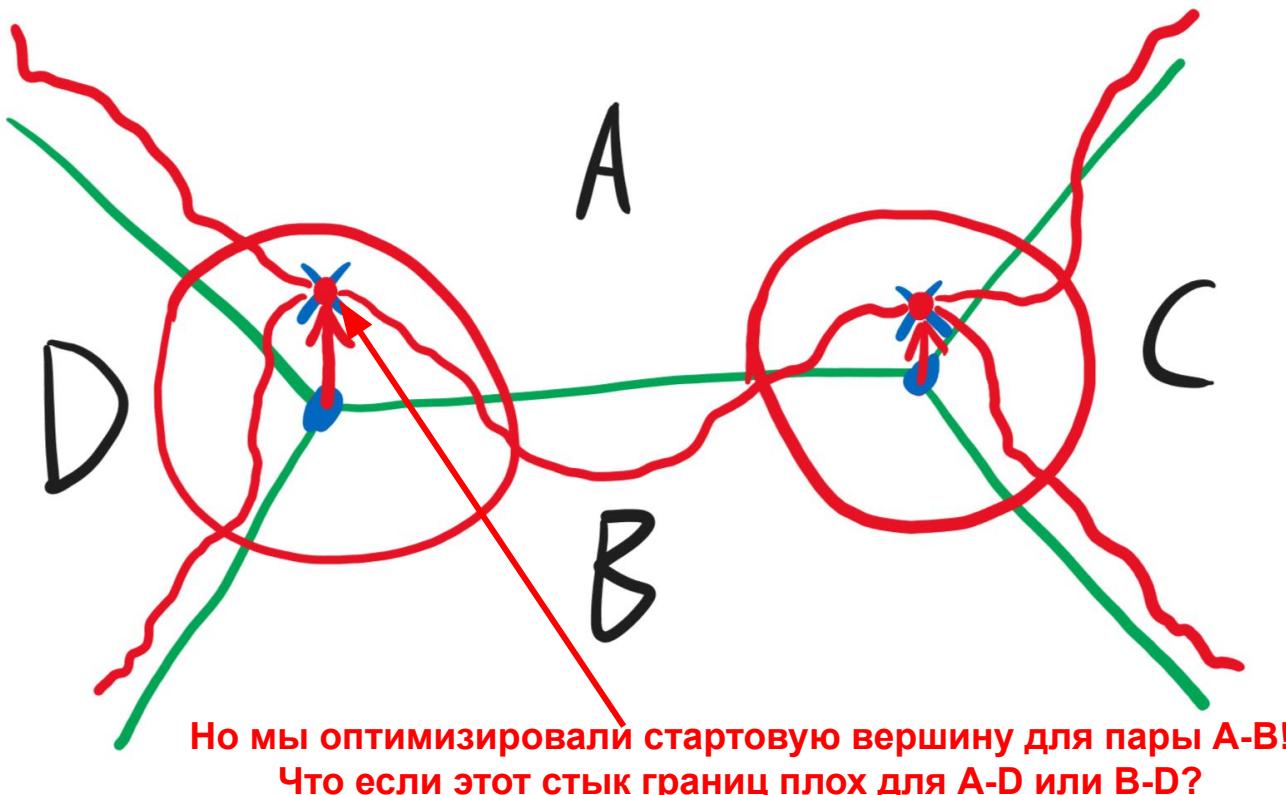
Прокладываем умный шов там где нет расхождений



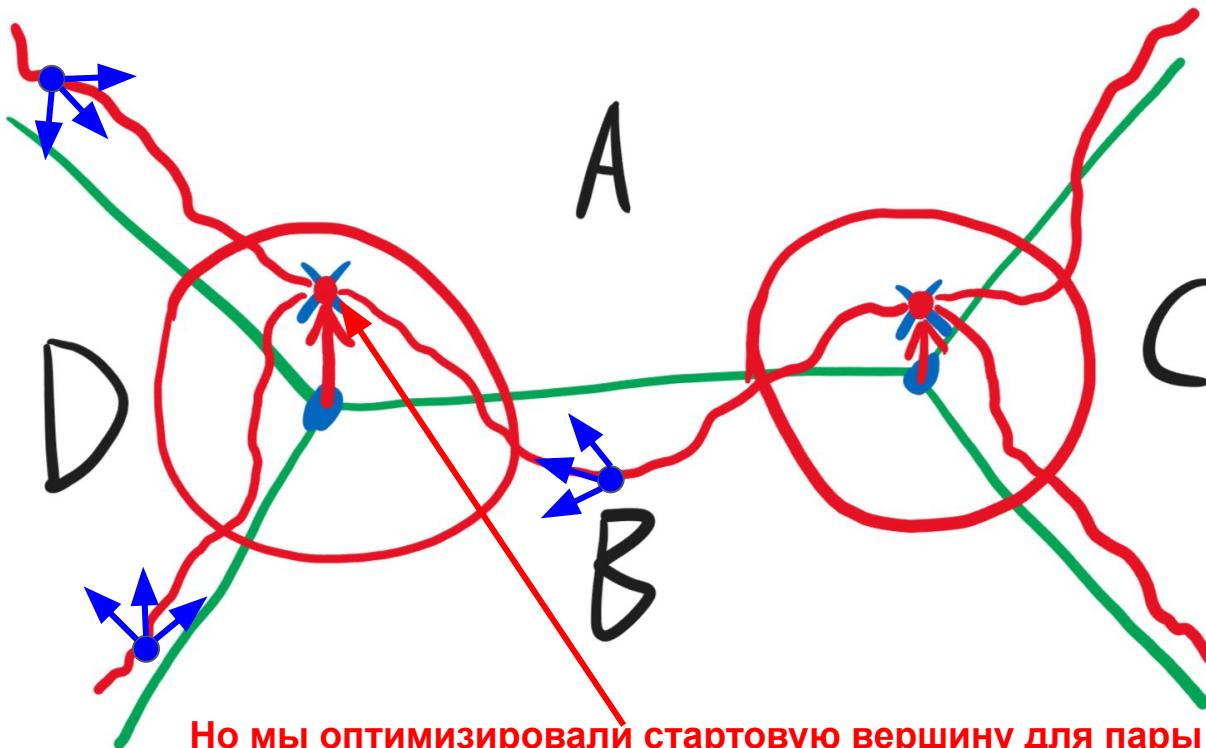
Прокладываем умный шов там где нет расхождений



Прокладываем умный шов там где нет расхождений



Прокладываем умный шов там где нет расхождений

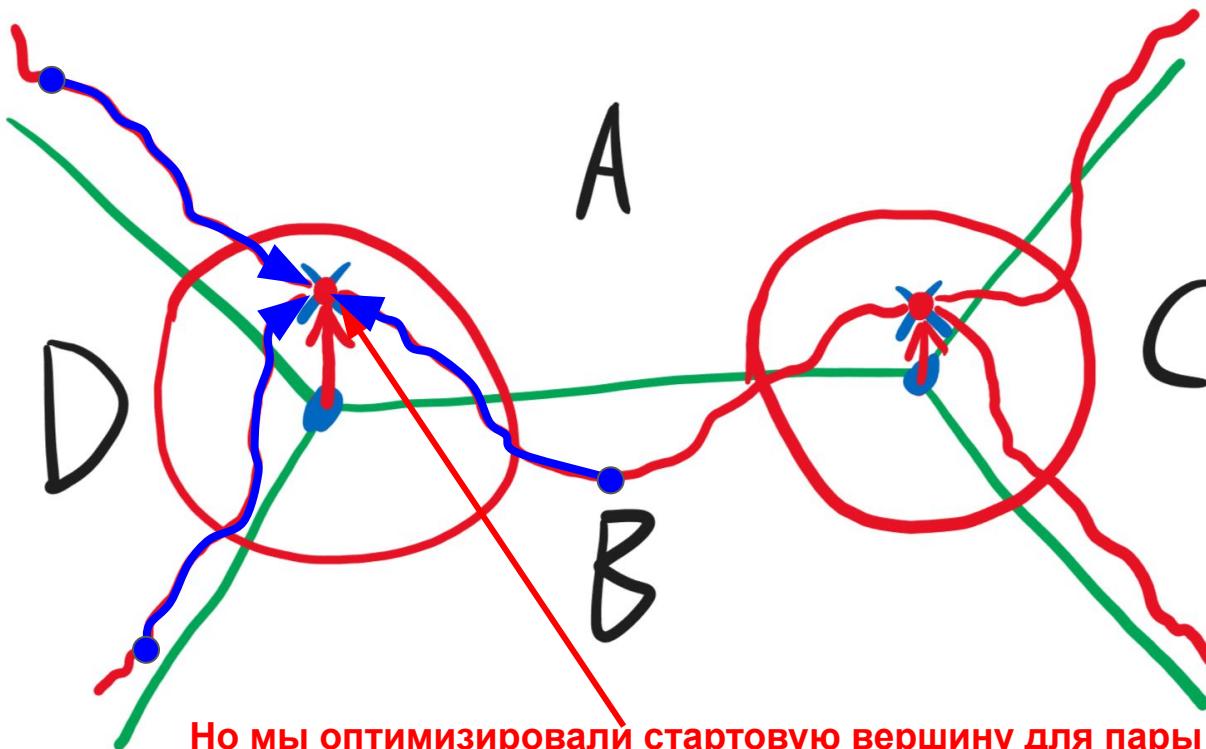


Но мы оптимизировали стартовую вершину для пары А-В!

Что если этот стык границ плох для А-Д или В-Д?

Берем 3 точки-бottлнека, выбираем точку с минимальной суммой расстояний!

Прокладываем умный шов там где нет расхождений

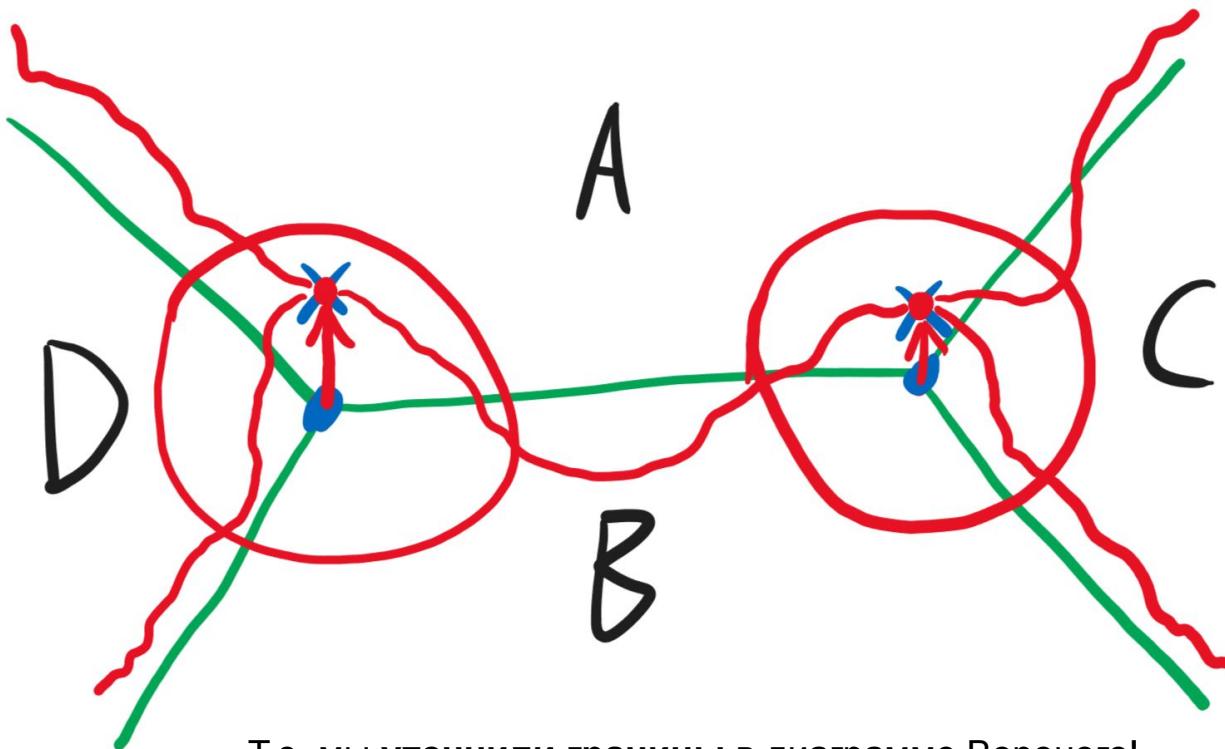


Но мы оптимизировали стартовую вершину для пары А-В!

Что если этот стык границ плох для А-Д или В-Д?

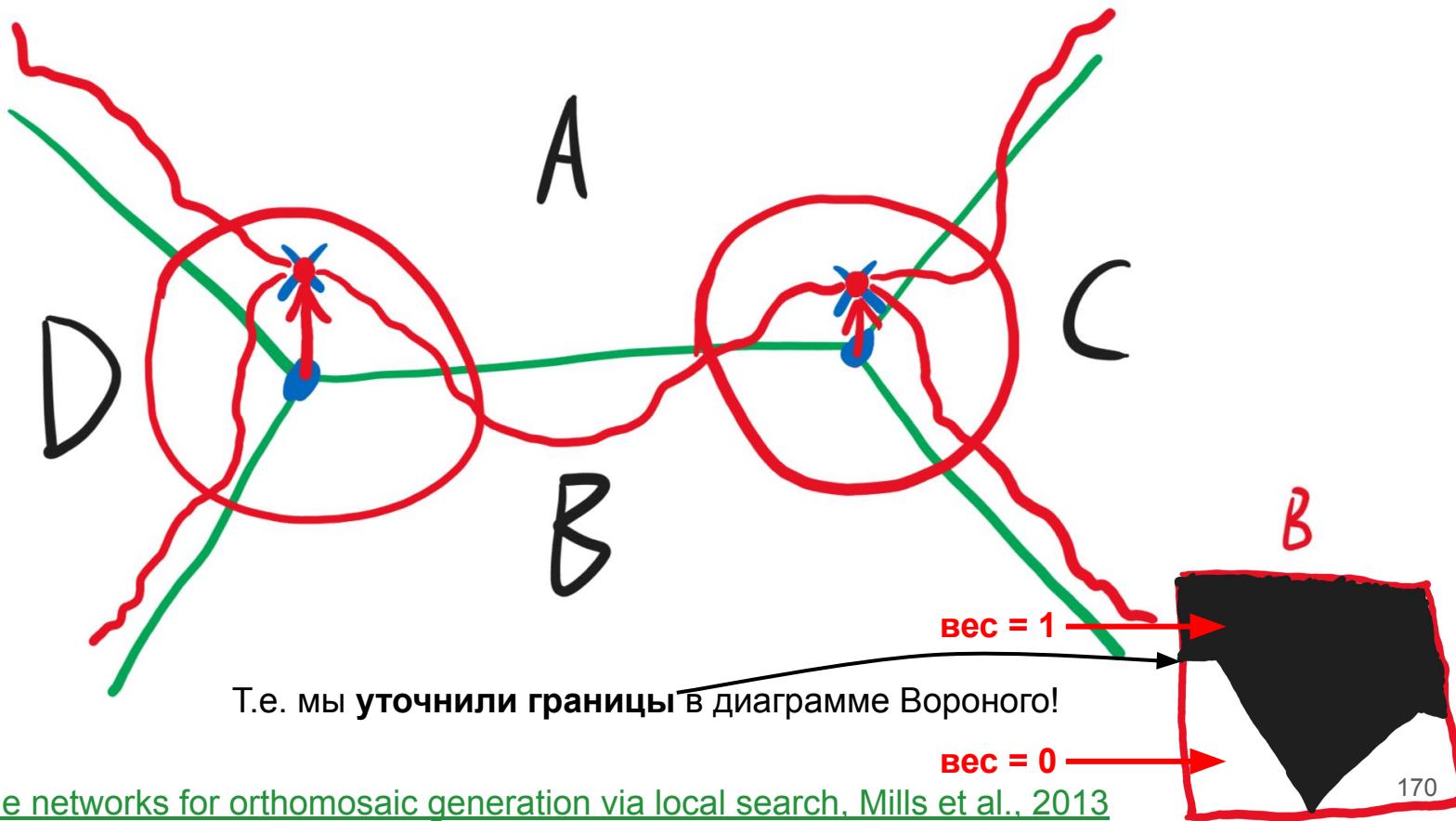
Берем 3 точки-бottлнека, выбираем точку с минимальной суммой расстояний!

Прокладываем умный шов там где нет расхождений



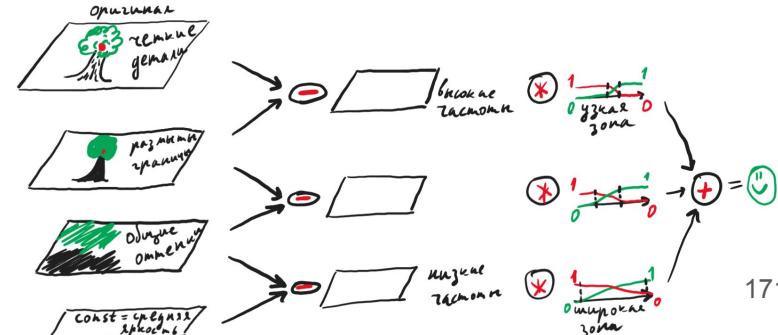
Т.е. мы **уточнили границы** в диаграмме Вороного!

Прокладываем умный шов там где нет расхождений



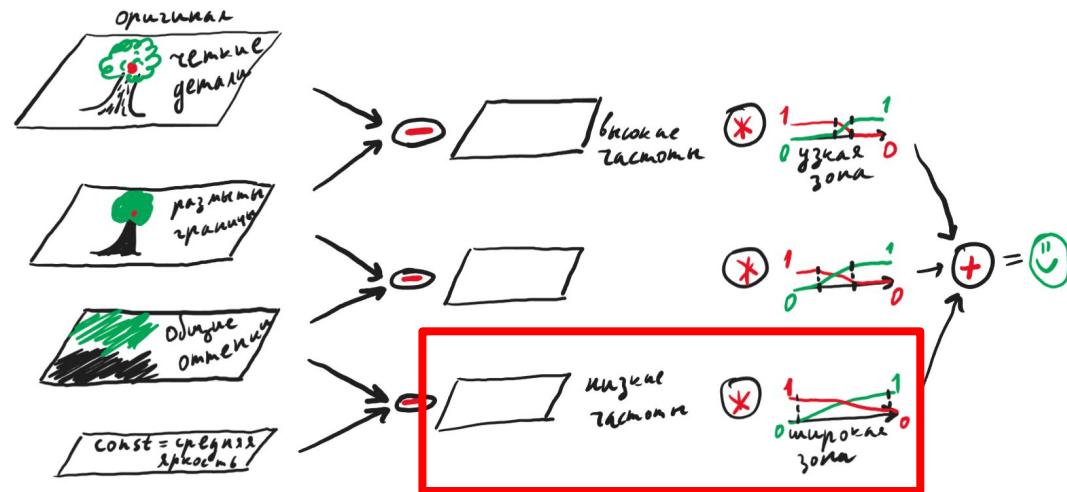
Ортофотоплан: итого

- 1) Спроектировали фотографии на поверхность (**DEM**) - получили ортофото
- 2) Нашли **nadir**-проекции центров фотографий
- 3) Построили диаграмму Вороного для определения лучшего кадра
- 4) Уточнили границы (т.е. проложили швы там где они **менее заметны**)
- 5) Для каждого ортофото построили бинарную карту весов “где победил я?”
- 6) Разложили каждое ортофото в пирамиду частот
- 7) Для каждого ортофото построили пирамиду весов (размывая “где победил я?”)
- 8) Построили частоты ортофотоплана - на каждом слое взвешенная комбинация
- 9) Просуммировали частоты



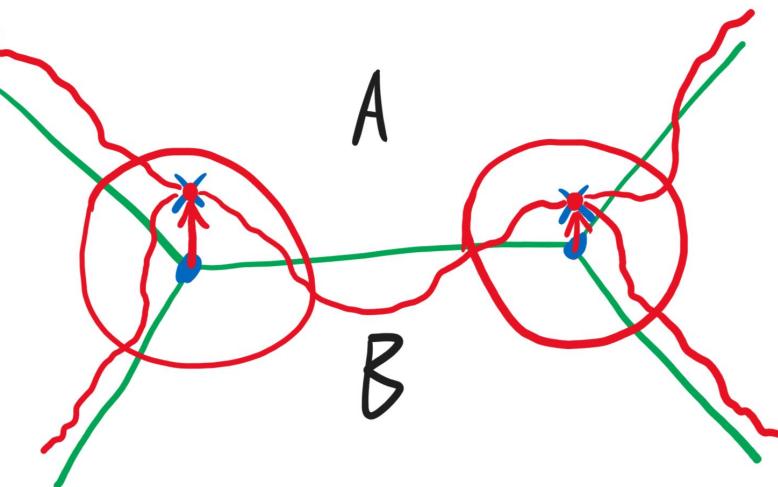
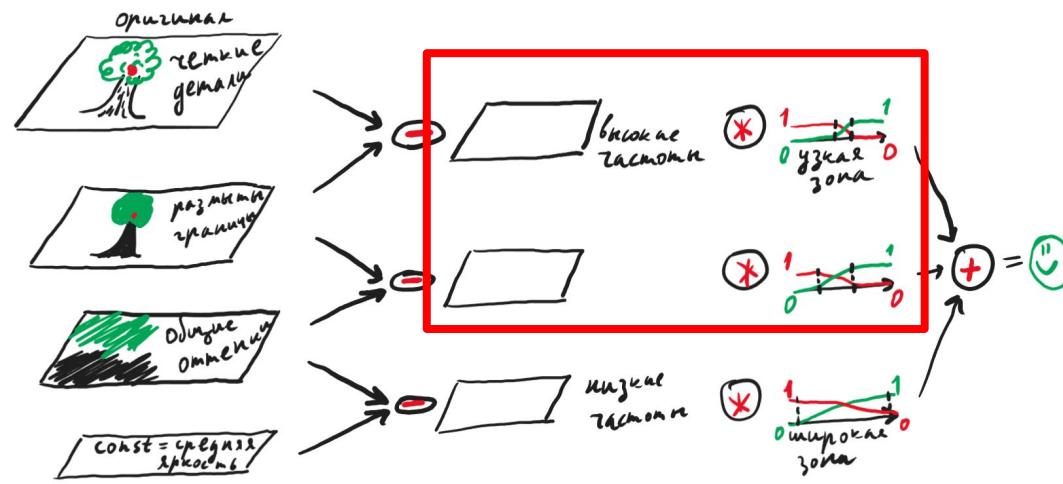
Ортофотоплан: решенные проблемы

1) Перепад яркости (замешивание низких частот)



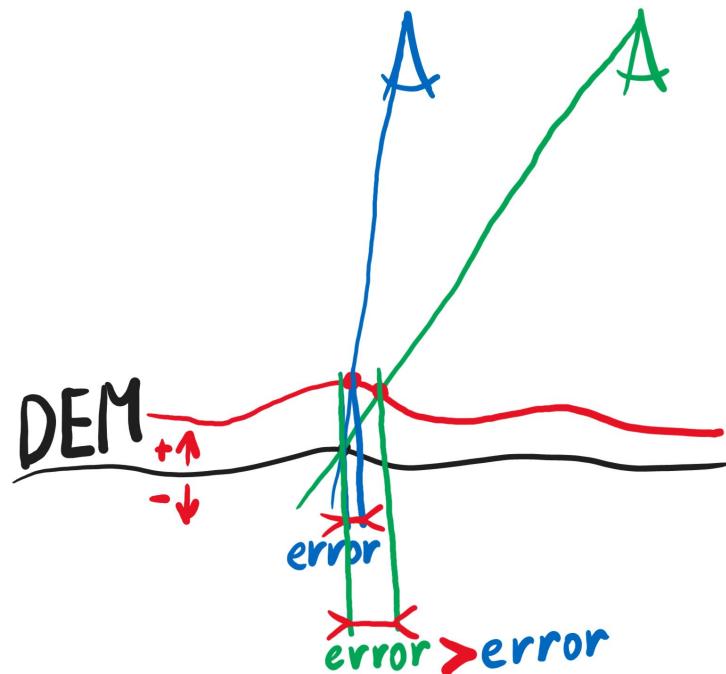
Ортофотоплан: решенные проблемы

- 1) Перепад яркости (замешивание **низких частот**)
- 2) Несостыковки объектов на границах (замешивание **всех частот + умные швы**)



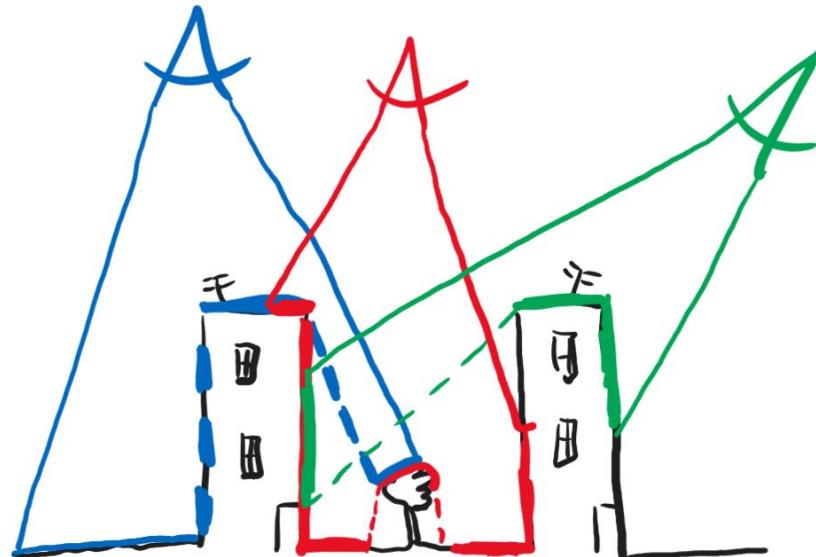
Ортофотоплан: решенные проблемы

- 1) Перепад яркости (замешивание **низких частот**)
- 2) Несстыковки объектов на границах (замешивание **всех частот + умные швы**)
- 3) Минимизация ошибки смещения пикселей в ортофотоплане (**nadir-приоритет**)



Ортофотоплан: решенные проблемы

- 1) Перепад яркости (замешивание **низких частот**)
- 2) Несстыковки объектов на границах (замешивание **всех частот + умные швы**)
- 3) Минимизация ошибки смещения пикселей в ортофотоплане (**nadir-приоритет**)
- 4) Учет заслоненности/occlusions (на базе 2.5D геометрии - **DEM**)

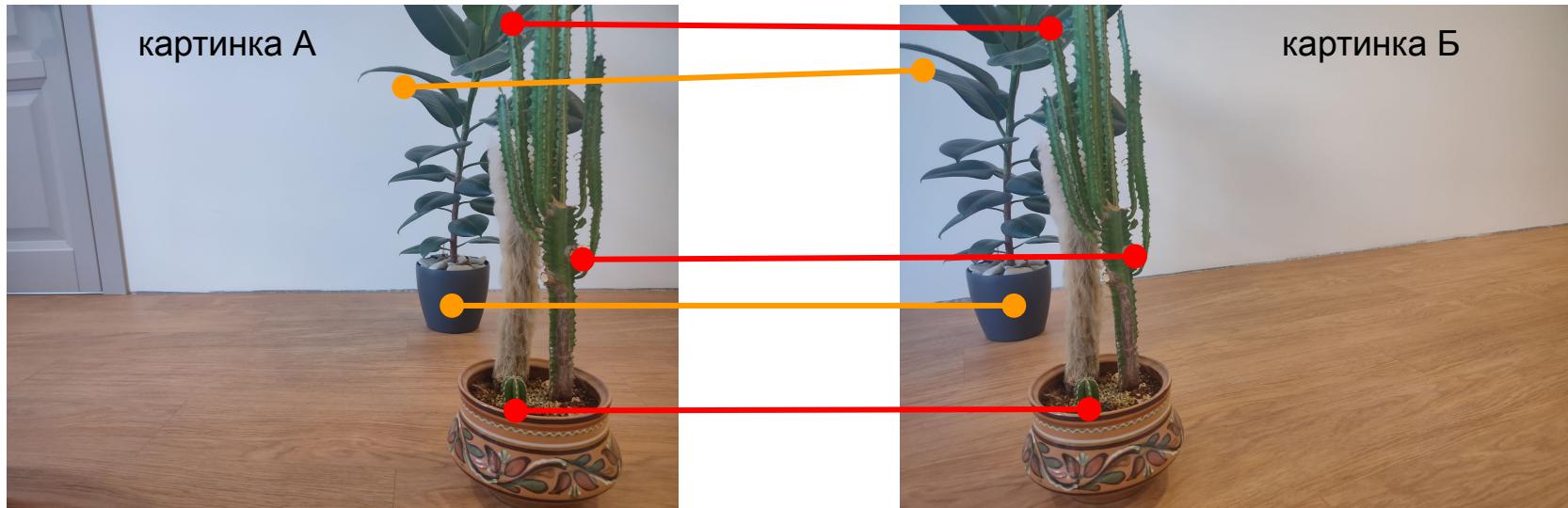




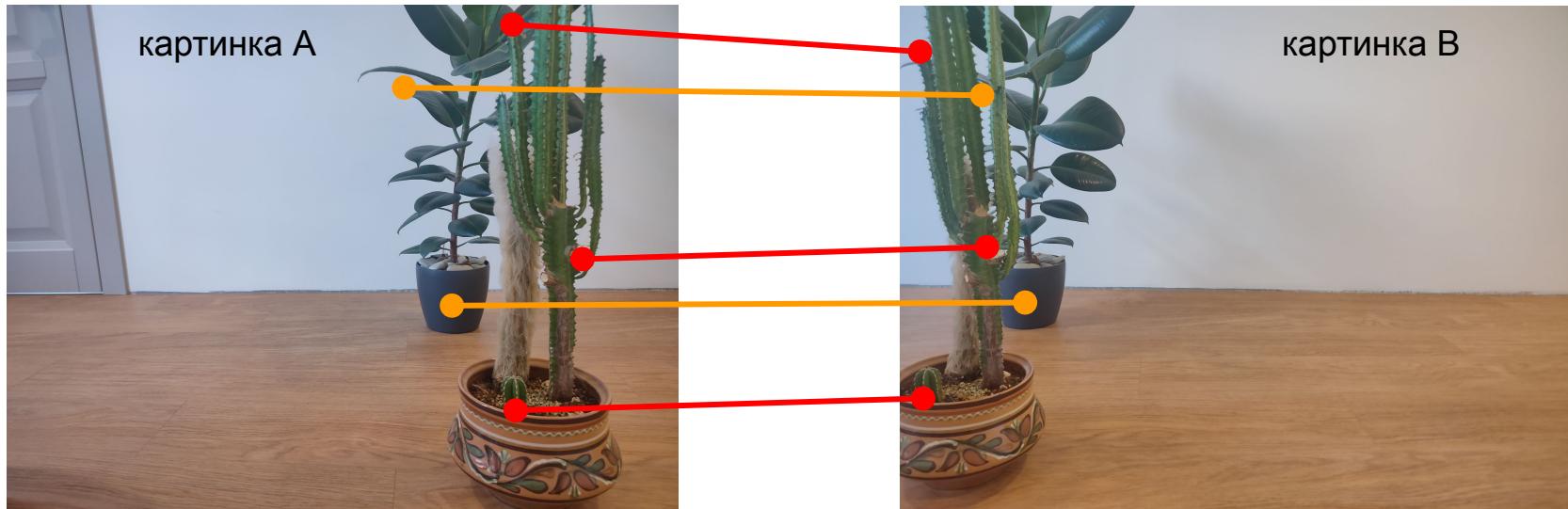




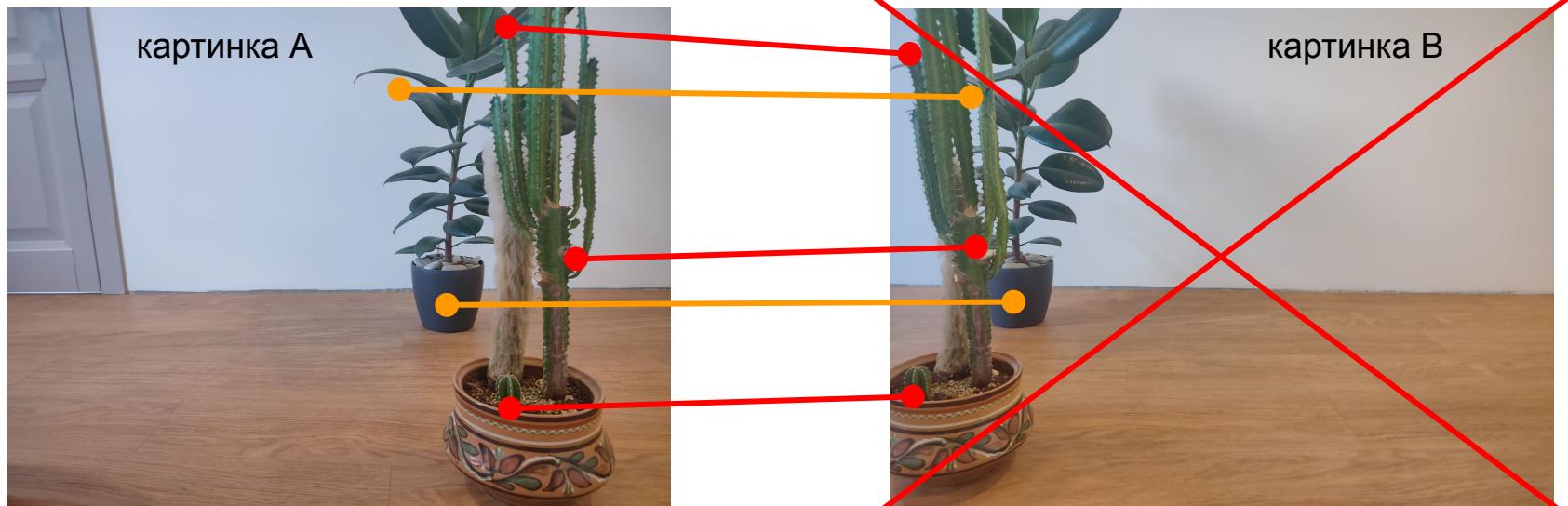
Панорама - чем отличаются эти пары картинок?



Панорама - чем отличаются эти пары картинок?



Панорама - чем отличаются эти пары картинок?



Есть параллакс - панорама не построится!
(можете попробовать на телефоне)

А здесь можно построить панораму?



Ссылки

- [A Multiresolution Spline With Application to Image Mosaics, Burt et al., 1983](#)
- [Global seamline networks for orthomosaic generation via local search, Mills et al., 2013](#)

Вопросы?



Полярный Николай
polarnick239@gmail.com