

- **Повышение точности метрической корректности изображений КА Ресурс-П**

Алексанин А.И. (1), Краснопеев С.М. (2), Морозов М.А. (1), Фомин Е.В. (1)

(1) Институт автоматизи и процессов управления ДВО РАН

(2) Институт географии ДВО РАН

Владивосток

Постановка задачи

Цель - разработка алгоритмов для совмещения произвольных изображений высокого пространственного разрешения с пиксельной точностью

Подход.

1. Автоматический поиск реперных точек на паре изображений.
2. Построение взаимно-однозначного отображения одного изображения в другое (алгоритм SURF).
3. Коррекция (смещение положений пикселей) одного изображения относительно другого.

Апробированные области применения подхода:

1. Пространственная сшивка микрокадров и полос изображений панхроматического и мультиспектральных каналов.
2. Совмещение изображений мультиспектральных каналов.
3. Совмещение изображений камер МСС и ПСС.
4. Совмещение изображений с разных витков спутника.
5. Совмещение изображений с разных спутников.

Алгоритм

1. Определение положения реперов при помощи детектора углов Харриса на 3-х различных масштабах изображения.

C. Harris and M. Stephens, “A combined corner and edge detector,” *Proceedings of the 4th Alvey Vision Conference* (pp. 147–151), 1988.

2. Построение дескрипторов реперов для метода SURF.

Вокруг точки берется площадка, разделенная на 4x4 ячейки. В каждой из ячеек вычисляется вектор признаков:

$$V = (\sum d_x, \sum d_y, \sum |d_x|, \sum |d_y|)$$

где d_x и d_y - разности яркости соседних пикселей. Таким образом вектор признаков для описания окрестностей точки (дескриптор) имеет размерность 64. Для достижения инварианта к яркости вектор V нормируется в единичный вектор.

3. Сопоставление реперов по их дескрипторам.

Дескрипторы сопоставляются путем вычисления евклидова расстояния между дескрипторами V_i и V_j в пространстве признаков:

Сопоставление считается удачным, если для дескриптора V_i на втором изображении находится пара V_j , удовлетворяющая условиям:

$$\begin{cases} d_{ij} = \min \{D\} \\ d_{ij} \leq d_{threshold} \end{cases}$$

где $d_{threshold}$ - некоторое пороговое значение

4. Разбиение изображений на фрагменты заданного размера. Фильтрация сопоставленных реперов в каждом фрагменте: при помощи аффинного преобразования; по плотности отобранных реперов и по однородности величин и направлений векторов.

5. Построение медианных оценок смещений одних и тех же фрагментов двух изображений. Коррекция одного изображения относительно другого.

Автоматический расчет реперных точек

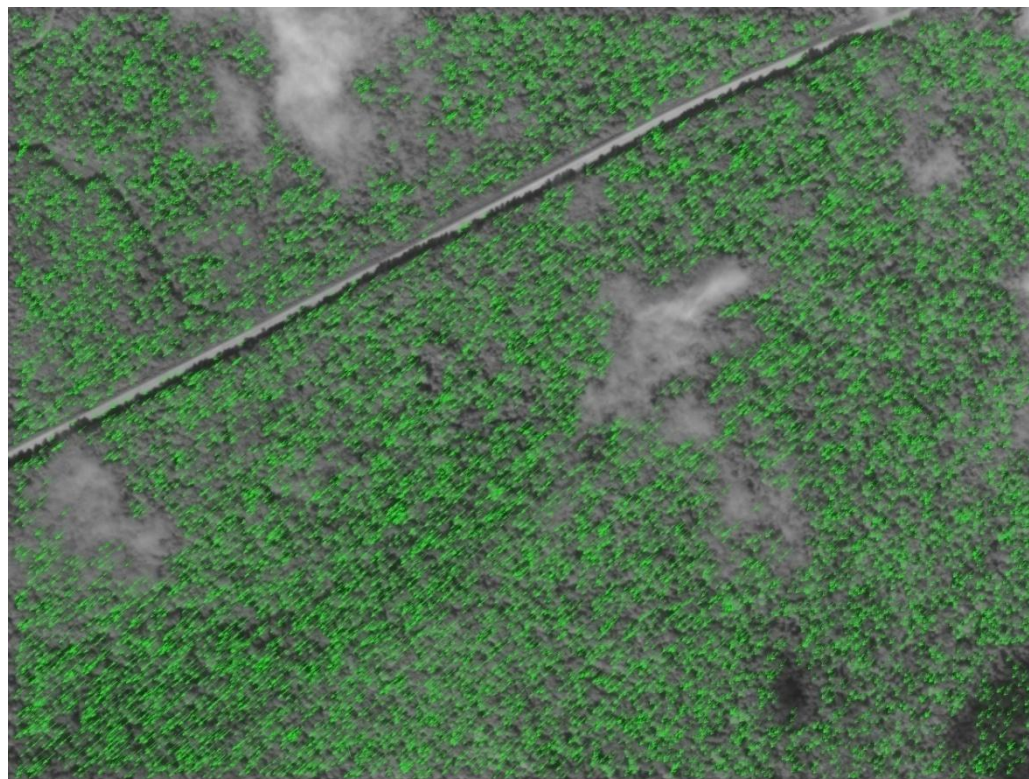
Принцип настройки алгоритма.

Реперных точек должно быть много и строиться они должны в любой местности.

Точность установления их соответствия на двух изображениях должна быть близка к точности эксперта.

В зонах, искаженных облачностью и ошибками ортотрансформирования (использование некорректного рельефа) соответствие не должно устанавливаться, либо такие вектора смещений должны легко отфильтровываться.

19 000 -
число пар реперов при
точности афинного
отображения – 3
пиксела



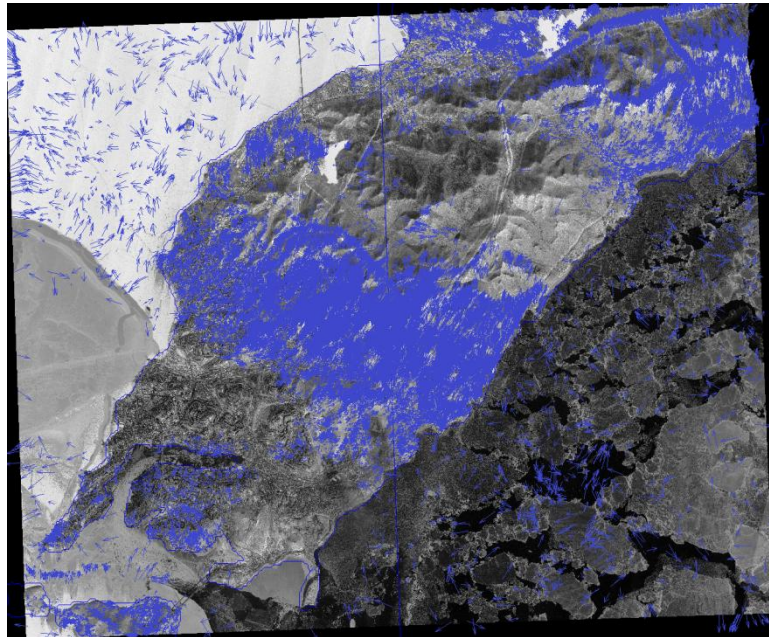
Характеристики исходных изображений:

1. Width 36766
Height 21200
SceneDate 25/08/2015
SceneTime 06:19:52
2. Width 36823
Height 18779
SceneDate 15/09/2015
SceneTime 06:18:50

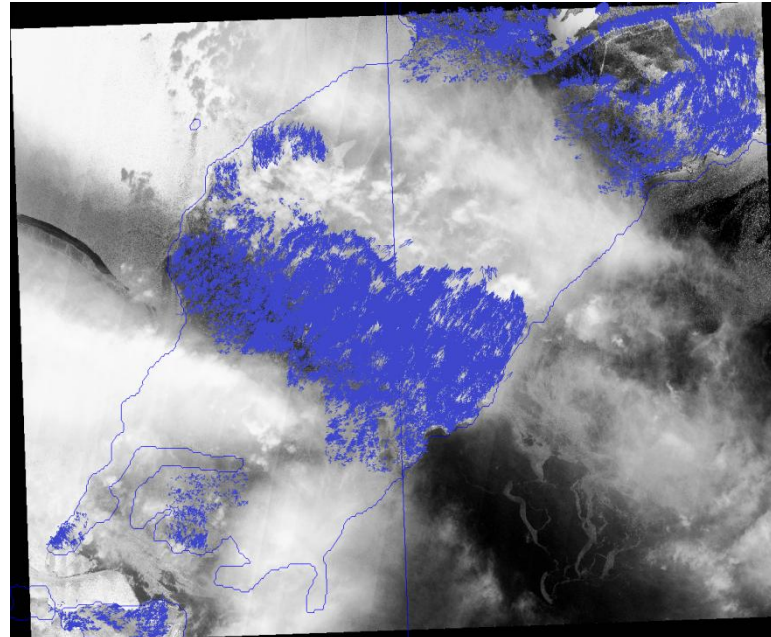
Изображение лесного массива (полутонное изображение).
Панхроматический канал спутника Ресурс-П и автоматически
построенные вектора смещений (зеленый цвет).

Построение векторов коррекции изображения

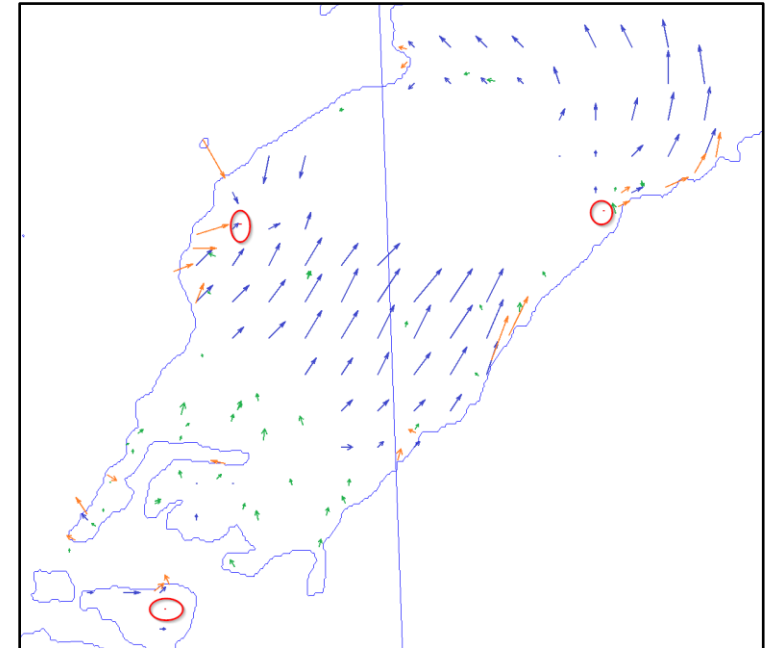
Изображения Владивостока (спутники Ресурс-П №1 и №2. Одно изображение в надир, другое под углом около 30°. Исходный уровень обработки НЦ ОМЗ - Level 1 с RPC-коэффициентами. Здесь и далее - точность афинного (линейного) преобразования 1 пиксел, ручная привязка по трем реперам и построение ортофотопланов.



(а) – изображение за 03.02.2016 и все вектора смещений.



(б) – изображение за 20.02.2016 и вектора после фильтрации.



(в) – контур полуострова с реперами абсолютной географической привязки (3 красных вектора – реперы привязки, зеленые – контрольные только для одного изображения) и медианными оценками смещений для каждого фрагмента. Оранжевые вектора – смещения у кромки воды (нет рельефа).

Точности абсолютной привязки каждого изображения экспертом по имеющимся реперам - не более 2-х пиксел. По результатам расчетов есть участки, где расхождение между изображениями превышает 5-7 пиксел. Значительные нелинейные смещения у кромки воды (в, черные вектора) говорят о неточностях схемы привязки НЦ ОМЗ.

Неточности коррекции изображений с помощью RPC-коэффициентов



(a)



(б)

Владивосток, изображение за 03.02.2016. Фрагменты и вектора смещений вблизи реперной точки (маяк, рис. «а») и на расстоянии 5 км от реперной точки (П\Л Океан, рис. «б»). Размер одного фрагмента должен быть менее 2000X2000 пикселей, чтобы нелинейность ошибок геопривязки, связанная с неточностью модели работы камеры, не сказывалась на процедуре совмещения изображений.

Вместо использования RPC коэффициентов лучше честно строить точную модель сканирующей системы

Точность коррекции изображения



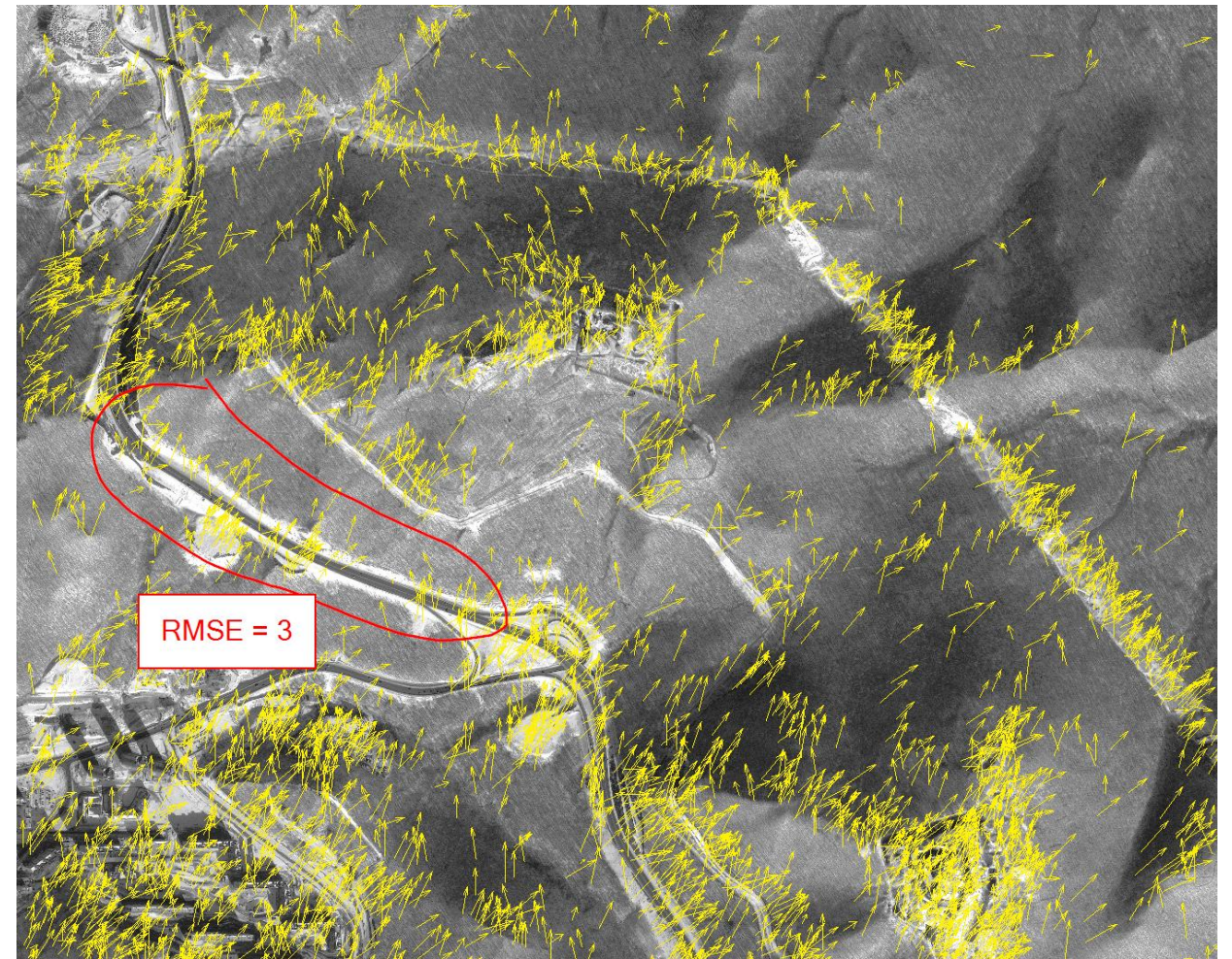
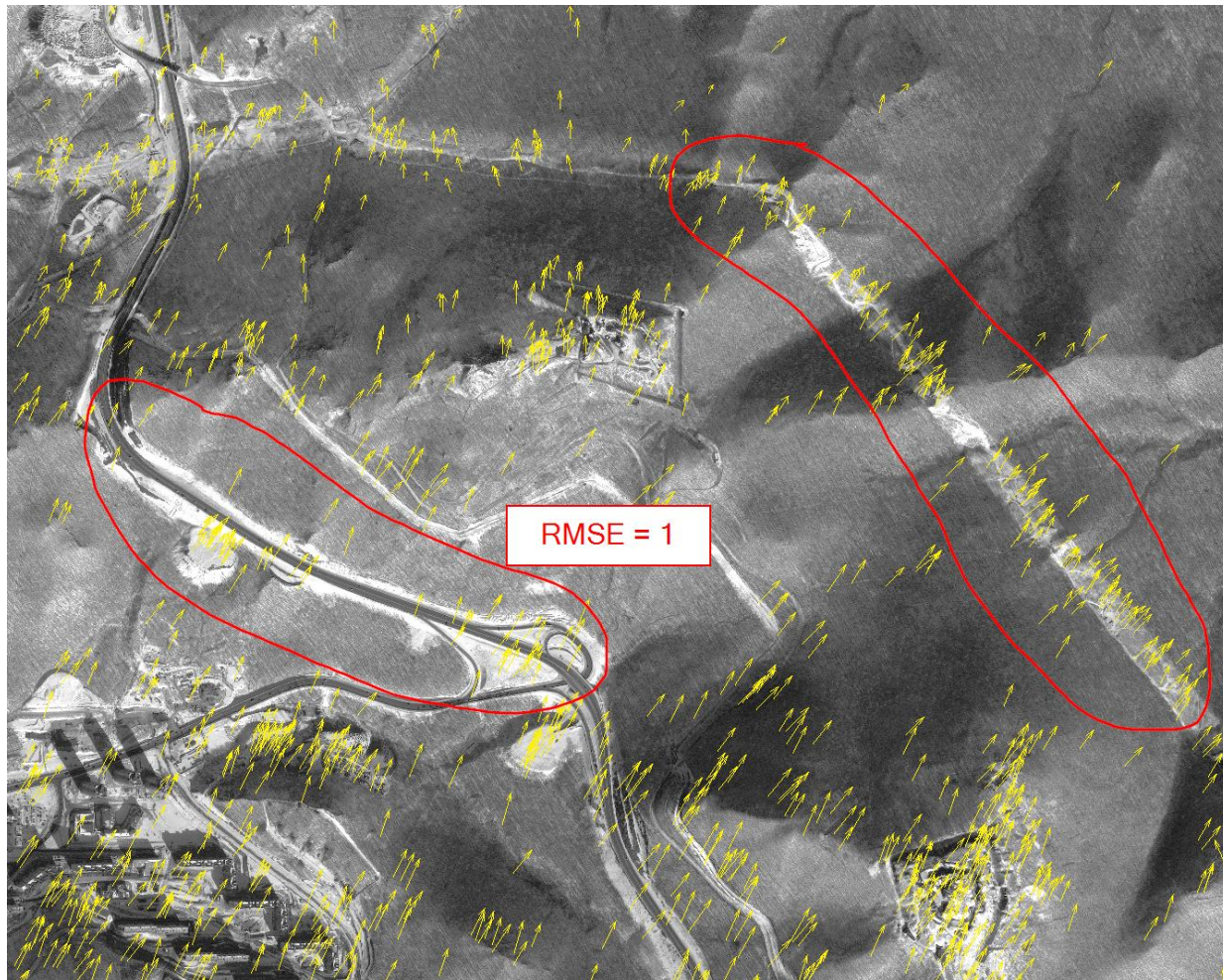
(a)



(б)

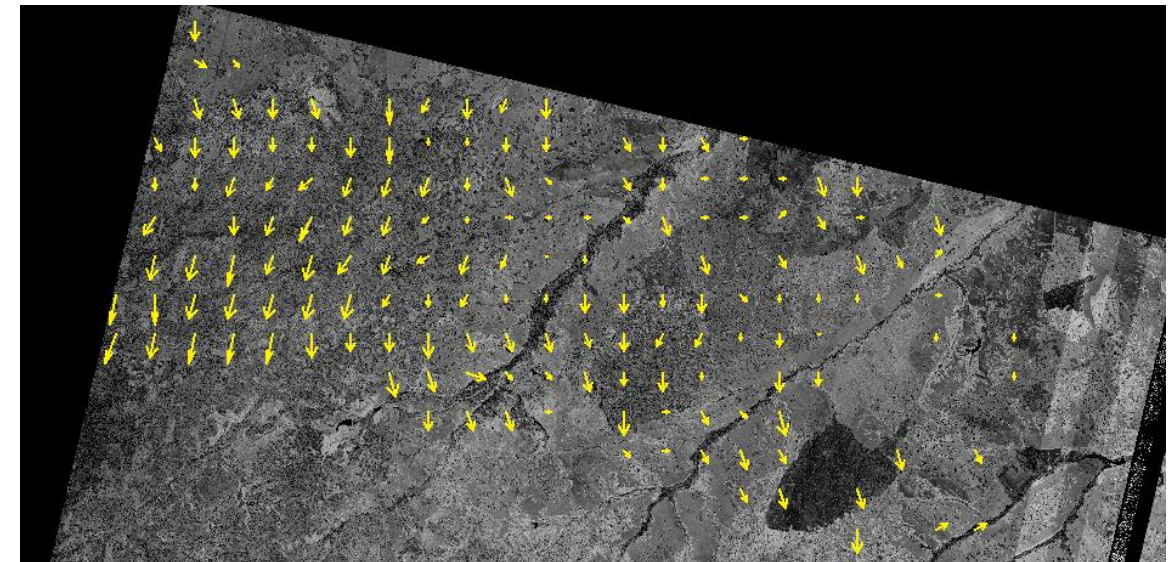
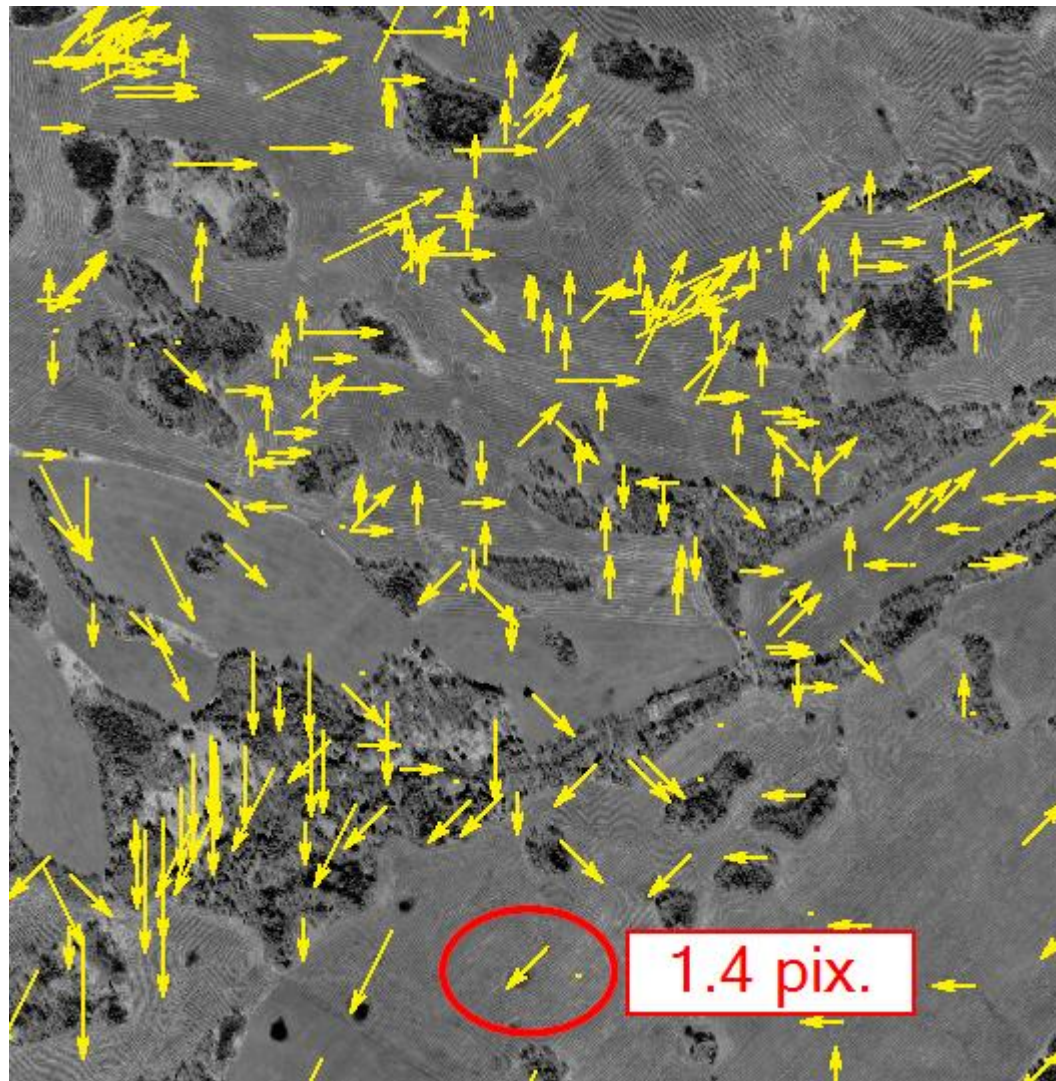
Мультипликация совмещения фрагментов изображений: фрагмент первого изображения, потом второго (а) и скорректированного первого, потом второго (б).

Падение числа векторов на неточностях рельефа



Выделены: недавно построенная дорога (внизу) и ЛЭП (вверху) в районе Снеговой пади г. Владивостока. На ЛЭП много векторов, на дороге мало. Понижаем точность афинного преобразования до 3-х пиксел – появляется много векторов и на «новой» дороге. Низкое число векторов на новой дороге при большом числе исходных реперных точек указывает на неточность используемого рельефа местности.

Совмещение «плохих» изображений (мало автоматически построенных реперов). Привязанные экспертом изображения (спутник один и тот же, углы съемки местности близки). Лес и пашня. Изменчивость рельефа – несколько десятков метров на 30 км.

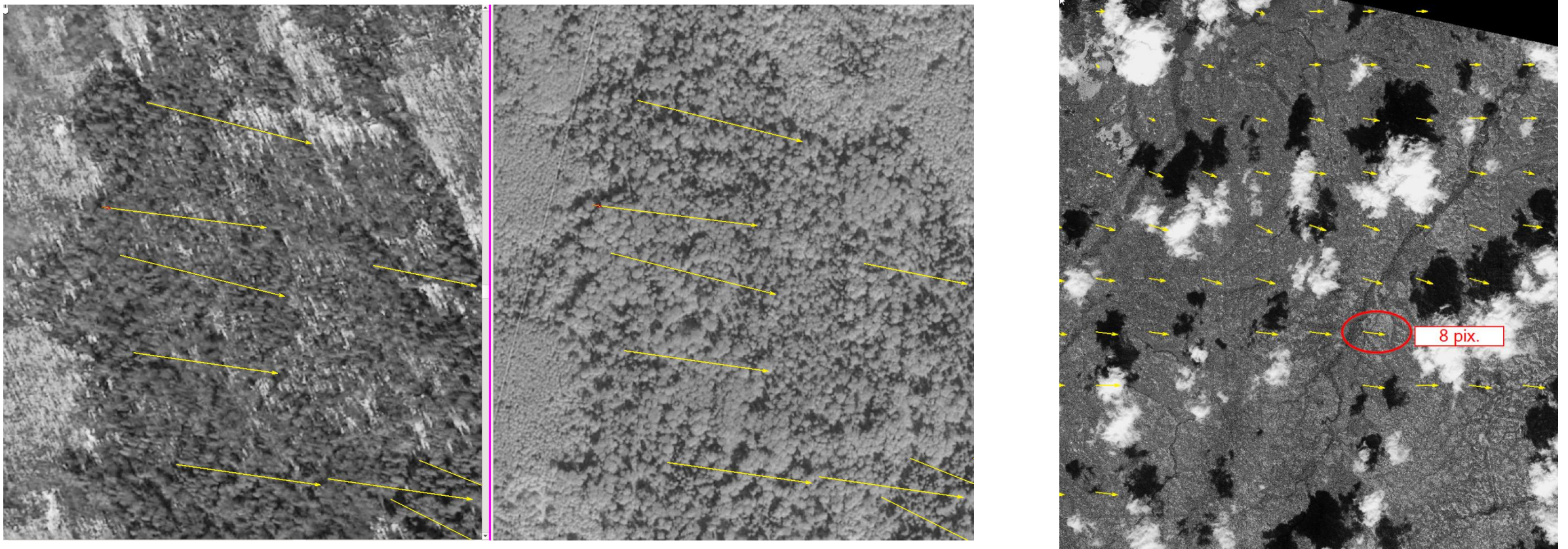


Медианные оценки векторов смещений

«Идеально» привязанные друг относительно друга изображения на Чулымской равнине (Сибирь). Но максимальные систематические погрешности до 5 пикселей, в среднем – 2.5. Слева – вектора смещений вблизи репера, выбранного экспертом при привязке. В целом, вектора смещений небольшие, но они есть и наблюдается корреляция с рельефом, по-видимому, из-за неточности определения углов, под которыми видится отснятая площадка.

Совмещение «плохих» изображений.

Совмещение для случая лиственного леса. Изображения за зиму и лето (фактически это попытка совместить совершенно разные объекты – стволы деревьев и лесной полог), одно в надир, другое под углом более 20°.



(Изображение привязано в ручную с точностью 2-3 пикселя, медианные смещения 6-9 пикселей – не соответствуют точности привязки). Смещение, видимо, обусловлено разницей высот лесного полога и поверхности земли – на левом изображении автоматически рассчитанные реперы «цепляются» к корням деревьев, а на правом к кроне, расположенной, судя по длинам стволов, на высоте около 20м (что и приводит к большому смещению).

Выводы

- Применение метода дает достаточное количество высокоточных реперов (точность аффинного преобразования – 1 пиксел) для успешного совмещения изображений. Возможно построение технологии высокоточной автоматической коррекции изображений.
- Вместо RPC коэффициентов лучше честно строить точную модель сканирующей системы. Как показывает наш опыт привязки изображений метеорологических спутников, модель не только позволяет привязать по паре реперов всю сцену с пиксельной точностью. Она позволяет сделать прогноз привязки. Прогноз привязки на 1 час - и полоса от полюса до полюса может привязываться всего по паре реперов. А представленный подход откорректирует привязку фактически любого изображения произвольного спутника по построенным «референсным» изображениям Ресурса-П с точностью около метра.
- Падение числа корректирующих векторов можно использовать для выявления локальных неточностей рельефа.

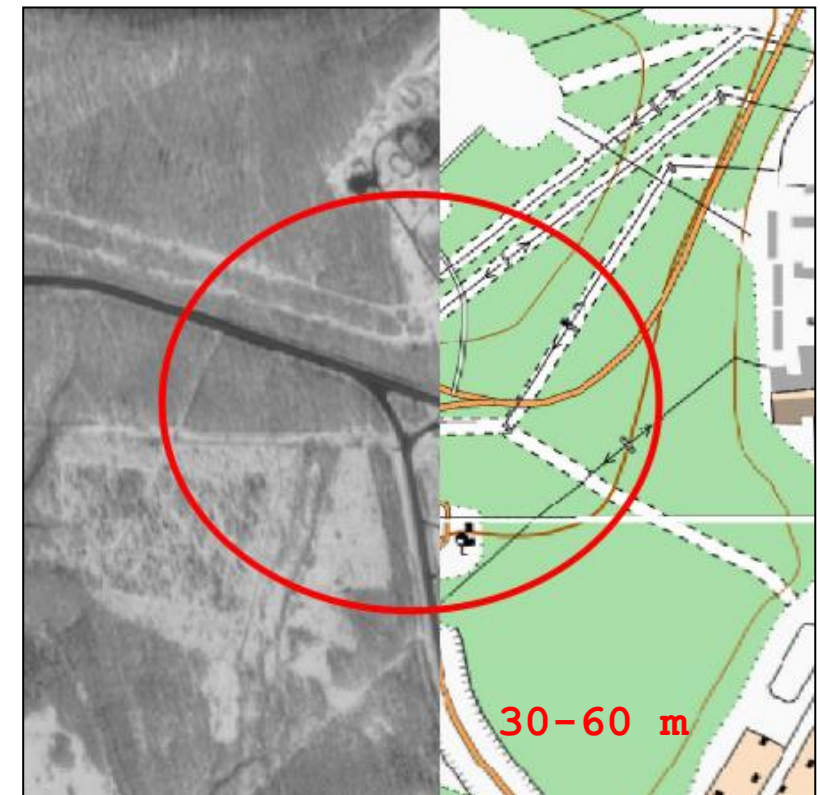
Спасибо за внимание!

ООО «КосмоРесурс»

(резидент «Сколково»)

Виды сервисов:

- Метрическая коррекция изображений
- Сегментация
- Векторизация



Контакты:

Еременко Александр Сергеевич

mail: academy21@gmail.com

сот: +7- (914) -718-54-61

г. Владивосток

