

Позиционирование опор линий электропередач средствами компьютерного зрения

Серебро Андрей Евгеньевич

научный руководитель: Рыкованов Дмитрий Павлович

СПб АУ НОЦНТ РАН

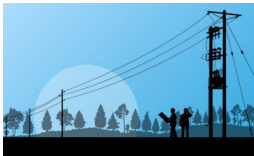
13 июня 2017 г.

Анализ коридора линий электропередач важен

- Выход из строя различных элементов
- Контроль растительности
- Информация, необходимая при близком строительстве

Часто применима съёмка с воздуха с последующей реконструкцией

- Проблемы с опорами и проводами: они тонкие и монотонные



Данные:

- Множество фотографий, снятых с БПЛА
- Параметры камер - положение, калибровка, дисторсии (например, после любого SFM алгоритма)
- 3D модель сцены, с возможно отсутствующими опорами
- Вычисленная карта высот местности

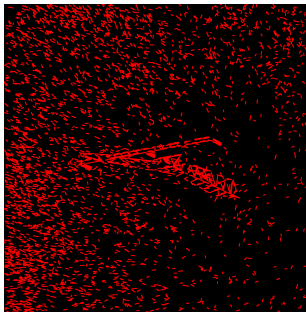
Цель:

- Определить положения опор, присутствующих на снимках
- Вставить модели опор в модель сцены

- Облако точек: сопоставление признаков на разных фотографиях
 - Ажурные структуры - тонкие и низкотекстурированные \Rightarrow мало признаков
- Множество отрезков в 3D: сопоставление отрезков
 - Плохие результаты, когда изображений мало и они все сняты сверху
- Сопоставление признаков модели и изображения
 - PnP: треугольники, особые точки, углы, рёбра
 - Шаблоны - отрисованная модель с разных точек зрения
 - Большое количество работ, посвящённых трекингу объектов

Предлагаемый подход

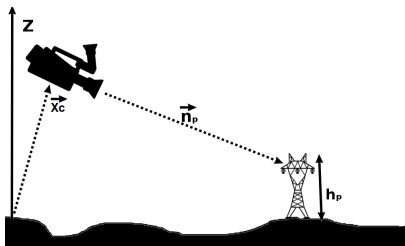
- Обработать будем отрезки (извлекаются алгоритмом LSD)
- 2 подзадачи
 - Нахождение опор на снимках, начальная оценка положения в 3D
 - Уточнение положения и ориентации



Отрезки, найденные LSD

Нахождение опор по треугольникам

- Будем считать что опора там, где на нескольких изображениях есть треугольники
 - Знаем модель \Rightarrow фильтруем треугольники
 - Хороший способ для сельских ландшафтов
 - В городской среде будет много ложноположительных срабатываний
- Оцениваем положение и область интереса, используя карту высот
- $(\alpha \vec{n}_p + \vec{x}_c) \cdot \vec{e}_z = height(\alpha \vec{n}_p + \vec{x}_c) + h_p$



Позиционирование опор

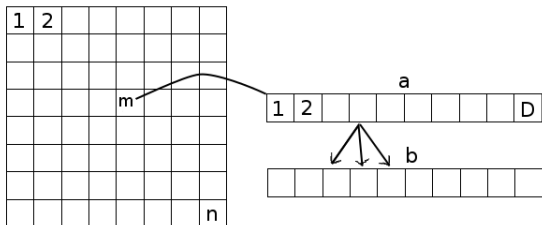
Цель - оценить x, y, z и $[\varphi_x, \varphi_y, \varphi_z]$.

Три этапа, на каждой фотографии обрабатываются независимо с последующим объединением результатов

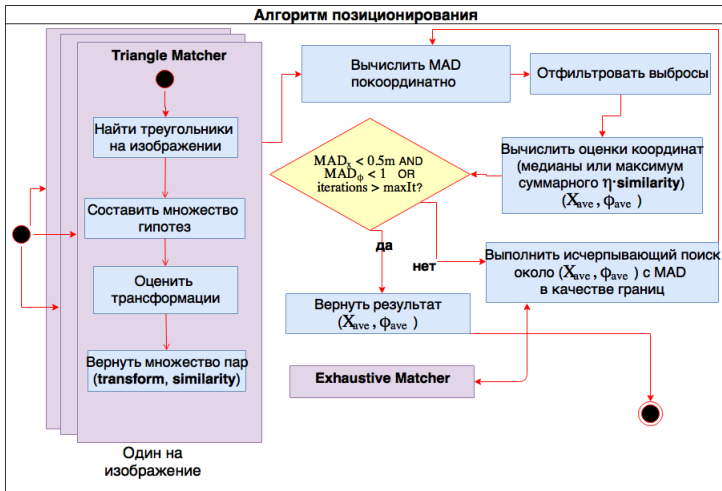
- 1 Определение положения по треугольникам:
 $\forall(t_i, t_m)$ - треугольники изображения и модели
ищем M : $P \cdot V \cdot M(t_m) = t_i$
- 2 Раздельный перебор смещений и поворотов
вблизи найденного решения
- 3 Одновременный перебор смещений и поворотов
вблизи найденного решения

Оценка положения

- Оценка позиции на основании направлений отрезков
- Разбиваем изображение на клетки $k \times k$
- $a[i] = 1$ если отрезок с направлением i пересекает клетку
- $b[i] = \max_{j=i-s \dots i+s} \text{Round}(e^{\frac{s^2 - (j-i)^2}{2\sigma^2}}) \cdot a[j] \bmod N$
- $\text{Similarity}(I_p, I_r) = \sum_{i=1}^n \vec{b}_i^p \cdot \vec{a}_i^r$



Алгоритм позиционирования



Тестирование и результаты

- 515 фотографий 6000x4000 с 8 опорами типа ВЛ-220 (в среднем 12 фотографий с одной опорой)
- 400 фотографий с 2 опорами У-110 (в среднем 17 фотографий с одной опорой)



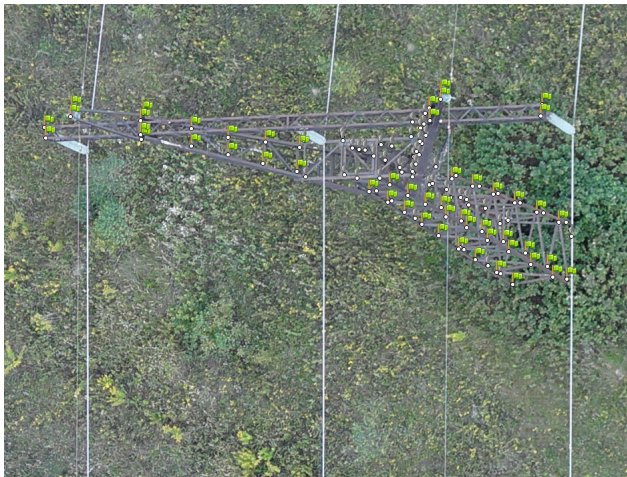
(a) Опора ВЛ-220



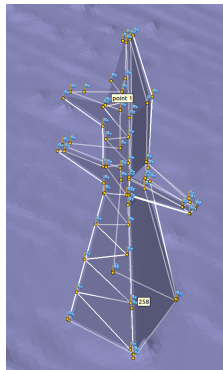
(b) Опора У-110

Тестирование и результаты

- Погрешность смещения порядка 0.4м
- Погрешность курсового угла менее 3°
 - Оценки с использованием разметки особых точек на фотографиях с последующей реконструкцией в 3D (использовался Agisoft Photoscan)
- Детектор: порядка 2.5 секунд на фото (основное время - LSD)
 - Ложноположительные срабатывания на столбах
- Порядка 27 секунд на фото (debug build с отладочной отрисовкой)
- Порядка 10 - 15 тысяч кадров в секунду - скорость вычисления Similarity (Nvidia GeForce 840M)



Опора, размеченная маркерами



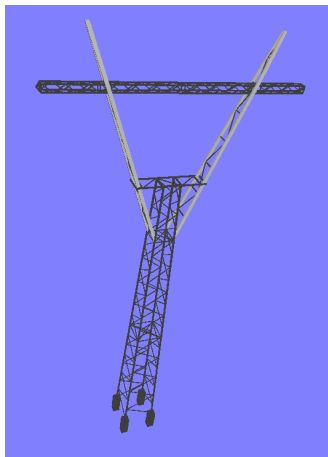
Вставленные опоры

- Проанализированы подходы к решению задач реконструкции коридора ЛЭП и общей задачи позиционирования модели
- Реализован простой детектор опор
- Реализован метод позиционирования, использующий модификации рассмотренных подходов
- Точность метода вполне достаточна для визуализации коридора ЛЭП

- Использование более робастного детектора
- Определение типа опоры
- Применение сопоставления Чамфера для конечного уточнения результатов

Спасибо за внимание!

Треугольники на модели

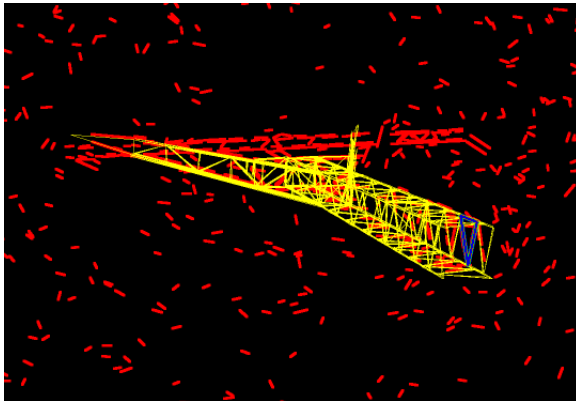


(a) Исходная модель

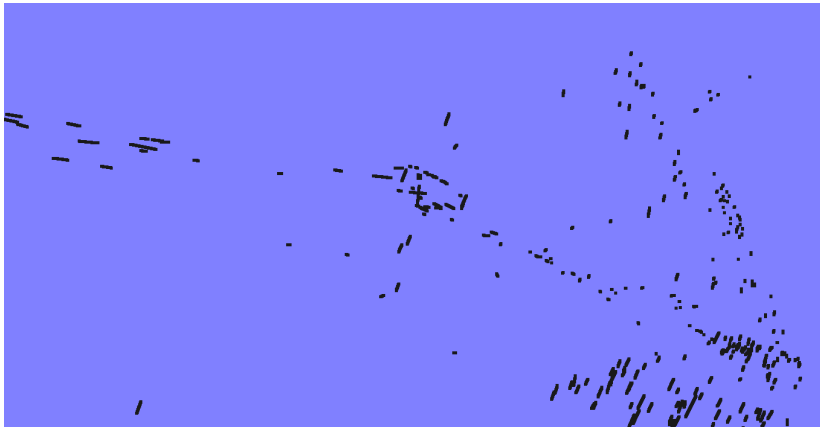


(b) Выделенные
треугольники

Позиционирование по треугольникам



Результат Line3D



Объединение результатов

- Результаты объединяются по координатно
- Вес пропорционален $Similarity \cdot \eta$, η зависит от координаты
 - В случае x, y, z η – синус угла между осью и направлением из камеры на опору, иначе косинус

Возможны два подхода

- Выбор лучшего положения для каждого снимка с последующим выбором взвешенной медианы / взвешенного среднего
 - Позволяет добавлять случайные смещения при обработке разных изображений \Rightarrow больше вариантов
 - Медианные отклонения позволяют оценить неопределённость
- Выбор лучшего положения как положения с максимальным суммарным весом