

Уточнение контуров зданий методом активных контуров

Кравцун Андрей,
магистрант 2 курса SE АУ РАН

Введение

- Существует задача по определению точных контуров зданий по ортофотоплану.
- Точные контура зданий необходимы для кадастрового учета, однако размечать вручную десятки тысяч зданий - долго и дорого.
- В ООО “Геоскан” реализован алгоритм, позволяющий производить автоматическую сегментацию зданий с индексом Жаккара $I_J \approx 0.9$

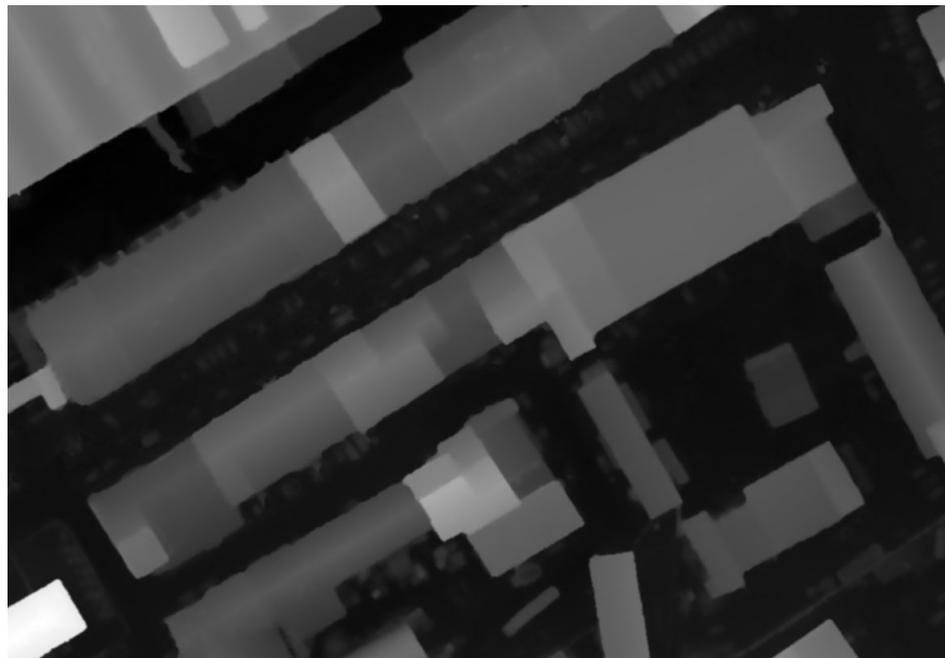
Глоссарий

Ортофотоплан - план местности, полученный аэрофотосъёмкой с последующим преобразованием аэроснимков из центральной проекции в ортогональную



Глоссарий

DEM (digital elevation model) - карта высот



Глоссарий

Индекс Жаккарда - бинарная мера сходства, оценка результатов алгоритма относительно точной маски. Формула:

$$I_J = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|}$$

Проблемы имевшегося алгоритма

- полученная разметка тяготеет ко внутренней стороне крыш, таким образом результат её работы чаще всего находится на некотором расстоянии (порядка 10-20 пикселей) от точной внешней границы крыш:



Проблемы имевшегося алгоритма

- в областях со слабыми градиентами и высоким уровнем шума могут наблюдаться нежелательные неровности:



Проблемы имевшегося алгоритма

- неточное притягивание узлов контура к углам зданий:



Проблемы имевшегося алгоритма

- прилегающие деревья могут влиять на контур:



Проблемы имевшегося алгоритма

- прямым участкам крыш соответствует волнообразная граница контура



Постановка задачи

Поскольку кадастровые данные должны обладать высокой точностью, необходимо улучшить результаты имеющегося алгоритма для большей натуральности. Критерии качества являются:

1. **простота контура.** Большая часть контуров зданий представляет собой отрезки прямых линий, в таких случаях необходимо выпрямить соответствующие участки контуров.
2. **приближенность к реальным границам,** с достаточной уверенностью определяемыми на ортофотоплане человеком.

Требуется разработать алгоритм для уточнения имеющихся контуров зданий.

Реализация

Для решения поставленной задачи была использована [модель активных контуров](#).

Предпосылка: одной из отличительной черт реального контура крыши здания является наличие сильного по модулю градиента. Алгоритм активных контуров позволяет притягивать имеющийся контур к сильным градиентам - наиболее вероятной области нахождения границ.

Но есть проблема: сложность в предобработке для выделения правильных границ - вклад бортиков, теней и прочих объектов в карту линий ортофотоплана.

Теория

Алгоритм snakes был предложен в статье Kass et. al “*Snakes: Active contour models*” (1988).
Используется модель активных контуров, в которой задача поиска точной границы объекта формулируется как нахождение контура, минимизирующего функционал:

$$E_{snake}^* = \int_0^1 E_{int}(\nu(s)) + E_{image}(\nu(s)) ds$$

где контур представлен в виде двумерной функции $\nu(s) = (x(s), y(s))$

Сам функционал представляет собой сумму внутренней энергии контура E_{int} и внешней энергии - энергии изображения E_{image}

Теория

Внутренняя энергия контура

Внутренняя энергия состоит из энергии силы сопротивления растяжению: она тем больше, чем больше среднее расстояние между точками контура и за её вклад в общую энергию отвечает коэффициент $\alpha(s)$; а также энергия сопротивления изгибу (с коэффициентом $\beta(s)$):

$$E_{int} = (\alpha(s)|\nu_s(s)|^2 + \beta(s)|\nu_{ss}(s)|^2)/2$$

Теория

Исследование

- Были протестированы реализации алгоритма активных контуров в библиотеках [OpenCV](#), [scikit-image](#).
- Установлено, что данные версии алгоритма ведут себя нестабильно на входных данных с ортофотоплана:
- Принято решение модифицировать алгоритм активных контуров и использовать поле расстояний до бинарных ребер как силу притяжения активного контура.

Описание алгоритма

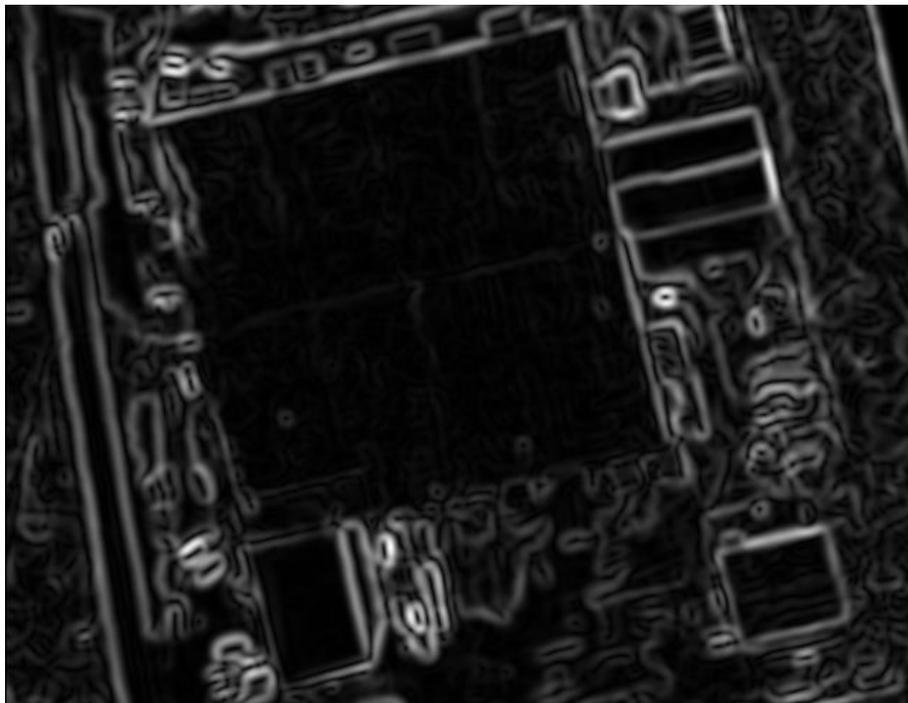
Входные данные:

- **изображение ортофотоплана**, включающая окрестность инициализирующего контура
- **инициализирующий контур**
- **соответствующая область DEM** - используется как усилитель ребер, найденных на ортофотоплане и их фильтрации по соответствию перепадам высот.



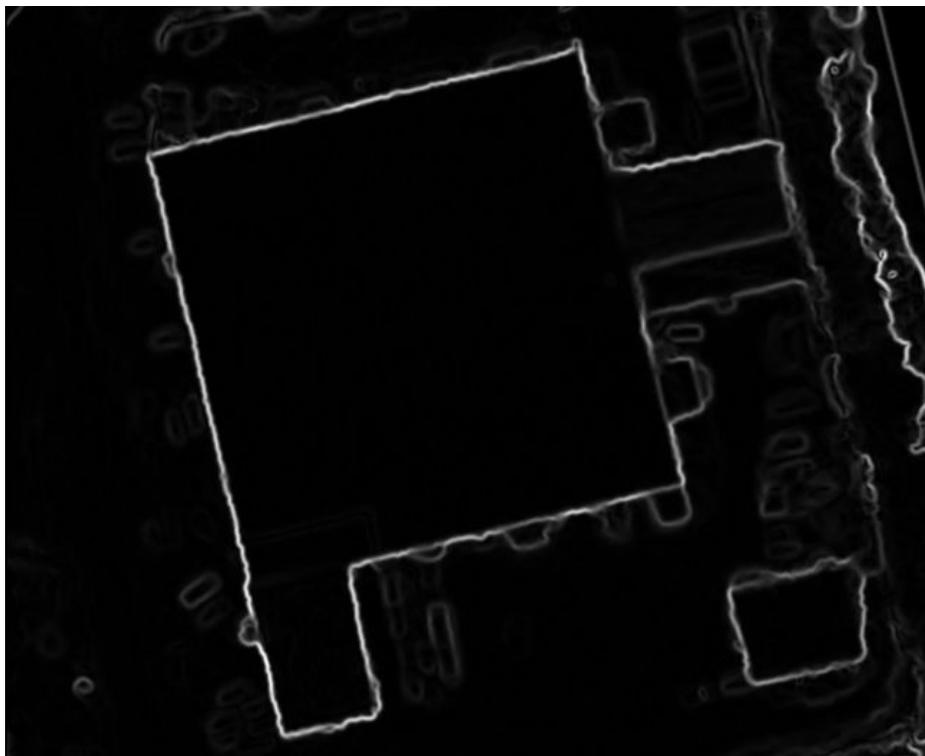
Описание алгоритма

1. Нахождения карты градиентов ортофотоплана для выделения сильных границ, которые могут обозначать контура зданий.



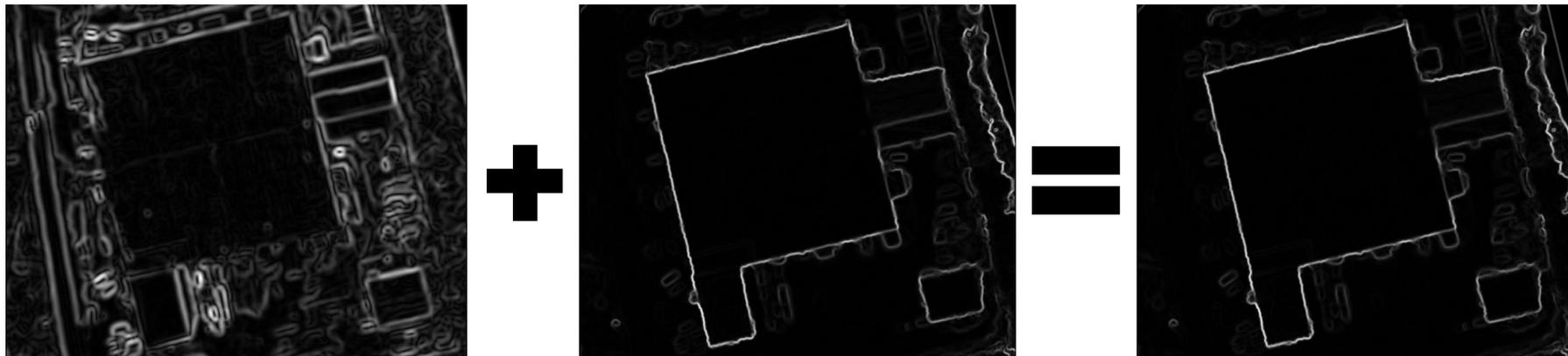
Описание алгоритма

2. Нахождение карты градиентов DEM



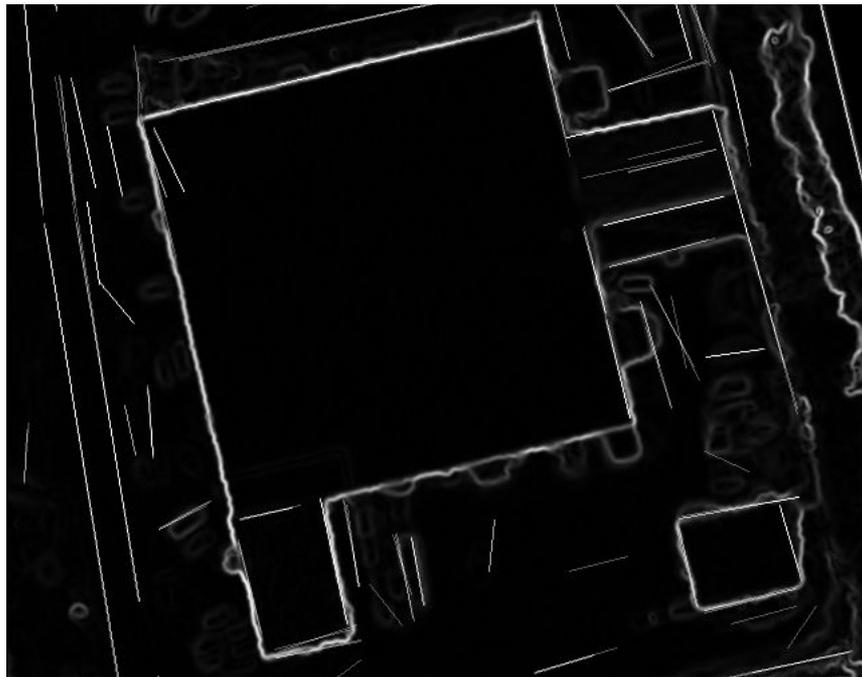
Описание алгоритма

3. Перемножение найденных градиентов с градиентами DEM для фильтрации линий, не находящихся в области перепада высот, а также параллельное нахождение попиксельного максимума полученного изображения с градиентами DEM - это позволяет оставить для snake-алгоритма дополнительные ребра.



Описание алгоритма

4. Нахождение сегментов линий алгоритма Line Segment Detector - восстановление линий, которые могли быть потеряны на карте градиентов DEM из-за зашумления кронами деревьев, прилегающих к зданию.



Описание алгоритма

5. Применение на инициализирующем контуре алгоритма активных контуров.



Описание алгоритма

6. Корнеризация - устранение сглаживания полученного контура. Упрощает полученный контур и позволяет уточнять углы здания.



Результаты

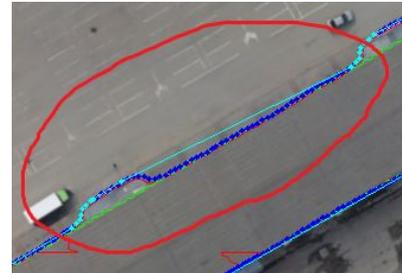
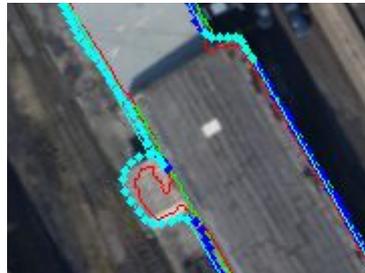
- **зеленым** цветом обозначена маска реального контура (которая с субъективной точки зрения может быть неточной);
- **красным** - начальный инициализирующий контур;
- **синим** - результат работы алгоритма активных контуров;
- **голубым** - результат уточнения корнеризацией.

Результаты



Известные проблемы

- Притяжение к ложным линиям, оказавшимся вблизи инициализирующего контура:
- Чрезмерное упрощение контура
- Стремление к закруглениям в отсутствии сильных ребер:
- Излишняя выпуклость из-за малого значения максимально допустимого разрыва между сегментами прямых линий



Возможные пути развития алгоритма

- применение алгоритмов машинного обучения для нахождения четких линий границ крыш, что поможет отфильтровать лишние границы
- строить контур по обходу линий в окрестности начального контура.

Выводы

- Для улучшения разметки контуров зданий на ортофотоплане был применен алгоритм активных контуров
- Точность разметки повысилась (на контрольных измерениях $I_J \approx 0.96$), однако остались проблемы, обусловленные зашумленным характером входных данных
- Требуется дополнительная постобработка по упрощению линий контура зданий

Литература

1. Von Gioi R. G. et al. LSD: A fast line segment detector with a false detection control //IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence. – 2010. – Т. 32. – №. 4. – С. 722-732.
2. Kass M., Witkin A., Terzopoulos D. Snakes: Active contour models //International journal of computer vision. – 1988. – Т. 1. – №. 4. – С. 321-331.
3. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений //М.: Техносфера. – 2005. – Т. 1072. – С. 2.