

УДК 528.77:528.854

Н.О. СОКОЛОВА

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

ВЕРИФИКАЦИЯ СЕГМЕНТОВ ЗДАНИЙ ПУТЕМ АНАЛИЗА ГЕОМЕТРИИ

В данной статье рассматриваются некоторые аспекты экстракции зданий на фотограмметрических изображениях высокого разрешения, а именно верификация и элиминирование сегментов зданий и не-зданий на основе геометрического анализа.

Ключевые слова: сегментация, прямоугольность, выпуклость, монолитность, округлость, экстракция зданий.

Н.О. СОКОЛОВА

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара

ВЕРИФІКАЦІЯ СЕГМЕНТІВ БУДІВЕЛЬ ШЛЯХОМ АНАЛІЗУ ГЕОМЕТРІЇ

У даній статті розглядаються деякі аспекти екстракції будівель на фотограмметричних зображеннях високого розрізнення, а саме верифікація та елімінування сегментів будівель і не-будівель на основі геометричного аналізу.

Ключові слова: сегментація, прямокутність, опуклість, монолітність, округлість, екстракція будівель.

N.O. SOKOLOVA

Oles Honchar Dnipropetrovsk National University

VERIFICATION OF THE SEGMENTS OF THE BUILDINGS BY ANALYZING THE GEOMETRY

This article discusses some aspects of the extraction of buildings on the photogrammetrically high-resolution images, namely verification and the elimination of segments of buildings and non-buildings based upon geometric analysis.

Key words: segmentation, rectangularity, convexity, solidity, ellipticity, extraction of buildings.

Постановка проблемы

Исследования и технические достижения в области фотограмметрии, дистанционного зондирования и информационных технологий предоставляют исключительный потенциал для уменьшения участия человека в создании городского кадастра и в других аспектах, связанных с ручной обработкой огромного объема данных ДЗЗ. Совершенной и однозначной по результатам методики автоматического распознавания зданий пока еще нет.

Анализ публикаций по теме исследования

Данные дистанционного зондирования, как правило, классифицируются, используя методы, которые могут быть категоризированы как: контролируемая и неконтролируемая классификация. Существуют различные типы алгоритмов, которые могут быть использованы для классификации. Их можно разделить на параметрические и непараметрические классификаторы. Параметрический подход предполагает наличие нормального (Гауссова) распределения наблюдений (например, метод наибольшего правдоподобия). Наиболее распространенными непараметрическими алгоритмами классификации являются алгоритмы минимального расстояния, ближайшего соседа, нейронные сети и т.д.

Формулировка целей статьи

Ни один из этих алгоритмов, к сожалению, полностью не решает задачи автоматической экстракции зданий. Будущее за разработкой селективных методик. Разработанная методика является симбиозом различных методов обработки фотограмметрических изображений высокого разрешения на различных стадиях. Одним из этапов верификации результатов сегментации после разбиения изображения на участки и анализа гистограммы является геометрический анализ, результаты которого и рассмотрены в данной статье.

Основная часть

Геометрический анализ основан на общих мерах для представления геометрических характеристик сегмента. Значения мер, относящихся к сегментам со зданиями и без, используются для элиминирования сегментов на основе показателя вероятности.

Мерами, используемыми для геометрического анализа, были выбраны: прямоугольность, округлость, монолитность, выпуклость. Для того, чтобы использовать эти меры для расчета вероятности для сегмента быть сегментом со зданием, эти меры должны быть различными для классов со зданиями и без зданий соответственно.

Прямоугольность контура может быть оценена по-разному [2, 3]. Одним из методов для расчета прямоугольности является использованием MBR (минимального ограничивающего прямоугольника). Мера прямоугольности отражает соотношение между площадью сегмента и площадью MBR. Прямоугольность также можно оценить, используя инварианты моментов. Метод моментов, как было установлено в результате исследования, существенно не чувствителен к шуму и сохраняет высокое значение прямоугольности для прямоугольников.

Округлость контура вычисляется, используя инварианты моментов [2], и обеспечивает хорошие результаты классификации

Монолитность определяли по формуле (1):

$$\text{Монолитность} = \frac{\text{Площадь Ограничивающего Многоугольника}}{\text{Площадь Сегмента}} \quad (1)$$

Эта мера позволяет вычислить количество лакун в пределах сегмента.

Выпуклость отображает соотношение между периметром выпуклой оболочки многоугольника контура и периметром первоначального контура. Это должно дать индекс 1 для полноценной выпуклой формы, такой как прямоугольник или квадрат. Используя выпуклую оболочку контура, были проанализированы три различные меры. Первая мера выпуклости (*Выпуклость_P*) была рассчитана на основе периметра обобщенного многоугольника. Эта мера не была найдена достаточной для различения сегментов со зданиями и без. В результате, были исследованы другие меры выпуклости: *Выпуклость_O*, на основе периметра исходного извлеченного сегмента, и *Выпуклость_S*, на основе соотношения площади выпуклой оболочки и площади обобщенного многоугольника.

Выпуклость_P рассчитывали как соотношение между периметром выпуклой оболочки и периметром обобщенного многоугольника:

$$\text{Выпуклость}_{P} = \frac{\text{Периметр Выпуклой Оболочки}}{\text{Периметр Обобщенного Многоугольника}} \quad (2)$$

Выпуклость_O рассчитывали как соотношение между периметром выпуклой оболочки и периметром исходного многоугольника сегмента:

$$\text{Выпуклость}_{O} = \frac{\text{Периметр Выпуклой Оболочки}}{\text{Периметр Исходного Многоугольника}} \quad (3)$$

Как и в расчете выпуклости на основе периметра, выпуклость может быть рассчитана на основе соотношения между площадью выпуклой оболочки и площадью обобщенного многоугольника. Отношение площадей вычисляли следующим образом:

$$\text{Выпуклость}_{S} = \frac{\text{Площадь Выпуклой Оболочки}}{\text{Площадь Обобщенного Многоугольника}} \quad (4)$$

Компактность отражает соотношение между площадью контура здания и площадью компактной формы с тем же периметром. Мы используем квадрат как наиболее компактную форму, а затем круг. В результате, мы должны определить индекс компактности соответственно:

$$\text{Компактность} = \frac{\text{Площадь Контура}}{\text{Площадь Компактной Формы С Тем Же Периметром}} \quad (5)$$

Для того, чтобы рассчитать индекс вероятности для каждого сегмента, значения для каждого измерения были рассчитаны для вручную выбранных сегментов со зданиями и без. Были выбраны случайным образом более двухсот участков со зданиями и без. Все выбранные сегменты являются результатом автоматической сегментации, а не оцифрованных зданий. Таким образом, выбранные сегменты представляют геометрию актуального результата автоматического процесса.

Для того, чтобы рассчитать вероятность контура в сегменте быть зданием или нет, каждый сегмент (в пределах выбранных участков) был визуально классифицирован. На основе вычисленных значений для каждого сегмента, были обобщены графики для сегментов со зданиями и без зданий.

На рис.1 показано распределение значений меры прямоугольности (на основе MBR) между сегментами со зданием и без зданий. Зеленый график отображает значения для сегментов зданий и красный для сегментов не-зданий. Из очевидных тенденций обоих графиков следует, что показатели

прямоугольности между 0,7-0,85 демонстрируют большую вероятность особенностей быть зданием. Значения ниже 0,6 указывают на большую вероятность быть особенностями не-здания.



Рис.1. Распределение значений Прямоугольности (MBR) для сегментов зданий и не-зданий

Рис. 2 иллюстрирует распределение значений меры прямоутольности, основанные на вычислениях моментов. График показывает отрицательную корреляцию, противоположные тенденции между сегментами зданий и не-зданий. Значения прямоутольности больше, чем 0,8, указывают на высокую вероятность для объекта быть зданием. Значения прямоутольности между 0,1-0,6, соответствуют более высокой вероятности быть не-зданием, чем зданием. Значение прямоутольности между 0,6-0,8 не может указать, является ли сегмент зданием или нет – сегмент со значением в этом диапазоне имеет одинаковую вероятность быть зданием или не-зданием.



Рис.2. Распределение значений Прямоугольности (моменты) для сегментов зданий и не-зданий

Рис.3 иллюстрирует распределение значений округлости сегментов зданий и не-зданий. График показывает, что значения эллиптичности больше, чем 0,85, указывают на особенности быть зданием с более высокой вероятностью. Значения округлости ниже, чем 0,6, указывают с высокой вероятностью на не-здание.

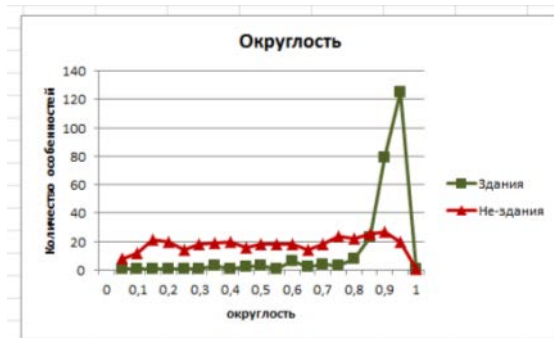


Рис. 3 Распределение значений Округлости для сегментов зданий и не-зданий

Рис.4 иллюстрирует распределение значений выпуклости_Р. Наблюдается аналогичная тенденция значений для зданий и не-зданий: значения выпуклости ниже, чем 0,8, может указывать на особенность не-здания с большой вероятностью. Значения выпуклости больше, чем 0,95, может указывать на особенности здания. Значения выпуклости в диапазоне от 0,8-0,95 показывает немного более высокую вероятность сегментов не-зданий, но с растущей тенденцией быть сегментом зданий. Из-за подобной тенденции, второй показатель выпуклости был рассчитан на основе исходного ограничивающего многоугольника, а затем обобщенного многоугольника. Распределение значений для второй меры – выпуклости_Р – показано на рис.5.



Рис. 4. Распределение значений Выпуклости (обобщенный многоугольник) для сегментов зданий и не-зданий

Индекс выпуклости O , график которого приведен на рис. 5, показывает аналогичную тенденцию между классами зданий и не-зданий. Из этого можно сделать вывод о том, что очень низкие значения, меньше чем 0,3, могут указывать на особенности не-здания. Из-за очевидной близости значений между ординатами графиков, этот показатель не использовался для достоверных вычислений.



Рис. 5. Распределение значений Выпуклости (Исходный многоугольник) для сегментов зданий и не-зданий

Третья мера выпуклости была вычислена, исходя из площади выпуклой оболочки и площади обобщенного многоугольника. Распределение для площади, основанной на мере выпуклости ($Выпуклость_S$), показано на рис. 6.



Рис. 6. Распределение значений Выпуклости (соотношение площадей) для сегментов здания и не-здания

Выпуклость, вычисленная как соотношение площади, предоставляет подробную информацию о сегментах зданий и не-зданий (рис. 6). Значения более, чем 1,5, указывают на высокую вероятность того, что сегмент не содержит изображения здания. Значения между 1,35-1,5 указывают на более высокую вероятность быть особенностью не-здания и значения ниже 1,35 могут указывать на сегмент здания с большей вероятностью.

График на рис.7 иллюстрирует распределение меры монолитности. График показывает очень схожие тенденции (с незначительными различиями) между особенностями здания и не-здания. Следовательно, меру монолитности нерационально использовать в геометрическом анализе сегментов.



Рис. 7. Распределение значений Монолитности для сегментов здания и не-здания

Мера компактности, як показано на рис. 8, указує на те, що дуже високі значення (0,85-1) представляють особливості будівлі з більшою ймовірністю. Значення компактності нижче, ніж 0,75, вказують на особливості не-будівель.



Рис. 8. Распределение значений Компактности для сегментов зданий и не-зданий

Значення компактності нижче, ніж 0,75, вказують на особливості не-будівель. Значення компактності між 0,6 і 0,9 мають більш високу ймовірність представляти будівлю. Наблюдаються зростаючі відхилення для значень між 0,5-0,6 для будівель, хоча відповідний графік розташований нижче точки перетину обох графіків. Значення Компактності нижче, ніж 0,5 показують більш високу ймовірність представляти особливості не-будівель.

Выводы

На основі значень різних показників і тенденцій на графіках, кожен діапазон значень отримав значення ймовірності. Ймовірнісні значення для всіх показників були об'єднані в одне довірливе значення, яке відображає являється ли сегмент будівлею чи ні. Дослідження показали, що для верифікації сегментів будівель і не-будівель і елімінації сегментів не-будівель найбільш придатні такі міри як Прямокутність, Округлість, Выпуклість на основі обобщенного многоугольника, Выпуклість на основі співвідношення площаді і Компактність. Використання такої міри як Монолітність не являється інформативною.

Список использованной литературы

1. Dongyue Chen. Shadow-based Building Detection and Segmentation in High-resolution Remote Sensing Image / Dongyue Chen, Shibo Shang, and Chengdong Wu // Journal of multimedia. — 2014. — Vol. 9. — № 1. — P. 181-187.
2. Rosin, P.L. Measuring shape: ellipticity, rectangularity, and triangularity / P.L. Rosin // Mach. Vision Appl. — 2003. — Vol. 14. — № 3. — P. 172-184.
3. Суцєвський Д.В. Геометричні моделі ідентифікації та візуалізації змін штучних об'єктів земної поверхні за різночасовими зображеннями : дис. ... канд. техн. наук : 05.01.01 / Д.В. Суцєвський; Дніпропетровський національний університет ім.Олеса Гончара. — Дніпропетровськ, 2011. — 147 с.
4. Соколова Н.О. Автоматизована екстракція будівель з фотографічних зображень / Н.О. Соколова // Тезиси доповідей I Міжнародного науково-практичного форуму "Наука і бізнес" (г. Дніпропетровськ, 29 червня-3 липня 2015 р.). — Дніпропетровськ-Київ-Чернівці, 2015. — С. 259-262.