

АЛГОРИТМЫ СЕГМЕНТАЦИИ ПРИ ОБРАБОТКЕ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ

Хатеневич А. А., Перцев Д. Ю.

Кафедра электронных вычислительных машин,

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Минск, Республика Беларусь

E-mail: khatenevicha@gmail.com

Задача анализа и обработки спутниковых изображений довольно специфична и узконаправлена, но не менее востребована в условиях активного развития космических технологий. В работе выполнен анализ результатов сегментации изображений несколькими алгоритмами, затем сравнение результатов по выбранной метрике: точность соответствия границ объектов на исходном изображении и на изображении после обработки. Результаты экспериментов выявляют наиболее подходящие алгоритмы сегментации для различных начальных условий при заданных стартовых данных.

ВВЕДЕНИЕ

Сегментация в контексте обработки изображений – это процесс разделения цифрового изображения на несколько сегментов, так называемых суперпикселей (наборов пикселей). Цель – изменить изображение таким образом, чтобы упростить процесс анализа и сделать его более эффективным. Метод сегментации также используется для выделения объектов, границ, линий и кривых на изображениях. Результатом является набор сегментов, покрывающих всё изображение, или набор контуров, извлечённых из изображения. Отличительным свойством сегмента является сходство пикселей по одной или нескольким определённым характеристикам (например, цвету, яркости, текстуре). Соседние наборы пикселей, в свою очередь, имеют существенные различия по этим характеристикам.

Разработан ряд алгоритмов и методов для реализации процесса сегментации изображений. Поскольку универсального решения данной задачи не существует, при работе в конкретной предметной области необходимо анализировать существующие методы и понимать специфику данных в этой области, на основе которой разрабатывается решение задачи. Цель данной работы – проанализировать существующие методы в контексте решения задачи сегментации спутниковых изображений, выбрать одну или несколько метрик, которые покажут эффективность алгоритмов, провести сравнительные тесты на реальных данных и затем сравнить алгоритмы по выбранным метрикам.

I. ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА

В качестве тестовых данных использовались реальные спутниковые снимки, полученные с помощью оборудования с разрешением 2 метра (1 пиксель соответствует 2 метрам земной поверхности). В эксперименте задействовано 100 изображений различных участков поверхности. Исходные изображения были сформированы в оттенках серого, разрядность составила 10 бит/пиксель, что

позволяет получить более детализированное изображение. Для эксперимента были выбраны два алгоритма: метод водораздела и метод заполнения водой. Цель эксперимента – выделить на снимках водные объекты (реки, озера и т. д.). Метрикой оценки методов сегментации будет служить точность соответствия границ объектов на исходных и обработанных снимках. На основе этой метрики будет оцениваться пригодность используемых в эксперименте алгоритмов сегментации для решения поставленной задачи.

Метод водоразделов. Данный метод основан на представлении изображения в виде топографической поверхности, где высоты относительно определённого уровня представлены значениями яркости пикселей [1]. Эта аналогия разбивает изображение на «вершины» и «равнины». Равнины – это области изображения, где разница в яркости пикселей не превышает заданный порог. Вершины наоборот возникают в местах, где абсолютное значение градиента яркости максимально. Вначале определяются координаты глобального минимума яркости на изображении и начинается постепенное «заполнение водой», которое подразумевает последовательное добавление слоёв пикселей к сегментам. В точках соприкосновения этих сегментов (вершинах) строятся разбиения, называемые водоразделами, которые препятствуют объединению отдельных участков в один. Эксперимент начинается с приблизительной оценки водных объектов. Для этого можно использовать бинаризацию, представляющую собой процесс установки определенного порога яркости (в примере порог яркости был равен 105) с последующим присвоением каждому пикселю либо значения 0 (черный) при превышении порога, либо значения 255 (белый) при его снижении. Следующий шаг – удаление любых мелких шумов на изображении с помощью морфологического раскрытия (эрозия, за которой следует дилатация) и удаление любых мелких отверстий в объекте с помощью морфологического закрытия (дилатация, за которой следует эрозия). Остальные области не определены как водные объекты или

фон. Для разрешения этих неоднозначных зон используется алгоритм водораздела.

Метод заполнения водой. Метод заполнения водой — это алгоритм, позволяющий определить и/или изменить смежные значения на изображении на основе их близости к исходной точке [2]. Этот метод используется для выделения областей однородного цвета. Для реализации алгоритма выбирается начальный пиксель и задаётся интервал изменения цвета соседних пикселей относительно исходного. Процесс объединяет пиксели в один сегмент, заполняя их одним цветом, при условии, что они попадают в заданный диапазон. Результатом является сегмент, залитый определённым цветом. Данный алгоритм полезен для заливки областей с небольшим различием цвета и однородным фоном.

При решении задач в контексте обработки спутниковых снимков данный алгоритм может быть полезен, например, при определении границ озёр и поиске точек соприкосновения нескольких водоёмов на карте, поскольку при наличии пересечений они будут окрашены в один цвет. Для корректной работы заливки необходимо передавать координаты пикселей, расположенных в сегментах, границы которых требуется найти. Поэтому для тестирования данного алгоритма в качестве входных данных передавались координаты точек только некоторых областей.

II. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

Метод заполнения водой удовлетворительно решает задачу поиска границ водоёмов. Алгоритм относительно точно выделяет мелкие детали, такие как участки суши, расположенные в середине выделяемых сегментов. При оценке результатов работы можно заметить некоторый шум на выделенных кластерах в виде неокрашенных пикселей в середине кластера. Этот шум устраняется небольшой корректировкой начальных параметров алгоритма. В данном случае цветовой диапазон пикселей, присоединяемых к сегменту, был изменён с $[-10, +10]$ на $[-20, +20]$. Основным недостатком данного метода является необходимость реализации поиска координат пикселей, которые будут располагаться на необходимых кластерах. Решением является либо вмешательство человека в качестве посредника между процессами сбора данных и их обработки, либо введение дополнительного алгоритма сегментации, который будет выделять необходимые сегменты. Другой недостаток заключается в том, что если в процессе работы данный метод сталкивается с контрастными препятствиями, то кластер, представляющий собой один объект на исходном изображении, будет выбран неверно.

Метод водоразделов при определённых условиях может создавать избыточную сегментацию: места, которые должны быть единым кластером,

разбиваются на множество более мелких, что малозаметно в итоговых результатах из-за плотности этих «подкластеров». Однако, в отличие от метода заливки, алгоритм водоразделов не требует промежуточного этапа в виде поиска необходимых координат на изображении, и при этом данный алгоритм, при правильном выборе начальных параметров, не испытывает больших потерь в точности выделения объектов по сравнению с заливкой. Как уже упоминалось ранее, сравнение алгоритмов проводилось по метрике точности границ объектов на исходных изображениях и изображениях после обработки. Это подразумевает, что объекты на исходном изображении принимаются за эталонные, а результаты работы алгоритмов оцениваются по проценту совпадения эталонных объектов с выделенными сегментами. Средний уровень соответствия стандарту при использовании алгоритма заливки составляет 85%, однако в ходе эксперимента потребовалась дополнительная помощь для поиска объектов на изображении и передачи их координат алгоритму. Алгоритм водораздела, напротив, показал соответствие 80–82% без необходимости дополнительной помощи.

На основе полученной информации был сделан вывод, что при сравнении по выбранной в начале эксперимента метрике предпочтительным является метод водораздела. Преимущество этого метода заключается в отсутствии необходимости дополнительной предварительной обработки изображений при сохранении того же уровня точности.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведя исследование алгоритмов в контексте задачи обработки спутниковых снимков, был сделан вывод о преимуществе метода водоразделов в общем случае. Также необходимо обратить внимание, что космическая фотосъёмка — это процесс с большим числом нестабильных условий, к которым постоянно необходимо адаптироваться и минимизировать их последствия. Поэтому оптимальным выбором при решении задач сегментации изображений является комбинация нескольких алгоритмов, каждый из которых будет выполнять те этапы сегментации, на которых он справляется лучше всего. Таким образом, решение об использовании каждого алгоритма должно приниматься исходя из специфики задачи и условий получения каждого изображения.

IV. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Roerdink, J. The watershed transform: definitions, algorithms and parallelization strategies / J. Roerdink, A. Meijster // *Fundamenta Informaticae*. — 2000. — Vol. 41 — P. 187–228.
2. Nosal, E.-M. Flood-fill algorithms used for passive acoustic detection and tracking / E.-M. Nosal // *New Trends for Environmental Monitoring Using Passive Systems*. — 2008. — P. 1–5.