

Об одном подходе к сравнению разновременных космоснимков

А.Б. Домрачева¹, М.А. Басараб¹

¹ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Рассмотрен новый подход к предварительной обработке изображений дистанционного зондирования Земли с управляемой потерей качества. Подход основан на выделении контуров на изображениях с последующим исключением паразитных контуров. Предложенный алгоритм можно использовать для сопоставления разновременных изображений, представленных в виде групповых точечных объектов, он позволит уменьшить время анализа с одновременным повышением точности результата.

E-mail: iu8@bmstu.ru

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, космический снимок, выделение контуров, контурный анализ.

За последние десятилетия спектр практических задач, основанных на обработке данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) (космическая и аэросъемка, лазерное сканирование), значительно расширился. В частности, актуальные в настоящее время технологии машинного зрения также используют результаты ДЗЗ.

С позиций технологии при решении задачи применяют цифровые карты местности и (или) ортофотопланы местности и сопоставляют некоторые эталонные образы с текущими изображениями, а также локализуют объекты сцен, определяют их параметры (в том числе координаты). Как правило, результат анализа — это выделение конкретного объекта на снимке, детали представления которого не должны быть утрачены.

Эталонные и текущие изображения строят по данным ДЗЗ, полученным в различных условиях и в разное время. В связи с этим на снимке возможно наличие деталей, препятствующих идентификации объекта (тени, листва деревьев и т. п.). С учетом изложенного необходимо разработать подход к предварительной обработке изображений, предполагающий плановую потерю качества исходного изображения, без влияния на результат исследований.

Выделение контуров объектов на изображениях. Известен широкий класс алгоритмов распознавания контуров [1, 2] — поиск границ на основе: градиента, градиента с учетом направления градиента, лапласиана и пр.

В настоящее время наиболее эффективным с точки зрения корректного выделения контуров считается метод на основе градиента с учетом направления градиента (алгоритм Кэнни) [1]: изменение длины вектора градиента в точках большего перепада яркости.

Алгоритм Кэнни реализует следующие этапы:

- 1) гауссова сглаживающая фильтрация;
- 2) нахождение градиента яркости в каждом пикселе;
- 3) нахождение «максимальных» пикселей;
- 4) гистерезисная фильтрация «максимальных» пикселей.

Градиент является двумерным вектором, в каждой точке он характеризуется длиной и направлением.

Основной проблемой пороговых методов выделения контуров, в том числе алгоритма Кэнни, является сложность определения порога. Другая особенность описанного подхода заключается в увеличении толщины линий в процессе гауссовой сглаживающей фильтрации, обеспечивающей уменьшение влияния на результат исследований перепадов яркости.

Избежать увеличения толщины линий позволяет метод нахождения «максимальных» пикселей или метод «подавления немаксимумов» [1]: для каждой точки рассматривается отрезок длиной в несколько пикселей, ориентированных по направлению градиента и с центром в данном пикселе; пиксел считается «максимальным» тогда и только тогда, когда длина градиента в нем максимальна среди всех длин градиентов пикселей отрезка. Граничными можно признать все «максимальные» пиксели с длинами градиента больше заданного порога. Градиент яркости в каждой точке перпендикулярен границе, поэтому после подавления «немаксимумов» на каждом перпендикулярном сечении «жирной» линии останется один пиксел с максимальной длиной градиента.

В итоге реализации алгоритма возможны разрывы контуров. Также существует вероятность разрывов контура в результате порогового отсечения при значительном изменении освещенности объекта на изображении, при наличии «паразитных» объектов в зоне идентифицируемого объекта (машины, тень от другого объекта и т. п.).

Для сокращения общего количества разрывов в контурах используют алгоритм гистерезисной фильтрации «максимальных» пикселей, основанный на применении двух порогов отсечения. При этом минимальное значение порога соответствует минимальной длине градиента (пиксел признается граничным), максимальное значение порога соответствует минимальной длине градиента (пиксел может использоваться для инициализации контура).

После того как контур инициализирован посредством пиксела A с некоторой максимальной длиной градиента, превышающей максимальное значение порога, в установленном порядке рассматривается каждый соседний с ним пиксел B , имеющий максимальную длину градиента, превышающую минимальное значение порога.

Интересен результат обработки двух вариантов одного и того же изображения (без предобработки и с предобработкой — изменение резкости изображения посредством деконволюции [2]) на основе алгоритма Кэнни (рис. 1). Изображение с предобработкой здесь и далее будем называть восстановленным.

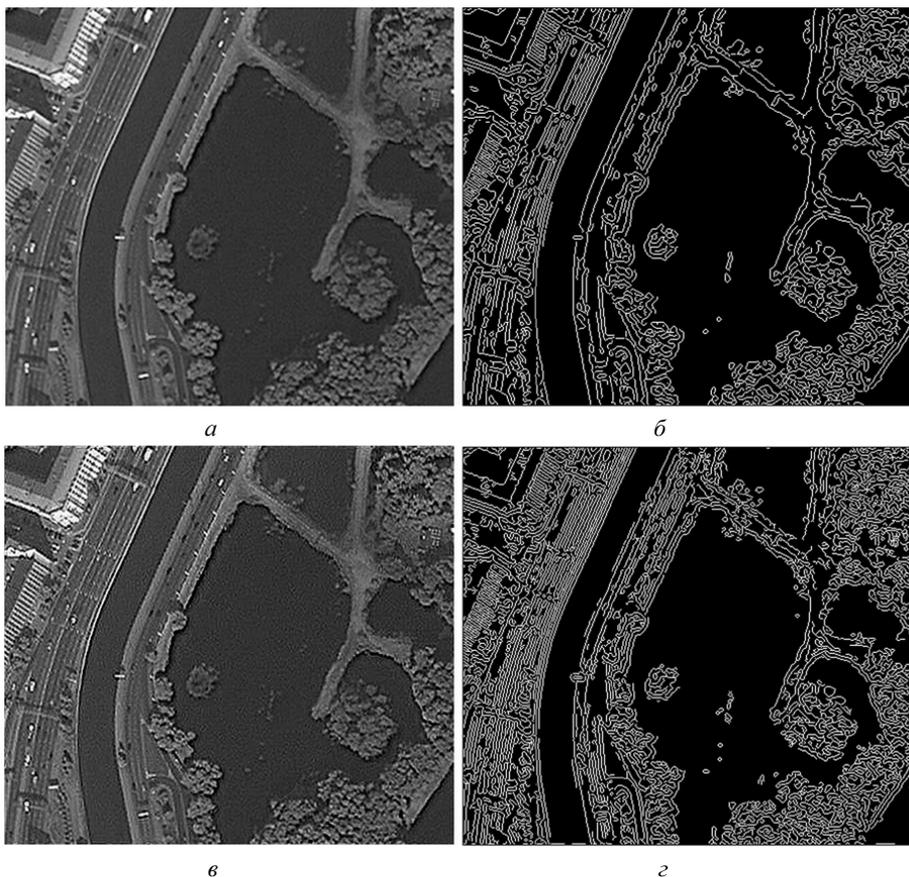


Рис. 1. Результат частотной обработки изображения:

a — оригинальное изображение; *б* — контуры объектов с оригинального изображения; *в* — восстановленное изображение; *г* — контуры объектов с восстановленного изображения

Как следует из визуального анализа полученных контуров, набор идентифицированных контуров не совпадает, что затрудняет идентификацию объектов даже при сопоставлении снимков, полученных одновременно. При этом плохо идентифицируются как раз «паразитные» контуры — контуры объектов незначительной площади, тени, отблески и т. п.

Предлагается следующий подход к освобождению изображения от «паразитных» контуров.

Исключение «паразитных» контуров. Поскольку полезность данных на снимке может изменяться в зависимости от объекта, анализ необходимо проводить послойно: выполняется декомпозиция изображения на N слоев. На рис. 2 показан результат такой декомпозиции. Например, на рис. 2, *a* приведена маска теней объектов незначительной высоты, на рис. 2, *б* — тени объектов значительной высоты, а на рис. 2, *д* — маска освещенных поверхностей (отблесков).



a



б



в



г



д



е

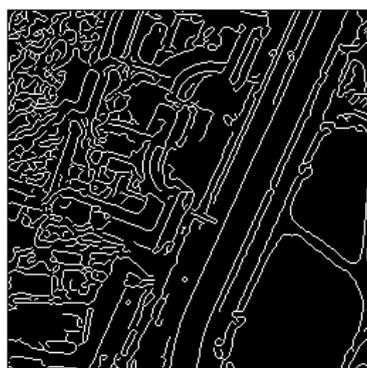
Рис. 2. Результат декомпозиции восстановленного изображения в различных диапазонах:

a — в диапазоне [0; 50]; *б* — в диапазоне [51; 101]; *в* — в диапазоне [102; 152]; *г* — в диапазоне [153; 203]; *д* — в диапазоне [204; 255]; *е* — восстановленное изображение

Визуально максимально информативным является изображение 2, *в*, хотя результат выделения контуров на его основе (рис. 3) не всегда однозначно определяет, например, контуры зданий.



а



б

Рис. 3. Результат операции выделения контуров:

а — результат декомпозиции восстановленного изображения в диапазоне [102; 152]; *б* — выделение контуров для изображения в диапазоне [102; 152]

Результат векторизации может быть использован для сопоставления двух изображений, полученных в разное время, методом контурного анализа комплексных и гиперкомплексных сигналов, представленных в виде групповых точечных объектов [3].

Предложенный подход позволяет избежать выделения многочисленных «паразитных» контуров, что не только уменьшит время анализа, но и позволит повысить точность результата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алгоритмические основы растровой машинной графики: учеб. пособие / Д.В. Иванов, А.С. Карпов, Е.П. Кузьмин, В.С. Лемпицкий, А.А. Хропов. М.: Интернет-университет информационных технологий; БИНОМ; Лаборатория знаний, 2007. 283 с.
2. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений / пер. с англ. под ред. П.А. Чочиа. М.: Техносфера, 2006. 1072 с.
3. Комплекснозначные и гиперкомплексные системы в задачах обработки многомерных сигналов / под ред. Я.А. Фурмана. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004.

Статья поступила в редакцию 25.10.2012