

УДК 004.93

В. В. Инсаров¹, д-р техн. наук, зам. нач. подразделения, wiliam@gosniias.ru,
С. В. Тихонова¹, вед. инженер, svetico@yandex.ru, **А. В. Ранкова**², студент, anastasy.rankova@gmail.com,
Д. А. Фортинский², студент, mitia.fortinsky@yandex.ru,

¹ Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем, Москва,

² Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана, Москва

Использование градиентного подхода в задаче выделения контуров крупных техногенных объектов на изображениях многообъектных наземных сцен¹

Рассматривается процедура применения набора контурных операторов к исходным полутонным изображениям наземных сцен на этапе предобработки при решении задачи поиска и определения местоположения объекта на изображении многообъектной наземной сцены методом сопоставления текущего и эталонного изображений. Предложен алгоритм, позволяющий в значительной мере сократить число контуров, соответствующих присутствующим на текущем изображении мелким объектам и текстурам.

Ключевые слова: обработка изображений, выделение контуров, селекция объектов, наземная сцена, алгоритмы обработки, эталонное изображение, текущее изображение

Введение

Известно, что эффективность процессов управления, особенно при управлении робототехническими подвижными объектами, во многом зависит от полноты используемой информации о состоянии внешней среды. Возможности наблюдения и оценивания состояния внешней среды, оценки достижимости целей управления и оперативного планирования маршрута движения робототехнического объекта тесно связаны с решением задач обнаружения и распознавания (селекции) объектов наземной сцены, реконструкции трехмерных изображений и анализа наблюдаемой сцены, оценки траектории собственного движения и принятия решений. Реализация этих задач во многих случаях базируется на использовании современной технологии "машинного зрения". Например, при реализации задач навигации и наведения беспилотных маневренных летательных аппаратов парадигма решения может формулироваться следующим образом [1–3]: на основе априорной информации о рассматриваемой сцене (участке Земной поверхности) и апостериорной информации о той же сцене, полученной в процессе полета, сопоставляются текущее и эталонное изображения с последующей локализацией на текущем изображении заданных объектов сцены и определением значений текущих координат этих объ-

ектов в целях формирования сигналов управления движением летательного аппарата.

К априорной информации о рассматриваемой сцене, позволяющей построить ее эталонное изображение (ЭИ), можно отнести: тип и число объектов сцены, их взаимное расположение, геометрические и яркостные характеристики, характеристики двумерных полей (поля рельефа, оптического контраста и т. п.).

К апостериорной информации о рассматриваемой сцене, получаемой в процессе полета, можно отнести информацию о текущих условиях наблюдения сцены, о характеристиках датчиков и их ошибках и т. п. Апостериорная информация определяет вид текущего изображения (ТИ), получаемого на выходе бортового датчика в том или ином спектральном диапазоне.

В общем случае при решении задачи поиска и определения местоположения объекта на изображении многообъектной наземной сцены возможны два принципиально отличных подхода.

Первый подход использует только информацию о самом объекте в виде набора его робастных признаков.

Второй подход в дополнение к информации о самом объекте использует сведения о взаимном расположении некоторых других стационарных объектов на рассматриваемой сцене. В этом случае, при известном расположении искомого объекта относительно других объектов сцены, задачу можно свести к задаче определения относительных координат

¹ Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 14-08-00621а.

объекта на сцене. Эти координаты могут быть определены, даже если сам объект частично (и даже полностью) не видим. Для решения этой задачи наряду с эталонами отдельных объектов формируется эталон всей сцены, на котором отмечается местоположение искомого объекта, и выполняется последующий поиск положения эталона на ТИ сцены — "привязка" эталона к ТИ. После "привязки" можно считать, что положение искомого объекта на ТИ определено.

Очевидно, что рассматриваемое в качестве исходной информации полутоновое изображение наземной сцены содержит достаточное количество малоинформативных сведений, которые занимают, однако, большие объемы памяти и требуют выполнения большого числа вычислительных операций при попытке использования их для селекции заданного объекта сцены. В теории распознавания образов существуют и широко применяются методы сокращения избыточности информации о сцене, связанные с ее представлением в виде отдельных однородных областей (сегментацией) и выделением контурных линий.

Контурные, или граничные, линии разделяют на изображениях участки с различными свойствами, поэтому выделение контуров иногда рассматривается как предварительная обработка, направленная на последующее выполнение сегментации. В ходе такой предварительной обработки выполняются две основные задачи: приведение полученной исходной информации к виду, необходимому для решения конечной задачи; максимально возможное сокращение "ненужной" информации при сохранении "нужной" информации неизменной или ее улучшении. Избыток "ненужной" информации ("вредной" или "бесполезной") влияет, в первую очередь, на время, затрачиваемое на решение задачи в целом; в ряде случаев он может повлиять и на точность полученных результатов.

Известно, что при всем многообразии возможных признаков, используемых для распознавания стационарных объектов наземных сцен, в условиях широкого диапазона погодной и временной изменчивости их характеристик наибольшей робастностью обладают геометрические признаки ("геометрический контент"). В свою очередь, наиболее стабильными признаками текущего изображения, несущими информацию о геометрии объектов наблюдаемой сцены, являются контурные препараты изображения объектов сцены и направления перепадов интенсивности яркостных характеристик, т. е. направления градиентов яркостей на текущем изображении. В каждом пикселе, соответствующем границе изображения некоторого объекта, направление градиента яркостной характеристики будет близко к перпендикуляру к направлению ориентации ребра данного объекта.

Все сказанное послужило стимулом для разработки и совершенствования различных методов и алгоритмов предварительной обработки изображе-

ний, базирующихся на выделении контуров на полутоновых изображениях сцен различного типа, которым в современной теории цифровой обработки изображений уделяется большое внимание. Традиционное решение задачи выделения контуров включает в себя четыре этапа: подчеркивание (усиление) яркостных перепадов, выделение граничных точек, утоньшение (скелетизация) и устранение разрывов. Естественно, эффективное решение указанной задачи на каждом из этапов определяется особенностями рассматриваемой сцены, яркостными и геометрическими характеристиками объектов сцены, принятыми допущениями и возможностью практической реализации при заданных ограничениях.

В данной статье рассматривается одна из возможных модификаций градиентного метода выделения контуров применительно к решению задачи выделения контуров на изображениях многообъектных наземных сцен, полученных бортовыми датчиками при настильных углах визирования.

Постановка задачи

Учитывая все сказанное выше, остановимся, прежде всего, на специфических особенностях рассматриваемого класса сцен и условий их визирования.

Эти особенности заключаются в следующем:

- зависимость качества получаемой исходной информации (текущего изображения в целом) от погодных условий в результате влияния атмосферы;
- наличие на текущем изображении шумовых составляющих естественного и искусственного происхождения (шумовые составляющие маскирующего и заградительного типа, аппаратные помехи в фотоприемном устройстве бортового датчика и т. п.);
- зависимость качества информации об отдельно взятом объекте от расстояния "точка наблюдения — объект" (результат влияния атмосферы); на одном и том же изображении контуры объектов, находящихся на разном удалении от точки наблюдения, оказываются в разной степени размытыми;
- наличие на сцене протяженных объектов (здания промышленно-городской застройки, мосты, водные и лесные массивы, облака и т. п.), контурные препараты которых относятся к классу протяженных контуров;
- возможное присутствие на сцене множества мелких объектов и структур.

Исходя из особенностей рассматриваемого класса сцен и условий их визирования, а также из принятой парадигмы селекции объектов, под контуром будем понимать набор точек изображения, в которых амплитуда яркостного градиента превышает заранее заданный порог. Такое определение контура отличается от определения, используемого в ряде других задач (например, в задачах распозна-

вания текста). Отличие заключается в том, что на контур не накладываются такие ограничения, как замкнутость и однопиксельная толщина.

Для указанных выше условий рассматривается проблема построения эффективной и достаточно простой для практической реализации процедуры выделения контуров протяженных объектов, используемой на этапе предварительной обработки изображений в задаче селекции заданного объекта.

Описание предложенного метода

Все алгоритмы выделения контуров на полутоновом изображении в той или иной мере используют информацию об амплитуде градиента в каждой точке изображения. Для этого в большинстве алгоритмов используется свертка текущего изображения с двумя ортогональными масками. Амплитуда градиента в точке в простейшем случае вычисляется как сумма двух откликов, полученных в данной точке (типичный пример — оператор Собеля).

Ряд алгоритмов использует в качестве дополнительной информации информацию о направлении градиента. При этом в качестве исходных данных для вычисления направления градиента берутся отклики, полученные с использованием двух ортогональных масок.

M_1	M_2
-1 0 +1	+1 +2 +1
-2 0 +2	0 0 0
-1 0 +1	-1 -2 -1

Рис. 1. Маски, используемые для оператора Собеля

	Прюитт	Кирш	Робинсон (1)	Робинсон (2)
Восток	1 1 -1	5 -3 -3	1 0 -1	1 0 -1
	1 -2 -1	5 0 -3	1 0 -1	2 0 -2
	1 1 -1	5 -3 -3	1 0 -1	1 0 -1
Северо-Восток	1 -1 -1	-3 -3 -3	0 -1 -1	0 -1 -2
	1 -2 -1	5 0 -3	1 0 -1	1 0 -1
	1 1 1	5 5 -3	1 1 0	2 1 0
Север	-1 -1 -1	-3 -3 -3	-1 -1 -1	-1 -2 -1
	1 -2 1	-3 0 -3	0 0 0	0 0 0
	1 1 1	5 5 5	1 1 1	1 2 1
Северо-Запад	-1 -1 1	-3 -3 -3	-1 -1 0	-2 -1 0
	-1 -2 1	-3 0 5	-1 0 1	-1 0 1
	1 1 1	-3 -3 5	0 1 1	0 1 2

Рис. 2. Маски, предложенные в работе [4] для выделения контуров

Авторы настоящей статьи предлагают "вернуться к истокам", т. е. остановиться на самом первом шаге обработки полутонового изображения — получении двумерных массивов откликов, являющихся результатом свертки исходного полутонового изображения с заранее заданными масками. Рассмотрим для примера свертку изображения с масками M_1 и M_2 , используемыми в операторе Собеля (рис. 1). Поскольку в этом алгоритме используются две маски, в результате получаются два двумерных массива откликов. Обозначим их A_1 (результат свертки с маской M_1) и A_2 (результат свертки с маской M_2). На этом этапе можно провести пороговую обработку изображения с низким значением порога, позволяющую отсеять пиксели, явно не принадлежащие контурам.

Очевидно, что каждый пиксель a может принадлежать только одному контуру. Таким образом, должно выполняться следующее условие:

$$\begin{aligned} \text{если } |a_1| \geq |a_2|, \text{ то } a_1 = a_1 \text{ и } a_2 = 0; \\ \text{если } a_1 < |a_2|, \text{ то } a_1 = 0 \text{ и } a_2 = a_2. \end{aligned}$$

Учитывая знак направления градиента, каждый из массивов A_1 и A_2 разбивают на два массива (обозначим их A_1^+ , A_1^- , A_2^+ и A_2^-) согласно следующим условиям:

$$\begin{aligned} \text{если } a_1 > 0, \text{ то } a_1^+ = a_1 \text{ и } a_1^- = 0; \\ \text{если } a_1 < 0, \text{ то } a_1^+ = 0 \text{ и } a_1^- = |a_1|; \\ \text{если } a_2 > 0, \text{ то } a_2^+ = a_2 \text{ и } a_2^- = 0; \\ \text{если } a_2 < 0, \text{ то } a_2^+ = 0 \text{ и } a_2^- = |a_2|. \end{aligned}$$

Результатом предложенной обработки являются четыре изображения, на каждом из которых присутствуют только контуры соответствующих направлений.

Вместо двух ортогональных масок целесообразно применить один из наборов масок, предложенных в работе [4], настроенных не только на направления "вертикаль"—"горизонталь", но и на две диагонали. Пример такого набора приведен на рис. 2. Для удобства введены обозначения направлений согласно компасу. Так, маска, обозначенная как "Север", настроена для выделения градиента с направлением "Север—Юг" (т. е. градиент направлен по вертикали). Для краткости на рис. 2 приведены маски только для четырех направлений. Очевидно, что маска "Юг" может быть получена из маски "Север" поворотом на 180° и т. п. В результате свертки исходного изображения с каждой из предложенных масок, при выполнении условия "каждая точка принадлежит только одному контуру" и с учетом знака направления градиента получаем восемь контурных изображений, на каждом из которых присутствуют только точки, принадлежащие контурам заданного диапазона направлений.

Алгоритм выделения контуров с помощью "компасных" масок

Шаг 1. Выполнение операции свертки исходного изображения с каждой из входящих в набор масок. В результате получается набор из n изображений, где n — число масок в наборе. Значение яркости каждого из пикселей i -го изображения равно значению отклика, полученного в результате применения i -й маски.

Шаг 2. Пороговая обработка каждого из полученных изображений. Значение яркости каждого пикселя обнуляется, если оно ниже установленного порога. В противном случае значение не меняется. Порог может быть установлен как для каждого изображения в отдельности, так и единый для всех изображений.

Шаг 3. Бинаризация каждого из полученных контурных изображений. Значение яркости пикселя i -го изображения устанавливается равным единице, если оно больше значений яркости данного пикселя на всех остальных изображениях. В противном случае значение яркости пикселя устанавливается равным нулю.

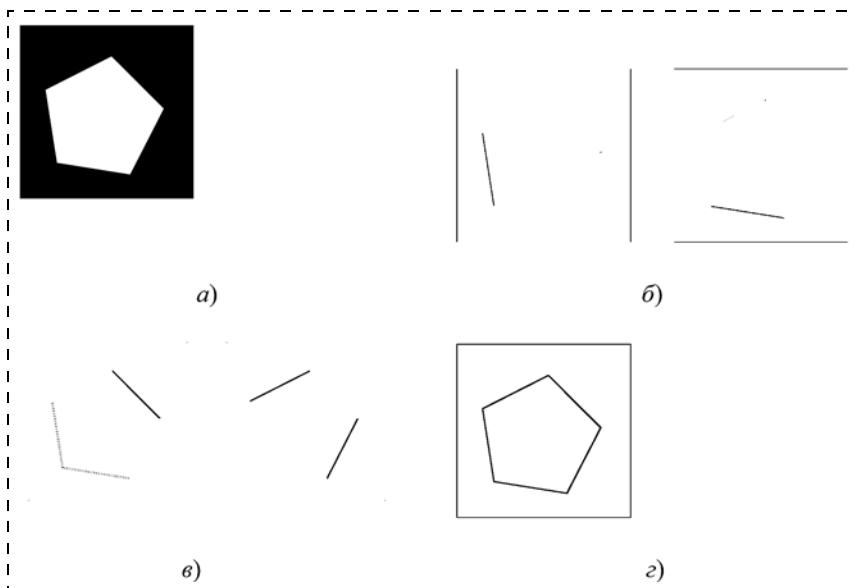


Рис. 3. Выделение контуров на тестовом изображении:

a — исходное изображение; b — результат свертки с масками "Запад—Восток" и "Север—Юг"; v — результат свертки с масками "Юго-Запад—Северо-Восток" и "Северо-Запад—Юго-Восток"; g — результирующее контурное изображение, полученное как сумма всех результатов свертки



Рис. 4. Полутонное изображение сцены промышленно-городской застройки, полученное в видимом диапазоне в плохих погодных условиях

Шаг 4. Дополнительная обработка. На этом шаге могут быть выполнены дополнительные операции, например, уточнение контуров и удаление контуров с числом точек, меньшим заданного порога.

Шаг 5. Все контурные изображения суммируются.

На рис. 3 проиллюстрировано применение алгоритма на тестовом примере: представлены тестовое изображение, контурные изображения, полученные в результате применения четырех "компасных" масок (*шаг 3* алгоритма) и результирующее контурное изображение (*шаг 5* алгоритма).

Анализ предложенного алгоритма позволяет сделать предположение о том, что алгоритм позволит достаточно хорошо избавляться от "ненужной информации" в виде "помеховых контуров", появляющихся в результате присутствия на изображении мелких объектов и текстур, не затрагивая при этом контуры интересующих нас объектов. Объяснение этому достаточно простое. Крупные техногенные объекты в большинстве случаев дают достаточно протяженные контуры большим радиусом кривизны. Направление градиента яркости вдоль такого контура меняется плавно. В результате обработки изо-

бражения предложенным алгоритмом такой контур окажется целиком на одном контурном изображении, соответствующем данному направлению градиента.

Контуры шумов, текстур и мелких объектов часто меняют направление. В результате один контур разбивается на несколько более мелких контуров (в зависимости от направления каждого участка контура). Каждый из этих мелких контуров попадает на свое контурное изображение. На *шаге 4* предложенного алгоритма такие мелкие контуры могут быть удалены.

Дальнейшее тестирование предложенного алгоритма было проведено на изображениях реальных многообъектных сцен промышленно-городской застройки, полученных в видимом диапазоне в различных погодных условиях. Далее приведены несколько примеров полученных результатов.

Результаты тестирования

Возьмем в качестве примера изображение реальной многообъектной сцены промышленно-городской застройки, полученное в видимом диапазоне в плохих погодных условиях (рис. 4). Сцена отличается тем, что на ней

присутствуют крупные объекты, находящиеся на различных расстояниях, а также мелкие объекты, растительность и текстуры. На рис. 5 и 6 приведены результаты обработки исходного изображения операторами Собеля и Канни. На рис. 7 приведен результат обработки исходного изображения предложенным алгоритмом. На *шаге 1* обработки были использованы маски типа Робинсон (2) (см. рис. 2).

Для того чтобы оценить преимущества изображения, приведенного на рис. 7, необходимо вернуться к постановке задачи и вспомнить, что речь идет о задаче сопоставления эталонного и текущего контурных изображений (ЭИ и ТИ). При этом в рамках решения этой задачи эталонное контурное изображение можно рассматривать как набор элементов контуров объектов, присутствующих на сцене (пример ЭИ для рассматриваемой сцены приведен на рис. 8). При такой постановке очевидно, что результаты сопоставления ЭИ и ТИ тем лучше, чем больше элементов контуров, присутствующих на ЭИ, присутствующих на ТИ и чем меньше на ТИ "лишних" элементов контуров, т. е. элементов контуров, не присутствующих на ЭИ.

Например, стоит обратить внимание на то, как хорошо оператор Канни выделил контуры от растительности, дымов и различных мелких объектов и текстур, которых нет в ЭИ.

Более того, априорная информация о направлении контуров объектов, присутствующих на ЭИ, позволяет дополнительно "очистить" ТИ от ненужных контуров. Так, в данном случае на ЭИ рассматриваемой сцены (рис. 8) присутствуют только вертикальные и горизонтальные контуры. Соответственно, на *шаге 5* предлагаемого алгоритма из рассмотрения были исключены контурные изображения, соответствующие диагональным контурам (т. е. были просуммированы только изображения с элементами вертикальных и горизонтальных контуров).

Рассмотрим для примера еще одну сцену (рис. 9). Интересующим нас объектом является мост, который и будет присутствовать на ЭИ (рис. 10). Соответственно, любые элементы контуров, не принадлежащие мосту, будут "помеховыми".

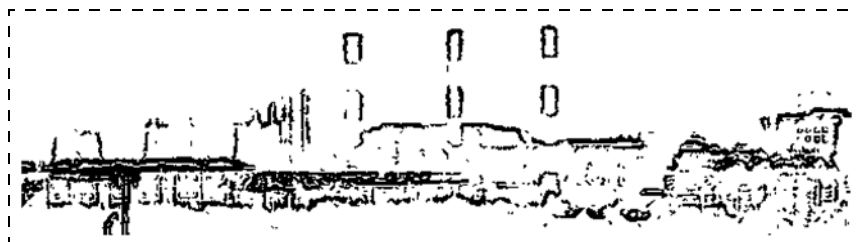


Рис. 5. Результат обработки изображения, представленного на рис. 4, оператором Собеля (с последующей пороговой обработкой)

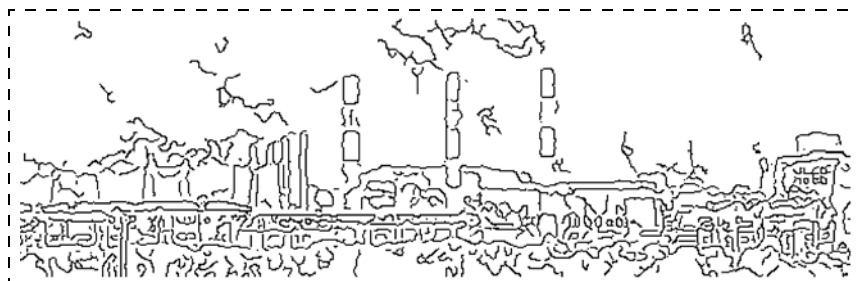


Рис. 6. Результат обработки изображения, представленного на рис. 4, оператором Канни

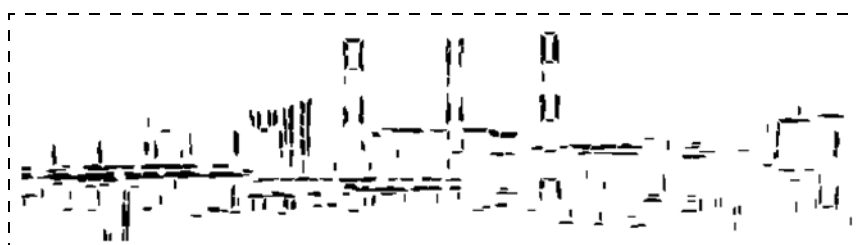


Рис. 7. Результат обработки изображения, представленного на рис. 4, предложенным алгоритмом

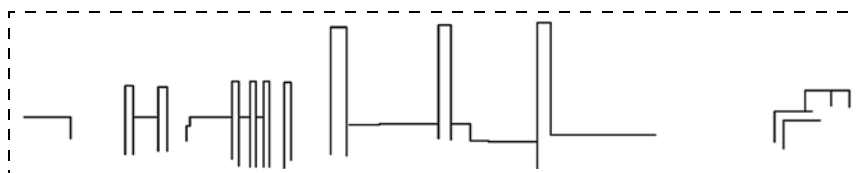


Рис. 8. Эталонное изображение для сцены, представленной на рис. 4

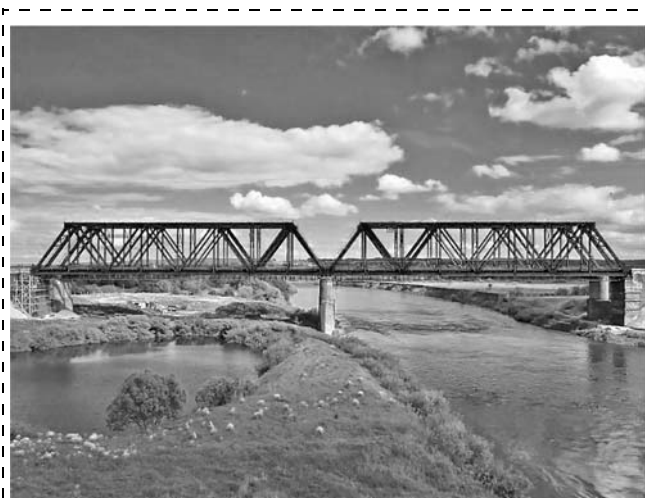


Рис. 9. Полутоновое изображение железнодорожного моста над рекой

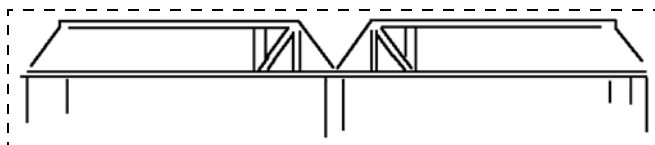


Рис. 10. Эталонное изображение моста

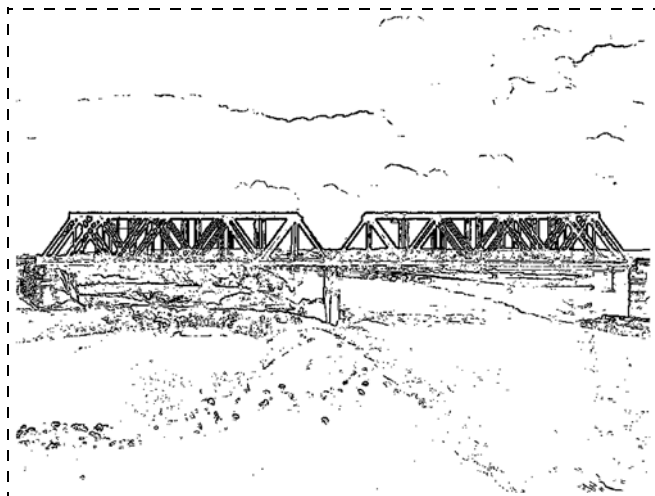


Рис. 11. Результат обработки оператором Собеля

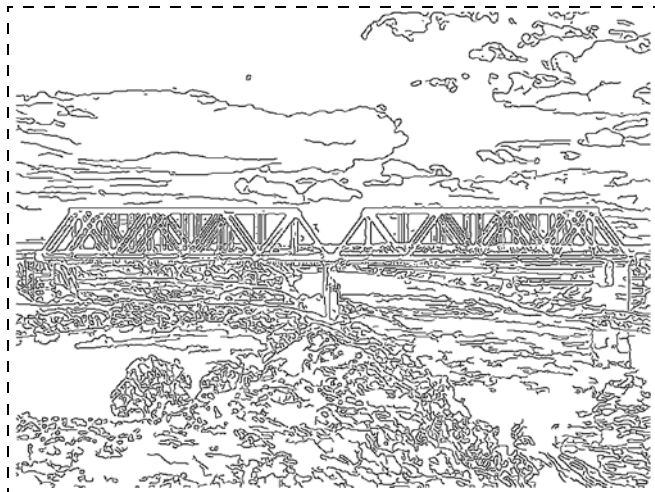


Рис. 12. Результат обработки оператором Канни

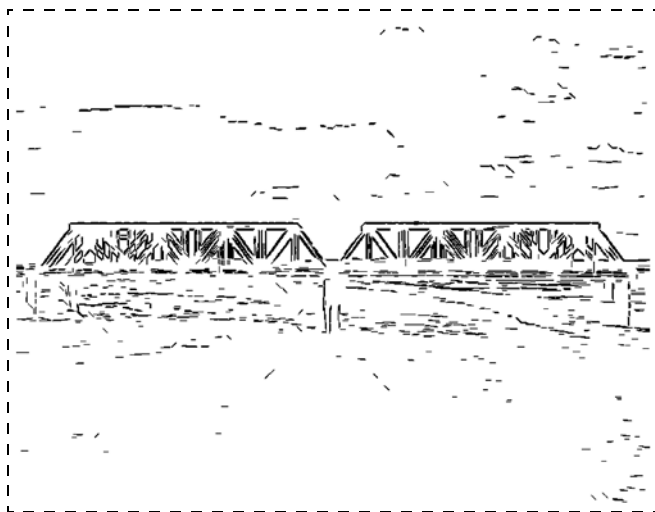


Рис. 13. Результат обработки предложенным алгоритмом

Как и в предыдущем случае, для сравнения используем выделение контуров с применением операторов Собеля и Канни (рис. 11 и 12), а также с помощью предложенного алгоритма (рис. 13).

Как и в первом примере, в результате применения операторов Собеля и Канни на контурном изображении проявляется большое число ненужных контуров (контуров облаков, растительности).

Применение предложенного алгоритма, позволяющего разделить контурное изображение на несколько слоев с учетом направления контуров, дает возможность в значительной мере избавиться от этих ненужных контуров.

Заключение

Особенностью предложенного алгоритма является применение набора контурных операторов к исходному полутоновому изображению, что позволяет получить набор контурных изображений, каждое из которых соответствует контурам одного достаточно узкого диапазона направлений.

Проведенное на ряде изображений сложных сцен тестирование предложенного алгоритма показывает, что алгоритм позволяет достаточно хорошо избавляться от ненужной информации в виде "помеховых контуров", появляющихся в результате присутствия на изображении мелких объектов и текстур, не затрагивая при этом контуры интересующих нас крупных техногенных объектов.

Использование предложенного алгоритма в задачах сопоставления ТИ и контурного ЭИ позволяет использовать априорную информацию о направлении контуров ЭИ. Контурные изображения, соответствующие направлениям контуров, не представленных в ЭИ, не рассматриваются.

В результате применения предложенного алгоритма сохраняется информация о направлениях контуров, что позволяет упростить дальнейшую обработку (например, при использовании преобразования Хафа).

Список литературы

1. **Инсаров В. В.** Структурно-лингвистический алгоритм обработки изображений и распознавания образов наземных сцен в системе наведения летательного аппарата // Известия РАН. Теория и системы управления. 2004. № 1. С. 145—154.
2. **Управление** и наведение беспилотных маневренных летательных аппаратов на основе современных информационных технологий / Под ред. М. Н. Красильщикова и Г. Г. Себрякова. М.: Физматлит, 2003. С. 156—184.
3. **Гнилицкий В. В., Инсаров В. В.** Обнаружение и локализация объектов на изображениях трехмерных наземных сцен // Известия РАН. Теория и системы управления. 2011. № 6. С. 79—87.
4. **Pratt W. K.** Digital Image Processing (Fourth edition). Wiley, 2007. 807 p.

Gradient Approach to the Task of Contour Extraction of Big Anthropogenic Objects in the Images of Multi-Object Ground Scenes

V. V. Insarov¹, wiliam@gosniias.ru, S. V. Tikhonova¹, svetico@yandex.ru,
A. V. Rankova², anastasy.rankova@gmail.com, D. A. Fortinsky², mitia.fortinsky@yandex.ru,
¹ State Research Institute of Aviation Systems, Moscow, 125319, Russian Federation,
² Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russian Federation

Received on January 26, 2015

The tasks of navigation and guidance of the unmanned maneuverable aircraft often involve a problem of detection and recognition of the land scene objects based on comparison of the priori and posteriori information (reference and observed images, respectively). Such a comparison allows us to localize the sought objects on the observed image and to define values of the current coordinates of these objects. The most stable features of the current image bearing information on the geometry of objects of an observed scene are the edges of the images of the objects of a scene, their placement and their direction. This information could be obtained from the brightness gradients. In this article the authors consider possible modification of the edges detection algorithm in relation to the solution of the problem of detection of contours of large technogenic objects in the image of a multi-object scene. This modification makes it possible to take into consideration the direction of the detected edges. The purpose of the proposed modification is reduction of the contours of the textures and small objects. Such edges often change their directions, respectively, they are broken into a number of small edges of different directions. Later such edges can be excluded from the consideration. At the same time the contours (edges) of large technogenic objects seldom change their directions. These contours bear the most useful and exact information about separate objects and a scene as a whole. The proposed edge detection algorithm was tested on the image of a real multi-object scene. Advantage of the proposed algorithm in comparison with the other known algorithms is demonstrated in application to the considered type of scenes.

Keywords: image processing, edge detection, object selection, ground scene, image processing algorithms, reference image, current image

Acknowledgements: This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research, project no. 14-08-00621 a

For citation:

Insarov V. V., Tikhonova S. V., Rankova A. V., Fortinsky D. A. Gradient Approach to the Task of Contour Extraction of Big Anthropogenic Objects in the Images of Multi-Object Ground Scenes, *Mekhatronika, Avtomatizatsiya, Upravlenie*, 2015, vol. 16, no. 6, pp. 415–421.

DOI: 10.17587/mau.16.415-421

References

1. Insarov V. V. *Strukturno-lingvisticheskii algoritim obrabotki izobrazhenii i raspoznavaniya obrazov nazemnykh stsen v sisteme navedeniya letatel'nogo apparata* (Structural and linguistic algorithm for image processing and recognition of patterns in aerial images in the guidance system of an aircraft), *Journal of Computer and Systems Sciences International*, 2004, vol. 43, no. 1, pp. 136–144 (in Russian).

2. Krasil'shchikov M. N., Sebyakov G. G. ed. *Upravleniye i navedeniye bespilotnykh manevrennykh letatel'nykh apparatov na osnove sovremennykh informatsionnykh tekhnologiy* (Guidance and control of unmanned aerial vehicles maneuvering on the basis of modern information technology), Moscow, Fizmatlit, 2003, pp. 156–184 (in Russian).

3. Gnilitkii V. V., Insarov V. V. *Obnaruzhenie i lokalizatsiya ob"ektov na izobrazheniyakh trekhmernykh nazemnykh stsen* (Detection and Localization of Objects in images of 3D ground scenes), *Journal of Computer and Systems Sciences International*, 2011, vol. 50, no. 6, pp. 933–941 (in Russian).

4. Pratt W. K. *Digital Image Processing*, Wiley, 2007, 807 p.

Corresponding author:

Insarov Vil'yam V., D. Sc., Professor, Deputy Head of Unit, Federal State Unitary Enterprise "State Research Institute of Aviation Systems" State Scientific Centre of Russian Federation, Moscow, 125319, Russian Federation, e-mail: wiliam@gosniias.ru

ИНФОРМАЦИЯ

19–22 октября 2015 г.
в Москве в ИПУ им. В. А. Трапезникова РАН состоится

18-я Международная конференция DCCN–2015

Распределенные компьютерные и телекоммуникационные сети: управление, вычисление, связь

Тематика конференции:

- Оптимизация архитектуры компьютерных и телекоммуникационных сетей
- Управление в компьютерных и телекоммуникационных сетях
- Оценка производительности и качества обслуживания в беспроводных сетях
- Аналитическое и имитационное моделирование сетевых протоколов
- Теория очередей и теория надежности
- Беспроводные сети, функционирующие под управлением стандартов: IEEE 802.11, IEEE 802.15, IEEE 802.16 и UMTS (LTE)
- RFID-технологии и их применение в интеллектуальных транспортных сетях
- Методы проектирования протоколов MAC-уровня и управления в MESH-сетях сантиметрового и миллиметрового диапазона радиоволн
- Internet- и web-приложения и сервисы
- Интеграция приложений в распределенных информационных системах
- Большие данные в компьютерных и телекоммуникационных сетях

Подробную информацию о конференции см. на сайте:
<http://www.dccn2015.com>