

Руководство работы с программой «LinoxOCV»

Бачурин Д.А.

30 сентября 2013 г.

Часть I Общие сведения о программе

Данная программа пишется в рамках научной работы „Выделение объектов на изображении“. Данная тема охватывает широкий класс задач, но мы специализируемся на выделении криволинейных объектов, а именно выделении дорог из спутниковых снимок.

Название программы получила сокращенно от английского „Linear Object Extraction“. Программа использует библиотеку OpenCV. Для решения поставленной задачи были реализованы следующие инструменты:

1. Преобразование изображения в яркостное изображение
2. Вычисление градиента изображения
3. Вычисление лапласиана изображения
4. Медианный фильтр
5. Масштабирование изображения
6. Гомотопия изображения
7. Формирование изображения, полного снизу, на основе данного
8. Морфологические фильтры (область замыкания, область размыкания) и их комбинации
9. Алгоритм водораздела
10. Экстраполяция линии (полиномом Лагранжа или кубическими сплайнами)
11. Вероятностное преобразование Хафа
12. Алгоритм выделения объекта (построения дороги)

1 Обзор инструментов обработки изображений

1.1 Яркостное изображение

Задано цветное изображение. Значение яркости пикселя может быть вычислено по формуле:

$$Y = 0.3 * R + 0.59 * G + 0.11 * B \quad (1)$$

где Y - яркость пикселя, R, G, B - значения, соответственно, красной, зеленой и синей компонент цвета пикселя.

Мы преобразуем изображение в яркостное средствами библиотеки OpenCV.

1.2 Градиент изображения

Для того, что бы вычислить значение градиента пикселя, сначала заданное изображение преобразуется в яркостное, если оно еще не является таковым. После этого вычисляется вектор градиента каждого пикселя, для этого используется три маски: горизонтальная, вертикаль-

ная и диагональная. Горизонтальная маска имеет вид: $\begin{matrix} 3 & 10 & 3 \\ 0 & 0 & 0 \\ -3 & -10 & -3 \end{matrix}$. Остальные маски аналогичны с точностью до поворота.

После этого вычисляется суммарный градиент в точке по формуле среднего арифметического.

Градиентное изображение используется для выделения контуров (дает двойные контура).

Мы получаем градиентное изображение средствами библиотеки OpenCV, используя оператор Собела.

1.3 Лапласиан изображения

Для вычисление значение лапласиана пикселя изображение преобразуется в яркостное, если оно еще не является таковым, после этого вычисляется лапласиан с помощью маски $\begin{matrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -8 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{matrix}$.

Лапласиан используется для выделения контуров, подвержен шуму.

Мы вычисляем лапласиан средствами библиотеки OpenCV.

1.4 Медианный фильтр

Медианный фильтр используется для сглаживания изображения. Для этого каждый пиксель рассматривается с некоторой окрестностью, размеры которой можно задавать. Далее вычисляется гистограмма этой окрестности, и значение яркости пикселя изменяется на значение медианы гистограммы в этом окне.

1.5 Масштабирование изображение

Изменение масштаба. Билинейное и бикубическое сжатие. Может применяться для составления пирамиды изображений.

Инструмент реализован средствами библиотеки OpenCV.

1.6 Гомотопия изображения

Данный инструмент имеет два регулируемых параметра - размер окна, в котором будет применяется алгоритм, и допустимое отклонение яркости, которое позволяет объединять пиксели с незначительными изменениями яркости в группы. Задача алгоритма состоит в преобразовании яркостных всплесков к фону внутри заданного окна. Используется алгоритм закраски, запускающийся из каждого пикселя, внутри заданного окна. После того, как определены границы яркостного всплеска, проверяется условие: возможно ли обойти границу по пикселям, принадлежащих фону. Если это так, то значение яркости пикселей всплеска присваивается значение яркости фона.

1.7 Формирование полного снизу изображения

Данный инструмент нужен для того, что бы создать зависимости между пикселями в однородных областях. Наименьшее значение имеют пиксели на границе с областями, имеющими более низкое значение яркости. Соседние к ним пиксели, направленные в глубь однородной области, имеют значение яркости на единицу больше. Процесс итеративный и останавливается после рассмотрения всех пикселей однородной области.

1.8 Морфологические фильтры

Доступны: морфологический фильтры области замыкания и размыкания. Замыкание используется для того, что бы избавиться на изображении от объектов с низким значением яркости и имеющим размер меньше заданного параметра. При этом эти объекты принимают значение яркости соседней, более яркой области. Если после объединения областей, новая область имеет размер меньше порогового значения, то процесс продолжается.

Размыкание используется аналогично, но удаляются не темные объекты, а яркие.

Доступна собственная реализация данного инструмента, основанная на статье (), а также реализация средствами библиотеки OpenCV. Результаты морфологических алгоритмов, реализованных в библиотеке OpenCV показались нам хуже, чем результаты, полученные собственной реализации алгоритмов, с точки зрения решения поставленной задачи выделения объектов на изображении.

Для решения задачи выделения объектов на изображении мы используем морфологический алгоритм области замыкания. Пороговое значение размера области, до которого возможно объединение областей, подбирается индивидуально к каждому изображению, и зависит от размеров изображения и гладкости изображения (плавности переходов яркости). Стоит отметить, что при увеличении порогового значения наиболее значимые объекты (ярко выделяющиеся на изображении) останутся, а мелкие будут поглощены.

1.9 Алгоритм водораздела

Алгоритм следует применять к изображению, предварительно обработанному морфологическим алгоритмом области замыкания. Возможны небольшие улучшения, если применить гомотопию к заданному изображению.

Алгоритм начинает с сегментации изображения, разделяя его на однородные области, если изображение предварительно подверглось морфологическому алгоритму области замыкания,

то сегментация уже проведена. Далее изображение преобразуется в изображение, полное снизу. После этого начинается этап выделения линий, которые разделяют изображение на регионы (области). Выделенные линии называются линиями водораздела. Процесс алгоритма можно описать следующим образом: изображение есть трехмерная функция, где ее значением является яркость. Начиная с нижнего уровня яркости, постепенно повышается уровень воды. Линия водораздела характеризуется тем, что среди ее соседей есть точки из нескольких разных регионов (бассейнов).

1.10 Экстраполяция линии

Задано изображение и на нем линия. Используются методы экстраполяции: полином Лагранжа или кубический сплайн. Каждая координата точки рассматривается как самостоятельная функция от параметра t .

1.11 Вероятностное преобразование Хафа

В рамках поставленной задачи применяется к изображению, полученному после алгоритма водораздела, т.е. к бинарному изображению, на котором линии водораздела имеют значение яркости 255, а остальные - 0. Преобразование Хафа используется для того, что бы оставить линии, в которых мы уверены наверняка, а это есть прямые линии.

Инструмент реализуется с помощью средств библиотеки OpenCV, используется вероятностное преобразование Хафа. Доступны следующие параметры для настройки инструмента:

- Порог - суммирующий пороговый параметр, возвращаются только те линии, которые имеют достаточное количество голосов.
- Минимальная длина линии - линейные сегменты, меньше заданного размера отбрасываются.
- Максимальный разрыв в линии - максимальный допустимый разрыв между двумя точками на одной линии (для связи точек)

Рекомендуется задавать достаточно большое значение порога. Минимальная длина линии задается в зависимости от изображения: если изображение содержит дугообразные объекты, то рекомендуется уменьшить значение данного параметра. Максимальный разрыв в линии следует задавать как можно меньшим.

1.12 Алгоритм выделения объекта (построение дороги)

В рамках поставленной задачи применяется к исходному изображению или изображению, полученному после морфологического алгоритма области замыкания. Применяется после вероятностного преобразования Хафа.

К заданному изображению применяется детектор границ Канни. Доступны следующие параметры для настройки алгоритма:

- Наименьший порог
- Отношение наибольшего порога к наименьшему

- Размер окна для фильтра Собела

Далее идет анализ линий, выделенных преобразованием Хафа, на изображении, полученном детектором границ Канни. Предполагается, что линии находятся внутри выделенных границ объекта. В каждой точке каждой линии вычисляются ширина объекта и направление.

2 Решение задачи выделения объектов на изображении

Предполагается, что объект, которые требуется выделить на изображении, имеет значение яркости, превышающее соседствующие области. Для решения поставленной задачи следует придерживаться следующей схемы действий:

1. Применить морфологический алгоритм области замыкания к заданному изображению, регулируя параметр так, что бы выделяемый объект не потерял своей особенности выделяться от окружающего фона.
2. Не обязательный шаг. Применить к изображению, полученному на шаге 1, гомотопию, что бы избавиться от мелких всплесков на изображении.
3. Применить алгоритм водораздела к изображению, полученному на шаге 1(2).
4. Применить вероятностное преобразование Хафа к изображению, полученному на шаге 3, подбирая параметры так, что бы остались линии, точно принадлежащие выделяемому объекту.
5. Запустить алгоритм выделения объекта к исходному изображению или к изображению, полученному на шаге 1(2).

3 Примеры

Рассмотрим возможности обработки изображений в программе «LinoxOCV» на примере. Поскольку изображения могут сильно различаться по контрастности, характеру выделяемых объектов и другим характеристикам, подбор параметров решается в каждом случае индивидуально. Однако, есть общие рекомендации, следуя которым можно получить удовлетворяющий нас результат.

Пусть задано изображение, содержащие дорожную сеть [1].



Рис. 1: Исходное изображение

Данное изображение довольно трудное, по своему характеру, для выделения дорожной сети, не только для машины, но и для человека. Оно содержит огромное число объектов, дороги перекрываются деревьями. Что бы несколько упростить сегментацию изображения, применим к нему морфологический алгоритм области замыкания. На рис. [2] показаны результаты алгоритма с различными значениями параметра.

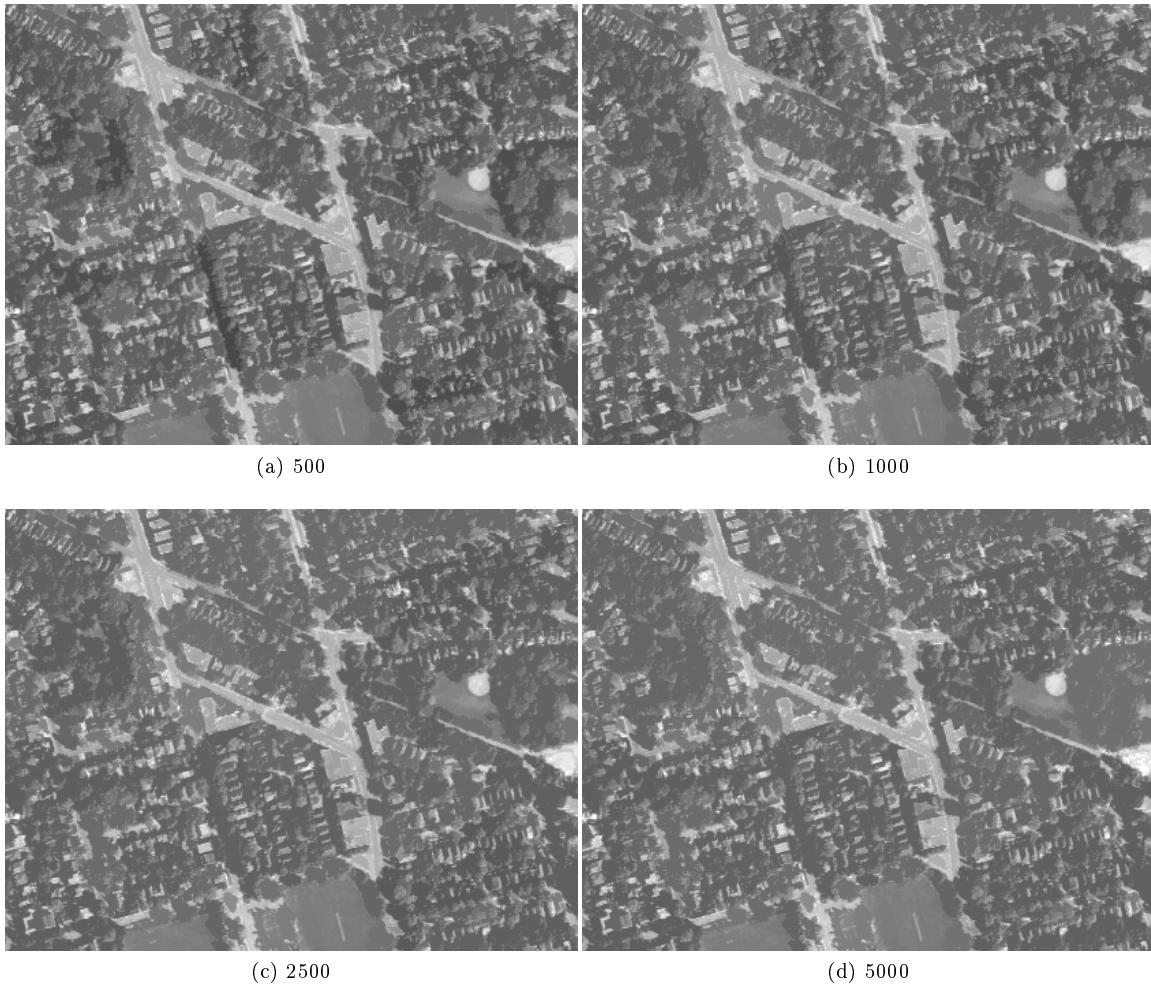


Рис. 2: Замыкание изображения с различным значением параметра

Замети, что главные особенности изображения (дорожная сеть) сохраняется, даже при увеличении параметра до 5000. При это изображение становится более гладким.

Посмотрим как изменится изображение, если применить к нему алгоритм гомотопии для удаления всплесков [3].

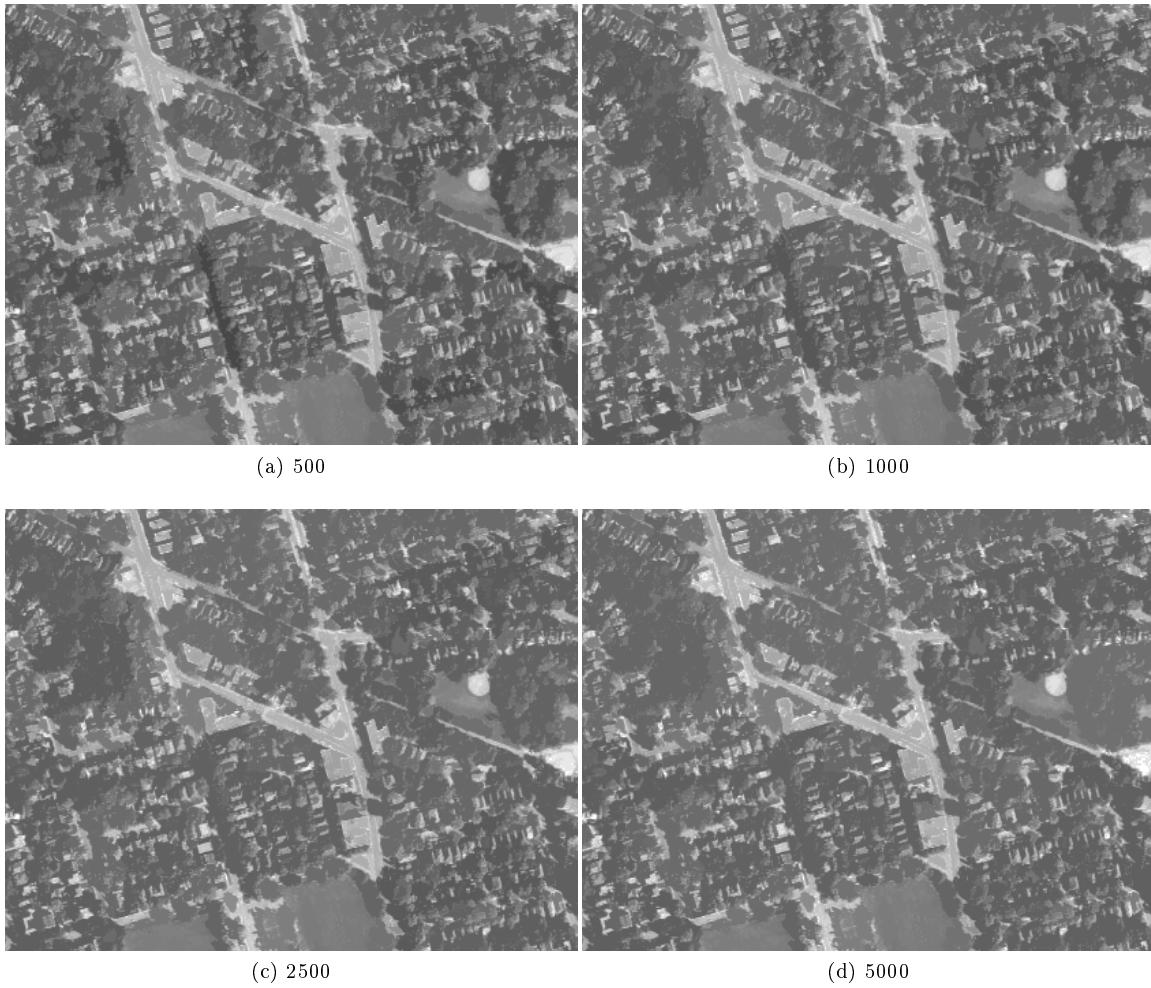


Рис. 3: Гомотопия изображения

Как и ожидалось, области стали более однородные, всплески были удалены. Сравним результат алгоритма водораздела к изображениям на рис. 2 [4] и на рис. 3 [5].

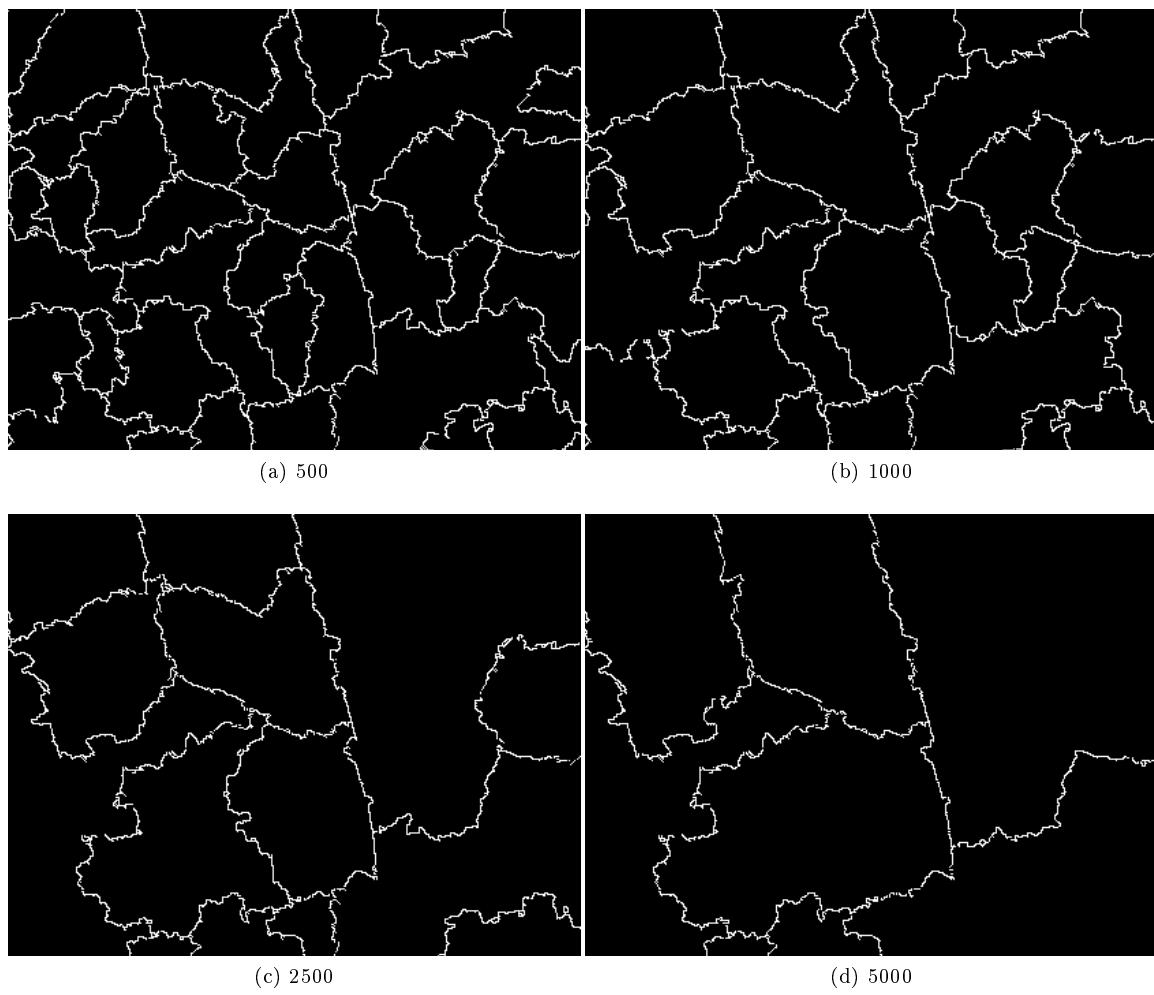


Рис. 4: Результаты применения алгоритма водораздела к изображениям на рис.2

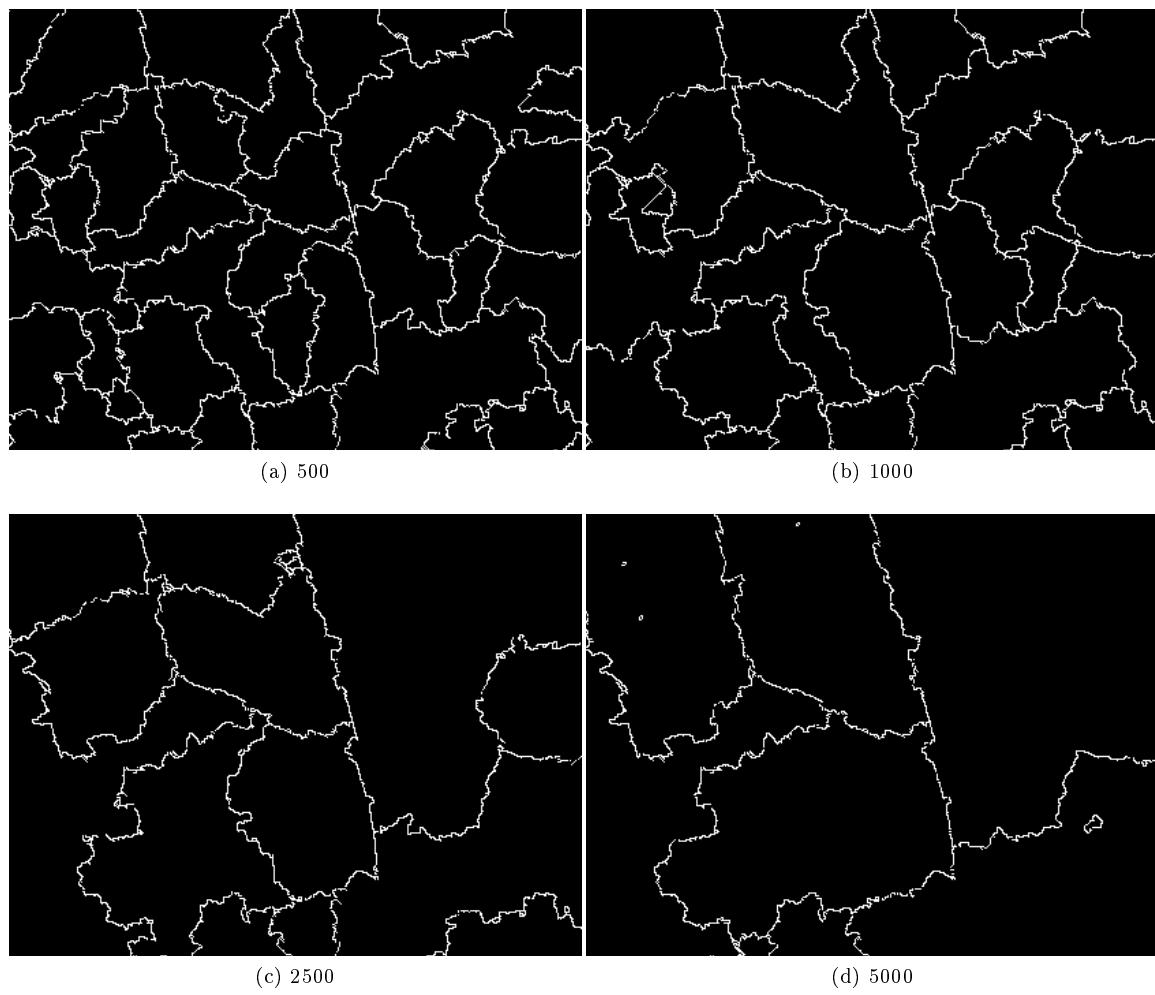


Рис. 5: Результаты применения алгоритма водораздела к изображениям на рис.3

Заметим, что гомотопия изображения не дала улучшения при выделении линий водораздела. Так же заметим, что параметр 500 оказался слишком маленьким - выделились линии, не представляющие интереса, в тоже время параметр 5000 оказался слишком большим - отбросились линии, представляющие для нас интерес. Поэтому сосредоточимся далее на двух получившихся изображениях с параметрами 1000 и 2500.

Применим алгоритм преобразования Хафа к оставшимся изображениям. Подберем параметры так, что бы выделились только интересующие нас прямые.



(a) 1000 со значением порога 46, минимальной длиной линии 73 и максимальным разрывом между точками в 20 (b) 1000 со значением порога 46, минимальной длиной линии 73 и максимальным разрывом между точками в 20



(c) 2500 со значением порога 45, минимальной длиной линии 70 и максимальным разрывом между точками в 20 (d) 2500 со значением порога 45, минимальной длиной линии 70 и максимальным разрывом между точками в 20

Рис. 6: Результаты применения преобразования Хафа

Выделенные линии могут использоваться в других алгоритмах, в качестве начальных точек.