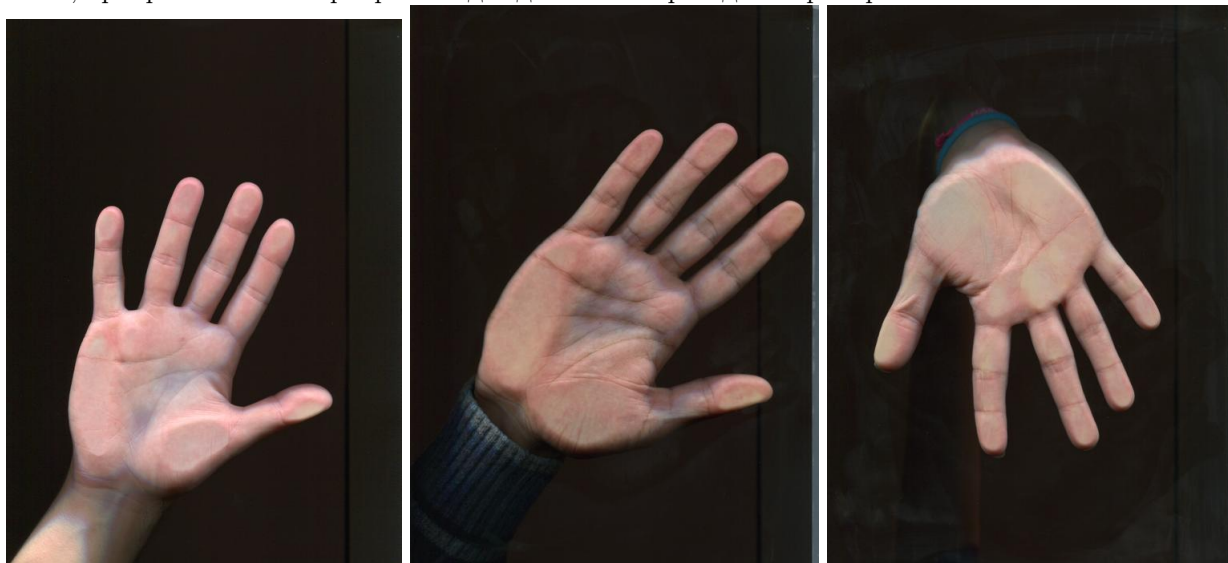


# Отчёт по практическому заданию по классификации формы изображений

14 мая 2018 г.

## 1 Входные данные

Дано 99 изображения ладоней, полученные специальным сканером. Ладони разных людей: разного пола, цвета кожи. Положение ладони может быть произвольным. На большинстве изображений видно запястье, прикрытое или не прикрытое одеждой. Ниже приведены примеры.



## 2 Постановка задачи

Определить положение кончиков пальцев на изображении, а также перепонки между пальцами, а также соединить соседние палец-перепонку линиями.

## 3 Краткое описание реализации

Реализация выполнена в IPython notebook с использованием библиотеки skimage. Для запуска необходимо задать во второй ячейке путь к изображению. Выполнена задача уровня intermediate с небольшим изменением. Вместо кончиков пальцев выделяются подушечки пальцев. Связано это с особенностью алгоритма: подушечки пальцев соответствуют ближайшим точкам к кончикам пальцев, принадлежащим скелету формы ладони. Было удобно оставить выделение подушечек после всей проведённой работы, а выделение самих кончиков могло приводить к ошибкам выделения. В программе за 1 запуск используется только 1 исходное изображение и выдаётся маркированное изображение. Название выходного изображения образовано добавлением к строке «res\_» названия входного изображения. В программе есть узкий участок, который не удалось реализовать векторизованно (далее об этом подробнее). Этот участок выполняется около минуты, что может затруднить проверку на большом количестве изображений. Делалось это с расчётом на то, что лучше более качественно решить задачу, пусть даже с затратой большего процессорного времени.

## 4 Описание алгоритма

### 4.1 Бинаризация

Работа происходила с бинарным изображением. Для бинаризации пробовалось 2 подхода: метод Оцу и отсечение по гистограмме по заданным порогам. Для бинаризации брался красный канал исходного изображения (можно было брать любой канал, изображения в любом случае хорошо бинаризовались). Отсечение по гистограмме происходило следующим образом: находилась мода гистограммы и все значения пикселей, которые отстоят от моды не более, чем на 20 (величина шага) заменялись на 1, остальные – на 0. Значение 20 было получено опытным путём. Метод Оцу по сравнению с методом отсечения, заполнял единицами намного меньше пикселей. Иногда с такими изображениями было тяжело работать, и было принято решение использовать только отсечение по гистограмме.

После бинаризации изображение очищалось от шумов с помощью операций эрозии, дилатации, заполнения дыр и подавления малых связных компонент. Примерно такую чистую маску ладони удаётся получать для многих изображений, на которых проверялся алгоритм.



### 4.2 Построение скелета

Далее строился скелет формы для очищенных изображений, так как было понятно, что кончики пальцев будут близки к конечным вершинам скелета. Однако скелет формы таких изображений, полученный с помощью функции `skeletonize` выглядел сложным для работы с ним. Во-первых он не был непрерывным, а во-вторых, даже после его дилатации непонятно было, по каким формальным правилам определять положение кончиков пальцев и перепонки – конечные вершины нельзя было взять, потому что попались бы лишние.



О том, к какой части ладони относится некоторая точка скелета может сказать больше не сам скелет, а карта максимальных радиусов. Если радиус вписанной окружности мал, то точка принадлежит пальцу, а не запястью. Далее ставилась цель получить карту радиусов. Делалось это следующим образом: вначале в цикле по разным значениям радиуса от 1 до 35 производилась дилатация исходного скелета с помощью диска, радиус которого равен текущему значению итератора. Дилатированный скелет мог вылезать за границы ладони, к нему применялось поточечное И, затем производилась эрозия. Полученный преобразованный скелет содержал индексы тех элементов, которые в маске ладони имели радиус больший либо

равный текущего. Для этих индексов значение радиуса обновлялось.

---

**Алгоритм 1.** Создание карты радиусов.

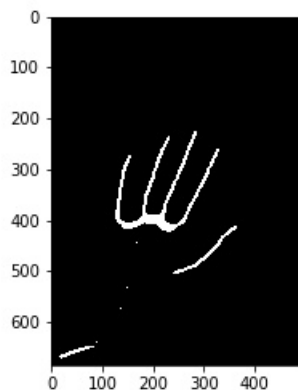
---

**Вход:** маска ладони  $M$ , скелет ладони  $S$ , максимальный радиус  $r$ ;

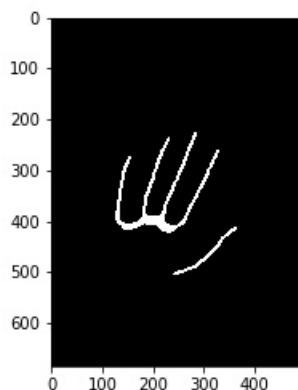
**Выход:** карта радиусов  $R$ ;

- 1 Инициализировать изображение  $R$  нулями;
  - 2 **для всех**  $i \in 1 \dots r$
  - 3      $D \leftarrow \text{дилатация}(S) \text{ с диском радиуса } i$ ;
  - 4      $D \leftarrow D \& M$ ;
  - 5      $D \leftarrow \text{эрозия}(D) \text{ с диском радиуса } i$ ;
  - 6      $R[D] \leftarrow i$
- 

Именно этот участок не удалось реализовать векторизованно, и он – самый длительный участок программы. Так как не было возможности посчитать все радиусы (уж очень долго бы работало), ограничились максимальным значением 35. Оно уже было удовлетворительно для всех изображений, на которых производилась проверка. Значение 35 имеют точки маски ладони, радиус вписанной окружности для которых  $\geq 35$ , а значение 34 имеют именно те, радиус которых равен ровно 34. Соответственно, было взято множество точек, которым соответствуют радиусы в диапазоне  $[1, 34]$ . Они представляют собой такую маску.



Причём такой узор наблюдался на всех проверенных изображениях (их было проверено около 30). Также, интуитивно понятно, что при правильном выделении маски ладони (ладони же у людей примерно одинаковой формы и размеров), такой узор будет всегда получаться. Видно, что большой палец отделён от остальных 4 пальцев, и это поможет в дальнейшем. Теперь нужно очистить изображение от шумов, это можно сделать, поместив в компоненты связности в ограничивающие прямоугольники и оставить в изображении компоненты с 2 наибольшими по площади прямоугольниками. Изначально происходило отсечение по площади компоненты, но такой подход показался более надёжным, так как большой палец длинный, и площадь прямоугольника будет большая. Даже если от запястья останется некоторый островок с большой площадью, площадь прямоугольника для него вряд ли будет большой. После очистки от шумов изображение стало выглядеть примерно так:



### 4.3 Выделение подушечек пальцев

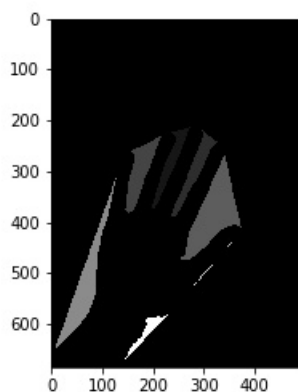
Теперь необходимо выделить подушечки пальцев. Они совпадают с конечными точками модернизированного скелета, за исключением 1 из точек большого пальца. Идея в выделении конечных вершин была следующая: вершина конечная тогда и только тогда, когда она принадлежит маске изображения (модernизированного скелета) и при удалении её вместе с некоторым квадратом количеством компонент связности не меняется. Квадрат должен быть достаточно большого размера, чтобы быть в состоянии разделить изображение на разные связные компоненты, но и не слишком большим. Было взято значение длины стороны, равное 40 (методом проб и ошибок подобрано). Также для сокращения перебора было решено отобрать вначале некоторых кандидатов на роль конечных вершин. Отбор производился следующим образом: для каждой точки маски считалось количество единичных точек в некоторой фиксированной окрестности (в качестве окрестности был выбран квадрат со стороной 11). Для точек, число соседей которых, превосходящих минимальное количество не более, чем на 30 далее производилось поочерёдное удаление точки вместе с квадратом стороной 40 с центром в этой точке. Также кандидаты, стоящие слишком близко друг к другу не принимались. Далее осталось понять, какая точка из двух крайних на компоненте связности, соответствующая большому пальцу, отвечает за подушечку. Для этого были посчитаны все попарные расстояния между точками из разных компонент связности и взят аргминимум. Так заодно удалось определить положение подушечки указательного пальца. Ниже приведены изображения с кандидатами и положениями подушечек пальцев.



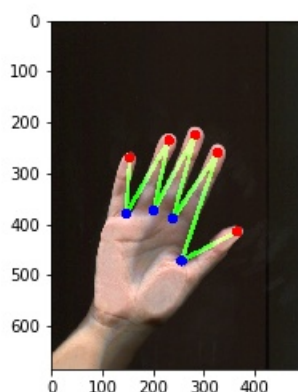
Далее производились попытки определить кончик пальца, как точку, находящуюся на границе маски, минимально удалённую от подушечки, но это чревато ошибками. Не всегда ближайшая точка совпадает с кончиком. Поэтому было принято решение остановиться на надёжно выделенном признаке.

### 4.4 Отыскание перепонки пальцев

Далее необходимо было найти перепонки. К счастью, уже было известно положение подушечки большого пальца и указательного. Идея следующая: взять подушечки 2 соседних пальцев, взять точку на середине отрезка, соединяющего эти 2 точки и искать точку в дополнении маски, максимально удалённую от данной. Для того, чтобы не найти лишних точек, не являющиеся впадинами, была построена выпуклая оболочка маски ладони, затем взята разность выпуклой оболочки и самой маски. Полученная разность разбивается на компоненты связности, одной из которых принадлежит точка на середине отрезка между подушечками пальцев. Упомянутая разность выпуклой оболочки и маски выглядит следующим образом:



После того, как были найдены подушечки большого и указательного пальцев, можно было легко отыскать остальные: подушечка среднего – ближайшая к подушечке указательного и тд. Стоит отметить, что просмотренные подушечки пальцев удаляются при поиске ближайшей соседней, иначе всё бы не работало. Перепонки определялись довольно точно. Итоговый результат выглядит примерно так:



## 5 Выводы

Проводилось много проверок правильности работы всего алгоритма и не было выявлено ошибок. Также есть предположение, что этот метод будет очень хорошо работать для любого изображения ладони, так как обоснования правильности всех важных шагов довольно естественно, просто и понятно и сам метод интуитивно является правильным на мой взгляд. Однако недостаток метода в том, что он не может быть столь легко перенесён для распознавания других частей тела человека. Всё затачивалось под то, что будет подано изображение ладони. Этот метод уступает современным более универсальным методам сегментации изображений.