

Идентификация человека по ладони

Лабораторная работа №2
по курсу «Обработка и распознавание изображений»

Васильев Руслан ВМК МГУ, 317 группа

9 мая 2021 г.

Содержание

1 Постановка задачи	2
2 Данные	2
3 Метод решения	2
3.1 Построение «линий пальцев»	2
3.2 Кластеризация	4
4 Программная реализация	5
5 Эксперименты	6
6 Заключение	7
Приложения	8

1 Постановка задачи

Цель лабораторной работы — написать программу для разметки изображений ладоней по «линии пальцев» и последующей кластеризации, использующей длины звеньев в качестве признаков.

2 Данные

В качестве исходных данных прилагается архив с 99 изображениями ладоней разных людей, полученных с помощью сканера. В описании данных утверждалось, что все изображения имеют одинаковый разммер 489×684 , но, вообще говоря, размеры отличаются и наиболее частый — 510×702 . Примеры приведены на [рис. 1](#).

Особенность задачи — почти полное отсутствие шума на фоне (за исключением 034.tif, но об этом позже), что упрощает распознавание ладоней. В предположении, что изображения не подвергались трансформациям, каждая ладонь соответствует правой руке.

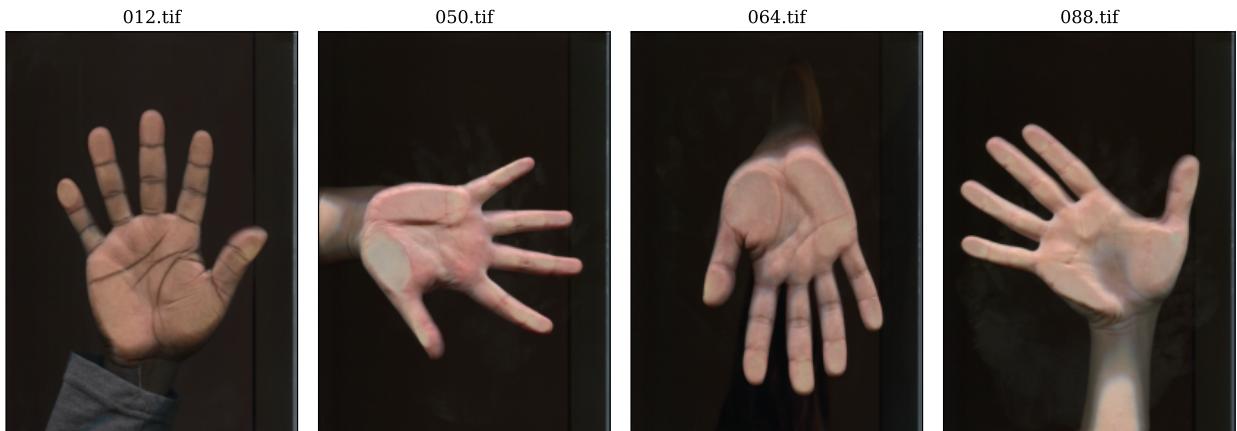


Рис. 1: Пример входных данных

3 Метод решения

3.1 Построение «линии пальцев»

Под «линией пальец» понимается ломаная, последовательно соединяющая точки кончиках пальцев с точками в основаниях пальцев. Чтобы построить ее на предложенных изображениях, будем действовать по следующему алгоритму:

1. Переходим от цветного изображения к черно-белому, бинаризуем;
2. Находим все контуры, выбираем самый длинный;
3. Строим выпуклую его оболочку;

4. Находим дефекты выпуклости;
5. Среди дефектов выпуклости с углом $\lesssim 90^\circ$ находим самые глубокие — в итоге получаем точки в основаниях пальцев и соответствующие им кончики пальцев;
6. Восстанавливаем обход против часовой стрелки, начиная с большого пальца;

Прокомментируем алгоритм. Бинаризация происходит с порогом 50 (пределы байта — от 0 до 255), такой выбор будет обоснован в разделе «Эксперименты». Пример бинаризованных изображений приведен на [рис. 2](#).

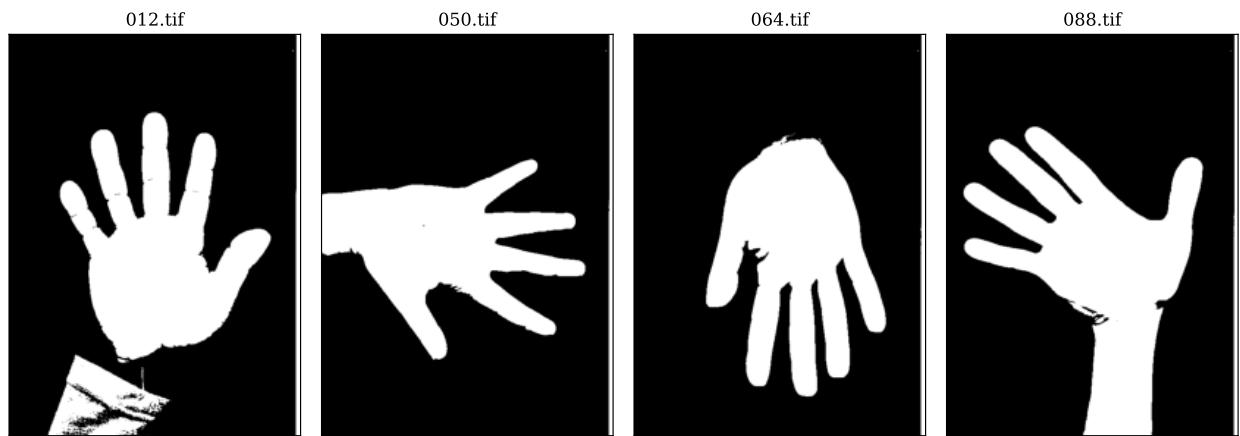


Рис. 2: Бинаризованные изображения

Далее ищутся все связные компоненты и для каждой строится контур. Нас интересует только самый длинный, соответствующий ладони. Далее мы строим его выпуклую оболочку. На [рис. 3](#) желтым выделен контур ладоней, а разовым — выпуклая оболочка.

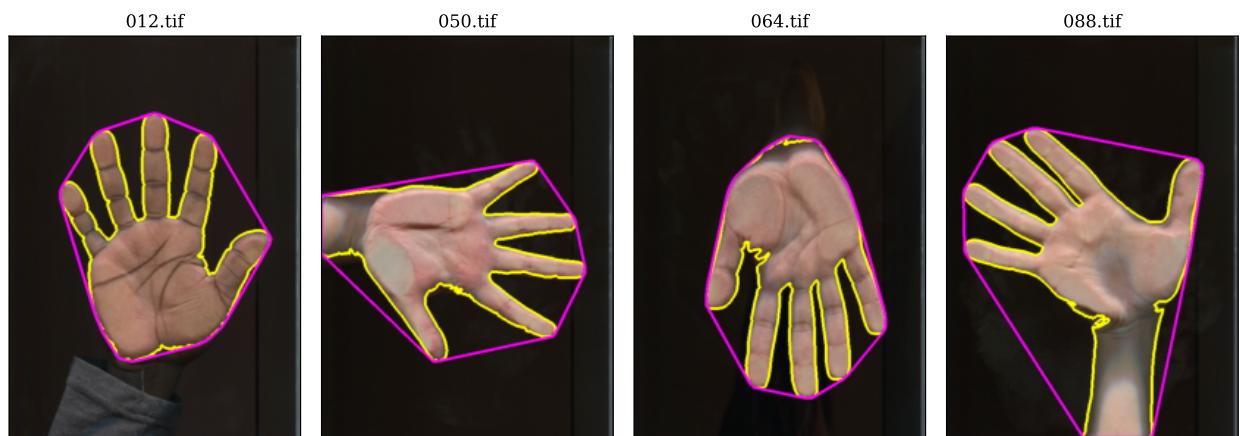


Рис. 3: Контуры и выпуклая оболочка

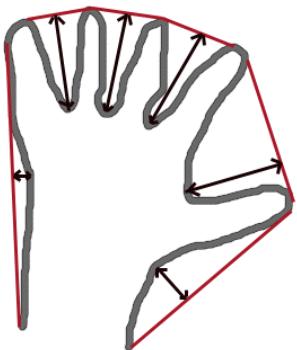


Рис. 4: «Дефекты выпуклости», источник: [OpenCV](#)

Имея контур и выпуклую оболочку, мы можем найти дефекты выпуклости (простая иллюстрация приведена на [рис. 4](#)) — точки на контуре, наиболее удаленные от двух последовательных точек выпуклой оболочки.

Приведем все такие тройки для наших изображений на [рис. 5](#). Искомые точки соответствуют четырем самым глубоким дефектам выпуклости. Но, например, 088.tif иллюстрирует, что достаточно глубокие дефекты могут возникать и в других местах, поэтому дополнительно потребуем, чтобы угол был $\leq 90^\circ$ (добавлено небольшое отклонение).

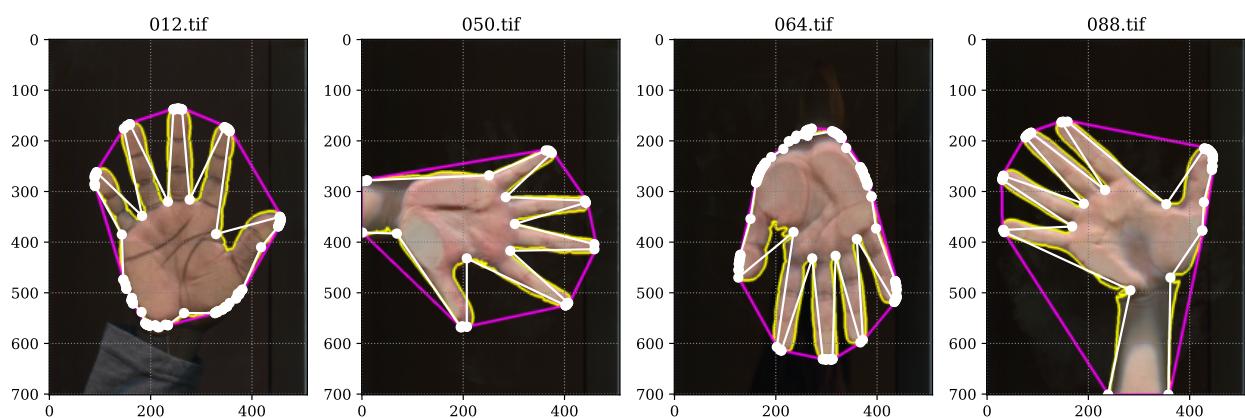


Рис. 5: Все найденные «дефекты выпуклости»

Итак, точки 4 самых глубоких «дефектов выпуклости», удовлетворяющих условию, и будут образовывать искомую «линию пальцев». Но при таком алгоритме мы получим 12 точек (по одной для мизинца и большого пальца, для остальных — по две), хотя нам нужно только 9. Вместо пар точек, соответствующих указательному, среднему и безымянному пальцу, возьмем среднюю между ними. Наконец, восстановим порядок обхода: будем идти с кончика большого пальца до кончика мизинца против часовой стрелки. Для понимания, какая точка какому пальцу соответствует, находим среди 8 изначально сохраненных кончиков (помним, что для трех средних пальцев было найдено по две точки) первую пару с наименьшим расстоянием — это две точки, соответствующие указательному пальцу. Пример результата показан на [рис. 6](#). Общие результаты можно найти в [рис. 10](#).

3.2 Кластеризация

Если у нас есть вершины «линии пальцев» от кончика большого пальца до кончика мизинца, то мы можем найти длины звеньев — признаки. Далее в задании предполагается, во-первых, найти 3 ближайших соседа для каждого изображения, и, во-вторых, выполнить кластеризацию изображений и определить общее число людей. Для обоих подзадач использовалась евклидова метрика на длинах звеньев. Кластеризация была

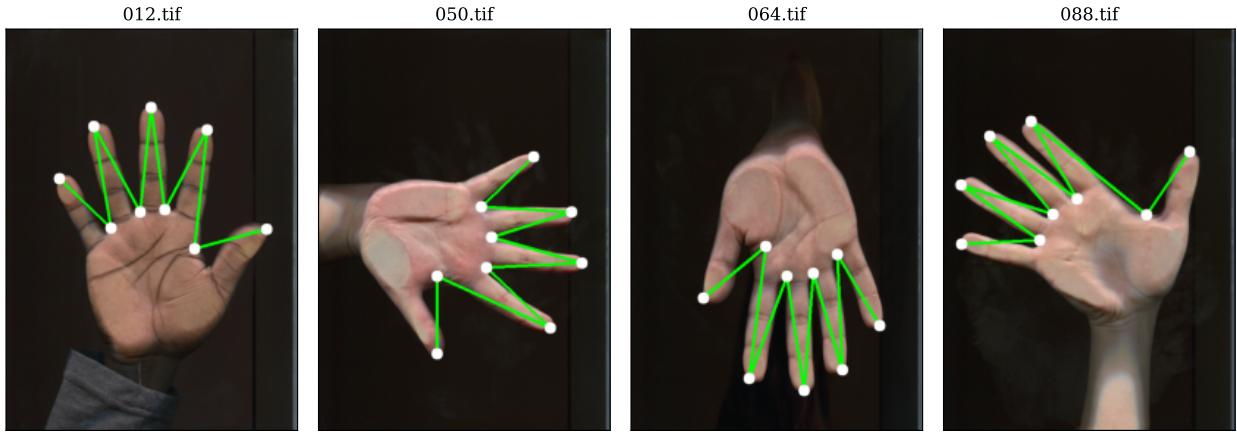


Рис. 6: Построенная «линия пальцев»

сделана с помощью обычного k -means. Число кластеров было выбрано равным 32 (см. [рис. 9](#)). Результаты приведены в [табл. 1](#) и [табл. 2](#).

4 Программная реализация

Программа написана на языке Python с использованием стандартных библиотек для анализа данных, визуализации и работы с изображениями: NumPy, Pandas, Matplotlib, OpenCV. Доступны два варианта запуска: как скрипт (`script.py`) или же как самостоятельный Jupyter Notebook (`IP_lab_02.ipynb`).

В обоих вариантах по завершении работы создается директория `output` со следующей структурой:

- `output/images` — изображения из `training` с нарисованной «линией пальцев», см. [рис. 10](#) (Intermediate)
- `output/tabs` — две csv-таблицы (Expert):
 - `output/tabs/top3.csv` — 3 ближайших соседа для каждого изображения, см. [табл. 1](#)
 - `output/tabs/clusters.csv` — результат алгоритма кластеризации, см. [табл. 2](#)

Итак, для первого варианта программы необходимо предварительно распаковать изображения в директорию и запустить скрипт командой:

```
python script.py training
```

где `training` — путь до директории, в которой расположены все изображения.

Можно также работать с ноутбуком `IP_lab_02.ipynb`. В этом случае можно просто запустить последовательно все клетки, причем в первой из них производится загрузка архива с изображениями и распаковка, в последней — загрузка архива с выходными изображениями и таблицами (рассчитано на запуск в Google Colab). Также ноутбук содержит код для отрисовки всех иллюстраций, представленных в данном отчете.

5 Эксперименты

Вернемся к обоснованию выбора порога бинаризации. Для этого посчитаем распределение оттенков серого на всех изображениях выборки ([рис. 7](#)).

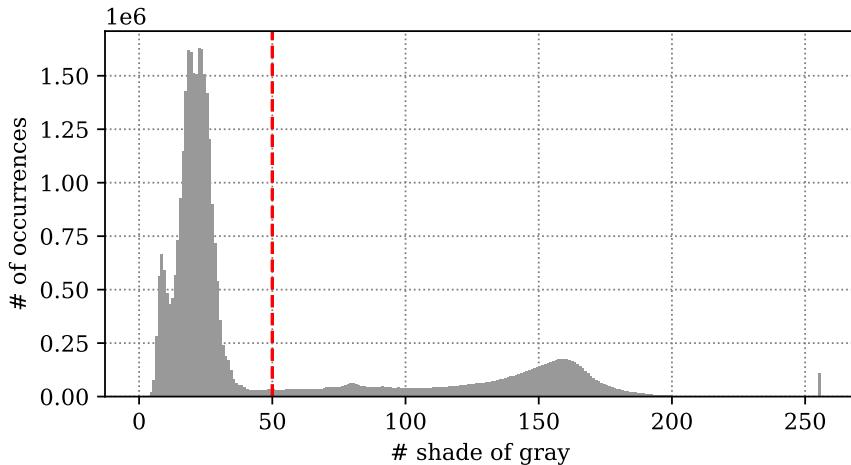


Рис. 7: Распределение оттенков серого в одноканальных изображениях

Как видим на [рис. 7](#), большая часть пикселей затемненная (левый холм) — это фон. Правый холм соответствует ладоням. Между ними мы можем варьировать порог визуализации, но, поскольку на следующих этапах маленькие контуры все равно будут отбрасываться, стоит выбирать его поменьше — 50 оказывается достаточно.

Также в этой секции обсудим, как поступить с 034.tif, [рис. 8](#). Основная проблема заключается в присутствии красной разметки. Поскольку это единственное изображение в выборке с подобным шумом, целиком изменять ради него алгоритм не было особого смысла, поэтому было решено обработать его отдельно: мы «удалили» красные линии с помощью медианного фильтра.



Рис. 8: Проблемное изображение, 034.tif

Нетривиальным вопросом является и число кластеров. При кластеризации с помощью k -means часто смотрят на зависимость *инерции* от числа кластеров [рис. 9](#) (инерция — сумма квадратов расстояний от объектов до приписанных им центров кластеров).

В сущности, даже имея [рис. 9](#), не очевидно, как точно определить число кластеров. Выбор осложняется тем, что метрика, по которой будет измеряться качество кластеризации, на момент написания работы остается неизвестной. В итоге было оставлено 32 кластера [табл. 2](#): тогда кластеры получаются достаточно небольшими, но и число содержащих единственное изображение мало.

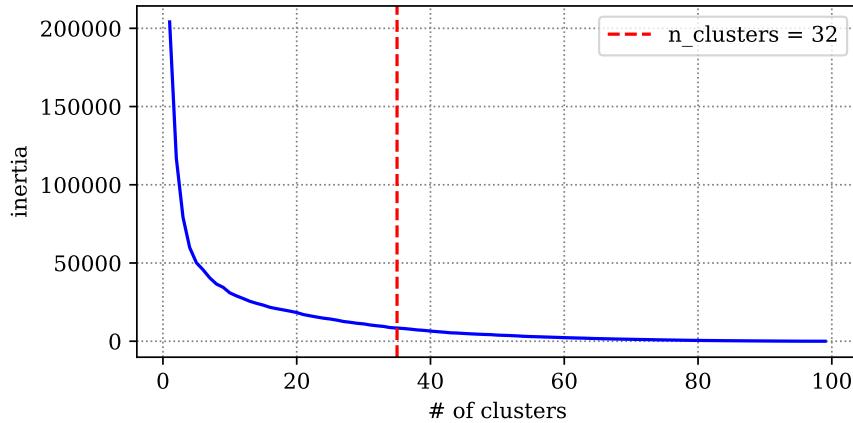


Рис. 9: Выбор оптимального числа кластеров

Заметим, что в предложенной выборке почти всегда изображения из одного кластера расположены следом друг за другом, но это свойство скорее относится к «data leakage» и не было использовано в работе.

6 Заключение

Необходимость идентификации человека возникает в большом числе прикладных задач. В данной лабораторной работе были получены и признаки, выделенные из изображений ладоней (длины звеньев «линии пальцев»), а затем с их помощью была произведена кластеризация выборки.

Приложения

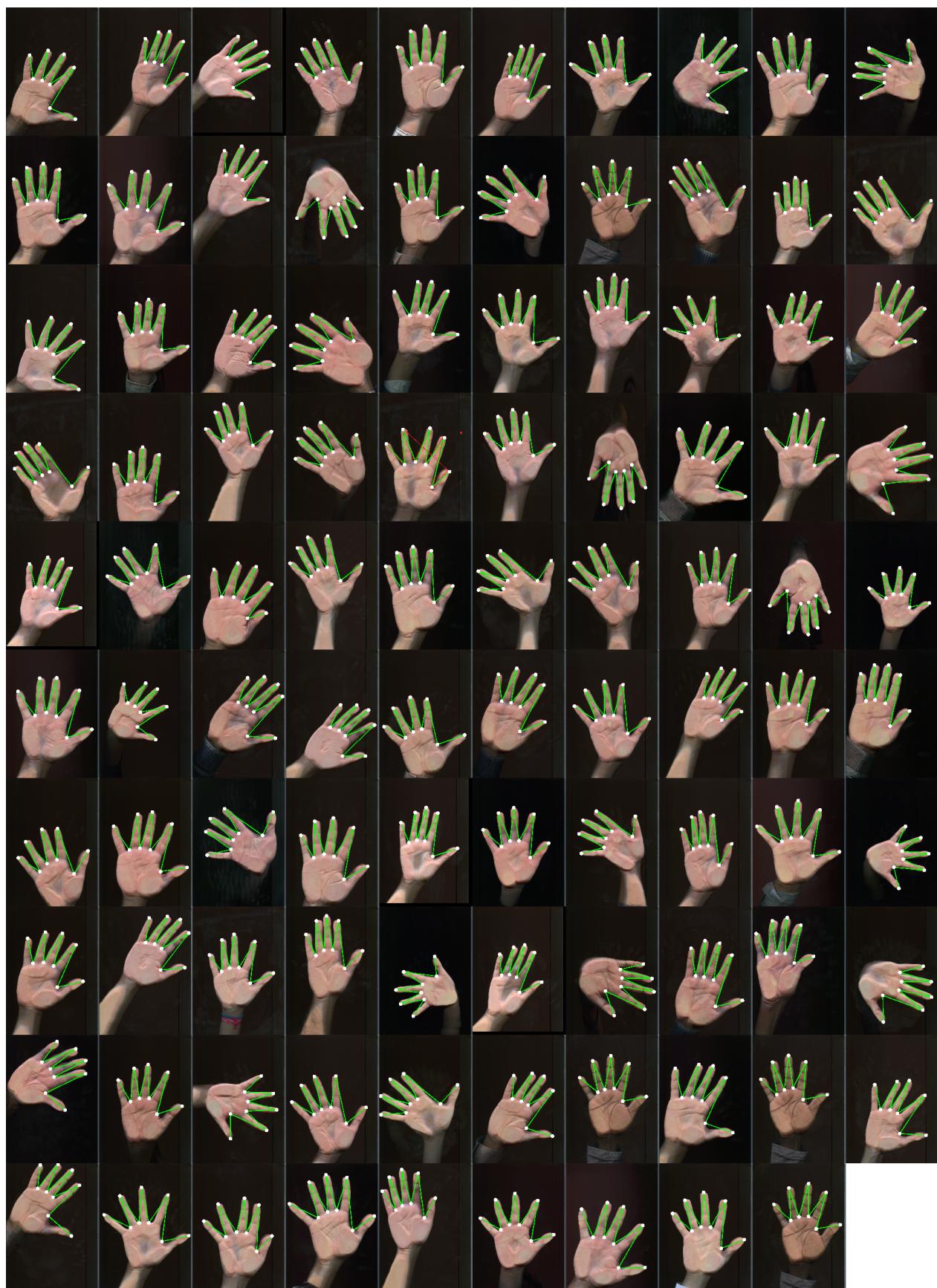


Рис. 10: Результат работы программы на всех изображениях

<i>Имя файла</i>	<i>Сосед 1</i>	<i>Сосед 2</i>	<i>Сосед 3</i>	<i>Имя файла</i>	<i>Сосед 1</i>	<i>Сосед 2</i>	<i>Сосед 3</i>	<i>Имя файла</i>	<i>Сосед 1</i>	<i>Сосед 2</i>	<i>Сосед 3</i>
001.tif	002.tif	037.tif	090.tif	039.tif	037.tif	013.tif	002.tif	095.tif	109.tif	123.tif	067.tif
002.tif	001.tif	037.tif	145.tif	041.tif	060.tif	105.tif	049.tif	096.tif	063.tif	034.tif	124.tif
003.tif	006.tif	007.tif	005.tif	046.tif	020.tif	018.tif	016.tif	097.tif	005.tif	007.tif	003.tif
004.tif	006.tif	003.tif	007.tif	047.tif	060.tif	050.tif	049.tif	099.tif	088.tif	157.tif	091.tif
005.tif	007.tif	003.tif	155.tif	049.tif	047.tif	060.tif	041.tif	105.tif	107.tif	142.tif	091.tif
006.tif	003.tif	004.tif	007.tif	050.tif	047.tif	060.tif	146.tif	106.tif	107.tif	142.tif	105.tif
007.tif	005.tif	003.tif	006.tif	051.tif	052.tif	054.tif	053.tif	107.tif	106.tif	105.tif	142.tif
008.tif	067.tif	066.tif	129.tif	052.tif	051.tif	054.tif	053.tif	109.tif	092.tif	067.tif	112.tif
009.tif	065.tif	011.tif	010.tif	053.tif	054.tif	051.tif	052.tif	111.tif	031.tif	093.tif	063.tif
010.tif	009.tif	065.tif	011.tif	054.tif	051.tif	053.tif	052.tif	112.tif	114.tif	113.tif	092.tif
011.tif	079.tif	009.tif	076.tif	055.tif	053.tif	052.tif	106.tif	113.tif	114.tif	112.tif	092.tif
012.tif	014.tif	015.tif	013.tif	056.tif	086.tif	057.tif	076.tif	114.tif	113.tif	112.tif	092.tif
013.tif	015.tif	014.tif	012.tif	057.tif	056.tif	076.tif	079.tif	118.tif	123.tif	122.tif	113.tif
014.tif	015.tif	012.tif	013.tif	060.tif	047.tif	145.tif	146.tif	120.tif	124.tif	034.tif	028.tif
015.tif	014.tif	013.tif	012.tif	063.tif	096.tif	034.tif	066.tif	122.tif	123.tif	092.tif	028.tif
016.tif	017.tif	046.tif	020.tif	064.tif	141.tif	109.tif	008.tif	123.tif	122.tif	118.tif	092.tif
017.tif	016.tif	020.tif	046.tif	065.tif	009.tif	010.tif	155.tif	124.tif	034.tif	120.tif	028.tif
018.tif	021.tif	019.tif	020.tif	066.tif	129.tif	128.tif	008.tif	126.tif	127.tif	124.tif	120.tif
019.tif	021.tif	018.tif	078.tif	067.tif	008.tif	109.tif	066.tif	127.tif	126.tif	122.tif	124.tif
020.tif	046.tif	018.tif	017.tif	068.tif	020.tif	046.tif	011.tif	128.tif	129.tif	066.tif	157.tif
021.tif	019.tif	018.tif	024.tif	071.tif	150.tif	050.tif	151.tif	129.tif	128.tif	066.tif	008.tif
022.tif	023.tif	035.tif	026.tif	076.tif	079.tif	077.tif	086.tif	135.tif	107.tif	157.tif	003.tif
023.tif	022.tif	035.tif	124.tif	077.tif	078.tif	076.tif	079.tif	138.tif	093.tif	065.tif	064.tif
024.tif	021.tif	086.tif	056.tif	078.tif	077.tif	019.tif	021.tif	141.tif	009.tif	066.tif	064.tif
026.tif	028.tif	022.tif	035.tif	079.tif	076.tif	011.tif	086.tif	142.tif	106.tif	107.tif	105.tif
027.tif	029.tif	028.tif	026.tif	081.tif	082.tif	090.tif	057.tif	144.tif	004.tif	145.tif	146.tif
028.tif	026.tif	029.tif	124.tif	082.tif	081.tif	090.tif	057.tif	145.tif	144.tif	002.tif	146.tif
029.tif	027.tif	028.tif	026.tif	086.tif	079.tif	076.tif	056.tif	146.tif	004.tif	144.tif	006.tif
031.tif	063.tif	009.tif	011.tif	088.tif	091.tif	099.tif	107.tif	150.tif	151.tif	152.tif	071.tif
034.tif	124.tif	096.tif	120.tif	090.tif	081.tif	082.tif	005.tif	151.tif	150.tif	152.tif	071.tif
035.tif	022.tif	023.tif	026.tif	091.tif	088.tif	107.tif	105.tif	152.tif	150.tif	151.tif	071.tif
036.tif	035.tif	028.tif	120.tif	092.tif	112.tif	122.tif	114.tif	155.tif	005.tif	007.tif	003.tif
037.tif	002.tif	001.tif	090.tif	093.tif	138.tif	111.tif	064.tif	157.tif	155.tif	086.tif	107.tif

Таблица 1: Три наиболее похожих изображения — ближайших соседа

<i>Номер персоны</i>	<i>Имена изображений</i>	<i>Номер персоны</i>	<i>Имена изображений</i>
1	001.tif, 002.tif, 037.tif	17	055.tif
2	003.tif, 004.tif, 005.tif, 006.tif, 007.tif, 097.tif, 155.tif	18	064.tif
3	008.tif, 066.tif, 128.tif, 129.tif, 141.tif	19	067.tif, 109.tif
4	009.tif, 010.tif, 065.tif	20	071.tif
5	011.tif, 024.tif, 056.tif, 057.tif, 076.tif, 079.tif, 086.tif	21	081.tif, 082.tif, 090.tif
6	012.tif, 013.tif, 014.tif, 015.tif	22	088.tif, 091.tif, 099.tif
7	016.tif, 017.tif, 068.tif	23	092.tif, 118.tif, 122.tif, 123.tif
8	018.tif, 019.tif, 020.tif, 021.tif, 046.tif, 077.tif, 078.tif	24	093.tif
9	022.tif, 023.tif, 026.tif, 035.tif	25	095.tif
10	027.tif, 028.tif, 029.tif, 036.tif	26	105.tif, 106.tif, 107.tif, 142.tif
11	031.tif, 135.tif, 157.tif	27	111.tif
12	034.tif, 063.tif, 096.tif	28	112.tif, 113.tif, 114.tif
13	039.tif	29	120.tif, 124.tif, 126.tif, 127.tif
14	041.tif	30	138.tif
15	047.tif, 049.tif, 050.tif, 060.tif	31	144.tif, 145.tif, 146.tif
16	051.tif, 052.tif, 053.tif, 054.tif	32	150.tif, 151.tif, 152.tif

Таблица 2: Результат кластеризации (32 кластера)