

УДК 004.021

## МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ ОБОБЩЕННОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ ПО ОПОРНЫМ ТОЧКАМ

**Г. В. Сыроежкин**, аспирант НИЯУ МИФИ; syroezhkingerman@gmail.com

**А. Б. Савинецкий**, к.т.н., доцент кафедры Системный Анализ НИЯУ МИФИ; albor52@inbox.ru

**А. М. Маурер**, к.б.н., старший научный сотрудник Лаборатории антропогенеза НИИ и Музея антропологии МГУ им. Ломоносова; foto-rer@yandex.ru

*Рассматривается задача создания обобщенного изображения по опорным точкам на примере изображений лиц людей.*

*Целью работы* является разработка методов создания обобщенных изображений путем объединения трансформированных изображений группы, используя различное количество опорных точек. Рассматриваются методы объединения по двум, трем и произвольному количеству точек с использованием каркаса. Результаты применения методов на выборке изображений человеческих лиц подтверждают возможность создания специализированного программного обеспечения для формирования обобщенных изображений.

**Ключевые слова:** *средний портрет, обобщенное изображение, трансформация изображений, триангуляция, опорные точки, реперные точки, Гальтон, Перретт, лицо.*

**DOI:** 10.21667/1995-4565-2017-61-3-105-109

### Введение

Рассматривается решение задачи создания обобщенного изображения по опорным точкам. Создание обобщенных изображений является важной задачей в антропологии, криминалистике, медицинских исследованиях, астрономии и метеорологии.

### Теоретическая часть

Существующие методы для формирования обобщенных изображений [1, 2] показывают отсутствие полноценного программного обеспечения для формирования обобщенного изображения, использующего современные стандарты качества и скорости.

Усреднение изображений находит важное применение в науках, где обычным является получение изображений при высоком уровне шума [3]. Так, например, в астрономии снимки получаются бесполезными для анализа из-за наличия шума датчика, вызванного малым уровнем освещенности.

*Целью работы* является разработка методов формирования обобщенного портрета с использованием двух, трех и произвольного количества опорных точек с использованием каркаса.

Перед применением разрабатываемых методов к элементам выборки, пиксели последних должны быть приведены в соответствие друг другу. Для осуществления такого соответствия

изображения должны быть трансформированы на основе реперных точек. Реперные точки – это опорные точки, на которых основывается шкала измерений. В случае совмещения изображений такими точками являются точки, по которым происходит совмещение. Выбор количества и положения реперных точек влияет на качество и содержательность обобщенного изображения.

Для решения задачи рассматриваются два вида реперных точек: точки первого и второго рода. Точки первого рода – это точки, местоположение которых на изображении фиксировано на одном из первых этапов объединения и более не подвергнется изменению при дальнейшей обработке. Точки, которые будут изменять свои координаты, – точки второго рода. Благодаря им изображение будет растягиваться или сужаться относительно точек первого рода.

В случае объединения человеческих лиц за точки первого рода принимаются зрачки глаз. Все остальные точки являются точками второго рода.

### Метод 1. Метод объединения изображений по двум реперным точкам.

Объединение изображений по реперным точкам подразумевает, что координаты точек на каждом изображении будут совпадать друг с другом после совмещения изображений. Для достижения этих целей изображения должны быть трансформированы относительно двух точек первого рода: повернуты, обрезаны и изме-

нены в размере. Ниже приводится описание пошаговой работы алгоритма.

Шаг 1. Загрузить данные. В качестве входных данных выступают изображения выборки и координаты реперных точек каждого изображения. Перейти к шагу 2. Последовательность шагов 2, 3, 4 и 5 может быть выполнена параллельно с шагом 6.

Шаг 2. Рассчитать по реперным точкам среднее значение угла наклона изображений. Перейти к шагу 3.

Шаг 3. Если в списке изображений присутствуют нерассмотренные элементы, то перейти к шагу 4. Иначе перейти к шагу 7.

Шаг 4. Рассчитать по реперным точкам для изображения угол поворота до среднего значения. Перейти к шагу 5.

Шаг 5. Повернуть изображение на рассчитанный угол. Перейти к шагу 3.

Шаг 6. Рассчитать по реперным точкам для изображения среднее значение размера между реперными точками. Перейти к шагу 7.

Шаг 7. Если в списке изображений присутствуют нерассмотренные элементы, то перейти к шагу 8. Иначе перейти к шагу 10.

Шаг 8. Рассчитать по реперным точкам для изображения коэффициент изменения размера до среднего значения. Перейти к шагу 9.

Шаг 9. Изменить размер изображения на величину коэффициента. Перейти к шагу 7.

Шаг 10. Рассчитать для изображения минимальное значение ширины и высоты. Перейти к шагу 11. Последовательность шагов 11 и 12 может быть выполнена параллельно с шагом 13.

Шаг 11. Если в списке изображений присутствуют нерассмотренные элементы, то перейти к шагу 12. Иначе перейти к шагу 14.

Шаг 12. Обрезать изображение по минимальным значениям ширины и высоты. Перейти к шагу 11.

Шаг 13. Рассчитать количество пикселей на результирующем изображении. Перейти к шагу 14.

Шаг 14. Если в списке пикселей присутствуют нерассмотренные элементы, то перейти к шагу 15. Иначе перейти к шагу 16.

Шаг 15. Рассчитать среднее значение для пикселя. Перейти к шагу 14.

Шаг 16. Построить изображение из рассчитанных пикселей.

### **Метод 2. Метод объединения изображений по трем опорным точкам.**

Шаги алгоритма объединения изображений по трем точкам не отличаются от алгоритма объединения по двум точкам за исключением одного шага. В добавление к пропорциональному изменению размера изображений выборки отно-

сительно значения межзрачкового расстояния, они также растягиваются или сужаются по высоте относительно длины перпендикуляра, проведенного к межзрачковой линии от третьей точки, находящейся на ротовой линии.

Метод объединения изображений по трем реперным точкам растягивает обобщенный портрет по высоте, что делает область между глазами и ртом четкой, не изменяя при этом четкость другой части изображения, что сохраняет характеристики обобщенного портрета, создаваемого по методике Гальтона [4].

### **Метод 3. Метод объединения изображений по произвольному количеству точек с использованием каркаса.**

Для получения более четкого изображения, близкого к изображению, получаемому по методу Перретта [5], трех точек недостаточно – необходимо разместить на изображении большее количество точек.

Объединение изображений по произвольному количеству реперных точек нуждается в трансформировании изображений путем морфинга. Поворот, обрезание и изменение размера изображений не являются достаточными условиями.

Основываясь на способе «резинового листа», разработан алгоритм, однозначно трансформирующий изображения. Взаимное положение точек должно быть предварительно задано пользователем при создании каркаса через графический пользовательский интерфейс программного средства.

Ниже приводится описание пошаговой работы алгоритма.

Шаг 1. Загрузить данные. В качестве входных данных выступают изображения выборки, координаты реперных точек каждого изображения и каркас координат точек вершин треугольников, на которые разбита плоскость изображения. Перейти к шагу 2. Последовательность шагов 2 и 3, шаг 4 и шаг 5 могут быть выполнены параллельно.

Шаг 2. Если в списке точек каркаса присутствуют нерассмотренные элементы, то перейти к шагу 3. Иначе перейти к шагу 6.

Шаг 3. Рассчитать для реперной точки каркаса среднее значение координат по оси абсцисс и ординат. Перейти к шагу 2.

Шаг 4. Рассчитать среднее значение ширины и высоты изображений. Перейти к шагу 6.

Шаг 5. Рассчитать количество пикселей на результирующем изображении. Перейти к шагу 6.

Шаг 6. Если в списке пикселей изображения присутствуют нерассмотренные элементы, то перейти к шагу 7. Иначе перейти к шагу 12.

Шаг 7. Определить идентификатор треугольника, в котором находится пиксель. Перейти к шагу 8.

Шаг 8. Если в списке изображений присутствуют нерассмотренные элементы, то перейти к шагу 9. Иначе перейти к шагу 11.

Шаг 9. Вычислить координаты пикселя в треугольнике на изображении, опираясь на вершины и идентификатор треугольника. Перейти к шагу 10.

Шаг 10. Запомнить значение пикселя на изображении. Перейти к шагу 8.

Шаг 11. Рассчитать среднее значение для пикселя. Перейти к шагу 6.

Шаг 12. Построить изображение из рассчитанных пикселей. Завершить работу.

### Экспериментальные исследования

На рисунке 1 представлены обобщенные изображения выборки «Мальчики». Обобщенный фотопортрет, полученный совмещением по двум опорным точкам, зрачкам, формирует ясный рисунок элементов внешности, признаки лица подлежат однозначному описанию. Элементы, расположенные в окологлазничной области, «читаются» отчетливо. Однако, нижний ярус лица представляет собой неопределенные поля точек – признаки лица являются менее четкими.

Фотопортрет, полученный совмещением снимков по трем реперным точкам (рисунок 2) дает прорисовку нижних элементов лица, очерчивание дополнительных признаков, что делает обобщенный портрет ближе к типологически-содержательному образу выборки.

Алгоритм стягивающего каркаса позволяет увеличить читаемость портрета и приближает его к наиболее реалистичному. Полученный портрет, в отличие от портрета, полученного методом с использованием трех точек, не сохраняет часть дисперсии. С другой стороны, такой портрет показывает отдельную выборку семьи как целое и является объектом для новых исследований. Также по такому портрету можно делать достаточно точные измерения межзрачкового расстояния и других важных лицевых измерений [6, 7].

Результатом метода является обобщенное изображение, сглаженное настолько хорошо, насколько много точек существует в его каркасе (рисунок 3).

### Заключение

В статье предложены методы создания обобщенных изображений на примере фотографий лиц людей. Разработанные методы могут быть имплементированы в программном обеспе-

чении с графическим пользовательским интерфейсом в целях автоматизации процесса формирования обобщенного изображения.

Алгоритмы и методы обработки изображений универсальны и могут быть применены к изображениям любых исследуемых объектов.



Рисунок 1 – Обобщенный портрет по двум опорным точкам

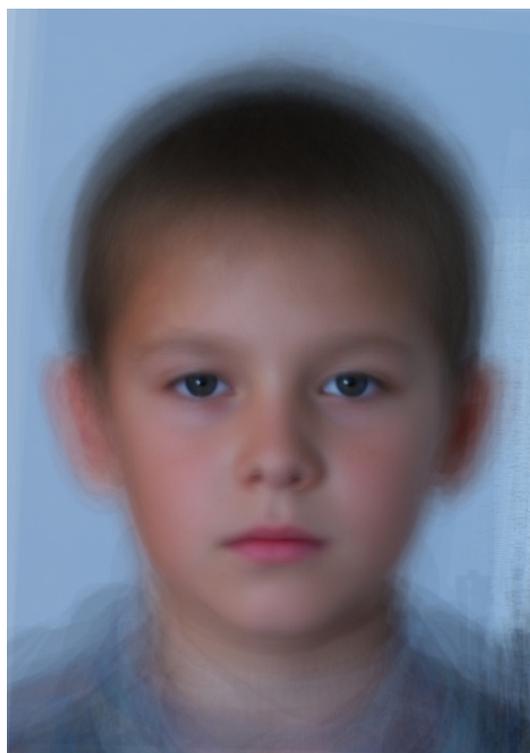


Рисунок 2 – Обобщенный портрет, три опорные точки



**Рисунок 3 – Обобщенный портрет,  
27 опорных точек**

#### **Библиографический список**

1. **Маурер А. М.** Обобщенный фотопортрет как источник антропологической информации: дисс. ... к.б.н.: 03.00.14. – Москва, 2006.

2. **Беликов А. В., Гончаров И. А., Гончаров Н. Н.** Алгоритмы использования оцифрованных изображений для создания обобщенного фотопортрета // Вестник Московского университета. Серия 23: Антропология. – 2014. – № 1. – С. 74–83

3. **Вудс Р., Гонсалес Р.** Цифровая обработка изображений. – М.: Издательство «Техносфера», 2005. – 1072 с.

4. **Galton Fr.** Composite portraits // Nature. – 1878. – vol. 5 (17). – P. 97-100.

5. **Perrett D. I., May K. A., Yoshikawa S.** Facial shape and judgments of female attractiveness // Nature. – 1994. – vol. 368(6468).

6. **Сыроежкин Г. В., Савинецкий А. Б., Маурер А.М.** New computer program «face-on-face» as a new practical anthropological virtual instrument // Вестник Московского университета. Серия 23: Антропология. – 2014. – №3. – С. 35-37.

7. **Савинецкий А. Б., Низаметдинов Ш. У., Сыроежкин Г. В., Сафиуллин А. Э.** Разработка методов создания и обработки обобщенных компьютерных изображений и их приложение в антропологии // Научная визуализация. – 2015. – Т.7. – №5. – С. 53-67.

UDC 004.021

## AVERAGE IMAGE CREATION METHODS USING REFERENCE LANDMARKS

**G. V. Syroezhkin**, post-graduate student, NRNU MEPhI; syroezhkingerman@gmail.com

**A. B. Savinetsky**, PhD (technical sciences), associate professor of the System Analysis Department, NRNU MEPhI; albor52@inbox.ru

**A. M. Maurer**, PhD (biological sciences), senior researcher of the Anthropogenesis Laboratory, Institute of Anthropology, Lomonosov Moscow State University; foto-rer@yandex.ru

*The problem of average image creation using reference landmarks is studied. The aim of the research work is to develop average image creation methods based on averaging transformed group of images using different number of reference landmarks. Averaging methods based on two, three and arbitrary number of reference landmarks using carcass are reviewed. The results of the application of methods on the selection of images of human faces confirm the possibility of creating specialized software for the creation of generalized images.*

**Key words:** average portrait, mean image, image transformation, triangulation, reference landmarks, Galton, Perrett, face.

**DOI:** 10.21667/1995-4565-2017-61-3-105-109

### References

1. **Maurer A. M.** Obobshhennyj fotoportret kak istochnik antropologicheskoy informacii: diss. ... k.b.n.: 03.00.14. Moskva, 2006. (in Russian)

2. **Belikov A. V., Goncharov I. A., Goncharova N.N.** Algoritmy ispol'zovaniya ocifrovannyh izobrazhenij dlja sozdaniya obobshhennogo fotoportreta // Vestnik Moskovskogo universiteta. Serija 23: Antropologija. 2014. no. 1. pp. 74–83 (in Russian).

3. **Vuds R., Gonsales R.** Cifrovaya obrabotka izobrazhenii. M.: Tekhnosfera, 2005. – pp. 1072.

4. **Galton Fr.** Composite portraits. Nature. – 1878.

vol. 5 (17). – pp. 97-100.

5. **Perrett D. I., May K. A., Yoshikawa S.** Facial shape and judgments of female attractiveness. Nature. 1994. –vol. 368(6468).

6. **Syroezhkin G. V., Savinetsky A. B., Maurer A. M.** New computer program «face-on-face» as a new practical anthropological virtual instrument // MSU Newsletter. Series 23: Anthropology. – 2014. – no. 3. – pp. 35-37.

7. **Savinetsky A. B., Nizametdinov Sh. U., Syroezhkin G. V., Safullin A. E.** Razrabotka metodov sozdaniya i obrabotki obobshhennyh komp'yuternyh izobrazhenij i ih prilozhenie v antropologii. Nauchnaja vizualizacija. 2015. vol.7. no.5. pp. 53-67.