

СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ РАССТАНОВКИ КОНТРОЛЬНЫХ ТОЧЕК НА ЛИЦЕ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ЕДИНИЦ ПО ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЮ

Бойко А.А., Каранкевич А.И.

Научно-исследовательский и испытательный центр биометрической техники
Московского государственного технического университета
имени Н.Э. Баумана (НИИЦ БТ МГТУ им. Н.Э. Баумана),
boiko_andrew@mail.ru, karankevitch@mail.ru

Данная статья подготовлена в рамках выполнения научно-исследовательской работы (НИР) по теме «Разработка метода автоматизированного определения предрасположенности человека к противоправным действиям по особенностям невербального поведения»; основание для проведения НИР – задание № 2014/104 на выполнение государственных работ в сфере научной деятельности в рамках базовой части государственного задания Минобрнауки России; код проекта – 1765.

В соответствии с ГОСТ Р ИСО/МЭК 19794-5-2013, «контрольная точка (feature point) – опорная точка на изображении лица, используемая алгоритмами распознавания лица» [1, с. 3]. Часто в качестве синонима термина «контрольная точка» употребляется термин «антропометрическая точка» (anthropometric landmark), которая определяется как «контрольная точка на лице, используемая для распознавания и классификации людей» [1, с. 2]. В контексте определения двигательных единиц указанные термины также будут использоваться как синонимы.

Двигательные единицы (ДЕ; англ. Action Unit, AU) «представляют собой основные движения, совершаемые отдельными мышцами или группой мышц» [6]. Двигательные единицы используются для классификации выражений лица человека в системе, разработанной П. Экманом и У. Фризенем в 1978 году [9].

Классификация по видеоизображению эмоций, испытываемых человеком, находит применение в различных областях. Одним из возможных применений является интеграция алгоритмов определения эмоций в системы видеонаблюдения с целью раннего определения предрасположенности человека к противоправным действиям по особенностям невербального поведения и принятия превентивных мер. С этой целью выделяют двигательные единицы, участвующие в формировании негативных эмоций, прежде всего – эмоции гнева (англ. anger) и страха (англ. fear) [2].

В задачах анализа изображения лица часто выделяют четыре этапа [2; 4, с. 58]:

1. Обнаружение лица на изображении.
2. Нормализация изображения лица.
3. Вычисление признаков.
4. Классификация.

Расстановка контрольных точек может быть использована на этапе № 1 и, в особенности, на этапе № 3. При этом в качестве признаков могут использоваться геометрические (англ. geometric features) или текстурные (англ. appearance features) признаки. В первом случае контрольные точки используются непосредственно для вычисления признаков (например, расстояний или углов между отрезками, соединяющими определенные контрольные точки), во втором случае контрольные точки используются для локализации областей, по которым вычисляются текстурные признаки.

Существует несколько различных систем расстановки контрольных точек на изображении лица. Очевидная дихотомия таких систем – их разделение на системы, в которых координаты контрольных точек задаются в двумерном или трехмерном пространстве [1; с. 16; 5, с. 50-51]. Однако в контексте настоящей работы нас прежде всего будет интересовать другой классификационный признак: наличие библиотек (в том числе – свободно распространяемых), позволяющих осуществить расстановку контрольных точек в соответствии с выбранной системой. Далее будут рассматриваться только те системы (комплексы) контрольных точек, для которых существуют библиотеки расстановки. К числу таких систем относятся:

- система из 77 контрольных точек, расстановка которых осуществляется с использованием библиотеки STASM [7];
- система из 68 контрольных точек, которые наносились на изображения базы данных Multi-PIE [10]. Расстановка указанного комплекса возможна, в частности, с использованием библиотеки CLM-framework (Cambridge Face Tracker) [11].

В обеих указанных системах контрольные точки расставляются на основных элементах лица, к числу которых относятся:

- брови (правая и левая);
- глаза (правый и левый);
- нос;
- рот (губы);
- абрис лица.

Номера контрольных точек в обеих рассматриваемых системах расстановки, относящихся к основным элементам лица, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Контрольные точки в библиотеках STASM и CLM-framework

Элементы лица	Библиотеки			
	STASM		CLM-framework	
	номера точек	количество точек	номера точек	количество точек
Бровь правая	от 16 до 21	6	от 17 до 21	5
Бровь левая	от 22 до 27	6	от 22 до 26	5
Глаз правый	29; от 30 до 38	10	от 36 до 41	6
Глаз левый	28; от 39 до 47	10	от 42 до 47	6
Нос	от 48 до 58	11	от 27 до 35	9
Губы	от 59 до 76	18	от 48 до 67	20
Абрис лица	от 0 до 15	16	от 0 до 16	17
Общее количество точек		77		68

На рисунке 1 показаны: исходное изображения лица (одного из авторов настоящей работы), изображение лица с точками, расставленными обеими библиотеками, изображение лица с точками, расставленными библиотекой STASM, изображение лица с точками, расставленными библиотекой CLM-framework.

В результате сравнения схем расстановки контрольных точек рассматриваемыми библиотеками можно сделать следующие выводы:

- обе библиотеки осуществляют расстановку контрольных точек на основных элементах лица;
- на брови библиотека STASM осуществляет расстановку точек по верхнему и нижнему контурам, в то время как библиотека CLM-framework осуществляет расстановку точек преимущественно по средней линии;
- в библиотеке STASM существенно большее количество точек приходится на глаза (правый и левый) – 10 точек в библиотеке STASM против 6 точек в библиотеке CLM-framework. В частности, в библиотеке STASM одна из точек соответствует центру зрачка, что может использоваться в алгоритмах определения направления взгляда;
- количество точек, расстановка которых осуществляется на носу, в рассматриваемых библиотеках близко (11 точек в библиотеке STASM и 9 точек в библиотеке CLM-framework), однако характер расстановки этих точек различается: в библиотеке STASM основное количество точек расставляется на крыльях носа, а в библиотеке CLM-framework – на переносице;
- количество точек, расстановка которых осуществляется на губах, практически одинаковое (18 точек в библиотеке STASM и 20 точек в библиотеке CLM-framework), в библиотеке CLM-framework на внутреннем контуре губ расставляется на 2 точки больше;
- количество точек на абрисе лица практически одинаково, различие заключается в том, что в библиотеке CLM-framework точки расставляются от правого до левого виска, в то время как в библиотеке STASM 3 точки дополнительно очерчивают верхний контур лба.

В целом, можно выделить три основные преимущества системы расстановки контрольных точек с помощью библиотеки STASM: большее общее количество точек, большее количество точек на глазах, включая контрольную точку в центре зрачка, и большее количество точек на абрисе лица, включая контрольные точки на верхнем контуре лба.

Однако у системы контрольных точек, расставляемых с помощью библиотеки CLM-framework, есть серьезное преимущество, заключающееся в том, что с использованием именно этой системы выполнена разметка большого количества баз данных изображений лица, и именно эта система используется при проведении соревнования для разработчиков алгоритмов расстановки контрольных точек [7].

Очевидно, что расстановка контрольных точек на лице – не самоцель. Как указано выше, основное назначение расстановки контрольных точек – последующее вычисление признаков. В простейшем случае с использованием координат контрольных точек могут вычисляться расстояния (для этого используются две контрольные точки) или углы (по трем контрольным точкам). Вычисленные признаки могут использоваться для определения параметров более высокого порядка, например, двигательных единиц, которые, в свою очередь, выступают в качестве основы для определения эмоционального состояния. В соответствии с [3], гнев является основным эмоциональным проявлением агрессии. В [3] также представлен перечень двигательных единиц, которые участвуют в формировании эмоции гнева. В таблице 2 приведены данные двигательные единицы с указанием номеров контрольных точек библиотек STASM и CLM-framework, которые могут использоваться для вычисления признаков с последующим определением двигательной единицы.

Таким образом, обе указанные библиотеки могут использоваться для определения двигательных единиц AU4, AU5, AU7, AU10, AU22, AU23, AU25 и AU26, которые участвуют в формировании эмоции

гнева, а значит, потенциально могут использоваться для определения агрессии, которая является основной клинической формой делинквентного (а следовательно – и девиантного) поведения.

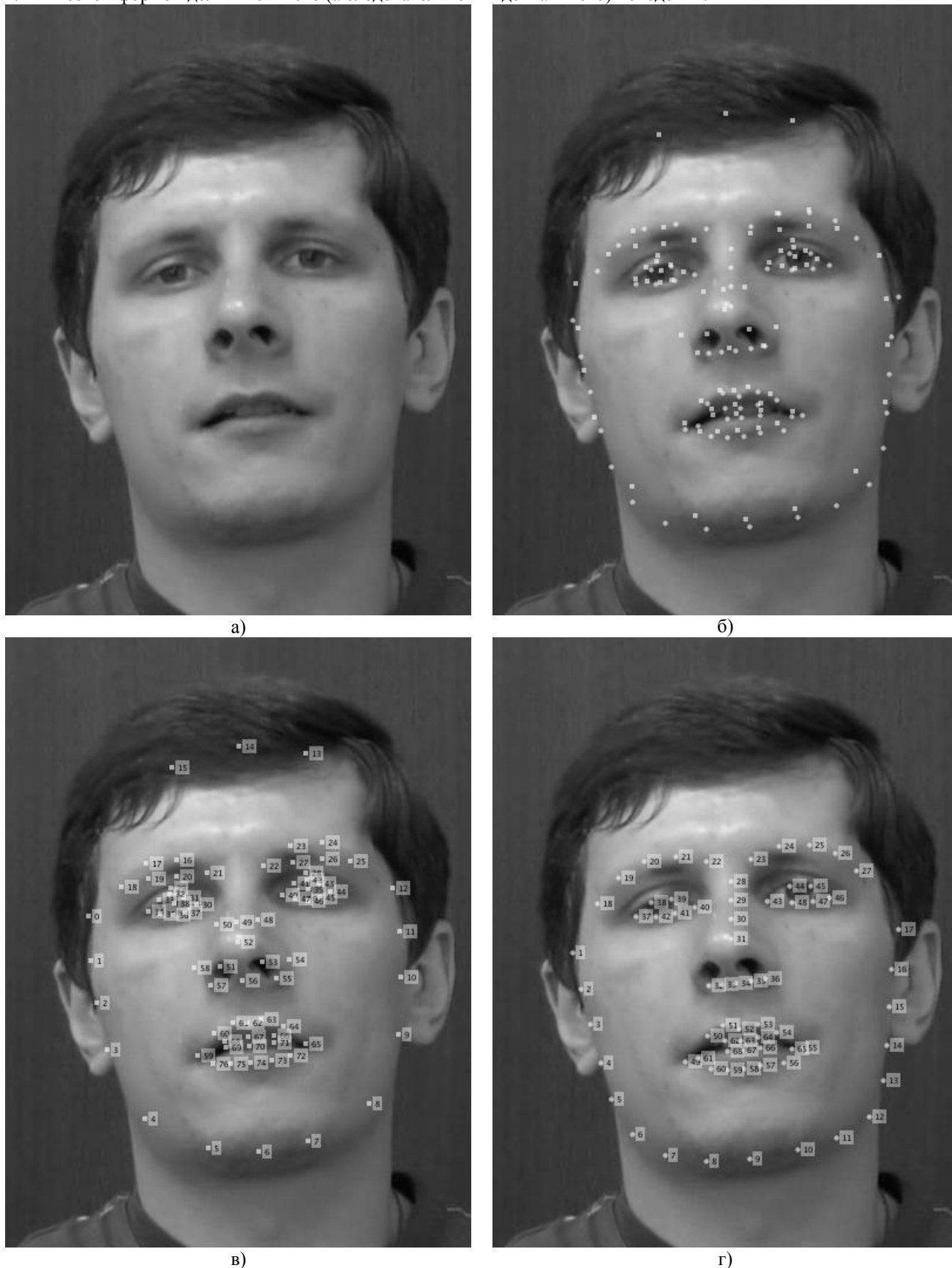


Рис. 1 – Изображение лица с точками, расставленными различными библиотеками
а) – исходное изображение лица; б) – изображение лица с точками, расставленными библиотеками STASM (квадраты белого цвета) и CLM-framework (круги белого цвета); в) – изображение лица с точками, расставленными библиотекой STASM (с номерами точек); г) – изображение лица с точками, расставленными библиотекой CLM-framework (с номерами точек).

Таблица 2 – Перечень двигательных единиц, участвующих в формировании эмоции гнева

Номер двигательной единицы	Оригинальное название двигательной единицы (на английском языке)	Двигательная единица	Номера контрольных точек библиотеки STASM	Номера контрольных точек библиотеки CLM-framework
4	brow lowerer	опускание брови	от 16 до 21; от 22 до 27; 30; 40; 52	от 18 до 22; от 23 до 27; 34; 40; 43
5	upper lid raiser	поднимание верхнего века	от 30 до 38; 29; от 39 до 47; 28	от 37 до 42; от 43 до 48
7	lid tightener	натягивание века	то же	то же
10	upper lip raiser	поднимание верхней губы	от 59 до 76; 30; 40; 52	от 49 до 68; 34; 40; 43
22	lip funneler	губы воронкой	то же	то же
23	lip tightener	натягивание губ	--/--	--/--
25	lips part	губы разведены	--/--	--/--
26	jaw drop	челюсть опущена	от 4 до 8; 30; 40; 52	от 6 до 12; 34; 40; 43

Библиографический список

1. ГОСТ Р ИСО/МЭК 19794-5-2013. Информационные технологии. Биометрия. Форматы обмена биометрическими данными. Часть 5. Данные изображения лица. Введ. 01.01.2015. – М.: Стандартинформ, 2015. – 118 с.
2. Анализ существующих подходов к распознаванию лиц. – Режим доступа <https://habrahabr.ru/company/synesis/blog/238129/> (дата обращения 08.04.2016), свободный. – Загл. с экрана. – Яз. русск.
3. Бойко А.А. Подходы к автоматизированному определению склонности человека к противоправным действиям по мимическим проявлениям // Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии: Доклады XI МНТК с элементами научной молодежной школы, Владимир, 1-3 июля 2014 г. – Владимир, 2014. – Книга 2. – С. 36-39.
4. Петрук В.И., Самородов А.В., Спиридонов И.Н. Применение локальных бинарных шаблонов к решению задачи распознавания лиц // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия Приборостроение. – 2011. - № 2. – С. 58-63.
5. Петрук В.И., Прояев П.О. Исследование алгоритма определения ракурса лица по 2D изображению // Молодежный научно-технический вестник. – 2013. - № 8. – С. 50.
6. Система кодирования лицевых движений. – Режим доступа https://ru.wikipedia.org/wiki/Система_кодирования_лицевых_движений#cite_note-1 (дата обращения 11.04.2016), свободный. – Загл. с экрана. – Яз. русск.
7. 300 Faces In-the-Wild Challenge (300-W), ICCV 2013. – Режим доступа <http://ibug.doc.ic.ac.uk/resources/300-W/> (дата обращения 13.04.2016), свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ.
8. Active shape models with Stasm. – Режим доступа <http://www.milbo.users.sonic.net/stasm/index.html> (дата обращения 12.04.2016), свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ.
9. Ekman P., Friesen W. Facial action coding system: A technique for the measurement of facial movement. – Palo Alto: Consulting psychologists press, 1978.
10. Gross R., Matthews I., Cohn J., Kanade T., Baker S. Multi-PIE // Image and vision computing. – 2010. - № 28 (5). – P. 807-813.
11. TadasBaltrusaitis/CLM-framework (Cambridge Face Tracker). – Режим доступа <https://github.com/TadasBaltrusaitis/CLM-framework> (дата обращения 12.04.2016), свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ.

COMPARISON OF DIFFERENT FACIAL FEATURE POINTS SETS AND THEIR APPLICABILITY FOR ACTION UNITS DETECTION USING VIDEO

Boiko A.A., Karankevitch A.I.

Biometric research and development center of Bauman Moscow state technical university (BMSTU Biometric R&D Center)

boiko_andrew@mail.ru, karankevitch@mail.ru

Two facial feature points sets are described. The first set consists of 76 feature points that can be set by STASM library. The second set consists of 68 feature points that can be set by CLM-framework library. Each points

set has different number of feature points on particular face part, so comparison of these feature points sets has been performed. It is shown that in general these feature points sets have much in common with each other. Both of them can be used for particular distances and angles calculation to determine AUs 4, 5, 7, 10, 22, 23, 25 and 26 that are considered to be indicators of anger emotion and thus aggression and deviant behavior. Numbers of feature points to recognize the abovementioned action units are given.