

ритмов распознавания эмоций по изображению и голосовым сообщениям.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Vaishnav S., Mitra S. Speech Emotion Recognition: A Review // IRJET, Vol.03, p. 313–316, 2016.
2. Алимуратов А. К, Чураков П. П. Обзор и классификация методов обработки речевых сигналов в системах распознавания речи // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль, 2015. Т. 2. № 12. С. 27–35.
3. Shaw A., Vardhan R. K., Saxena S. Emotion Recognition and Classification in Speech using Artificial Neural Networks // International Journal of Computer Applications. 2016. Vol. 145. № 8. P. 5–9.
4. Политай К. Д., Штукатер Д. С., Щетько Н. Н. Распознавание эмоций в речевом сигнале // Прикладные проблемы оптики, информатики, радиофизики и физики конденсированного состояния: материалы пятой Междунар. науч.-практ. конф. Минск: БГУ. 2019. С. 158–160.

## РАСПОЗНАВАНИЕ МИКРОДВИЖЕНИЙ ЛИЦЕВЫХ МЫШЦ НА ИЗОБРАЖЕНИИ ЛИЦА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

**С. В. Садов**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь  
E-mail: seregasadov@gmail.com*

Предложен общий алгоритм распознавания микродвижений лицевых мышц на изображении лица. В алгоритме используется метод Виолы-Джонса для распознавания лица на изображении, а также метод сверточных нейронной сети для распознавания улыбки. Завершающим этапом является определение искренности выражаемой на изображении эмоции.

*Ключевые слова: изображения; распознавание эмоций; сверточная нейронная сеть; метод Виолы-Джонса.*

С развитием компьютерных технологий биометрии появляется нужда в более детальном анализе человеческого лица. На биометрических технологиях основывается новейшее программное обеспечение в различных сферах жизнедеятельности человека.

Процесс коммуникаций между людьми неразрывно связан с проявлением выражением тех или иных эмоций, которые выражают истинное отношение собеседников к предмету обсуждения.

Улыбка, например, является важнейшим показателем искренности и коммуникабельности человека, она максимально часто присутствует в общении людей. Улыбка вызвана движениями мышц лица (губ, глаз и

щёк), выражающими удовольствие, приветствие, радость, доброжелательность либо иронию, насмешку (ухмылку).

По определённым причинам, человек склонен скрывать свои истинные эмоции и истинные намерения от других людей, что в большинстве случаев удачно получается, ввиду неспособности невооружённым глазом различать микродвижения мышц лица, прежде всего, в районе глаз, при улыбке, в том числе, и фальшивой.

Микродвижения мышц - произвольные сокращения различных мышц, длительностью от 0.5 до 4 секунд, которые человек не может контролировать. Специфика микродвижений лицевых мышц состоит в том, что они, из-за своей быстроты формирования, не всегда заметны человеческим взглядом и появляются как сопутствие какой-то эмоции. Умышленно вызвать реакцию в мозге, которая сформирует их сокращения, невозможно, поэтому при попытке наиграть эмоцию эти мышцы не сокращаются [1, 2].

Актуальность данной работы заключается так же в том, что на данный момент не предложено ни одного программного продукта, умеющего различать оригинальность и неподдельность эмоции.

Общий алгоритм распознавания микродвижений лицевых мышц на изображении лица включает следующую последовательность процедур:

- обнаружение лица на видеопоследовательности;
- определение наличия улыбки на лице;
- детектирование морщин вокруг глаз;
- формирование вывода по задаче распознавания.

Для успешной реализации процедуры обнаружения лица необходимо иметь качественно снятую видеопоследовательность разрешением не хуже, чем HD - 720p (1280 x 720 пикселей) в достаточно хорошей освещённости, не менее 400 люксов для того, чтобы были разборчиво видны все мельчайшие детали лица.

В настоящее время большинство даже простых и дешевых телефонов позволяют записывать видео с качеством даже лучше, чем требуется, поэтому получение входных данных и их декодирование, например, с помощью кроссплатформенных – Ffmpeg приложений для реализации процедуры обнаружения лица на видео не представляет труда. Экспериментально установлено, что пяти кадров в секунду декодированного изображения лица вполне достаточно для отслеживания его динамики. Целесообразно так же перейти от полноцветного изображения к черно-белому.

С использованием библиотеки OpenCV с открытым кодом, на языке программирования C# был реализован алгоритм нахождения лица на изображении методом Виолы-Джонса [3]. В ходе исследования было проанализировано более 100 изображений, на которых были успешно детектирова-

ны лица. Среднее время необходимое для детектирования лица на изображении. Оно составило приблизительно 1205мс. Алгоритм позволяет распознавать черты лица под углами до 30 градусов.

Следующей процедурой является определения наличия улыбки на лице. Детектирование улыбки на лице человека осуществляется по изменению расстояния между углами его губ на исследуемом изображении относительно этого же расстояния, определяемого при нейтральном выражении лица. Для нахождения на изображении лица координат уголков губ используется свёрточная нейронную сеть (СНС). В открытом доступе в сети интернет существует множество баз данных с обучающими выборками фотографий. Лучшие из них - KAGGLE и MUCT, имеющие по 15 и 76 реперных точек. Вообще, достаточно всего 4-х точек, две для краев губ и по одной точке на край каждого глаза, что располагается ближе к носу, но чем больше опорных точек будет в выборке - тем точнее будет работать алгоритм.

На рис. 1 на первом кадре человек абсолютно не улыбается, на втором явно заметно, что улыбка наиграна (кривая), а на третьем запечатлён момент, где человек искренне улыбается, под настоящими эмоциями. Из рисунка видно, что  $\Delta(2-1)=6,74\%$ ,  $\Delta(3-1)=21,23\%$ . Превышение параметра  $\Delta S$  более чем на 6 % свидетельствует о наличии на лице улыбки.

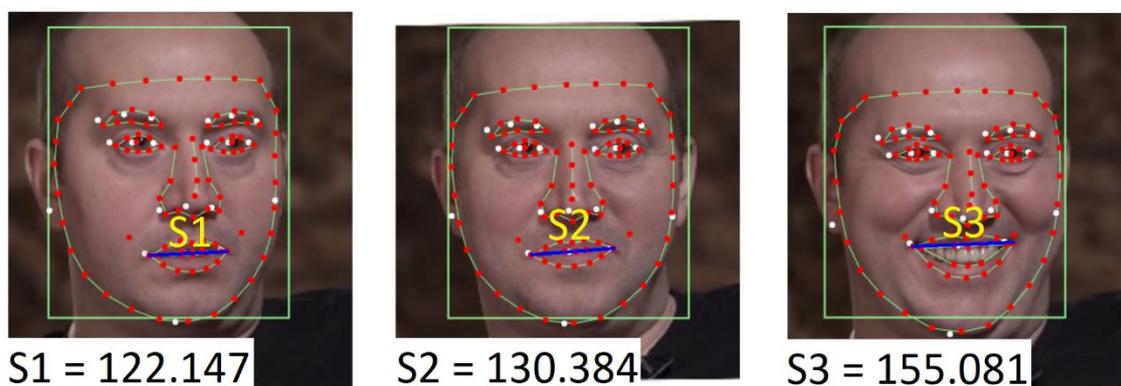


Рис. 1. Детектирование улыбки по расстояниям  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$

Завершающим этапом является определение искренности улыбки на втором и третьем изображении. Это можно детектировать по характеру морщин вокруг глаз. С целью сокращения объема входных данных производится обрезка изображений (рис. 2) и перевод их в бинарное представление.

Далее на выделенных изображениях выделяются границы объектов (морщин). На практике было выявлено, что только при использовании оператора Кэнни, на выходном изображении можно успешно выделить морщины от шума.

Эта часть общего алгоритма распознавания микродвижений лицевых мышц состоит из следующих шагов:

- сглаживание. Размытие изображения для удаления шума;
- поиск градиентов. Границы отмечаются там, где градиент изображения приобретает максимальное значение;
- подавление не-максимумов. Только локальные максимумы отмечаются как границы;
- двойная пороговая фильтрация. Потенциальные границы определяются порогами;
- трассировка области неоднозначности. Итоговые границы определяются путём подавления всех краёв, несвязанных с определенными (сильными) границами.



Рис. 2. Обрезка изображений

На рис. 3 показаны контуры лицевых морщин, выделенных оператором Кэнни.



Рис. 3. Характер лицевых морщин на лице: с фальшивой улыбкой - слева; с настоящей улыбкой - справа

На правой части рисунка отчётливо наблюдается избыток кривых как вокруг всего глаза, так и у внешних краёв, что подтверждает сокращение круговой мышцы глаза и истинность улыбки.

Как отмечалось выше, для детектирования улыбки на изображении лица конкретного человека необходимо заранее иметь его достоверный портрет с нейтральным выражением лица, что не всегда может быть. Эта проблема может быть решена путем создания обобщенной модели лица человека, полученной с помощью нейронной сети, обученной на соответствующих тестовых изображениях.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Экман П. Психология лжи. Обмани меня, если сможешь = Telling Lies. 1-е издание. Санкт-Петербург: Питер. 2010.
2. Экман П., Фризен У. Узнай лжеца по выражению лица. Книга-тренажёр = Unmasking the face. A guide to recognizing emotions from facial clues. 1-е издание. Санкт-Петербург: Питер. 2010.
3. Шапиро Л., Стокман Дж. Компьютерное зрение = Computer Vision. Москва: Лаборатория знаний. 2006.

## РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ НА АЭРОКОСМИЧЕСКИХ СНИМКАХ МЕТОДАМИ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ

**И. В. Саечников, В. В. Скакун, Э. А. Чернявская**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь*

*E-mail: saetchnikovivan@gmail.com*

Предложен ряд методов сегментации аэрокосмических изображений на базе различных архитектур сверточных нейронных сетей. Во время построения сетей учитывался дисбаланс классов на аэрокосмических снимках и малое число размеченных данных. Для расширения тренировочного датасета мы предлагаем метод на основе стратегии остаточного обучения для приведения изображений к единому разрешению и сэмплирование их методом аугментации по сдвигу. В ходе обучения сетей оптимизация проводилась по следующим параметрам: количество карт признаков, размер ядра свертки и тип пула. Для предотвращения переобучения мы использовали регуляризацию нейронной сети, дополняя ее слоем dropout с подобранными вероятностями. В связи с высоким дисбалансом классов использовалась категориальная кросс-энтропия с коэффициентом модуляции. В заключение оценка точности сегментации выполнялась индексом Джаккарта.

*Ключевые слова: сверточная нейронная сеть; глубокое обучение; сегментация; автоэнкодер.*

**Введение.** Разработка высокопроизводительных графических систем способствовала применению нейросетевых алгоритмов для задач обра-