

14. Karpov, I. Kipytkova, A. Ronzhin. Very large vocabulary ASR for spoken Russian with syntactic and morphemic analysis, *Proceedings of INTERSPEECH' 2011, Florence, 2011*, pp. 3161-3164, pp. 291-296.
15. Stas J., Hladek D., Juhar J., Zlacky D. Analysis of morph-based language modeling and speech recognition in Slovak, *Information and communication technologies and services*, Vol. 10, No. 4, pp. 2012, special issue.
16. Shelepov V.Yu., Nitsenko A.V. К проблеме распознавания слитной речи [To the problem of continuous speech recognition], *Iskusstvennyy intellekt* [Artificial intelligence], 2012, No. 4, pp. 272-281.
17. Shelepov V.Yu., Nitsenko A.V. О некоторых вопросах, связанных с дифонным распознаванием и распознаванием слитной речи [On some issues related to difonim, recognized the existence and the continuous speech recognition], *Iskusstvennyy intellekt* [Artificial intelligence], 2013, No. 3, pp. 209-216.
18. Nicenkov A.V. A «by part» method of Russian word speech recognition, *Eurasian Journal of Mathematical and Computer Applications*, 2014, Vol. 1, Issue 2, pp. 102-109.
19. Zaliznyak A.A. Grammaticheskiy slovar' russkogo yazyka [Grammatical dictionary of the Russian language]. Moscow: Russkiy yazyk, 1977, 879 p.
20. Dorokhina G.V. Pavlyukova A.P. Modul' morfologicheskogo analiza slov russkogo yazyka [The module of morphological analysis of words of the Russian language], *Iskusstvennyy intellekt* [Artificial intelligence], 2004, No. 3, pp. 636-642.
21. Patent Ukraini № 78806 «Pristriy dlya zberezheniya i poshuku ryadkovikh velichin ta sposib zberezheniya i poshuku ryadkovikh velichin» Vlasnik: Institut problem shtuchnogo intelektu [The patent of Ukraine No. 78806 "Device for storage and retrieval of string values and a way of saving and finding a string value" Owner: Institute of problems of artificial intelligence], *Vinakhidnik Dorokhina G.V., Promislova vlasnist'* [Industrial property]. Byul. No. 5. 25.04.2007.
22. Buribayeva A.K., Sharipbay A.A. Kazakh Vowel Recognition at the Beginning of Words, *Mediterranean Journal of Social Sciences, MCSER Publishing, Rome-Italy*, 2015, Vol. 6, No 2, S4, pp. 121-127.

Статью рекомендовал к опубликованию к.т.н. Н.Н. Сажок.

**Шелепов Владислав Юрьевич** – Институт проблем искусственного интеллекта; e-mail: vladislav.shelepov2012@yandex.ua; Донецк, Артёма, 118Б; главный научный сотрудник; тел.: +380623113424; д.ф.-м.н., профессор.

**Ниценко Артём Владимирович** – e-mail: nav\_box@mail.ru; научный сотрудник.

**Shelepov Vladislav Jurievich** – Institute of Artificial Intelligence; e-mail: vladislav.shelepov2012@yandex.ua; 118b, Artyoma street, Donetsk, 83048, DPR; phone: +380623113424; the department of speech recognition; leading researcher; professor.

**Nitsenko Artem Vladimirovich** – e-mail: nav\_box@mail.ru; the department of speech recognition; researcher.

УКД 004.93

**И.В. Лошкарёв, Я.М. Демяненко**

### **ОТСЛЕЖИВАНИЕ ОБЛАСТИ ЛИЦА ДЛЯ БЕСКОНТАКТНОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА\***

*На сегодняшний день системы мониторинга функционального состояния человека являются одним из перспективных направлений развития систем видеонаблюдения. Необходимость такого мониторинга возникает в ситуациях, связанных с длительной монотонной деятельностью лиц, ошибки, в работе которых могут привести к катастрофическим*

---

\* Работа выполнена при финансовой поддержке ЮФУ, проект № 213.01 - 07.2014 / 07ПЧВГ.

последствиям. В работе рассматривается проблема определения положения лица на видео с целью выделения характеристик, определяющих состояние человека. Приводится обзор современных методов поиска и отслеживания области лица на фото и видео. Показано, что большинство методов имеют недостатки, не позволяющие применять их в системах реального времени. На основании обзора автоматических методов определения положения лица, предложен подход к решению задачи в реальном времени, основанный на обработке каждого кадра видео с использованием обобщенного преобразования Хафа. Основой данного преобразования является контурный шаблон, что позволяет избежать некоторых недостатков описанных методов. Последовательное применение преобразования и постепенное обновление шаблона позволяет сохранять данные о позиции лица между кадрами и не терять лицо при изменении ракурса. Результаты эксперимента показывают, что разработанным комбинированным методом в 60% случаев удастся обнаружить объект, потерянный последовательным применением стандартного метода Виолы-Джонса.

*Компьютерное зрение; отслеживание видео; преобразование Хафа; бесконтактный мониторинг.*

I.V. Loshkarev, Y.M. Demyanenko

### HOUGH TRANSFORM BASED FACETRACKING APPROACH FOR CONTACTLESS MONITORING

*Contactless monitoring systems are one of the most prominent areas of research in video monitoring and computer vision. The need for monitoring occurs in situations of monotonous activities, when errors can lead to catastrophic consequences. The paper touches upon the problem of determining the position of a person in the video in order to extract characteristics that define human condition. A review of modern methods of search and tracking area of the face in the photo and video is given. It is shown that most of the methods have drawbacks that do not allow their application in real-time. Paper introduces an approach to solving the problem in real time, based on the processing of each frame of video using the generalized Hough transform. This transform is based upon an edge data which allows it to avoid some of the disadvantages of reviewed methods. Iterative application of transformation and gradual refinement of template allows to save the position of the face between frames and not to lose it when face changes angle. The experimental results show that the combined approach in 60% of cases successfully detects an object lost by the standard method of Viola-Jones.*

*Computer vision; video tracking; Hough transform; contactless monitoring.*

**Введение.** Автоматическая оценка состояния человека по визуальным данным является одной из востребованных областей исследования компьютерного зрения. Необходимость такого мониторинга возникает в ситуациях, связанных с длительной монотонной деятельностью лиц, ошибки, в работе которых могут привести к катастрофическим последствиям. Для проведения бесконтактного мониторинга на основе видеонаблюдений требуется выделение области интереса, в частности, лица.

Задача отслеживания лица на изображении состоит в выделении области предполагаемого положения лица и оценки правдоподобия полученного положения. Для человеческого восприятия распознавание лиц является тривиальной задачей. Человек может распознать лицо вне зависимости от его положения и внешних условий, это позволяет предположить, что существует некий набор легко извлекаемых признаков, инвариантных относительно возможных преобразований. Однако ни одна из существующих систем не обладает такой гибкостью и эффективностью, как человеческое зрение.

**Существующие решения.** Самым простым признаком для отслеживания лица является выделение на изображении цвета кожи [1]. При таком подходе простая цветовая маска по оттенку кожи даёт возможность определить местоположение лица. Метод оказывается устойчив к различным геометрическим преобразова-

ниям и частичному перекрытию. Однако подобный подход оказывается чувствителен к изменениям освещенности [2] и наличию оттенков телесного цвета на изображении [3].

Каждое лицо содержит уникальные черты, благодаря которым мы можем распознать его. Существует несколько основных методов представления черт лица. Одним из способов получения особенностей лица является применение фильтра Габора [4]. Из результатов работы фильтра берутся лишь некоторые особые точки для построения модели лица. Этот метод устойчив к изменениям освещенности и особенностям фона, однако применение фильтра и вычисление необходимых особенностей являются затратными операциями, что делает применение этого метода в реальном времени невозможным [5]. Кроме того, без коррекции ошибок в процессе работы метода, результаты могут смещаться относительно точного положения лица.

Лицо также можно отслеживать с использованием эллиптических контуров [6–8]. Этот метод также справляется с изменениями освещенности и не зависит от цвета фона, однако большое количество шума на изображении препятствует корректному распознаванию. Аналогично, методы, основанные на простой взаимной корреляции контурного представления лица [9–10], могут показывать плохой результат при сложном фоне.

Наиболее популярными в последнее время являются классификаторы, основанные на обучении [11–13]. В этом случае классификатор старается найти границу, отделяющую лица от объектов, лицами не являющимися. Одним из устоявшихся стандартов является метод Виолы-Джонса основанный на применении каскадов Хаара и обучения по методу AdaBoost [14]. Особенностью метода является распознавание строго определенного класса объектов. Например, для стандартного метода распознавания лица (анфас) система может потерять человека при повороте или наклоне головы. Увеличение количества распознаваемых классов для одного классификатора, приводит к получению большого количества ложно положительных срабатываний. Причиной этого является ограниченность алгоритма обучения каскадного классификатора, стремящегося к максимизации критерия разделения без учёта процента ошибок. Если же увеличивать количество классификаторов, то возрастает не только время работы метода, но и шанс ложного срабатывания.

Алгоритм FloatBoost [15], являющийся модернизированной версией AdaBoost, лишен описанных выше недостатков. Метод успешно справляется с распознаванием различных представлений одного объекта за счёт использования дерева классификаторов и активной минимизации количества ошибок при обучении. Однако в этом случае время обучения классификатора по сравнению с AdaBoost увеличивается примерно в 5 раз, а низкая скорость работы делает метод непригодным для применения в режиме реального времени.

Методы, основанные на активных моделях, используют статистическую модель представления ключевых точек для поиска и сегментации объектов. Модель активного представления успешно используется для выделения человеческого лица [16–18]. Однако алгоритм поиска модели на изображении имеют высокую вычислительную сложность, что делает его мало применимым в реальном времени. Кроме того, метод может терять лицо из-за изменения ракурса, что может приводить к неверному выделению лица.

**Описание метода.** Предлагаемый в работе подход основан на комбинировании метода Виолы-Джонса и модификации обобщенного метода Хафа для поиска произвольных контуров. Такой подход позволяет устранить указанные ограничения, связанные со строгостью определения классов в методе Виолы-Джонса. Начальное предположение о форме и положении лица на изображении получается

при помощи метода Виолы-Джонса, который является одним из наиболее надежных способов получить данные о положении объекта на одном кадре. На основе полученных данных строится контурный шаблон целевого объекта (лица). Для каждого кадра последующего видео применяется обобщенное преобразование Хафа с использованием изменяющегося шаблона. Изменение шаблона происходит в тот момент, когда существенно изменяется контура лица. Новый вариант шаблона строится на информации из предыдущего кадра. Подобный подход позволяет адаптировать шаблон под изменяющееся представление лица, и уменьшить вероятность его потери.

**Обобщенное преобразование Хафа.** Преобразование Хафа играет особую роль в приложениях реального времени, поскольку является однопроходным алгоритмом со сравнительно низкой вычислительной сложностью, и алгоритмы на его основе способны обрабатывать изображения по мере их получения.

Основные недостатки преобразования Хафа хорошо известны — это сложность применения при наличии геометрических искажений образца (например, из-за разных ракурсов съемки образца и изображения) и вычислительной сложности [19].

Поэтому, в работе предлагается использование модификации обобщенного преобразования Хафа [20] для поиска произвольных контуров. Целевой контур задаётся не аналитически, а шаблоном.

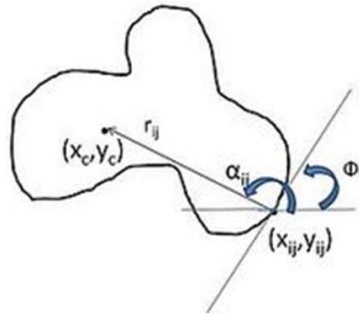


Рис. 1. Схема построения шаблона

Шаблон, хранит данные не только об относительном месте точек на изображении, но и о направлении касательной к контуру в этой точке. (Рис. 1) Для каждой точки хранятся не только её координаты  $x_i$   $y_i$ , но и угол  $\Phi_i$  — направление градиента в этой точке. Это делает метод более устойчивым к аффинным преобразованиям. Таким образом, шаблон задается с учетом локальной ориентации контура.

**Метод Виолы-Джонса.** Изначальное положение лица определяется по методу Виолы-Джонса. Метод Виолы-Джонса является одним из самых эффективных различительных методов поиска изображения.

В основе метода лежит идея использования каскада слабых классификаторов. Для каждого из слабых классификаторов вычисляется функция Хаара, значение которой сравнивается с порогом. В процессе обучения из набора классификаторов выбираются те, для которых значение функции Хаара наибольшее в области искомого изображения. Комбинация слабых классификаторов даёт в результате один сильный.

При использовании большой обучающей выборки, набор классификаторов позволяет с достаточной точностью определять место положения локализуемого объекта. Одним из основных ограничений метода Виолы-Джонса является его низкая устойчивость к изменению формы объекта. Метод не может обнаружить целевой объект, если тот частично перекрыт или подвергся нелинейным преобра-

зованиям. Стандартный классификатор Виолы-Джонса для распознавания лиц работает для фронтальных ракурсов. При повороте лица или наклоне головы на угол более 30 градусов, метод не позволяет определить положение лица с достаточной достоверностью. Это связано с узким целевым классом: анфас. Проблему может решить переобучение классификатора на новой выборке. Однако, добавление новых ракурсов ведет к значительному увеличению времени обучения, т.к. количество примеров значительно возрастает с каждым добавленным классом.

**Комбинированный метод.** В предлагаемом методе поиск происходит итеративно по данным о контуре лица из предыдущего кадра. Незначительное изменение контура между кадрами позволяет применять метод поиска с шаблоном для нахождения нового положения лица. При этом происходит корректировка контура.

Для каждого кадра видео используется предварительная обработка. Изображение переводится в оттенки серого, затем при помощи линейного фильтра Гауса устраняются лишние детали и шум на видео.

Изначальное предположение о форме лица составляется при помощи метода Виолы-Джонса. Использование метода необходимо для начальной локализации, ввиду отсутствия предыдущей информации о контурном представлении лица. Затем происходит получение всех контуров найденной области лица с помощью стандартного метода Кенни (рис. 2,а).



а

$\phi_1 = 0$	$(r, \beta)_{1_1}$	$(r, \beta)_{1_2}$	$\dots$	$(r, \beta)_{1_{n_1}}$
$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$
$\phi_j$	$(r, \beta)_{j_1}$	$(r, \beta)_{j_2}$	$\dots$	$(r, \beta)_{j_{n_1}}$
$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$
$\phi_k = \pi$	$(r, \beta)_{k_1}$	$(r, \beta)_{k_2}$	$\dots$	$(r, \beta)_{k_{n_1}}$

б

Рис. 2. Построение начального шаблона: а – контурное представление; б – R-таблица

На основе полученных контуров строится нормализованный шаблон объекта – R-таблица (рис. 2,б). Вначале для каждой точки контура находятся её полярные координаты  $(r, \beta)$ . Затем каждая точка ставится в соответствие направлению своего вектора градиента контура  $\phi$ .

Для каждого очередного кадра находится его разность с предыдущим кадром. Для полученного разностного изображения вычисляется контурное представление всего кадра методом Кенни.

К контурному представлению применяется преобразование Хафа с использованием R-таблицы. Для каждой точки контура на представлении ищется соответствующая строка R-таблицы, найденное значение в таблице соответствует положению центра шаблона с учётом направления градиента в точке. Данные о полученном значении заносятся в аккумуляторный массив результатов (рис. 3).

Полученный аккумуляторный массив, содержит данные о предполагаемом положении лица. Анализ аккумуляторного массива показывает, наличие одного или нескольких чётких пиковых значений (рис. 3,б). Один из этих максимумов является необходимым положением лица. Для отсеивания заведомо ложных результатов вводятся дополнительные ограничения. Предполагается, что позиция лица между кадрами не сместилась более чем на некоторое пороговое значение. Таким образом, отсеиваются результаты, не попавшие в заданную область.

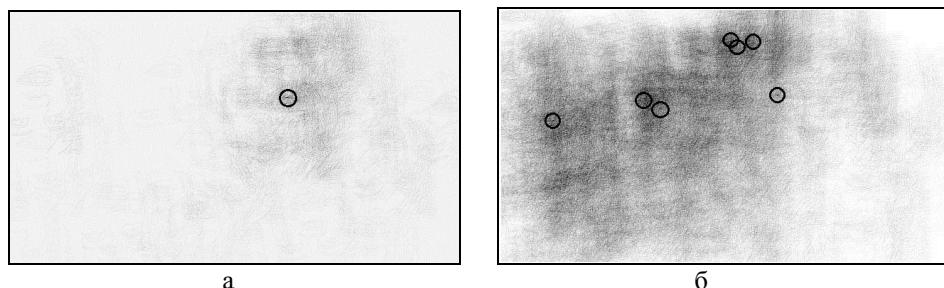


Рис. 3. Представление аккумуляторного массива: (а) единственное пиковое значение; (б) множество пиковых значений

По данным аккумуляторного массива вычисляется позиция лица в кадре. При получении новой позиции лица, происходит пересчёт R-таблицы по новым данным. Созданный по текущему кадру шаблон будет использоваться для поиска лица в следующем кадре.

В случае, если по аккумуляторному массиву не удастся найти позицию лица в новом кадре, происходит перезапуск метода с применением Виолы-Джонса.

**Особые случаи предлагаемого подхода.** При работе с видео потоком существует несколько возможных особых ситуаций:

- 1) отсутствие изменений в кадре;
- 2) отсутствие чётких пиков в области возможного положения лица.

В случае отсутствия изменений мы предполагаем, что перед нами полностью статичный кадр. В таком случае, позиция лица остаётся прежним, и шаблон не нуждается в обновлении.

Отсутствие чётких пиков в области возможного положения лица, означает, что объект интереса (лицо) не обнаружен в предполагаемой области нахождения.

Это означает, что необходимо заново запускать процедуру построения шаблона используя метод Виолы-Джонса. Следовательно, никакая предыдущая информация для последующего поиска непригодна, и необходимо заново запускать метод Виолы-Джонса для поиска исходного шаблона.

**Эксперимент.** В табл. 1 приведены результаты сравнения полученного метода с последовательным применением метода Виолы-Джонса в каждом кадре. Для эксперимента были выбраны видео с пятью различными условиями съемки.

Используя разработанный метод, получаем набор позиций центра искомого объекта. Полученное среднеквадратичное отклонение найденных позиций от позиций, найденных стандартным метода Виолы-Джонса, находится в пределах 3 %.

Таблица 1

**Результаты экспериментов**

Количество кадров видео	5240	3120	4850	3650	6240
Среднее отклонение позиций	2,55%	3,1%	2,8%	3,05%	3%
Процент кадров потерянных методом Виолы-Джонса	5%	7%	6%	15%	12%
Процент кадров потерянных В.-Дж. и найденных комбинированным методов	60%	56%	61%	50%	48%

В табл. 1 процент кадров потерянных методом Виолы-Джонса показывает процент ложных отрицательных срабатываний метода Виолы-Джонса. Это процент кадров, в которых присутствие лица не было опознано стандартным методом.

Процент кадров потерянных методом Виолы-Джонса и найденных комбинированным методом в табл. 1 показывает процент положительных срабатываний комбинированного метода в том случае, когда по методу Виолы-Джонса лицо было потеряно.

**Выводы.** Результаты эксперимента показывают, что разработанным комбинированным методом в 60 % случаев удаётся обнаружить объект, потерянный стандартным методом Виолы-Джонса. Это обусловлено тем, что вычисление шаблона происходит между кадрами. При анализе видео можно увидеть, что метод справляется с постепенным поворотом и наклоном головы, если изменение положения происходит в пределах 10–15 градусов между кадрами. Метод не может определить положение лица при перекрытии значительной части лица. В этом случае происходит потеря основных признаков и метод инициализирует поиск лица заново. В случае, если изменение положения между соседними кадрами превышает заявленный порог в 15 градусов, метод также может распознать результат вычислений как ложный, т.к. происходит слишком большое изменение признаков. Однако при благоприятных условиях метод способен распознать поворот в полный профиль.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Kakumanu P., Makrogiannis S., Bourbakis N.* A Survey of Skin-Color Modeling and Detection Methods // *Pattern Recognition*. – 2007. – Vol. 40, No. 3. – P. 25-60.
2. *Stern H. and Efros B.* Adaptive Color Space Switching For Tracking Under Varying Illumination // *International Journal of Image and Vision Computing*. – 2005. – Vol. 23. – P. 34-57.
3. *Raja Y., McKenna S. and Gong S.* Color model selection and adaptation in dynamic scenes // *Proceedings of the European Conference on Computer Vision*. – 1998. – Vol. 1406. – P. 44-72.
4. *Maurer T. and Malsburg C.* Tracking and Learning Graphs And Pose on Image Sequences of Faces // *Proceedings of the International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition*. – 1996. – P. 176-181.
5. *McKenna S., Gong S., Würtz R., Tanner J. and Banin D.* Tracking Facial Feature Points with Gabor Wavelets and Shape Models // *International Conference on Audio and Video-based Biometric Person Authentication*. – 1997. – Vol. 1206. – P. 35-42.
6. *Birchfield S.* An Elliptical Head Tracker // *Conference Record of the Thirty-First Asilomar Conference on Signals, Systems & Computers*. – 1997. – Vol. 2. – P. 1710-1714.
7. *Pardàs M. and Sayrol E.* A New Approach to Tracking with Active Contours // *International Conference on Image Processing*. – 2000. – Vol. 2. – P. 259-262.
8. *Bing X., Wei Y. and Charoensak C.* Face Contour Tracking in Video using Active Contour Model // *International Conference on Image Processing*. – October 2004. – Vol. 2. – P. 1021-1024.
9. *Скопчанов М.В.* Улучшенный алгоритм автоматического слежения за лицом, обновляющий изображение цели в реальном времени // *Вісник СевНТУ*. – 2012. – № 125. – С. 70-74.
10. *Mattoccia S., Tombari F., Di Stefano L.* Fast full-search equivalent template matching by enhanced bounded correlation // *IEEE Transactions on Image Processing*. – 2008. – Vol. 17. – P. 528-538.
11. *Baker S. and Matthews I.* Lucas-kanade 20 years on: A Unifying Framework // *International Journal of Computer Vision*. – March 2004. – Vol. 56, No. 3. – P. 221-255.
12. *Hager G.D. and Belhumeur P.N.* Efficient Region Tracking with Parametric Models of Geometry and Illumination // *IEEE Transactions Pattern Analysis and Machine Intelligence*. – October 1998. – Vol. 20, No. 10. – P. 1025-1039.
13. *Bichsel M. and Pentland A.P.* Human Face Recognition and the Face Image Set's Topology // *CVGIP: Image Understanding*. – 1994. – Vol. 59. – P. 254-261.
14. *Viola P. and Jones M.J.* Robust real-time face detection // *International Journal of Computer Vision*. – 2004. – Vol. 57, No. 2. – P. 117-136.

15. Li S.Z. and Zhang Z.Q. Floatboost Learning and Statistical Face Detection // *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. – September 2004. – Vol. 26, No. 9. – P. 1112-1123.
16. Cootes T., Wheeler G., Walker K. and Taylor C. View-Based Active Appearance Models // *International Journal of Image and Vision Computing*. – Sep. 2002. – Vol. 20. – P. 657-664.
17. Sung J.-W. and Kim D. A Background Robust Face Tracking using Active Contour Technique Combined Active Appearance Model // *International Conference on Biometrics*. – 2005. – Vol. 3832. – P. 159-165.
18. Sung J.-W. and Kim D. Large Motion Object Tracking using Active Contour Combined Active Appearance Model // *International Conference on Computer Vision Systems*. – January 2006. – P. 31-48.
19. Leavers V.F. Which Hough transform? // *Computer Vision Graphics and Image Understanding: Image Processing*. – 1993. – Vol. 58, No. 2. – P. 50-64.
20. Ballard D.H. Generalizing the Hough Transform to Detect Arbitrary Shapes // *Pattern Recognition*. – 1981. – Vol. 13, No. 2. – P. 111-122.

#### REFERENCES

1. Kakumanu P., Makrogiannis S., Bourbakis N. A Survey of Skin-Color Modeling and Detection Methods, *Pattern Recognition*, 2007, Vol. 40, No. 3, pp. 25-60.
2. Stern H. and Efros B. Adaptive Color Space Switching For Tracking Under Varying Illumination, *International Journal of Image and Vision Computing*, 2005, Vol. 23, pp. 34-57.
3. Raja Y., McKenna S. and Gong S. Color model selection and adaptation in dynamic scenes, *Proceedings of the European Conference on Computer Vision*, 1998, Vol. 1406, pp. 44-72.
4. Maurer T. and Malsburg C. Tracking and Learning Graphs And Pose on Image Sequences of Faces, *Proceedings of the International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition*, 1996, pp. 176-181.
5. McKenna S., Gong S., Würtz R., Tanner J. and Banin D. Tracking Facial Feature Points with Gabor Wavelets and Shape Models, *International Conference on Audio and Video-based Biometric Person Authentication*, 1997, Vol. 1206, pp. 35-42.
6. Birchfield S. An Elliptical Head Tracker, *Conference Record of the Thirty-First Asilomar Conference on Signals, Systems & Computers*, 1997, Vol. 2, pp. 1710-1714.
7. Pardàs M. and Sayrol E. A New Approach to Tracking with Active Contours, *International Conference on Image Processing*, 2000, Vol. 2, pp. 259-262.
8. Bing X., Wei Y. and Charoensak C. Face Contour Tracking in Video using Active Contour Model, *International Conference on Image Processing*, October 2004, Vol. 2, pp. 1021-1024.
9. Skopchanov M.V. Uluchshennyy algoritm avtomaticheskogo slezheniya za litsom, obnavlyayushchiy izobrazhenie tseli v real'nom vremeni [Improved algorithm for automatic face tracking, obnavlja reinforces the image of the target in real time], *Visnik SevNTU* [Bulletin of SevNTU], 2012, No. 125, pp. 70-74.
10. Mattocchia S., Tombari F., Di Stefano L. Fast full-search equivalent template matching by enhanced bounded correlation, *IEEE Transactions on Image Processing*, 2008, Vol. 17, pp. 528-538.
11. Baker S. and Matthews I. Lucas-kanade 20 years on: A Unifying Framework, *International Journal of Computer Vision*, March 2004, Vol. 56, No. 3, pp. 221-255.
12. Hager G.D. and Belhumeur P.N. Efficient Region Tracking with Parametric Models of Geometry and Illumination, *IEEE Transactions Pattern Analysis and Machine Intelligence*, October 1998, Vol. 20, No. 10, pp. 1025-1039.
13. Bichsel M. and Pentland A.P. Human Face Recognition and the Face Image Set's Topology, *CVGIP: Image Understanding*, 1994, Vol. 59, pp. 254-261.
14. Viola P. and Jones M.J. Robust real-time face detection, *International Journal of Computer Vision*, 2004, Vol. 57, No. 2, pp. 117-136.
15. Li S.Z. and Zhang Z.Q. Floatboost Learning and Statistical Face Detection, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, September 2004, Vol. 26, No. 9, pp. 1112-1123.
16. Cootes T., Wheeler G., Walker K. and Taylor C. View-Based Active Appearance Models, *International Journal of Image and Vision Computing*, September 2002, Vol. 20, pp. 657-664.
17. Sung J.-W. and Kim D. A Background Robust Face Tracking using Active Contour Technique Combined Active Appearance Model, *International Conference on Biometrics*, 2005, Vol. 3832, pp. 159-165.



18. *Sung J.-W. and Kim D.* Large Motion Object Tracking using Active Contour Combined Active Appearance Model, *International Conference on Computer Vision Systems*, January 2006, pp. 31-48.
19. *Leavers V.F.* Which Hough transform?, *Computer Vision Graphics and Image Understanding: Image Processing*, 1993, Vol. 58, No. 2, pp. 50-64.
20. *Ballard D.H.* Generalizing the Hough Transform to Detect Arbitrary Shapes, *Pattern Recognition*, 1981, Vol. 13, No. 2, pp. 111-122.

Статью рекомендовала к опубликованию д.т.н., профессор М.А. Бутакова.

**Лошкарёв Илья Витальевич** – Южный федеральный университет; e-mail: loshkarev.i@gmail.com; 344090, г. Ростов-на-Дону, ул. Мильчакова, 8а; тел.: +78632975111; Институт математики, механики и компьютерных наук им. И.И. Воровича; кафедра прикладной математики и программирования; ассистент.

**Демяненко Яна Михайловна** – e-mail: dem@math.sfedu.ru; Институт математики, механики и компьютерных наук им. И.И. Воровича; кафедра прикладной математики и программирования; к.т.н.; доцент.

**Loshkarev Ilya Vitalyevich** – Southern Federal University; e-mail: loshkarev.i@gmail.com; 8a, Mil'chakova street, Rostov-on-Don, 344090, Russia; phone: +78632975111; Institute for Mathematics, Mechanics, and Computer Science named after I.I. Vorovich; the department of applied mathematics and programming; assistant.

**Demyanenko Yana Mikhaylovna** – e-mail: dem@math.sfedu.ru; Institute for Mathematics, Mechanics, and Computer Science named after I.I. Vorovich; the department of applied mathematics and programming; cand. of eng.sc.; associate professor.