

ОБНАРУЖЕНИЕ ОБЪЕКТА НА ЦИФРОВОМ ИЗОБРАЖЕНИИ**А.Т. Левинский**

adam.levinskiy@yandex.ru

SPIN-код: 2301-6960

И.Д. Родионов

ir@drp.ru

SPIN-код: 2598-2061

С.В. Агальцев

sosimba-sosimbovich@mail.ru

SPIN-код: 5570-9322

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация**Аннотация**

Объектом исследования является алгоритм обнаружения на цифровом изображении. Цель работы — исследование и модернизация алгоритма обнаружения нескольких объектов на цифровом изображении, а также обнаружение объектов различных размеров для автоматической обработки большого количества цифровых изображений. Поставленная цель достигается благодаря применению масштабирования к исследуемому изображению с помощью нахождения точек максимума, в которых изображение имеет наивысшее сходство с эталонным изображением. Проведены эксперименты с изображениями в разных форматах, исследована точность алгоритма на изображениях инфракрасного диапазона, проведен анализ влияния цифрового шума и размытия для большой выборки изображений.

Ключевые слова

Инфракрасное изображение, алгоритм, обнаружение, объект, цифровое изображение, обработка, фрагмент, распознавание лиц

Поступила в редакцию 13.11.2017

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017

Процесс распознавания можно подразделить на две основные части: собственно распознавание и локализация. Цель распознавания объектов — помещение данного объекта в одну из нескольких предварительно определенных категорий, в то время как цель локализации объекта — отделение интересующих наблюдателя объектов от фона в исследуемом изображении [1]. Исследуемые изображения могут содержать похожие объекты, но они, как правило, появляются в совершенно другом контексте и при разных условиях формирования изображения [2]. Примеры таких различий могут варьироваться от довольно простых оптических или геометрических различий (таких как окклюзия, различные точки зрения, освещение и изменение масштаба). На сегодняшний день для решения этой проблемы предложено множество методов, основанных на таких характеристиках, как гистограммы, градиенты и дескрипторы форм.

Распознавание лиц. Рассмотрим пример, в котором на вход системы распознавания подается два изображения одинакового формата jpg — лицо одного и того же человека в анфас (рис. 1 и 2) [3].



Рис. 1. Эталонное изображение в формате jpg размером 211×273

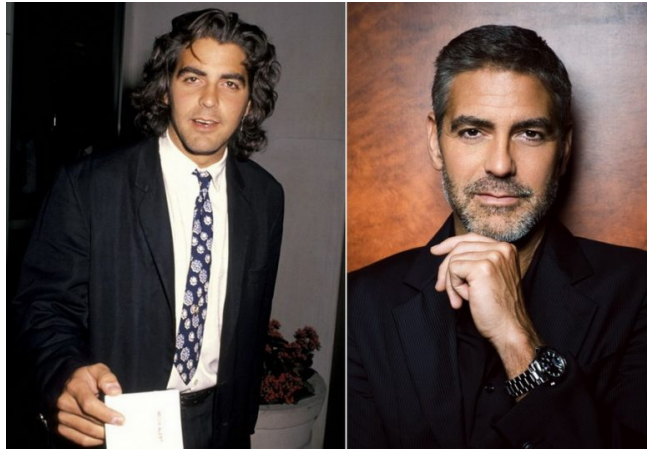


Рис. 2. Исследуемое изображение в формате jpg размером 768×538

Проведем эксперимент без использования масштабирования ($k = 1$) с коэффициентом сходства $\max = 1$ (рис. 3).

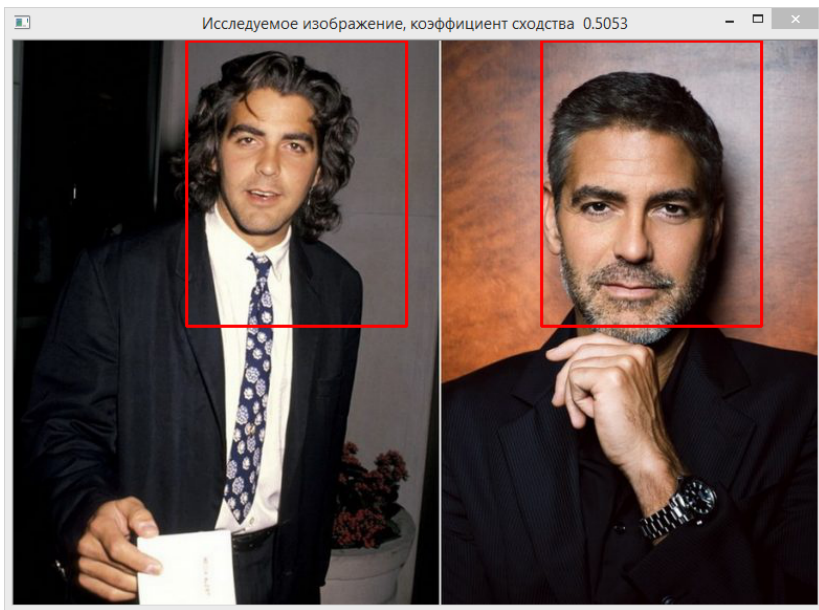


Рис. 3. Результаты эксперимента при $k = 1$, $\max = 0,5$, $t = 26$ с

На рис. 3 видно, что программа нашла два лица за время $t = 26$ с. Допустим, нам нужно найти с высокой точностью только один объект, для этого увеличим коэффициент сходства в 2 раза ($\max = 2$, рис. 4).

На рис. 4 видно, что требуемый результат достигнут. Заметим, что здесь область искомого объекта выделена более точно по сравнению с рис. 3. Однако времени на распознавание ушло приблизительно в 17 раз больше [4].

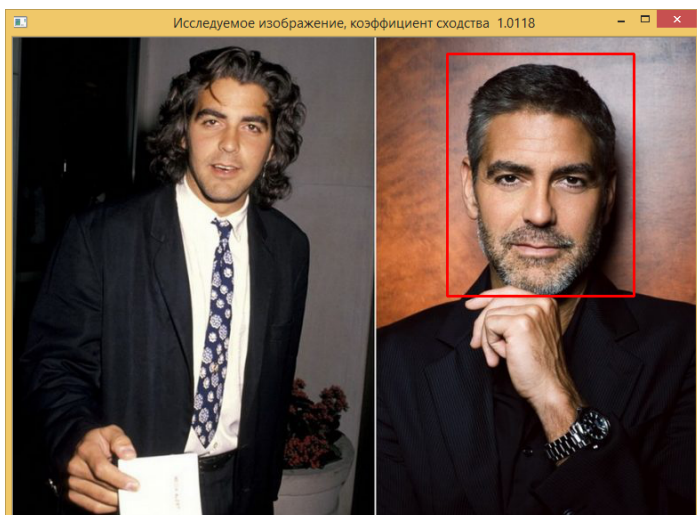


Рис. 4. Результаты эксперимента при $k = 1$, $\max = 1$, $t = 448$ с

Усложним задачу — возьмем изображение, на котором интересующий нас объект повернут под углом, и наложим небольшой шум с коэффициентом $h = 100$ с помощью графического редактора Photoshop CS6 [5] (рис. 5 и 6).

Установим коэффициент сходства $\max = 1$ и коэффициент масштабирования $k = 1$ (рис. 7).

На рис. 7 видно, что программа нашла только два лица, при этом более отчетливо выделило лицо, которое нас не интересует. Можно сделать вывод — программа плохо работает в таких условиях. Теперь конвертируем исследуемое изображение из формата jpg в png (рис. 8).



Рис. 5. Эталонное изображение в формате jpg размером 211×273



Рис. 6. Исследуемое изображение в формате jpg размером 737×391

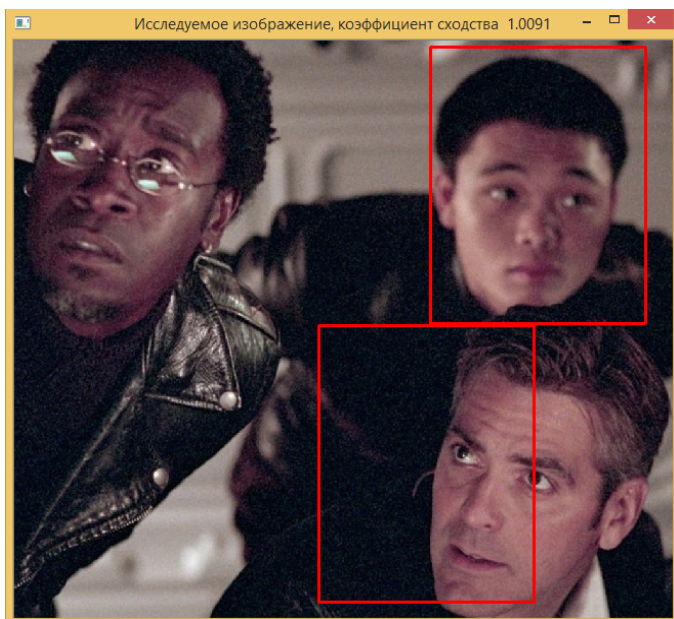


Рис. 7. Результаты эксперимента при $k = 1$, $\max = 1$, $h = 100$, $t = 159$ с

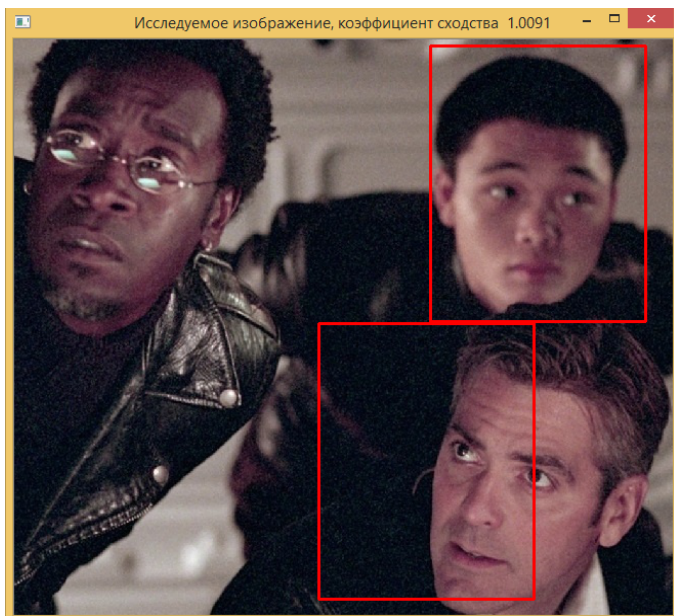


Рис. 8. Результаты эксперимента при $k = 1$, $\max = 1$, $h = 100$, $t = 163$ с

Сравнивая рис. 7 и 8, можно заметить незначительную разницу во времени работы программы. В целом программа одинаково хорошо справилась с разными форматами и идентично выделила найденные области объектов, а также показала одинаковый коэффициент сходства.

Уменьшим точность при $\max = 0,5$ и добавим эффект размытия с коэффициентом $g = 100$ с помощью графического редактора Photoshop CS6 (рис. 9).



Рис. 9. Результаты эксперимента
при $k=1$, $\max = 0,5$, $h = 100$, $g = 100$, $t = 14$ с

Как видно на рис. 9, после наложения эффекта размытия программа перестала распознавать объекты. Уменьшим коэффициент сходства до 0,3 ($\max = 0,3$, рис. 10).

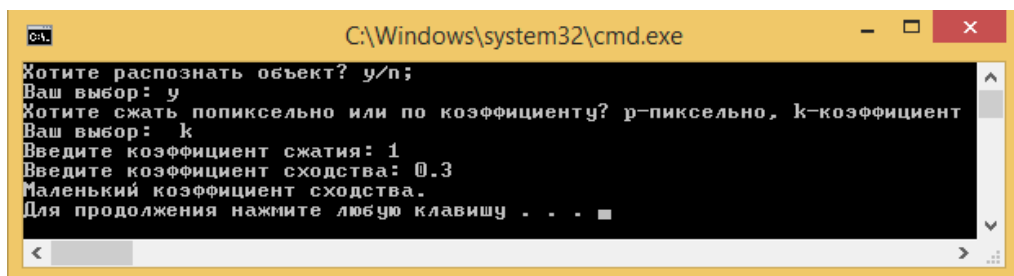


Рис. 10. Результаты эксперимента
при $k = 1$, $\max = 0,3$, $h = 100$, $g = 100$, $t = 11$ с

На рис. 10 совпадения не найдены. Это связано с тем, что мы выбрали маленький коэффициент сходства, и поэтому все пиксели исследуемого изображения оказались больше установленного порога.

Возьмем другое изображение в формате jpg размером 1180×551 с тем же человеком, наложим на лицо побочный объект — в данном случае очки. Теперь посмотрим, как повела себя программа (рис. 11) [6].

Как можно заметить на рис. 11, программа нашла все светлые участки, но отвергла темные.

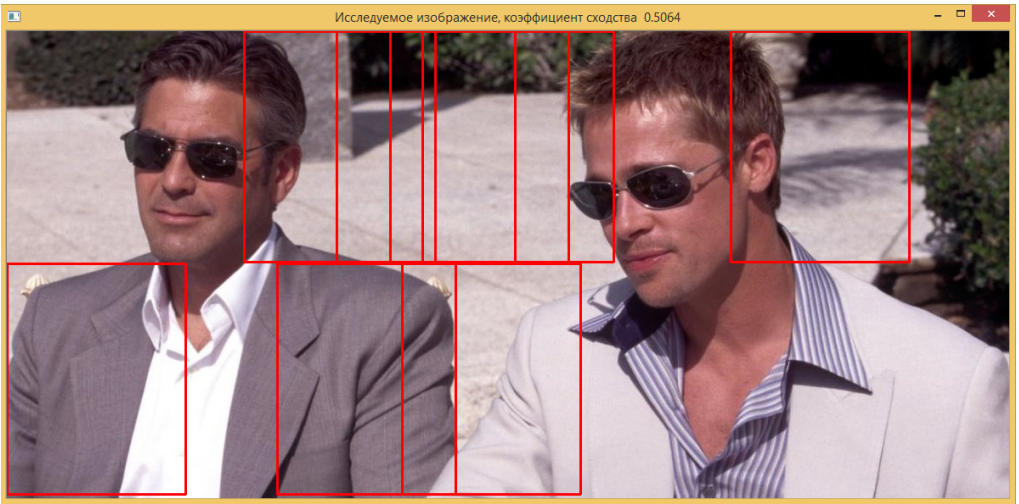


Рис. 11. Результаты эксперимента при $k = 1$, $\max = 0,5$, $t = 81$ с



Рис. 12. Эталонное изображение в формате png размером 102×292

Распознавание по очертаниям. Проведем эксперимент распознавания, имея эталонное изображение с очертаниями человека на прозрачном фоне и исследуемое изображение, на котором интересующие нас объекты меньше эталонного изображения (рис. 12 и 13) [7].



Рис. 13. Исследуемое изображение в формате jpeg размером 400×225

Увеличим количество пикселей путем растяжения исследуемого изображения (рис. 14).

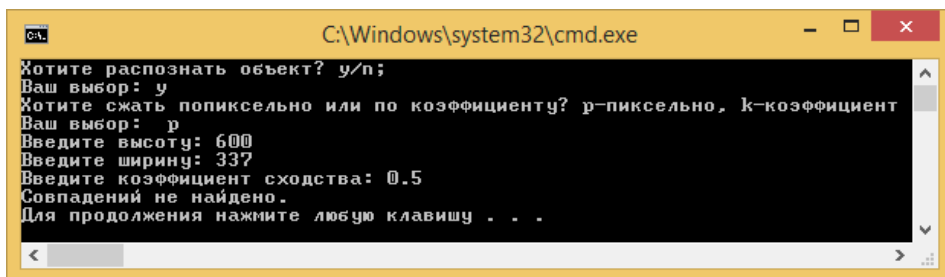


Рис. 14. Результаты эксперимента при $p = 600 \times 337$, $\max = 0,5$, $t = 233$ с

На рис. 14 видно, что в результате работы программы объект не найден. Уменьшим коэффициент сходства до 0,1 ($\max = 0,1$, рис. 15).



Рис. 15. Результаты эксперимента при $p = 600 \times 337$, $\max = 0,1$, $t = 2$ с

На рис. 15 видно, что программа за короткий промежуток времени определила только одно сходство. Было сделано еще несколько попыток уменьшения порога сходства, но они ни к чему не привели.

Проведем эксперименты с изображениями животных (рис. 16 и 17). В качестве искомого объекта на изображении рассмотрим голову антилопы, размер которой больше размеров объектов на исследуемом изображении.

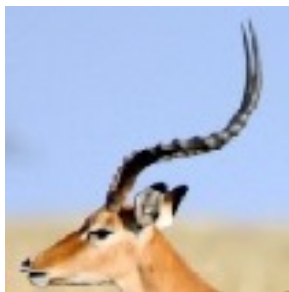


Рис. 16. Эталонное изображение в формате jpg размером 104×106



Рис. 17. Исследуемое изображение в формате jpg размером 259×194

Установим коэффициент сходства $\max = 1$ и коэффициент масштабирования $k = 0,5$ (рис. 18).

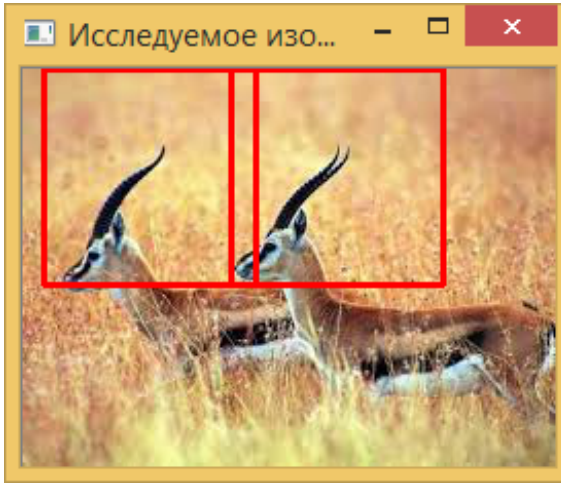


Рис. 18. Результаты эксперимента при $k = 1$, $\max = 0,5$, $t = 1$ с

На рис. 18 видно, что программа нашла две головы за короткий промежуток времени $t = 1$ с. Попробуем привести размеры объектов исследуемого изображения к размеру объекта на эталонном изображении, для этого увеличим размер исследуемого изображения в 1,2 раза и коэффициент сходства в 2 раза ($k = 1,5$, $\max = 2$, рис. 19).

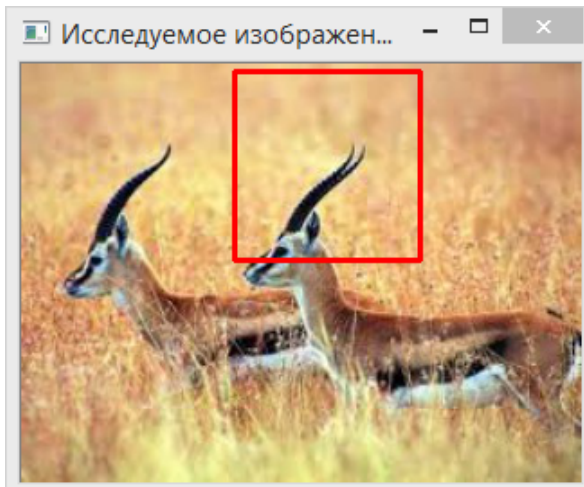


Рис. 19. Результаты эксперимента при $k = 1,2$, $\max = 0,5$, $t = 1$ с

Как видно на рис. 19, программа сработала менее точно — выделила только одну схожую область, в центре которой сосредоточено больше черного цвета. Сравнивая результаты экспериментов рис. 18 и 19, можно сказать, что коэффициент масштабирования не всегда влияет на точность выделения схожей области.

Распознавание объектов инфракрасного диапазона. Инфракрасная съемка — это специальная техника фотосъемки, в которой используется матрица цифрового фотоаппарата или специальная фотопленка, очень чувствительная к инфракрасному излучению. Для получения инфракрасного изображения применяют специальный фильтр, который пропускает инфракрасный свет, но блокирует видимую часть спектра [8].

Спектр инфракрасного излучения подразделяют на три части:

- 1) ближнее IR-A — 700...1 400 нм;
- 2) среднее IR-B — 1 400...30 000 нм;
- 3) дальнее IR-C — 30 000...1 000 000 нм.

В качестве искомого объекта выберем вертолет и попробуем найти похожие объекты на черно-белом и цветном изображениях (рис. 20–22).



Рис. 20. Эталонное изображение в формате png размером 168×54



Рис. 21. Исследуемое изображение в формате png размером 295×169

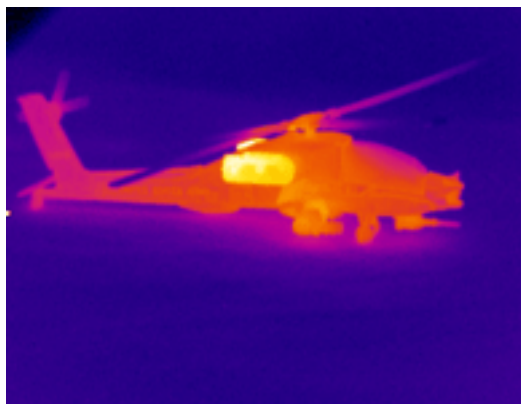


Рис. 22. Исследуемое изображение в формате png размером 295×169

Установим коэффициент сходства $\max = 1$ и без масштабирования $k = 1$ (рис. 23).



Рис. 23. Результаты эксперимента при $k = 1$, $\max = 1$, $t = 46$ с

На рис. 23 программа выделила только нижнюю часть вертолета. Попробуем уменьшить размер исследуемого изображения в 1,5 раза и уменьшить точность сходства на 0,1 ($k = 0,75$, $\max = 0,9$, рис. 24).



Рис. 24. Результаты эксперимента при $k = 0,75$, $\max = 0,9$, $t = 14$ с

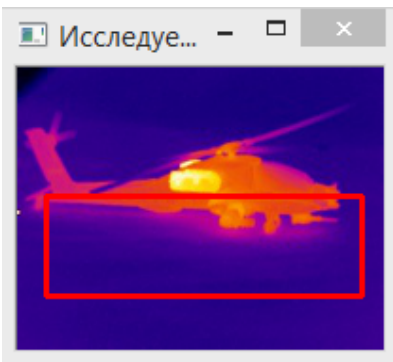


Рис. 25. Результаты эксперимента при $k = 1$, $\max = 0,5$, $t = 13$ с

Сравнивая рис. 23 и 24, можно сказать о значительном влиянии коэффициента масштабирования при выделении схожей области. Рассмотрим теперь цветное изображение и проведем аналогичный эксперимент (рис. 25).

На рис. 25 видно, что программа практически не нашла искомый объект. Исходя из результатов эксперимента можно сделать вывод, что программа плохо показала себя при работе с изображениями разных цветовых палитр.

Распознавание движущихся объектов. В качестве примера рассмотрим два изображения — одно с прозрачным фоном, другое с цифровым шумом, на котором отображены объекты разного размера (рис. 26 и 27) [9].



Рис. 26. Эталонное изображение в формате png размером 569×291



Рис. 27. Исследуемое изображение в формате jpg размером 1066×596

Проведем распознавание без сжатия $k = 1$ при коэффициенте сходства $\max = 1$ (рис. 28).



Рис. 28. Результат эксперимента при $k = 1$, $\max = 1$, $t = 321$ с

Как видно на рис. 13, программа нашла более точно объекты меньшего размера. Сожмем изображение и повысим точность в 2 раза ($k = 1$, $\max = 2$, рис. 29).

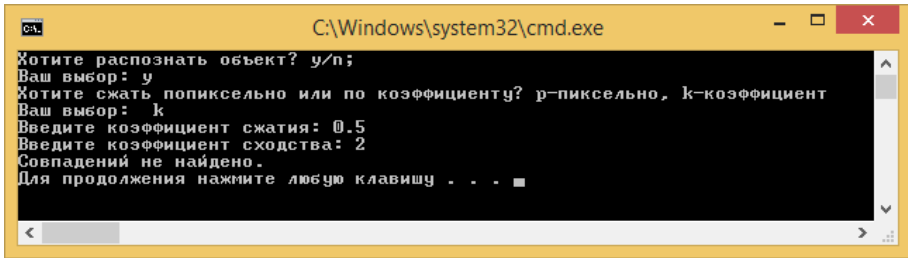


Рис. 29. Результат эксперимента при $k = 0,5$, $\max = 2$, $t = 575$ с

Как видно на рис. 29, программа не обнаружила на фотографии ни одного объекта. Времени на обработку по сравнению с предыдущим экспериментом ушло почти в 2 раза больше. Конвертируем формат исследуемого изображения в формате bmp и наложим эффект размытия (рис. 30).



Рис. 30. Результат эксперимента при $k = 0,5$, $\max = 0,86$, $t = 131$ с

На рис. 30 можно заметить, что при уменьшении коэффициента сходства, время обработки исследуемого изображения заметно уменьшается.

Проверка на вносимые данные в программу. Программа работает только при условии, что эталонное изображение строго меньше исследуемого изображения, иначе она выдает ошибку (рис. 31) [10].

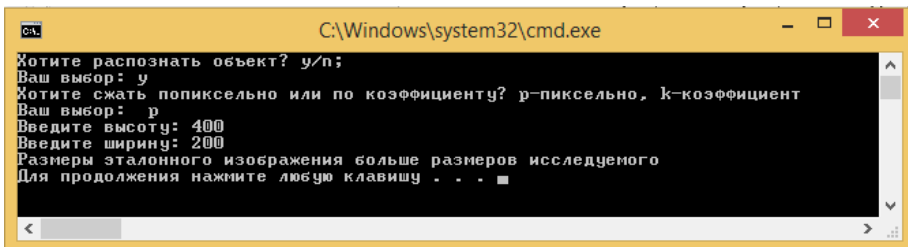


Рис. 31. Ошибка, возникающая при вводе неправильных параметров

Выводы. Программа хорошо показала себя при распознавании лиц, сжатию разных форматов, нахождении нескольких похожих объектов, а также при работе в инфракрасном диапазоне. Однако есть и недостатки, мешающие распознаванию — поворот изображения, наложение эффекта размытия, долгая обработка изображений большого размера (выше 1000×1000), разная цветовая палитра исследуемого и эталонного изображений.

Литература

- [1] Гонсалес Р., Вудс Р. *Цифровая обработка изображений*. Москва, Техносфера, 2005, 1072 с.
- [2] Новикова Н.М. *Структурное распознавание образов*. Воронеж, Воронежский государственный университет, 2008, 30 с.
- [3] Кухарев Г.А., Каменская Е.И., Матвеев Ю.Н., Щеголева Н.Л., Хитров М.В. *Методы обработки и распознавания изображений лиц в задачах биометрии*. СПб.: Политехника, 2013. 388 с.
- [4] Основы распознавания лиц. Habrahabr, 2017.
URL: <http://www.intuit.ru/studies/courses/10619/1103/lecture/18229> (дата обращения 25.05.2017).
- [5] Айсманн К., Дугган Ш., Порто Дж. *Adobe Photoshop Masking & Compositing*, 2013, с. 600.
- [6] Сойфер В.А. *Методы компьютерной обработки изображений*. Москва, Физматлит, 2003, 459 с.
- [7] Тропченко А.Ю. *Методы обработки и распознавания изображений*. Санкт-Петербург, СПбГУ ИТМО, 2012, 234 с.
- [8] Мурашов М.В., Панин С.Д. *Распознавание объектов в инфракрасном диапазоне: учеб. пособие*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008, 88 с.
- [9] Визильтер Ю.В., Желтов С.Ю., Князь В.А., Ходарев А.Н. *Обработка и анализ цифровых изображений*. Москва, ДМК Пресс, 2007, 464 с.
- [10] Простой алгоритм распознавания движения [Электронный ресурс].
URL: <https://habrahabr.ru> (дата обращения 20.09.2017).

Левинский Адам Тагирович — магистрант кафедры «Информационные системы и телекоммуникации», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Родионов Илья Дмитриевич — магистрант кафедры «Информационные системы и телекоммуникации», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Агальцев Станислав Сергеевич — магистрант кафедры «Информационные системы и телекоммуникации», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

DETECTING AN OBJECT IN A DIGITAL IMAGE

A.T. Levinskiy

adam.levinskiy@yandex.ru

SPIN-код: 2301-6960

I.D. Rodionov

ir@drp.ru

SPIN-код: 2598-2061

S.V. Agaltsev

sosimba-sosimbovich@mail.ru

SPIN-код: 5570-9322

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

Abstract

The investigation deals with a detection algorithm for processing digital images. The purpose of our work is to study and update the algorithm for detecting several objects in a digital image, and also to detect objects of various sizes during automated large-scale digital image processing. We accomplish our objective by scaling the image in question by means of determining maximum points, where the image best resembles the reference image. We experimented with various image formats, investigated the algorithm accuracy in the case of infrared images, and analysed the effects of digital noise and blurring for a large sample of images.

Keywords

Infrared image, algorithm, detection, object, digital image, processing, fragment, face recognition

© Bauman Moscow State Technical University, 2017

References

- [1] Gonzales R.C., Woods R.E. Digital image processing. Boston, MA Addison-Wesley, 2001. 823 p.
- [2] Novikova N.M. Strukturnoe raspoznavanie obrazov [Structural recognition of images]. Voronezh, Voronezh State University Publ., 2008, 30 p.
- [3] Kukharev G.A., Kamenskaya E.I., Matveev Yu.N., Shchegoleva N.L., Khitrov M.V. Metody obrabotki i raspoznavaniya izobrazheniy lits v zadachakh biometrii [Methods of processing and recognition of facial images in biometry tasks]. St. Petersburg, Politekhnik Publ., 2013. 388 p.
- [4] Osnovy raspoznavaniya lits. Habrahabr, 2017. Available at: <http://www.intuit.ru/studies/courses/10619/1103/lecture/18229> (accessed 25.05.2017).
- [5] Eismann K., Duggan S., Porto J. Adobe Photoshop Masking & Compositing. New Riders, 2013.
- [6] Soyfer V.A. Metody komp'yuternoy obrabotki izobrazheniy [Methods of computer image processing]. Moscow, Fizmatlit Publ., 2003. 459 p.
- [7] Tropchenko A.Yu., Tropchenko A.A. Metody vtorichnoy obrabotki i raspoznavaniya izobrazheniy [Methods of secondary processing and image recognition]. St. Petersburg, SPbGU ITMO Publ., 2012. 234 p.
- [8] Murashov M.V., Panin S.D. Raspoznavanie ob"ektov v infrakrasnom diapazone [Recognition of objects in the infrared]. Moscow, MGTU im. N.E. Bauman Publ., 2008. 88 p.

- [9] Vizil'ter Yu.V., Zheltov S.Yu., Knyaz' V.A., Khodarev A.N. Obrabotka i analiz tsifrovyykh izobrazheniy s primerami na LabVIEW i IMAQ Vision. Moscow, DMK Press, 2007. 464 p.
- [10] Prostoy algoritm raspoznavaniya dvizheniya. Available at: <https://habrahabr.ru> (accessed 20.09.2017).

Levinskiy A.T. — Master's Degree student, Department of Information Systems and Telecommunications, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Rodionov I.D. — Master's Degree student, Department of Information Systems and Telecommunications, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Agaltsev S.S. — Master's Degree student, Department of Information Systems and Telecommunications, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.