УДК 004.93+57.087.1

Купин А. И.,
д-р техн. наук, профессор,
ГВУЗ «Криворожский национальный университет», г. Кривой Рог, Украина
kupin@mail.ru
Кумченко Ю. А.,
аспирант кафедры компьютерных систем и сетей,
ГВУЗ «Криворожский национальный университет», г. Кривой Рог, Украина
ksm06@ukr.net

РАЗВИТИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ СОЗДАНИЯ ЭТАЛОНА ИЗОБРАЖЕНИЯ ДЛЯ IT-БИОМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ

Современные задачи идентификации объектов требуют высокой степени точности и эффективности их решения. Биометрические информационные технологии активно применяются в различных системах безопасности и контроля доступа. Наиболее перспективными подходами в данном случае являются методы создания эталона изображения, основанные на снятии идеального снимка и/или записи биометрической характеристики человека. Системы, основанные на этих методах, удобны, надёжны и достоверны. В статье рассмотрены современные методы цифровой обработки изображения. Для целей сжатия графических образов выбран тип – полутоновое изображение. Описан процесс получения снимка с расширенным динамическим диапазоном. Из получившегося снимка выделяется область, которая уникальна и подходит для дальнейшего создания эталона. Для этого применяется метод Виолы-Джонса. Также используется фильтрация методом выделения границ Собеля (оператор Собеля). Описан процесс создания эталона для дальнейшей идентификации объекта. Разработан универсальный алгоритм для создания эталона изображения (лица или объекта). Улучшенный алгоритм создания эталона применим не только для человека, но и для других объектов идентификации или распознавания.

Ключевые слова: *эталон; идентификация; распознавание; биометрия; обработка изображения; метод Виолы-Джонса; оператор Собеля.*

Проблема и её связь с научными и практическими заданиями

В настоящее время информационные технологии активно применяются в различных системах безопасности и контроля доступа. Это в первую очередь связано с тем, что современные задачи распознавания, идентификации и аутентификации человека требуют достаточно высокой степени точности и эффективности их решения в режиме реального времени. Как правило, перечисленные задачи являются сложными и многофакторными. Одним из наиболее перспективных подходов в данном случае являются методы создания эталона изображения, основанные на снятии идеального снимка и/или записи биометрической характеристики человека (БХЧ). В случае использования БХЧ для его идентификации существует вероятность ошибки системы. Это связано с неправильным использованием технологии, условиями окружающей обстановки и самое главное качеством образца. Актуальность данной темы обусловлена очевидным движением современных систем контроля доступа в сторону биометрической идентификации человека благодаря её удобству, надёжности и достоверности.

Анализ исследований и публикаций

Идентификация, распознавание и авторизация объектов обусловлена активной информатизацией современного общества и увеличением потоков конфиденциальной информации. Общие проблемы использования биометрических информационных технологий исследовали отечественные и зарубежные ученые, в частности: Кухарев Г. А., Завгородний В. В., Мельников Ю. Н., Руд М. Болл, Джонатан Х. Коннел, Шарат Панканти, Налини К. Ратха, Эндрю У. Сеньор и другие. Однако научные труды, в которых бы освещалось в полной мере улучшение существующих методов создания эталона для биометрической идентификации, практически отсутствуют.

Постановка заданий

Рассмотреть современные методы цифровой обработки изображения. Разработать алгоритм для создния эталона изображения (лица или объекта). Улучшить и обосновать существующие методы создания эталона для биометрической идентификации человека.

Изложение материалов и результатов

Цифровое изображение представляет собой прямоугольную таблицу точек, или элементов изображения, расположенных в m строках и n столбцах. Выражение $m \times n$ называется разрешением изображения (хотя иногда этот термин используется для обозначения числа пикселей, приходящихся на единицу длины изображения). Точки изображения называются пикселями (за исключением случаев, когда изображение передается факсом или видео; в этих случаях точка называется пелом). Для целей сжатия графических образов удобно выделить следующие типы изображений:

1) двухуровневое (или монохроматическое) изображение. В этом случае все пиксели могут иметь только два значения, которые обычно называют черным (двоичная единица, или основной цвет) и белым (двоичный нуль или цвет фона). Каждый пиксель такого изображения представлен одним битом, поэтому это самый простой тип изображения;

2) полутоновое изображение. Каждый пиксель такого изображения может иметь 2^n значений от 0 до 2^n –1, обозначающих одну из 2^n градаций серого (или иного) цвета. Число n обычно сравнимо с размером байта, то есть, оно равно 4, 8, 12, 16, 24 или другое кратное 4 или 8. Множество самых значимых битов всех пикселей образуют самую значимую битовую плоскость или слой изображения. Итак, полутоновое изображение со шкалой из 2^n уровней составлено из n битовых слоев;

3) цветное изображение. Существует несколько методов задания цвета, но в каждом из них участвуют три параметра. Следовательно, цветной пиксель состоит из трех частей. Обычно, цветной пиксель состоит из трех байтов. Типичными цветовыми моделями являются RGB, HLS и CMYK;

4) изображение с непрерывным тоном. Этот тип изображений может иметь много похожих цветов (или полутонов). Когда соседние пиксели отличаются всего на единицу, глазу практически невозможно различить их цвета. В результате такие изображения могут содержать области, в которых цвет кажется глазу непрерывно меняющимся. В этом случае пиксель представляется или большим числом (в полутоновом случае) или тремя компонентами (в случае цветного образа). Изображения с непрерывным тоном являются природными или естественными (в отличие от рукотворных, искусственных); обычно они получаются при съемке на цифровую фотокамеру или при сканировании фотографий или рисунков;

5) дискретно-тоновое изображение (оно еще называется синтетическим). Обычно, это изображение получается искусственным путем. В нем может быть всего несколько цветов или много цветов, но в нем нет шумов и пятен естественного изображения. Примерами таких изображений могут служить фотографии искусственных объектов, машин или механизмов, страницы текста, карты, рисунки или изображения на дисплее компьютера. (Не каждое искусственное изображение будет обязательно дискретно-тоновым. Сгенерированное компьютером изображение, которое должно выглядеть натуральным, будет иметь непрерывные тона, несмотря на свое искусственное происхождение). Искусственные объекты, тексты, нарисованные линии имеют форму, хорошо определяемые границы. Они сильно контрастируют на фоне остальной части изображения (фона). Прилегающие пиксели дискретно-тонового образа часто бывают одиночными или сильно меняют свои значения. Такие изображения плохо сжимаются методами с потерей данных, поскольку искажение всего нескольких пикселей буквы делает ее неразборчивой, преобразует привычное начертание в совершенно неразличимое. Методы сжатия изображений с непрерывными тонами плохо обращаются с четкими краями дискретно-тоновых образов, для которых следует разрабатывать особые методы компрессии. Отметим, что дискретно-тоновые изображения, обычно, несут в себе большую избыточность. Многие ее фрагменты повторяются много раз в разных местах изображения;

6) изображения, подобные мультфильмам. Это цветные изображения, в которых присутствуют большие области одного цвета. При этом соприкасающиеся области могут весьма различаться по своему цвету. Это свойство можно использовать для достижения лучшей компрессии.

Интуитивно становится ясно, что каждому типу изображений присуща определенная избыточность, но все они избыточны по-разному. Поэтому трудно создать один метод, который одинаково хорошо сжимает любые типы изображений. Существуют отдельные методы для сжатия двухуровневых образов, непрерывно-тоновых и дискретно-тоновых изображений. Существуют также методы, которые пытаются разделить изображение на непрерывно-тоновую и дискретно-тоновую части и сжимать их по отдельности [1].

Учитывая вышеперечисленные типы изображений для сжатия графических образов для нашей задачи создания эталона подойдёт полутоновое изображение, потому что оно имеет достаточное качество для идентификации человека по нему и небольшой объём занимаемого пространства – это важный показатель для дальнейшего хранения эталонов в базе данных.

Перед тем как сжать изображение в полутоновое, предлагается первое улучшение для создания эталона – получить снимок с расширенным динамическим диапазоном. Расширение динамического диапазона необходимо для того, чтобы оптимально отобразить на дисплее видеосигнал с двух камер, содержащий максимальное количество деталей лица, видимых на готовом совмещённом снимке. С целью расширения динамического диапазона изображения, а также для подавления ярких точечных источников (пересвет и расплывание ярких объектов) был реализован режим съемки обычной камерой и ИК: один кадр отображал цветной обычный снимок, а следующий кадр формировался с помощью ИК фильтра. Объединение двух таких изображений позволяет оптимальным образом отобразить хорошо и плохо освещенные области, получить более «глубокий» снимок, как в дневное, так и ночное время [2]. Результат получения такого снимка с применением сжатия полутонового изображения представлен на рисунке (рис. 1, *1*).

Из получившегося снимка нам нужно выделить область, которая уникальна и подходит для дальней-

шего создания эталона. Для этого применяем метод Виолы-Джонса – основополагающий для поиска объектов на изображении в реальном времени [3].

Основные принципы, на которых основан метод:

1) используются изображения в интегральном представлении, что позволяет вычислять быстро необходимые объекты;

2) используются признаки Хаара, с помощью которых происходит поиск нужного объекта (в данном контексте, лица и его черт);

3) используется бустинг (от англ. *boost* – улучшение, усиление) для выбора наиболее подходящих признаков для искомого объекта на данной части изображения;

4) все признаки поступают на вход классификатора, который даёт результат «верно» либо «ложь»;

5) используются каскады признаков для быстрого отбрасывания окон, где не найдено лицо.

Обучение классификаторов идет очень медленно, но результаты поиска лица очень быстры, именно поэтому был выбран данный метод распознавания лиц на изображении. Виола-Джонс является одним из лучших по соотношению показателей эффективность распознавания/скорость работы. Также этот детектор обладает крайне низкой вероятностью ложного обнаружения лица. Алгоритм даже хорошо работает и распознает черты лица под небольшим углом, примерно до 30 градусов. При угле наклона больше 30 градусов процент обнаружений резко падает. И это не позволяет в стандартной реализации детектировать повернутое лицо человека под произвольным углом, что в значительной мере затрудняет или делает невозможным использование алгоритма в современных производственных системах с учетом их растущих потребностей.

В общем виде, задача обнаружения лица и черт лица человека на цифровом изображении выглядит именно так:

1) имеется изображение, на котором есть искомые объекты. Оно представлено двумерной матрицей пикселей размером $w \times h$, в которой каждый пиксель имеет значение от 0 до 255, если это черно-белое изображение;

2) в результате своей работы, алгоритм должен определить лица и их черты и пометить их – поиск осуществляется в активной области изображения прямоугольными признаками, с помощью которых и описывается найденное лицо и его черты:

$$rectanglei = \{x,y,w,h,a\}, \qquad (1)$$

где x, y – координаты центра i-го прямоугольника, w – ширина, h – высота, a – угол наклона прямоугольника к вертикальной оси изображения [4].

Результат применения метода Виолы-Джонса к предварительно подготовленному изображению представлен на рисунке (рис. 1, *2*).

Обычно изображения, сформированные различными информационными системами, искажаются действием помех. Это затрудняет как их визуальный анализ человеком-оператором, так и автоматическую обработку в ПЭВМ. При решении некоторых задач обработки изображений в роли помех могут выступать те или иные компоненты самого изображения.

Ослабление действия помех достигается фильтрацией. При фильтрации яркость (сигнал) каждой точки исходного изображения, искаженного помехой, заменяется некоторым другим значением яркости, которое признается в наименьшей степени искаженным помехой [1].

В нашем случае применим второе улучшение, используя фильтрацию методом выделения границ Собеля (оператор Собеля) к уже выделенной области методом Виолы-Джонса.

Оператор Собеля используется в обработке изображений для выделения границ. Это дискретный дифференциальный оператор, который вычисляет приближенное значение градиента или нормы градиента для яркости изображения. Оператор Собеля базируется на свертке изображения небольшими сепарабольными целочисленными фильтрами в вертикальном и горизонтальном направлениях. Хотя аппроксимация градиента достаточно грубая особенно на высокочастотных участках изображения.

Оператор использует ядра 3 × 3, с которыми сворачивает изображение для вычисления приближенных значений частных производных по горизонтали и по вертикали. Если A исходное изображение, а G_x та G_y – два изображения, где каждая точка содержит частные производные по x и по y соответственно. Они вычисляются следующим образом:

$$G_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} * A \text{ and } G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} * A, \qquad (2)$$

где $*$ обозначает двумерную операцию свертки.

Координата x растет «направо», а y – «вниз». Для каждой точки изображения приближенное значение градиента вычисляется через приближение значения частных производных:

$$G = \sqrt{G_x^{\,2} + G_y^{\,2}}, \qquad (3)$$

а также направление градиента:

$$\Theta = \arctan\left(\frac{G_y}{G_x}\right), \qquad 4)$$

где, например, угол Θ равен нулю для вертикальной границы, в которой темная сторона слева.

Значение функции существует только на регулярной сетке, поэтому нельзя находить производные, но предположив непрерывность функции, можно применить конечные разницы, а именно – оператор Собеля для аппроксимации частных производных.

В отличие от фильтров Лапласа результаты фильтра Собеля отличаются существенно. Фильтр Собеля имеет тенденцию быть менее чувствительным к шуму изображения по сравнению с фильтром Лапласа. Обнаруженные линии границы не так точно гранулированные,

как линии остальных существующих фильтров выделения границ.

Результат применения фильтра Собеля к предварительно подготовленному изображению представлен на рисунке в обычном и инверсном вариантах (рис. 1, *3*).

После проведения всех действий мы получили эталонное изображение, которое имеет разрешение 500 × 500 пикселей и размер его всего 150 кБ, что идеально подходит для современных баз данных (БД) (рис. 2).

Исходя из выше описанных предложений по улучшению существующих методов создания эталона изображения, можно разработать универсальный алгоритм работы с любым объектом (рис. 3).

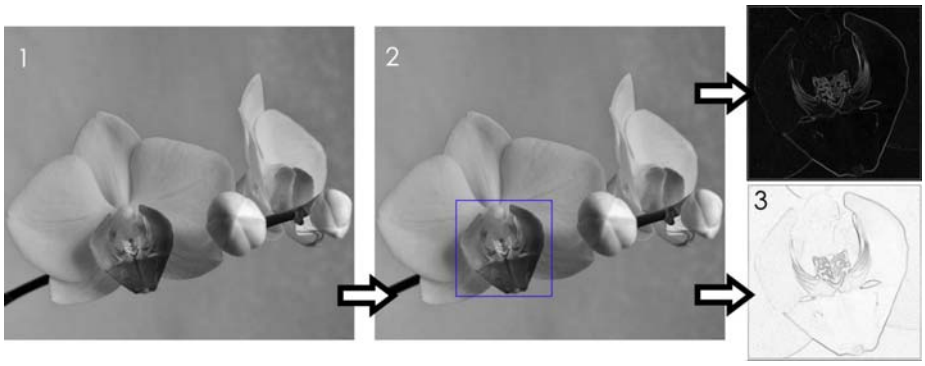

Рис. 1. Процесс создания эталона для дальнейшей идентификации объекта:
1 – совмещённый ИК снимок с применением сжатия полутонового изображения;
2 – применение метода Виолы-Джонса; 3 – фильтр Собеля в обычном и инверсном вариантах

Рис. 2. Итоговое эталонное изображение

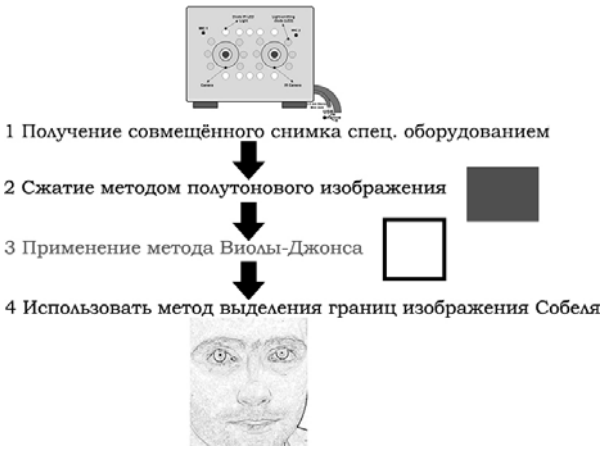

Рис. 3. Разработанный алгоритм для создания эталона изображения

Выводы и направление дальнейших исследований

Разработанный алгоритм для создания эталона изображения, с применением нескольких методов, имеет существенные преимущества. Благодаря улучшению существующих подходов, можно снизить на порядок количество людей или объектов, идентификация которых невозможна, и значительно повысить защищенность информационных ресурсов от несанкционированного доступа в целом. Эталонный образец имеет разрешение 500 × 500 пикселей и размер всего 150 кБ, что идеально подходит для современных БД. У него отчётливо видны все границы для дальнейшей биометрический идентификации человека. Как показала практика (изображение цветка рис. 1), улучшенный алгоритм создания эталона применим не только для человека, но и для других объектов идентификации или распознавания. Дальнейшие исследования направлены на преобразование полученного эталона в матрицу и создание сравнительной свёрточной нейронной сети.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борискевич А. А. Цифровая обработка речи и изображений / А. А. Борискевич. – Минск, 2007. – 295 с.
2. Купін А. І. Перспективи застосування мультимодальних інформаційних технологій у задачах біометричного розпізнавання об’єктів / А. І. Купін, Ю. О. Кумченко // Гірничий вісник : Науково-технічний збірник. – 2014. – Вип. 97. – С. 165–168.
3. P. Viola and M. J. Jones, «Robust real-time face detection», International Journal of Computer Vision, vol. 57, no. 2, 2004., pp.137–154.
4. Метод Виолы-Джонса (Viola-Jones) как основа для распознавания лиц [Электронный ресурс] – 2011. – Режим доступа к статье : http://habrahabr.ru/post/133826.

Купін А. І., *ДВНЗ «Криворізький національний університет», м. Кривий Ріг, Україна*
Кумченко Ю. О., *ДВНЗ «Криворізький національний університет», м. Кривий Ріг, Україна*

РОЗВИТОК ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ СТВОРЕННЯ ЕТАЛОНУ ЗОБРАЖЕННЯ ДЛЯ ІТ-БІОМЕТРИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ

Сучасні завдання ідентифікації об'єктів вимагають високого ступеня точності та ефективності їх вирішення. Біометричні інформаційні технології активно застосовуються в різних системах безпеки та контролю доступу. Найбільш перспективними підходами в даному випадку є методи створення еталона зображення, засновані на знятті ідеального знімка і / або запису біометричної характеристики людини. Системи, засновані на цих методах, зручні, надійні і достовірні. У статті розглянуті сучасні методи цифрової обробки зображення. Для цілей стиснення графічних образів обраний тип – напівтонове зображення. Описано процес отримання знімка з розширеним динамічним діапазоном. З отриманого знімка виокремлюється область, яка унікальна і підходить для подальшого створення еталона. Для цього застосовується метод Віоли-Джонса. Також використовується фільтрація методом виокремлення кордонів Собеля (оператор Собеля). Описано процес створення еталона для подальшої ідентифікації об'єкта. Розроблено універсальний алгоритм для створення еталона зображення (особи або об'єкта). Покращений алгоритм створення еталона може бути застосованим не тільки для людини, але і для інших об'єктів ідентифікації або розпізнавання.

Ключові слова: *еталон; ідентифікація; розпізнавання; біометрія; обробка зображення; метод Віоли-Джонса; оператор Собеля.*

Kupin A. I., *State institution of higher education «Kryvyi Rih National University», Kryvyi Rih, Ukraine*
Kumchenko Y. O., *State institution of higher education «Kryvyi Rih National University», Kryvyi Rih, Ukraine*

DEVELOPMENT OF THE EXISTING METHODS OF CREATION A TEMPLATE FOR IT-BIOMETRIC IDENTIFICATION

The modern tasks of identification of objects require a fine precision and efficiency of their decision. Biometric information technologies are actively applied in different security arrangements and access monitoring. The most perspective approaches in this case are the methods of creation of a standard of the image based on removal of an ideal picture and/or record of the biometric characteristic of the person. The systems founded on these methods are convenient, safe and reliable. In article the modern methods of digital processing of the image are considered. For the purposes of compression of graphic images the type of a gray-scale image is chosen. Process of receiving a picture with high dynamic range is described. From the turned-out picture the area which is unique is selected and is suitable for further creation a template. Viola-Jones method is for this purpose applied. Also filtering by method of separation of boundaries Sobel (Sobel operator) is used. Process of creation a template for further identification of object is described. The universal algorithm is developed for creation of a standard of the image (the person or object). We will apply the improved algorithm of creation a template not only to the person, but also to other objects of identification or recognition.

Key words: *template; identification; recognition; biometry; processing of the image; Viola-Jones; Sobel operator.*

© Купін А. І., Кумченко Ю. О., 2014 *Дата надходження статті до редколегії 19.12.2014 р.*