

УДК 004.031.43–044.962

А. Д. Новицкая, Н. А. Жилияк

Белорусский государственный технологический университет

**МЕТОДЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ
В РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМ ОГРАНИЧЕНИЯ ДОСТУПА В ПОМЕЩЕНИЯ**

В данной статье рассмотрены методы и алгоритмы, предназначенные для распознавания объектов на изображениях как с последующим анализом исторических данных, так и с анализом данных в режиме реального времени. Приведены возможные подходы при разработке программного обеспечения для ограничения физического доступа в помещения, сформулированы задачи, которые может решать такое программное обеспечение.

Выявлены как простейшие, так и более сложные алгоритмы и методы, которые необходимы для решения приведенных задач. В качестве простейших способов описаны методы ковариации и сравнения шаблонов. Алгоритм ковариации двух изображений рассмотрен как возможный способ реализации методов сравнения шаблонов. Изучены особенности методов, основанных на геометрических характеристиках лица, осуществляющих поиск на основании контрольных точек и их сочетаний, сети Хопфилда. Особое внимание уделено методу Виолы – Джонса, основанному на вейвлетах Хаара. Данный метод был рассмотрен как основа для разработки программного средства определения и распознавания лиц, так как может работать в режиме реального времени и является гибким, есть возможность дорабатывать и модифицировать его.

Реализация вышеназванных методов поможет получить полноценную и рабочую систему ограничения доступа на территорию предприятия и обеспечить надежную базу для безопасного хранения ценной конфиденциальной информации.

Ключевые слова: распознавание лиц, распознавание объектов, Хаар, Виола – Джонс, сравнение шаблонов, ковариация, сети Хопфилда.

A. D. Novitskaya, N. A. Zhilyak

Belarusian State Technological University

**OBJECT RECOGNITION METHODS USED IN THE DEVELOPMENT
OF SYSTEMS OF ACCESS RESTRICTION TO PREMISES**

This article describes image recognition methods and algorithms that deals with historical analyzing and real-time processing. Potential approaches in physical security access control software development were given, and tasks that should be solved by such software were formulated.

Basics and more complex algorithms and techniques that are needed to solve formulated tasks were presented. As the simplest examples Covariance method and Template matching were described. Covariance of two images is a possible way to implement Templates matching. The basic characteristics of methods which based on generating face control points and Hopfield network were described. The special attention was given to Viola – Jones method that based on the Haar wavelet. This method can be used as a basis for the image detection and facial recognition software tool development, because it can work as real-time method and can be modified.

Methods mentioned before will be helpful to developing physical security access control systems and provide reliable basis for the safe confidential data storage.

Key words: face recognition, object recognition, Haar, Viola – Jones, template matching, covariance, Hopfield network.

Введение. Когда речь заходит о безопасности работы с информацией и ее хранения, в первую очередь вспоминаются множество способов обеспечения надежной работы непосредственно вычислительных систем с помощью программных и аппаратных средств. Однако не стоит забывать об организационных мерах и процедурах, существующих на предприятии или в организации.

Вся информация, в конечном счете, хранится на физических носителях, поэтому разграничение доступа к хранилищу данных, оборудова-

нию, ценным документам так важно. Без процедур ограничения физического доступа сотрудников в различные помещения невозможно обеспечить защиту информации должным образом. Четкие инструкции обычно содержатся в политике безопасности конкретной организации. Помочь исключить ошибки, связанные с человеческим фактором, может автоматизация части работы, выполняемой охраной.

В контексте обсуждаемой задачи это можно обеспечить с помощью:

– систем контроля доступа в здания и помещения;

– систем видеонаблюдения.

Такой подход актуален для работы пограничных пропускных пунктов, аэропортов, вокзалов, опознания отдельных людей в записях массы людей, на записях уже произошедших событий, ограничения доступа нежелательных посетителей в некоторые объекты (доступ по принципу «черных списков»), криминалистики.

Основная часть. Для реализации данного подхода к работе необходимо обратиться к методам распознавания образов в изображениях. Теория распознавания образа – раздел информатики и смежных дисциплин, развивающий основы и методы классификации и идентификации предметов, явлений, процессов, ситуаций, которые характеризуются конечным набором некоторых свойств и признаков. Отсюда можно сделать вывод о том, что распознавание лиц – это частный случай обнаружения предметов на изображении по приметам [1].

Для оптического распознавания образов можно применить метод перебора вида объекта под различными углами, масштабами, смещениями и т. д. Второй подход – найти контур объекта и исследовать его свойства (связность, наличие углов и т. д.). Еще один подход – использовать искусственные нейронные сети. Этот метод требует либо большого количества примеров задачи распознавания (с правильными ответами), либо специальной структуры нейронной сети, учитывающей специфику данной задачи.

Для начала работы по разработке программного обеспечения для определения и идентификации лиц людей поставим следующие задачи:

1) определение лиц и сохранение снимков видеокамер для дальнейшей обработки;

2) распознавание конкретного индивида на изображении с камеры наблюдения в реальном времени.

Практически все, наиболее популярные, из существующих алгоритмов действуют в следующей последовательности:

– детектирование и локализация лица на изображении;

– выравнивание изображения лица (геометрическое и яркостное);

– вычисление признаков;

– распознавание – сравнение вычисленных признаков с заложенными в базу данных эталонами.

В большинстве случаев, когда нужно простое сравнение двух достаточно похожих фрагментов изображения, его реализуют через их ковариацию [2].

На примере данный метод можно представить следующим образом: объект, содержащий

искомый образец, передвигается по координатам X, Y по изображению, в котором осуществляется поиск. Работа алгоритма считается успешной, когда находится такая точка, где отличие искомого образца от изображения, в котором производился поиск, достигает своего минимума:

$$\sum_{i < W, j < H} [I(x+i, y+j) - J(i, j)],$$

где I – изображение, в котором производится поиск; J – образец для сравнения; W – ширина образца (в пикселях); H – высота образца (в пикселях); x, y – координаты текущего пикселя изображения, в котором происходит поиск.

Этот способ быстр в реализации и интуитивен. Однако у него есть свои недостатки:

1) низкая скорость работы, особенно при обработке больших изображений. Если будет задействован образец $a \cdot a$ пикселей и изображение поиска $b \cdot b$ пикселей, то количество операций можно рассчитать как $a^2 \cdot (b - a)^2$;

2) нестабильная работа при смене освещения;

3) нестабильная работа при изменении масштаба или повороте изображения;

4) нестабильная работа в случае, если часть изображения – изменяющийся фон.

С этими недостатками можно бороться следующими методами:

– недостатки в скорости работы устраняются путем проведения поиска с большим шагом при маленьком разрешении;

– недостатки освещения можно нейтрализовать нормировкой или переходом к бинаризации области;

– изменения масштаба и небольшие искажения объекта поиска можно устранить изменением разрешения при корреляции;

– с фоном при таком подходе никто не борется.

На очень схожем подходе работают методы сравнения шаблонов (Template Matching), где для сравнения областей применяются простейшие алгоритмы вроде попиксельного сравнения. Их основными принципами являются выделение областей лица на изображении и их сравнение для двух различных изображений. Каждая совпавшая область увеличивает меру сходства.

В связи с тем, что используются простейшие алгоритмы поиска, можно столкнуться со следующими недостатками:

1) ресурсоемкий (хранение промежуточной информации, эталонов для сравнения, сама обработка всей имеющейся информации);

2) нестабильная работа в случае смены освещения;

3) нестабильная работа при изменении масштаба или повороте изображения;

4) нестабильная работа в случае изменения выражения лица;

5) нельзя с точностью сказать, был ли найден искомый объект, так как результатом работы является вероятностная характеристика;

6) ложные срабатывания (у разных изображений могут быть сходные детали или области).

Еще одной группой методов являются методы, основанные на геометрических характеристиках лица [3].

Процесс распознавания представляет собой сравнение признаков человека, имеющих в базе, с признаками на изображении, имеющимся для сравнения. Правильное нахождение ключевых точек на изображении является гарантией успешного распознавания.

Отсюда можно выделить недостатки данного метода:

- нахождению ключевых точек будет мешать наличие на фото человека очков, бороды, изменений прически, макияжа;

- нестабильная работа при изменении освещения;

- нестабильная работа в случае изменения ракурса (фото должно быть сделано в анфас);

- нестабильная работа при изменении выражения лица.

Таким образом, данный алгоритм будет полезен для определенных задач, например, когда требуется сравнить изображение лица, полученного в текущий момент, с фотографией в документе.

Существуют и более гибкие методы и алгоритмы поиска. Наиболее широко используется для таких задач метод Виолы – Джонса. Он является высокоэффективным для поиска объектов на изображениях и видеопоследовательностях в режиме реального времени. В основе этого алгоритма лежит идея вейвлетов Хаара. Однако в чистом виде алгоритмы, работающие с интенсивностью изображения, имеют большую вычислительную сложность, поэтому данный подход был адаптирован в методе Виолы – Джонса.

Признак Хаара состоит из смежных прямоугольных областей. В общем виде метод можно описать следующими шагами: прямоугольные области позиционируются на изображении, затем суммируются интенсивности пикселей в областях, потом вычисляется разность между этими суммами (суммарного значения области темных пикселей из суммарного значения области светлых пикселей). Эта разность будет значением определенного признака, определенного размера, определенным образом размещенного на изображении. Чаще всего используются области прямоугольной формы либо формы, которую можно представить как совокупность прямоугольников для того, чтобы можно было применить технику интегральных изображений для расчета суммарных интенсивностей в них.

Интегральное представление изображения – это матрица, размерность которой совпадает с размерностью исходного изображения. Элементы этой матрицы рассчитываются по формуле

$$I(x, y) = \sum_{i=j=1}^{i \leq W, j \leq H} J(i, j),$$

где $I(x, y)$ – элемент интегрального изображения; $J(i, j)$ – яркость пикселя исходного изображения; W, H – ширина и высота исходного изображения.

Таким образом, каждый элемент интегрального изображения $I(x, y)$ содержит в себе сумму пикселей изображения в прямоугольнике от (1, 1) до (x, y) [4].

Основные принципы, на которых базируется данный метод, таковы:

- 1) работа с объектами в интегральном отображении (для увеличения скорости вычисления объектов);

- 2) работа с признаками Хаара, с помощью которых происходит поиск лица и его черт;

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

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

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

Характеристику Хаара можно определить как функцию f от суммарной интенсивности I_A и I_B двух прямоугольных участков изображения A и B таких, что участок A вложен в участок B . На сегодняшний день используется характеристика вида $f(A, B) = \alpha I_A + \beta I_B$, где α и β – константы [4].

Применение алгоритма Виолы и Джонса требует корректировки освещения:

$$I'(x, y) = \frac{I(x, y) - \mu}{c\sigma}, \quad c > 0,$$

где $I(x, y)$ – интенсивность в точке (x, y) ; μ – оценочное среднее значение интенсивности по некоторой окрестности; c – положительная константа, которую обычно полагают равной двум; σ – оценочная дисперсия [4].

Ключевой особенностью признаков Хаара является наибольшая по сравнению с остальными признаками скорость. При использовании интегрального представления изображения признаки Хаара могут вычисляться за постоянное время (примерно 60 процессорных инструкций на признак из двух областей) [4].

Кроме простых алгоритмов, существует подход к распознаванию образов, требующий обучения нейронной сети. В качестве примера можно рассмотреть нейронную сеть Хопфилда. Алгоритм обучения этой сети существенно

отличается от классических алгоритмов обучения перцептронов тем, что вместо последовательного приближения к нужному состоянию с вычислением ошибок все коэффициенты весовой матрицы рассчитываются по одной формуле, за один цикл, после чего сеть сразу готова к работе [5].

Недостатки, с которыми можно столкнуться, прибегая к решению задачи с помощью сети Хопфилда:

– запоминаемые образы не должны быть сильно похожи;

– изображение не должно быть смещено или повернуто относительно его исходного состояния.

Для устранения этих недостатков рассматриваются различные модификации классиче-

ской нейронной сети Хопфилда. При выборе данного метода с учетом и исправлением заранее известных недостатков можно получить нейронную сеть, которая запоминает некоторое количество векторов и при подаче на вход любого вектора определяет, на какой из запомненных он более всего похож.

Заключение. Таким образом, потратив некоторое время на планирование и внедрение перечисленных выше технических и организационных мер, можно создать полноценную и рабочую систему ограничения доступа на территорию предприятия и обеспечить надежную базу для безопасности хранения ценной конфиденциальной информации.

Литература

1. Фомин Я. А. Распознавание образов: теория и применение. М.: ФАЗИС, 2012. 429 с.
2. Weisstein E. W. Covariance [Electronic resource] // Wolfram MathWorld. URL: <http://mathworld.wolfram.com/Covariance.html> (date of access: 12.12.2015).
3. Лебеденко Ю. И. Биометрические системы безопасности. Тула: Directmedia, 2013. 159 с.
4. Viola P., Jones M. J. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features [Electronic resource] // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Kauai, Hawaii, USA, 2001. URL: <http://www.vision.caltech.edu/html-files/EE148-2005-Spring/pprs/viola04ijcv.pdf> (date of access: 17.12.2015).
5. Hopfield J. J. Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities [Electronic resource] // Proceedings of National Academy of Sciences. 1982. Vol. 79 (8). URL: <http://www.pnas.org/content/79/8/2554.full.pdf> (date of access: 10.01.2016).

References

1. Fomin Ja. A. *Raspoznvaniye obrazov: teoriya i primeneniye* [Objects recognition: Theory and practice]. Moscow, Fazis Publ., 2012. 429 p.
2. Weisstein E. W. Covariance. *Wolfram MathWorld*. Available at: <http://mathworld.wolfram.com/Covariance.html> (accessed 12.12.2015).
3. Lebedenko U. I. *Biometricheskiye sistemy bezopasnosti* [Biometrical security systems]. Tula, Directmedia, 2013. 159 p.
4. Viola P., Jones M. J. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features. *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. Available at: <http://www.vision.caltech.edu/html-files/EE148-2005-Spring/pprs/viola04ijcv.pdf> (accessed 17.12.2015).
5. Hopfield J. J. Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities. *Proceedings of National Academy of Sciences*, 1982, vol. 79 (8). Available at: <http://www.pnas.org/content/79/8/2554.full.pdf> (accessed 10.01.2016).

Информация об авторах

Новицкая Александра Дмитриевна – магистрант. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: liloddy@gmail.com

Жиляк Надежда Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных систем и технологий. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: gh_nadya@mail.ru

Information about the authors

Novitskaya Aleksandra Dmitriyevna – Master's degree student. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: liloddy@gmail.com

Zhilyak Nadezhda Aleksandrovna – PhD (Engineering), Assistant Professor, the Department of Information Systems and Technologies. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: gh_nadya@mail.ru

Поступила 15.03.2016