



Столыпинский
вестник

Научная статья

Original article

УДК 007.52

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА КОРРЕЛЯЦИОННОГО СРАВНЕНИЯ ДЛЯ
РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИЦ**
USING THE METHOD OF CORRELATION COMPARISON FOR SOLVING
THE PROBLEM OF PERSON IDENTIFICATION

Синицын Алексей Витальевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Робототехнические системы и мехатроника» Московского государственного технического университета им. Н.Э.Баумана (105005, г. Москва, улица 2-я Бауманская, д. 5, к. 1), kutta@mail.ru

Sinitsyn Alexey Vitalievich, candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of the Department of robotic systems and mechatronics, Bauman Moscow State Technical University (105005, Moscow, 2 Baumanskaya str, 5-1), kutta@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается использование метода корреляционного сравнения для решения задачи идентификации человеческих лиц, являющейся весьма актуальной для многих применений. Общий подход заключается в выборе инвариантного к изменению яркости и контраста коэффициента корреляции как меры степени сходства двух сравниваемых лиц (меры степени близости изображений лиц). Для уменьшения объема вычислений при

реализации алгоритма, сравнение предлагается проводить по двум выделенным зонам изображения, содержащим максимальное количество идентифицирующих признаков и в минимальной степени подверженных искажениям за счет изменения ракурса съемки, направления освещения и прочих факторов. Для выполнения корреляционного сравнения выделенных зон двух изображений предлагается их предварительное совмещение по положению и углу с использованием двух реперных точек, в качестве которых используются центры зрачков глаз. Предложенный метод частичного маскирования позволяет исключить из рассмотрения часть выделенной зоны в случае искажения её помехами.

Abstract. The article discusses the use of the correlation comparison method for solving the problem of identifying human faces, which is very relevant for many applications. The general approach is to choose a correlation coefficient that is invariant to changes in brightness and contrast as a measure of the degree of similarity of two compared faces (a measure of the degree of proximity of face images). To reduce the amount of calculations in the implementation of the algorithm, the comparison is proposed to be carried out over two selected image zones containing the maximum number of identifying features and the least subject to distortion due to changes in the shooting angle, lighting direction, and other factors. To perform a correlation comparison of the selected areas of two images, their preliminary alignment in position and angle is proposed using two reference points, which are the centers of the pupils of the eyes. The proposed method of partial masking makes it possible to exclude from consideration of a part of the selected zone in case of distortion by noise.

Ключевые слова: распознавание образов, идентификация личности, классификация объектов, корреляционное сравнение, фотопортретная экспертиза, идентификация образов

Keywords: pattern recognition, personality identification, object classification, correlation comparison, photo-portrait examination, image identification

Идентификация личности человека, а также максимально возможная автоматизация этого процесса с применением средств электронно-вычислительной техники, в течение длительного времени была и остается весьма актуальной задачей [1-5]. Она решается, прежде всего, криминалистическими службами (в ходе поиска и идентификации подозреваемых, без вести пропавших людей, опознания трупов), а также другими организациями, заинтересованными в ограничении доступа к конфиденциальной информации или материальным ценностям. Особый интерес в этой связи вызывает идентификация по изображению человеческого лица, так как это изображение может быть сравнительно легко получено.

Существуют разнообразные подходы к решению данной задачи [6,7]. В настоящей работе для идентификации предлагается использовать сравнение отдельных участков (зон) изображения лица корреляционным методом.

Предположим, что в поле зрения находится изображение одного объекта и известен его эталон. Эталоном является изображение V_0 , определенное на растре D , причем носителем этого изображения является область $E_0 \subset D$, совпадающая по форме с областью $E \subset D$, соответствующей изображению реального объекта (носителем изображения V называется множество точек (i, j) , в которых $V(i, j) \neq 0$). Это значит, что процедурой смещения вдоль строк и столбцов растра область E_0 можно перевести в область E . Пусть p, s - параметры этого смещения, $V(i, j)$ - изображение, содержащее объект. В наиболее простом случае

$$V(i, j) = V_0(i - p, j - s), \quad (i, j) \in E \quad (1)$$

Предположим вначале, что отсутствуют преобразования яркости (эталонное и реальное изображения формируются в условиях одной и той же освещенности и одного и того же контраста). При отсутствии помех параметры p, s можно найти как параметры, для которых выполнено условие (1). Однако,

ввиду наличия помех на любом реальном изображении, условие (2) не может быть выполнено ни при каких параметрах.

Пусть m, n - текущие параметры, а $E_{m,n}$ - область раstra, полученная из E_0 смещением на m элементов вдоль строк и на n элементов вдоль столбцов, $\xi(m, n)$ - мера близости изображений $V(i, j)$ и $V_0(i-m, j-n)$ в области $E_{m,n}$. Тогда искомые параметры можно определить из условия экстремума

$$(p, s) = \arg \max_{(m, n) \in D_0} \xi(m, n) \quad (2)$$

Множество D_0 состоит из целочисленных пар (m, n) , для которых $1 \leq i + m \leq \alpha$, $1 \leq j + n \leq \beta$ для всех $(i, j) \in E_0$. Здесь α и β - число строк и столбцов раstra соответственно.

Суть корреляционных алгоритмов состоит в реализации формулы (2). Корреляционные алгоритмы различаются выбором правила вычисления меры близости изображений [8,9] и, кроме того, способом максимизации функции $\xi(m, n)$ [10]. Будем считать, что чем больше мера близости, тем более похожи изображения.

Мера близости двух изображений $V_1(i, j)$ и $V_2(i, j)$ обычно определяется корреляционным коэффициентом. Для корреляционного коэффициента введем обозначение $\gamma_R(V_1, V_2)$, где R - часть поля зрения D , в которой сравниваются изображения. Прежде всего, выясним, в каких случаях должно быть выполнено условие $\gamma_R(V_1, V_2) = \gamma_R(V_1, V_1)$. При отсутствии преобразования яркости это условие может быть выполнено только при совпадении изображений V_1, V_2 в области R .

Если же допустимы преобразования яркости, т.е. нет полной информации об эталоне, то указанное равенство должно быть выполнено и для изображений V_1, V_2 , отличающихся освещенностью и контрастом.

Инвариантный к изменению освещенности коэффициент корреляции можно получить с помощью использования скалярного произведения в $L^2(\mathbb{R})$:

$$\gamma_R(B_1, B_2) = \frac{\langle B_1, B_2 \rangle}{\|B_1\| \|B_2\|} \quad (3)$$

где

$$\|B\| = \left(\sum_{(i,j) \in \mathbb{R}} B^2(i, j) \right)^{1/2} \quad (4)$$

$$\langle B_1, B_2 \rangle = \sum_{(i,j) \in \mathbb{R}} B_1(i, j) B_2(i, j) \quad (5)$$

Заменяя в правой части формулы (3) изображения B_1 и B_2 изображениями \hat{B}_1 , \hat{B}_2 , получим коэффициент корреляции, инвариантный к преобразованиям контраста и яркости.

Важным достоинством данного корреляционного алгоритма является заранее известное значение максимума коэффициента $\gamma_R(B_1, B_2)$ - независимо от конкретной ситуации он равен 1. Это следует из того, что скалярное произведение $\langle B_1, B_2 \rangle$ никогда не превосходит произведения норм $\|B_1\| \|B_2\|$, а совпадение этих значений имеет место при $B_1 = kB_2$, где k - произвольный коэффициент, в частности, когда изображения B_1 и B_2 совпадают.

Таким образом, суть корреляционного сравнения изображений заключается в нахождении максимального совпадения двух предъявляемых изображений по формуле (2), где в качестве меры близости $\xi(m, n)$ используется коэффициент корреляции (3).

$$\gamma_{MAX} = \max_{(m,n)} \gamma_R(B_1(i, j), B_2(i - m, j - n)) \quad (6)$$

Максимальный коэффициент корреляции γ_{MAX} определяет величину сходства двух предъявляемых изображений лица и может принимать значения от -1 до 1 (значение 1 соответствует полному тождеству изображений).

Формула (6) предполагает определение максимального коэффициента корреляции путем последовательного смещения эталона относительно предъявляемого изображения на m элементов вдоль строк и на n элементов вдоль столбцов, при этом максимальное значение коэффициента будет достигнуто в момент точного “совмещения” изображений лиц. Такой подход предусматривает значительный объем вычислений, так как нужно определить коэффициент корреляции по формуле (3) $m \times n$ раз, последовательно смещая эталон по всему изображению. Однако, если заранее известны координаты хотя бы двух точек на изображении каждого лица, “совмещение” изображений можно выполнить, совместив точки с известными координатами. Поскольку максимальное значение коэффициента корреляции достигается при точном совмещении изображений лиц, в данном случае нет необходимости в итерационном вычислении γ_R . Можно сначала произвести совмещение по известным координатам двух точек, а затем один раз вычислить значение коэффициента корреляции γ_R формуле (3), которое и будет максимальным. Этот вариант соответствует $m=n=0$ в формуле (6).

В ходе проведенных экспериментов установлено, что в качестве двух “опорных” точек лучше всего использовать точки центров зрачков, так как они:

- наиболее точно и однозначно проставляются вручную на изображении лица;
- с высокой точностью определяются при помощи автоматического алгоритма, что делает возможным полностью автоматизировать процесс идентификации.

Для того чтобы выполнить “совмещение” изображений с использованием известных координат точек зрачков, необходимо выполнить ряд аффинных

преобразований для компенсации разности положения и масштаба двух сравниваемых лиц.

При выполнении идентификации сравнение всего изображения лица представляется нецелесообразным, так как при этом велики затраты машинного времени и на лице могут быть участки, вид которых изменяется достаточно сильно под влиянием внешних факторов. Поэтому в предлагаемом алгоритме сравнению подвергаются отдельные области лица, которые должны отвечать следующим требованиям:

- содержать максимум информации о чертах лица;
- быть в минимальной степени подвержены изменениям, связанным с освещенностью (тени), изменением мимики лица, пространственного положения головы, прически и другими внешними факторами.

Исходя из этих соображений и на основании накопленного экспериментального материала, в предлагаемом алгоритме для корреляционного сравнения используются две зоны: зона глаз и зона носа.

Хотя метод корреляционного сравнения инвариантен к изменениям яркости и контраста, на предъявляемых изображениях могут присутствовать искажения и иного рода: неравномерность освещения, а также тени от элементов лица (например, носа), возникающие при нефронтальном освещении. Такие искажения приводят к ухудшению результатов корреляционного сравнения, если они присутствуют на одном из сравниваемых изображений, а на другом отсутствуют, либо имеют другой характер. Для устранения данного эффекта в результате проведенных исследований разработан метод частичного маскирования зоны. Суть его заключается в том, что часть сравниваемой зоны, подверженная искажениям, исключается из рассмотрения и не учитывается при вычислении коэффициента корреляции. Для этого используется маска зоны $M(i,j)$, представляющая собой бинарный массив, размеры которого совпадают с размерами соответствующей зоны. Элементы массива могут иметь значения 0 (соответствующая точка изображения не учитывается) или 1 (учитывается).

Точка $B(i,j)$ используется при вычислении коэффициента корреляции только если $M(i,j)=1$.

Проведенные на массиве в 500 изображений эксперименты по идентификации с использованием предложенного алгоритма позволили оценить вероятность ошибки идентификации, которая составила не более 3%, что подтверждает работоспособность алгоритма.

Литература

1. Ascheulov N.I. Using of facial recognition as part of the access control system // Languages in professional communication. Сборник материалов международной научно-практической конференции преподавателей, аспирантов и студентов. ответственный редактор Л. И. Корнеева. 2020. С. 448-452
2. Зинин А.М., Кирсанова Л.З. Криминалистическая фото-портретная экспертиза: Учебное пособие / Под ред. В.А.Снеткова, З.И.Кирсанова. - М.: ВНКЦ МВД СССР, 1991
3. Зинин, А. М. Внешность человека в криминалистике и судебной экспертизе — М. : Юрлитинформ, 2015
4. Габитоскопия и портретная экспертиза : учебник / А. М. Зинин, И. Н. Подволоцкий ; под ред. Е. Р. Российской — М. : Норма: ИНФРА-М, 2017
5. Ильин, Н. Н. Криминалистическая идентификация человека по признакам внешнего облика, запечатленным на видеоизображениях / Н. Н. Ильин. — М. : Юрлитинформ, 2010.
6. A.J. Goldstein, L.D. Harmon, A.V.Lesk, "Identification of Human Faces", Proc. IEEE, May 1971, Vol. 59, No. 5, 748-760.
7. M.A. Turk and A.P. Pentland, "Face Recognizing Using Eigenfaces", Proc. IEEE, 1991, 586-591.
8. Гонсалес Р., Вудс Р Цифровая обработка изображений. - М.: Техносфера, 2005.
9. Местецкий Л.М. Математические методы распознавания образов. - М.: МГУ, ВМиК, 2002.

10. Фомин Я.А. Тарловский Г.Р. Статистическая теория распознавания образов. - М.: Радио и связь, 1986

References

1. Ascheulov N.I. Using of facial recognition as part of the access control system // Languages in professional communication. Materials of the international scientific-practical conference of teachers, graduate students and students. executive editor L. I. Korneeva. 2020. P. 448-452
2. Zinin A.M., Kirsanova L.Z. Forensic photo-portrait examination: Tutorial / Ed. V.A. Snetkov, Z.I. Kirsanov. - M.: VNKC MIA USSR, 1991.
3. Zinin A.M. Appearance of a person in forensics and forensics — M. : Yurlitinform, 2015
4. Habitoscopia and portrait examination : textbook / A. M. Zinin, I. N. Podvolotsky ; Ed. E. R. Rosiyskaya — M. : Norma: INFRA-M, 2017
5. Ilyin N. N. Forensic identification of a person by signs of appearance captured on video images — M. : Yurlitinform, 2010
6. A.J. Goldstein, L.D. Harmon, A.B.Lesk, "Identification of Human Faces", Proc. IEEE, May 1971, Vol. 59, No. 5, 748-760.
7. M.A. Turk and A.P. Pentland, "Face Recognizing Using Eigenfaces", Proc. IEEE, 1991, 586-591.
8. Gonzalez P., Woods R Digital image processing. - M.: Technosphere, 2005.
9. Mestetsky L.M. Mathematical methods of pattern recognition. - M.: MSU, VMiK, 2002.
10. Fomin I.A. Tarlovsky G.R. Statistical theory of pattern recognition. - M.: Radio and communications, 1986. - 263 p.

© Синуцын А.В., 2022 Научный сетевой журнал «СтолЫПИНСКИЙ вестник» №8/2022.

Для цитирования: Синуцын А.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА КОРРЕЛЯЦИОННОГО СРАВНЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИЦ // Научный сетевой журнал «СтолЫПИНСКИЙ вестник» №8/2022