

УДК 004.932.001.57

Кязимов Т.Г., Махмудова Ш.Д.

Институт Информационных Технологий НАНА, Баку, Азербайджан
depart9@iit.ab.az

СИСТЕМА КОМПЬЮТЕРНОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ЛЮДЕЙ ПО ФОТОПОРТРЕТАМ

Рассматривается методика поиска человека в базе изображений по его фотопортрету. На основе выбранных идентификационных точек лица вычисляются расстояния между ними. Идентификационные признаки лица определяются способом, принципиально отличным от ранее известных.

Ключевые слова: идентификация, база изображений, антропометрические точки, признаки, ключевые признаки.

Введение

Зрение человека, в отличие от других живых существ, наделено качественной способностью быстрого узнавания знакомых объектов, вещей, людей и многого другого. Человек может распознавать предметы, вещи, животных и других людей только по их изображениям, не используя иные органы чувств, например, обоняние или слух.

Как можно заметить, идентификация человека человеком осуществляется почти мгновенно (моментально) по разным признакам, таким как запах, голос, одежда и т.д. Однако изображение лица является ключевым признаком при распознавании человека.

Проблема формализации процесса распознавания человеческих лиц рассматривалась еще на заре развития систем распознавания образов и до сих пор остается актуальной. Но в последние десятилетия количество научных исследований и публикаций увеличилось в несколько раз, что и свидетельствует о возрастающей актуальности данной проблемы. Это объясняется в первую очередь возрастающими возможностями компьютерной техники и удешевлением ее эксплуатации. Но, с другой стороны, повышенное внимание к биометрическим технологиям диктуется и существованием обширного круга коммерческих и социальных задач, где автоматическая идентификация человека является неотъемлемой частью их успешного применения. Так, например, идентификация человека по изображению его лица может применяться в системах контроля удостоверений личности (паспорта, водительских прав) информационной безопасности (доступ к компьютерам, базам данных и т.д.), наблюдения и расследования криминальных событий, а также в банковской сфере (банкоматах, системах удаленного управления счетом) [1, 2].

В настоящее время имеется значительное количество работ, посвященных исследованиям распознавания людей по фотопортретам, а также некоторые рекомендации разработчикам систем идентификации личности по фотографии [3–13]. При этом под термином «фотопортрет» подразумевается цифровое изображение лица человека в фас без элементов одежды, украшений, солнечных очков и т.д., которые могут закрывать или искажать части лица.

Очевидно, что люди существенно отличаются друг от друга такими чертами лица, как расположение глаз, бровей, носа, ушей, рта и т.д. Поэтому не удивительно, что исторически первый подход к решению проблемы автоматической идентификации человека по изображению его лица был основан на выделении и сравнении некоторых антропометрических характеристик лица. Этот метод давно используется в практической криминалистике, однако замеры и сравнения выполнялись вручную. Он особенно эффективен в случае, когда у человека нет других фотографий, кроме фотографии в документе (документный контроль). Основной проблемой данного подхода является выбор и определение совокупности характерных точек человеческого лица, по которым будет осуществляться идентификация. Однако при этом должны быть учтены некоторые требования, предъявляемые к портретам:

- идентификационные точки не должны закрываться прической, бородой, маской и т.п.;
- процесс распознавания не должен зависеть от масштаба изображения;
- система идентификационных точек должна обеспечивать относительную устойчивость процесса распознавания при незначительном изменении ракурса съемки (легкий поворот головы, наклон, изменение выражения лица и т.д.);
- количество характерных точек должно быть минимальным для обеспечения высокой точности распознавания.

В литературе имеется многочисленное количество работ, посвященных решению различных аспектов этой проблемы [3, 5–13].

В данной работе рассматривается методика поиска человека в базе данных изображений по заданному цифровому портрету, которая базируется на специально разработанных геометрических характеристиках лица.

Выделение особых точек

Как показывает криминалистическая практика, необходимо выделить около 30 особых точек на изображении человека. Эти точки должны быть максимально устойчивыми к небольшим изменениям (ракурс, освещение, мимика, косметика, возрастные изменения и т.п.) изображения.

В процессе предварительных экспериментов были отобраны 19 особых точек лица, которые показаны на рис.1.

Как следует из рис.1, идентификационные точки обозначены следующим образом: центр брови (1а и 1в); центр зрачка (2а и 2в); верхние крайние точки ушей (3а и 3в); правый угол правого глаза (4а); левый угол левого глаза (4в); левый угол правого глаза (5а); правый угол левого глаза (5в); нижние точки окончания мочек ушей (6а и 6в); крайние точки носа по горизонтали (7а и 7в); кончик носа (8), который определяется как центральная точка между носовыми отверстиями; уголки рта (9а и 9в); центр рта (10) как точка пересечения линии, разделяющей верхнюю и нижнюю губы объекта, и перпендикуляра, опущенного из точки, определяющей кончик носа объекта; кончик подбородка (11).

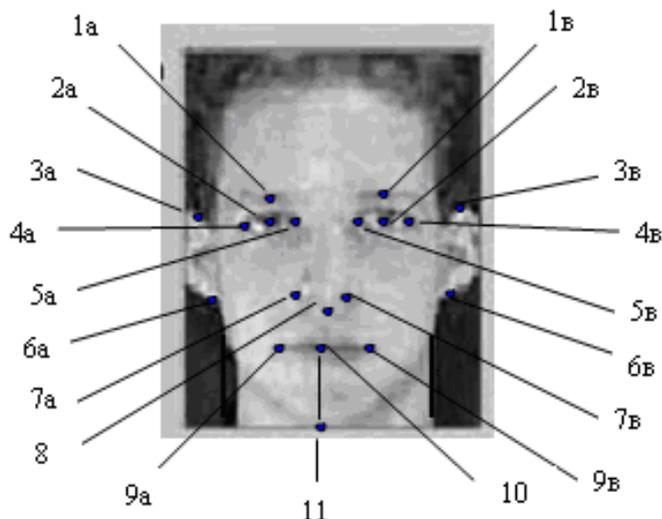


Рис.1. Антропометрические точки на фронтальной проекции лица человека.

Будем выделять следующие расстояния (рис.2):

- 1) между центрами сетчатки глаз (2а, 2в);
- 2) между внутренними уголками глаз (5а, 5в);
- 3) между центром сетчатки глаза и центром брови [(1а, 2а), (1в, 2в)] ;
- 4) между центром сетчатки глаза и срединной линией смыкания губ [(2а, 10), (2в, 10)];
- 5) между центром сетчатки глаза и нижней точкой носа [(2а ,8), (2в ,8)];
- 6) максимальная ширина носа (7а, 7в);
- 7) между центром сетчатки глаза и подбородком [(2а, 11), (2в, 11)];
- 8) между срединной линией смыкания губ и подбородком (10, 11);
- 9) между кончиком носа и подбородком (8, 11);
- 10) ширина рта (9а, 9в);
- 11) ширина лица на уровне линии глаз;
- 12) ширина лица на уровне нижней точки носа;
- 13) ширина лица на уровне линии смыкания губ;
- 14) между наружным углом глаза и верхней точкой уха [(3а, 4а), (3в, 4в)];
- 15) между верхними точками ушей (3а, 3в);
- 16) между нижними точками ушей (6а, 6в);
- 17) между верхней и нижней точками уха [(3а, 6а), (3в, 6в)].

Расстояния (1), (2), (4), (5), (6), (7), (8), (11) будем считать основными, поскольку влияние на них таких факторов, как прическа, макияж, украшения и пр., незначительны.

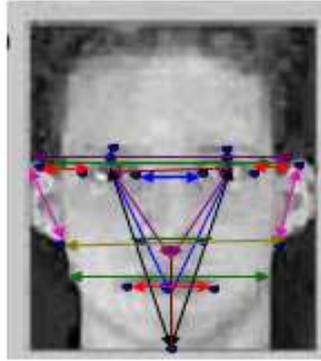


Рис.2. Расстояния между антропометрическими точками.

В имеющихся в этой области работах [4], [5], [6], [7] для определения признаков, т.е. соотношения расстояний, использовались или всевозможные соотношения, или же некоторые выбранные соотношения имеющихся расстояний. Нами предлагается вариант вычисления признаков, несколько отличный от ранее уже использованных признаков. Разъясним суть этого отличия.

Пусть имеется множество расстояний $S(s_i \in S, i = \overline{1, n})$. Элементов p_i множество признаков $P(p_i \in P, i = \overline{1, n-1})$ определяем следующим образом:

$$p_i = \frac{s_i}{s_{i+1}}, \quad i = \overline{1, n-1}.$$

Множество P будем считать базисным множеством признаков. Докажем, что любое множество признаков, построенное на основе соотношений элементов множества S , можно получить из элементов P путем конечного числа арифметических операций. Введем следующие обозначения:

$$p_{kj} = \frac{s_k}{s_j}, \quad \text{где } k, j = \overline{1, n}; k \neq j, |k-j| \neq 1, k < j.$$

Лемма. Если известны $P_i(i = \overline{1, n})$ то

$$p_{kj} = \prod_{l=k}^j p_l.$$

Действительно, если раскрыть произведение, то получим

$$\prod_{l=k}^{j-1} p_l = \frac{s_k}{s_{k+1}} \cdot \frac{s_{k+1}}{s_{k+2}} \dots \frac{s_{j-2}}{s_{j-1}} \cdot \frac{s_{j-1}}{s_j} = \frac{s_k}{s_j} = p_{kj}.$$

Суть доказанного заключается в том, что базисное множество уже содержит информацию о других соотношениях расстояний и, следовательно, нет необходимости использования их в качестве признаков. Другими словами, рассмотрение базисного множества для идентификации можно считать достаточным. Следует отметить, что в случае, когда признаки вычисляются путем деления всех расстояний на расстояние между зрачками, то полученное множество тоже является базисным множеством.

Введение признаков в виде отношения для идентификационных единиц делает их масштабно не зависящими от расстояния, с которого делается фотография

человека. В данном случае использование реальных величин размеров головы и ее участков невозможно определить, а для признаков совершенно неважно, на каком расстоянии от объектива находился человек во время съемки.

Дополнительно для практических целей расстояния (1)–(17) были разделены на две группы:

– расстояния, измеряемые в соответствии с горизонтальным направлением ((1), (2), (6), (10), (11), (12), (13), (14), (15), (16));

– расстояния, измеряемые в соответствии с вертикальным направлением.

Несомненно, признаки, составленные на основе соотношений между расстояниями, входящими в первую группу, будут достаточно устойчивыми повороту головы человека по вертикальной оси по фотографии, а признаки, составленные на основе расстояний второй группы, будут достаточно устойчивыми наклону головы человека вниз или вверх по горизонтальной оси. Считаем, что такая же устойчивость признаков будет сохранена в случае одновременного поворота и наклона головы человека. Пределы поворота и наклона головы человека на фотографии, конечно же, будут определены согласно возможностям выделения особых точек и определения соответствующих расстояний.

Эксперименты показали достаточно хорошие результаты (около 1-1,5% отклонений) по устойчивости признаков в группах при повороте головы человека до 25 градусов и наклоне до 15 градусов. Отклонение головы влево или вправо не учитывалось.

Организация системы идентификации личности на основе антропометрических точек лица

При организации системы идентификации на основе антропометрических точек лица особую роль играют способы формирования баз данных изображений. Не перечисляя известные способы организации базы и проведения в ней поиска, а также сравнения хранящихся в ней данных, перейдем к описанию базы данных изображений, разработанной авторами системы идентификации личности на основе вышеуказанных принятий и рассуждений.

База данных формируется на основе данных, полученных в отделе кадров предприятия, и изображения личности. На момент пополнения базы данных для данной личности особые точки (рис.1) определяются вручную, и одновременно в двух группах автоматически определяются и хранятся расстояния (1)–(17). Далее вычисляются признаки P для соответствующих групп и тоже хранятся в базе. Эти данные определяются и вычисляются лишь один раз в момент формирования базы данных.

Определенные данные человека (пол, раса, возраст, регион, особые приметы и т.п.), которые имеются в базе данных, могут служить ключом поиска.

Задача идентификации сводится к нахождению в базе данных нескольких изображений (от одного до десятка), наиболее похожих на заданное.

Заданное изображение сравнивается с изображениями имеющихся в базе данных путем вычисления евклидова расстояния между двумя точками в 16-мерном пространстве.

$$S_j(P_i^*, P_i^j) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} (P_i^* - P_i^j)^2}, (i = \overline{1, n-1}, j = \overline{1, N}),$$

где

P_i^* ($i = \overline{1, n-1}$) – параметры изображения идентифицируемого человека,

P_i^j ($i = \overline{1, n-1}, j = \overline{1, N}$) – параметры изображения j -го человека в базе

данных.

Используя вышеуказанные ключи поиска, можно значительно уменьшить число проверяемых изображений (портретов).

Заклучение

Разработанная по предложенному методу система может применяться в системах контроля удостоверений личности (паспорта, водительские права), информационной безопасности (доступ к компьютерам, базам данных и т.д.), наблюдения и расследования криминальных событий, а также в банковской сфере.

Литература

1. Горелик А.Л., Скрипкин В.А. Методы распознавания. Москва, «Высшая школа», 2004.
2. Зинин А.М., Кирсанова Л.З. Криминалистическая фотопортретная экспертиза. М.:Наука, 1991.
3. Средства контроля доступа // Иностранная печать о техническом оснащении полиции капиталистических государств. М.:ВИНИТИ. – 1992, № 4, с.12–27.
4. Самаль Д.И., Старовойтов В.В. Подходы и методы распознавания людей по фотопортретам. – Минск, 1998. – 54с. (Препринт / Ин-т техн. кибернетики НАН Беларуси; №.8).
5. Старовойтов В.В. Локальные геометрические методы цифровой обработки и анализа изображений. – Минск: Ин-т техн. кибернетики НАН Беларуси, 1997. – 284с.
6. Снетков В.А., Виниченко И.Ф., Житников В.С. и др. Криминалистическое описание внешности человека. М.: МВД СССР ВНИИ, 1984.
7. Starovoitov V., Samal D., Votsis G., Koliass S. Geometric features for face recognition // Proc. PRIP'99, Minsk, Belarus, May 18–20, 1999.
8. Achermann B. and H. Bunke Combination of face classifiers for person identification // Proceedings ICPR, 1996. –Vol. 4. – P.416–420.
9. Abay E., Akarum L. and Alpaydyn E. A comparative analysis of different feature sets for face recognition // Proceedings ISCIS, Antalya, 1997.
10. Brunelli R. and Poggio T. Face recognition: features versus templates //IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1993. – Vol.15. No 10. P.1042–1052.
11. Cox I. J., Ghosn J. and Yianilos P. N. Feature-based face recognition using mixture distance // NEC Research Institute, Technical Report #95–09, 1995.
12. Kanade T. Picture processing by computer complex and recognition of human faces // PhD thesis, Kyoto University, 1973.
13. Lawrence S., Giles C. L., Tsoi A. C. and Back A. D. Face recognition: a convolutional neural network approach // IEEE Transactions on Neural Networks, Special Issue on Neural Networks and Pattern Recognition, 1997.

UOT.004.932.001.57

Kazimov T.H., MahmudovaŞ.C.

AMEA İnformasiya Texnologiyaları İnstitutu, Bakı, Azərbaycan
depart9@iit.ab.az

Fotoportret əsasında insanların kompyuter vasitəsilə tanınması sistemi

Məqalədə insan sifətinin təsviri üçün təyin edilmiş antropometrik nöqtələrdən və həndəsi xarakteristikalardan istifadə etməklə, insan fotoportretinin verilənlər bazasında axtarılması və identifikasiyası məsələsi nəzərdən keçirilir.

Açar sözlər: identifikasiya, təsvirlər bazası, antropometrik nöqtələr, əlamətlər, açar əlamətləri.

Kazimov T.H., Mahmudova Sh.J.

Institute of Information Technology ANAS, Bakı, Azerbaijan
depart9@iit.ab.az

System of computer recognition of people on photographs

The technique of search of the person in base of images on its photograph is considered. On the basis of the chosen identification points of the person, distances between them are calculated. Identification signs of the person are defined by the way which is essentially distinct from she ones used before.

Key words: identification, base of images, anthropometrical points, signs, key signs.