

2. Prugel-Bennett A. The mixing rate of different crossover operators // Foundations of Genetic Algorithms. 2001. N 6.
3. Sastry K., Goldberg D., Kendall G. Genetic Algorithms / — <http://citeseer.ist.psu.edu/cache/papers/cs2/258/>.
4. De Jong K. A., Spears W. M. A Formal Analysis of the Role of Multi-point Crossover in Genetic Algorithms. Annals of Mathematics and Artificial Intelligence, 1992.
5. Back T. Optimal Mutation Rates in Genetic Search // Proc. 5th Int. Conf. on Genetic Algorithms. Morgan Kaufmann Publ., 1993.
6. Fogarty T. Varying the Probability of Mutation in Genetic Algorithm // Proc. 3rd Int. Conf. on Genetic Algorithms. Morgan Kaufmann Publ., 1989.

7. Blicke T., Thiele L. A Comparison of Selection Schemes used in Genetic Algorithms. TJK Report, http://qai.narod.ru/Papers/blicke_95.pdf.
8. Норенков И. П. Исследование эффективности генетического метода с фрагментным кроссовером // Информационные технологии. 2008. № 6. С. 26—29.
9. Eiben A. E., Raue P.-E., Ruttkay Zs. Genetic Algorithms with Multi-parent Recombination // In Proc. of the 3d Conf. on Parallel Problem Solving from Nature. Springer-Verlag, 1994.
10. Норенков И. П. Эвристики и их комбинации в генетических методах дискретной оптимизации // Информационные технологии. 1999. № 1. С. 2—7.

УДК 004.932.001.57

Т. Г. Кязимов, канд. физ.-мат. наук,
доцент, зав. отделом,

Ш. Д. Махмудова, зав. сектором,
Институт Информационных Технологий
Национальной Академии Наук Азербайджана,
г. Баку

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

Человеческое зрение, в отличие от зрения 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 (ментально) 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 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 вместе с тем 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].

К настоящему времени имеется значительное число 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 эф-

фективен 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.);
- число характерных точек должно быть минимальным для обеспечения высокой точности распознавания.

В литературе имеется большое число 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 основана 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 (ракурса, освещения, мимики, косметики, возрастных изменений 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; угол 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).

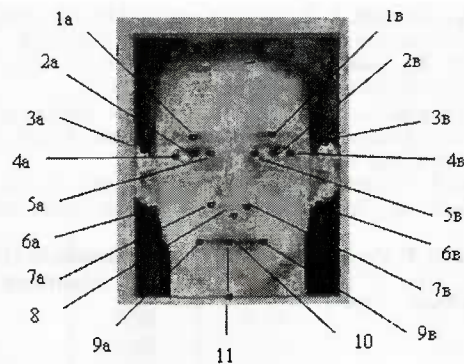


Рис. 1. Антропометрические точки на фронтальной проекции лица человека

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 серединой линии 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 серединой линии 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 уголком 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 др. незначительны.

В имеющихся в этой области работах [4—7] для определения признаков, т. е. соотношения рас-



Рис. 2. Расстояния между антропометрическими точками

стояний, 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 $S(s_i \in S, i = \overline{1, n})$. Элемент p_i множества 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:

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

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, полученное множество тоже является базисным множеством.

Введение признаков в виде отношения для идентификационных единиц делает их масштабно не зависящими от расстояния, с которого снимается фотография человека. В данном случае использование реальных размеров головы и ее участков невозможно определить, а для признаков совершенно неважно, на каком расстоянии находился человек во время съемки от объектива.

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

- расстояния, измеряемые в горизонтальном направлении ((1), (2), (6), (10), (11), (12), (13), (14), (15), (16));
- расстояния, измеряемые в вертикальном направлении.

Несомненно, признаки, составленные на основе соотношений между расстояниями, входящими в первую группу, будут достаточно устойчивыми при повороте головы человека по вертикальной оси 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 возможностями 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° и наклоне — до 15°. 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 указанных выше принятий и рассуждений.

База данных формируется на основе данных, полученных из отдела кадров предприятия, и изображения личности. На момент пополнения базы данных для этой личности особые точки (см. 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 из базы данных нескольких изображений (от одного до десятка), наиболее похожих на заданное.

Заданное изображение сравнивается с изображениями, имеющимися в базе данных, путем вычисления евклидова расстояния между двумя точками в 16-мерном пространстве:

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

$$(i = \overline{1, n-1}, \quad j = \overline{1, N}),$$

где P_i^* ($i = 1, n - 1$) — параметры изображения идентифицируемого человека; P_i^j ($i = 1, n - 1, j = \overline{1, N}$) — параметры изображения j -го человека в базе данных.

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

Выводы

Разработанная по предложенному методу система 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.

Список литературы

1. Горелик А. Л., Скрипкин В. А. Методы распознавания. М.: 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.: ВИНТИ. 1992. № 4. С. 12—27.

4. Самаль Д. И., Старовойтов В. В. Подходы и методы распознавания людей по фотопортретам. Минск, 1998. 54 с. (Препринт / Ин-т техн. кибернетики НАН Беларуси; № 8).

5. Старовойтов В. В. Локальные геометрические методы цифровой обработки и анализа изображений. — Минск: Изд. Ин-та техн. кибернетики НАН Беларуси, 1997. 284 с.

6. Снетков В. А., Виниченко И. Ф., Житников В. С. и др. Криминалистическое описание внешности человека. М.: Изд. МВД СССР ВНИИ, 1984.

7. Starovoitov V., Samal D., Votsis G., Kolijs S. Geometric features for face recognition // Proc. PRIP'99, Minsk, Belarus, May 18—20, 1999.

8. Achermann B., Bunke H. Combination of face classifiers for person identification // Proc. ICPR, 1996. Vol. 4. P. 416—420.

9. Abay E., Akarum L., Alpaydyn E. A comparative analysis of different feature sets for face recognition // Proc. ISCIS, Antalya, 1997.

10. Brunelli R., Poggio T. Face recognition: features versus templates // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 1993. Vol. 15. N 10. P. 1042—1052.

11. Cox I. J., Ghosn J., 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., Back A. D. Face recognition: a convolutional neural network approach // IEEE Transactions on Neural Networks, Special Issue on Neural Networks and Pattern Recognition, 1997.

УДК 004.8; 004.82

И. Л. Артемьева, канд. техн. наук, ст. научн. сотр.,
Институт автоматизации и процессов управления
ДВО РАН, г. Владивосток

Сложно структурированные предметные области. Построение многоуровневых онтологий¹

В настоящее время общепризнана важность использования онтологий как основы для спецификации и разработки программного обеспечения, поддержки общего доступа к информации, разработки порталов знаний, пользовательского интерфейса программных систем и редакторов информации. Однако существующие определения онтологий и методологии их создания не охватывают случай сложно структурированных предметных областей, т. е. таких областей, разделы которых имеют разные, но похожие онтологии, подразделы разделов, в свою очередь, имеют разные, но похожие онтологии и т. д. В статье определены класс сложно структурированных предметных областей и структура их многоуровневых онтологий, а также описаны методы разработки онтологий таких областей.

Ключевые слова: онтология предметной области, сложно структурированная область, разработка онтологий для сложно структурированной области.

Введение

В настоящее время отмечается важность использования онтологии как основы для спецификации и разработки программного обеспечения [1], поддержки общего доступа к информации, поиска информации, поддержки взаимодействия при объединении информации, создания порталов знаний [2—4], разработки пользовательского интерфейса программных систем [5] и редакторов информации [6—7]. Целью многих исследований является разработка точных, формальных каталогов знаний, которые могут использоваться интеллектуальными системами. Под онтологией во многих работах понимается формальное явное описание понятий (часто называемых классами) в предметной области, свойств (иногда называемых слотами) каждого понятия, задающее различные особенности и атрибуты понятия, а также ограничения на свойства (иногда называемых фасетами) [8—9]. Онтология определяет термины, используемые для описания и представления области

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке ДВО РАН в рамках Программы Президиума РАН № 14 "Фундаментальные проблемы информатики и информационных технологий", проект 06-1-14-051 "Интеллектуальные системы, основанные на многоуровневых моделях предметных областей".