

ИДЕНТИФИКАЦИЯ И РАСПОЗНАВАНИЕ ЭМОЦИОНАЛЬНО-ПСИХИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА ПО ИЗОБРАЖЕНИЮ ЛИЦА

М. С. Бабий, канд. техн. наук, доцент;
А. В. Тарановский, аспирант,
Сумский государственный университет,
ул. Римского-Корсакова, 2, г. Сумы, 40007, Украина

Описан алгоритм распознавания изображений, основанный на использовании вейвлетов Габора. Разработана программа идентификации личности и распознавания эмоционально-психического состояния человека по изображению лица. Тестирование программы на образцах из базы изображений лиц ORL и базы эмоциональных выражений JAFFE показало высокую эффективность предложенного алгоритма.

Ключевые слова: вейвлеты Габора, распознавание, идентификация, выражения лица, база ORL, база JAFFE.

ВВЕДЕНИЕ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Технологии автоматического распознавания лиц используются в целом ряде систем компьютерного зрения. В первую очередь это системы биометрической верификации (сравнение одного с одним) и идентификации (сравнение одного со многими). Подобные системы реализованы в биометрических сканерах и биометрических паспортах. Еще одна область применения – системы технического зрения роботов, в особенности, мобильных.

В последние годы наблюдается интерес к системам, позволяющим распознавать эмоционально-психическое состояние человека.

Распознавание эмоций особенно важно для гуманоидных роботов. Так как роботы все больше взаимодействуют с человеком на работе и в быту, они должны быть достаточно совершенными, чтобы правильно понимать эмоции и намерения человека.

Компьютеры будущего для успешной коммуникации с человеком также должны правильно оценивать состояние человека. Соответствующее направление в развитии человеко-машинного интерфейса получило название Affective computing – эмоциональные вычисления.

Среди других областей применения распознавания состояния человека можно выделить телекоммуникации, видеоигры, анимацию, психиатрию, автомобильную безопасность, обучающие компьютерные программы.

Среди наиболее известных коммерческих систем распознавания эмоционального состояния можно назвать программу FaceReader голландской компании Noldus. Процесс работы программы состоит из трех этапов: а) нахождение положения лица методом активного шаблона; б) синтез искусственной модели лица на основе модели активной внешности; в) классификация лица. Средний процент распознавания эмоций составляет 89 %.

Система eMotion Software в процессе работы строит трехмерную модель лица, детали алгоритма не приводятся. Система использовалась в торговых автоматах.

Разработка MMER-FEASy использует методику, сходную с методикой FaceReader, однако может работать только с web-камерой. Существует также несколько систем, ориентированных на идентификацию.

Отсюда следует вывод, что количество реально работающих программ распознавания эмоций еще очень невелико, а методы распознавания требуют усовершенствования.

Входными данными для задач распознавания эмоционально-психического состояния человека могут быть либо статические изображения, либо последовательности изображений. Последовательности потенциально несут больше информации, так как позволяют учитывать временные характеристики конкретной эмоции, однако соответствующие методы сложнее в реализации.

В качестве признаков, характеризующих входное изображение, могут быть взяты яркости отдельных пикселей. Однако для этой цели лучше взять коэффициенты вейвлет-преобразования, которые представляют распределение яркостей в локальной окрестности точки [1].

В последние годы в дополнение к вейвлетам часто используют курвлеты и риджлеты [2], которые более точно представляют линии и резкие границы на изображении. Однако их применение для распознавания лиц не дает видимых преимуществ [3].

Для понижения размерности пространства признаков наиболее часто используют метод главных компонент и линейный дискриминантный анализ.

Целью настоящей работы является усовершенствование алгоритма распознавания изображений на основе двухмерного вейвлет-анализа, разработка программы и использование ее для распознавания эмоционально-психического состояния человека по статическому изображению лица. Программа не должна использовать коммерческое программное обеспечение.

РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА РАСПОЗНАВАНИЯ

В качестве вейвлетов будем использовать вейвлеты Габора [4]. Двухмерный вейвлет Габора имеет форму плоской волны, ограниченной по амплитуде двухмерной функцией Гаусса. В алгоритме используется набор (банк) вейвлетов ψ_j , каждый из которых определяется своим волновым вектором k_j и имеет вид

$$\psi_j(\vec{r}) = \frac{k_j^2}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{k_j^2 r^2}{2\sigma^2}\right) \left[\exp(i\vec{k}_j \vec{r}) - \exp\left(-\frac{\sigma^2}{2}\right) \right]. \quad (1)$$

Вторая экспонента в квадратных скобках получена из условия

$$\int \psi_j(\vec{r}) d\vec{r} = 0.$$

Если изображение задано массивом $I(\vec{r})$ яркостей пикселей, то вейвлет-преобразование изображения представляется сверткой $R_j(\vec{r}_0)$ изображения с j -м вейвлетом из набора вейвлетов Габора:

$$R_j(\vec{r}_0) = \int I(\vec{r}) \psi_j(\vec{r} - \vec{r}_0) d\vec{r}. \quad (2)$$

Вейвлеты Габора имеют ряд преимуществ перед другими вейвлетами. При их использовании удаляется постоянная составляющая сигнала, поэтому метод устойчив к изменению яркости изображения. Нормализация коэффициентов вейвлет-преобразования позволяет устранить различия в контрастности.

Сигнал при сворачивании с другим сигналом расширяется, в результате между значениями коэффициентов в соседних точках создается корреляция. Благодаря этому метод оказывается более устойчивым к сдвигам и поворотам изображения.

Кроме того, ядро Габора имеет форму, сходную с формой рецепторного поля зрительной коры головного мозга, что приближает компьютерное распознавание к распознаванию человеком.

В нашем алгоритме вектор k_j определим для пяти различных частот, индекс $p = 0, \dots, 4$, и восьми различных ориентаций, индекс $q = 0, \dots, 7$:

$$\vec{k}_j = (k_{jx}, k_{jy}) = (k_p \cos \varphi_q, k_p \sin \varphi_q);$$

$$k_p = 2^{-\frac{p+2}{2}} \pi; \quad \varphi_q = q \frac{\pi}{8}; \quad j = q + 8p.$$

Для вычисления свертки

$$R(\vec{r}) = I(\vec{r}) * \psi(\vec{r})$$

будем использовать прямое и обратное преобразование Фурье, с помощью которых операцию свертки можно заменить операцией умножения

$$R(\vec{r}) = F^{-1}\{F[I(\vec{r})]F[\psi(\vec{r})]\}.$$

Дискретное преобразование Фурье для двухмерного случая имеет вид

$$f_{k_x k_y} = \sum_{n_x=0}^{N_x-1} \sum_{n_y=0}^{N_y-1} x_{n_x n_y} \exp\left(-\frac{2\pi i}{N_x} k_x n_x\right) \exp\left(-\frac{2\pi i}{N_y} k_y n_y\right),$$

где $k_x = 0, \dots, N_x - 1$, $k_y = 0, \dots, N_y - 1$.

В компьютерной реализации будем использовать алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ). Технические подробности реализации изложены в [5]. Там же приводятся результаты идентификации личности по изображениям лиц при учете только действительной составляющей вейвлетов Габора.

ПРОГРАММА И РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕСТИРОВАНИЯ

В новом усовершенствованном варианте программы учитывается как действительная, так и мнимая составляющие вейвлетов. Программа написана на языке C++ для среды Visual Studio 2008. Компьютерная обработка изображений выполняется с помощью некоммерческой библиотеки OpenCV v2.0, скомпилированной для Visual Studio.

Работа программы состоит из трех этапов. На первом создается банк изображений действительной и мнимой компонент вейвлетов Габора для пяти различных частот и восьми ориентаций. В итоге получается банк изображений для 40 вейвлетов.

Входной информацией для второго этапа является список файлов, содержащих фотографии лиц. Перечень допустимых форматов графических файлов определяется возможностями библиотеки OpenCV и включает форматы `pgm`, `bmp`, `dib`, `png`, `tiff`, `jpg`, `jpeg`. Размер изображений может варьироваться, но в программе изображения приводятся к стандартному размеру 128x128 пикселей. На этом этапе выполняется свертка изображений с вейвлетами Габора и строятся векторы признаков для каждого изображения.

Распознавание изображений выполняется на третьем этапе. Так как форма образов в пространстве признаков заранее неизвестна и может быть достаточно сложной, для распознавания выбран простой и надежный метод ближайших соседей. Было исследовано несколько вариантов вычисления меры близости в пространстве признаков, включая обычное евклидово расстояние. Из них наиболее точной оказалась функция подобия

$$S_{xy} = \frac{\sum_i x_i y_i}{\sqrt{\sum_i x_i^2 \sum_i y_i^2}}.$$

Входными данными здесь являются обучающий и тестовый наборы изображений.

Проверка возможностей программы по идентификации личности выполнялась на основе база данных ORL [6]. Указанная база содержит по 10 фотографий лица в формате pgm для каждого из 40 человек. Весь набор фотографий был разделен на две равные части, в обучающий набор были включены файлы с номерами 1–5, в тестовый набор – файлы с номерами 6–10.

Тестирование показало, что 96% изображений было распознано правильно. Для 40 классов распознавания это очень высокий результат.

Распознавание эмоционально-психического состояния человека по своей природе сложнее идентификации, так как эмоции определяются небольшими областями изображения, остальные области часто мешают правильному распознаванию.



Рисунок 1 – Примеры изображений из базы JAFFE, соответствующие разным эмоционально-психическим состояниям: а) – нейтральное, б) – счастье, в) – гнев, г) – отвращение, д) – страх, е) – печаль, ж) – удивление

Для проверки работы программы по распознаванию эмоционально-психического состояния была взята база JAFFE (Japanese Female Facial Expression) [7]. База содержит 219 изображений семи выражений лиц (шесть основных плюс одно нейтральное) у 10 моделей. Примеры изображений из базы показаны на рис. 1.

В обучающий набор были включены фотографии с индексами 1,2, в тестовый набор – фотографии с индексами 3,4. Расчет показал, что эмоциональное состояние было правильно распознано в 92% случаев.

Для сравнения результатов можно взять работу [8], где база JAFFE также была использована для распознавания эмоционального состояния. При построении решения использовалась нейронная сеть типа многослойный персептрон. Точность в районе 90 % здесь достигается только при наличии 5–7 промежуточных слоев.

ВЫВОДЫ

1. Предложен алгоритм для идентификации личности и распознавания эмоционально-психического состояния человека, основанный на использовании двухмерных вейвлетов Габора.

2. Разработана компьютерная программа идентификации и распознавания эмоционально-психического состояния, использующая как действительную, так и мнимую компоненты вейвлетов Габора. Программа

не требует предварительного масштабирования изображения и допускает использование различных типов графических файлов.

3. Тестирование программы на образцах из ORL-базы изображений лиц при одинаковых объемах обучающего и тестового наборов и при 40 классах распознавания показало, что 96 % изображений идентифицируются правильно.

4. При тестировании программы на образцах из базы выражений лиц JAFFE 92% изображений были правильно отнесены к одному из семи эмоциональных состояний.

SUMMARY

IDENTIFICATION AND RECOGNITION OF EMOTIONAL-PSYCHIC STATE OF PERSON WITH FACE IMAGE

*M. S. Babiy, A.V. Taranovsky,
Sumy State University,
2, Rymsky-Korsakov Str., 40007 Sumy, Ukraine*

There is described algorithm of image recognition based on the use of Gabor wavelets. Program of the identification and the emotional-psychic state of person is designed. Testing on samples from ORL database of faces and JAFFE database of facial expressions has shown high efficiency of the offered algorithm.

Keywords: *wavelets of Gabor, recognition, identification, facial expressions, ORL database, JAFFE database.*

РЕЗЮМЕ

ІДЕНТИФІКАЦІЯ І РОЗПІЗНАВАННЯ ЕМОЦІЙНО-ПСИХІЧНОГО СТАНУ ЛЮДИНИ ЗА ЗОБРАЖЕННЯМ ОБЛИЧЧЯ

*М. С. Бабій, А. В. Тарановський,
Сумський державний університет,
вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007, Україна*

Описано алгоритм розпізнавання зображень, заснований на використанні вейвлетів Габора. Розроблено програму ідентифікації особи і розпізнавання емоційно-психічного стану людини за зображенням обличчя. Тестування програми на зразках з бази зображень обличчя ORL і бази емоційних виразів JAFFE показало високу ефективність запропонованого алгоритму.

Ключові слова: *вейвлети Габора, розпізнавання, ідентифікація, вирази обличчя, база ORL, база JAFFE.*

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – Москва : Техносфера, 2005. – 1072 с.
2. Donoho D. I. Digital curvelet transform: strategy, implementation and experiments / D. I. Donoho, M. R. Duncan // Proc. SPIE. – 2000. – Vol. 4056. – P. 12–29.
3. Barr A. S. The use of curvelets in face recognition / A. S. Barr. - URL: <http://www.andy-barr.com/mypapers/final2.pdf>
4. Wiskott L. Face recognition by elastic bunch graph matching / L. Wiskott, J. M. Fellous, N. Kruger, C. Malsburg // IEEE Trans. on PAMI. – 1997. – 19(7). – P.775–779.
5. Бабий М. С. Распознавание изображений на основе двумерного вейвлет-анализа / М. С. Бабий, А. П. Чекалов // Вісник Сумського державного університету. Серія Технічні науки. – 2012. – № 1. – С. 20–24.
6. The ORL Database of Faces. - URL: [http://www.cl.cam.ac.uk/Research/DTG/attarchive:pub/data/att_faces.tar.Z](http://www.cl.cam.ac.uk/Research/DTG/attarchive/pub/data/att_faces.tar.Z).
7. Japanese Female Facial Expressions (JAFFE). - URL: <http://www.kasrl.org/jaffe.html>
8. Comparison between geometry-based and Gabor-wavelets-based facial expression recognition using multi-layer perceptron / Z. Zhang, M. Lyons, M. Schuster, S. Akamatsu // Proc. Third IEEE Conf. Face and Gesture Recognition. – Nara, Japan, Apr. – 1998. – P.454–459.

Поступила в редакцію 27 юня 2013 г.