

SeMicro-PR 2018

Sistema de verificação biométrica baseado na impressão palmar

P. M. da S. Pereira¹, M. B. Seixas Junior¹, G. L. Barboza¹,
A. Zimmer¹, G. L. F. Ronque¹

¹UFPR, Curitiba, Brasil
guilbz98@gmail.com

Resumo— A impressão palmar, quando usada como fonte de características biométricas contém informações que podem ser utilizadas para reconhecer um indivíduo, como por exemplo as principais linhas de inflexão da mão e as rugas. Neste artigo é apresentado o desenvolvimento de um sistema biométrico de verificação de identidade baseado na impressão palmar. Para isto, o Histograma de Gradientes Orientados (HOG) foi utilizado para extração de características da base de imagens CASIA Multi-Spectral Palmprint Image V1.0. A classificação supervisionada foi feita via ‘Máquinas de Vetor de Suporte (SVM)’. Foram obtidos valores de Taxa de Erros Iguais (EER) de 1% para amostras da mão esquerda, 0,544% para a mão direita e 0% para o uso das duas mãos.

I. INTRODUÇÃO

O termo “biometria” é derivado das palavras gregas *bios* (vida) e *metron* (medir). Em seu uso correto ele se refere a tecnologias para medição e análise das características fisiológicas e comportamentais de uma pessoa, que são únicas em cada indivíduo e por isso podem ser utilizadas para verificar ou identificar uma pessoa [1]. Entre as primitivas que podem ser extraídas da palma da mão humana visando reconhecer um indivíduo, destacam-se as principais linhas da mão e as rugas que podem ser adquiridas com sensores de baixa resolução e são muito utilizadas para a autenticação.

A principal vantagem dessa forma de biometria é o baixo custo da solução quando comparada a outras como a íris. Apesar de possuir um custo superior à impressão digital [2], ela contém mais informações biométricas. As palmas da mão são também mais robustas a machucados e sujeiras além de serem mais difíceis de serem fraudadas devido à complexidade da textura palmar. Apesar de ser uma característica externa e, portanto, sensível a condição de iluminação, envelhecimento, doença e desgaste da pele, essa biometria tem fácil posicionamento e aceitabilidade social. Além disso, há uma estabilidade nas linhas e textura da palma da mão que garante a não variabilidade dos traços biométricos ao longo da vida de um indivíduo [3]. Todos esses fatores facilitam a criação de um sistema de alta precisão.

Dentre os sistemas biométricos baseados na impressão palmar os desenvolvidos até hoje, destacam-se: Hao, Y. *et al.* [4] propõe a combinação das Regiões de Interesse (ROI) através da transformada de *curvelet* para melhorar a qualidade das primitivas extraídas pelo descritor de linhas ortogonais ordinárias atingindo uma taxa de erros iguais (EER) de 0,5%; Kisku, D. *et al.* [5] propõe a combinação de todas as amostras de um mesmo usuário e a extração das primitivas utilizando a combinação da transformada de Gabor com a transformada de *wavelet* atingindo um EER de 3,125%; e Khan, Z.; Mian, A.; Hu, Y. [6] que propõe a extração de características das ROIs de cada usuário por meio da representação por Código de Contorno atingindo um EER de 0,3%. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um sistema de verificação de identidade biométrica através das características da impressão palmar utilizando as ferramentas HOG para extração de características e SVM para classificação supervisionada.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

A. Visão geral do sistema

Todos os sistemas biométricos de verificação operam através da validação da identidade de um determinado indivíduo comparando os dados biométricos capturados com o próprio gabarito desta pessoa armazenado na base de dados do sistema em questão. Para que tais processos de captura e comparação sejam efetuados, o sistema biométrico proposto opera através das etapas de pré-processamento, extração da ROI que servirá como base para o processo de extração das primitivas e classificação, conforme o diagrama de blocos apresentado na Figura 1.

B. Base de dados

Para o desenvolvimento deste trabalho foi utilizada a base de dados CASIA Multi-Spectral Palmprint Image Database V1.0 [7]. A base contém 7200 imagens de palmas capturadas das mãos direita e esquerda de 100 diferentes pessoas utilizando um aparelho próprio de captura de imagens em vários espectros. Todas as imagens são JPEG com 256 níveis de cinza e dimensão de 768x576 pixels. Para cada uma das mãos foram feitas duas sessões de captura espaçadas em mais de um mês e em cada sessão foram feitas três amostragens. Cada amostra possui seis

imagens da palma registradas em seis comprimentos de onda distintos: 460, 630, 700, 850, 940 nm e luz branca. Entre duas amostras, permitiu-se um certo grau de variação da posição da mão procurando aumentar a diversidade das amostras intra-classe e, com isso, simular melhor o uso prático do sistema biométrico. Neste trabalho utilizou apenas as imagens adquiridas na luz branca pelo fato das linhas da palma da mão estarem mais evidentes. Uma das imagens da base de dados é apresentada na Figura 2a).

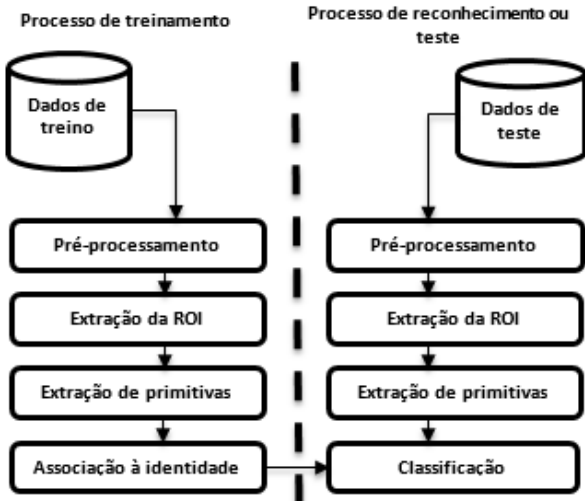


Fig. 1. Visão geral do sistema

C. Pré-processamento e segmentação

O método de pré-processamento desenvolvido se inicia com a eliminação dos *pixels* mais brancos da imagem por meio da técnica de linearização. A imagem resultante é filtrada por meio de um filtro gaussiano e binarizada utilizando o método de Otsu [8]. Na continuação do processo, os *pixels* que formam o topo da imagem são submetidos à operação morfológica de abertura (erosão seguida de dilatação) para eliminar possíveis uniões dos artefatos com a máscara de segmentação da mão. Depois foi realizada uma operação de seleção da maior área branca da imagem com a intenção de remover todos os artefatos na cor branca do fundo e manter apenas a região da mão do usuário. A mesma operação de seleção foi efetuada para a cor preta com o intuito de eliminar possíveis artefatos localizados dentro da mão.

D. Extração de ROI

Foi implementado o método utilizado por Khan, Z.; Mian, A.; Hu, Y. [6]. Este método consiste em uma busca, coluna por coluna, na imagem onde o alvo é o intervalo médio entre diferentes dedos. Com esta informação é calculado um polinômio interpolador de segundo grau que cruze a palma da mão nos pontos de interesse P1 e P2 denominados de pontos de referência, conforme evidenciado na Figura 2b).

A partir destas referências, a imagem é rotacionada para que os pontos de interesse fiquem alinhados na vertical. A localização e as dimensões da ROI foram estabelecidas de

acordo com a largura e altura médias da palma da mão encontradas empiricamente analisando a base de dados, conforme apresentado Figura 2c). A ilustração da ROI extraída é mostrada na Figura 2d). Este método para segmentação utilizado foi o que apresentou a maior área da palma da mão garantindo-se que fosse aplicável a todas as imagens da base de dados e não apresentasse na região de interesse, para nenhuma imagem da base, partes do fundo que não correspondessem a palma da mão.

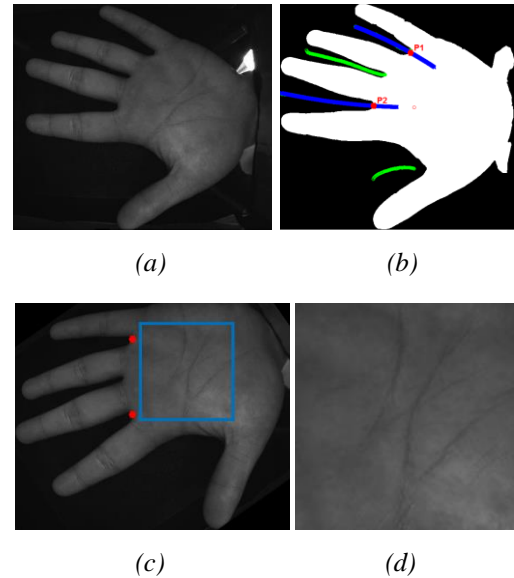


Fig. 2. Etapas de processamento para extração da ROI
a) Imagem original, b) Localização dos pontos de referência, c) Localização da ROI, d) ROI extraída

E. Extração das primitivas

A primitiva utilizada no trabalho foi o Histograma de Gradientes Orientados (HOG). Conforme [9], o HOG descreve as características de uma imagem por meio da intensidade do gradiente e a direção das bordas. Para efetuar tal operação, primeiramente a imagem deve ser equalizada para reduzir a influência dos efeitos da iluminação sobre ela. Após a equalização a imagem é dividida em pequenas regiões, chamadas de células, e para cada *pixel* contido nestas células a orientação do vetor gradiente é calculada. Antes da extração das primitivas, a ROI foi subamostrada para 50 x 50 *pixels* por meio da interpolação bicúbica com o objetivo de suprimir linhas inconsistentes e regiões ruidosas das imagens e reduzir a necessidade de armazenamento e o tempo de processamento conforme recomendado por Khan, Z.; Mian, A.; Hu, Y. [6].

Para a extração, o tamanho da célula foi de 8x8 *pixels*, o número de células por bloco foi de 2x2, o número de células sobrepostas entre blocos adjacentes foi a metade do número de células por bloco e o número de intervalos no histograma foi de 9. Com esta configuração, o tamanho do vetor de primitivas para uma imagem foi de 900 posições para qualquer imagem da base de dados. Foram gerados 36 histogramas distribuídos ao longo da imagem e os

intervalos de inclinação com maior intensidade no histograma representam a direção das linhas da mão.

F. Classificação

A técnica de classificação supervisionada utilizada foi a Máquina de Vetores de Suporte (SVM). Tal técnica é capaz de resolver problemas binários e possui ferramentas acessíveis e robustas, como a libsvm [10] – utilizada neste trabalho. Para efetuar o treinamento e testes dos modelos, o conjunto de imagens disponível da base de dados foi separado em dois grupos distintos. De todas as imagens disponíveis no espectro de luz branca (600 no total), 500 foram separadas para treinamento e o restante (100) para testes.

Para avaliar a capacidade de generalização dos modelos, foi utilizada a técnica de validação cruzada através do método *leave-one-out* (6-fold, neste caso em que se tinham 6 amostras por usuário). Desta forma, foram treinados e testados 6 modelos para cada usuário variando-se qual das imagens foram utilizadas como amostras de treinamento e de teste. Assim, no total foram obtidos 600 modelos SVM. O tipo de SVM utilizado foi o Classificador de Vetores de Suporte baseado no custo (C-SVC) com kernel Função de Base Radial (RBF) com custo unitário e demais parâmetros com valores padrões, conforme recomendações de [10].

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizados três experimentos com o conjunto de imagens no espectro de luz branca da base de dados CASIA, conforme lista abaixo. Para todos os experimentos foi utilizada a mesma metodologia de testes.

1. Classificação apenas com amostras retiradas da mão esquerda dos usuários;
2. Classificação apenas com amostras retiradas da mão direita dos usuários;
3. Classificação com amostras retiradas das duas mãos dos usuários com fusão no nível de primitivas.

Para cada experimento foi avaliado a Taxa de Erros Iguais (EER) – valor no qual a Taxa de Falsa Aceitação (FAR) e de Falsa Rejeição (FRR) se igualam – a exatidão máxima e a Área Abaixo da Curva (AUC) – área abaixo da Curva de Características de Operação do Receptor (ROC). O sistema foi desenvolvido no ambiente MATLAB. Os resultados são apresentados na Tabela 1.

TABELA 1. RESULTADOS DOS EXPERIMENTOS

Indicador de desempenho	Mão esquerda	Mão direita	Ambas
EER (%)	1	0,54377	0
Exatidão máxima (%)	99,9433	99,9567	100
AUC	0,99939	0,99959	1

As curvas de limiar FAR e FRR da mão esquerda, direita e de ambas as mãos são, respectivamente, apresentadas nas Figuras 3, 4 e 5.

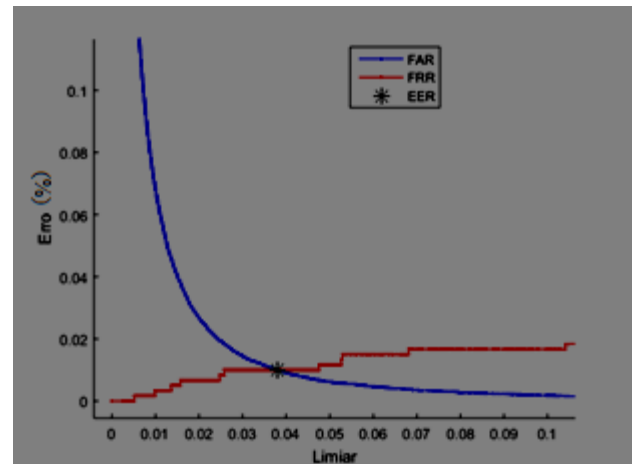


Fig. 3. Curvas de limiar FAR e FRR da mão esquerda

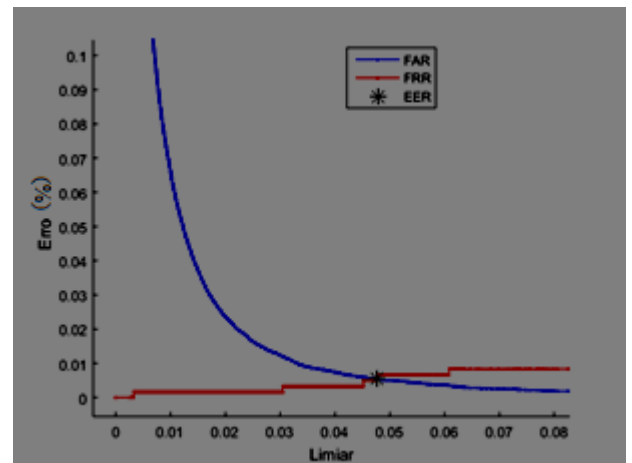


Fig. 4. Curvas de limiar FAR e FRR da mão direita

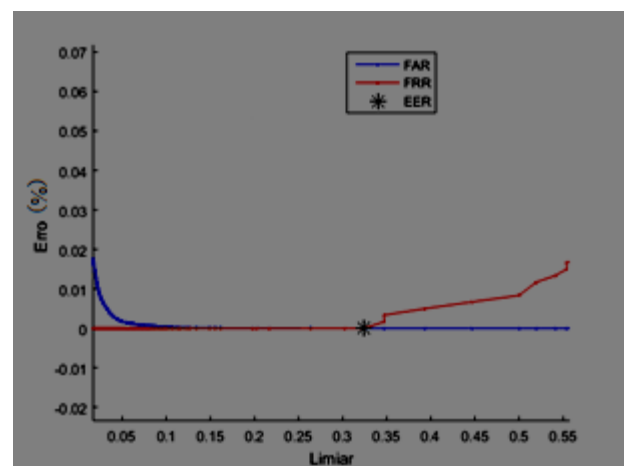


Fig. 5. Curvas de limiar FAR e FRR de ambas as mãos

Os resultados obtidos neste trabalho podem ser comparados quantitativamente com a literatura através da EER, conforme apresentado na Tabela 2, pois todos utilizaram a mesma base de dados, apesar de diferentes combinações de espectros. Entretanto, os autores não

informaram quais mãos foram trabalhadas para obterem os seus resultados.

TABELA 2. COMPARAÇÃO COM RESULTADOS ANTERIORES

Autor	Espectro	Mão	EER (%)
Hao et al. (2008) [4]	460 nm e branca	-	0,50
Kisku et al. (2010) [5]	Todos	-	3,125
Khan, Mian e Hu (2011) [6]	Todos	-	0,3
Canestraro (2015) [11]	460 nm	-	9
Este trabalho	Branca	Esquerda	1
Este trabalho	Branca	Direita	0,544
Este trabalho	Branca	Ambas	0

É possível perceber que existem melhores resultados, porém todos utilizando mais do que um espectro de luz, como é o caso de [4] e [6]. Esta utilização de outros espectros torna maior o custo da implementação física do sistema, pois deve ser utilizada uma câmera com capacidade de captura em vários comprimentos de onda.

Ainda assim, este trabalho atingiu melhores resultados do que trabalhos mais recentes, como [5] e [11]. Além disso, mostrou que a utilização do descritor HOG e da técnica SVM aplicados a amostras das duas mãos de um usuário com fusão a nível de primitivas é capaz de atingir uma exatidão de 100%.

IV. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi proposto um sistema biométrico capaz de utilizar características HOG extraídas da impressão palmar e classificador SVM para verificação de um indivíduo.

Para a base de dados CASIA *Multi-Spectral Palmprint Image Database* V1.0, a metodologia desenvolvida apresentou uma EER de 1% para a verificação da mão esquerda da base de dados utilizada, 0,544% para a mão direita (devido a variação das amostras) e 0% para o uso das duas mãos, com fusão em nível de primitivas.

Os resultados do último experimento – o qual obteve a menor EER – evidenciam que a fusão em nível de primitivas HOG das imagens de duas mãos em uma mesma amostragem do mesmo usuário é capaz de obter resultados ideais, pois dos 60.000 testes realizados com aquela base, não errou nenhum. Apesar do interessante resultado deste experimento, para a sua implementação física, é necessário que o usuário insira as suas duas mãos para cadastrar sua identidade ou conseguir o acesso.

Assim, apesar do alto desempenho de exatidão do sistema, a aceitação social e a aplicação podem ser comprometidas. Entretanto, seu ponto forte é em sistemas

com alta exigência de segurança, já que a capacidade de fraude também é reduzida quando se utiliza duas mãos ao invés de apenas uma, conforme resultados deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- [1] Jain A, Ross A, Prabhakar S. An introduction to biometric recognition. In: *Circuit and Systems for Video Technology* IEEE Transaction on; 2013 Jan; p.4-20. ISSN 1051-8215.
- [2] Kekre H, Sarode T, Vig R. An effectual method for extraction of ROI of palmprints. In: *Communication, Information Computing Technology (ICICT), International Conference on*. 2012. P. 1-5.
- [3] Bhokare R. Multispectral palm image fusion: A critical review. In: *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology*; 2013 June; p.2159-2164. ISSN 2278-1323.
- [4] Hao, Y. et al. Multispectral palm image fusion for accurate contact-free palmprint recognition. In: *Image Processing, 2008. ICIP 2008. 15th IEEE International Conference on*. [S.l.: s.n.], 2008. p. 281–284. ISSN 1522-4880.
- [5] Kisku, D. et al. Multispectral palm image fusion for person authentication using ant colony optimization. In: *Emerging Techniques and Challenges for Hand-Based Biometrics (ETCHB), 2010 International Workshop on*. [S.l.: s.n.], 2010. p. 1–7.
- [6] Khan, Z.; Mian, A.; Hu, Y. Contour code: Robust and efficient multispectral palmprint encoding for human recognition. In: *Computer Vision (ICCV), 2011 IEEE International Conference on*. [S.l.: s.n.], 2011. p. 1935–1942. ISSN 1550-5499.
- [7] Zhenan, S.; Tieniu, T. Note on CASIA Multi-Spectral Palmprint Database. 2007. Disponível em: <<http://biometrics.idealtest.org/dbDetailForUser.do?id=6>>.
- [8] Otsu, N. A threshold selection method from gray-level histograms. *Institute of Electrical and Electronics Engineers*, v. 1, p. 62–66, 1979.
- [9] Lowe, G. Histogram of Oriented Gradients. 2011. Disponível em: http://scikit-image.org/docs/dev/auto_examples/plot_hog.html.
- [10] Chang, C.-C.; Lin, C.-J. LIBSVM: A library for support vector machines. *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology*, v. 2, p. 27:1–27:27, 2011. Software available at <<http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm>>.
- [11] Canestraro, A. Sistema biométrico multimodal para verificação da identidade baseado na geometria da mão, na impressão palmar e nas veias da palma da mão. XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, v. 1, p. 2556–2559, 2015.