

CLASSIFICAÇÃO BIOMÉTRICA DA ÍRIS APÓS A MORTE

BIOMETRIC IRIS CLASSIFICATION AFTER DEATH

Jones Mendonça de Souza ¹
Kéven Chales Pereira ²

Data de entrega dos originais à redação em: 04/08/2020
e recebido para diagramação em: 07/05/2021

A característica da íris é classificada como um sistema biométrico que oferece um ótimo nível de confiabilidade. Mas, o que acontece quando essa biometria é aplicada em situações de pós-morte? Com base nessa questão, foi proposto neste trabalho aplicar alguns métodos biométricos de íris em amostras com longo tempo de decomposição. Para avaliar esse cenário, foi utilizado em nosso experimento imagens de íris NIR da base de dados Warsaw-BioBase-Postmortem-Iris-v2, e comparamos a classificação de desempenho da textura com alguns descritores como: Median-LMP, LBP, CLBP, MBP, WLD e o método de Daugman. Os resultados experimentais apresentam dados em que o algoritmo de Daugman é o melhor para reconhecimento de íris quando é usado para amostras com até 359 horas após a morte. No entanto, se a amostra de íris tiver muito tempo de morte, o descritor Median-LMP tem um melhor desempenho e mais estável que todos os métodos comparados.

Palavras-chave: Biometria. Íris. Reconhecimento de Padrões.

Iris features is well-known as biometric system and offers a great level reliable. But, what happens when this biometric is applied in post-mortem situations? Based on this question, we propose in this paper applied some biometric iris methods under iris images over a long decomposition time. To evaluate this scenery, we used in our experimental the NIR iris images from publicly available Warsaw-BioBase-Postmortem-Iris-v2 databases and compares texture performance classification with some descriptors as the Median-LMP, LBP, CLBP, MBP, WLD and Daugman's method. Our results show that Daugman's algorithm is the best one for iris recognition when is used until 359 hours post- mortem. However, if the iris sample has long time of mortem, the Median-LMP performs better and stable than all the compared methods.

Keywords: Biometric. Iris. Pattern Recognition.

1 INTRODUÇÃO

Sistemas biométricos são métodos para identificação de pessoas com base no comportamento e características biológicas. Entre as peculiaridades biométricas, a íris é a que possui maiores níveis de confiabilidade para aplicações forenses. A textura da íris tem um padrão altamente complexo, composto por fibras musculares dispostas em diferentes direções. Essa estrutura fornece um padrão único para cada pessoa e para o seu próprio par. O reconhecimento da íris tem sido utilizado em várias aplicações comerciais, tais como: Hospitais, Aeroportos, Agências Bancárias, Tribunais Judiciários, entre outros.

Nos últimos anos o uso da biometria para a segurança da informação tem ganhado espaço no mercado, a necessidade da segurança em locais restritos contribuiu para sua aplicabilidade. Partindo-se dessas necessidades novos métodos biométricos foram propostos no mercado, a estrutura ocular de forma geral está sendo muito estudada e os resultados das pesquisas indicaram que a íris guarda características importantes que podem colaborar para o âmbito científico. Além de ser utilizada para o reconhecimento de seres humanos, a íris também está sendo explorada pelas áreas médicas e psicológicas (COSTA, 2012).

Os sistemas para reconhecimento de seres humanos baseados na estrutura da íris vêm sendo explorados desde 1993, a partir do surgimento do primeiro algoritmo para classificação dos padrões, proposto por Daugman (1993). A íris é considerada uma das características mais intrínsecas do ser humano, as estatísticas apontam que a chance de existir uma íris com os mesmos traços no mundo é da ordem de $10^{-9.6}$, ou 1 em 4 bilhões. Dessa maneira, a íris tem se mostrado cada vez mais promissora para sistemas de reconhecimento biométrico (DAUGMAN, 1993).

O algoritmo para o reconhecimento de íris desenvolvido pelo cientista John Daugman em 1993 se divide em 6 etapas: localização e segmentação, normalização, extração e codificação dos atributos e classificação dos padrões da íris. A localização e segmentação da região de interesse pode ser observada na Figura 1, na qual é realizada por um operador íntegro diferencial, definido por: um filtro Gaussiano $G_s(r)$ que faz a suavização da imagem $I(x,y)$ de forma que os ruídos intensivos sejam preliminarmente, minimizados. A delimitação do contorno externo e interno da íris (r, x_0, y_0) é obtida pela derivada na direção r , somadas pelas intensidades da

1 - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP Campus Barretos. < jone Souza@ifsp.edu.br >.

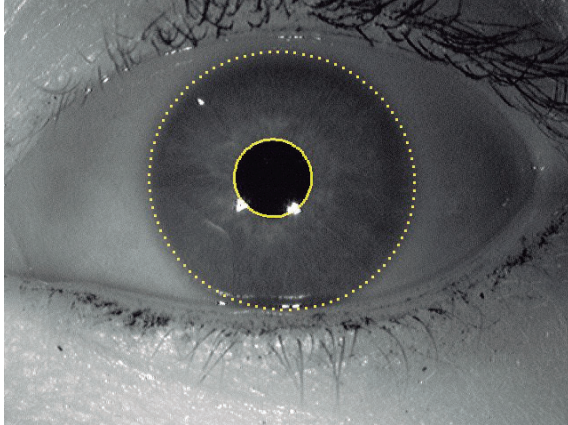
2 - Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP Campus Barretos. < keven.chales@aluno.ifsp.edu.br >.

imagem ao longo de um arco circular s de raio r e coordenadas de centro (x_0, y_0) , veja na Equação I.

Equação I – Operador utilizado para localização da íris humana

$$\max_{(r, x_0, y_0)} \left| G_{\sigma}(r) * \frac{\partial}{\partial r} \oint_{r, x_0, y_0} \frac{I(x, y)}{2\pi r} ds \right|$$

Figura I – Exemplo do processo de localização da íris em uma amostra



Fonte: Compilação do Autor.

Para compensar o problema de rotação da íris no momento da aquisição Daugman propõe um processo chamado normalização, que irá transformar o anel da íris uma imagem retangular, veja Figura II. Para isso o autor propõe a transformação da região de interesse da imagem $I(x, y)$ representada em coordenadas cartesianas, por uma nova representação $I(r, \theta)$ em coordenadas polares, cuja origem se encontra no centro da pupila. Esta transformação geométrica é descrita pela Equações II.

Equação II – Equação para transformação de pontos cartesianos em pontos polares

$$I(x(r, \theta), y(r, \theta)) \rightarrow I(r, \theta)$$

$$x(r, \theta) = (1 - r)x_p(\theta) + rx_s(\theta)$$

$$y(r, \theta) = (1 - r)y_p(\theta) + ry_s(\theta)$$

Figura II – Exemplo do processo de normalização da íris utilizando a amostra da Figura I



Fonte: Compilação do Autor.

A similaridade entre duas íris é baseada na formação de sulcos, vales e fibras de colágenos, localizada em sua estrutura. Deste modo, Daugman (1993) propõe a análise dos padrões aleatórios formados pela estrutura da íris para a extração dos atributos. Nesta fase, é utilizado o quadrante de fase de demodulação da íris e o Filtro de Gabor 2D observado na Equação III, representado pelo fasor no plano complexo. Veja na Figura III o resultado obtido na extração.

Equação III – Filtro de Gabor utilizado para o processo de extração de características da íris

$$H(r, \theta) = e^{-j\omega(\theta_0 - \theta)} e^{-(r_0 - r)/\alpha^2} e^{-(\theta_0 - \theta)/\beta^2}$$

Figura III – Exemplo do processo de extração de características da íris utilizando a amostra da Figura II



Fonte: Compilação do Autor

Por fim, para definir o quão similar são duas íris o autor propõe um medida estatística denominada distância de Hamming, que realiza o cálculo de similaridade entre duas assinaturas A e B. Desta forma, o cálculo é realizado utilizando-se operadores booleanos, nos quais XOR faz a detecção de discordâncias entre os pares de bits e AND retira do teste os bits correspondentes à região com oclusões, conforme a Equação IV (Pless, 1982).

Equação IV – Distância de Hamming utilizada no processo de comparação de características

$$HD = \frac{\sum[A \otimes B] \cap \text{maskA} \cap \text{maskB}}{\sum[\text{maskA} \cap \text{maskB}]}$$

Após a abordagem de Daugman outros métodos foram propostos na literatura, alguns deles são discutidos na próxima seção.

2 TRABALHOS RELACIONADOS

Grande parte dos trabalhos na área de classificação de íris tentam explorar métodos de localização e extração das características mais eficientes, como proposto por (MA et al., 2004), (WILDES et al., 1994) e (BOLES; BOASHASH, 1998). Alguns trabalhos como (DONG, W et al., 2009), (BASHIR, F et al., 2008) e (SOUZA; FERNANDES, 2012) propuseram métodos para classificação da íris a distância e/ou em movimento, como forma de minimizar a invasão. Já em (COSTA; GONZAGA, 2010) e (SOUZA; GONZAGA, 2019) é investigado a textura dinâmica da íris sob o efeito de dilatação e contração da pupila, o que pode ocorrer quando o indivíduo esteja sob influência de drogas e de álcool no organismo.

No entanto o trabalho proposto neste artigo visa explorar a aplicação do método biométrico em situações de mutação das características, como a textura das íris após a morte. Sabe-se que, a textura viva da íris apresenta pequenas variações na textura quando estão sob efeitos de dilatação e contração (SOUZA; GONZAGA, 2019), no entanto não há evidências do grau de variação das fibras de colágenos sob o tempo de pós morte. Com base nessa hipótese é apresentado neste artigo um estudo experimental com amostras de íris não vivas, adquiridas em diferentes períodos de pós morte.

Um estudo realizado por (OLIVEIRA et. Al, 2018) apresenta dados ao longo dos anos (2010-2016), um total de 691 pessoas que ficaram sem identificação pelo serviço do IML do estado de Goiás. Em 2015 se chegou a um pico de 139 corpos não identificados e enterrados

como indigentes. Partindo-se dessa hipótese, na qual a não identificação de corpos concorre para fortalecer problemas que se correlacionam ao corpo encontrado, tais como a própria manutenção do status de indigente, a baixa resolubilidade de homicídios, a impunidade e o aumento da sensação de insegurança, este trabalho propõe estudar o método de reconhecimento de íris visando não somente minimizar este percentual de não identificados como também agilizar o processo de identificação do serviço do IML

O trabalho proposto por (Trokielewicz; Czajka; Maciejewicz, 2016), coletou amostras de íris de diferentes indivíduos após a morte. Os autores avaliaram as características da íris e chegaram a conclusão de que a íris mantém seu padrão intrínseco dentro de algumas horas após a morte. No entanto, o presente trabalho propõe avaliar diferentes descritores de textura voltados para a classificação dos padrões da íris, sob períodos mais longos de morte, com o objetivo de garantir a precisão em aplicações forenses.

O artigo está organizado da seguinte forma. A Seção 3 descreve os materiais e a metodologia utilizada nesse trabalho. A seção 4 contém uma discussão dos resultados obtidos com os experimentos. Na última seção são apresentadas as conclusões e as limitações deste estudo.

2 METODOLOGIA

Para realização dos experimentos foi utilizada a base de dados Warsaw-BioBase-PostMortem-Iris-v2, gentilmente fornecidas pela Faculdade de Eletrônica e Tecnologia da Informação da Universidade de Tecnologia de Varsóvia, na Polônia (Trokielewicz; Czajka; Maciejewicz, 2016). As amostras foram adquiridas de 5 a 7 horas após a morte de cada indivíduo, num período de até 17 dias. O banco de dados é composto por 480 imagens de 34 indivíduos, que foram adquiridas por uma câmera infra-vermelha modelo IriShield M2120U, utilizada para inibir o reflexo ocular. Na figura IV é apresentada exemplos de amostras coletadas do mesmo indivíduo em períodos distintos.

Para a localização e segmentação da pupila foi utilizado o algoritmo de Daugman, disponível em (MASEK et al., 2004), utilizando o ambiente de desenvolvimento Scilab. Após o processo de segmentação a região de

interesse é normalizada de coordenadas cartesianas para coordenadas polares em 60×720 pixels, conforme ilustrado na Figura II. Para extração de características foram utilizados os descritores de textura: LBP (*Local Binary Pattern*), MBP (*Median Binary Pattern*), CLBP (*Completed Modeling of Local Binary Pattern*), LMP (*Local Mapped Pattern*), Median-LMP (*Median Local Mapped Pattern*), WLD (*Weber Local Descriptor*), além do filtro de Gabor 2D abordado por Daugman.

Para a fase de comparação de similaridade entre as amostras de íris foi utilizada a Distância de Hamming para o código gerado por Daugman. Já para os demais descritores de textura, um histograma de códigos foi gerado para cada amostra, sendo cada uma comparada com as demais por meio da distância chi-quadrado, obtidas a partir da equação (VI), em que S é a amostra de busca, M é a amostra armazenada na base, B é o número de bins do histograma, S_b é a frequência do nível de cinza de S , e M_b é a frequência do nível de cinza de M . Calcula-se, então os Verdadeiros Positivos (TP), ou o número de amostras corretamente classificadas, e os Falsos Negativos (FN), ou as amostras erroneamente classificadas, para todas as amostras de consulta. Dessa maneira, para estimar a precisão do sistema foi utilizado o método de validação cruzada *leave-one-out* sendo a taxa de sucesso (*Hit Rate*) ou Sensibilidade calculada pela equação (VII).

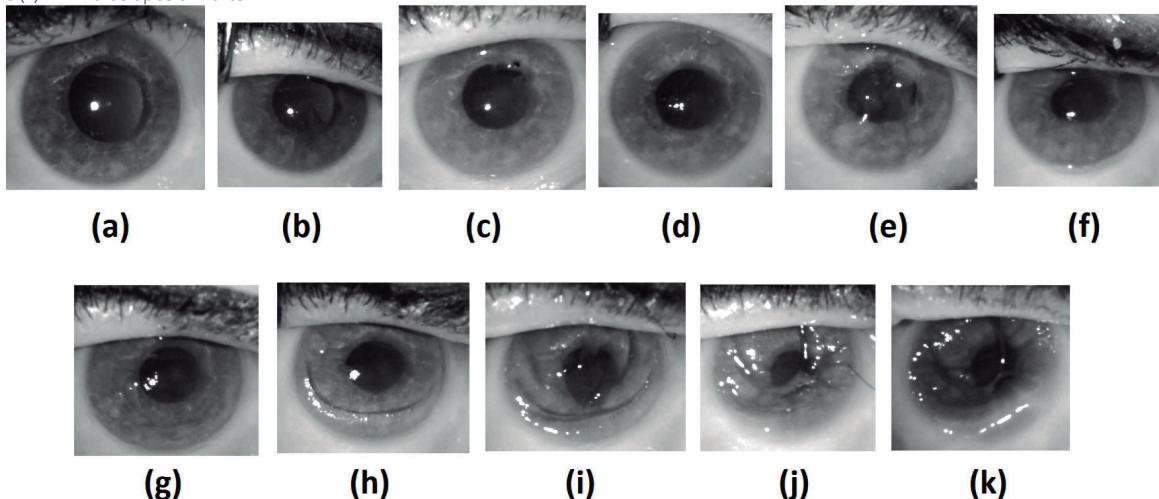
$$\chi^2(S, M) = \frac{1}{2} \sum_{b=1}^B \frac{(S_b - M_b)^2}{(S_b + M_b)} \quad (1)$$

$$H = \frac{TP}{TP + FN} \quad (2)$$

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a execução dos experimentos algumas amostras não puderam ser segmentadas pelo algoritmo de Daugman devido à ausência da pupila, proporcionada pelo fechamento das fibras da "esfincter da pupila".

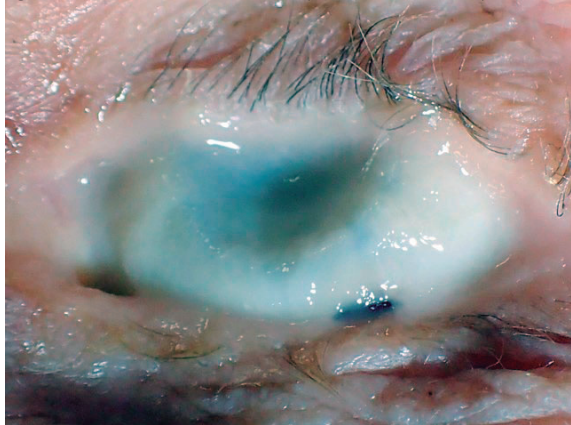
Figura IV - Amostras de íris coletadas em períodos de pós-morte: (a) 23, (b) 95, (c) 154, (d) 215, (e) 263, (f) 359, (g) 407, (h) 503, (i) 574, (j) 622 e (k) 742 horas após a morte



Trokielewicz; Czajka; Maciejewicz, 2016

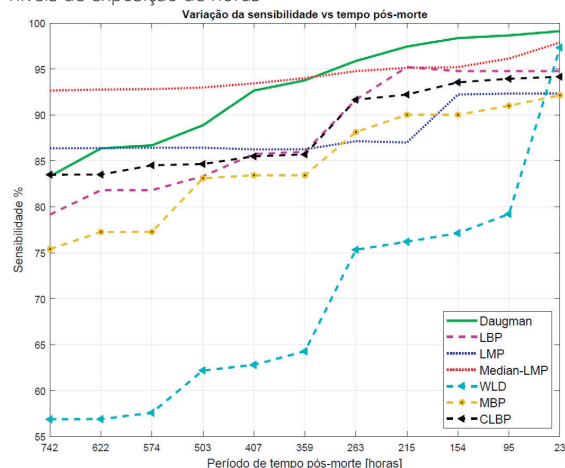
Estes casos ocorreram com maior frequência quando se tentou segmentar amostras adquiridas em 814 horas após a morte, na qual não é observado uma forma circular próxima à pupila (veja Figura V), característica esperada pelo algoritmo para obtenção da amostra normalizada. Nestes casos, essas amostras foram descartadas dos experimentos.

Figura V – Amostras de íris 0016_L_12_4 capturada em 814 horas após a morte.



Aplicando-se o algoritmo de Daugman no conjunto de amostras selecionadas, foi observado uma queda de desempenho quando se tentou classificar amostras dos subconjuntos de 742 horas à 359 horas. O mesmo ocorreu com a maioria dos descritores de textura, taxas de sensibilidade baixas quando as amostras possuem longa duração de morte. Observando o gráfico I é possível concluir que o descritor Median-LMP é robusto para amostras com variação na textura exposta por longas horas de morte, entre 742 horas à 359 horas, e se manteve estável quando foram experimentados amostras com poucas horas de exposição. Entre 23 horas à 359 horas, onde a textura de mantém quase estável, o método proposto por Daugman apresentou o melhor desempenho, e o Median-LMP atingiu a segunda melhor taxa de sensibilidade neste intervalo. É importante ressaltar que a maioria dos descritores apresentam melhor precisão dentro das 95 horas, sendo mais evidente para o descritor WLD. Isso mostra que, embora as características da íris sofrem mutação durante o tempo de morte é ainda possível classificá-las com precisão.

Gráfico I – Comparação dos métodos com amostras em diferentes níveis de exposição de horas



3 CONCLUSÃO

Os dados do estudo realizado por (OLIVEIRA et. Al, 2018) apontam um número elevado de pessoas que não são identificadas pelo serviço do IML. Cerca de 50 pacientes dão entrada no sistema de saúde sem condições de registro cível (BARONI, 2018). A maioria desses pacientes chegam ao pronto-socorro inconsciente por causa de acidentes ou por mal súbito. Os dados apontam que 90% desses pacientes que vem a óbito são enterrados como indigentes, por não conseguir o contato com as famílias para o reconhecimento. Pensando neste problema, o presente artigo apresentou um método eficaz para a identificação de indigentes, na qual a biometria pela íris pode confirmar a identidade do ser humano em até 742 horas após a morte. Conforme os experimentos realizados com amostras de íris da base de dados Warsaw-BioBase-PostMortem-Iris-v2 é possível concluir que o descritor Median-LMP se mostra o mais promissor para este tipo de aplicação, atingindo sensibilidade próxima de 95% num período de 359 horas e 97% próxima das 23 horas de pós-morte. Caso seja necessário um maior grau de confiabilidade do sistema, o algoritmo de Daugman apresentou uma sensibilidade de 99% quando se comparou amostras próximas a 23 horas de pós-morte.

REFERÊNCIAS

- BARONI, Larissa Leiros et al. Sem nome no hospital: a busca pela família de pacientes não identificados. a busca pela família de pacientes não identificados. 2018. Disponível em: < <https://noticias.uol.com.br/saude/ultimas-noticias/redacao/2018/03/12/sem-consciencia-e-sem-documento-a-busca-pela-identidade-de-pacientes.htm> >. Acesso em: 4 ago. 2020.
- BASHIR, F. et al. Eagle-eyes: A system for iris recognition at a distance. In: 2008 IEEE Conference on Technologies for Homeland Security. Waltham, MA, USA: IEEE, 2008. p. 426–431.
- BOLES, W.; BOASHASH, B. **A human identification technique using images of the iris and wavelet transform.** IEEE Transactions on Signal Processing, v. 46, n. 4, p. 1185–1188, apr 1998.
- COSTA, R. M., Gonzaga, A. **Dynamic Features for Iris Recognition.** IEE Transactions on System, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics, Vol. 42, no. 4, pp. 1072–1082, Aug. 2012.
- DAUGMAN, J. **High confidence visual recognition of persons by a test of statistical independence.** IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., 1993. v. 15, n. 11, p. 1148–1161, 1993.
- DONG, W.; SUN, Z.; TAN, T. A design of iris recognition system at a distance. In: Chinese Conference on Pattern Recognition. Nanjing, China: IEEE, 2009. v. 2, p. 1–5.
- MA, L. et al. **Efficient iris recognition by characterizing key local variations.** IEEE Transactions on Image Processing, v. 13, n. 6, p. 739–750, june 2004.
- MASEK, L.; KOVESI, P. **MATLAB Source Code for a Biometric Identification System Based on Iris Patterns.** The School of Computer Science and Software Engineering, The University of Western Australia, 2003.

MORROW, T.L. and F.A. **Glover**. **Experimental studies on postmortem changes in mallards**. Bur. Sport Fish. and Wildl. Spec. Rept. Wildl. No. 134. 25pp, 1967.

TROKIELEWICZ, M.; CZAJKA, A. and MACIEJEWICZ, P. **Human iris recognition in post-mortem subjects: Study and database.** 2016 IEEE 8th International Conference on Biometrics Theory, Applications and Systems (BTAS), Niagara Falls, NY, 2016, pp. 1-6.

OLIVEIRA, D. D.; Jesus, S.; Filho A.,A.M. Indigent bodies: the identification of bodies found with ignored identity in the State of Goiás. **Revista brasileira de ciências criminais**. ISSN 1415-5400. 2018.

SOUZA, J. M. de; FERNANDES, M. M. Sistema dinâmico para reconhecimento de íris utilizando imagens de vídeo.

In: Saúde, S. J. F. G.A.V. (Ed). **Workshop on Industry Applications (WGARI) in SIBGRAPI 2012 (XXV Conference on Graphics, Patterns and Images)**. Ouro Preto, MG, Brazil: [s.n.], 2012.

SOUZA, J. M.; GONZAGA, A. **Human iris feature extraction under pupil size variation using local texture descriptors**. Multimedia Tools and Applications (2019): 1-28.

Pless, V. **Introduction to the theory of error-correcting codes**. New York : Wiley, 1982, ISBN 0471086843

WILDES, R. et al. **A system for automated iris recognition**. In: Applications of Computer Vision, 1994., Proceedings of the Second IEEE Workshop on. [S.l.:s.n.], 1994. p. 121-128.