

APLICAÇÃO DE ACTIVE SHAPE MODELS PARA SEGMENTAR A REGIÃO DA ÍRIS EM IMAGENS DE OLHO

Milena Bueno Pereira Carneiro, Antônio Cláudio P. Veiga, Edna Lúcia Flôres, Gilberto Arantes Carrijo
Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Elétrica, Uberlândia-MG
milenabueno@yahoo.com, acpveiga@ufu.br, edna@ufu.br, gilberto@ufu.br

Resumo – Em sistemas de reconhecimento automático de indivíduos pela íris, uma tarefa essencial é a segmentação da região da íris na imagem do olho. Diversas técnicas já foram propostas para realizar esta tarefa, sendo que, grande parte delas aproxima a íris por um anel definido por dois círculos. Esta aproximação não é ideal e pode ser fonte de erros em aplicações práticas nas quais podem acontecer variações ambientais e ainda não se pode contar com uma cooperação ideal dos usuários. Assim, utilizar modelos deformáveis, como é o caso do Active Shape Model (ASM), para segmentar a região da íris, é uma alternativa interessante. Este trabalho tem o objetivo de aplicar o ASM para segmentar a íris e investigar os detalhes dos resultados obtidos.

Palavras-Chave – Active Shape Models, reconhecimento de íris, segmentação.

APPLICATION OF ACTIVE SHAPE MODELS TO SEGMENT THE IRIS REGION IN EYE IMAGES

Abstract – In automatic iris recognition systems, the iris region segmentation is an essential task. Several techniques have already been proposed to accomplish this task, being that, great part of them approximates the iris by a ring defined by two circles. This approximation is not ideal and can be source of error in practical applications in which can occur environmental variations and also, it is not possible to count on an ideal cooperation of the users. Then, the usage of deformable models (such as Active Shape Model (ASM)) to segment the iris is an interesting alternative. This work aims to apply ASM to segment the iris and investigate the details of the obtained results.

Keywords - Active Shape Models, iris recognition, segmentation.

I. INTRODUÇÃO

Em sistemas de reconhecimento de íris, a localização da porção da imagem que corresponde à região da íris é, tradicionalmente, realizada utilizando métodos de detecção

de círculos, uma vez que as bordas que delimitam a íris são aproximadas a círculos. Porém, o contorno externo da íris e o contorno da pupila não são perfeitamente circulares, sendo que, em alguns indivíduos, a íris apresenta um contorno totalmente irregular. Com isso, em alguns casos, a aproximação das bordas da íris a círculos pode ocasionar erros consideráveis.

Outro fator que deve ser levado em consideração é que, algumas vezes, a imagem do olho é capturada com a íris fora de eixo, ou seja, com o indivíduo olhando para uma direção ligeiramente diferente da posição central da câmara. Desta forma, o formato da íris e da pupila se aproxima mais a uma elipse do que a um círculo.

De fato, a performance do sistema de reconhecimento de íris pode ser melhorada consideravelmente se o contorno das bordas da íris forem mais flexíveis e não ficarem limitados ao formato de um círculo.

Muitas vezes a borda externa da íris fica parcialmente escondida atrás das pálpebras, a borda da pupila pode sofrer interferência de reflexos devido à iluminação e ainda, as duas bordas podem ser prejudicadas pela sombra dos cílios. Assim, torna-se necessário ajustar um contorno flexível que pode tolerar interrupções e continuar sua trajetória para formar uma curva fechada [1].

Uma ferramenta adequada para atingir este objetivo é o Active Shape Model (ASM) que modela uma forma flexível, seguindo um critério de otimização, para encontrar um objeto conhecido em uma imagem, não ficando limitado a uma determinada forma geométrica.

Uma particularidade do ASM é que as instâncias do modelo somente podem ser deformadas das maneiras contempladas no conjunto de treinamento, o que evita variações arbitrárias da forma procurada.

Para segmentar a região da íris em uma imagem, a restrição que o ASM impõe às deformações é desejável, pois, não se espera variações muito significativas dos contornos da borda externa da íris e da borda da pupila uma vez que as possíveis obstruções (por pálpebras, cílios e reflexos) são previstas. Assim, as variações mais típicas da forma podem ser facilmente contempladas no conjunto de treinamento.

Na próxima seção são apresentados os principais passos do algoritmo do ASM. Nas seções III e IV, são descritos os procedimentos de marcação dos pontos nas imagens de treinamento e de definição dos perfis de pontos para o problema de segmentação de íris. Em seguida, é detalhado o algoritmo utilizado para um pré-processamento das imagens de íris e, finalmente, os resultados experimentais são apresentados.



II. VISÃO GERAL DO ALGORITMO DE ACTIVE SHAPE MODELS

No ASM, a forma de um objeto é representada por um conjunto de n pontos que são definidos pelas ordenadas e abscissas do plano da imagem. A quantidade de pontos deve ser pré-definida e suficiente para mostrar todos os detalhes do objeto.

O modelo que é utilizado para descrever a forma e suas variações típicas é baseado na variação da posição de cada ponto nas imagens de treinamento. Cada ponto tem então, uma certa distribuição no espaço da imagem. Para obter um modelo da distribuição dos pontos é necessário que os n pontos da forma sejam marcados manualmente em cada imagem do conjunto de imagens de treinamento. Como a forma varia de uma imagem para a outra, os pontos que definem a forma estarão posicionados em coordenadas diferentes para cada imagem. A análise estatística das coordenadas dos pontos define o ASM.

Com as informações estatísticas provenientes do processo de treinamento e a partir de uma aproximação inicial, uma instância do modelo ASM pode ser ajustada à imagem na qual se busca o objeto descrito pelo modelo. Portanto, o algoritmo do ASM pode ser dividido em duas etapas principais, que são:

- Etapa de treinamento;
- Etapa de busca da forma em uma imagem.

A. Principais Passos da Etapa de Treinamento

A fase de treinamento consiste em fazer uma análise estatística da posição dos pontos que são marcados nas imagens de treinamento contornando a forma procurada.

Os principais passos do algoritmo proposto por Cootes [2] e desenvolvido por Ghassan Hamarneh [3] para realizar o treinamento do ASM são:

1. Marcar os pontos da forma em todas as imagens do conjunto de treinamento, armazenando as coordenadas destes pontos;
2. Obter o perfil de cada ponto da forma, para cada imagem de treino;
3. Obter a estatística do perfil de cada ponto; Este passo calcula a média do gradiente normalizado do perfil e sua respectiva matriz de covariância para cada ponto da forma. Estas informações serão úteis na etapa de busca pela forma em uma imagem.
4. Obter a matriz de pesos que é utilizada para aumentar a significância dos pontos da forma cuja posição varia menos de uma imagem de treino para outra;
5. Alinhar as formas marcadas em todas as imagens de treino;
6. Obter a descrição estatística das formas que é representada pela forma média, os autovetores e os autovalores.

B. Principais Passos da Etapa de Busca da Forma em uma Imagem

Com as informações provenientes da etapa de treinamento pode-se agora encontrar uma instância da classe de objetos em imagens que não fazem parte do conjunto de treinamento. Uma forma inicial é forçada a se deformar em um processo

iterativo até que ocorra uma maior correspondência entre os dados da imagem e o modelo.

Os principais passos do algoritmo desenvolvido por Ghassan Hamarneh [3] são:

1. Estimar uma forma inicial;
2. Calcular o deslocamento dx_i que cada ponto da forma deve sofrer para tentar se ajustar ao objeto da imagem que está sendo processada; Examinando a região da imagem em torno de cada ponto da forma x_i uma nova localização para esses pontos deve ser obtida como $x_i + dx_i$.
3. Encontrar os parâmetros para modificar a pose da forma; Para isto deve-se obter os parâmetros de transformações de escala, rotação e translação que movam x_i para o mais próximo possível de $x_i + dx_i$.
4. Encontrar os parâmetros para deformar o contorno da forma;
5. Aplicar os parâmetros encontrados para a modificação da pose e para a deformação da forma;
6. Se o número máximo de iterações (que deve ser pré-estabelecido) não tiver sido alcançado, voltar ao passo 2.

III. MARCAÇÃO DAS FORMAS NAS IMAGENS DE OLHO USADAS PARA TREINAMENTO

Como mencionado anteriormente, é necessário que os pontos que definem a forma procurada sejam marcados manualmente em todas as imagens de treinamento. Para isso, deve-se escolher de antemão a quantidade n de pontos que serão utilizados para definir a forma e também quais e quantos desses pontos serão considerados *landmarks* ou “marcos”.

Os *landmarks* devem ser pontos típicos presentes na forma que são marcados em posições equivalentes em todas as imagens do conjunto de treinamento.

A região da íris foi representada nas imagens de treinamento utilizando uma única curva fechada definida por pontos distribuídos conforme ilustrado na Figura 1.

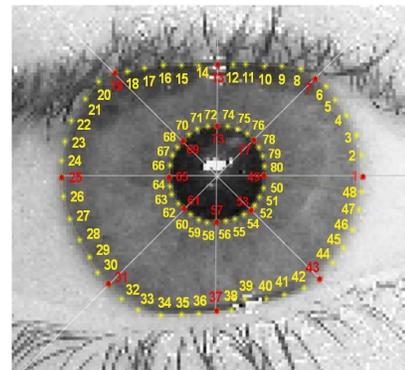


Fig. 1. Marcação dos pontos da forma.

Foram utilizados como pontos de referência (*landmarks*) os pontos posicionados nos ângulos 0° , 45° , 90° , 125° , 180° , 225° , 270° e 315° , tanto da borda externa da íris quanto da borda da pupila, totalizando 16 *landmarks*. Estes pontos estão identificados em vermelho na Figura 1.

Para possibilitar a localização com precisão desses *landmarks* nas imagens de treino foi implementado o seguinte procedimento: na hora de marcar os pontos, o usuário deve, primeiramente, selecionar manualmente um ponto que esteja o mais próximo possível do centro da pupila, assim, as quatro retas mostradas na Figura 2 são traçadas automaticamente. Essas quatro retas são traçadas passando pelo ponto central da pupila, escolhido pelo usuário, sendo que uma delas está na horizontal, outra na vertical e as outras duas nas diagonais $+45^\circ$ e -45° .

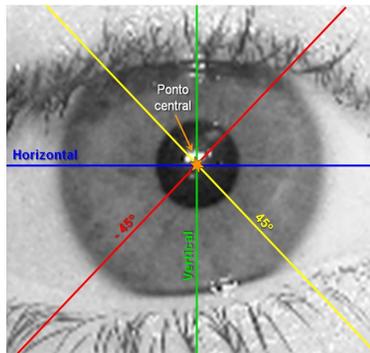


Fig. 2. Retas de referência.

Com as retas sobrepondo a imagem de treino, todos os pontos da forma devem ser selecionados pelo usuário (usando o mouse), na sequência indicada na Figura 1 de forma que os *landmarks* coincidam com as intersecções das retas com a borda externa da íris e com a borda da pupila.

Neste trabalho, foi utilizado um total de 80 pontos para definir a forma da região da íris, conforme ilustrado na Figura 1. Os primeiros 48 destes pontos contornam a borda externa da íris e os demais 32 pontos contornam a borda da pupila. Foi utilizado para treinamento um conjunto de 100 imagens provenientes do banco de imagens UBIRIS [4].

IV. OBTENÇÃO DO PERFIL DE UM PONTO DA FORMA

No algoritmo do ASM, o treinamento e a posterior busca da forma em uma nova imagem envolvem analisar as características de variação de intensidade dos pixels próximos aos pontos que definem a forma. Para que essa análise seja possível, é necessário definir quantos e quais pixels próximos aos pontos da forma serão avaliados.

É amostrada uma determinada quantidade de pixels ao longo de uma linha passando por cada ponto da forma e na direção normal ao contorno da forma definida pelo ponto em questão e seus vizinhos.

Para obter o perfil, são amostrados os níveis de cinza de n_{Acima} pontos acima e n_{Abaixo} pontos abaixo do ponto da forma. Assim, a quantidade de valores que formam o perfil de cada ponto da forma é dado por $n_p = n_{Acima} + n_{Abaixo} + 1$.

Na aplicação deste trabalho foram escolhidos empiricamente os valores $n_{Acima} = 5$ e $n_{Abaixo} = 3$. A Figura 3 mostra uma imagem com os pontos selecionados para a obtenção do perfil de cada ponto da forma.

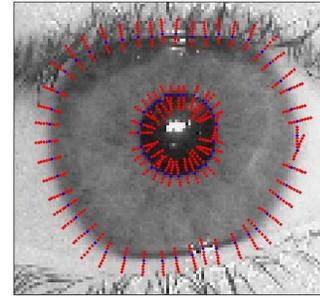


Fig. 3. Pontos do perfil de cada ponto da forma.

V. PRÉ-PROCESSAMENTO DAS IMAGENS DE ÍRIS

O ASM busca na imagem por um objeto que tenha uma forma semelhante à do modelo definido. A eficiência do processo aumenta quando esse objeto está bem destacado do resto da imagem, isto é, quando os valores de intensidade dos pixels que formam o objeto são bem diferentes dos pixels próximos às extremidades do objeto.

A grande maioria das imagens de íris utilizadas neste trabalho (provenientes do banco de imagens UBIRIS [4]) apresenta relativamente pouco contraste entre a região da pupila e a região da íris e, muitas vezes, parte da região da íris é sobreposta pelas pálpebras e/ou cílios. Quando isso acontece, o contorno da borda externa da íris fica disforme e despadronizado enquanto os níveis de intensidade se misturam dificultando a identificação do contorno da região pertencente à íris pelo ASM.

Este é um problema típico da utilização de ASM para segmentar a íris, assim, na tentativa de minimizá-lo, foi elaborado um algoritmo de pré-processamento ao qual as imagens foram submetidas antes de serem utilizadas no algoritmo do ASM.

O pré-processamento consiste em aplicar técnicas de realce com a finalidade de diferenciar melhor as regiões da esclera (e pálpebras), da íris e da pupila, além de minimizar as interferências dos cílios. Foi definida a seguinte sequência de operações:

1. Minimização dos efeitos do reflexo especular na pupila;
2. Aplicação de um filtro de mediana 3×3 ; e
3. Aplicação de um alargamento de contraste adaptado em que a transformação de intensidade implementada depende das características da imagem de entrada.

O primeiro passo do algoritmo se fez necessário uma vez que, em todas as imagens do banco UBIRIS, existe a presença de uma região de reflexo especular localizada, na maioria das vezes, sobre a pupila e muitas vezes corrompendo a borda que separa a pupila da íris. Para minimizar o efeito dos reflexos, a idéia foi tentar identificar, nas proximidades da pupila, os pixels com intensidades relativamente altas e substituir estas intensidades por um nível constante e mais escuro que se acredita ser um nível de intensidade típico da região da pupila.

Inicialmente, a imagem original é cortada com o objetivo de analisar apenas as áreas próximas ao centro da imagem, ou seja, próximas à pupila, onde a ocorrência de interferência por reflexo é mais provável e mais prejudicial. Nesta imagem cortada, os pixels com intensidade maior que 160 (níveis

mais claros) têm sua intensidade modificada para 30 (um nível escuro comum na região da pupila). A Figura 4 mostra um exemplo do resultado do primeiro passo de pré-processamento.

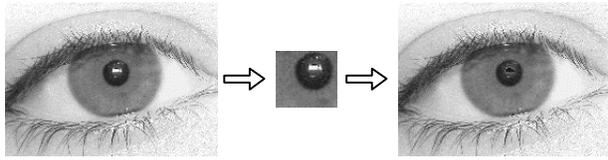


Fig. 4. Esquerda: Imagem original; Meio: Imagem cortada; Direita: Resultado do primeiro passo de pré-processamento.

A imagem de saída do primeiro passo de pré-processamento é submetida ao segundo passo, em que ela passa por um filtro de mediana 3 x 3. Para realizar a filtragem de mediana faz-se uma varredura na imagem substituindo o valor de cada pixel pela mediana dos valores de intensidade na vizinhança 3 x 3 desse pixel (o valor original do pixel processado é incluído no cálculo da mediana). A mediana, ξ , de um conjunto de valores é tal que metade dos valores do conjunto é menor ou igual a ξ e a outra metade é maior ou igual a ξ .

A principal função dos filtros de mediana é forçar pontos com níveis de intensidade distintos para serem mais semelhantes aos seus vizinhos. Este processo traz dois benefícios principais: elimina os cílios mais finos da imagem e torna os níveis de intensidade das diferentes regiões da imagem mais homogêneos.

O objetivo principal do pré-processamento é tentar destacar a região da íris do resto da imagem e para isso é importante diferenciar o máximo possível os níveis de intensidade de três conjuntos de pixels: os pixels que pertencem à pupila e aos cílios (que são mais escuros), os pixels da região da íris (que possuem níveis de intensidade intermediários) e os pixels da esclera e das pálpebras (que são mais claros). A alternativa encontrada para fazer isso foi aplicar a transformação de intensidade mostrada no gráfico da Figura 5 que relaciona as intensidades da imagem de entrada (no eixo horizontal, r) com as da imagem de saída (no eixo vertical, s). Cada nível de intensidade que aparecer na imagem de entrada tem um nível de intensidade correspondente (mostrado no gráfico) que deverá substituí-lo na imagem de saída.

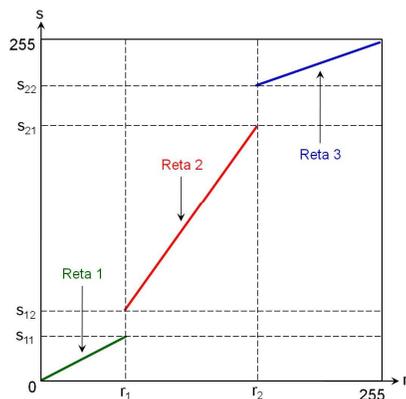


Fig. 5. Função de transformação de intensidade implementada para o alargamento de contraste.

A imagem de saída é gerada da seguinte forma:

- Para os pixels da imagem com nível de intensidade entre 0 e r_1 , aplique a transformação da reta 1.
- Para os pixels da imagem com nível de intensidade entre r_1 e r_2 , aplique a transformação da reta 2.
- Para os pixels da imagem com nível de intensidade entre r_2 e 255, aplique a transformação da reta 3.

O interessante da transformação de alargamento de contraste implementada é que os parâmetros r_1 , r_2 , s_{11} , s_{12} , s_{21} e s_{22} não foram considerados constantes para todas as imagens, eles foram definidos em função das características estatísticas de cada imagem. A seguir descreve-se o processo de definição desses parâmetros.

A. Definição de r_1

Foi constatado empiricamente que, na maioria das imagens utilizadas, os pixels pertencentes à pupila e aos cílios (pixels mais escuros) correspondem a aproximadamente 3% do total de pixels da imagem. Assim, r_1 foi definido como sendo o nível de intensidade tal que 3% do total de pixels da imagem possuem intensidade menor do que ele.

B. Definição de r_2

A escolha ideal para r_2 seria o nível de intensidade que separa os pixels mais claros da imagem (pertencentes às pálpebras e à esclera) do restante da imagem.

O método de limiarização de Otsu [5] escolhe um limiar global que minimiza a variância das duas classes formadas no processo de binarização. Experimentando binarizar as imagens de íris observou-se que o método de Otsu escolhe justamente um limiar que separa relativamente bem as regiões da imagem pertencentes às pálpebras e à esclera das demais partes da imagem. Isto pode ser comprovado observando as imagens binarizadas da Figura 6.



Fig. 6. Resultado da binarização da imagem pelo método de Otsu.

Assim, r_2 foi definido como sendo o nível de intensidade calculado como limiar global pelo método de Otsu.

C. Definição de s_{11} , s_{12} , s_{21} e s_{22}

Os parâmetros s_{11} , s_{12} , s_{21} e s_{22} são definidos em função dos valores de r_1 e r_2 como mostrado nas representações da Equação 1.

$$s_{11} = 0,7r_1; \quad s_{12} = 0,9r_1; \quad s_{21} = 1,25r_2; \quad s_{22} = 1,3r_2 \quad (1)$$

Com essas equações observa-se que s_{11} é 30% menor que r_1 , s_{12} é 10% menor que r_1 , s_{21} é 25% maior que r_2 e s_{22} é 30% maior que r_2 .

Definindo os parâmetros dessa forma, os níveis de intensidade entre 0 e r_1 são ligeiramente escurecidos, os

níveis de intensidade entre r_1 e r_2 são ligeiramente clareados e os níveis de intensidade entre r_2 e 255 ficam bem mais claros.

A Figura 7 mostra alguns resultados obtidos com esse último passo de pré-processamento. O alargamento de contraste projetado foi aplicado a imagens resultantes da filtragem de mediana. Observa-se que, em geral, o pré-processamento melhorou o contraste da região da íris em relação ao restante da imagem o que favorecerá a atuação do ASM.

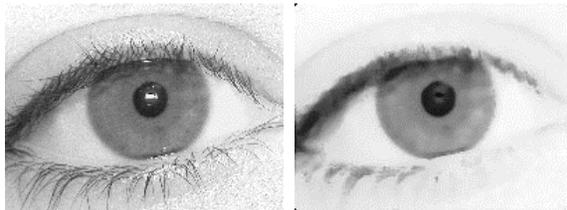


Fig. 7. Imagem original e resultado final do pré-processamento.

VI. RESULTADOS DA UTILIZAÇÃO DE ASM PARA SEGMENTAR A REGIÃO DA ÍRIS

Foram realizados testes da utilização de ASM para segmentar a região da íris em imagens de olho do banco de imagens UBIRIS (Sessão 1) [4].

É importante ressaltar que, neste trabalho, a intenção foi realizar experimentos preliminares para avaliar o comportamento do algoritmo e identificar os principais obstáculos e desafios da utilização do ASM para segmentar a íris.

O algoritmo do ASM foi aplicado a todas as 1201 imagens do banco de imagens citado. Todas essas imagens passaram pelo pré-processamento descrito na seção V tanto na etapa de treinamento quanto na etapa de busca pela forma.

Após aplicar o ASM em todas as imagens, foi realizada uma inspeção visual nos resultados obtidos. Ao invés de classificar os resultados simplesmente em segmentação correta e segmentação com erros, os erros encontrados foram categorizados, com o objetivo de identificar as principais dificuldades impostas ao algoritmo do ASM pelas imagens utilizadas, o que pode ser útil no direcionamento de futuros trabalhos que poderão ser desenvolvidos.

A estatística dos resultados é apresentada na Tabela I.

TABELA I
Resumo dos resultados da aplicação do ASM

	Quantidade de imagens	Porcentagem do total
Segmentação correta	607	50,54%
Erro na segmentação da pálpebra superior	325	27,06%
Erro na segmentação da pupila	119	9,91%
Erro na segmentação da pálpebra superior e da pupila	35	2,91%
Erro na segmentação da borda externa da íris	75	6,24%
Erros graves	40	3,33%
TOTAL	1201	100%

Pode-se verificar que 50,54% das imagens tiveram uma segmentação que pode ser considerada sem defeito. A Figura 8 ilustra um desses resultados mostrando, do lado esquerdo, a

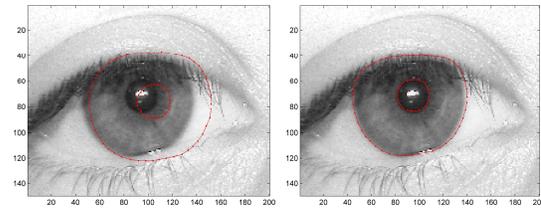


Fig. 8. Resultado de segmentação correta. Lado esquerdo: forma inicial; Lado direito: forma final obtida pelo ASM.

forma inicial (definida na etapa de treinamento) e, do lado direito, a forma final obtida pelo ASM no processo de busca.

Os erros foram classificados nas seguintes categorias:

1. Erro na segmentação da pálpebra superior
Resultados nos quais a segmentação não foi eficiente apenas nas áreas da região da íris sobrepostas pela pálpebra superior. Nesses resultados, a região da íris encontrada possui áreas de interferência da pálpebra superior.
2. Erro na segmentação da pupila
Resultados nos quais a segmentação não foi eficiente apenas nos limites da região da íris com a pupila.
3. Erro na segmentação da pálpebra superior e da pupila
Resultados nos quais a segmentação não foi eficiente tanto nas áreas da região da íris sobrepostas pela pálpebra superior quanto nos seus limites com a pupila.
4. Erro na segmentação da borda externa da íris
Resultados nos quais a segmentação não teve sucesso na detecção dos limites da borda externa da íris, porém, a região da íris encontrada não sofre interferências de áreas não pertencentes à íris.
5. Erros graves

Resultados que não pertencem a nenhuma das categorias anteriores ou que acumulam os erros representados em pelo menos duas dessas categorias.

Observando a Tabela I, verifica-se que o principal problema que ocorre é o erro na detecção dos limites da região da íris nas áreas sobrepostas pela pálpebra superior. Este resultado pode ser justificado, principalmente, pelo fato de que quando a pálpebra sobrepõe a íris, geralmente, ocorre a interferência dos cílios que muitas vezes deformam a borda de separação entre a pálpebra e a íris. Além disso, o efeito aleatório provocado pela presença dos cílios e também de uma sombra que às vezes a pálpebra produz na região da íris dificulta a representação de todas as possíveis variações da forma no conjunto de treinamento. A Figura 9 ilustra alguns exemplos de erro na segmentação da pálpebra superior.

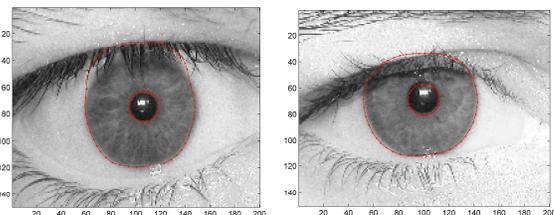


Fig. 9. Resultados de erro na segmentação da pálpebra superior.

A ocorrência de erros na segmentação da pupila se deve, principalmente, à interferência dos reflexos especulares que algumas vezes deformam a borda de separação entre a região

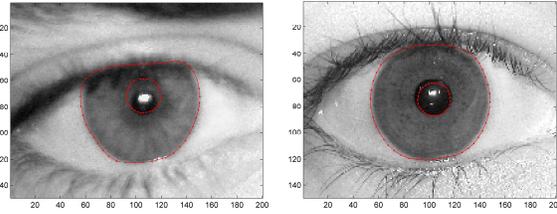


Fig. 10. Resultados de erro na segmentação da pupila.

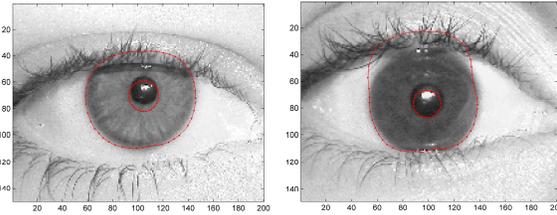


Fig. 11. Resultados de erro da pálpebra superior e da pupila

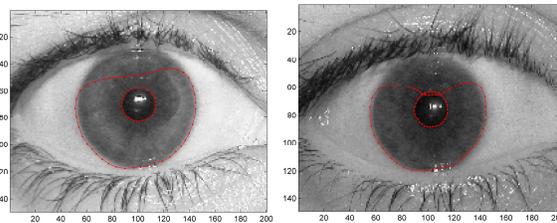


Fig. 12. Resultados de erro na segmentação da borda externa.

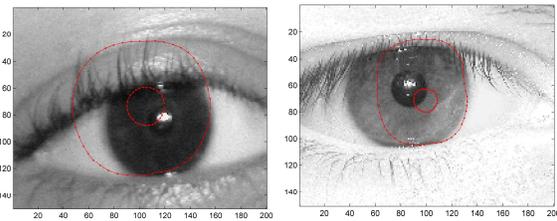


Fig. 13. Exemplos de resultados de erros graves.

da íris e a pupila e, outras vezes, confundem o algoritmo do ASM. Também ocorrem casos em que o erro é provocado pelo fato da íris ser muito escura e existir pouca diferença de contraste entre ela e a pupila. Alguns exemplos de erro na segmentação da pupila são ilustrados na Figura 10.

Em 2,91% dos resultados ocorre, ao mesmo tempo, o erro na segmentação da pálpebra superior e na segmentação da pupila. Exemplos desses resultados são ilustrados na Figura 11.

Os erros na segmentação da borda externa da íris ocorrem quando o contraste entre a região da íris e a esclera não é alto o suficiente para ser percebido e interpretado pelo algoritmo do ASM ou quando as características da imagem não são contempladas no conjunto de treinamento. A Figura 12 ilustra alguns exemplos de erro na segmentação da borda externa da íris.

Finalmente, alguns exemplos de resultados considerados erros graves são ilustrados da Figura 13.

A. Avaliação dos Resultados Obtidos

Conforme apresentado na Tabela I o ASM teve uma eficiência de 50,54% na segmentação da região da íris. Com esta taxa de acerto, o ASM ainda não pode ser considerado

uma técnica preferencial para ser utilizada para compor um sistema de reconhecimento de íris. Porém, como se tratou de uma primeira tentativa, este resultado pode ser considerado encorajador, indicando que as informações e as experiências adquiridas com este trabalho podem servir de inspiração para trabalhos futuros que visem aperfeiçoar a utilização da técnica no sentido de melhorar seus resultados.

Como a principal dificuldade encontrada pelo ASM foi a segmentação da região da íris nas áreas sobrepostas pela pálpebra superior, uma alternativa que poderia tornar sua utilização mais viável seria associar um algoritmo eficiente para fazer a detecção e a exclusão da pálpebra superior.

É importante lembrar que, neste trabalho, todo o contorno da região da íris foi representado por uma única curva. Existe a possibilidade de definir o modelo de uma curva (ou forma) para a borda externa da íris e outro para a borda da pupila e aplicar o ASM para encontrar esses modelos na imagem independentemente. Esta alternativa pode tornar o algoritmo mais robusto na segmentação dos limites da borda externa da íris com a pálpebra e também pode amenizar os efeitos do segundo tipo de erro mais incidente que foi o erro na segmentação da pupila.

VII. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo avaliar a utilização de Active Shape Models para segmentar a região da íris.

Foi apresentado um algoritmo de pré-processamento que foi aplicado às imagens de íris com o objetivo de torná-las mais adequadas à atuação do ASM. Foram apresentados os resultados experimentais da aplicação do algoritmo do ASM para segmentar a região da íris e, finalmente, foi realizada uma avaliação crítica desses resultados.

A taxa de acerto do ASM foi de 50,54%, o que sugere que, com os parâmetros que foram utilizados, o algoritmo do ASM ainda não está adequado para ser utilizado em situações práticas. Porém, a análise dos erros obtidos possibilitou sugerir alternativas para lidar com as dificuldades do processo, encorajando o desenvolvimento de diversos trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. Daugman, "New methods in iris recognition". *IEEE Transactions on system, man and cybernetics*, vol. 37, no. 5, 2007.
- [2] T. Cootes, C. J. Taylor, "Statistical models of appearance for computer vision", *University of Manchester*, 2001.
- [3] G. Hamarneh, "Active shape models, modeling shape variations and gray level information and an application to image search and classification", *Depart. of Signals and Syst., Sch. of Elect. & Comp. Eng., Sweden*, September 1998.
- [4] H. Proença, L. A. Alexandre, "Ubiris: a noisy iris image database", *ICIAP 2005, 13th International Conference on Image Analysis and Processing*, vol. 3617 of Lecture Notes in Computer Science., 2005.
- [5] N. Otsu, "A threshold selection method from gray-level histograms", *IEEE Trans. Systems, Man and Cybernetics*, vol. 9, no. 1, 1979.