

RASTREMANETO DAS CARACTERISTICAS DA PUPILA HUMANA EM TEMPO REAL

Alessandro G. C. Dias, Antônio C. P. Veiga, Cláriton Bernadelli.

Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica, Uberlândia – MG.

E-mail: alessandrogcd@gmail.com, acpveiga@gmail.com, claritonbernadelli@gmail.com

Resumo - O estudo dos movimentos da pupila tem interesse clínico relevante, pois são utilizados como métodos de avaliação tanto do sistema visual humano quanto do sistema nervoso. Este trabalho apresenta um sistema protótipo para o rastreamento das características dinâmicas da pupila por meio de processamento de vídeo em tempo real. O algoritmo de rastreamento implementado baseia-se no método de detecção de contorno, onde a pupila é aproximada por circunferências *frame a frame* por meio da transformada de Hough.

Palavras-Chave – Canny; Processamento de vídeo; Rastreamento; Transformada de Hough.

REAL TIME HUMAN PUPIL FEATURES TRACKING IN

Abstract - The study of pupil's movement has an important clinical interesting because it's used to evaluate the human visual system and nervous system. This work presents a prototype of dynamics pupil's features tracking using a real time video processing. The tracking's algorithm is based on detection contour method's, where the pupil is approached by circles *frame by frame* using the Hough transform.

Keywords – Canny; Hough transform; Tracking; Video processing.

I. INTRODUÇÃO

Conforme descrito em [1], vários fatores podem alterar ou iniciar o processo de movimentação da pupila. Além disso, encontram-se na literatura vários fatores que podem afetar a dinâmica dos movimentos pupilares, como por exemplo, o uso de drogas, doenças, fatores emocionais, respiração e batidas do coração, interesse e curiosidade, idade, cor da íris, nível de consciência, o local onde um raio de luz atinge o cristalino, (na borda ou no centro), comprimento de onda da luz incidente e assim por diante.

Nesse âmbito, o objetivo deste trabalho é mostrar que a Transformada Circular de Hough pode ser utilizada como método de rastreamento baseado em extração de contorno

para aplicações de processamento de vídeo que exigem processamento em tempo real.

Alguns sistemas de rastreamento utilizam sensores ou transmissores para marcar o objeto a ser rastreado e são chamados de *Active Object Tracking* [2]. No entanto, estes são considerados intrusivos e adequados para ambientes controlados o que faz do rastreamento passivo mais desejável, apesar deste ser bem mais difícil de promover.

No rastreamento passivo, objeto deste trabalho, alguns critérios de representação podem ser utilizados para a detecção - forma, posição, cor, textura e assim por diante.

O desafio torna-se ainda maior nos casos em que o objeto a ser rastreado possui estrutura deformável e padrões de cor variáveis, como no caso da pupila que reage muito rapidamente a variações na iluminação (na ordem de milissegundos para a contração) [3]. Além disso, o movimento da íris pode ser afetado por fatores inesperados que usualmente impossibilitam qualquer tipo de predição a partir de imagens.

O diagrama típico de um sistema de rastreamento em vídeo pode ser visto na Figura 1. Geralmente o vídeo é composto por uma sequência de 20 a 30 imagens por segundo (frames por segundo - FPS) [3] e a precisão do rastreamento está diretamente ligada à qualidade da imagem, a velocidade de processamento do hardware envolvido e às ferramentas de processamento de imagens, como por exemplo, filtros, detectores de borda, compressão e demais transformações utilizadas.

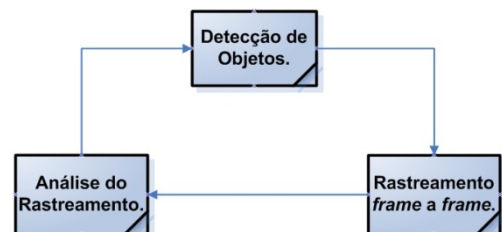


Figura 1: Etapas típicas de um sistema de rastreamento.

II. PRÉ-PROCESSAMENTO

De acordo com a Figura 1 para que o sistema de rastreamento seja em tempo real a detecção do objeto de interesse deve ser feita dentro do intervalo de tempo entre dois quadros consecutivos. Com o objetivo de diminuir esse intervalo de tempo a seguinte sequência de processamento é aplicada em cada frame capturado: conversão em escala de cinza, equalização de histograma, binarização e finalmente detecção de bordas pelo método de Canny, conforme detalhado nos itens seguintes.



X CEEL - ISSN 2178-8308
24 a 28 de setembro de 2012
Universidade Federal de Uberlândia - UFU
Uberlândia - Minas Gerais - Brasil

A. Conversão para escala de cinza

A imagem de entrada pode possuir até três dimensões, onde a terceira dimensão está relacionada com as cores desta imagem. Dessa forma, para diminuir o tempo de processamento transforma-se a imagem inicial em uma nova imagem em escala de cinza que possui duas dimensões, conforme mostra a Figura 2.

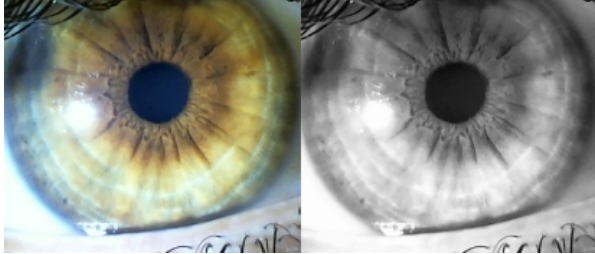


Figura 2: Imagem original e em escala de cinza.

B. Equalização do histograma

Em alguns casos a transformação para escala de cinza de uma imagem pode provocar perdas significativas de detalhes em seus objetos. A equalização do histograma produz uma imagem mais uniforme onde os níveis de cinza aparecem com a mesma frequência o que realça o contraste entre as bordas dos objetos [4] e [5], conforme mostra a Figura 3.

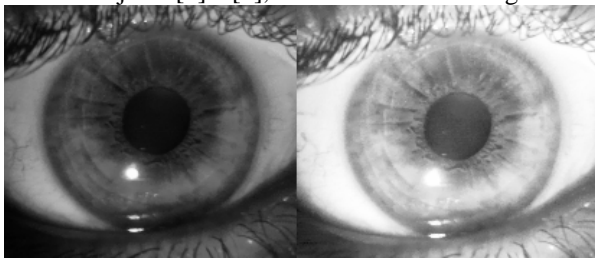


Figura 3: Imagem em escala de cinza e com equalização de histograma.

C. Binarização

Para melhorar a detecção e reduzir o número de bordas é realizado o processo de binarização que converte a imagem equalizada em uma imagem com dois grupos de pixels, os de frente (valor 1) e os de fundo (valor 0). A classificação dos pixels de frente e de fundo acontece com a especificação de um limiar que nesse caso, define a região que contém o objeto como sendo composta de pixels de frente. A imagem equalizada possui pixels com intensidades distribuídas entre 0 e 255, assim valores acima do limiar são convertidos para 1 e abaixo para 0, conforme a Figura 4.



Figura 4: Imagem com equalização de histograma e binarizada com um limiar de 15.

D. Método de Canny

O método de Canny utiliza o conceito de primeira e segunda derivada de uma maneira muito eficiente. É uma

aplicação clássica do método do gradiente para a detecção de bordas na presença de ruído gaussiano [4]. O objetivo principal da aplicação do método de Canny em cada quadro do vídeo do protótipo proposto é transformar o que não é borda em fundo (valor 0), tornando mais eficiente a procura de círculos pela transformada circular de Hough (TCH), conforme a Figura 5.



Figura 5: Imagem binarizada e bordas detectadas pelo método Canny.

III. DETECÇÃO DO OBJETO E SUAS CARACTERÍSTICAS

Finalmente, neste ponto a TCH é implementada de forma a retornar em tempo real a posição e o raio do objeto de interesse. Esta é também uma parte muito importante e a que exige mais tempo de processamento de todo o sistema, e que torna o pré-processamento uma parte fundamental no sistema para melhorar a agilidade do mesmo.

A TCH utiliza a imagem de saída do pré-processamento e busca círculos de um raio específico. Após o método Canny a imagem é do tipo binarizada, e a TCH utiliza isso para poder efetuar essa busca, descartando qualquer valor preto, utilizando para o cálculo apenas os valores de frente, portanto é muito importante que este pré-processamento tenha conseguido captar a borda do objeto de interesse com uma precisão suficiente para não encontrar tantas bordas extras, pois caso isso ocorra a TCH irá perder tempo buscando em valores de frente que não fazem parte do nosso objeto de interesse.

O primeiro passo é criar uma matriz de votos, com todos os valores iguais a zero, do tamanho da imagem, que será usada para encontrar os círculos após a passagem do algoritmo.

Para cada pixel na imagem que não seja preto o algoritmo cria um círculo, do raio que se deseja encontrar com o centro neste pixel, adicionando um voto no local desse círculo na matriz de votos.

Após percorrer todos os pixels não pretos da imagem procura-se na matriz os pontos mais intensos que neste caso são os pontos de centro dos círculos encontrados.

Como não se sabe exatamente qual o raio do círculo que se deseja encontrar o software faz isso para um intervalo de raios, e seleciona o mais intenso como sendo o objeto de busca.

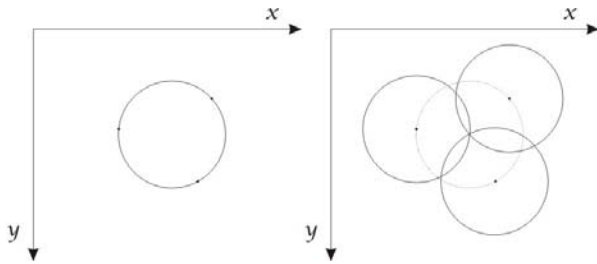


Figura 6: Imagem de busca e matriz de votos.

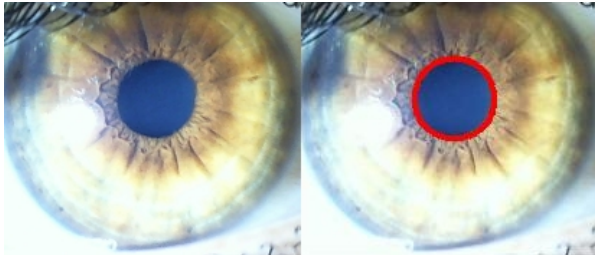


Figura 7: Imagem original e objeto detectado pela TCH.

IV. DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O Software foi desenvolvido em C#, utilizando o conjunto de bibliotecas AForge.NET que possui suporte para processamento de imagens e vídeos.

Foram capturadas imagens em RGB de resolução 640 por 480 pixels através de uma webcam que gera até 30 FPS. Essa é a máxima resolução espacial encontrada para que o sistema trabalhe em tempo real.

Além disso, para aumentar a velocidade de processamento utilizou-se informações do frame anterior, limitando-se dessa forma o espaço de busca do sistema de acordo com as características do objeto encontrado anteriormente (raio e posição do centro).

Após ser adquirida e recortada, a imagem passa por todas as etapas do pré-processamento descrito no Item II deste trabalho. A partir deste ponto inicia-se a busca pelo objeto por meio da TCH. A priori o raio do objeto a ser detectado é desconhecido logo a busca pela circunferência é repetida para um intervalo de raios mais prováveis. Esse intervalo é maior para o primeiro quadro e é reduzido para os quadros seguintes devido à proximidade do provável raio do quadro atual em relação ao anterior, contribuindo novamente para a resposta em tempo real.

V. RESULTADOS OBTIDOS

Para realizar um teste preliminar desenhou-se um círculo em uma folha branca de acordo com a Figura 8.

Posicionou-se então esta folha em frente a webcam e o sistema foi iniciado. O primeiro objeto foi encontrado após 1.454 milissegundos devido ao maior intervalo de busca referente ao primeiro raio (entre 5 e 100 pixels), já na segunda imagem a busca demorou 31 milissegundos, quando foi utilizada a informação do objeto da primeira imagem e alterado o intervalo de busca para $(r + 3 \text{ pixels})$ e $(r - 3 \text{ pixels})$, onde r corresponde ao raio encontrando na primeira imagem. Além disso, obteve-se também a redução do espaço de busca, conforme mostram as Figuras 8 e 9.

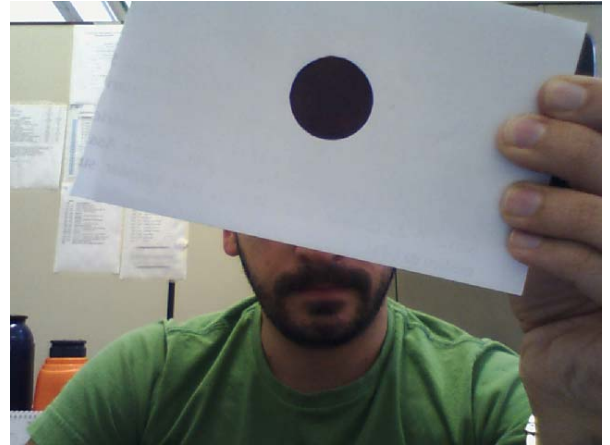


Figura 8: Exemplo de imagem utilizada para busca do círculo.



Figura 9: Imagem cortada (esquerda) e pré-processada (direita).

Neste teste foram adquiridas 184 imagens e desconsiderando o tempo de processamento da primeira imagem, os tempos ficaram em um intervalo de 11 a 113 milissegundos, conforme mostra a Figura 10.

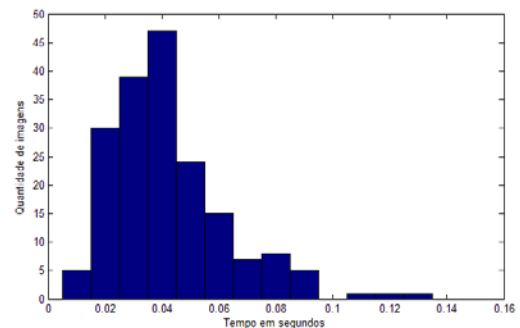


Figura 10: Distribuição de frequência do tempo gasto no processamento de cada imagem.

O tempo médio de processamento de cada imagem foi de 42,1 milissegundos, abaixo de 50 milissegundos, que é o tempo máximo para se conseguir um processamento de vídeo em tempo real, ou seja, com no mínimo 20 FPS [2].

Durante o teste, para simular o movimento da pupila, quando a pessoa olha para o lado ou quando sua pupila dilata ou contrai pelo reflexo luminoso, o objeto de teste mostrado na Figura 8 foi deslocado para os lados e para frente.

VI. CONCLUSÕES

Tendo em vista os resultados obtidos é possível perceber que o sistema proposto é capaz de rastrear as características dinâmicas da pupila em tempo real, isso se deve

principalmente pela utilização da TCH que se mostrou eficiente no processo de rastreamento baseado em forma.

Destaca-se ainda que o pré-processamento tem um papel relevante, pois o resultado dele é utilizado na TCH, já que dele se obteve as bordas do objeto destacadas.

Portanto como o sistema se mostrou eficiente e em tempo real é possível utilizá-lo para extrair as características dinâmicas da pupila pela alteração da luminosidade, possibilitando identificações de doenças e distúrbios neurológicos, ou também pelo rastreamento é possível controlar dispositivos pela alteração da posição da pupila.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] G. L. Ferrari. *Pupilometria dinâmica: Aplicação na detecção e avaliação da neuropatia autonômica diabética e estudo da correlação entre a resposta*

temporal da pupila ao estímulo visual e a glicemia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2010.

- [2] C. R. Bernadelli and A. C. P. Veiga. *Iris motion tracking using feature extraction by shape matching.* XIII Symposium on Virtual and Augmented Reality - SVR-2011, CD-ROM, May/2011.
- [3] A. C. Bovik. *The Essential Guide to Video Processing.* Academic Press, 2009.
- [4] R. C. Gonzalez and R. E. Woods. *Processamento Digital de Imagens.* Pearson Prentice Hall, 2010.
- [5] M. S. Nixon and A. S. Aguado. *Feature Extraction and Image Processing.* Academic Press, 2008.