

IDENTIFICAÇÃO DE MARCADORES DE PAVIMENTAÇÃO NA ORIENTAÇÃO DE CEGOS

André Zuconelli¹, Manassés Ribeiro²

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Catarinense - Campus Videira
Rodovia SC, Km 5 – Bairro Campo Experimental –

Videira/SC- CEP : 89560-000 Fone/Fax:(49)3566 3435

¹andrezuconelli@gmail.com, ²manasses@ifc-videira.edu.br

RESUMO

Os sistemas de Visão Computacional vêm auxiliando o ser humano nas suas mais variadas tarefas. Sua aplicabilidade se estende por diversas áreas como medicina, engenharia, agricultura, meio ambiente entre outras. Uma área de grande interesse atualmente está relacionado às tecnologias assistivas, onde sistemas desta natureza têm a finalidade de auxiliar pessoas com deficiência a alcançar maior independência e melhorar sua qualidade de vida cotidiana. Uma das grandes dificuldades encontradas por pessoas com deficiência visual diz respeito a locomoção em vias de acesso. O método desenvolvido propõe resolver o problema de forma modular em quatro etapas, que são: determinar uma região de interesse, realizar o melhoramento da imagem, aplicar métodos de detecção de bordas, limiarização e identificação dos marcadores. Para validar o modelo proposto foi desenvolvido um protótipo funcional em linguagem C utilizando a biblioteca OpenCv para o qual foi realizado um conjunto de testes onde foi possível identificar ao menos um segmento de reta que pudesse ser utilizado como marcador (ponto de referência). Por fim, destaca-se que o artigo intitulado **Identificação de Marcadores na Orientação de Cegos em Navegação por Ambientes**, produto desta pesquisa, teve sua publicação aceita no XIII Workshop de Informática Médica (WIM 2013), principal evento da área no Brasil, e constará nos ANAIS do XXXIII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (CSBC 2013).

Palavras-chave: Tecnologias Assistivas, Reconhecimento de Padrões, Processamento de Imagens.

1 INTRODUÇÃO

As tecnologias assistivas têm a finalidade de auxiliar pessoas com deficiência a alcançar maior independência e melhorar sua qualidade de vida cotidiana. Das diversas possibilidades de ajuda que a visão computacional pode apresentar para as tecnologias assistivas destacam-se aquelas em que possam ajudar pessoas cegas e com alto grau de deficiência visual em suas mobilidades [Costa et al. 2011]. De acordo com a Organização Mundial da Saúde existem no mundo cerca de 285 milhões de pessoas com algum grau de deficiência visual. No Brasil cerca de 1,2 milhões de pessoas são deficientes visuais sendo que destas aproximadamente 160 mil são consideradas totalmente cegas possuindo considerável desvantagem em contornar obstáculos e relativamente poucas informações de pontos de referência que possam utilizar para orientação em seus deslocamentos [Gonçalves et al. 2004].

A navegação está relacionada ao deslocamento dentro de um ambiente e implica em conhecer, dentre outros, a direção por onde navegar. O reconhecimento de obstáculos e também de pontos de referência auxiliam neste processo. Para este trabalho os pontos de referência são denominados como marcadores [Dakopoulos and Bourbakis Jan, Hager et al. 1997].

O objetivo deste trabalho, limita-se em propor um método de segmentação e identificação de marcadores em imagens, que possam ser utilizados como pontos de referência na navegação, obtidas por meio de câmera doméstica disposta junto ao usuário. Este trabalho está estruturado em seções e apresenta, na seção 2, a abordagem proposta. Os resultados obtidos com os experimentos são apresentados e discutidos na seção 3. Finalmente, na seção 4 é apresentada a conclusão e os trabalhos futuros são discutidos.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O desenvolvimento da proposta está organizado em etapas sendo que na primeira será definida uma região de interesse (ROI). Em seguida serão aplicados métodos de melhoramento da qualidade da imagem. Na terceira etapa serão aplicados métodos de detecção de bordas e limiarização com vistas a realçar as estruturas da imagem. Na última etapa será realizada a identificação das estruturas que possam servir como marcadores. Tais etapas podem ser verificadas no fluxo apresentado pela figura 1.

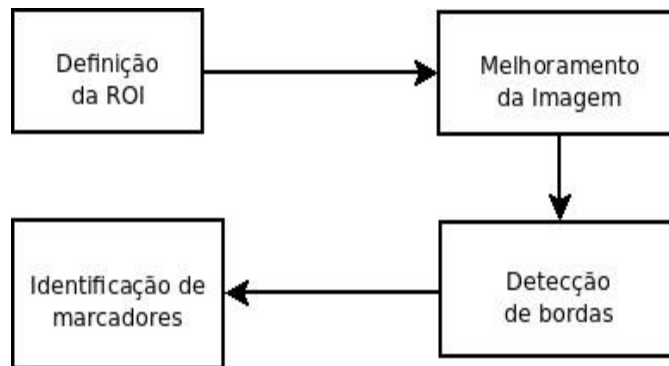


Figura 1. Fluxo de etapas desenvolvidas.

2.1 DEFINIÇÃO DA REGIÃO DE INTERESE(ROI)

Os processos computacionais envolvendo imagens trabalham com uma quantidade muito grande de dados, sendo que muitas vezes não se faz necessário a utilização de todos eles. Visando a diminuição da complexidade do problema, adota-se a estratégia de definir uma região de interesse (ROI) . O objetivo desta técnica é extrair e utilizar uma menor quantidade de dados para uma posterior análise, resultando em uma melhor eficiência do algoritmo. Neste trabalho, o algoritmo que determina a ROI baseia-se na identificação de bordas dos objetos que compõem a imagem. Esta técnica terá uma maior abordagem mais adiante neste trabalho.

2.2 REALCE DA IMAGEM

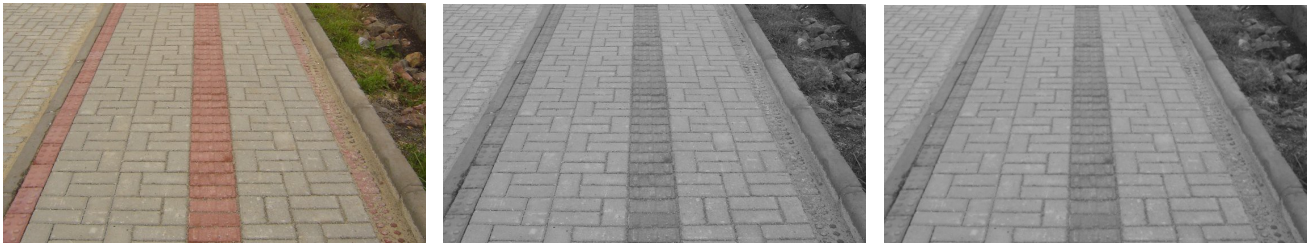
O objetivo do realce de imagem é processar tal imagem de modo que o resultado seja a mesma imagem com características mais adequadas para determinada aplicação (FILHO et al, 1999). Após a definição da região de interesse a imagem, até então colorida, é transformada em tons de cinza de 8 bits com valores entre 0 e 255 utilizando a equação logo abaixo. As letras R, G e B representam as intensidade da cor vermelha, verde e azul, respectivamente, presentes nos pixels da imagem. Com base nos valores dessas intensidades é possível obter um tom de cinza.

$$I = 0.299 * R + 0.587 * G + 0,114 * B$$

Com a imagem convertida para os tons de cinza, aplica-se uma técnica de suavização com o objetivo de reduzir os ruídos existentes na imagem. Especificamente, o filtro gaussiano 2D é aplicado com σ igual a 1 por meio da equação:

$$G(x, y) = e^{\frac{-[(x^2+y^2)/2\sigma^2]}{2\pi\sigma^2}}$$

A seguir, a figura 2(a) representa a imagem colorida enquanto a figura 2(b) a mesma imagem, porém convertida para os tons de cinza. Na figura 2(c) a aplicação do filtro gaussiano 2D sob a imagem em tons de cinza.



(a)

(b)

(c)

Figura 2. Imagem colorida (a). Imagem em tons de cinza (b). Imagem com contraste melhorado(c)

2.3 SEGMENTAÇÃO DE IMAGENS

Segmentação de imagens é uma técnica que divide as imagens em fundo e objetos de interesse. O processo de segmentação de imagens encerra-se somente quando o objeto de interesse é isolado. O principal objetivo da segmentação é produzir uma imagem mais simplificada e mais significativa para a análise. A segmentação é um pré-processamento onde a imagem é particionada em diversas regiões únicas e cada uma destas regiões é um conjunto de pixels.

Um número significativo de técnicas de segmentação de imagens estão disponíveis, no entanto

isoladamente não satisfazem na totalidade as características necessárias, sendo que é necessário, muitas vezes, combinar mais de uma técnica para resolver um problema específico. Entre as principais técnicas, destacam-se as baseadas em Limiar (*Threshold*), análise de histograma e detecção de bordas.

As técnicas de detecção de bordas são comuns para encontrar descontinuidade nos níveis de cinza. Uma borda é um conjunto de níveis de intensidade que conectam dois pixels adjacentes e podem ser identificados estimando o gradiente de intensidade. As bordas em uma imagem são divididas em duas categorias: bordas de intensidade, que surgem de mudanças abruptas no padrão de intensidade da imagem, e bordas de textura, que são os limites de uma região de textura invariantes as alterações de luminosidade. (Tan, Gelfand e Delp 1989). Um exemplo disto é o método de Canny (Canny 1986) que encontra as bordas procurando pela máxima local de um gradiente utilizando filtro gaussiano. A Figura 3 apresenta um exemplo de uma imagem com as bordas detectadas pelo operador de Canny. A imagem de entrada para este processo é a mesma da Figura 2(c).



Figura 3. Imagem resultante após aplicação do operador Canny

Como pode ser visto na Figura 3, a aplicação do operador Canny apresenta os contornos da maioria dos objetos presentes na imagem. A quantidade de objetos possíveis de serem detectados varia de acordo com a qualidade da imagem e aspectos de luminosidade. Regiões mais escuras da imagem dificultam este processo, pelo fato de que as bordas dos objetos não estão bem definidas. No entanto, há a necessidade de filtrar alguns objetos da imagem para que suas bordas não sejam identificadas. Define-se uma nova região de interesse, que neste caso passa a ser as bordas que identificam o pavimento, e os objetos fora de contexto devem ser desconsiderados. Para isso, o algoritmo de Canny deve ser ajustado para que pequenas interseções de linhas não sejam levadas em consideração. O

resultado após esse reajuste pode ser visualizado na Figura 4. Percebe-se que os contornos dos blocos que fazem parte do pavimento foram desconsiderados, e agora somente as bordas do pavimento são mostradas.

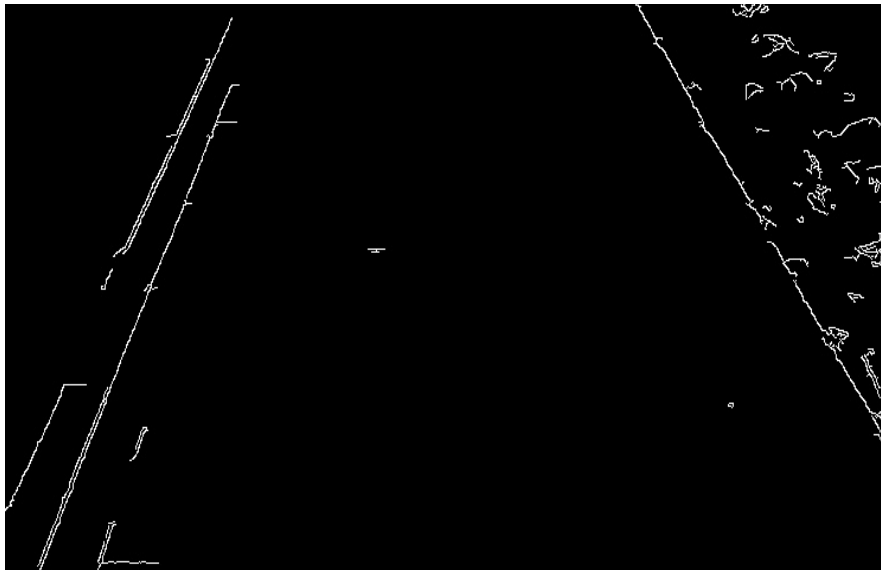


Figura 4. Aplicação do operador Canny após reajustes.

2.4 IDENTIFICAÇÃO DE MARCADORES

Com o ajuste de parâmetros do algoritmo Canny adequado, a imagem resultante irá apresentar as características necessárias para a identificação dos pontos de referência longitudinal. O pavimento apresenta os maiores segmentos de linhas, por isso é possível definir seus marcadores. Para este procedimento é utilizado o método de Hough [Gonzalez and Woods 2010] de detecção de linhas. Este método utiliza coordenada polar que consiste em um ângulo θ e raio dado por:

$$r = x \cos \theta + y \sin \theta$$

Desta maneira, cada par (r_0, θ) representa a linha que passa pelo ponto (x_0, y_0) . Portanto, realizando esta operação para pontos diferentes da imagem todos aqueles que se cruzam no plano $\theta - r$ pertencem a mesma linha. A figura 5 apresenta o resultado após a aplicação do método de Hough, onde os segmentos de linhas detectados podem ser vistos na cor vermelha. Assim como no método de Canny, o método de Hough foi ajustado para que uma linha possua no mínimo 60 segmentos para ser detectada.

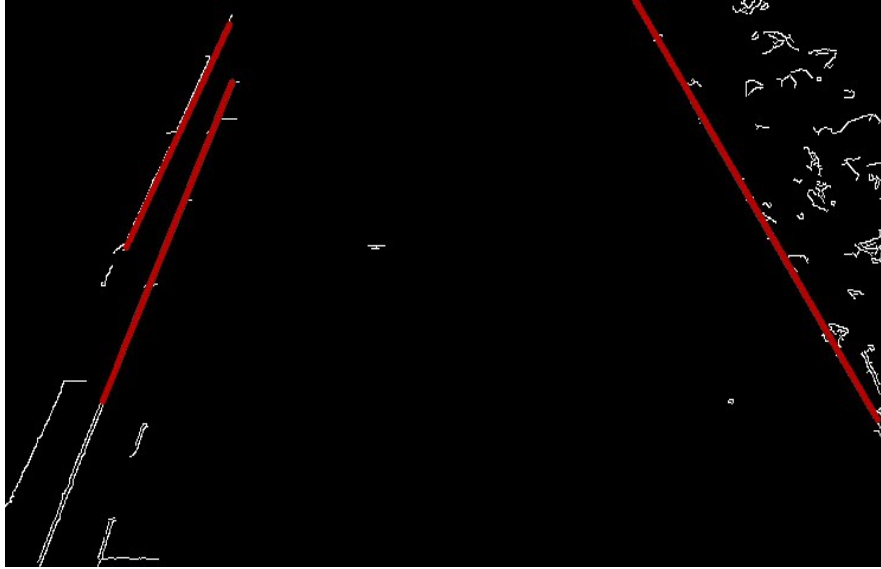


Figura 5. Marcadores detectados com o método de Hough

Analisando a Figura 5, as linhas detectadas são aquelas que pertencem aos marcadores do pavimento em questão. Isso porque os segmentos de linhas dos pavimentos são os mais contínuos na imagem e satisfazem a restrição de segmentos mínimos que devem haver para que a marcação possa ser feita.

O método de Hough interpreta esta matriz como se ela estivesse disposta em um plano cartesiano, onde cada pixel é identificado por sua posição na coordenada xy . Este método armazena em um vetor de sequências, as coordenadas de cada um dos segmentos encontrados. Com base nos valores armazenados é determinado um ponto intermediário no qual é traçado um novo marcador, Figura 6, indicando o caminho ideal de deslocamento levando em consideração os limites do pavimento.

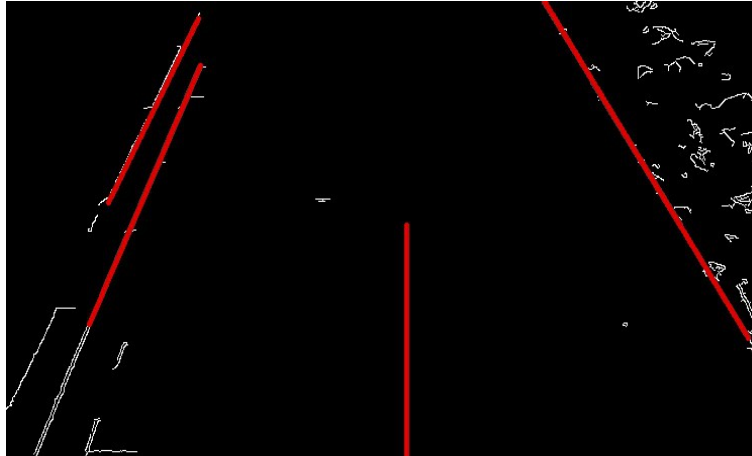


Figura 6. Resultado após o ponto médio gerado.

Para que o novo marcador possa ser traçado corretamente, os segmentos encontrados necessitam ser das linhas que identificam o pavimento. Caso algumas outras linhas sejam detectadas, suas coordenadas farão parte do cálculo e o ponto médio gerado pode não estar correto. Por isso um resultado significativo desta etapa depende dos resultados obtidos após a aplicação dos métodos de Canny e Hough.

O ponto médio é calculado com base no vetor de sequências gerado após a aplicação do método de Hough. Conforme mencionado anteriormente, cada um dos segmentos identificados como marcadores possui suas coordenadas armazenadas neste vetor. Um segmento detectado é representado por dois pontos, A e B , cada um tendo duas coordenadas x e y . Na figura 7, observa-se com maior clareza esta disposição.



Figura 7. Representação de um segmento com seus pontos e coordenadas.

Para os cálculos, considera-se apenas as coordenadas x de cada segmento, já que são as únicas que variam. O que se quer dizer é que pode haver segmentos com coordenadas y idênticas, o que não ocorre com as coordenadas x . Em seguida, calcula-se uma nova coordenada, intermediária às

coordenadas x que restaram. A figura 8 representa este processo.

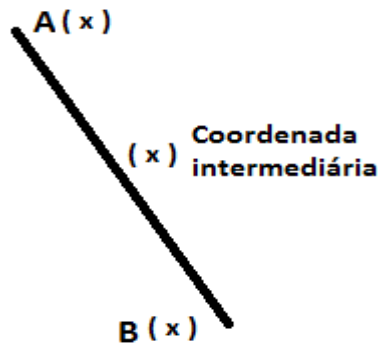


Figura 8. Definição da coordena x intermediária de um segmento.

A partir da coordenada x intermediária que foi encontrada, calcula-se a média entre todas elas dividindo o resultado pelo número total de segmentos detectados após a transformada de Hough. A fórmula a seguir representa este cálculo, onde n representa o número de segmentos detectados e x a coordena intermediária de cada segmento. O valor resultante é o ponto intermediário.

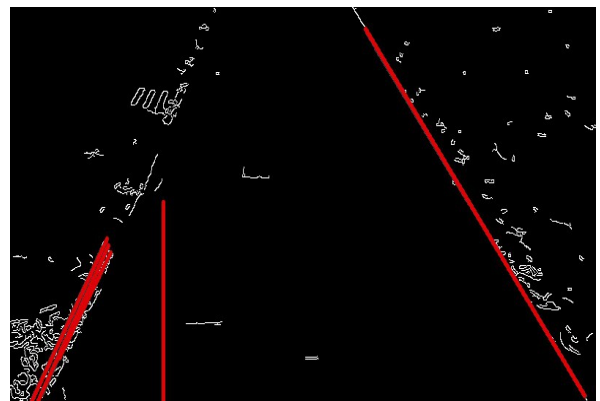
$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Todos os dados experimentais deste trabalho foram capturados por uma câmera de uso comum em resolução de 1024 x 768. Todas as imagens resultantes referem-se apenas a região ROI. Os marcadores em vermelho indicam os segmentos retos que foram identificados pelo método destacando as direções das linhas dentro da ROI e sendo que a qualidade pode variar dependendo da qualidade da imagem capturada. Nas figuras 9 e 10 são apresentados alguns dos testes.



(a)



(b)

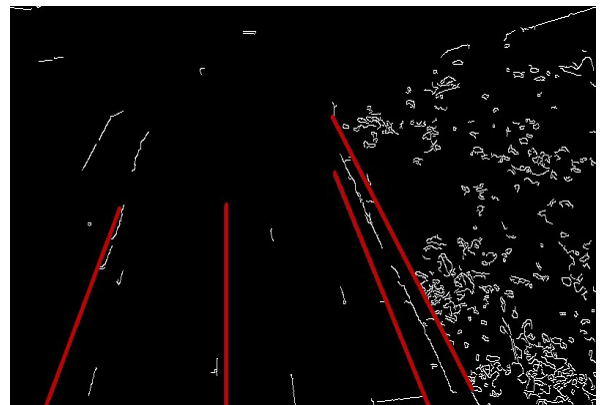
Figura 9. Teste realizado onde os resultados não puderam ser validados

A figura 9(a) representa a imagem de um pavimento onde é possível identificar visualmente

seus limites, enquanto na figura 9(b) o resultado após a aplicação dos métodos de Canny e Hough e ainda, a tentativa de definir o caminho ideal do pavimento após os cálculos de acordo com as coordenadas de cada segmento detectado. Neste caso o resultado não pode ser validado pelo fato de que o ponto intermediário não foi calculado corretamente fazendo com que o novo marcador não fosse traçado ao centro do pavimento. Analisando a figura 9(b) percebe-se que os segmentos do lado direito do pavimento foram encontrados com sucesso, porém o mesmo não aconteceu no lado esquerdo, onde apenas os segmentos iniciais foram detectados. Por conta disso, houve diferença entre os valores das coordenadas, fazendo com que o ponto médio fosse erroneamente calculado.



(a)



(b)

Figura 10. Teste realizado em que os resultados puderam ser validados

As figuras 10(a) e 10(b) representam a imagem inicial e final, respectivamente, após a aplicação de todos os operadores. A quantidade de segmentos identificados após a aplicação do método de Hough foi satisfatória, e com isso foi possível determinar o caminho ideal com sucesso. Neste exemplo, como no teste anterior, também percebe-se um desequilíbrio relacionado ao número desigual de segmentos do lado direito se comparado com o esquerdo, no entanto o fato dos segmentos posicionados a direita possuírem quase que o mesmo tamanho e estarem dispostos lado a lado provocou uma variação menor no valor das coordenadas, não implicando no resultado final.

É possível verificar com os experimentos que em todos os casos apresentados o método conseguiu determinar ao menos um segmento reto que pode ser utilizado como marcador. Verifica-se também que ambas as imagens 9(b) e 10(b) apresentaram ruídos significativos. No primeiro caso, os ruídos comprometeram o resultado final, pois o caminho ideal não foi determinado corretamente. No entanto, no segundo caso os ruídos não comprometeram o processo e o caminho ideal foi identificado com êxito. A configuração do método de Hough para detectar linhas com uma quantidade mínima de

60 segmentos conseguiu eliminar satisfatoriamente a identificação de marcadores que não fazem parte do pavimento. Para que melhores resultados sejam alcançados, propõe-se novas combinações de parâmetros para os métodos Canny e Hough, assim como a aplicação de novos filtros que diminuam o aparecimento de ruídos.

CONCLUSÃO

Este trabalho propõe uma abordagem para detecção de marcadores que possam ser utilizados como pontos de referência em navegação utilizando visão computacional. O método proposto utiliza procedimentos preliminares de melhoramento do contraste da imagem e suavização aplicando o filtro gaussiano. Na imagem melhorada é realizado um processo de realce das estruturas utilizando para isto o operador de Canny. Após este procedimento é aplicado a transformada de Hough para identificar os marcadores que irão servir como pontos de referência para o sistema de navegação.

Para avaliar o modelo proposto é implementado na linguagem de programação C, utilizando a biblioteca de processamento de imagens OpenCV, um protótipo que apresenta todos os métodos parametrizados conforme descrito, bem como a proposta para encontrar o marcador intermediário que irá servir como referência para a navegação. Por fim, os resultados foram analisados e discutidos.

Como trabalhos futuros propõe-se definir a maneira mais adequada para separar os segmentos de retas obtidos pela transformada de Hough identificando aqueles que possam ser úteis como marcadores.

REFERÊNCIAS

- Canny, J. (1986). A computational approach to edge detection. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, 8(6):679–698.
- Costa, P., Fernandes, H., Vasconcelos, V., Coelho, P., Barroso, J., and Hadjileontiadis, L. (2011). Fiducials Marks Detection to Assist Visually Impaired People Navigation. *International Journal of Digital Content Technology and its Applications*, 5(5):342– 350.
- Dakopoulos, D. and Bourbakis, N. (Jan.). Wearable obstacle avoidance electronic travel aids for blind: A survey. *Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews*, *IEEE Transactions on*, 40(1):25–35.
- Filho, O. M., and Neto H. V.(1999). *Processamento Digital de Imagens*. Rio de Janeiro: Brasport.
- Gonzalez, R. C. and Woods, R. E. (2010). *Processamento digital de imagens 3ª edição*. Pearson Education, 3ª edição edition.
- Gonçalves, E. R., Avila, M., and Lousada, N. (2004). *Projeto pequenos olhares*. Conselho Brasileiro de Oftalmologia.