ESTIMATIVA DA VELOCIDADE DE VEÍCULOS APLICANDO O DETECTOR DE HARRIS

Marcos Aurélio Basso
Jorge Antonio Silva Centeno

Universidade Federal do Paraná - UFPR
Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas
Departamento de Geomática
CEP 81531-990 Curitiba/PR, Brasil
{centeno; ; marcosbasso }@ufpr.br

Abstract. The number of automobiles has increased in recent years in Brazil, because of the growing economy, making it easier for the population to buy more than one vehicle. The increase of the fleet caused some problems such as air pollution and saturation of urban roads. Urban planning did not preview, therefore alternatives to control the number of vehicles are being proposed. This paper describes an application of computer vision to determine the speed of vehicles based on a series of images taken by a low cost camera. The method is based on the identification of homologous points in a series of images, which allows to estimate the movement and the speed of the objects.

Palavras-chave: image processing, photogrammetry, image matching

1. Introdução

O crescimento econômico que o país vem passando faz com que aumente a renda da população, desta forma fazendo que um maior número de pessoas tenha acesso a este bem, aumentando a frota de veículos e saturando as vias urbanas das cidades. O aumento na frota traz novos desafios para o gerenciamento de áreas urbanas, entre as quais se encontram o controle dos veículos circulando e a sua velocidade. faz com que o planejamento urbano das cidades seja um grande desafio para engenheiros e arquitetos.

A determinação da velocidade de objetos a partir de imagens é possível, para o que pode ser utilizado um dispositivo de vídeo. Sabendo-se a distância do sensor até o objeto (veículo) e conhecendo os parâmetros intrínsecos do sensor pode ser estabelecida a relação métrica entre a imagem e o objeto. A proposta deste trabalho é o desenvolvimento de um sistema de baixo custo que determine a velocidade de um veículo analisando para isso as mudanças em uma série de imagens captadas por um sensor de baixo custo.

2. Metodologia de Trabalho

O sistema desenvolvido é composto por uma webcam Creative de baixo custo, um computador portátil com o software para detecção dos veículos. Para o desenvolvimento deste aplicativo foi utilizado a biblioteca OpenCV e ambiente de programação Delphi. A câmara deve ser instalada próxima à via, para que os veículos passando pela mesma possam ser visualizados e detectar seu deslocamento.

2.1 Determinação da Distância e Tempo

A velocidade é a razão da distância percorrida em função do tempo. A unidade de tempo, neste caso, é definida pelo numero de "*frames*" por segundos. Dado um ponto que aparece em posições diferentes em duas imagens consecutivas, a questão é estimar a distância real deste deslocamento em função da distância em pixels.

Após a calibração da imagem, são conhecidos os parâmetros intrínsecos da câmara, entre eles a sua distância focal *f*. Com esta constante, a relação entre os deslocamentos *E* no espaço objeto e o plano da imagem, na direção perpendicular ao eixo óptico, é dada pela equação 1.

$$E = f/z \quad (1)$$

Sendo:
f: distância focal em milímetros;
z:distância do centro perspectivo da webcam até o alvo;

2.2 Detecção de Cantos

O seguinte passo é identificar pontos na imagem e encontrar os mesmos pontos na imagem seguinte, para determinar seu deslocamento. Isto pode ser realizado aplicando métodos de detecção de bordas ou cantos. O princípio da detecção de cantos reside no fato destes pontos possuírem alto contraste em relação a seus vizinhos. Uma das vantagens do uso de detectores de cantos é o fato deles não serem afetados por rotações da imagem e os cantos podem ser detectados sob diferentes condições de iluminação.

Para WANG e DONY (2004) um detector de canto ideal deve atender os seguintes critérios:

a) Detecte todos os cantos que realmente existam na imagem;
b) Não detecte falsos cantos;
c) A localização do canto deve ser a mais fiel possível;
d) O detector de cantos deve ser capaz de manter sua eficiência sob diferentes circunstâncias de aplicação;
e) O detector deve ser robusto com respeito a ruídos;
f) O detector deve ser computacionalmente eficiente.

Um detector de canto bastante empregado é o Detector de Harrys, desenvolvido por Chris Harris e Mike Stephens (HARRIS e STEPHENS, 1988), concebido para auxiliar a interpretação tridimensional de sequencias de imagens. Ele é baseado na autocorrelação entre os valores digitais da imagem e utiliza derivadas de primeira ordem da função Gaussiana para determinar a magnitude e direção das variações de brilho. Através do cálculo e interpretação geométrica dos autovalores desta função determina a posição do canto na imagem. O grande incremento dado por Harris e Stephens, refere-se ao fato de utilizarem uma máscara de operador Gaussiano tornando o detector menos sensível a ruídos.

A seguir é apresentada a formulação básica do algoritmo de detecção de cantos de Harris.

$$E_{u,v}(x,y) = \sum w_i \left(u\frac{\partial I_i}{\partial x} + v\frac{\partial I_i}{\partial y}\right)^2 = w_i\left(u^2\frac{\partial I_i{}^2}{\partial x} + 2uv\frac{\partial I_i}{\partial x}\frac{\partial I_i}{\partial y} + v^2\frac{\partial I_i{}^2}{\partial y}\right) \quad (2)$$

Sendo:

$E_{u,v}(x,y)$: Função de Autocorrelação;

w_i: peso da máscara do operador Gaussiano;

I_i: Imagem original;

(x,y): coordenada do pixel de referencia;

A equação supracitada pode ser parametrizada da seguinte forma:

$$E_{u,v}(x,y) = Au^2 + 2Cuv + Bv^2 = [u \quad v]M_w[u \quad v]^T \tag{3}$$

Onde:

$$A = \left(\frac{\partial I_i}{\partial x}\right)^2 * w; \qquad B = \left(\frac{\partial I_i}{\partial y}\right)^2 * w \ ; \ C = \left(\frac{\partial I_i}{\partial x}.\frac{\partial I_i}{\partial y}\right) * w;$$

$$e \quad M_w = \begin{bmatrix} A & C \\ C & B \end{bmatrix} \tag{4}$$

Resultando como resposta a função de autocorrelação:

$$R = \det(M_w) - k_w[tr(M_w)]^2 \tag{5}$$

k_w : Parâmetro arbitrado por sugestão de Harris é 0.04;

λ_1, λ_2: Autos valores de M_w;

$$\det(M_w) = \lambda_1\lambda_2 = AB - C^2 \tag{6}$$

$$\mathrm{Tr}(M_w) = \lambda_{1+}\lambda_2 = A + B \tag{7}$$

A classificação da imagem usando os autovalores de M_w é resultado da seguinte avaliação:

- Os autovalores $\lambda_1, \lambda_2 \ de \ M_w$ são sempre positivos;
- R_w depende somente dos autovalores de M_w;
- Se R_w resulta aproximadamente em zero, trata-se de uma região homogênea (sem cantos ou bordas);
- Se R_w < zero então a classificação é borda;
- Se R_w > zero então a classificação é canto;

A figura 1 esquematiza esta avaliação

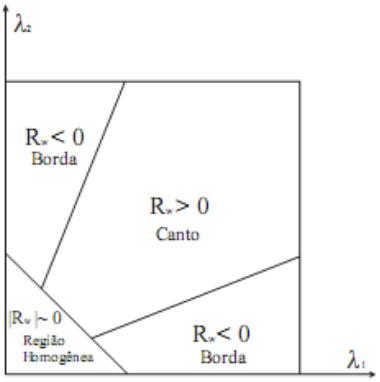

Figura 1 - esquema da classificação da imagem (Santos, 2007)

A Figura 2 ilustra a detecção de cantos a partir do operador Harris. Nota-se na imagem que o algoritmo de Harris detecta os cantos notáveis na imagem.

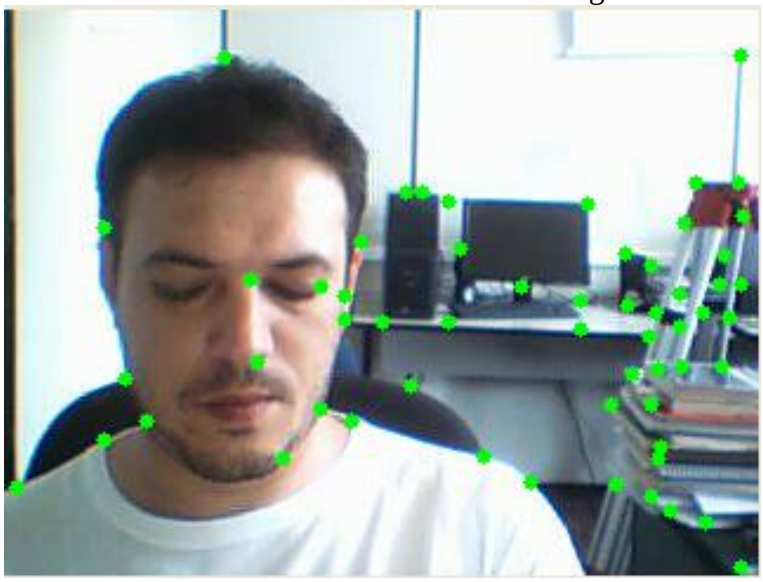

Figura 2- Exemplo de detecção de cantos

3. Resultados e Discussão

Para a detecção do movimento dos objetos foi utilizado o operador Harris, conforme já mencionado, dentro da biblioteca OpenCV. A função `cvGoodFeaturesToTrack` retorna uma matriz de localização de pixels onde se espera encontrar seus pontos homólogos de outra imagem similar. Alem do reconhecimento dos objetos em sequencia, esta técnica pose ser aplicada para relacionar a capturas sob diferentes pontos de vista. A função `cvFindCornerSubPix` diferente a função supra citada retorna a posição do pixel em valores flutuantes, ou seja, com precisão subpixel.

Para a realização dos testes a câmara foi instalada próxima a uma via localizada no centro politécnico da UFPR. A câmara coleta uma série de imagens quando algum veículo passa na sua frente.

Na fase de análise, O operador insere um ponto inicial na imagem; A partir deste ponto inicial o sistema detecta o mesmo ponto na imagem seguinte e desta forma estima o deslocamento em pixels do ponto. A velocidade é calculada calculando o valor da distância percorrida, conforme a equação 1, e conhecendo a velocidade de captura de imagens da câmara.

Testes realizados mostram a viabilidade do sistema, algumas limitações e equívocos do algoritmo foram detectados e que em trabalhos futuros irão ser corrigidos. A Figura 3 mostra um exemplo de um ponto identificado em duas imagens aplicando o detector de Harris.

Figura 3 - Exemplo de aplicação do detector de cantos

4. Conclusões

A partir dos resultados obtidos é possível detectar a velocidade de veículos a partir da visão computacional desenvolvido a partir de um sistema de baixo custo. O algoritmo de Harris já implementado no OpenCV mostrou-se bastante eficiente na detecção dos veículos.

Para uma verificação melhor do sistema novos testes serão realizados com diferentes distâncias entre a webcam e o objeto alvo. E para melhor verificar a eficiência do sistema, veículos com velocidade a sua velocidade conhecida será aplicado afim de obter a precisão que o sistema atua.

Referências Bibliográficas

HARRIS, C., STEPHENS, M. **A combined corner and edge detector**. Proceedings of Fourth Alvey Vision Conference, 1988. p.189-192.

SANTOS, R.L. Extração Automática de Pontos de Apoio Para Integração de Imagens Aéreas Digitais e Dados de Perfilamento a Laser Aerotransportado. Curitiba, 2005. 195f. Tese (Doutorado), Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, UFPR.

WANG, H. BRADY, M. **Real-time corner detection algorithm for motion estimation**. Image and Vision Computing, vol.13(9), 1995, p.695-703.

WANG, W., DONY, R.D. 2004. **Evaluation of image corner detectors for hardware implementation**. Proceedings of the 2004 Canadian Conference on Eletrical and Computer Engineering, 2-5 Maio, Niagara Falls, Ontario, Canadá.