

Contagem de veículos sob iluminação natural e fluxo contínuo utilizando visão computacional – Um estudo de caso em Joinville - SC

Gilian M. Dal Pra*, Alexandre G. Silva[‡], Gilmário B. dos Santos[†]

* Bel. em Ciência da Computação

Email: gilian.moa@gmail.com

[‡] Departamento de Informática e Estatística (INE) - UFSC, Florianópolis-SC, Brasil

Email: alexandre.silva@inf.ufsc.br

[†] Departamento de Ciência da Computação - UDESC, Joinville-SC, Brasil

Email: gilmario.santos@udesc.br

Resumo—Esse artigo apresenta o protótipo inicial de um sistema de visão computacional, testado na cidade de Joinville-SC, voltado à contagem de veículos para gerenciamento do trânsito em vias sob iluminação natural e sem nebulosidade severa. Foram realizados testes em uma via movimentada na cidade e os resultados apresentados foram promissores.

Abstract—This article presents the initial prototype of a computer vision system, tested in the city of Joinville-SC, focused on vehicle counting for traffic management in the process under natural lighting and without severe cloudiness. Tests were conducted on a busy road in the city and the results were promising.

Keywords—Image Analysis; Vehicle Counting;

I. INTRODUÇÃO

Se por um lado o crescimento do trânsito é responsável por vários impactos negativos (congestionamentos, acidentes, poluição, aquecimento global) nas cidades, por outro lado é praticamente impossível embargar o crescimento da frota de veículos (devido ao baixo investimento em transporte público associado ao acesso ao crédito para aquisição de automóveis). Resta, portanto, utilizar a gestão da informação [1] no gerenciamento do trânsito para amenizar os problemas gerados pelo número crescente de automóveis nas ruas.

A gestão, por sua vez, tem que estar sustentada por tecnologias modernas que atendam a requisitos importantes: baixo custo e capacidade de integração com a internet. Este trabalho descreve a implementação e testes de um sistema de processamento e análise de imagens que extrai informações de um vídeo digital contendo imagens de veículos em fluxo contínuo. A implantação desse sistema demanda menor intervenção na via (obras para instalação), fácil implantação e manejo do equipamento (portátil) e pode ser integrado à internet.

Contribuições: O mercado oferece soluções para monitoramento de tráfego as quais são bastante caras para a realidade econômica de muitos municípios médios no Brasil. Por outro lado, é crescente, mesmo em pequenos municípios, a necessidade da automação do gerenciamento do trânsito. Ao pesquisar uma solução de baixo custo relativo, o presente trabalho contribui com esses municípios.

A. Ambiente de Desenvolvimento

O sistema utiliza a linguagem C# e bibliotecas do AForge.NET Framework, LINQ Entity Framework 6.1, SQL Server 2012 como

sistema gerenciador de banco de dados e a interface gráfica em WPF (Windows Presentation Foundation). Em termos de hardware o sistema rodou em um notebook com processador Intel Core I5-560m, 4GB RAM, 500GB HD e MSW 7 Professional. Para a aquisição de imagens foram utilizadas as câmeras Logitech HD C270 com resolução de 1280 x 720 pixels e a câmera padrão do smartphone Samsung Galaxy S4 com resolução configurada para 1280 x 720 pixels.

B. Modelo Trabalhado

Os principais trabalhos relacionados ao problema tratado foram identificados nas seguintes referências: Moutakki et al. [1], Bragatto et al. [2], Brahme e Kulkarni [3], Lei et al. [4], Malhi et al. [5], Shuguang et al. [6], Telagarapu et al. [7], Thou-ho Chen et al. [8]. Todos esses autores utilizam basicamente uma mesma arquitetura, a qual foi aplicada no projeto descrito nesse artigo (Figura 1).

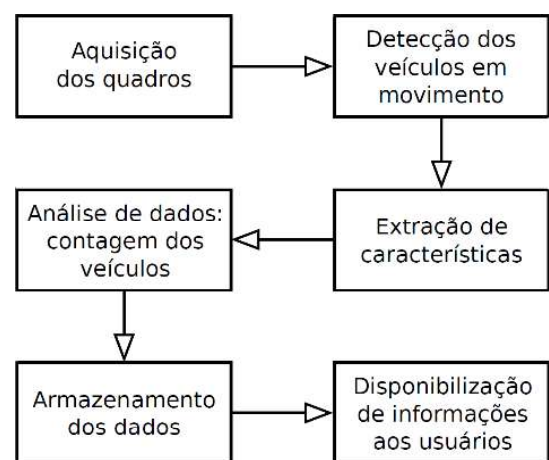


Figura 1. Arquitetura do sistema proposto.

1) **Aquisição de Imagens:** Uso de câmera digital posicionada sobre o fluxo de veículos evitando ao máximo a oclusão dos veículos entre si.

2) **Detecção dos veículos em movimento:** Ao receber o frame, o sistema adequa à imagem de acordo com o tamanho da área de rolagem definida no ajuste manual do sistema (configuração), gerando uma nova imagem com as dimensões informadas. Na Figura 2, a

imagem mostra a área de rolagem marcada pelo retângulo vermelho definida na configuração do sistema pelo operador. Em seguida é feita uma transformação da imagem colorida em uma imagem em níveis de cinza (todas as outras operações utilizam imagens em níveis de cinza).

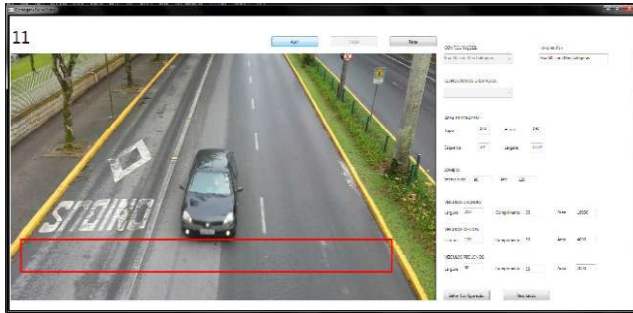


Figura 2. Configuração da área de rolagem.

O primeiro quadro recebido pelo sistema é definido como background. O background é atualizado a cada 2 quadros. Na sequência, é aplicado o método de remoção de sombra. Durante o dia, a sombra muda de posição, tamanho e intensidade de acordo com o objeto que a gera, portanto é necessário que seja feito a configuração/ajuste manual no sistema da faixa do nível de cinza das sombras geradas pelos veículos para que elas possam ser removidas. Caso haja algum pixel que corresponda a essa faixa de nível de cinza, esse pixel será trocado pelo pixel de posição equivalente do background.

Um exemplo do processo de remoção das sombras pode ser visto na Figura 3, os veículos são detectados pelo sistema ao passarem pela área de rolagem, exibida em *a*. Se não for aplicado o método de remoção das sombras, o sistema vai identificar que toda a área mais acinzentada em *b* é apenas um veículo, quando na verdade são dois. Aplicando o método de remoção das sombras, os veículos podem ser identificados separadamente, podendo assim efetuar a contagem com maior precisão.



(a) Área de rolagem



(b) Erro induzido pela sombra



(c) Remoção de sombra

Figura 3. Tratamento da sobreposição de sombras.

Após essas etapas é aplicada a diferença entre o background e a imagem tratada pelas etapas anteriores. Em seguida é feita a limiarização da imagem resultante da diferença de background, gerando uma nova imagem binária, a qual destacará os objetos em movimento. Para essa etapa, é aplicado um limiar fixo de 30, o

qual foi escolhido através de testes feitos no sistema. As etapas da diferença de background podem ser analisadas na Figura 4, onde a imagem *a* é um background, a imagem *b* corresponde a um veículo em movimento, a imagem *c* é a resultante da diferença entre *a* e *b*, a imagem *d* corresponde a imagem *c* com os blobs marcados por cores diferentes.

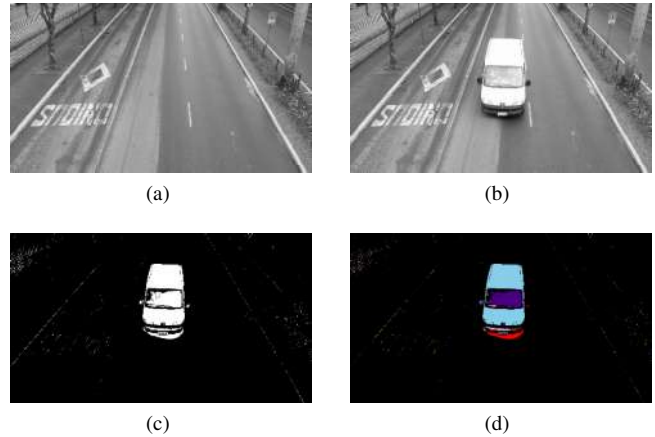


Figura 4. A imagem *c* exibe a resultante da diferença de background entre *a* e *b*, *d* é a imagem *c* com os blobs detectados marcados em cores.

3) *Extração de Características*: Após a detecção dos veículos, os blobs formados na imagem binária serão analisados e suas medidas (comprimento, largura e área) e posicionamento (centro) extraídos. Vários blobs detectados são apenas blobs-ruídos gerados por fatores tais como o balanço da câmera. Os blobs de interesse (automóveis) tendem a serem maiores. Os blobs-ruídos são eliminados por meio de segmentação por área, preservando os pixels que representam os automóveis. As dimensões, em pixels, dos automóveis são configuradas pelo operador do sistema.

4) *Contagem dos veículos*: Cada blob de automóvel detectado é contado e sua posição é armazenada em uma lista temporária para evitar a contagem repetida do mesmo blob (veículo/automóvel).

5) *Armazenamento dos dados*: Em períodos de um minuto o sistema salva o dado armazenado na variável contadora em uma base de dados juntamente com a data, horário e local em que esse dado foi gravado.

6) *Disponibilização das informações*: Com os dados já salvos na base de dados, o sistema mostra o total de veículos contados juntamente com o período e local da coleta, esta informação pode ser disponibilizada em um servidor na web.

II. EXPERIMENTOS E RESULTADOS

A câmera foi posicionada sobre uma passarela situada na Avenida Juscelino Kubitschek da cidade de Joinville-SC, a aproximadamente 6,30 m de altura em relação à rua (Figura 5). As gravações foram realizadas durante o dia em horários que variavam entre 7:30 horas até 17:30 horas com duração entre 5 e 15 minutos, evitando horários com congestionamentos, já que o sistema foi desenvolvido para realizar a contagem dos veículos em fluxo contínuo. Os vídeos foram inspecionados visualmente pelo operador para efetuar a contagem de referência, a ser usada na avaliação dos resultados da contagem automática feita pelo sistema. Também foram calculados o erro relativo (Equação 1), entre a contagem realizada pelo sistema e a contagem de referência e o erro percentual (Equação 2).

$$erro = contagemDoSistema - contagemDoOperador \quad (1)$$

$$TaxaDeErro = \frac{erro}{contagemDoOperador} * 100 \quad (2)$$



(a)



(b)

Figura 5. Posicionamento da câmera.

A Tabela I exhibe os resultados brutos, obtidos nos experimentos feitos com o protótipo do sistema, durante cinco dias de teste. Para os mesmos experimentos é possível visualizar, nos gráficos da Figura 6, os comparativos entre as contagens obtidas pelo sistema e aquelas realizadas manualmente.

As colunas constantes na Tabela I são descritas da seguinte forma:

- Intervalo: período do dia no qual o experimento foi realizado;
- Operador: contagem (referência) dos veículos realizada pelo operador por meio de inspeção visual;
- Sistema: quantidade de veículos contados pelo sistema;
- Erro: diferença entre a contagem realizada pelo sistema e a contagem realizada pelo operador (Equação 1);
- Tx de Erro: mostra a porcentagem de erro na contagem pelo sistema em relação a contagem dos veículos pelo operador (Equação 2).

Pode-se notar em todos os gráficos (Figura 6), que os resultados obtidos pelo sistema mantêm um perfil parecido com aquele apresentado pela contagem de referência, realizada pelo operador, a qual foi baseada na inspeção visual dos vídeos.

Nos experimentos houve uma taxa de erro (Equação 2) de 4,0%, com o menor erro sendo 0% e o máximo de 9,85% no dia 28/10/2014, quando ocorreram as maiores taxas de erros (6,15% e 7,14%). Nesse dia os fatores climáticos (forte nebulosidade) foram adversários do sistema, levando a casuística tratada para fora do escopo do modelo proposto.

Também se verifica na Tabela I que a contagem pelo sistema é quase sempre superior à contagem pelo operador, o que é evidenciado pelos valores positivos de erro (Equação 1). Isso decorre de ruídos gerados pelas sombras das árvores que ficam ao redor da pista, bem como se deve às mudanças de faixa realizadas pelos condutores dos veículos dentro da área de rolagem, ocorrência comum em se tratando dos ônibus. Essa transposição de pista faz com que um mesmo veículo seja contabilizado mais de uma vez pelo sistema em posições relativamente distantes. O sistema entende que dois veículos passaram pela área de rolagem em pistas diferentes.

Considerando que os dados sejam úteis para ações de planejamento/dimensionamento do sistema viário, ao fornecer contagens de veículos relativamente mais altas do que as reais (erro positivo), o sistema não introduzirá informação espúria. O mesmo não poderia ser dito se o erro fosse negativo, ou seja, a contagem de veículos fosse menor do que a contagem real.

O impacto do erro positivo pode ser avaliado tomando o exemplo

Tabela I
RESULTADOS GERADOS PELO SISTEMA.

27/10/2014				
Intervalo	Operador	Sistema	Erro	Tx de Erro
07:35 07:45	169	177	8	4,73
09:05 09:15	124	131	7	5,64
12:00 12:10	232	234	2	0,86
14:00 14:10	189	200	11	5,82
28/10/2014				
Intervalo	Operador	Sistema	Erro	Tx de Erro
07:30 07:40	173	175	2	1,15
09:05 09:15	130	138	8	6,15
12:00 12:05	098	105	7	7,14
14:00 14:10	220	231	11	5,00
17:00 17:40	203	223	20	9,85
03/11/2014				
Intervalo	Operador	Sistema	Erro	Tx de Erro
08:05 08:15	138	145	7	5,07
10:00 10:10	153	163	10	6,53
14:20 14:35	292	299	7	2,39
05/11/2014				
Intervalo	Operador	Sistema	Erro	Tx de Erro
08:30 08:40	158	161	3	1,89
09:30 09:40	153	155	2	1,3
10:00 10:10	165	173	8	4,84
15:30 15:40	222	226	4	1,8
16:00 16:10	181	184	3	1,65
10/11/2014				
Intervalo	Operador	Sistema	Erro	Tx de Erro
08:30 08:40	145	149	4	2,75
09:30 09:40	144	150	6	4,16
10:00 10:10	166	176	10	6,02
15:30 15:40	216	216	0	0
16:00 16:10	189	197	8	4,23

do planejamento da largura de uma ponte. Uma estimativa influenciada por um erro negativo levará a uma ponte mais estreita, a qual já será inaugurada subdimensionada. Considerando uma razoabilidade de custos, o erro introduzido por uma contagem relativamente maior não produzirá tal subdimensionamento.

III. CONCLUSÃO

Os experimentos apresentados demonstram o potencial do sistema proposto no escopo determinado (fluxo contínuo sem congestionamentos). Apesar de encontrar-se em estágio inicial de desenvolvimento, o modelo proposto apresentou resultados úteis utilizando equipamentos de baixo custo (basicamente uma webcam em um notebook comum) e de fácil manutenção, gerenciamento e implantação. Esse primeiro protótipo já é capaz de oferecer uma estimativa razoável sobre a contagem de veículos em condições climáticas não controladas (a céu aberto). Para trabalhos futuros será realizada a contagem de veículos em condições de nebulosidade e baixa luminosidade (luz noturna), ademais será buscada a integração de dispositivo FPGA (Field Programmable Gate Array) ao sistema visando um incremento de desempenho. Procedimentos de convolução discreta por deslocamento de janela, os quais são a base de diversos métodos de processamento de imagens (tais como as operações morfológicas) podem ser implementadas em FPGAs apresentando as vantagens da programação orientada à execução direta em hardware, proporcionada por esse tipo de dispositivo. A detecção e remoção das sombras e a limiarização também podem ser aprimoradas tornando-as dinâmicas de acordo com a iluminação do ambiente, o que facilitará no rastreamento dos veículos.

Outro aspecto a ser melhorado refere-se à detecção de congestionamentos severos, nos quais ocorre a interrupção do fluxo de veículos. Esta detecção associada a análise de features, permitirá a identificação de veículos de maneira a evitar a repetição da contagem, qual ocorre

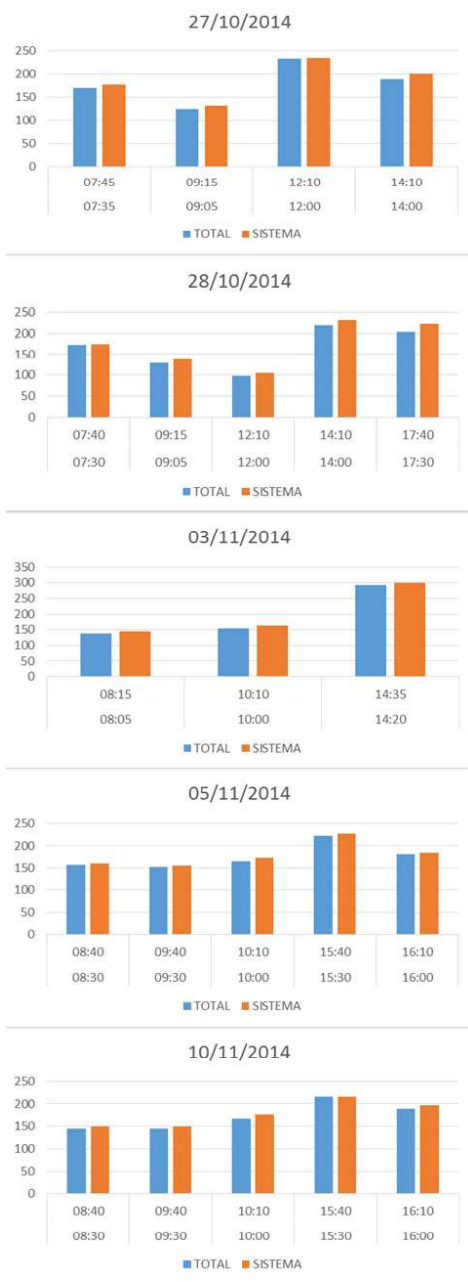


Figura 6. Síntese gráfica dos resultados gerados pelo sistema em comparação com a contagem realizada pelo operador.

em eventos de parada e retomada de movimento dentro da área de rolagem.

REFERÊNCIAS

[1] Z. Moutakki, T. Ayaou, K. Afdel, and A. Amghar, "Prototype of an embedded system using stratix iii fpga for vehicle detection and traffic management," in *Multimedia Computing and Systems (ICMCS), 2014 International Conference on*, April 2014, pp. 141–146.

[2] T. Bragatto, G. Ruas, V. Benso, M. Lamar, D. Aldigueri, G. Teixeira, and Y. Yamashita, "A new approach to multiple vehicle tracking in intersections using harris corners and adaptive background subtraction," in *Intelligent Vehicles Symposium, 2008 IEEE*, June 2008, pp. 548–553.

[3] Y. Brahme and P. Kulkarni, "An implementation of moving object detection, tracking and counting objects for traffic surveillance system," in *Computational Intelligence and Communication Networks (CICN), 2011 International Conference on*, Oct 2011, pp. 143–148.

[4] M. Lei, D. Lefloch, P. Gouton, and K. Madani, "A video-based real-time vehicle counting system using adaptive background method," in *Signal Image Technology and Internet Based Systems, 2008. SITIS '08. IEEE International Conference on*, Nov 2008, pp. 523–528.

[5] M. Malhi, M. Aslam, F. Saeed, O. Javed, and M. Fraz, "Vision based intelligent traffic management system," in *Frontiers of Information Technology (FIT), 2011*, Dec 2011, pp. 137–141.

[6] L. Shuguang, Y. Hongkai, Z. Jingru, and Y. Ke, "Multi-type vehicles' traffic data collection using video processing," in *Intelligent Control and Information Processing (ICICIP), 2011 2nd International Conference on*, vol. 1, July 2011, pp. 271–276.

[7] P. Telagarapu, M. Rao, and G. Suresh, "A novel traffic-tracking system using morphological and blob analysis," in *Computing, Communication and Applications (ICCCA), 2012 International Conference on*, Feb 2012, pp. 1–4.

[8] T.-H. Chen, Y.-F. Lin, and T.-Y. Chen, "Intelligent vehicle counting method based on blob analysis in traffic surveillance," in *Innovative Computing, Information and Control, 2007. ICICIC '07. Second International Conference on*, Sept 2007, pp. 238–238.