

MÉTODOGRANULOMÉTRICOPARASEGMENTAÇÃODEPLACASDEVEÍCULOS

ALESSANDRA BUSSADOR, J ACQUES FACON

*Mestrado em Informática Aplicada, Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Rua Imaculada Conceição, 1155-Prado Velho, Cx. Postal 16.210, CEP 80215-901, Curitiba, Pr, Brasil
E-mails: bussador@xmail.com.br, facon@ppgia.pucpr.br*

Resumo—Neste artigo apresentamos uma nova abordagem para segmentar placas de veículos de uma imagem estática. Este método utiliza técnicas de morfologia matemática, combinando um algoritmo rápido de granulometria e uma abordagem de resíduos morfológicos. O conjunto de atributos e a sequência de processamentos são mostrados detalhadamente neste trabalho. Um teste executado em imagens de veículos estacionados apresentou 75% de acerto. Estes resultados sugerem que o trabalho proposto é apto a ser aplicado em dados reais.

Abstract—In this paper we present a new approach to segment license plates from a static image. The method uses mathematical morphology techniques, combining a fast granulometry algorithm and a morphological residue approach. The set of attributes, and processing sequence are both detailed in this paper. A test run on parked car images presented 75% segmentation success rate. This result suggests that the proposed work is suited to be applied on real data.

Keywords— morfologia matemática, granulometria, segmentação, resíduos morfológicos, placas de veículos

1 Introdução

A identificação automática de veículos pelo conteúdo de placas é extremamente importante para aplicações envolvendo segurança de transporte privado, controle de áreas de estacionamento, controle do limite de velocidade e identificação de veículos roubados. Um dos maiores desafios da identificação é quando não se pode prever uma localização fixa de placa de veículo numa imagem de trânsito. Cada pixel pode pertencer à placa e, sendo assim, deve ser processado. Faz-se portanto necessário desenvolver um sistema que seja capaz de reduzir a área de interesse ao máximo e o mais rápido possível e também que seja capaz de processar imagens de placas degradadas por sujeira, chuva, envelhecimento, etc..

No Brasil, o desafio é ainda maior pelo fato da resolução.º 46 do Conselho Nacional de Trânsito (Contran) prevê o tipo de diferentes de placas para veículos particulares (de passeio ou comerciais), para veículos de aluguel, de experiência (concessionárias), de aprendizagem (auto-escolas), de fabricantes (montadoras), de missões diplomáticas, de coleção e oficiais. Esta diversidade de tipos, com diferentes padrões de cores e também de numeração introduz um grande número de variáveis ao processo de localização e reconhecimento de placas de veículos. Esta diversidade ocorre em poucos países, e na maioria das vezes com um número menor de padrões.

Neste artigo será apresentada uma nova abordagem para localizar e extrair o caráter e as características de placas de veículos particulares utilizando para isto técnicas de morfologia matemática envolvendo construção, granulometria e mapeamento a partir de resíduos morfológicos. Na seção 2 será introduzido o estado da arte de segmentação de placas de veículos, a seção 3 será descrita a abordagem por granulom

etria de resíduos morfológicos, a seção 4 será apresentada uma descrição da base de imagens utilizada neste trabalho, a seção 5 será descrita a metodologia de localização automática de placas de carro proposta neste trabalho. Na seção 6 será ilustrada a eficiência da nova abordagem de segmentação de placas e a seção 7 serão apresentadas as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

2 Estado da Arte

Apesar de encontrar na literatura um número elevado de publicações ligadas ao problema de segmentação e de reconhecimento de padrões, paradoxalmente encontra-se poucos artigos ligados a tarefa de localização e reconhecimento de placas de veículos.

Dentro das técnicas levantadas para este estado, podem ser citados: - o sistema Siav [SOU00] baseado na variação tonal - o sistema Holandês CLPR [BRU99] baseado num estudo de extração de regiões aplicadas ao problema específico de localização de placas de veículo - a abordagem de extração de caracteres em placas de veículos em movimento de [CUI97] baseada em campos randômicos de Markov e algoritmos genéticos - o método de localização de placas de veículo utilizando redes neurais [KIM99].

2.1 Sistema SIIV

O Sistema Siav [SOU00] é baseado, para o problema de localização de placa, na variação tonal padronizada através da análise do gradiente positivo na área da placa. O algoritmo de localização de placa em placa pode ser dividido em dois procedimentos: - No primeiro procedimento tem-se a localização da placa através da procura por variação tonal padronizada através da análise do gradiente positivo na área da

placa de binarização local adaptativa sobre a região encontrada ou, senão necessário, sobre a imagem inteira. No final desta etapa, tem-se como resultado as coordenadas do provável local da placa. Nos procedimentos há a confirmação do local através da análise do número de dígitos encontrados por procura por dígitos de tamanhos pré-definidos e análise dos dígitos selecionados verificando a forma de algum grupo válido. Como resultado final tem-se a confirmação do local correto.

Uma vez encontrada a placa é necessário se separar os caracteres e afim de separá-los do resto da imagem e redimensioná-los para a rede neural. Foi utilizada uma técnica de crescimento controlado, dentro de cada entidade encontrada na área da placa, e um conjunto de heurísticas para descartar ruídos indesejáveis e selecionar corretamente os caracteres. Neste sistema, a taxa de sucesso na localização de placa em segmentação dos caracteres são respectivamente de 82.4% e de 87.1%.

2.2 Sistema CLPR

O sistema Holandês CLPR descrito em [BRU99] é um estudo de extração de regiões de placa de veículo. Neste artigo é apresentado um sistema de identificação de veículo em vias públicas Holandesas. Na Holanda, existem somente um tipo de placa, com fundo claro e caracteres escuros. O sistema consiste em quatro unidades principais: uma unidade de segmentação, uma unidade de isolamento, uma unidade de reconhecimento e uma unidade de análise sintática. A unidade de segmentação determina o local da placa baseado em características estruturais e algumas medidas de tamanho. A placa extraída é passada para o isolador de caracteres que isolará cada caractere da placa. O caractere isolado é então processado pelo reconhecedor de caracteres. A partir de informações padrão, o analisador sintático checa cada possível caractere retornado pelo reconhecedor utilizando um conjunto de regras sintáticas presentes nas placas Holandesas. Se estas regras não forem satisfeitas, ou um dos caracteres for irreconhecível, a imagem é rejeitada. Neste sistema, a taxa de acerto são de 95% no caso de aplicação das características das placas e de 94% no caso das imagens corretamente processadas durante o estágio de segmentação/isolamento.

2.3 Sistema baseado em campos randômicos de Markov e algoritmos genéticos

Em [CUI97] é apresentado um estudo de extração de regiões aplicadas ao problema específico de localização de placa de veículo. Neste artigo é apresentado uma abordagem para extrair, seguir, e binarizar os caracteres em placas dos veículos em movimento. A hipótese de base é que uma placa de veículo consiste em caracteres escuros em um fundo claro. A região

do texto de uma placa é localizada a partir de informações de textura. Um processo de "warping" é empregado para corrigir a distorção de perspectiva no momento da aquisição da placa. O problema de localização da placa é tratado como o problema de texto em imagens. Na solução apresentada foi utilizado um método de variação espacial para identificar a região do texto. Para cada pixel na região de cada caractere, computam-se as derivadas parciais usando-se a janela de tamanho 5x5. A binarização dos caracteres da placa empregada de forma simultânea a informação temporal e regional sob a estrutura de campos aleatórios de Markov (MRF). O processo é otimizado utilizando-se Algoritmos Genéticos. Os autores não fornecem nenhum dado numérico referente a desempenho do sistema e a qualidade dos resultados obtidos.

2.4 Sistema de localização baseado em redes neurais

Em [KIM99] é apresentado um método de localização de placas utilizando redes neurais. As redes neurais são utilizadas como filtros que produzem uma classificação baseada em janelas locais dos pixels da placa de fundo da imagem, analisando as propriedades de cores e textura de uma placa. O pós-processamento destas imagens filtradas encontra as "bounding boxes" da placa. As razões para usar redes neurais como filtros são que elas não necessitam de algoritmos de estimação de parâmetro explícitos e também por serem robustas na presença de ruídos. Duas redes neurais (TDNNs) são utilizadas como filtros que independentemente analisam as seções horizontais e verticais da imagem. Segundo os autores, este método é robusto por não ser afetado pelo ruído e por degradações devido à estabilidade das redes neurais. Testes com duas bases, a primeira contendo 200 imagens de veículos na entrada de um estacionamento, e a segunda composta de 200 imagens de veículos na estrada mostraram taxas de extração de 99% e de 97,5% respectivamente.

3. Ferramentas morfológicas empregadas neste trabalho

3.1 Reconstrução dual

Sejam duas imagens S e Z em n níveis de cinza e definidas nos domínios S e Z , tomando os valores de $k \in [0, n]$ e respeitando a relação de ordem $Z \geq S$. Pode-se definir a reconstrução dual em n níveis de cinza (ou reconstrução por erosão) usando B como elemento estruturante [FAC96]:

$$\rho_s(Z) = \min_{n \geq 1} [\mathcal{E}_S^{nB}(Z)] = \min_{n \geq 1} \underbrace{\mathcal{E}_S^B(\dots \mathcal{E}_S^B(Z))}_n \quad (1)$$

3.2 Granulometria linear em níveis decimais

Em [VIN94] foi elaborado um método rápido de granulometria em níveis decimais que consiste em analisar as linhas da imagem contabilizando os tamanhos dos segmentos de retas de acordo com os níveis decimais conforme descrito a seguir. O resultado do algoritmo é um padrão de espectro que deve ser a quantidade de segmentos de retas de cada tamanho para todos os níveis decimais da imagem.

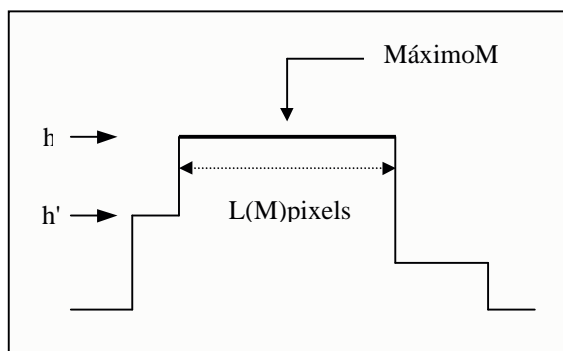


Figura 1 – Relação do máximo de uma região

Considerando a escala da granulometria linear horizontal, com segmentos de linha $L_n \text{ com } n \geq 0$, onde L_n é uma linha da imagem com $n+1$ pixels (as linhas podem ser processadas independentemente) onde as informações granulométricas estão contidas nas estruturas de picos (de máximo) de cada linha. Sendo $M = \{p_0, p_1, \dots, p_{n-1}\}$ um máximo da linha L , com altitude $L(M) = h$:

- qualquer abertura realizada em L por L_k com $k < n$ deixa M inalterado;
- realizando a abertura de L por L_n trará todos os pixels de M para o valor de h' da vizinhança de M com o valor mais alto, conforme a Figura 2;
- a contribuição de um máximo para o n -ésimo elemento do padrão de espectro é igual a $n \times (h - h')$.

Os princípios envolvidos na granulometria linear são:

- procurar os máximos de cada linha, um após o outro;
- computar recursivamente a contribuição do máximo M corrente ao espectro de padrões até que M não seja mais um máximo;
- marcar as zonas de máximo já consideradas.

3.3 Resíduos morfológicos

O resíduo morfológico caracteriza a informação extraída de uma imagem a partir de uma série de transformações granulométricas [VAC95][GUI99]. Este resíduo é dado pela diferença entre dois níveis granulométricos consecutivos.

Seja $T^{(\lambda)}(f)$ uma granulometria. O resíduo morfológico R_λ , de nível residual λ associado a um parâmetro de tamanho λ , é definido como a diferença entre os resultados de dois níveis granulométricos consecutivos. O seja:

$$\forall \lambda \geq 1, f \in R^N, R_\lambda(f) = T^{(\lambda-1)}(f) - T^{(\lambda)}(f) \quad (2)$$

onde R_λ define o resíduo morfológico para imagens em n níveis decimais, e representa os componentes preservados em um nível $(\lambda-1)$ que foram eliminados no nível granulométrico λ .

3.4 Mapeamento a partir de resíduos morfológicos

Seja $(\phi_{R_\lambda})_{\lambda \geq 1}$ uma família de resíduos morfológicos binarizados. Para todo ponto $p \in S$, onde S é uma imagem, define-se um mapeamento contendo informações a respeito do parâmetro de tamanho $\lambda \in N$, associado a cada nível residual λ .

$$M_\lambda(p) = \begin{cases} 1 & \text{se } \phi_{R_\lambda}(p) = 1 \\ 0 & \text{se } \phi_{R_\lambda}(p) = 0 \end{cases} \quad (3)$$

A partir desta informação, pode-se considerar a informação de tamanho associada aos diferentes níveis em que os pontos da imagem são apagados (mudança de 1 para 0) [VAC95][GUI99].

Definição de desaparecimento de ponto: O mapeamento de um ponto é representado por mudanças consecutivas do estado 1 para o estado 0 no mapeamento M , representando instantaneamente um ponto deixado pertencer ao resíduo morfológico.

Associado a esta informação de desaparecimento, pode-se fazer duas possíveis considerações: uma a respeito da ordem de ocorrência, ρ , destes desaparecimentos, e a outra, sobre o número de ocorrência, η , destes desaparecimentos. A primeira está relacionada com os diferentes instantes em que um ponto desaparece nos diferentes níveis residuais, e a segunda com o número de transições. Normalmente o número de desaparecimentos pode ser associado à irregularidade (complexidade) da estrutura.

4. Base de Dados

Foi criada uma base de dados contendo 180 imagens coloridas, sendo que 33% são compostas de imagens tiradas da parte frontal do veículo e 67% são imagens da parte posterior (10 imagens foram tiradas com um ângulo superior a 30 graus com relação ao centro do veículo).

As imagens utilizadas para a criação da base de dados possuem as seguintes características:

- colorida (RGB);
- 640x480 pixels;
- imagens da frente e costas dos veículos (em alguns casos com dois ou mais ângulos do mesmo veículo);
- distribuição de luz sobre a superfície da placa homogênea e heterogênea;
- variação de distância da câmera até o veículo: 2,0m–3,5m.

5. Proposta de um novo sistema de localização e segmentação de placas

O método de segmentação proposto neste trabalho é constituído de sete etapas, descritas a seguir:

Etapa 1: Pré-processamento

Após a conversão das imagens para níveis de cinza, realiza-se a aplicação do processo de top-hat para a remoção das letras das placas dos veículos no processo de granulometria que será aplicado na sequência. No top-hat são utilizadas 3 iterações como elemento estruturante quadrado. Em seguida, uma redução da complexidade da imagem se faz necessária, para reduzir o tempo de processamento da granulometria. Portanto, optou-se por homogeneizar as regiões da imagem diminuindo-se o número de pequenos elementos e acelerando em muito o processo de granulometria.

O processo de redução da complexidade é realizado dividindo o nível de cinza de cada um dos pixels da imagem por um fator de redução da complexidade. O valor do fator de redução da complexidade, que é 64, foi determinado empiricamente.

Etapa 2: Peneiramento por granulometria

Nesta fase de processamento, a granulometria em níveis de cinza é utilizada para a obtenção das bordas dos dígitos da placa do veículo. O processo da granulometria utilizado é uma combinação das abordagens apresentadas em [VIN94] e em [GUI99].

Etapa 3: Marcação do conteúdo da placa

O algoritmo de granulometria apresentado em [VIN94] é utilizado para obter-se um perfil dos tamanhos horizontais dos objetos presentes na imagem. Este perfil dos tamanhos é utilizado no lugar dos resíduos morfológicos no algoritmo de mapeamento descrito por [GUI99], o que resulta em

gem como os marcadores das letras das placas dos veículos.

Utilizando esta imagem de marcadores, e como máscara a imagem resultante do processo de eliminação da complexidade da imagem, é aplicado o processo de reconstrução dual [FAC96]. Desta forma, o resultado desta reconstrução deve conter as letras que constituem as placas dos veículos.

Etapa 4: Localização dos componentes

Para a localização dos componentes da imagem, resultado da reconstrução, que indicará a posição do pixel da placa do veículo na imagem, é adotado o processo descrito a seguir:

- cálculo do histograma de distribuição de níveis de cinza;
- determinação do nível de cinza correspondente à região de fundo da imagem, região como a maior área de pixels;
- busca por grupos de pixels cujo nível de cinza seja de maior intensidade que a região de fundo;
- anotação da posição dos pixels mais à esquerda, à direita, acima e abaixo, do grupo de pixels encontrado.

Etapa 5: Redução do número de componentes

O resultado obtido na localização dos componentes normalmente apresenta um elevado número de elementos indesejáveis. Estes componentes são prontos por possuírem características de tamanho e cor semelhantes aos dígitos das placas. Portanto foram determinadas algumas regras para a redução do número de componentes na imagem. Estas regras estão listadas a seguir:

- componentes que estão localizados na borda da imagem são desconsiderados;
- componentes que possuem uma das suas dimensões, altura ou largura, muito maior que a outra são desconsiderados (85% de diferença);
- componentes cujas dimensões estão acima de 85% das médias de tamanho de todos os elementos da imagem são desconsiderados;
- componentes cujas dimensões estão abaixo de 35% das médias de tamanho de todos os elementos da imagem são desconsiderados;
- componentes que estão alinhados com os eixos dos elementos na horizontal são desconsiderados, pois considera-se que pelo menos 3 caracteres da placa serão encontrados;
- componentes cujo número de pixels não é proporcional ao valor de referência para o fundo da imagem (calculado no processo de localização dos componentes) que estão acima de 85% ou abaixo de 35% são desconsiderados.

A aplicação destas regras no conjunto de componentes localizados no image resultam na manutenção dos componentes que se encontram na região da placa do veículo.

Etapa 6: Localização da posição da placa do veículo

Após a filtragem dos componentes foi realizado o seguinte processo em 4 passos para a determinação da localização da posição da placa do veículo:

- determinação do limiar de cada um dos componentes da imagem utilizando o algoritmo de OTSU [OTS79];
- determinação do nível de cinza de maior incidência no fundo da imagem para cada um dos componentes. A busca de seu nível de cinza é realizada nos pixels cujo nível de cinza são de menor intensidade que o limiar resultante da aplicação do algoritmo de OTSU;
- cálculo da média dos valores dos níveis de cinza de maior incidência em cada um dos componentes e encontrados no passo (b);
- determinação da região definida por níveis de cinza com intensidade maior ou igual à média encontrada no passo (c).

A região determinada com este processo encontra-se na placa do veículo. A Figura 2 ilustra o resultado da localização de uma placa de veículo.

6. Experimentos e análise dos resultados

Os resultados obtidos permitem destacar algumas características interessantes do sistema proposto.

O método baseado em granulometria e resíduo morfológicos demonstrou ser eficiente em casos de:

1. Posicionamento incorreto das placas: Em caso da placa do veículo não estar corretamente fixada ou posicionada, o resultado da localização da placa não sofreu interferências;
2. Fator de luminosidade: Em situações que a placa se encontra sob o projeto da pelo do próprio veículo, em dias ensolarados, fazendo com que a placa não fique destacada em relação ao veículo;
3. Veículos com adesivos: Em casos nos quais os veículos possuem adesivos colados na pintura, o processo não é influenciado e o padrão destes adesivos não corresponde ao padrão das letras da placa (Figura 3);
4. Fotos com mais de um veículo: Quando os veículos encontram-se em uma distância apropriada, as placas destes são localizadas corretamente e independentemente uma da outra (Figura 4);

5. Fotos tiradas com efeito de perspectiva: O método funciona com uma grande variabilidade de posicionamento da câmera em relação ao veículo (Figura 5).



Figura 2-Localização da placa

Os resultados obtidos com a aplicação do método proposto neste trabalho foram considerados como satisfatórios levando em consideração as diferentes situações das imagens analisadas, a complexidade da imagem e a não utilização de algoritmos clássicos para a resolução de problemas que envolvem este nível de complexidade.

Os resultados obtidos nos experimentos foram:

- 75% de acerto na localização da placa;
- 81% de acerto na segmentação dos caracteres corretamente localizados.

O tempo de processamento foi de 28 segundos em um microcomputador com processador Pentium II de 350 MHz e 128 MB de memória RAM.

7. Conclusões e trabalhos futuros

Foi apresentado um sistema de localização automática de placas de veículos baseado numa abordagem por granulometria e resíduo morfológicos. Testes em situações do mundo real mostraram que o sistema pode localizar os números de placas dos carros, mesmo sob circunstâncias que são distantes do ideal.

No futuro, pretende-se melhorar o desempenho com relação ao tempo de processamento e também definir melhores ajustes nos parâmetros utilizados para melhorar o desempenho do processo de segmentação.



Figura3–Carrocomadesivos



Figura4–Fotocomduasplacas



Figura5–Fototiradacomefeitodeperspectiva

ReferênciasBibliográficas

- [BRU99]Brugge,M.H.T.,NijhuisJ.A.G., SpaanenburgL.,SdevensJ.H.,LicensePlate Recognition,Knowledge-BasedIntelligent TechniquesinCharacterRecognition,Editedby LakhmiC.JainandBeatriceLazzerini,pp263-295,1999
- [CUI97]Cui,Y.,Huang,Q.;AutomaticLicense ExtrationfromMovingVehicles.Siemens CorporateResearch,Inc,ICIP'97
- [FAC96]Facon,Jacques;MorfologiaMatemática: TeoriaeExemplos.Curitiba,Brasil,1996
- [GUI99]Guimarães,SilvioJ.F.;Filtragemde imagensapartirdasuadecomposiçãoem resíduosmorfológicos.DissertaçãodeMestrado, UniversidadeEstadualdeCampinas,1999
- [KIM99]Kim,K.I.,Park,S.H.,Jung,K.,Park, M.H.,andKim,H.J.:Theneuralnetworkbased methodforlocatingcarlicenseplate.Proc.ITC-CSCC'99,1999.
- [OTS79]OtsuN.,AThresholdSelectionMethod fromGray-LevelHistograms,IEEETrans.Sys. ManandCybernetics,v.SMC9,nº1,pp.62-66,1979.
- [SOU00]Souza,F.P.C.;Susin,A.A.;Sistemade identificaçãoautomáticadeveículos. www.iee.ufrgs.br/iee/siav.htm,2000
- [VAC95]VachierCorinne;Extractionde caractéristiques,segmentationd'imageet morphologiemathématique,Dissertaçãode Doutorado,ècoleNationaleSupérieuredes MinesdeParis,França,1995
- [VIN94]Vincent,L.;Fastgrayscalegranulometrie algorithms.EURASIPWorkshopISMM'94,pp 265–272,Fountainbleau,France,1994