

Uma abordagem para localização e reconhecimento de placas de licenciamento veicular por meio de operadores morfológicos e busca por *template*

An approach for localization and recognition of vehicle license plates by means of morphological operators and template matching

Wonder Alexandre Luz Alves

Mestre em Ciência da Computação pelo Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo. Professor do curso de Bacharelado em Ciência da Computação e Colaborador no Programa de Mestrado em Engenharia de Produção da Universidade Nove de Julho. São Paulo, SP [Brasil] wonder@uninove.br

Danilo de Sousa Abreu

Bacharel em Ciência da Computação pela Universidade Nove de Julho. São Paulo, SP [Brasil] danilo.danilosousa@gmail.com

Sidnei Alves de Araújo

Doutor em Engenharia Elétrica pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Professor e Pesquisador do Programa de Mestrado em Engenharia de Produção e do curso de Bacharelado em Ciência da Computação da Universidade Nove de Julho. São Paulo, SP [Brasil] saraujo@uninove.br

André Felipe Henriques Librantz

Doutor em Tecnologia Nuclear pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares da Universidade de São Paulo. Professor e Pesquisador do Programa de Mestrado em Engenharia de Produção e do curso de Bacharelado em Ciência da Computação da Universidade Nove de Julho. São Paulo, SP [Brasil] librantz@uninove.br

Resumo

Neste trabalho, é apresentado um método para localização e reconhecimento de placas de licenciamento veicular, que consiste em duas etapas principais: (1) extração da região da placa e (2) reconhecimento da placa. Na primeira etapa, extrai-se a região da placa na imagem de entrada, utilizando um esquema robusto de operadores morfológicos. Na segunda etapa, é realizado um processo de geração de placas candidatas por meio de busca por *template*, para depois determinar a placa reconhecida utilizando heurísticas. Resultados preliminares mostram que o método proposto pode ser uma boa alternativa para aplicações que envolvam o reconhecimento de placas de licenciamento veicular.

Palavras-chave: Aprendizagem de máquina. Localização de texto em imagens. Reconhecimento de placas de licenciamento veicular. Reconhecimento óptico de caracteres. Visão computacional.

Abstract

This paper presents a method for locating and recognizing vehicle license plates. The proposed method consists of two major stages: (1) extraction of the license plate region and (2) recognition of the plate. In the first stage, a robust scheme of morphological operators extracts the license plate region from the input image. In the second stage, a process for generating license plate candidates is performed using a template matching technique, followed by heuristics to determine the recognized plate. Preliminary results show that the method may be a good alternative for applications involving the recognition of vehicle license plates.

Key words: Computer vision. Machine learning. Optical character recognition. Text localization in images. Vehicle license plate recognition.

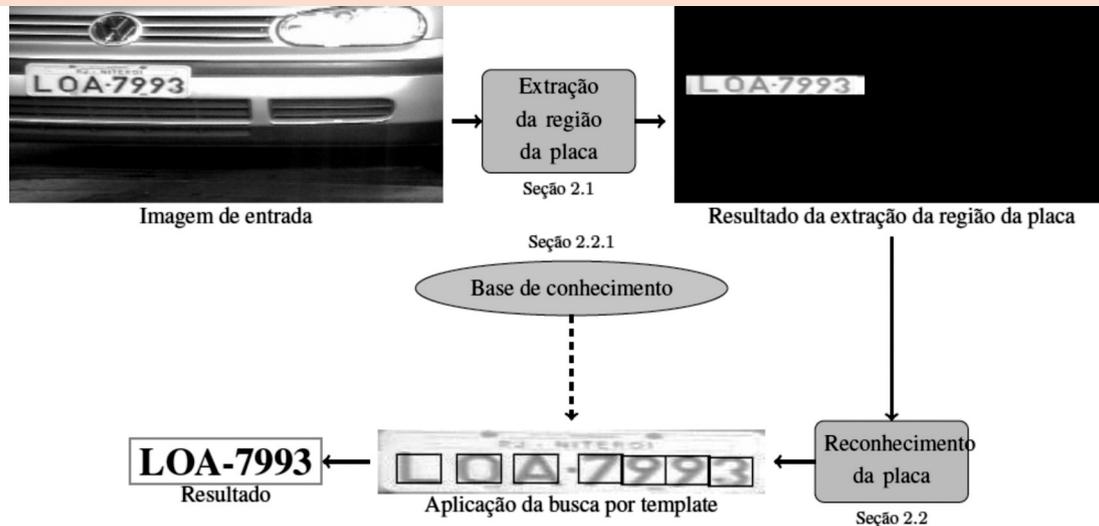


Figura 1: Visão geral do método proposto

tais como a quantidade e o posicionamento das letras e números contidos na placa.

2.1 Extração da região da placa

A extração da região da placa da imagem de entrada é feita por meio da aplicação de uma série de operadores da Morfologia Matemática (MM). A MM refere-se a um ramo do processamento e da análise de imagens. Seu principal objetivo é obter informações significativas de uma imagem com base na análise da sua geometria e da forma de seus objetos (SOILLE, 2003; DOUGHERTY; LOTUFO, 2003).

Para extrair a região da placa de uma imagem de entrada f , é proposto um esquema morfológico (ALVES; HASHIMOTO, 2010b; ALVES; HASHIMOTO, 2010a) com base em hipóteses que levam em conta o contraste e a geometria das regiões dos caracteres da placa. Tais hipóteses estão classificadas, a seguir.

- Contraste
 - Existe contraste entre as regiões dos caracteres da placa em relação aos seus *backgrounds*.
 - Os níveis de cinza dos caracteres de uma mesma placa são similares.

- Geometria da fonte
 - Os caracteres de uma mesma placa têm suas larguras e alturas similares.
 - Os caracteres de uma mesma placa estão alinhados ao longo de uma reta.
 - A distância entre quaisquer dois caracteres adjacentes em uma mesma placa são similares.

Primeiramente, é aplicado um filtro de abertura e fechamento *top-hat* (SOILLE, 2003; DOUGHERTY; LOTUFO, 2003) na imagem de entrada f , utilizando um elemento estruturante (EE) – disco com raio equivalente a espessura média dos caracteres da placa –, gerando assim as imagens de saída f_w e f_c , respectivamente. Depois, toma-se o máximo entre as imagens f_w e f_c , obtendo a imagem de saída f_m e, em seguida, binariza-se a imagem f_m pelo método de Otsu (OTSU, 1979), gerando a imagem f_b . A imagem f_b contém todas as componentes conexas menores ou igual a espessura dos caracteres da placa. Depois é aplicado na imagem f_b aberturas baseadas em atributos de altura, largura e área (produzindo a imagem f_a) para selecionar as regiões candidatas dos caracteres da placa. Após essas operações, uma dilatação por um EE no formato de linha é aplicada na imagem f_a obtendo a

imagem f_d , contendo as potenciais regiões de placas. Por fim, extrai-se a região da placa da imagem f_d por meio de abertura com base em atributo de retangularidade (ALVES; HASHIMOTO, 2010b). Na Figura 2, a seguir, é apresentado um exemplo da extração da região da placa.

2.2 Reconhecimento da placa

Após a extração da região da placa é realizada a etapa de reconhecimento da placa, a qual é composta de duas subetapas, a extração de placas candidatas e a validação da placa. Sendo utilizada, na primeira subetapa, a busca por *templates* para criar um conjunto ζ de placas candidatas; e na segunda é definida a placa reconhecida por meio de heurísticas.

2.2.1 Base de conhecimento

Antes de criar o conjunto ζ de placas candidatas, foi construída uma base de conhecimento de caracteres de placas para serem utilizados posteriormente na busca por *templates*. A base de conhecimento foi construída a partir da base de imagens catalogada e disponibilizada no *site* do Laboratório

de Processamento de Sinais e Imagens do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (LABORATÓRIO DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE SINAIS E IMAGENS, 2010). A base foi construída utilizando 57 imagens de veículos sob diversas condições. Essas imagens foram subdivididas em dois grupos, um com as imagens de treinamento; e outro, com as de teste. A partir das imagens de treinamento foi construído um conjunto de imagens *templates* Q de forma que os *templates* $q \in Q$ estão rotulados de A-Z e 0-9. No total, foram extraídos 198 imagens de *templates*, de 29×19 pixels, como mostrado na Figura 3.

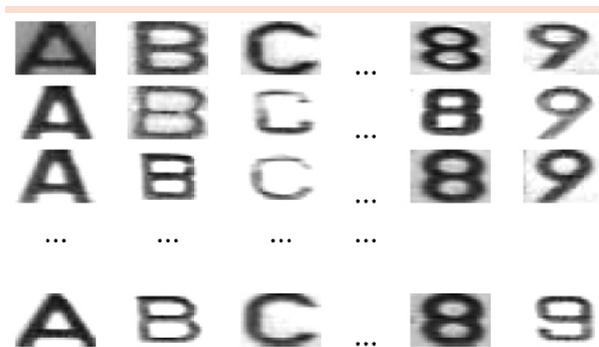


Figura 3: Exemplos de imagens de *templates* que compõem a base de conhecimento



Figura 2: Exemplos de imagens geradas na etapa de extração da região da placa

(a) imagem de entrada f_i ; (b) imagem binária f_b ; (c) imagem f_c produzida após a abertura com base em atributos; (d) imagem f_d após a aplicação da dilatação que forma as potenciais regiões de placas; (e) imagem obtida após a seleção da região da placa na imagem f_d por meio de abertura por retangularidade; (f) imagem com a região da placa extraída.

Depois da construção do conjunto Q , foi realizada uma busca exaustiva com intuito de encontrar limiares correspondentes para cada classe de caractere. Esses valores caracterizam-se por números de ponto flutuante entre 0 e 1, que corresponde ao valor de correlação esperado para determinar a região como candidato a um caractere.

2.2.2 Extração de placas candidatas

Para formar o conjunto ζ de placas candidatas, utilizou-se a busca por *template* para gerar as possíveis placas candidatas. A busca por *template* é um método que extrai informações de uma imagem f , e de uma imagem *template*, q , a fim de verificar a presença do padrão q na imagem f . Assim como em outros processos de reconhecimento de padrões, a busca por *template* utiliza alguma medida de similaridade para detectar a presença de instâncias do *template* q na imagem analisada f (KIM; ARAÚJO, 2007). Neste trabalho, o coeficiente de correlação foi usado como medida de similaridade. A busca por *template* é aplicada em cada *pixel* da região da placa f_d , utilizando os *templates* de uma dada classe de caracteres C , presentes em Q , da seguinte forma:

$$\begin{aligned}
 F_1(x, y) &= \sum_{i=0}^W \sum_{j=0}^H (f_d(x+i, y+j) - f_m), \\
 T_1 &= \frac{1}{|C|} \sum_{i=0}^W \sum_{j=0}^H \sum_{q \in C} (q(i, j) - q_m), \\
 F_2(x, y) &= \sum_{i=0}^W \sum_{j=0}^H (f_d(x+i, y+j) - f_m)^2, \\
 T_2 &= \frac{1}{|C|} \sum_{i=0}^W \sum_{j=0}^H \sum_{q \in C} (q(i, j) - q_m)^2, \\
 [CC(f_d, C)](x, y) &= \frac{F_1(x, y) \cdot T_1}{\sqrt{F_2(x, y) \cdot \sqrt{T_2}}},
 \end{aligned}$$

(1)

em que x e y representam os índices de linha e coluna da imagem f_d ; i e j representam os índices de linha e coluna do *template* q ; f_m é a média dos níveis de cinza da imagem f_d sobre a região em análise; q_m é a média dos níveis de cinza dos *templates* do conjunto $C \subset Q$; W e H são, respectivamente, a largura e a altura da região do *template* $q \in C$. Assim, a busca por *template* é aplicada em cada *pixel* da região da placa da imagem f_d , utilizando cada classe de caractere presente em Q . Cada *pixel* que tiver o valor de correlação igual ou superior ao limiar estabelecido para sua classe é selecionado para compor a placa candidata. Dessa forma, é construído o conjunto das placas candidatas ζ com todas as possíveis placas que podem ser formadas a partir dos caracteres selecionados.

2.2.3 Validação da placa

Esta etapa tem como finalidade selecionar a melhor placa presente ζ por meio de heurísticas. A primeira validação realizada consiste na verificação do caractere encontrado mediante sua localização, ou seja, os primeiros três *templates* selecionados precisam ser de classes do tipo letra. Do mesmo modo, os quatro últimos *templates* selecionados precisam ser de classes do tipo número. O principal objetivo é reduzir a confusão que normalmente ocorre entre “B” e “8”, “I” e “1”, “O” e “0”. A segunda validação é a seleção dos *templates* sobrepostos. Para determinar se os *templates* estão sobrepostos, calcula-se a distância Euclidiana entre eles. Caso haja sobreposição, escolhe-se o rótulo do *template* de máxima correlação. Na Figura 4, é apresentado o resultado da aplicação do método proposto em algumas imagens utilizadas para criar a base de *templates*.

O método proposto reconheceu 86% das 29 imagens utilizadas para o treinamento. Assim, dos 203 caracteres presentes nas 29 placas, 195 foram corretamente reconhecidos, ou seja, houve 96% de acerto.

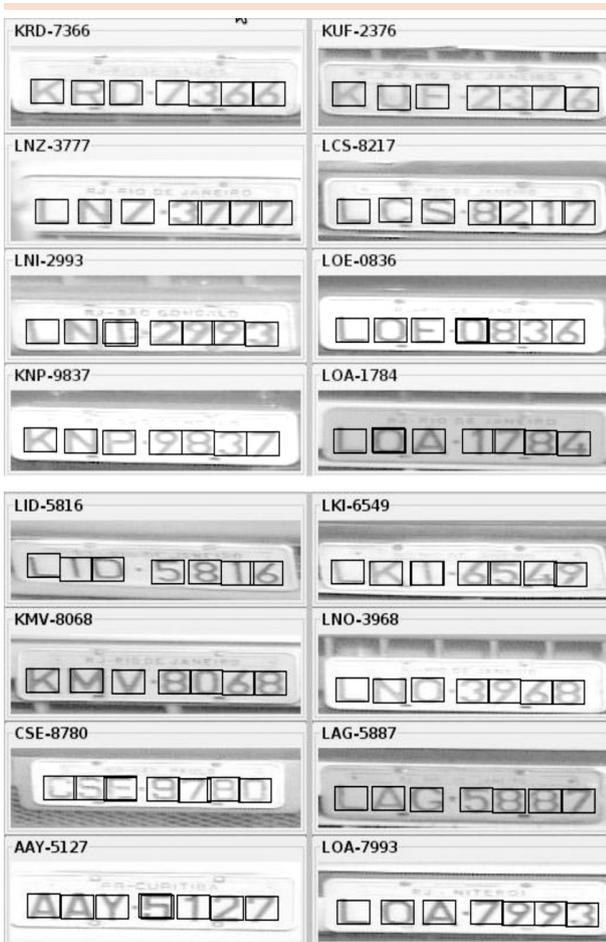


Figura 4: Exemplos da aplicação do método proposto em algumas imagens utilizadas para criar a base de *templates*

3 Experimentos e resultados

Para avaliar o método proposto, foram utilizadas as 28 imagens do conjunto de teste. Assim como ocorre em outros métodos semelhantes, o método proposto foi avaliado com base nas taxas de acertos e de precisão (FAWCETT, 2006). A taxa de acertos pode ser definida como a razão entre o número de detecções efetuadas corretamente pelo algoritmo (verdadeiros positivos) e o total de instâncias do *template* que aparecem nas imagens analisadas. Já a precisão é a razão entre o número de detecções corretas e o total de instâncias detectadas.

A avaliação foi realizada sob três aspectos: (1) a extração da região da placa, (2) reconhecimento dos caracteres da placa e (3) reconhecimento da placa. No aspecto da extração da região da placa o método proposto extraiu corretamente 25 de um total de 28 placas, obtendo assim, uma taxa de acertos de 89% e uma taxa de precisão de 100%. Levando em consideração o aspecto do reconhecimento dos caracteres, o método proposto reconheceu 173 de um total de 175 caracteres das 25 placas extraídas, chegando a uma taxa de acertos de 88%, e precisão de 98%. Por fim, sob o aspecto do reconhecimento da placa, a abordagem proposta reconheceu corretamente 22 das 25 placas extraídas, obtendo 78% de acertos; e 88%, de precisão. Na Tabela 1, estão sumarizados os resultados do método proposto, considerando as imagens do conjunto de testes.

Tabela 1: Resultados obtidos pelo método proposto

	Taxa de acerto	Taxa de precisão
Extração de região da placa	89%	100%
Reconhecimento dos caracteres	88%	98%
Reconhecimento da placa	78%	88%

Cabe ressaltar que não foi possível comparar os resultados do método proposto com os de outros métodos, uma vez que não foram encontradas na literatura avaliações de métodos semelhantes empregando a base de placas considerada neste trabalho.

Na Figura 5, são apresentadas algumas imagens resultantes da aplicação do método proposto.

4 Conclusão

Neste trabalho, foi apresentado um método para localização e reconhecimento de placas de



Figura 5: Exemplos da aplicação do método proposto. (a) imagens de entrada; (b) imagens obtidas após etapa de extração da região da placa; (f) imagens mostrando as placas segmentadas e reconhecidas.

licenciamento veicular composto por duas etapas principais: (1) extração da região da placa e (2) reconhecimento da placa. Nos experimentos aqui apresentados o método proposto obteve um bom desempenho, uma vez que 89% das imagens tiveram suas placas extraídas corretamente, 88% dos caracteres das placas foram reconhecidos e 78% das placas foram corretamente identificadas. Esses resultados evidenciam que a abordagem proposta pode ser uma boa alternativa para aplicações que envolvam o problema de reconhecimento de placas de licenciamento.

Em trabalhos futuros, pretende-se melhorar a abordagem proposta para extração da região da placa com o uso de novos operadores morfológicos, bem como aplicar o método em

outras bases de imagens com intuito de comparar seus resultados com os de outros métodos propostos na literatura.

Referências

ALVES, W. A. L.; HASHIMOTO, R. F. Classification of regions extracted from scene images by morphological filters in text or non-text using decision tree. In: 18th INTERNATIONAL CONFERENCE IN CENTRAL EUROPE ON COMPUTER GRAPHICS, VISUALIZATION AND COMPUTER VISION – WSCG 2010 *Proceedings...*, Plzen, Czech Republic: Vaclav Skala – Union Agency, 2010a.

ALVES, W. A. L.; HASHIMOTO, R. F. Text regions extracted from scene images by ultimate attribute opening and decision tree classification. *Graphics, Patterns and Images, SIBGRAPI Conference on*, p. 360-367, 2010b.



- ARAÚJO, V. P. de; et al. Automatic plate detection using genetic algorithm. In: THE 6TH WSEAS INTERNATIONAL CONFERENCE ON SIGNAL, SPEECH AND IMAGE PROCESSING, p. 43-48, Stevens Point, Wisconsin, USA. *Proceeding...* Wisconsin, USA: World Scientific and Engineering Academy and Society (WSEAS), 2006.
- DOUGHERTY, E. R.; LOTUFO, R. A. *Hands-on morphological image processing*. Bellingham, WA: SPIE Press, 2003.
- FAWCETT, T. An introduction to ROC analysis. *Pattern Recognition Letters*, v. 27, n. 8, p. 861-874, 2006.
- HE, X. et al. Segmentation of characters on car license plates. In: MULTIMEDIA SIGNAL PROCESSING, MMSP, IEEE 10TH, 2008, October 8-10, Cairns, Queensland. *International workshop on...* Cairns, Queensland, Australia: MMSP, 2008. p. 399-402.
- HUANG, R.; TAWFIK, H.; NAGAR, A. License plate character recognition based on support vector machines with clonal selection and fish swarm algorithms. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER MODELLING AND SIMULATION, 25-27 March, 2009, Cambridge. *Proceedings of the UKSim'11* Cambridge, UK: University, Emmanuel College, 2009, p. 101-106.
- JI-YIN, Z. et al. License plate recognition based on genetic algorithm. In: Computer Science and Software Engineering, 2008, Wuhan, International Conference on... Wuhan, Hubei, China: CSSE, p. 965-968, 2008.
- KASAEI, S.; KASAEI, S.; E MONADJEMI, S. A novel morphological method for detection and recognition of vehicle license plates. *American Journal of Applied Sciences*, p. 2066-2070, 2009.
- KIM, H. Y.; ARAÚJO, S. A. de. Grayscale template-matching invariant to rotation, scale, translation, brightness and contrast. In: THE 2ND PACIFIC RIM CONFERENCE ON ADVANCES IN IMAGE AND VIDEO TECHNOLOGY, PSIVT'07, p. 100-113, Berlin, Heidelberg. *Proceedings...* Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2007.
- KIM, K.-B.; KIM, D. S. Recognition of car license plates using morphological information and som algorithm. *JACIII*, v. 8, n. 4, p. 385-389, 2004.
- KWASNICKA, H.; WAWRZYNIAK, B. License plate localization and recognition in camera pictures. In: 3rd SYMPOSIUM ON METHODS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE, Nov. 13-15, 2002, Gliwice. Gliwice, Poland: Artificial Intelligence Methods, 2002.
- LABORATÓRIO DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE SINAIS E IMAGENS - Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (LPDSI/CBPF). Base de Imagens de Veículos Brasileiros, 2010. Disponível em: <<http://www.cbpf.br/cat/lpdsi/lpr/index.html>>. Acesso em: out. 2010.
- LOTUFO, R.; MORGAN, A.; JOHNSON, A. Automatic number-plate recognition. In: IMAGE ANALYSIS FOR TRANSPORT APPLICATIONS, IEE Colloquium on, 1990, London, *Colloquium on...* London, UK, 1990.
- MAHINI, H. et al. An efficient features – based license plate localization method. In: 18TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON PATTERN RECOGNITION, v. 02, ICPR '06, p. 841-844, Washington, DC. *Proceedings of the...* Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 2006.
- MATOS, L.; PASSOS, Y. T. dos; MACIEL, R. Detecção de placas de licença veicular utilizando segmentação por texturas. In: WORKSHOP DE VISÃO COMPUTACIONAL, 4, 2008, Bauru. *Anais...* Bauru, P: WVC'8, 2008.
- MOHSIN, A.; HASSIN, A. H.; E ABDUL JALEEL, I. Q.. An automatic recognizer for iraqi license plates using ELMAN neural network. *Journal of Software Engineering and Applications*, p. 1163-1166, 2010.
- OTSU, N. A threshold selection method from graylevel histograms. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, v. 9, p. 62-66, 1979.
- SETCHELL, C. Applications of computer vision to road-traffic monitoring. Thesis (PhD)– Department of Computer Science, University of Bristol, 1997.
- SIRITHINAPHONG, T.; CHAMNONGTHAI, K. The recognition of car license plate for automatic parking system. In: SIGNAL PROCESSING AND ITS APPLICATIONS, 1999, v. 1, p. 455-457. ISSPA'99, Brisbane. *Proceedings of the Fifth International Symposium on...* Brisbane, Australia: ISSPA'99, 1999.
- SOILLE, P. *Morphological image analysis: principles and applications*. Secaucus, NJ, USA: Springer-Verlag New York, Inc., 2003.

Recebido em 7 jul. 2011 / aprovado em 24 out. 2011

Para referenciar este texto

ALVES, W. A. L. et al. Uma abordagem para localização e reconhecimento de placas de licenciamento veicular por meio de operadores morfológicos e busca por *template*. *Exacta*, São Paulo, v. 9, n. 3, p. 355-362, 2011.