



Exacta

ISSN: 1678-5428

exacta@uninove.br

Universidade Nove de Julho

Brasil

Luz Alves, Wonder Alexandre; Sousa Abreu, Danilo de; Alves de Araújo, Sidnei; Henriques Librantz, André Felipe

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

Exacta, vol. 9, núm. 3, 2011, pp. 355-362

Universidade Nove de Julho

São Paulo, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81021140008>

- Como citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

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 ótico 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.



1 Introdução

O reconhecimento de placas de licenciamento (*License Plate Recognition* – LPR) em imagens e vídeo é um problema importante em visão computacional que está presente em muitas aplicações, tais como controle de tráfego (SETCHELL, 1997), controle de caixa em estacionamento (SIRITHINAPHONG; CHAMNONGTHAI, 1999), entre outras (KWASNICKA; WAWRZYNIAK, 2002; MAHINI et al. 2006; MOHSIN et al., 2010). Consequentemente, muitas metodologias foram desenvolvidas e propostas ao longo das últimas décadas (MOHSIN et al., 2010; KASAEI et al. 2009, MAHINI et al. 2006; KIM; KIM, 2004; KWASNICKA; WAWRZYNIAK, 2002; LOTUFO et al., 1990) para a localização e o reconhecimento de placas de licenciamento veicular em imagens e vídeos.

A despeito de tais estudos, ainda não é fácil projetar um método geral de LPR. Isso ocorre porque existem muitas variações que tornam o problema de LPR difícil, uma vez que as imagens contendo a placa de licenciamento veicular podem apresentar diversas variações em relação aos modelos das placas e as condições de tempo e iluminação. Além disso, pode haver situações de oclusão devido a defeitos físicos ou problemas de posicionamento da placa (KWASNICKA; WAWRZYNIAK, 2002; KASAEI et al., 2009; MOHSIN et al., 2010). De forma geral, o problema de LPR pode ser composto por três subproblemas: (1) localização da placa, (2) segmentação dos caracteres da placa e (3) reconhecimento da placa.

Dadas essas considerações, diversas técnicas vêm sendo empregadas com frequência nos subproblemas de LPR. Métodos, como, por exemplo, operadores morfológicos (KASAEI et al., 2009; ARAÚJO et al., 2006); análise de regiões conectadas (KWASNICKA; WAWRZYNIAK, 2002), análise por textura (MATOS et al., 2008), vêm

sendo utilizadas no subproblema de localização de placa. No subproblema de segmentação dos caracteres da placa, são utilizadas as técnicas de projeção horizontal (HE et al., 2008), filtro homomórfico (ARAÚJO et al., 2006), entre outras. Por fim, no subproblema de reconhecimento da placa, têm-se utilizado busca por *template* (KASAEI et al., 2009), máquina de suporte vetorial (HUANG et al., 2009), redes neurais artificiais (JI-YIN et al., 2008), entre outras técnicas de reconhecimento de padrões.

Neste trabalho, é proposto um método para localizar e reconhecer placas de licenciamento de veículos em imagens, por meio de operadores morfológicos e busca por *template*. Primeiramente, extrai-se a região da placa na imagem de entrada, depois se utiliza a busca por *template* para o reconhecimento dos caracteres da placa e, por fim, utilizam-se heurísticas para determinar a placa reconhecida.

O restante deste trabalho está organizado da seguinte forma: na Seção 2 é apresentada a abordagem proposta para localização e reconhecimento de placas de licenciamento veicular. Na Seção 3, são descritos os experimentos realizados para validar o método proposto. E, finalmente, na Seção 4, são apresentadas as conclusões e algumas sugestões para continuidade deste estudo.

2 Método proposto

O método proposto consiste em duas etapas principais (ver Figura 1), sendo: (1) extração da região da placa e (2) reconhecimento da placa. Na primeira etapa, Seção 2.1, o objetivo é extrair a região da placa na imagem de entrada, por meio de uma combinação de operadores morfológicos. Na próxima etapa, Seção 2.2, é realizado o reconhecimento dos caracteres presentes na região da placa, para depois determinar o resultado do reconhecimento da placa, utilizando heurísticas,

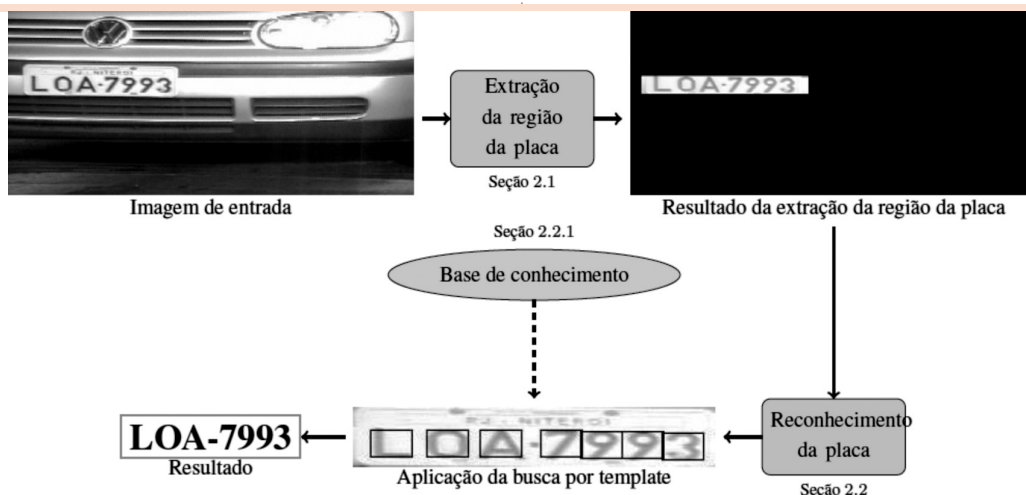


Figura 1: Visão geral do método proposto

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_i , 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_i , 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 *template* 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.

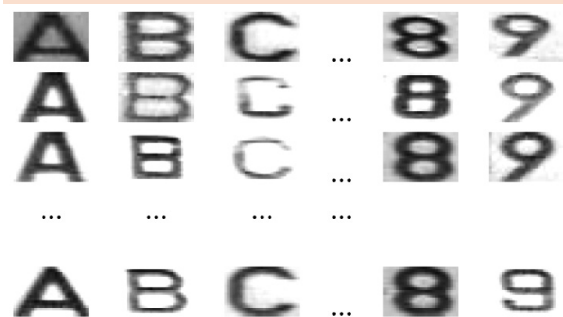


Figura 3: Exemplos de imagens de *templates* que compõem a base de conhecimento



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

(a) imagem de entrada f ; (b) imagem binária f_b ; (c) imagem f_a 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.

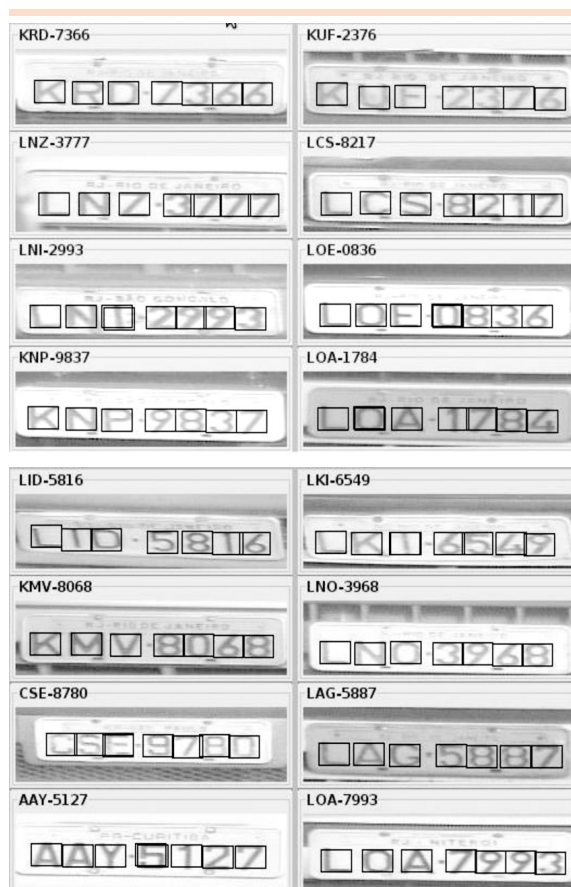


Figura 4: Exemplos da aplicação do método proposto em algumas imagens utilizadas para criar a base de *templates*

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.