

SIAV - UM SISTEMA DE IDENTIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE VEÍCULOS

FERNANDO P. COELHO DE SOUZA, A. SUSIN

Laboratório de Processamento de Sinais e Imagem, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Porto Alegre, RS, BRAZIL

E-mails: paladino@iee.ufrgs.br, suzim@iee.ufrgs.br

Resumo— O trabalho apresenta um sistema de identificação automática de veículos e suas aplicações. As imagens capturadas são processadas à procura de variações padronizadas de intensidade para acelerar o processo de binarização local adaptativa e aumentar a velocidade final de processamento e análise. Um algoritmo de procura por dígitos é empregado e um sistema de decisão, em função do número de caracteres encontrados, é usado para variar, ou não, o limiar da etapa de binarização, conferindo maior robustez na localização da placa e segmentação correta dos caracteres nela contidos. Duas redes neurais *feedforward* com algoritmo de treinamento *error back-propagation* são utilizadas para leitura, uma para as letras e outra para os algarismos.

Abstract— This paper presents an automatic vehicle identification (AVI) system and its applications. The AVI system uses CCD cameras to acquire traffic images that are processed searching for image tonal patterns to speed up the local adaptive binarization and to optimize analysis time. An algorithm looks for digits and a decision system based on the number of characters found is used to set up the binarization threshold: this gives more robustness to plate location and characters segmentation. Two feedforward neural networks with back propagation learning technique are used, one for letters and the other for digits.

Keywords— image processing, artificial vision system, automatic identification system.

1 Introdução

A identificação automática de veículos é uma importante aplicação de sistemas de visão artificial [1]. O sucesso no desenvolvimento de sistemas nesta área envolve processamento de sinais e técnicas de inteligência artificial. Em sistemas típicos, o processamento de sinais é usado para tarefas de baixo nível, como realce de bordas, filtros, etc. As técnicas de inteligência artificial, por sua vez, são usadas para tarefas de alto nível, onde permitem uma interpretação das características extraídas pela etapa anterior [2]. O objetivo deste tipo de sistema é localizar e reconhecer os caracteres contidos numa placa de licença de um veículo.

Um sistema de identificação automática de veículos (SIAV) é composto por: uma câmera, uma placa de aquisição de vídeo, um computador e um software para análise da imagem e reconhecimento de caracteres. O sistema é acionado por um sinal externo proveniente de um sensor (*loop* magnético, infravermelho, piezoelétrico, etc.) e, então, adquire, armazena e analisa a imagem do veículo com o propósito de localizar e reconhecer a placa [1].

Algumas aplicações deste tipo de sistema são:

- Medição e planejamento do fluxo de tráfego;
- Controle de pedágios e estacionamentos;
- Identificação de veículos infratores e em situação irregular;

A tarefa de identificação de um veículo normalmente é dividida em duas etapas [1,3]:

- a) encontrar e localizar a placa de licença; e
- b) reconhecer a informação nela contida (letras e números).

2 Localização da placa

A localização da placa é feita em duas fases. Na primeira, um algoritmo de análise por variação tonal [4] efetua uma busca em toda a imagem à procura de linhas horizontais que possuam um padrão tonal diferente do restante da mesma (Fig.1). Este padrão de variação é um tipo de “assinatura” [5] facilmente reconhecível que permite, em condições apropriadas de iluminação, um bom desempenho do algoritmo.

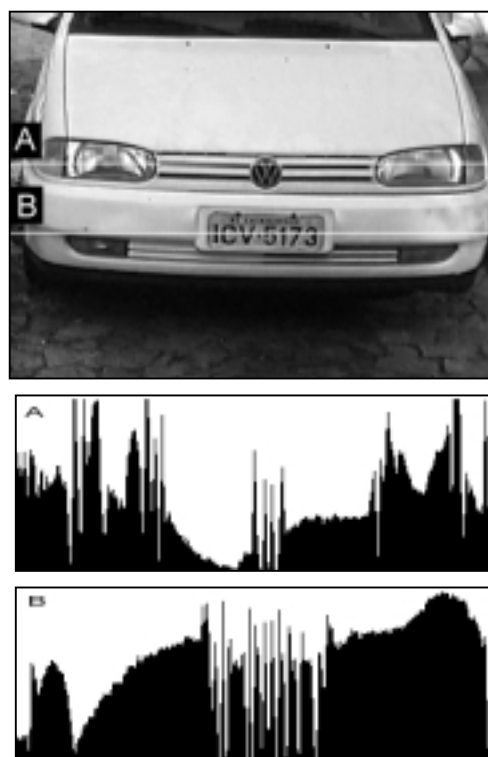


Figura 1 – Análise por variação tonal

O objetivo desta primeira análise é restringir a área que será processada pela etapa posterior à uma janela de 120×50 pixels centrada na placa. Caso não seja encontrada nenhuma placa nesta fase, toda a imagem será processada pela próxima etapa.

Na segunda fase, a região encontrada é binarizada para ser analisada por um algoritmo de procura e verificação de dígitos. A área da placa poderá estar submetida a diferentes tipos de iluminação, portanto, a escolha adequada do algoritmo de binarização é fundamental para o bom desempenho do sistema. A binarização *Niblack* [6] foi comparada com outros 11 tipos de binarização local adaptativa, no contexto de reconhecimento de caracteres, e obteve os melhores resultados [7]. Por este motivo ela é utilizada na literatura [1] e no sistema desenvolvido. A segunda fase é dividida em três etapas:

2.1 Binarização *Niblack*

O algoritmo de binarização *Niblack* calcula para cada *pixel* da imagem a média (μ) e o desvio padrão (σ) da vizinhança em torno dele, e a seguir, compara o valor do *pixel* analisado com o limiar $T(x,y)$ (1). Se o valor do *pixel* for maior que $T(x,y)$, ele é considerado pertencente ao fundo, caso contrário, é considerado pertencente à algum objeto.

$$T(x, y) = -\alpha \cdot \sigma(x, y) + \mu(x, y) \quad (1)$$

Como podemos notar em (1), o valor α controla a influência do desvio padrão sobre a média da janela. Para uma mesma imagem, uma mudança no valor α representa uma mudança no valor do limiar da etapa de binarização, variando a imagem resultante do algoritmo. Na literatura pesquisada, o valor de α é fixo em 0,2 e a janela utilizada é de 15×15 pixels [1]. O tempo de processamento da rotina de binarização com uma janela quadrada de 15 pixels, em uma imagem de dimensões 320×240 pixels com uma plataforma PC 400 MHz e 64 MB RAM, é de aproximadamente 9s. Por este motivo é sugerida uma pequena modificação para sua utilização no sistema desenvolvido [8].

2.2 Algoritmo de busca por dígitos

Uma vez que a imagem tenha sido binarizada, o algoritmo de busca por dígitos [9] faz a análise da imagem resultante em três estágios (figura 2).

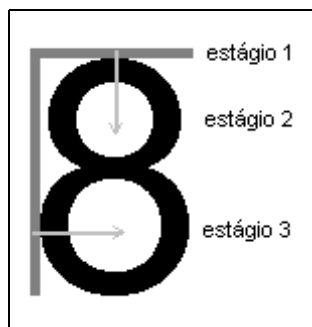


Figura 2 – Estágios da procura por dígitos

Estágio 1: No primeiro estágio, a imagem é analisada a procura de uma região, com o formato de um L invertido, cujos pixels nela contidos estejam todos em branco.

Estágio 2: Uma barra horizontal é deslocada, de cima para baixo da região, até encontrar o início e o término do elemento.

Estágio 3: Uma barra vertical é deslocada, da esquerda para a direita da região, até encontrar o início e o término do elemento.

Se as dimensões verticais e horizontais estiverem dentro de um conjunto de dimensões esperadas o elemento é considerado válido. É importante salientar que não serão considerados válidos caracteres interligados, ou conectados às extremidades da placa. A binarização deve, portanto, separar corretamente os caracteres, e estes das bordas das placas, para possibilitar sua localização.

2.3 Algoritmo de verificação de grupos válidos

Uma vez encontrados os dígitos é necessário verificar se estes formam um grupo válido que possa ser considerado como placa de um veículo. Os dígitos são analisados conforme sua disposição espacial e dimensão relativa. Nesta etapa é procurado um grupo de no mínimo 6 dígitos para facilitar a localização da placa, uma vez que a posição do sétimo dígito pode ser inferida das distâncias entre os outros. Caso não seja encontrado um grupo com as características descritas, o valor do limiar α da etapa de binarização é incrementado e um novo ciclo (binarização – procura por dígitos – verificação de grupos válidos) é executado até que se encontre um grupo válido ou que o limiar α chegue a um valor limite.

O resultado final e as etapas de localização podem ser vistos nas figuras 3, 4 e 5. Na figura 3 é apresentada a imagem de um carro com 320×240 pixels e 256 tons de cinza. Na figura 4 é apresentado o resultado da etapa de binarização sobre a placa da figura 3. O retângulo maior (120×50 pixels), na figura 5, é o provável local da placa, resultante da primeira análise por variação tonal. Na mesma figura, um retângulo em branco assinala o local encontrado e os pequenos retângulos em preto indicam os dígitos encontrados e suas dimensões.



Figura 3 – Imagem original com distribuição não homogênea de luz sobre a superfície da placa.

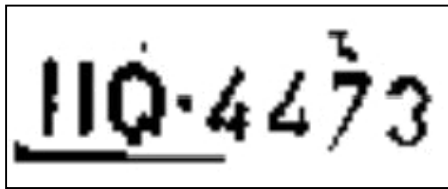


Figura 4 – Resultado da binarização adaptativa



Figura 5 – Resultado da etapa de localização da placa

3. Segmentação e redimensionamento dos caracteres

Uma vez encontrado o provável local da placa, é efetuada uma operação de *contrast stretching*, expandindo o histograma da imagem. A seguir, uma nova binarização *Niblack*, porém não modificada, é feita. Este procedimento consegue recuperar placas com um baixo contraste entre o fundo e os caracteres [10] e permite uma melhor segmentação dos mesmos (figura 6).

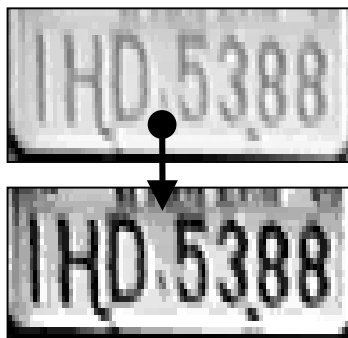


Figura 6 – Aplicação da técnica de *Contrast stretching*.

Os caracteres encontrados são extraídos da imagem através de uma técnica de segmentação por similaridade. Um conjunto de heurísticas, relativas às dimensões encontradas, é empregado para eliminar parte do ruído existente (figura 7).



Figura 7 – Resultado do processo de segmentação dos caracteres encontrados.

Os caracteres têm suas dimensões alteradas para serem apresentados à rede neural. Como a rede foi projetada para receber caracteres de dimensões 15x15 *pixels*, a proporção entre a dimensão vertical

do caracter e a dimensão utilizada na rede é usada para modificar as dimensões do mesmo. Um caracter de dimensões 10x20 possui um fator de proporção de $20/15 = 1.33$, a altura do caracter redimensionado será alterada para 15 *pixels* e a largura ficará $10/1.33 \cong 8$ *pixels*.

4. Reconhecimento dos caracteres

Uma topologia de rede neural *feedforward* utilizando o algoritmo de treinamento *error back-propagation* para treinamento foi escolhida devido a sua simplicidade de uso, e ao limitado, e conhecido, número de classes da aplicação em questão. Foram desenvolvidas duas redes distintas, uma para os caracteres e outra para os algarismos, com 255x26x26 e 255x10x10 neurônios nas camadas de entrada x e scondida x saída, respectivamente.

O treinamento foi feito com amostras reais dos caracteres, segmentadas e redimensionadas pelo próprio sistema. Os caracteres foram selecionados de acordo com seu aspecto visual e apresentados à rede.

5. Resultados

O sistema foi testado com um conjunto de 500 imagens e comparado com uma versão demonstrativa de um software comercial israelense - *See/Car Hi-Tech Solutions* – disponível pela internet no site <http://www.htsol.com>. As imagens utilizadas nos testes possuem as seguintes propriedades:

- 256 tons de cinza e dimensões de 320x240 *pixels*;
- Dimensões das placas entre 70x20 e 120x40 *pixels*;
- Imagens da frente e traseira dos veículos com distribuição homogênea e heterogênea de luz sobre a superfície da placa;

Os resultados são mostrados na tabela 1, onde A é a taxa de sucesso na localização das placas e B a taxa de sucesso na segmentação correta dos 7 caracteres contidos nas placas.

	Localização (A)	Segmentação (B)
SIAV	97.7%	91.3%
See/Car	76.2%	64.6%

Tabela 1 – Resultados comparativos

Outros resultados:

83,6 % de sucesso na localização das placas com o algoritmo de análise por variação tonal;

37,5 % de sucesso no reconhecimento correto das placas (os 7 caracteres reconhecidos corretamente);

81,3 % de sucesso no reconhecimento individual dos caracteres;

Os dois sistemas foram testados com o mesmo banco de imagens. Pelos resultados apresentados pode-se deduzir que o sistema *See/Car* baseia-se apenas e um algoritmo de busca por variação tonal para localização da placa. Esta hipótese explica o baixo tempo de processamento, em torno de 100 ms por imagem, e mostra que a utilização deste algoritmo somente, não é suficiente para uma aplicação mais exigente.

6. Conclusão

Foi apresentado um sistema de identificação automática de veículos que possui uma boa performance e ambientes com diferentes tipos de iluminação sobre a superfície da placa. O sistema faz uso de um algoritmo de análise por variação tonal para acelerar a etapa de localização de dígitos, reduzindo o tempo de processamento do sistema que é dependente da complexidade da imagem analisada; entre 1.4s e 130s (K6-2 400MHz e 64 MB RAM). A utilização de um limiar variável no algoritmo de binarização local adaptativa, não encontrado em nenhum dos sistemas estudados, garante uma grande flexibilidade do sistema em relação aos diferentes tipos de iluminação encontrados no banco de teste. O *software* demonstrativo encontra-se disponível na página do laboratório <http://www.iee.ufrgs.br/iee/siav.htm>.

A baixa taxa de acertos no reconhecimento dos caracteres, deve-se, entre outras coisas, ao deficiente banco de amostras utilizado no seu treinamento. Estão sendo feitos esforços para a formulação de um banco de dados apropriado e uma descrição mais eficiente dos caracteres para a rede. A implementação dos algoritmos utilizados no *software* desenvolvido não foi otimizada, sendo possível reduzir consideravelmente o tempo de processamento. Existe a possibilidade de se desenvolver um *hardware* dedicado para reduzir o tempo gasto pelas rotinas críticas; os estudos estão em andamento.

7. Referências Bibliográficas

- [1] Coetzee C., Botha C., Weber D., PC Based Number Plate Recognition System, *Proceedings of IEEE International Conference on Industrial Electronics* 1998.
- [2] Lim S. J., Two-Dimensional Signal and Image Processing, *Prentice Hall PTR*, p. 412
- [3] Kertész A., Kertész V., Muller T., An On-Line Image Processing System For Registration Number Identification, *Proceedings of the 1994 IEEE International Conference on Neural Networks*, Orlando, FL, USA, Part 6 (of 7) p. 4145-4148.
- [4] Soh Y. S., Chun B. T., Yoon H. S., Design of Real Time Vehicle Identification System, *Proceedings of the 1994 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, San Antonio, TX, USA, Part 3 (of 3), p. 2147-2152
- [5] Barroso J., Rafael A., Dagless E. L., Bulas-Cruz J., Number plate reading using computer vision, <http://www.utad.pt/~jbarroso/html/isie97.html>, 7/07/1999.
- [6] Niblack W., An Introduction to Digital Image Processing, *Prentice Hall*, 1986, p.155-116
- [7] Trier O. D., Jain A. K., Goal-Directed Evaluation of Binarization Methods, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 17, No. 12, December 1995, p. 1191-1201
- [8] Coelho de Souza F. P., Susin A. A., Modificação no algoritmo de binarização Niblack para utilização em um Sistema de Identificação Automática de Veículos (SIAV), *SIDI 99, Seminário Interno do Departamento de Engenharia Elétrica - UFRGS*.
- [9] Draghici S., A Neural Network based artificial Vision System for License Plate Recognition , *International Journal of Neural Systems*, Vol. 8, No. 1 (February, 1997) p. 113-126.
- [10] Comelli, P.; Ferragina, P.; et al, Optical Recognition of motor vehicle license plates, *IEEE Transactions on Vehicular Technology* , vol. 44, No. 4, p. 790-799, November 1995.