

Localização de placas veiculares por varredura de bordas verticais

Amanda Cristine Damian e Giselle Lopes Ferrari

UFPR – Universidade Federal do Paraná
amanda.led@gmail.com
ferrari@eletrica.ufpr.br

Resumo – Aplicações computacionais automáticas de reconhecimento de caracteres tem se tornado uma ferramenta importante no ramo de aplicações de trânsito. Uma das etapas desses sistemas é a localização das placas dos veículos nas imagens. Nesse trabalho, foi utilizada a metodologia de localização de bordas verticais, que, se baseia no princípio de que a área da placa é uma região rica em altas frequências, portanto, é uma região de alta densidade de bordas. O sistema apresentou desempenho acima de 95%, em situação noturna e diurna, com dois tamanhos diferenciados de placas veiculares, inclusive em situações de inclinação.

Palavras-chave – Localização, placas, veículos, bordas, sobel.

1 Introdução

A utilização de sistemas computacionais para a leitura automática de placas de veículos é uma das ferramentas aplicadas em sistemas de monitoramento de tráfego, com o intuito de identificar automóveis infratores e/ou em situação irregular, planejamento e medição de fluxo da via, controle de pedágios e estacionamentos [1], entre outras aplicações. O objetivo desses sistemas é, em geral, otimizar o processo de avaliação das imagens capturadas, eliminando, na maioria dos casos, a necessidade de intervenção humana.

Uma das mais importantes partes que compõe um sistema OCR (Reconhecimento óptico de caracteres - *Optical Character Recognition*) é o algoritmo de localização de placas de veículos, pois a área da placa é o parâmetro de entrada para os algoritmos posteriores de segmentação e reconhecimentos dos caracteres. Para um ser humano, a tarefa de localização de uma placa em uma imagem é trivial, porém para um sistema computacional existem diversos fatores que podem dificultar a tarefa, tais como condições climáticas (neblina, sol, chuva), luminosidade natural ou a falta da mesma, sombras, reflexos, inclinações, diferentes tamanhos e cores de placas, estado de má conservação da placa, veículo em movimento entre outros.

Existem vários métodos para localização da placa de um veículo em uma imagem. Um das metodologias adotadas é varredura da imagem a procura de dígitos [1], porém tal método é sensível a inclinações significativas, já que a busca por dígitos procura por caracteres alinhados verticalmente. Outro método que pode ser destacado é o método por busca de variação tonal da placa, que se baseia na busca de linhas na imagem que possuem a característica de tons claros e tons escuros intercalados, que são o fundo e o caracter da placa [2]. Os dois métodos unidos citados acima foram utilizados em placas brasileiras com taxa de acerto de localização de placas de 97,7% [3]. Outra metodologia é a que se baseia em destaque de bordas verticais da imagem [4] [5], que é a técnica utilizada nesse trabalho, pois se pressupõe que é menos suscetível a inclinações da imagem, portanto, mais flexível nesse aspecto. O objetivo principal é verificar tal método em placas brasileiras.

2 Materiais e Métodos

O algoritmo desenvolvido para a localização de placas veiculares baseia-se no fato de que existem elementos de alta frequência presentes nas placas brasileiras. A junção do fundo da placa com cada um dos dígitos denota uma borda. Em geral, cada um dos dígitos possui uma altura maior do que sua própria largura, tornando as bordas verticais mais significativas na área da placa. Uma região de tamanho compatível com uma placa, e com um número de bordas verticais maior que certo limiar, representa uma área candidata à placa.

Nesse trabalho foram utilizadas imagens monocromáticas de tamanho 640x480 pixels em duas situações: placas veiculares de aproximadamente 120x40 pixels não inclinadas e placas de aproximadamente 90x30 pixels com inclinação.

O algoritmo pode ser dividido nas seguintes partes:

- Aumento de contraste da imagem;
- Aplicação de filtro passa-alta Sobel;
- Eliminação de bordas indesejáveis;
- Procura por regiões candidatas à placa.

2.1 Aumento de contraste da imagem

O aumento de contraste é importante, pois, em diversos casos, imagens com baixo contraste na área da placa podem ser adquiridas, tanto por características do sistema de captura, quanto por condições climáticas. Um contraste baixo ocasiona poucas bordas na área da placa, o que não é o desejável, visto que o método é baseado em contagem de bordas.

O algoritmo de aumento de contraste baseia-se em análise de desvios padrões e médias de regiões da imagem, com o intuito de aumentar o contraste somente em áreas que o necessitem, segundo a equação 1.

$$I'_{i,j} = S_0 / S_{W_{i,j}} (I_{i,j} - \bar{I}_{w_{i,j}}) + I_o \quad (1)$$

onde, $I'_{i,j}$ é a luminância de cada pixel na imagem com contraste, $I_{i,j}$ é a luminância de cada pixel na imagem original, $\bar{I}_{w_{i,j}}$ e $S_{W_{i,j}}$ são a média e o desvio padrão da janela $W_{i,j}$, respectivamente e I_o e S_0 são a média e o desvio padrão esperados, respectivamente.

Portanto, para cada pixel $P_{i,j}$, deve-se levantar o valor $S_{W_{i,j}}$ e $\bar{I}_{w_{i,j}}$ considerando sua vizinhança contemplada na janela $W_{i,j}$, onde $P_{i,j}$ encontra-se no centro da janela. O tamanho da janela $W_{i,j}$ foi especificado em 80x60 pixels ($N=80$ e $M=60$). Porém, computar tais valores para cada um dos pixels iria exigir um grande esforço computacional, portanto, foram levantados os valores de média e desvio padrão dos vértices de cada uma das janelas (8x8), e os valores restantes foram calculados através de interpolação binomial, segundo as equações 2 e 3.

$$\bar{I}_{w_{i,j}} = (1 - c_y)[(1 - c_x)\bar{I}_{Wa} + c_x\bar{I}_{Wb}] + c_y[(1 - c_x)\bar{I}_{Wc} + c_x\bar{I}_{Wd}] \quad (2)$$

$$S_{w_{i,j}} = (1 - c_y)[(1 - c_x)S_{Wa} + c_xS_{Wb}] + c_y[(1 - c_x)S_{Wc} + c_xS_{Wd}] \quad (3)$$

onde, $c_x = (j - Nn)/N$, $c_y = (i - Mm)/M$, $Mm \leq i \leq M(m + 1)$, $Nn \leq j \leq N(n + 1)$.

A Figura 1 apresenta o esquema de cálculo do desvio padrão e da média do pixel $P_{i,j}$, no qual utilizam-se os valores dos vértices da janela para o cálculo da interpolação binomial.

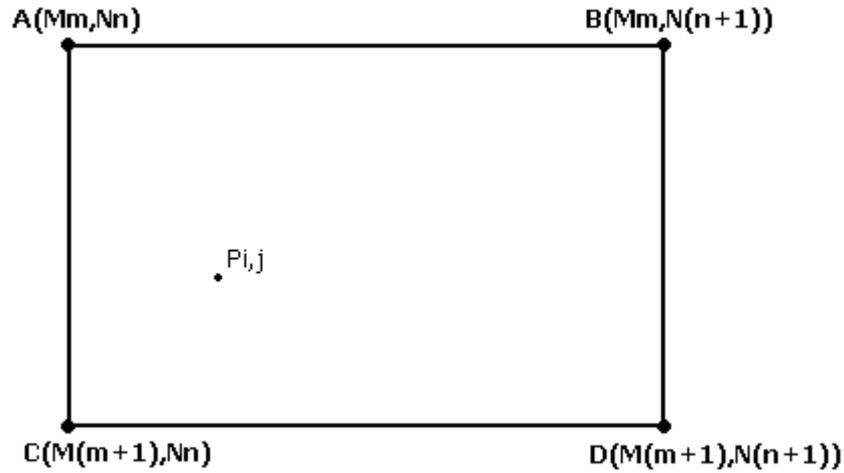


Figura 1- Esquema de cálculo do desvio padrão e média do pixel $P_{i,j}$ interno à janela de vértices ABCD, através de interpolação binomial.

Quando o desvio padrão de uma área é muito próximo de zero ou é alto o suficiente, tal área não deve receber contraste. Portanto, adota-se uma função $f(S_{w_{i,j}})$, apresentada na equação 4, para denotar o aumento de contraste de acordo com o desvio padrão da área. Para $S_{w_{i,j}} = 20$, a função $f(S_{w_{i,j}})$ terá um resultado de 3, que é o valor máximo, e para $S_{w_{i,j}} = 0$ ou $S_{w_{i,j}} \geq 60$ a função terá valor igual a 1. Com isso, a equação 1 pode ser reescrita pela equação 5. Adota-se $I_o = \bar{I}_{w_{i,j}}$ e S_0 uma constante independente do pixel $P_{i,j}$.

$$f(S_{w_{i,j}}) = \begin{cases} \frac{3}{\frac{2}{400}(S_{w_{i,j}} - 20)^2 + 1}, & \text{se } 0 \leq S_{w_{i,j}} < 20 \\ \frac{3}{\frac{2}{1600}(S_{w_{i,j}} - 20)^2 + 1}, & \text{se } 20 \leq S_{w_{i,j}} < 60 \\ 1, & \text{se } S_{w_{i,j}} \geq 60 \end{cases} \quad (4)$$

$$I'_{i,j} = f(S_{w_{i,j}})(I_{i,j} - \bar{I}_{w_{i,j}}) + \bar{I}_{w_{i,j}} \quad (5)$$

Na Figura 2(a) está ilustrada a imagem original de um veículo capturada pelo sistema de aquisição. Nesse caso, pode-se notar a falta de contraste, principalmente na região da placa. Na Figura 2(b) percebe-se o resultado da etapa de aumento de contraste, no qual o veículo aparece com melhores definições de borda e de caracteres da placa.



Figura 2 – Imagem original (a) e imagem com contraste aplicado (b).

2.2 Aplicação do filtro passa-alta

O filtro passa-alta utilizado foi um filtro Sobel vertical com valor de limiar de $3 * \overline{GradVert}$, ou seja, três vezes a média do gradiente vertical da imagem. O que possibilita um alto valor de limiar é a etapa de contraste aplicada anteriormente. A máscara utilizada pode ser vista em (6).

$$\begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (6)$$

A Figura 3 mostra o resultado da aplicação do filtro Sobel. Na imagem pode-se perceber as bordas do veículo, as bordas verticais dos caracteres e alguns ruídos remanescentes.



Figura 3 – Imagem após aplicação do filtro Sobel vertical.

2.3 Eliminação de bordas indesejáveis

Essa etapa tem como objetivo a eliminação das bordas longas, que não podem ser consideradas partes de possíveis caracteres de uma placa, bem como as bordas muito pequenas, que caracterizam ruídos remanescentes. Para isso, varre-se a imagem em quatro sentidos, como pode ser visto na Figura 4. Finalmente, em uma quinta varredura, ocorre o processo de eliminação das bordas.

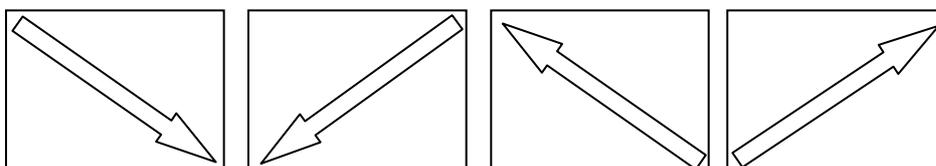


Figura 4 – Sentido das quatro varreduras executadas na imagem.

Nas quatro primeiras varreduras (nos quatro sentidos), é realizada a acumulação de bordas através da observação dos pixels vizinhos, de acordo com a Figura 5. Se o pixel $P_{i,j}$ a ser varrido tem valor 1 (ou seja, borda presente), verifica-se o máximo valor dos pixels imediatamente vizinhos e soma-se 1. Se nenhum dos pixels vizinhos imediatos tem valor maior que zero, verifica-se o máximo valor dos pixels vizinhos não imediatos, e soma-se 1. O processo é realizado para cada pixel de forma que ao final de cada varredura o último pixel de uma borda (sendo que a definição do último pixel depende do sentido da varredura) terá o valor total do comprimento de uma borda, em pixels.

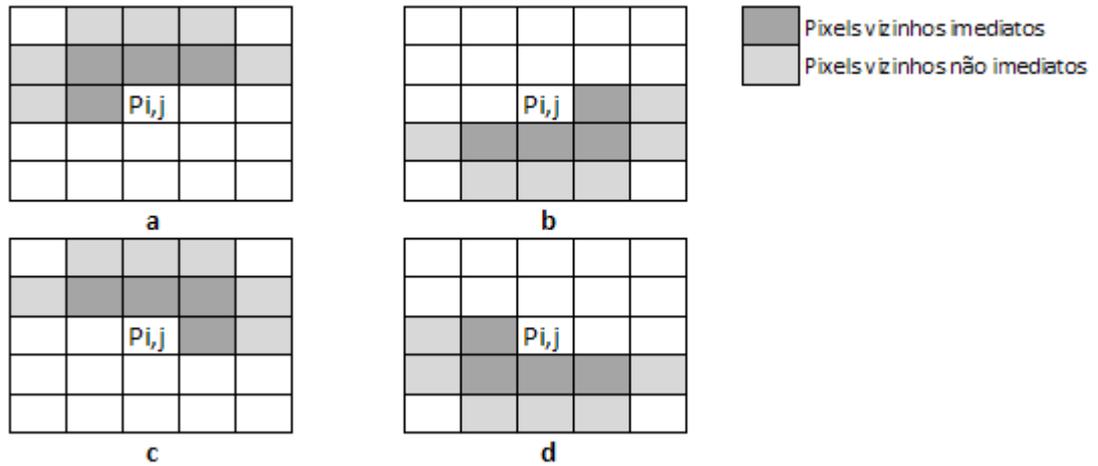


Figura 5 – Varredura de cima para baixo e da esquerda para a direita (a) de baixo para cima e da direita para esquerda (b) de cima para baixo e da direita para esquerda (c) e de baixo para cima e da esquerda para direita (d)

Após a varredura nos quatro sentidos, somam-se os valores de acordo com a Figura 6. Se a soma, nos dois casos, for maior ou menor que um limiar, a borda é eliminada, colocando-se o valor '0' na imagem resultante do filtro Sobel. O limiar utilizado deve ser compatível com a altura dos caracteres da placa, considerando inclinações. Nesse caso, o limiar máximo utilizado foi de '22' e o mínimo foi de '5', obtidos empiricamente.

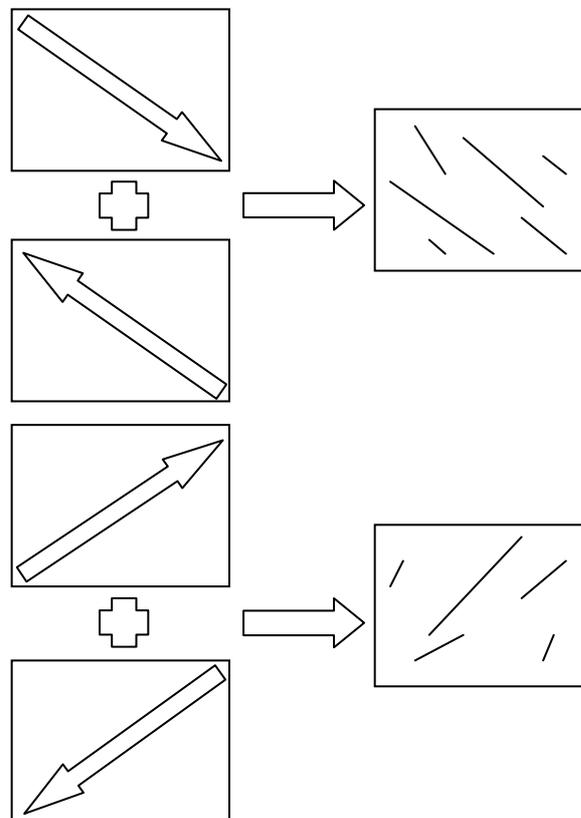


Figura 6 – Somatório da varredura de bordas

A Figura 7 mostra o resultado da etapa da eliminação de bordas.



Figura 7 – Imagem após etapa de eliminação de bordas indesejáveis

2.4 Procura por regiões candidatas à placa

Para localização da placa, pode-se varrer a imagem com uma janela ligeiramente maior que o tamanho de uma placa, e efetuar uma contagem do número de bordas de cada área. Se esse número estiver acima de um limiar, a região é considerada uma candidata à placa. Tal limiar deve ser compatível ao número de bordas esperadas na área de uma placa. Porém, esse método exigiria um esforço computacional considerável, e o mesmo foi simplificado através dos seguintes passos:

- Divisão da imagem de resolução 640x480 pixels em 8x8 partes iguais. Em cada parte, conta-se o número de bordas e cria-se uma imagem B de tamanho 80x60 pixels;
- Uma placa de tamanho 90x30 com o nível de inclinação utilizado em algumas das amostras assume um tamanho próximo de 96x40. Cria-se uma janela W de tamanho $(96/8) \times (40/8) = 12 \times 5$ e preenche-se com valores '1'. Convolue-se a janela W com a imagem B e tem-se como resultado a matriz B';
- Levantam-se os três valores máximos da matriz B' e essas coordenadas são definidas como o centro de cada uma das três candidatas à placa veicular, desde que estejam acima de um limiar, que nesse trabalho foi obtido empiricamente (valor 50). Considera-se também que duas candidatas não podem ser vizinhas em menos de três pixels de distância (ou seja, 24 pixels na imagem original), evitando assim que duas candidatas pertençam à mesma área, permitindo que outras áreas da imagem, de valores inferiores, sejam consideradas como candidatas;
- Recortam-se, então, três regiões de tamanho 192x80 da imagem original, com o centro nas coordenadas candidatas.

A Figura 8 mostra a imagem B', ou seja, o resultado da convolução da imagem B com a janela W. Nota-se que a região mais clara é justamente a área da placa do veículo. A placa localizada com sucesso após a etapa de busca de candidatas pode ser verificada na Figura 9. Nesse caso, foi corretamente localizada como primeira candidata.

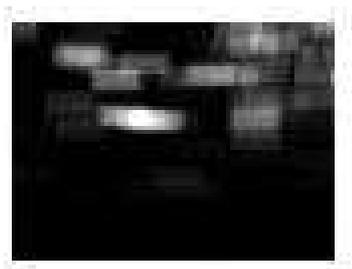


Figura 8 – Imagem B'



Figura 9 – Placa localizada (candidata 1)

3 Resultados e Discussão

Foram utilizadas 60 imagens com placas menores (90x30) e inclinadas e 60 imagens com placas maiores (120x40) sem inclinação (em relação ao eixo x da imagem). Cada um dos grupos foi dividido dois sub-grupos: 30 imagens noturnas e 30 imagens diurnas. Nas imagens noturnas foi utilizado um dispositivo de iluminação infravermelho. Os resultados são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1- Resultados dos testes

	Placa 90x30 Diurno		Placa 90x30 Noturno		Placa 120x40 Diurno		Placa 120x40 Noturno		Total	
Candidata 1	25	83,33%	23	76,67%	22	73,33%	16	53,33%	86	71,67%
Candidata 2	3	10,00%	3	10,00%	8	26,67%	14	46,67%	28	23,33%
Candidata 3	1	3,33%	3	10,00%	0	0,00%	0	0,00%	4	3,33%
Não identificada	1	3,33%	1	3,33%	0	0,00%	0	0,00%	2	1,67%
Taxa de Acerto	29	96,67%	29	96,67%	30	100,00%	30	100,00%	118	98,33%

Para as imagens 120x40, a totalidade das placas foi localizada, sendo 73,33% localizadas com sucesso na primeira candidata em condições diurnas e 53,33% em condições noturnas. Demais placas foram corretamente localizadas na segunda candidata. Já para imagens 90x30 obteve-se índice de localização de 96,67%, tanto em imagens noturnas, quando diurnas.

O sistema não apresentou desempenho total diferenciado em relação às imagens noturnas e diurnas. A iluminação utilizada durante a noite foi suficiente para o sucesso das etapas do algoritmo.

Uma das possibilidades do menor desempenho (96,67%) das imagens 90x30 é a inclinação. Uma placa de tamanho 90x30, sem inclinação, poderia ser submetida a uma busca com uma janela de 90x30, o que não ocorreu. Devido à inclinação, utilizou-se uma maior janela, que contém áreas não desejáveis. Também uma placa de menor dimensão fornece menos informação do que uma placa com maiores dimensões.

Para melhora do índice de localização em situações de inclinação, a imagem foi varrida em quatro sentidos, efetuando a contagem de bordas tanto com inclinação para direita, quanto para a esquerda, o que não ocorre em [4], no qual somente duas varreduras em dois sentidos são executadas.

O algoritmo implementado em [4] tem índice de localização de 100%, 100% e 99,7%, em três bancos de imagens diferenciados. Nada é dito sobre inclinação das imagens ou se são noturnas ou diurnas. Sabe-se que as imagens utilizadas possuem resolução de 384x288 pixels e tamanho de placas de aproximadamente 80x32 pixels. Ou seja, proporcionalmente as placas do trabalho realizado em [4] tem maiores dimensões do que as placas utilizadas nesse trabalho. Quanto maior a área da placa em relação ao tamanho da imagem, mais área é ocupada pelo veículo e pela placa, reduzindo áreas de fundo que podem possuir altas frequências e serem confundidas com placas veiculares, facilitando a localização.

No trabalho [4], apesar das condições de inclinação não serem explicitadas, há uma imagem exemplo onde o veículo está frontalmente alinhado com a câmera. Com isso, há redução de áreas laterais do carro que podem vir a ter muitas bordas, tais como o aro das rodas. Portanto, possíveis motivos para um melhor índice de localização de [4] é um maior tamanho da placa em relação à imagem e o alinhamento frontal do veículo em relação à câmera.

4 Conclusão

O algoritmo desenvolvido teve uma taxa de acerto de 100% usando placas de tamanho 120x40 tanto placas em imagens noturnas quanto diurnas e também em situação de inclinação não sutil.

Para as imagens noturnas, algumas das candidatas encontradas representavam o farol do veículo. Essa situação representou grande parte das falhas em relação à primeira candidata no caso de placas noturnas 120x40, porém, a totalidade das placas foi localizada após identificação das segundas candidatas. No caso de placas diurnas, algumas das candidatas reconhecidas representaram regiões de fundo da imagem, ou de outra parte do veículo, tais como aros de pneus, já que, em situação diurna, toda a imagem apresenta uma melhor iluminação.

Alguns dos parâmetros discutidos foram encontrados empiricamente, tais como os limiares para candidata à placa, limites para eliminação de bordas e limiar para filtro Sobel. Em outras situações, esses parâmetros devem ser reajustados, por exemplo, no caso de mudança do sistema de aquisição, local de aquisição, tamanho da imagem e da placa. É indicado que as situações diversas sejam reavaliadas.

As placas inclinadas tiveram um bom percentual de reconhecimento (96,67%), pois o método por bordas verticais analisa uma área específica em busca de bordas, não importando suas disposições dentro da área, apenas o tamanho de tais elementos. Para esse resultado, foi importante que, na etapa de eliminação de bordas, a imagem fosse varrida por quatro vezes, para mapeamento tanto das bordas com inclinação positiva, quando negativa. Também se considerou uma área maior de busca para essas placas, já que, com inclinação, ocupam uma maior área em relação ao eixo x e y da imagem.

As próximas etapas a serem estudadas, além de um possível refinamento do sistema de localização de placas, são a segmentação e reconhecimento dos caracteres. O algoritmo aqui desenvolvido tem como saída no máximo três áreas para cada imagem, e algumas dessas áreas, contém a placa desejada. Porém, não se sabe exatamente os vértices da placa. Esse fato deve

ser considerado na etapa de segmentação dos caracteres, efetuando uma busca na área. Todas as candidatas devem ser analisadas e as que não contiverem placas, deverão ser descartadas.

O método apresentado em [4] mostrou-se eficiente para placas brasileiras em diversas situações, e, pode ter bons resultados na busca de outros elementos dentro de uma imagem, desde que esses elementos apresentem uma boa gama de bordas verticais e um tamanho pré-definido.

5 Referências

- [1] Coetzee C., Botha C., Weber D., PC Based Number Plate Recognition System, **Proceedings of IEEE International Conference on Industrial Electronics**, (1998), 605 - 610.
- [2] 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**, (1994), Part 3 (of 3) p. 2147-2152.
- [3] Souza F., Susin A., SIAV - Um sistema de identificação automática de veículos, **XIII Congresso Brasileiro de Automática**, (2000), p. 1377-1380.
- [4] Zheng D., Zhao Y., Wang J., An efficient method of license plate location, *Pattern Recognition Letters*, 26 (2005) 2431–2438.
- [5] Abolghasemi V., Ahmadyfard A., Local Enhancement of Car Image for License Plate Detection, **15th European Signal Processing Conference**, (2007) p. 2179-2183.