



Reconhecimento de caracteres de placas de automóveis utilizando Análise de Componentes Principais e detector de cantos de Harris

*Miguel Sobral, Thiago de Mendonça, Calebe Conceição and Kamel Bensebaa

Resumo

Uma das tecnologias mais comuns e mais estudadas de processamento de imagem é o veículo de reconhecimento de matrículas. Esta tecnologia pode ser aplicada a um sistema de segurança ou um controlador de tráfego. Neste sentido, este trabalho consiste em reconhecer automaticamente os caracteres da placa de licença, a nossa abordagem é composta de três etapas principais: a primeira realizar a localização e extração de carta imagem da placa sub-. Esta sub-imagem é convertido de RGB para PCA e Harris detecção de cantos é aplicada sobre o principal componente do punho. Na segunda etapa, estimamos que o ângulo de rotação para corrigir a placa com base nas informações cantos. Finalmente, o algoritmo de rede neural é usada para reconhecimento de caracteres da placa. Com base nos resultados da experiência, observamos que a nossa abordagem atingir uma média de 93% da licença reconhecimento de placas de sucesso caracteres em um total de 280 imagens capturadas a partir de um mentor ambiente exterior.

Palavras-chave:

Licença de reconhecimento de placas, detector de cantos de Harris, análise de componentes principais, as redes neurais, a estimativa de rotação.

Abstract

One of the most common and studied image processing technology is the vehicle license plate recognition. This technology can be applied to a security system or a traffic controller. In this sense, this work consists to recognize automatically the license plate characters; our approach is composed of three main steps: the first one perform the localization and the extraction of license plate sub-image. This sub-image is converted from RGB to PCA and the Harris corners detection is applied on the fist principal component. In the second step we estimate the rotation angle to correct the license plate based on the corners information. Finally, neural network algorithm is used for recognition of plate characters. Based on the experiment results, we noted that our approach achieve an average of 93% successful license plate characters recognition in a total of 280 images captured from a complex outdoor environ mentor.

Keywords:

License plate recognition, Harris corners detector, principal component analysis, neural networks, rotation estimation.

"LAS NUEVAS
TECNOLOGÍAS DE
INFORMACIÓN Y
COMUNICACIÓN:
PROPUESTAS Y
DESAFÍOS"

*Computer Sciences Department
Federal University of Sergipe
Campus São Cristóvão, Sergipe, Brazil
omiguelsobral@gmail.
com, thiagodemendonca@gmail.com ,
calebemicael@gmail.com ,
kamel-bensebaa@ufs.br





II CONGRESO

INTERNACIONAL DE

COMPUTACIÓN Y

TELECOMUNICACIONES

COMTEL 2010

I. Introdução

Reconhecimento de placas de automóveis tem sido amplamente aplicado em diversas áreas como pagamento de pedágios, sistema de transportes e também roubo de carros.

Pode auxiliar na eficiência e reduzir o trabalho do homem, o que o torna tanto economicamente viável como prático. Pesquisas nesta área são muito promissoras, especialmente para os que lidam com mecanismos militares e trabalhos repetitivos. Vários softwares comerciais são desenvolvidos nesta área, entretanto eles não são aplicáveis para imagens com diferentes formatos e resoluções. Além disso, problemas como a distância entre a câmera e o veículo, rotação, sombra podem ser encontrados durante a captura da imagem. Atualmente, técnicas de processamento de imagem e reconhecimento de padrões possuem um importante papel para reconhecer automaticamente caracteres em placas de automóveis. Dessa forma, o foco deste artigo é o reconhecimento de placas de automóveis brasileiros. Entretanto, imagens reais de placas de automóveis não possuem um alinhamento ideal. Em muitas ocasiões a placa possui alguma rotação, o que pode dificultar o reconhecimento dos caracteres.

Nosso desafio neste trabalho é corrigir o alinhamento dos caracteres e permitir seu reconhecimento em qualquer imagem. O artigo encontra-se organizado da seguinte maneira. A seção seguinte descreve uma breve revisão do que se tem escrito na literatura a respeito do dado assunto. A seção III enfoca a metodologia utilizada, ou seja, localização e extração da placa, correção da rotação e o reconhecimento dos caracteres. Na seção IV a conclusão é apresentada.

II. Trabalhos relacionados

Nos dias de hoje, precisamos de abordagens eficientes para localizar e reconhecer placas de automóveis para operar eficientemente em ambientes complexos, com imagens que possuam um panorama borrado e variações de luminosidade [12]. Neste sentido, muitos trabalhos são elaborados para resolver este problema. Por exemplo, alguns trabalhos utilizam a transformada de Wavelet [8] [19] [21] ou morfologia matemática [15] [18] [22] para localização da placa. Encontra-se na literatura diversas soluções para o reconhecimento de caracteres e alguns autores baseiam-se em redes neurais [4] [20], SVM [1] ou Modelos Ocultos de Markov – HMMs [11]. Em outras aplicações, encontram-se abordagens baseadas na estimação da rotação da placa do veículo [5], [9].

III. Metodologia

Para o reconhecimento de caracteres em placas de automóveis uma série de estágios são necessários. esses estágios consistem em: aquisição de imagens, localização da placa do automóvel, extração da placa, estimação da rotação, correção da placa e finalmente reconhecimento dos caracteres.



Figura 1. Imagem de um veículo sem rotação da placa.



Figura 2. Imagem de um veículo com rotação da placa.

A. Aquisição da imagem

A captura de imagens foi realizada utilizando uma câmera digital CCD em diferentes condições de luminosidade. Estas imagens possuem formato específico e dimensões fixas. A figura 1 mostra um exemplo de uma placa de veículo sem rotação.

B. Localização e extração da placa

Antes da extração da placa, é necessário localizá-la na imagem. A localização da placa será feita em duas etapas: localização da faixa horizontal que contém a placa; e localização da placa na faixa horizontal.

Entretanto, antes da localização da placa, é necessário se realizar um pré-processamento na imagem, pois as imagens adquiridas apresentavam muita "informação" desnecessária na parte superior como: outros carros e/ou artefatos. Essas informações não são úteis e ainda atrapalham na localização da placa. Para amenizar esse problema aplica-se um filtro passa baixa para reduzir a quantidade de informação.

Após a aplicação do filtro, a imagem está "pronta" para aplicar o método de localização da placa. Como dissemos anteriormente, o método é dividido em duas etapas. Na primeira (localização da faixa horizontal) faremos uso de um método conhecido como projeção vertical.

De acordo com [16] "Se computarmos a projeção vertical da imagem após a aplicação do filtro de detecção de bordas verticais, a magnitude de alguns pontos representa a ocorrência de bordas verticais naquele ponto.

Assim, a projeção vertical da imagem transformada pode ser usada para a localização vertical da placa do veículo. Uma imagem de entrada pode ser descrita como uma função discreta $f(x,y)$. Desta forma, a projeção p_y da função f no ponto y é uma junção das magnitudes na y -ésima linha da imagem de entrada. Podemos definir matematicamente a projeção vertical como:

$$P_y(y) = \sum_{i=0}^{w-1} f(i, y)$$

Onde w é a dimensão da imagem.

O uso da projeção vertical justifica-se porque na região onde a placa está localizada apresenta uma grande quantidade de bordas verticais, em virtude dos caracteres que toda placa tem. A linha que tiver uma grande magnitude acumulada indica que há um forte indício da localização da placa.

Assim sendo, resultados do método de projeção são muito melhores se antes aplicarmos à imagem filtrada (com o filtro passa baixa) um borramento na direção vertical. Esse outro pré-processamento é necessário para destacarmos as bordas verticais. Após aplicarmos o filtro e o borramento se obtém a seguinte imagem:



Figura 3. Imagem após aplicação do filtro e borramento.

Na imagem filtrada e borrada devemos aplica-se um método de detecção de bordas. Levando-se em conta que desejamos encontrar o mínimo de bordas necessárias, fizemos uso do operador de Sobel [6] e não Canny [3], pois este último encontrou muitas bordas. Portanto, nosso objetivo é detectar o mínimo de bordas necessárias para localizar a placa. Essa necessidade do uso de método “fraco” de detecção de bordas está relacionada, ainda, ao fato do excesso de “informação” desnecessária. A imagem binarizada a seguir foi obtida após a detecção de bordas.



Figura 4. Imagem com bordas detectadas Binarizada.

Para cada linha da imagem será obtido o somatório de magnitude de cada pixel. O resultado desse processamento é o gráfico de distribuição de magnitude a seguir:



Figura 5. Gráfico de distribuição de Magnitude.

Cada pico dessa distribuição representa uma região da imagem que apresenta uma grande quantidade de bordas verticais, e um dos quais representa a localização da faixa horizontal da placa. É possível notar que no início da distribuição existe um grande pico, que na verdade não representa a localização da placa. Essa característica deve-se, ainda, ao fato do excesso de "informação" desnecessária na parte superior da imagem. Para eliminar esse problema admite-se que a localização da placa deverá estar limitada a parte inferior da imagem. Admitindo tal fato, fica fácil inferir qual pico representa a placa. A imagem mostra o pico que representa a linha que contém a placa:

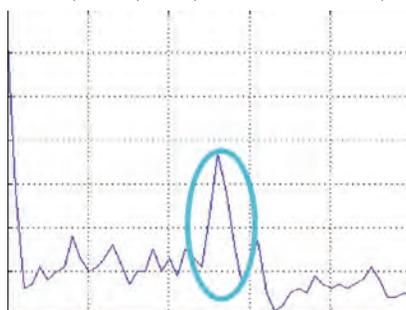


Figura 6. Pico que representa a placa.

Contudo, necessita-se mais que a linha que contém a placa, necessita-se da faixa.



Figura 7. Localização horizontal da placa.

"LAS NUEVAS
TECNOLOGÍAS DE
INFORMACIÓN Y
COMUNICACIÓN:
PROPUESTAS Y
DESAFÍOS"



Para localizar os limites da placa usam-se os seguintes limites:

$$x'1 = x_m / c \quad \text{e} \quad x'2 = x_m \cdot c$$

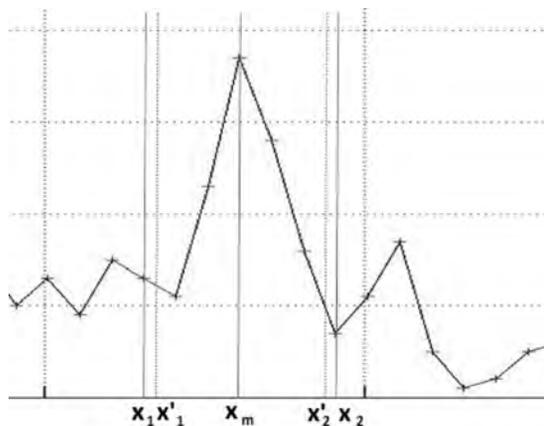


Figura 8. Representação dos limites da placa.

O limite superior ($x1$) será o ponto imediatamente anterior a $x'1$. Já o limite inferior ($x2$) será o ponto imediatamente anterior a $x'2$. A constante c é um valor arbitrário, obtido empiricamente. Os melhores resultados foram obtidos usando $c = 0,42$. De posse desses dois valores x , que na verdade representam dois valores em y na imagem, podemos recortar a faixa horizontal da imagem. Em 97% dos casos, o terceiro ponto antes do xm era o $x1$ e o terceiro depois xm era o $x2$.



Figura 9. Extração da sub-imagem que contém a placa.

Nessa faixa da imagem repetem-se os mesmos pré-processamentos e detecção de bordas do passo anterior. Ou seja, passa-se um filtro passa baixa, seguido do borrimento vertical da imagem e aplicação do método de detecção de bordas com operador Sobel. Também nessa etapa calcula-se o somatório de magnitude linha a linha, em busca do maior pico de magnitude. Na linha (ym) que tiver maior magnitude, localiza-se o intervalo $[x1, x2]$ que tem maior variação de magnitude. Esse intervalo representa a placa. O resultado é mostrado na imagem abaixo.



Figura 10. Localização vertical da placa.

De posse dos valores $x1, x2$ se extrai a placa da imagem.



Figura 11. Extração da placa

C. CORREÇÃO DA ROTAÇÃO

In Com a placa extraída, o próximo passo será rotacioná-la, quando necessário. Para tanto, utiliza-se a Análise de Componentes Principais [10] e o detector de cantos de Harris [7].

O objetivo da técnica Análise de Componentes Principais é reorganizar os dados de tal maneira que não sejam mais correlacionados, ou seja, se tornam independentes. Uma particularidade interessante dessa transformação, quando é aplicada a uma imagem RGB é que ela concentra a quase totalidade das informações na primeira ou nas duas primeiras bandas espectrais. Geralmente na última banda contém apenas o ruído presente na imagem original. Portanto conservando apenas as componentes mais significativas, é possível reduzir o volume dos dados a processar.



Figura 12. Sub-imagem original e as 3 componentes principais.

Após a operação de ACP realizada, utiliza-se a detecção de pontos usando o detector de cantos de Harris. Esse detector de cantos provou ser um operador muito estável no sentido da robustez e da invariância à rotação, iluminação e ruído na imagem [2][17].

Aplicando o detector de Harris nas três componentes encontram-se as seguintes imagens resultantes:



Figura 13. Detecção de cantos nas três componentes.



Figura 14. Redução na quantidade de cantos detectados na primeira componente.

Escolhemos a primeira componente da ACP uma vez que o resultado nos demais foi muito inferior. A figura 13 mostra o quão destacadas ficaram as bordas nos componentes da ACP, bem como a detecção de cantos nos componentes da ACP.

Em nossa abordagem utilizamos estas detecções para estimar a rotação. Encontramos alguns cantos nos 25% superiores da imagem, como mostra a figura 14. Estes cantos são utilizados para encontrar a função linear que representa este conjunto de pontos:

$$y = ax + b$$

onde a representa a coordenada da abscissa e b representa a coordenada vertical; A correspondência linear é tomada pelo conjunto de pontos e podemos descobrir a e b . O ângulo θ de rotação da imagem pode ser estimado por:

$$\theta = -\arctan g(a)$$

O resultado de nossa abordagem pode ser visto na figura 15.



Figura 15. Placa com rotação corrigida.

D. Reconhecimento dos caracteres

O estágio de reconhecimento de caracteres consiste em duas partes. A primeira trata a extração dos caracteres da placa previamente corrigida. A segunda trata do reconhecimento dos caracteres do veículo propriamente ditos.

O procedimento da primeira é uma adaptação do apresentado em [13] para esta finalidade. A placa é binarizada pelo método de Otsu [14]. Primeiramente, uma operação morfológica de fechamento é aplicada para remover ruídos e ajustar as bordas irregulares dos caracteres. Após este passo, de modo iterativo, cada caractere é extraído da imagem da placa.

Encontramos os componentes conectados no meio da imagem marcados por uma linha central como visto na figura 16. O algoritmo escaneia a placa veicular da esquerda para a direita duas vezes. Na primeira passagem os componentes conectados são selecionados. Somente os sete maiores deles são considerados caracteres na segunda passagem. Em seguida, algumas operações morfológicas são aplicadas para cada caractere encontrado como um pré-processamento para o passo de reconhecimento. Além disso, operações são utilizadas para centralizar e redimensionar cada componente para um tamanho padrão.

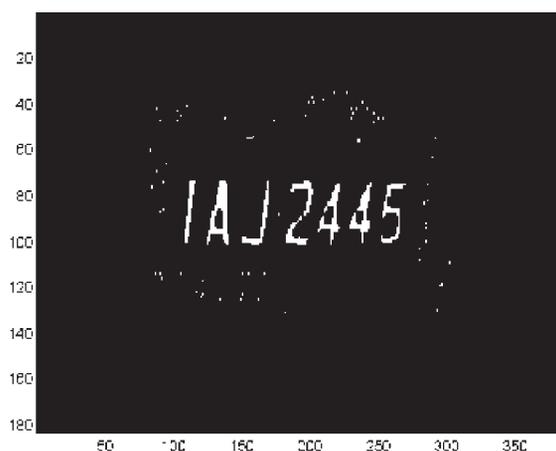


Figura 16. Extração dos componentes conexos.

Os caracteres encontrados são reconhecidos por redes neurais [16]. Letras e dígitos são reconhecidos por diferentes redes neurais. Ambos utilizam a topologia feedforward e o algoritmo backpropagation para treinamento. As seguintes características foram extraídas de cada requisição de caractere e são usadas como entrada para a rede neuronal correspondente:

- A distribuição de pixels em cada quadrante;
- Número de componentes conexos;
- As três melhores combinações para cada template de um número ou dígito.

A saída da rede neuronal é um conjunto de letras ou dígitos contidos no conjunto de treinamento, e é associada a uma probabilidade de requisição do caractere para ser uma letra ou dígito específico. O maior valor da lista de saída indica a letra ou dígito associado para o qual este elemento foi reconhecido.

Para cada caractere encontrado no passo de segmentação é utilizado, na mesma ordem, a rede neuronal correspondente. As letras e dígitos reconhecidos estão concatenados e retornados como a sequência da placa. Um esquema do modelo neuronal pode ser visto na figura 17.

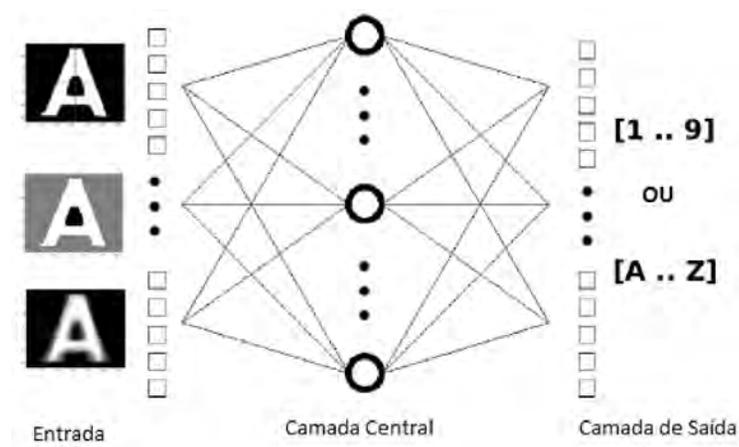
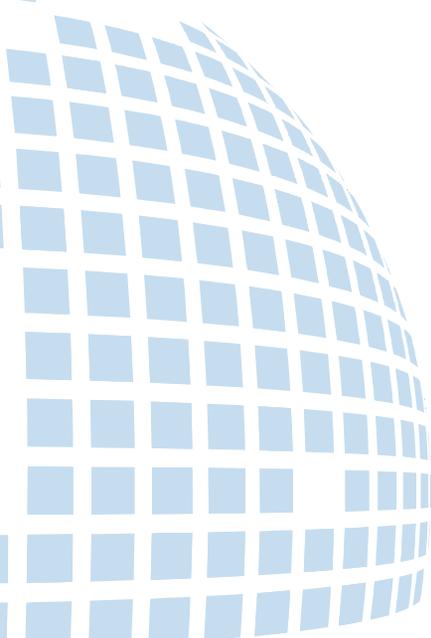


Figura 17. Esquema de implementação para reconhecimento de caracteres e dígitos.

IV. Conclusão

Existem muitas abordagens para o problema de leitura de placas de automóveis de forma automática. Entretanto não existe uma técnica universal para isto.

Neste artigo é proposta uma abordagem baseada na ACP e na detecção de cantos de Harris para encontrar uma placa de automóvel em uma imagem estimando a rotação. Esta abordagem mostrou-se robusta, considerando uma taxa de detecção de 93% sobre uma base de imagens para ambientes externos.

O problema de estimar a rotação da placa é tratado neste trabalho, e como futuro trabalho abordar-se-á o problema de escala, o qual é maior em virtude da taxa de erros.

Referências

- [1] Abdullah, S.; Omar, K.; Sahran, S.; Khalid, M. license plate recognition based on support vector machine, in Electrical Engineering and Informatics, 2009. ICEEI '09. International Conference on, vol. 01, 5-7 2009, pp. 78 -82.
- [2] Bensebaa, K.; Martins, M. P. Localization estimation for autonomous aerial navigation by matching images with different resolutions, in CIS-ST'08: Proceedings of the 2nd WSEAS International Conference on Circuits, Systems, Signal and Telecommunications. Stevens Point, Wisconsin, USA: World Scientific and Engineering Academy and Society (WSEAS), 2008, pp. 147-154.
- [3] Canny, J., A Computational Approach To Edge Detection, IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, 8(6):679-698, 1986.



- [4] Carrera, L.; Mora, M.; Gonzalez, J.; Aravena, F. license plate detection using neural networks, in IWANN '09: Proceedings of the 10th International Work-Conference on Artificial Neural Networks. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2009, pp. 1248–1255.
- [5] Ganapathy, V.; Lui, W. L. D. A malaysian vehicle license plate localization and recognition system, *Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics*, vol. 6, no. 1, 2008.
- [6] Gonzalez, R. C.; Woods, R. E. *Digital Image Processing*. 2nd edition. New York: Addison-Wesley, 2002.
- [7] Harris, C.; Stephens, M. A combined corner and edge detector". *Proceedings of the 4th Alvey Vision Conference*. pp. 147–151. 1998.
- [8] Hung, K. M.; Chuang, H.L.; Hsieh, C.T. license plate detection based on expanded haar wavelet transform, *Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, Fourth International Conference on*, vol. 4, pp. 415–419, 2007.
- [9] Huang, H.; Ma, G.; Zhuang, Y. Vehicle license plate location based on harris corner detection, in *Neural Networks, 2008. IJCNN 2008. (IEEE World Congress on Computational Intelligence)*. IEEE International Joint Conference on, 1-8 2008, pp. 352 –355.
- [10] Jolliffe, I. T. (1986). *Principal Component Analysis*. Springer-Verlag. pp. 487. doi:10.1007/b98835. ISBN 978-0-387-95442-4. <http://www.springer.com/west/home/new+%26+forthcoming+titles+%28default%29?SGWID=4-40356-22-2285433-0>.
- [11] Llorens, D.; Marzal, A.; Palazon, V.; Vilar, J. M.; Car license plates extraction and recognition based on connected components analysis and HMM decoding, in *Lecture Notes on Computer Science*. Springer-Verlag, 2005, pp. 571–578.
- [12] Martinsky, O. Algorithmic and mathematical principles of automatic number plate recognition systems, Master's thesis, Faculty of Information Technology, 2007.
- [13] Oliveira, D. M.; Cruz, R. S.; Bensebaa, K. Automatic numeric characters recognition of kilowatt-hour meter, 2009.
- [14] Otsu, N. A threshold selection method from gray-level histograms, *Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on*, vol. 9, no. 1, pp. 62–66, jan. 1979.
- [15] Poon, P.; Ghadiali, M.; Mao, G.; Sheung, L. A robust vision system for vehicle licence plate recognition using grayscale morphology. In *Industrial Electronics, 1995. ISIE '95. Proceedings of the IEEE International Symposium on*, vol. 1, 10-14 1995, pp. 394 –399 vol.1.



II CONGRESO

INTERNACIONAL DE

COMPUTACIÓN Y

TELECOMUNICACIONES

COMTEL 2010

- [16] Russell, S. J.; Norvig, P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. Pearson Education, 2003.
- [17] Schmid, C.; Mohr, R. Local grayvalue invariants for image retrieval, Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on, vol. 19, no. 5, pp. 530 –535, may 1997.
- [18] Suryanarayana, P.; Mitra, S.; Banerjee, A.; Roy, A. A morphology based approach for car license plate extraction. In INDICON, 2005 Annual IEEE, 11-13 2005, pp. 24 – 27.
- [19] Wang, Y. R.; Lin, W. H.; Hong, S. J. Fast license plate localization using discrete wavelet transform. In ICA3PP'09: Proceedings of the 9th International Conference on Algorithms and Architectures for Parallel Processing. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2009, pp. 408–415.
- [20] Wang, W. license plate recognition algorithm based on radial basis function neural networks, in IUCE '09: Proceedings of the 2009 International Symposium on Intelligent Ubiquitous Computing and Education. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 2009, pp. 38–41.
- [21] Wen, W.; Huang, X.; Yang, L.; Yang, Z.; Zhang, P. Vehicle license plate location method based-on wavelet transform. In CSO '09: Proceedings of the 2009 International Joint Conference on Computational Sciences and Optimization. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 2009, pp. 381–384.
- [22] Xiong, C.; Huang, W. license plate location based on compound mathematical morphology, Genetic and Evolutionary Computing, International Conference on, vol. 0, pp. 701–704, 2009.