

基于颜色和纹理分析的车牌定位方法

郭捷 施鹏飞

(上海交通大学图像处理与模式识别研究所, 上海 200030)

摘要 针对复杂背景的车牌定位问题, 提出了一种颜色和纹理分析相结合的车牌定位算法. 该算法采用基于适合彩色图象相似性比较的 HSV 颜色模型, 首先在颜色空间进行距离和相似度计算; 然后对输入图象进行颜色分割, 只有满足车牌颜色特性的区域, 才进入下一步的处理; 最后再利用纹理及结构特征对分割出的颜色区域进行分析和进一步判断, 并确定车牌区域. 该方法不同于大多数的车牌定位方法, 它不仅对车牌的大小、汽车在图象中的位置以及图象背景的限制较少, 而且, 综合特征定位要比单一特征定位更符合人的视觉要求, 因而定位效果更好, 应用范围更广.

关键词 颜色特征 纹理分析 车牌 定位

中图法分类号: TP391.4 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2002)05-0472-05

Color and Texture Analysis Based Vehicle License Plate Location

GUO Jie, SHI Peng-fei

(Inst. of Image Processing & Pattern recognition, Shanghai Jiaotong Univ., Shanghai 200030)

Abstract This paper presents an effective license plate location algorithm, which employs color and texture analysis to extract the number plate from the complicated-background image. Based on the HSV color model, the algorithm calculates the distance and the similarity in the color space to segment the color image. Only those parts of the input image that fulfill a set of license plate properties need to be considered for a more thorough inspection. To the segmented image, the texture and structural features are analyzed to locate the license plate correctly. The algorithm has been tested with 60 color image obtained from tollgate, crossroad and parking lot, etc. More than 95% image can be processed correctly, whereas other images are disturbed by the complex backgrounds of the images. It is shown that, different from most license plate location methods, the algorithm has fewer limits to the car size, the car position in the image and the image background. Meanwhile, with the fast focusing technique, the view angle of the video camera can cover a wider area while the processing time can still be fast. So, the algorithm can be employed to the applied vehicle license plate recognition system.

Keywords Color feature, Texture analysis, Vehicle license plate, Location

0 引言

车牌识别是计算机视觉与模式识别技术在 ITS (Intelligent Transportation System) 中的重要研究课题之一, 可以应用于交叉路口监控、车库管理、高速公路收费等场合. 若能用计算机实时识别车辆, 就可以在无需为车辆加装其他特殊装置的情况下, 实

现对车辆的自动监控和管理, 既节省了资金, 又为交通系统的自动化管理创造了条件, 由此可见, 车牌识别系统的实现是推进交通管理智能化的关键技术之一.

在车牌自动识别过程中, 车牌定位、字符切割、字符识别是其关键技术, 而又以车牌定位为核心技术, 尽管车牌的正确定位是车牌正确识别的基础. 但由于图象背景复杂, 车辆种类繁多, 颜色变化多端, 以及由

不同天气变化而导致的不同光照条件, 因此牌照正确定位难度较大. 关于车牌定位已有很多方法提出^[1-5], 如 Kim 用神经网络(NNs)提取车牌^[1]; Hegt 使用模板匹配法在图象中查找车牌的边界点^[2]; Coetzee 使用自适应的尺寸边界框及象素覆盖检查来检测图象中车牌的位置^[3]; Yuntao Cui 则采用了 Markov 离散领域(MRF)建模字符的提取过程^[4], 但由于大多数方法只针对车头或车尾包含车牌的那部分图象进行处理, 其图象背景变化不大; 而且, 车牌尺寸限制经常是车牌提取的一个重要条件, 因此必然限制了车牌识别系统的应用范围. 本文提出了一种颜色和纹理分析相结合的车牌定位方法. 该方法不同于大多数的车牌定位方法, 由于其对车牌的大小、汽车在图象中的位置以及图象背景的限制很少, 而且, 综合特征定位要比单一特征定位更符合人的视觉要求, 因而定位效果更好, 应用范围更广.

1 车牌颜色分割算法

1.1 颜色模型

根据不同的应用场合, 图象颜色表示方式各不一样^[6,7]. 印刷输出是使用 CMYK 颜色模型, 即, 使用青(Cyan)、品红(Magenta)、黄(Yellow)和黑(Black)4种基本色, 用减色法混合出各种颜色. 显示器、电视机、扫描仪等装置使用的是 RGB 颜色模型, 即利用红(Red)、蓝(Blue)、绿(Green)3种基本颜色, 用加法配置出大部分人眼所能看到的颜色.

在视频及电视广播中则广泛使用了 HSV 颜色模型. H、S、V 分别代表颜色的色调(Hue)、饱和度(Saturation)和亮度(Value)分量值, 其与人眼能够感知的颜色特性一一对应. 这种颜色模型用 Munsell 三维空间坐标系统表示, 由于坐标之间具有心理感知独立性, 它可以独立感知各颜色分量的变化, 而且由于这种颜色具有线性伸缩性, 其可感知的颜色差是与颜色分量相应样值上的欧几里德距离成比例的, 因此适合用户的肉眼判断. 同时也由于 HSV 模型对应于画家配色模型, 其能较好反映人对色彩的感知和鉴别能力, 非常适合基于色彩的图象相似比较, 因此本算法中, 采用该颜色模型来进行彩色图象分割.

由于图象一般是 RGB 格式, 因此需要进行格式转化. HSV 颜色模型各分量 h, s, v 与 RGB 颜色模型各分量 r, g, b 的关系^[8]如下:

$$\text{设 } I_{\max} = \max\{r, g, b\}, I_{\min} = \min\{r, g, b\}$$

$$s = \begin{cases} 0 & I_{\max} = 0 \\ \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max}} & I_{\max} \neq 0 \end{cases} \quad (1)$$

$$v = I_{\max} \quad (2)$$

$$h = \begin{cases} \text{undefined} & s = 0 \\ \frac{g-b}{I_{\max} - I_{\min}} \times H_{\max} & s \neq 0, I_{\max} = r \\ 2 + \frac{b-r}{I_{\max} - I_{\min}} \times H_{\max} & s \neq 0, I_{\max} = g \\ 4 + \frac{r-g}{I_{\max} - I_{\min}} \times H_{\max} & s \neq 0, I_{\max} = b \end{cases} \quad (3)$$

其中, H_{\max} 代表色调的个数, 通常取为 60. 色度(H)是由颜色名称来辨别的, 如红、绿、蓝等, 它用角度 $-180^\circ \sim 180^\circ$ 或 $0^\circ \sim 360^\circ$ 来度量, 其对应于颜色轮上的角度. 亮度(V)是指颜色的明暗程度, 通常用百分比度量, 从黑 0% 到白 100%; 饱和度(S)指颜色的深浅, 也用百分比来度量, 从 0% 到完全饱和的 100%.

1.2 颜色空间距离

在 HSV 空间中, 两种色彩 $C_1 = (h_1, s_1, v_1)$, $C_2 = (h_2, s_2, v_2)$ 之间的距离为

$$d(C_1, C_2) = \left| (v_1 - v_2)^2 + (s_1 \cdot \cosh h_1 - s_2 \cdot \cosh h_2)^2 + (s_1 \cdot \sinh h_1 - s_2 \cdot \sinh h_2)^2 \right|^{1/2} \quad (4)$$

两色彩之间的相似度为

$$S(C_2, C_1) = 1 - \frac{1}{\sqrt{5}} \cdot d(C_2, C_1) \quad (5)$$

这样, 在 HSV 颜色空间中, 利用颜色空间距离和相似度计算, 就可以从图象中找到所需的颜色, 从而实现图象的颜色分割.

1.3 车牌颜色分割算法

鉴于中国车辆牌照主要有蓝底白字、黄底黑字、黑底白字和白底黑字红字 4 种类型, 因此基于 HSV 颜色模型, 根据车牌底色, 利用颜色空间距离及相似度计算, 就可以从图象中分割出想要的颜色区域, 再采用投影法来找到该颜色区域.

下面以 3 个蓝底白字的车牌为例来说明车牌颜色分割算法:

(1) 将 RGB 颜色模型的图象转化为 HSV 颜色模型.

(2) 利用颜色空间距离及相似度计算, 进行图象颜色分割. 分割时, 将图象中蓝色区域设为前景白色, 其余区域设为背景黑色.

(3) 把经过颜色分割后的图象按行或列计算前景象素的个数和, 再进行直方图水平投影和纵向投影, 以确定所要颜色区域的坐标值, 就可将所要区域

从原图中分割出来。

图1为3个车牌的颜色分割示意图.图1(a)、(b)、(c)为第1例,由于从原图中看到只有车牌区域为蓝色,因此颜色分割后只有车牌区域为前景白色,其余区域都为背景黑色,其可以通过直方图投影,从原图中直接分割出车牌图象;图1(d)、(e)、(f)为第2例,汽车、车牌及路边商店招牌都为蓝色,颜色分割后可看到蓝色区域都为前景白色,其余区域为背

景黑色,但由于商店招牌较小,因此可通过直方图投影找到最大颜色区域即汽车区域,其从原图中分割出的车的影象如图1(f)所示.它需进行下一步的车牌纹理分析,以进一步确定车牌位置;图1(g)、(h)、(i)为第3例,由于车窗玻璃及车牌都为蓝色,经过颜色分割及直方图投影后,其所找到的最大颜色区域只是车窗区域,因此它 also 需进行下一步的车牌纹理分析,以便正确找到车牌位置.

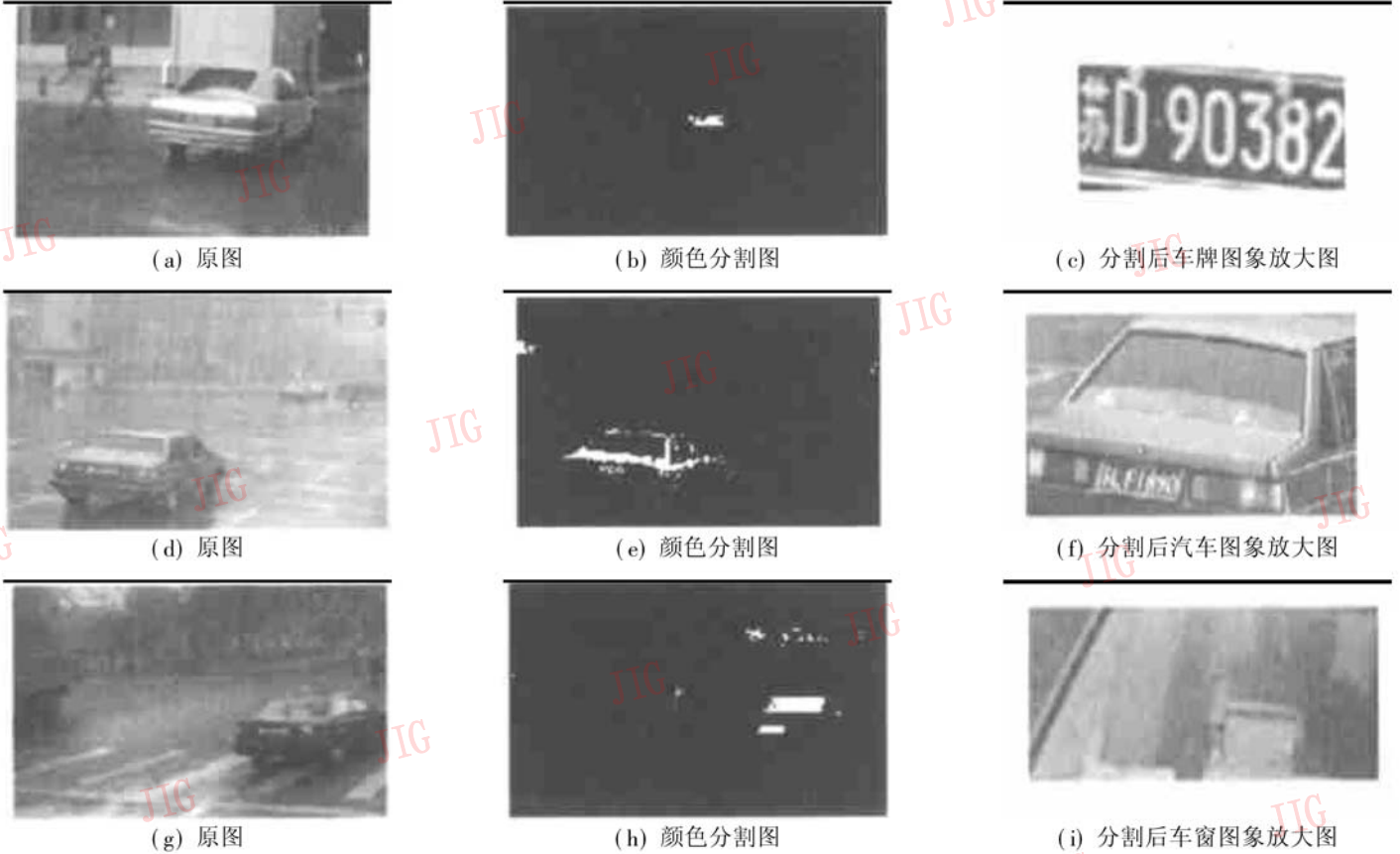


图1 颜色分割示意图

2 车牌纹理分割算法

由于车牌区域字符比较集中,灰度梯度变化大,形成了特殊的车牌纹理特征.因此,车牌纹理分析是车牌定位的一个重要研究方法.虽然纹理分析一般采用自相关函数的方法,但计算量较大,而本算法由于采用水平梯度差分法进行纹理分析,因而可以大大加快运算速度,并达到较好的处理效果.运算结果证明,它可使字符串等边界密集的地方得到增强,使灰度变化不大的背景区域得到减弱,从而突出了牌照区域,这样就可以实现车牌的正确定位分割.

下面以图1中第2个例子为例来说明车牌纹理分割算法.

(1) 将颜色分割后的图象由真彩图转化为灰度

图,并进行水平方向一阶差分运算,即

$$g(i,j) = |f(i,j) - f(i,j+1)| \quad (6)$$

就得到如图2(b)所示的水平差分图象,从该图象上可以明显看到灰度梯度变化比较明显的区域.

(2) 对水平差分图2(b)进行直方图投影.其水平像素投影值可看作离散数列,为消除图象中的毛刺或噪声的干扰,可采用加权算术平均法^[9].设 V_i 表示图象中 i 行的原始投影值, V'_i 表示图象中 i 行平滑后的投影值,则一次指数平滑数列的构成为

$$V'_i = \alpha V_i + (1 - \alpha) \cdot V'_{i-1} \quad (7)$$

式中, $V'_0 = V_1, \alpha = 0.3$.平滑后的直方投影图如图2(c)所示.

(3) 按车牌结构特征及车牌区域纹理分布特点来判断所取的颜色分割图象是否包含车牌区域.判别依据如下:

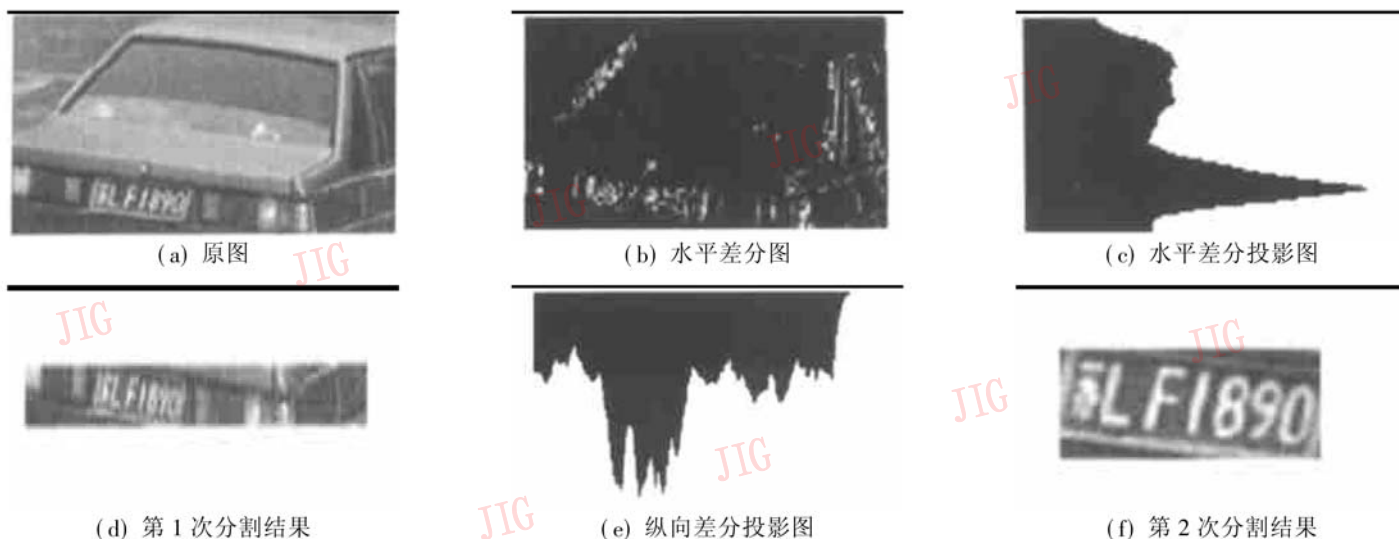


图2 纹理分割示意图

① 图象的直方图投影值小于阈值 T (T 为预先设置的阈值, 由试验统计决定, 与区域大小有关), 且分布比较均匀(见图 1(i)), 就可判断该区域不包含车牌, 返回颜色分割过程, 再取另一块颜色区域进行纹理分析, 并重复以上步骤;

② 直方图投影值大于阈值 T , 且分布符合车牌区域纹理分布特点, 同时, 图象的长宽比接近车牌长宽比(见图 1(c)), 就可判断为车牌而直接输出结果;

③ 图象的直方图投影值虽分布不均匀, 但有一区域的值大于阈值 T . 若该区域值的分布不符合车牌区域纹理分布特点, 则可判断该区域不包含车牌, 此时应返回颜色分割过程, 再取另一块颜色区域进行纹理分析, 重复以上步骤; 若该区域值的分布符合车牌区域纹理分布特点, 且分布比较集中(见图 1(f)), 则可继续进行下面的分析;

(4) 从图 2(c) 中可以看出, 由于对应于车牌位置的投影值较大, 而在车牌上下行附近的投影值比较小, 而且均有谷底存在, 因此找到两个谷底位置, 就可找到牌照的上下边界. 第 1 次分割结果如图 2(d) 所示.

(5) 将第 1 次分割后的图象进行纵向差分, 平滑后的直方图投影如图 2(e) 所示. 从该图可看到牌照区域峰值比较集中, 此时采用从两头寻找牌照区域的方法, 即从两头分别先找到大于一定阈值的点, 然后再分别向下找到谷底, 其即为找到的牌照左右边界, 这样就得到第 2 次分割结果(如图 2(f) 所示). 若两次分割后, 图象的长宽比接近车牌长宽比, 则判断其为找到的车牌, 并输出结果; 否则, 返回颜色分割过程, 再取另一块颜色区域进行纹理分析, 并重复以上步骤.

3 算法流程

基于颜色特性分析和纹理分析的车牌定位算法主要过程如下(图 3):

(1) 图象压缩 为减少计算时间, 将图象由 1280×960 pixels 压缩为 500×375 pixels.

(2) 预处理 主要用中值滤波, 因为它既可滤除孤立的短噪声, 又可保持边缘细节.

(3) 将 RGB 格式的图象转化为 HSV 格式.

(4) 颜色分割 在 HSV 颜色空间中, 利用颜色空间距离及相似性计算, 将所要颜色区域设为前景白色, 其余区域设为背景黑色.

(5) 提取最大前景颜色区域进行车牌特征及纹理分析. 分析时, 根据车牌长宽比及车牌纹理分布特征来判断所得颜色区域是否包含车牌区域, 若包含, 则继续以下步骤; 若不包含, 则返回颜色分割步骤, 再提取下一块前景颜色区域进行车牌特征及纹理分析, 重复以上过程.

(6) 对包含车牌的颜色区域进行车牌结构特征及纹理分析, 判断是否就是车牌, 若是, 直接输出结果; 若不是, 则进行纹理分割, 得到车牌定位结果.

值得说明的是, 由于定位后的车牌, 有时会因位置的倾斜而导致几何畸变或几何失真, 从而给下一步的字符识别过程带来困难, 因此, 实际的车牌识别系统中需要考虑倾斜纠正. 据观察, 由于定位后的车牌图象中通常留有车牌边框, 因此对车牌图象二值化后, 可首先利用基于 Hough 变换的边缘检测算法找到水平边框, 再根据水平边框的倾斜角, 利用双线性插值和重采样来对图象进行倾斜纠正; 然后, 经过

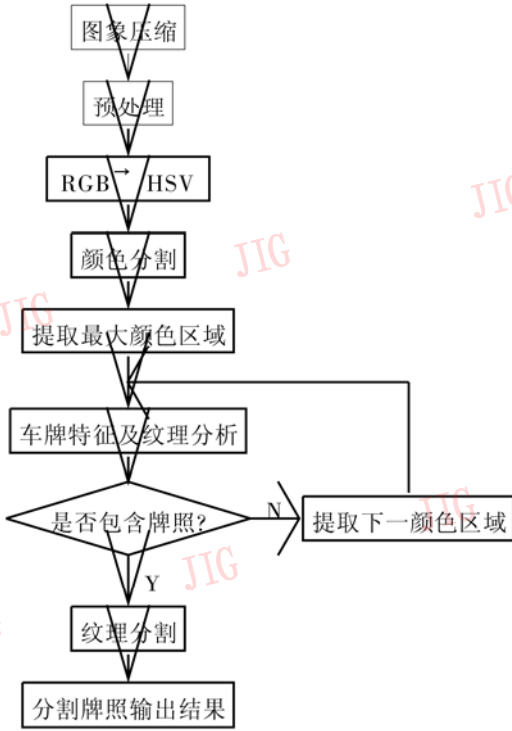


图3 车牌定位算法流程图

字符分割和归一化处理, 单个字符就可送往 OCR 系统进行识别. 限于篇幅, 以上技术不在本文中做详细论述, 有兴趣可参看作者的其他文章.

4 结束语

本文提出了一种基于颜色和纹理分析相结合的车牌定位算法. 用该算法对 60 张不同复杂背景的彩色车牌照进行定位实验, 成功率达到 95% 以上, 而且实验结果表明, 虽然该方法对车牌的大小、汽车在图象中的位置以及图象背景的限制很少, 但该算法在车牌颜色判定上, 还需做进一步的改进, 以提高不多见颜色车牌的处理速度. 本文所提出的车牌定位算法可以应用于实际的车牌识别系统中, 也可应用于其他基于特征的图象检索应用场合.

参考文献

1 Kim K K, Kim K I, Kim J B *et al.* Learning-based approach for license plate recognition [A]. In: IEEE Neural Network for Signal Processing Workshop 2000 [C]. Sydney Australia, 2000: 614~ 623.

- 2 Hegt H A, Haye R J, Khan N A. A high performance license plate recognition system [A]. In: IEEE International Conference on Systems, Man and Cvbernetics [C]. San Diego California, USA, 1998: 4357~ 4362.
- 3 Coetzee C, Botha C, Weber D. PC based number-plate recognition system [A]. In: IEEE International Symposium on Industrial Electronics [C]. Pretoria, South Africa, 1998: 605~ 610.
- 4 Cui Y T, Huang Q. Character extraction of license plates from video [A]. In: IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition [C]. Santa Barbara, California, USA, 1997: 502~ 507.
- 5 Comelli P, Ferragina P, Notturmo M. Optical recognition of motor vehicle number plate [J]. IEEE Trans. on Vehicular Technology, 1995, 44(4): 790~ 799.
- 6 李国辉, 柳伟, 曹莉华. 一种基于颜色特征的图象检索方法 [J]. 中国图象图形学报, 1999, 4A(3): 248~ 255.
- 7 Swain M J, Ballard D H. Color indexing [J]. International Journal of Computer Vision, 1991, 7(1): 11~ 32.
- 8 Makoto Miyahara, Yasuhiro Yashid. Mathematical transform (R, G, B) color data to Munsell (H, V, C) color data [A]. In: Visual Communications and Image Processing 88/SPIE [C]. Cambridge, Massachusetts USA, 1988: 650~ 657.
- 9 王年, 李婕. 多层次汽车车牌照定位分割方法 [J]. 安徽大学学报, 1999, 23(2): 57~ 62.



郭捷 1976年生, 现为上海交通大学图像处理与模式识别专业在读博士研究生. 主要研究领域为 ITS、图象处理及字符识别. 发表论文数篇.



施鹏飞 1940年生, 教授, 博士生导师, 上海交通大学图像处理与模式识别研究所所长, IEEE 高级会员. 主要从事图象处理、模式识别及人工智能领域的科研及教学工作. 曾获多项国家及省、部委的科技成果奖, 发表论文 80 余篇.