

基于 Windows Mobile 平台图像认证系统设计实现

陆 鹏, 汤 进, 罗 斌

(安徽大学 计算智能与信号处理教育部重点实验室, 安徽 合肥 230039)

摘 要:针对移动终端多媒体信息版权保护的问题,提出了一种改进的基于 DCT 的半脆弱盲数字水印算法,并将其与当前流行的智能手机平台 Windows Mobile 相结合,开发一款应用于智能手机的图像认证系统。在水印嵌入过程中,充分考虑人类视觉系统的特征,采用 YUV 颜色空间,把载体亮度分量 Y 进行 DCT 变换,将二值水印信息嵌入 DCT 中频系数中,中频系数的选定通过将系数量化与块的复杂度结合,依据“特征丰富块多嵌入”的原则实现。此外,为了增强水印的安全性对水印图像进行 Arnold 置乱,水印的提取不需要原始载体图像。实验证明,该算法不仅得到了较高的图像质量,而且具有很好的抗 JPEG 压缩性能。

关键词:数字水印;离散余弦变换;Windows Mobile 操作系统;YUV 颜色空间;量化;图像认证

中图分类号:TP302.1

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2010)11-0087-05

Image Authentication System Design and Implementation Based on Windows Mobile

LU Peng, TANG Jin, LUO Bin

(Ministry of Education Key Lab. of Intelligent Computing and Signal Processing,
Anhui University, Hefei 230039, China)

Abstract: Focuses on copyright protection for multimedia information on mobile terminals, proposed an improved semi-fragile blind digital watermarking algorithm based on DCT, it combined with the current popular smartphone platform Windows Mobile, developed an image authentication system used in smartphone. In the watermark embedding process, considering the characteristic of human visual system, the method adopts YUV color space and the luminance Y of the color image by using discrete cosine transform, and then the binary watermark is embedded in middle frequency in DCT coefficients, selection middle frequency coefficient by coefficient quantization and complexity of block, and according to “increases the bit embedding quantity in feature-rich blocks” principle to achieve. In addition, through Arnold transform for watermark image in order to enhance the security of the watermark, extraction of the watermark need not origin host image. Experimental results show that the proposed algorithm not only improves image quality evidently, but also is robust to JPEG.

Key words: digital watermarking; DCT; Windows Mobile OS; YUV color space; Quantization; image authentication

0 引 言

随着计算机网络的普及和多媒体技术的迅猛发展,数字产品(图像、语音和视频等)的安全问题、盗版问题和版权保护问题愈发成为世界各国广泛关注的问题。与此同时,智能手机的普及和 3G 通信的推广,使得手机已成为人们日常生活中获取多媒体信息的一种最方便、最快捷的方式。因此,通过手机端获取的多媒

体信息,对其内容的真实性和可靠性进行认证已迫在眉睫。

目前,采用数字水印技术对网络传输中的图像进行认证已成为信息认证领域的研究热点。用于图像认证的脆弱数字水印技术^[1]根据对篡改的敏感性不同,可分为完全脆弱水印^[2]和半脆弱水印^[3]两类。其中,前者用于精确认证,它对图像内容进行完全保护,不允许任何修改操作;而后者用于选择性认证,它同时具备鲁棒性水印和脆弱性水印的特性,既能够抵抗一定程度的常规数字信号处理,又能够对常见的恶意篡改具有敏感性。在实际应用中,由于手机的存储容量有限,需要将数据图像以压缩的方式存储和传输。因此,半脆弱水印技术在智能手机的图像认证技术研究中具有重要的应用价值。

收稿日期:2010-03-16;修回日期:2010-06-04

基金项目:国家自然科学基金(60772122);安徽省自然科学基金重点项目(KJ2008A033, KJ2009A1501)

作者简介:陆 鹏(1987-),男,安徽合肥人,硕士研究生,研究方向为图像处理与嵌入式开发、数字水印;罗 斌,博士生导师,教授,研究方向为模式识别与图像处理。

Windows Mobile^[4]是微软为智能移动终端设备使用的操作系统,它将用户熟悉的桌面 Windows 界面扩展到了移动设备上,具备了和电脑相近的功能,并且携带方便。由于 Windows Mobile 支持第三方硬件和软件,因此,文中设计了基于 Windows Mobile 智能手机平台的图像认证系统设计方案。其中,将有代表意义的二值灰度图像作为水印,原始图像可以通过手机摄像头或本地图像库获取,为了存储空间的节约和通信的方便采用 JPEG 格式存储,文中采用的数字水印算法也是基于 JPEG 标准的,从而将其与系统的需求结合在一起,符合实际应用,水印的嵌入采用基于 DCT 的半脆弱数字水印算法,水印的检测采用相关检测法来判断可疑图像中是否含有水印,水印的提取为盲提取,即无需原始图像参与,图像认证的结果依据将原始水印与提取的水印通过水印验证算法得到。

1 基于 DCT 的半脆弱盲数字水印算法

二维 DCT 变换是目前使用的最著名的有损数字图像压缩系统——JPEG 系统的核心。根据基本 JPEG 压缩编码的过程^[5,6],从而得到水印算法的原理框图。图 1 和图 2 分别是彩色图像水印嵌入和提取的原理框

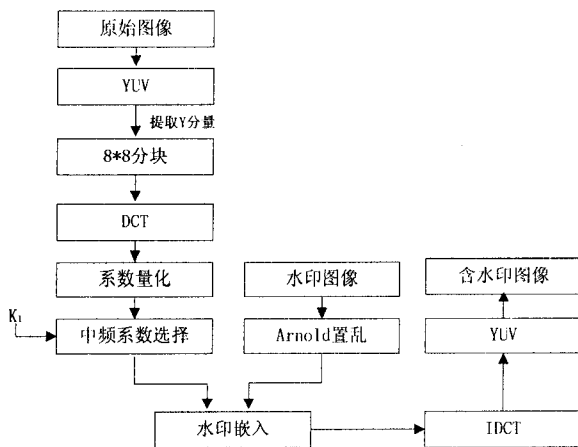


图 1 水印的嵌入过程

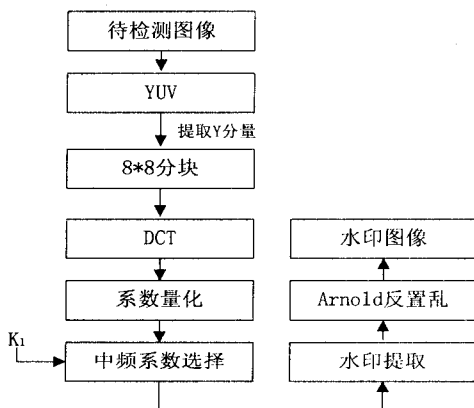


图 2 水印的提取过程

图。在嵌入过程中,对原始图像经过颜色空间转换,亮度分量分块二维 DCT 变换,标准亮度量化表量化,中频系数选择等措施。为了增强水印的安全性对水印图像进行 Arnold 置乱并转换为一维矢量,依据“特征丰富块多嵌入”的原则,将一维水印序列嵌入到原始图像中,从而得到含水印的彩色图像。水印的提取是水印嵌入的逆过程,下面分别对各步骤作详细介绍。

1.1 颜色空间转换

色彩感知是人类视觉系统的一个重要特征,颜色空间是描述使用一组值表示颜色方法的抽象数学模型,颜色空间的种类很多,其中 RGB 颜色空间是最常用的颜色模型,它是与设备相关的色彩空间,YUV 颜色空间常用于图像传输,它将色彩表示为 3 个分量,即亮度 Y,色差 U、V,它的重要性是亮度信号 Y 和色度信号 U、V 是分离的,从而可用亮度信号 Y 解决彩色图像和灰度图像的转化。

RGB 颜色空间与 YUV 颜色空间的转换关系如下所示:

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1.402 \\ 1 & -0.34414 & -0.71414 \\ 1 & 1.772 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y \\ U \\ V \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} Y \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.16874 & -0.33126 & 0.5 \\ 0.5 & -0.41869 & -0.08131 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

1.2 中频系数的选择、子块嵌入量的确定与子块选定

在基于 DCT 的数字水印嵌入^[7-10]中,由于载体的低频信息反映了载体的主要轮廓,不应有较大的失真,水印的嵌入将影响不可见性;而载体的高频信息是人类感知系统不敏感的信息,通常被压缩技术所剔除,故在该频带嵌入水印,水印的鲁棒性较差。因此,为了同时满足不可见性和鲁棒性而将水印嵌入到中频系数中。

●中频系数的选择:首先,将提取的 Y 分量分割成互不重叠的 8×8 子块,对每个子块进行二维 DCT 变换,系数量化,“Z”形扫描方式排序;其次,进行子块嵌入量的确定与子块的选定;最后,对于选定的所有子块,用密钥 K1 作为伪随机发生器种子从中选择 $s \times t$ 个经量化后不为零位置的中频系数组成一个 $s \times t$ 大小的一维矢量 Y' 用来嵌入水印,即水印嵌入在系数量化后非零位置的 DCT 系数中。

●子块嵌入量的确定:为了实现水印的不可见性和鲁棒性的折中,在图像特征丰富的块中可以嵌入更多的水印位,纹理越丰富,边缘越多,说明图像的复杂度越高,从而视觉隐蔽效果越好,抵抗一定程度的常规数字信号处理越强。图像的特征指图像中可用作标志

的属性,而图像的边缘是图像最基本的特征,它是图像分割、纹理特征提取和形状特征提取等图像分析的重要基础,同时具有勾画出区域的形状、能被局部定义以及能传达大部分图像信息等优点,因此,文中借鉴文献[11]的基本思想,使用 Sobel 边缘算子通过计算子块的平均梯度值来确定块的复杂度,并根据复杂度来确定块嵌入量,即每块所选系数的数量。每块所选系数的数量与在该块嵌入的水印数量相同,并且所选系数的位置与水印嵌入位置相对应。

Sobel 算子有两个,分别为横向与纵向,表示如下:

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Sobel 算子为梯度算子,梯度公式如下:

$$G(i, j) = \sqrt{G_x^2(i, j) + G_y^2(i, j)} \quad (1)$$

其中:

$$G_x(i, j) = f(i+1, j-1) + 2f(i+1, j) + f(i+1, j+1) - [f(i-1, j-1) + 2f(i-1, j) + f(i-1, j+1)]$$

$$G_y(i, j) = f(i-1, j+1) + 2f(i, j+1) + f(i+1, j+1) - [f(i-1, j-1) + 2f(i, j-1) + f(i+1, j-1)]$$

式中, $f(i, j)$ 表示图像像素 (i, j) 的灰度值, $G(i, j)$ 为相应的梯度值。

根据式(1),子块 (m, n) 的平均梯度值 $\text{Block}(m, n)$ 表示如下:

$$\text{Block}(m, n) = \frac{\sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^8 G(8m+i, 8n+j)}{64} \quad (2)$$

根据式(2)得到的块复杂度,通过式(3)确定块的嵌入量 $\text{Num}(m, n)$ 。在这里, $H1 = 50, H2 = 40$ 。

$$\text{Num}(m, n) = \begin{cases} 3 & \text{if } \text{Block}(m, n) > H1 \\ 1 & \text{if } \text{Block}(m, n) > H2 \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (3)$$

●子块的选定:保留 DCT 系数量化后存在非零量化值且非零量化值的数量大于等于块的嵌入量的子块,即舍弃量化后不存在非零量化值的子块和非零量化值的数量小于块的嵌入量的子块。

1.3 数字水印的嵌入

设原始图像 X 的大小为 $M \times N$,水印图像 w 的大小为 $s \times t$ 。

水印嵌入的详细步骤如下:

1) 将 RGB 格式的原始图像转换为 YUV 色度空间,取出其中的 Y 分量;

2) 将提取的 Y 分量分割成大小为 8×8 的互不重

叠的子块,按照从左到右、从上到下光栅扫描方式的顺序进行排序;

3) 对每个 8×8 子块进行二维 DCT 变换,用标准亮度量化表进行量化,“Z”形扫描方式排序,块嵌入量确定和子块选定,根据密钥 K1 从筛选下来的所有子块中选择量化后不为零位置的中频 DCT 系数 $s \times t$ 个组成一维矢量 Y' 。

4) 将水印图像 w 进行 Arnold 置乱并转换成大小为 $1 \times k (k = s \times t)$ 的矢量。

$$w_a = \{w_{00}, \dots, w_{0(t-1)}, w_{10}, \dots, w_{1(t-1)}, \dots, w_{(s-1)(t-1)}\}$$

5) 根据式(4)^[12] 修改 Y' 将水印 w_a 嵌入,得到 Y'_{new} 。

$$Y'_{new}(i) = \begin{cases} \text{round}(\frac{Y'(i)}{\Delta}) \times \Delta + \frac{\Delta}{2} & w_a(i) = 1 \\ \text{round}(\frac{Y'(i)}{\Delta}) \times \Delta & w_a(i) = 0 \end{cases} \quad (4)$$

式中, Δ 为量化步长。

6) 修改 DCT 系数。按照 1.2 中中频系数选定的原则从原始图像中得到选定的 Y 分量,根据密钥 K1 从中找出嵌入水印的 $s \times t$ 个位置,用 Y'_{new} 替换相应位置的 DCT 系数,得到嵌入水印后的 Y 分量 DCT 系数 Y'_w 。

7) 对嵌入水印的 DCT 系数 Y'_w 作二维 DCT 逆变换得到 Y_w ,将其与 U、V 分量结合从 YUV 颜色空间转换到 RGB 颜色空间,从而得到嵌入水印的图像 X_w 。

1.4 数字水印的提取

水印的提取是水印嵌入的逆过程,水印提取的具体过程如下:

1) 将含水印的图像从 RGB 格式转换为 YUV 色度空间,取出其中的 Y 分量;

2) 将提取的 Y 分量分割成大小为 8×8 的互不重叠的子块,对每个 8×8 子块进行二维 DCT 变换,用标准亮度量化表进行量化,“Z”形扫描方式排序,运用密钥 K1,按照 1.2 中中频系数选定的原则得到相应的中频系数 Y'_w ;

3) 根据 2) 中得到的中频系数 Y'_w ,结合式(5)依次提取出水印矢量 $w'_a = \{w'_0, w'_1, \dots, w'_{(s \times t - 1)}\}$,并对该水印矢量进行 Arnold 反置乱,转换成大小为 $s \times t$ 的图像,从而生成二值水印图像 w' 。

$$w'_i = \begin{cases} 1 & \text{mod}(\text{round}(Y'_w(i)/(\Delta/2)), 2) = 1 \\ 0 & \text{mod}(\text{round}(Y'_w(i)/(\Delta/2)), 2) = 0 \end{cases} \quad (5)$$

式中, w'_i 为水印分量 $(0 \leq i \leq s \times t - 1)$

2 智能手机平台的图像认证系统设计

通过上述对水印算法的分析,可将其与智能手机平台相结合,实现符合实际需求和应用的智能手机平台图像认证系统。系统工作过程如下所述:首先,原始图像的获取即可使用手机摄像头拍照,也可打开本地图像库选择一幅图像。其次,根据获取原始图像方式的不同,嵌入的水印图像也可随之变化,若使用手机摄像头抓取一幅图像,则在拍照的过程中嵌入默认的水印图像,若打开本地图像库选择一幅图像作为原始图像,则可以选择任意一幅水印图像进行嵌入,从而为今后图像的真实性认证提供依据。最后,若要验证图像是否被恶意篡改,则可以在本机上进行数字水印的检测、提取和认证环节,如果待检测的图像中嵌入水印,则提取水印信息,并将其与原始水印信息作对比,以鉴定图像是否被恶意篡改。图 3 为图像认证系统设计框架图。

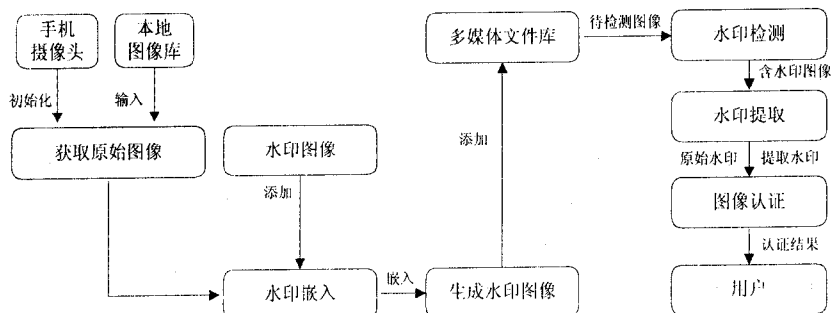


图 3 图像认证系统设计框架图

2.1 智能手机成像技术的开发

在 Windows Mobile 中提供了可用于应用程序交互和获取照相机图像的接口,可以通过 CameraCaptureDialog 和 SelectPictureDialog 两个接口实现手机拍照功能的开发。

CameraCaptureDialog 类为 .NET Compact Framework 应用程序的开发提供了一个简单的拍照对话框,可以用它来获取静态图片或视频,能设置尺寸、分辨率等参数,拍照完成后将图片或视频保存到相关设备中。

要将多媒体与应用程序集成,最重要的是能够使用已经存储在文件系统中的图片(包括照片)和视频,为满足该需要,SelectPictureDialog 类是一个图片选择和显示对话框,其中对话框的 CameraAccess 属性指示照相机是否应该从该对话框窗口使用,如果该属性设置为 true 且照相机可用,则可以在文件列表中看到照相机符号。当选择照相机符号时,将显示一个 CameraCaptureDialog 对话框,就可以照相或制作视频记录。

2.2 水印检测

根据式(6)采用相关检测法来检测提取出的水印与原始水印的相关性,如果检测结果 T 大于给定的阈

值 T_r ,则说明可疑图像中含有水印信息。

$$T = \frac{w' \times w}{\sqrt{w \times w}} \quad (6)$$

2.3 图像认证

将原始水印信息与提取的水印信息通过水印验证算法进行判断,得出图像是否被篡改,从而为用户提供图像真实性认证的依据。

3 实验结果

文中基于 Windows Mobile 6.0 开发平台,开发工具采用 Visual Studio 2005,开发语言使用 C#,并在多普达 S1 智能手机上进行测试。选取一幅大小为 256×256 的图像作为原始图像, 32×32 的二值图像作为水印图像,如图 4 所示。



图 4 原始图像和水印图像

3.1 性能测试

数字水印嵌入与认证结果如图 5 所示。



(a) 嵌入水印后的图像 (b) 提取的水印及认证结果

图 5 数字水印嵌入与认证结果

3.2 恶意篡改测试

数字水印篡改与认证结果如图 6 所示。

4 结束语

随着数字图片造假事件的频频发生,数码照片的真实性验证变得越来越重要,而数字水印技术的不断发展成熟,为可信相机的研制提供了技术支持,也为鉴别数码照片的真伪提供了科学依据。因此,文中提出了基于 Windows Mobile 平台的图像认证系统设计,深入研究手机拍照的方法,并利用改进的基于 DCT 的

半脆弱盲数字水印算法,实现了数码照片真实性验证系统的开发。实验证明,文中算法简单、高效,对 JPEG 压缩具有较好的鲁棒性,而对恶意篡改具有敏感性。另外,文中算法均用 C# 实现,具有一定的现实意义和潜在的商业价值。



(a) 局部恶意篡改的图像 (b) 提取的水印及认证结果

图 6 数字水印篡改与认证结果

参考文献:

- [1] 孙圣和,陆哲明,牛夏牧. 数字水印技术及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [2] Lu H T, Shen R M, Chung F L. Fragile Watermarking Scheme for Image Authentication[J]. Electronics Letters, 2003, 39(12): 898 - 900.
- [3] Lin C Y, Chang S F. Semi - Fragile Watermarking for Authenticating JPEG Visual Content[C]//Proceedings Electronic Imaging 2000, Security and Watermarking of Multimedia Contents II. San Jose, California, USA: SPIE PhotonicWest, 2000: 140 - 151.
- [4] 刘彦博,胡 砚,马 骥. Windows Mobile 平台应用与开发[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006.
- [5] 刘化波,李秀艳,谢海燕,等. 基于图像压缩标准 JPEG 和人类视觉系统的数字水印算法[J]. 大连海事学院学报, 2005, 31(1): 99 - 101.
- [6] 魏永超,苏显渝,郭晓东,等. 基于 DCT 和 JPEG 的脆弱性盲数字水印算法[J]. 计算机工程, 2007, 33(4): 152 - 156.
- [7] 杨 波,陈孝威. 基于 DCT 系数量化的公开水印方案[J]. 桂林电子工业学院学报, 2004, 24(3): 18 - 22.
- [8] 王宏霞,何 晨,丁 科. 采用均值量化的 DCT 域数字水印[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2004, 16(8): 1134 - 1139.
- [9] 凌贺飞,卢正鼎,杨双远. 基于 $YCbCr$ 颜色空间的二维 DCT 彩色图像数字水印实用技术[J]. 小型微型计算机系统, 2005, 26(3): 482 - 484.
- [10] 李旭东. 基于分块 DCT 和量化的图像盲水印算法[J]. 计算机工程, 2006, 32(21): 139 - 144.
- [11] 李 诺,闫德勤. 一种二维 DCT 彩色图像数字水印的新算法[J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(2): 43 - 45.
- [12] 周庆松. 静态图像中水印嵌入技术的研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2004.
- [13] 吕文敏. 车牌识别系统中图像的采集和定位问题的研究[J]. 计算机与现代化, 2009(3): 19 - 23.
- [14] 周心明,兰 赛,徐 燕. 图像处理中几种边缘检测算法的比较[J]. 现代电力, 2000, 17(3): 65 - 69.
- [15] 李文举,梁德群,张 旗,等. 基于边缘颜色对车牌定位新方法[J]. 计算机学报, 2004, 27(2): 204 - 208.
- [16] 韩丽萍,尹王保,李月娥. 一种有效的滤波尺度自适应调整的小波边缘检测方法[J]. 计算机工程与应用, 2005, 41(11): 70 - 71.
- [17] 杨家辉,王建英. 基于色彩分割与体态纹理分析的车牌定位方法[J]. 计算机与现代化, 2004(11): 22 - 26.
- [18] 郭 捷,施鹏飞. 基于彩色和纹理分析的车牌定位方法[J]. 中国图象图形学报, 2002, 7(5): 472 - 476.
- [19] 陆金成,何东健,何 晓. 基于扫描线和特征的车牌定位快速算法[J]. 计算机工程与设计, 2008, 29(19): 5125 - 5128.
- [20] 唐晓亮,陈继荣. 复杂背景下快速车牌定位方法研究[J]. 计算机仿真, 2006, 23(7): 256 - 259.
- [21] Li Yan, Fan Xiaoping, Li Gang. An Application of Tsallis Entropy Minimum Difference on Image Segmentation[C]//The 6th World Congress on Intelligent Control and Automation. Dalian, China: [s. n.], 2006: 21 - 23.

(上接第 86 页)

工作是由于商业领域也应用到该系统,使得拍摄的图像中会出现多个字符(广告牌、建筑物上的字)或多个车牌的问题,给图像的识别工作增加了难度。此时,如果能在一幅图像中准确定位出多个车牌,得到有效信息,则可以提高系统的通用性。

参考文献:

- [1] 梁 栋,程迎春. 基于形状特征和反 Hough 变换的车牌区域定位与重建[J]. 计算机应用, 2002(5): 43 - 44.
- [2] 李 伟,朱伟良,孔祥杰,等. 一种新型的基于数学形态学和颜色特征车牌定位算法[J]. 科技通报, 2009, 25(2): 214 - 219.
- [3] 赵 兵,鲁 敏,匡纲要,等. 基于混合特征的车牌定位算法[J]. 计算机工程与设计, 2007, 28(23): 5668 - 5670.
- [4] 阎建国,高 亮,卢京潮. 图像处理技术在车牌识别中的应用[J]. 电子技术应用, 2000(1): 17 - 18.
- [5] 余成波. 数字图像处理及 MATLAB 实现[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2003.
- [6] 王笑非,弓 雷,晋剑涛. 多层次车牌定位分割技术[J]. 计算机与数学工程, 2008, 36(12): 23 - 25.
- [7] Acton S T. Fast Algorithms for Area Morphology[J]. Digital