

利用能量特征进行条烟识别

孙冬¹, 明军¹, 臧小溪²

(1. 安徽大学 电子科学与技术学院, 安徽 合肥 230039;

2. 安徽理工大学 电气工程系, 安徽 淮南 232001)

摘要:针对条烟识别中的图像特征提取问题,定义了一种新的图像特征。此特征描述了图像能量谱的分布特性,能够综合地反映图像的颜色、纹理、形状特点,并且不随图像的旋转和平移而改变。将此特征应用到条烟识别中,获得了令人满意的结果。

关键词:目标识别;图像特征;傅里叶变换;条烟识别

中图分类号:TP391.41

文献标识码:A

文章编号:1005-3751(2006)04-0132-03

Using Energy Feature in Cigarette Recognition

SUN Dong¹, MING Jun¹, ZANG Xiao-xi²

(1. Electronic Science and Technical Collage, Anhui University, Hefei 230039, China;

2. Dept. of Electrical Engineering, Anhui University of Science & Technology, Huainan 232001, China)

Abstract: A new image character is defined in this paper in allusion to the problem of calculation of image signature in cigarette recognition. It describes the distribution feature of the image energy spectrum, and comprehensively reflects the color, texture and shape feature of an image, which is invariant to rotation and translation transformation. Apply it to the cigarette recognition, and have obtained satisfying results.

Key words: target recognition; image feature; Fourier transform; cigarette recognition

0 引言

在条烟配送系统中,为保证装箱条烟品牌的正确性,需要在条烟拣选后进行品牌检查。传统的检查方法依靠工作人员手工进行,劳动强度大,工作枯燥且容易出错。近年来,随着数字图像处理技术的飞速发展,利用计算机进行目标的自动识别成为一个重要的研究课题,其中,图像特征的合理抽取是关键^[1]。描述图像,通常可使用颜色特征、纹理特征、形状特征^[2~5],这些特征都从某个侧面反映了图像的某些特点。作为目标识别的一个子课题,条烟识别具有自身的特殊性,不同品牌的条烟之间不仅有颜色、尺寸的差异,而且还有纹理的差别。因此希望用于描述条烟图像的特征应能综合地反映图像的内容。而将上述提到的颜色、形状、纹理等特征合理组合起来,却是非常困难的,而且诸如纹理特征等其它一些特征的计算相当耗时,不能满足条烟识别的实时性要求。

文中提出一种新的图像特征,它从图像的谱上定义,实现了对图像内容的综合概括,绕开了上面提到的特征组

合问题。另外,此特征可以快速计算,并且不随图像的旋转和平移而改变,能够有效地完成条烟识别的任务。

1 能量特征

设灰度图像 $I = g(x, y)$ 及其谱 $G(u, v)$ 的极坐标表达分别为 $f(r, \theta)$ 和 $F(\rho, \alpha)$ 。根据傅里叶变换的性质,当图像旋转 θ_0 度时,其谱也对应地旋转 θ_0 度^[5]。也即

$$f(r, \theta) \rightarrow f(r, \theta + \theta_0) \Rightarrow F(\rho, \alpha) \rightarrow F(\rho, \alpha + \theta_0) \quad (1)$$

对图像 $f(r, \theta)$ 的谱 $F(\rho, \alpha)$, 作 α 方向上的投影:

$$F_a(\rho) = \int_0^{2\pi} F(\rho, \alpha) d\alpha \quad (2)$$

由于

$$\int_0^{2\pi} F(\rho, \alpha + \theta_0) d\alpha = \int_{\theta_0}^{2\pi + \theta_0} F(\rho, \alpha) d\alpha = F_a(\rho) \quad (3)$$

因此,图像的谱在 α 上的投影函数 $F_a(\rho)$ 并不因图像的旋转而改变。

更进一步,考虑到傅里叶变换的模值平移不变性:

$$\begin{aligned} & \frac{1}{4\pi^2} \left| \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} g(x + x_0, y + y_0) \cdot e^{-j2\pi(ux + vy)} dx dy \right| \\ &= \frac{1}{4\pi^2} \left| \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} g(x, y) \cdot e^{-j2\pi(ux + vy)} dx dy \right| \end{aligned} \quad (4)$$

因此,对于图像 $g(x, y)$, 其幅度谱 $A(\rho, \alpha) = |F(\rho, \alpha)|$ 在 α 上的投影函数

$$A_a(\rho) = \int_0^{2\pi} A(\rho, \alpha) d\alpha \quad (5)$$

收稿日期:2005-07-25

基金项目:安徽省自然科学基金资助项目(01042105)

作者简介:孙冬(1982-),男,安徽亳州人,硕士研究生,研究方向为视频图像处理及模式识别;明军,硕士生导师,研究方向为视频图像处理及模式识别。

具有平移旋转不变的性质。

傅里叶变换把图像分解成一组具有不同频率的基图像 $|e^{ju}e^{jv}|$ 加权和,而幅度谱 $|G(u,v)|$ 反映了这些基图像权系数的模值,也即所对应的基图像的能量。由于圆频率 $\rho = \sqrt{u^2 + v^2}$,所以 $A_a(\rho)$ 反映的是具有相同圆频率 ρ 的基图像的能量分布,它是对图像内容的一维频域描述,是图像内容的复杂组合。

记 D_m 为图像可能的灰度上界,对 $A_a(\rho)$ 进行归一化

$$A_a(\rho) = \begin{cases} \frac{A_a(\rho)}{D_m} & \rho = 0 \\ \frac{A_a(\rho)}{2\pi\rho \cdot D_m} & \rho \neq 0 \end{cases} \quad (6)$$

为使特征上的每点都具有相同的重要性,再将 $A_a(\rho)$ 变换回空域,定义

$$\hat{a}(s) = |\text{ifft}(A_a(\rho))| \quad (7)$$

其中式(7)中的符号 ifft 表示逆傅里叶变换操作。

这里称 $\hat{a}(s)$ 为图像的能量特征,显然,它同样具有旋转平移不变的特点。作为图像的描述,能量特征反映的也是基图像的能量分布特征,只是经过式(7)变换后,这种描述重新回到一维的空域中进行。另外,对于实际处理的数字化图像,由于离散傅里叶变换具有快速算法,所以此特征可以快速求得。

2 数字化对能量特征的影响

数字化图像 $g(i,j)$ 经过旋转:

$$\begin{bmatrix} m \\ n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta_0 & \sin\theta_0 \\ -\sin\theta_0 & \cos\theta_0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i \\ j \end{bmatrix} \quad (8)$$

得到新图像 $g'(m,n) = g(i,j)$ 。由于 m,n 不一定是整数,因此 g' 往往通过插值得到^[5]。常用的插值方式为双线性或双立方,它们可以看成是对图像的低通滤波。因此在一般情况下, $\hat{a}(s)$ 并不会因图像的旋转而严格不变。

使用图1所示的测试图像来研究旋转角 θ_0 与 $\hat{a}(s)$ 的变化量之间的关系,测试图像由固定不变的背景和发生旋转的核两部分组成,其中背景亮度为40,核为 $[40,200]$ 上均匀分布的白噪声。

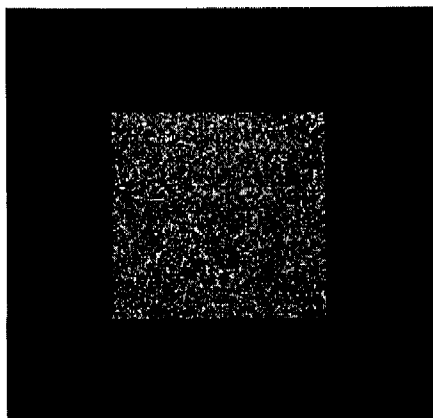


图1 测试图像

设图像核旋转 ω 度时,特征曲线为 $\hat{a}(s,\omega)$ 。定义旋转

误差

$$\text{Error}_{\text{Rotate}}(\omega) = \frac{1}{N+1} \sum_{s=0}^M |\hat{a}(s,0) - \hat{a}(s,\omega)| \quad (9)$$

其中, $N+1$ 表示离散化后特征曲线 $\hat{a}(s)$ 的长度。

Matlab 仿真得到的 $\text{Error}_{\text{Rotate}}(\omega) \sim \omega$ 曲线如图2所示(旋转时的插值方式为双线性插值)。

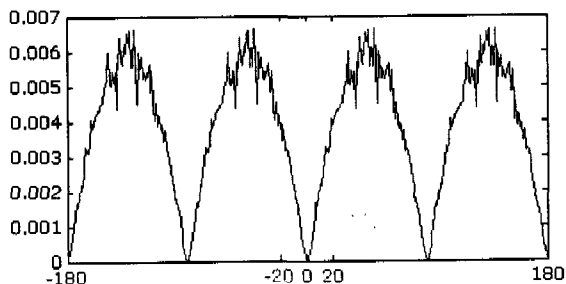


图2 $\hat{a}(s)$ 的旋转误差

由图2可以看出,当旋转角度为 45° 的整数倍时,实际值与理论值的误差较大,这是因为此时插值的误差较大的缘故。与旋转不同,由于数字图像的平移不需要插值即可获得新的图像,所以数字化的平移不会对图像的能量特征 $\hat{a}(s)$ 产生影响。

3 利用能量特征进行条烟识别

若条烟图像 I 与条烟图像库 $\{I_i | i = 1, 2, \dots, M\}$ 中的某图像,仅存在旋转和平移的差别,那么二者能量特征的误差在理论上应当为零。记 $\hat{a}(s)$ 和 $\hat{a}_i(s)$ 分别为待识别的条烟图像 I 和标准条烟库图像 I_i 的能量特征,定义特征误差

$$e(\hat{a}, \hat{a}_i) = \frac{1}{N+1} \sum_{s=0}^N |\hat{a}(s) - \hat{a}_i(s)| \quad (10)$$

此误差可用来表示图像 I 和 I_i 的差异程度。对于彩色图像,可用式(11)来计算特征误差

$$e = 1 - (1 - e_R)(1 - e_G)(1 - e_B) \quad (11)$$

其中, e_R, e_G, e_B 分别为 R, G, B 三个分量图像的特征误差。显然,只有彩色图像三个分量的特征距离都很小时,特征距离才会接近零。

条烟识别是模板匹配的过程。条烟图像库中的图像与待识别图像的匹配程度可以使用它们之间的特征距离来描述。显然,对于来自同一品牌条烟的两幅图像,如果它们之间仅有成像位置的差别——旋转和平移——的话,那么,根据式(11)计算出的特征误差将接近于0。此时,可以使用条烟图像库中的这个最匹配的图像的品牌信息作为识别结果。

4 实验

为了验证识别算法的有效性,笔者从工业现场采集了大量的图像进行实验。以图3和图4给出的两幅图像(图像尺寸 501×221)为例,图5给出了由式(7)计算的图像特征曲线,根据式(10)和式(11)计算的相应的特征误差见表1。

图 5 中,实线和叉线分别对应图像 1(图 3)和图像 2(图 4)的能量曲线;每幅图像的特征曲线都有红、绿、蓝三条,分别对应于红、绿、蓝三幅分量图像的能量特征。对于每幅图像,三条特征曲线总计算的时间约为 200 毫秒(P4 2660MHz)。



图 3 条烟图像 1(显示比例为 50%)

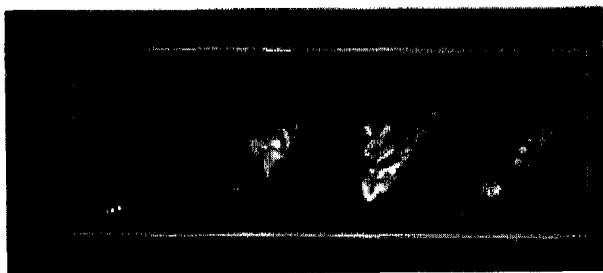


图 4 条烟图像 2(显示比例同图 3)

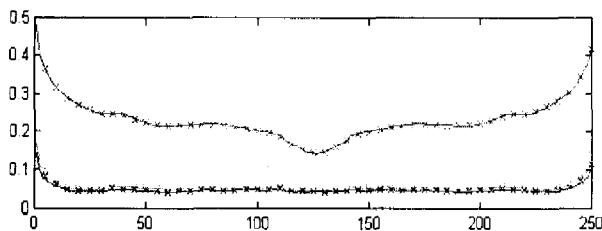


图 5 图像能量特征 $\hat{\alpha}(s)$ 曲线

(上接第 131 页)

面、垂直面、平行面)、曲面(柱、球、锥、锥状面、柱状面等)进行构形引导。单击图 5 右下方的任一绿色按钮,会弹出不同的参考构形。构形乐园的另一模块是“看谁想得快”,它是一种空间构思游戏,要求在限定时间内由给定的空间位置或投影图,选择游戏中列出的形体,并由计算机自动判断和显示得分^[5,6]。

3 结束语

《建筑制图》是一门实践性要求很强的技术基础必修课程。随着高等教育的改革,建筑制图也面临教学内容、教学体系及教学手段的改革,建筑制图建构主义教学模式的研究就是在建筑制图课程的教学过程中(包括课堂内外),以传统的建筑制图课程为基础,以现代教育理论为指导,以数字化的教育技术为依托,为该课程教师与学生提供建构型的环境和资源,使教学活动、人才培养在数字化

表 1 图 3 与图 4 能量特征的误差

误差类别	红色分量误差	绿色分量误差	蓝色分量误差	综合误差
误差值	0.0013	0.0023	0.0016	0.0053

5 结束语

理论分析和实验表明,文中提出的图像能量特征具有旋转平移不变的特性,可以快速准确地计算图像能量特征。而且,这种直接在频域上定义的特征,对应的是空域中图像的复杂内容,可以方便地对图像中的颜色、形状、纹理等特点进行综合描述。把此特征成功地应用到本实验室开发的条烟识别系统中,此系统已被国内几家烟草物流管理企业使用,均获得了很好的收益。

参考文献:

- [1] 边肇其,张学工. 模式识别[M]. 北京:清华大学出版社, 2000.
- [2] Gong Y, Zhang H J, Chua T C. An image database system with content capturing and fast image indexing abilities[A]. Proc. IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems[C]. Boston:[s. n.],1994.
- [3] Pass G, Zabih R. Histogram refinement for content - based image retrieval[A]. In: Applications of Computer Vision, 1996. WACV '96. Proceedings 3rd IEEE Workshop[C]. Sarasota, FL:[s. n.],1996.
- [4] Hu M K. Visual pattern recognition by moment invariants [A]. in Aggarwal J K, Duda R O, Rosenfeld A. Computer Methods in Image analysis[C]. Los Angeles, CA: IEEE computer Society, 1977.
- [5] Castleman K R. 数字图像处理[M]. 北京:电子工业出版社, 2002.

空间进行,对于增强学生对建筑施工的直观体验,培养学生的创新能力有实际意义。

参考文献:

- [1] 薛理银. 教育信息处理原理[M]. 北京:北京师范大学出版社,1996.
- [2] 缪 亮. Flash MX 课件制作实用教程[M]. 北京:清华大学出版社,2004.
- [3] 丁宇明. 土建工程制图[M]. 北京:高等教育出版社,2004.
- [4] 朱福熙,何 斌. 建筑制图(第 3 版)[M]. 北京:高等教育出版社,1996.
- [5] 墙 新.《建筑制图》中专业制图教学改革探讨[J]. 涪陵师范学院学报,2004,20(5):62-63.
- [6] 鄂生碧,张应年. 建构主义教学模式下的研究性学习探讨[J]. 甘肃高师学报,2004,9(2):84-86.