

背景典型斑点特征的聚类分析

蔡云骧, 田振锡, 毕道鵬

(总装工程兵科研一所, 江苏 无锡 214035)

摘要: 迷彩是一项重要的目标防护手段, 斑点形状设计是进行迷彩设计的基础。首先自动提取背景图像中的明显斑点, 然后分析背景斑点周长、面积、伸长度、矩形度、细长度、分散度等特征的统计特性, 最后将长度、矩形度、细长度、分散度作为斑点特征向量对提取出的背景斑点进行HCM聚类分析, 进而得到背景典型斑点的特征参数。该方法能得到大样本背景图像斑点特征的统计特征, 对自动、量化的迷彩设计具有一定意义。

关键词: 迷彩伪装; 斑点特征; 聚类

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255-(2012)03-0069-05

Character of Representative Spots from Background by Using Cluster Analysis

CAI Yun-xiang, TIAN Zhen-xi, BI Dao-kun

(The First Engineers Scientific Research Institute of the General Armaments Department, Wuxi 214035, China)

Abstract: The pattern painting is an important method to protect the target, the pattern painting design is based on the spot shape design. First, the visible spots are extracted automatically from the background image. Then, the statistic characteristics of the girth, area, elongation ratio, rectangular ratio, slightness ratio and dispersing ratio for the background spot are analyzed. Finally, taking the length, rectangular ratio, slightness ratio and dispersing ratio as the spot characteristic vector, the extracted background spot is analyzed by using HCM cluster analysis, and the characteristic parameter is gained. This method can gain the statistic characteristics of the large sample background images, which is useful to for the design of the automatic and quantitative pattern painting.

Key words: pattern painting; spot characteristics; cluster

形状是物体的一个重要特征, 视觉心理学认为, 形状是识别、理解、分类物体的基础^[1]。因此, 任何自然背景反映于人眼都是由不同形状和尺寸的颜色斑点组成的。各种有规则和无规则的斑点交错组合便形成了斑驳的背景图案。一般的目标由于单一的表面材质和规则的外形轮廓, 在探测成像中不具备同背景相似的斑驳特性, 这种差异往往成为被探测识别的暴露征候。迷彩就是通过目标表面配置各种形状的迷彩斑点, 歪曲探测成像中原有的目标图像轮廓, 使目标表面图案与背景相融合。但是, 迷彩斑点形状设计长期以来只存在若干定性的设计原则^[2-3]。文献[4]从融合的角度指出迷彩斑点的形状必须与背景中

的斑块形状一致或相似, 并提出了一些形状特征向量描述子, 这对于定量地进行斑点形状设计具有一定意义。找到一种有效定量统计分析背景斑点特征的方法, 进而确定背景典型斑点的形状特征, 是进行迷彩设计的基础, 具有重要的意义。

1 背景斑点提取

背景斑点提取是进行斑点特征分析的前提。传统的提取方法是由专业人员在现地或背景图像上选取明显斑点, 工作量大, 主观性强。在人工提取背景斑点的时候, 操作人员通常在背景图像中挑选出若干较为明显的斑点, 这些斑点在颜色、纹理等表现上

往往更能够引起人眼的注意。为模拟这种人眼注意力的机制,可以根据视觉注意力模型,先在背景图上找到若干显著区域,然后确定注意视点,并将这些视点作为种子点进行区域生长,最后在区域生长的图

像上依据相关准则提取得到背景的明显斑点。这种基于视觉注意力模型的背景斑点提取方法流程如图1所示,具体算法步骤见文献[5]。

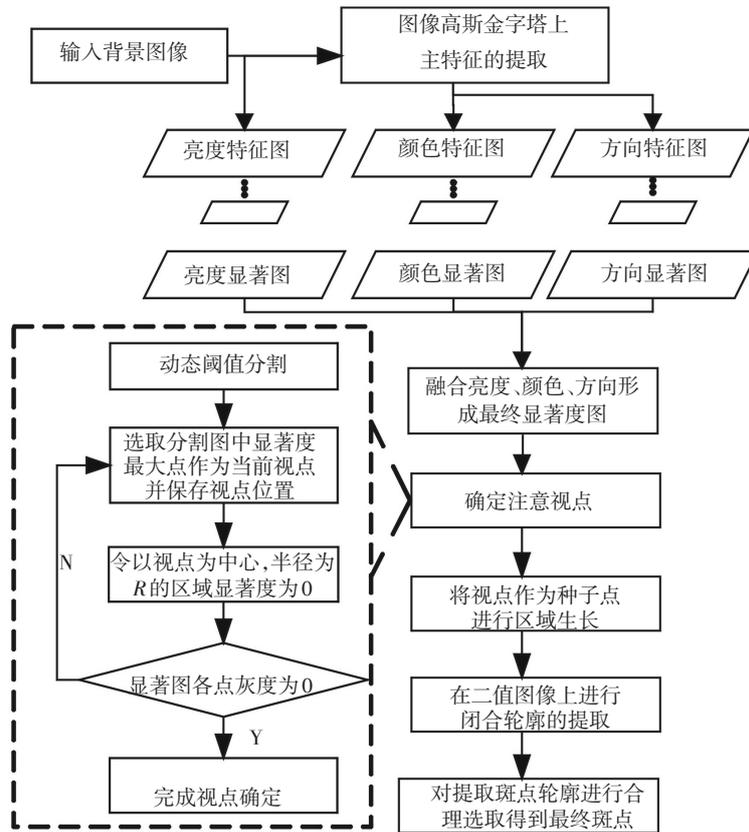


图1 基于视觉注意力模型的背景斑点提取方法流程

2 斑点形状描述

在成功地提取出背景斑点之后,就要对斑点形状进行描述。对于二维形状的描述可以分为两类:一类是根据形状的轮廓进行描述,称为基于轮廓的形状分析,另一类是根据形状所占据的整个区域来描述,称为基于区域的形状分析^[6]。各描述方法从不同的侧面反映了形状的特征,其效果也不尽相同,可以从描述唯一性、形状重建能力、对不完整形状的识别能力、对平移、旋转及比例变化的鲁棒性等角度评价描述方法的优劣。总的说来,基于轮廓的描述方法可以比较精确地“勾勒”出斑点的边界,而且在一定程度上是“可逆”的,因此具有很好的重构能力,但此类描述方法不具备统计的特性,难以得到斑点在面积、形状等方面的统计特性。另一方面,基于区域的描述方法虽不能再现轮廓,但在一定程度上具有统计的特性,这对于全面地考察一定背景区域的斑

点特性是有益的。根据斑点特征定量统计分析的需求,确定采用基于区域的形状特征描述方法。

(1) 面积

面积是最简单而且最直观的形状区域属性,可以定义为形状区域所包含的像素个数。

(2) 周长

周长是另一个基本的形状区域属性,可以定义为形状轮廓像素间的距离之和,像素间的距离有两种情况,其中,像素1、2之间的距离为1,像素1、3之间的距离为 $\sqrt{2}$,如图2所示。

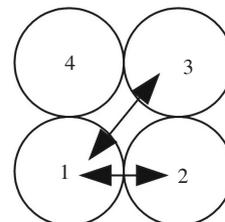


图2 像素间距离的两种情况

(3)伸长度

设形状的面积为 A ,宽度为 W 。伸长度即是使形状完全消失所需的最小收缩数,定义为

$$L = A/W \tag{1}$$

伸长度符合人们的认识习惯,面积一定的形状,其宽度 W 越小,越细长;反之,则越粗短。

(4)矩形度

设形状的面积 A ,形状的外接矩形面积为 S ,定义矩形度为

$$J = A/S \tag{2}$$

(5)细长度

设形状外接矩形的长为 a ,宽为 b ,定义细长度为

$$X = a/b \tag{3}$$

(6)分散度

设形状的面积 A ,周长为 C ,定义分散度为

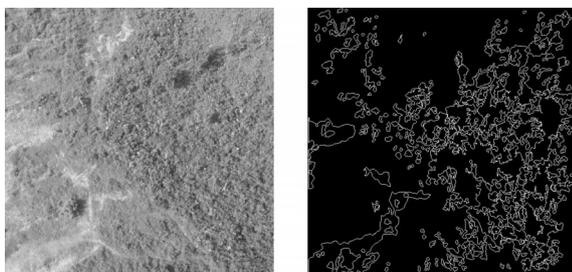
$$D = C^2/A \tag{4}$$

分散度是一种面积形状的测度,相同面积的几何形状物体,其周长越小,越紧凑。圆形最紧凑, $D = 4\pi$ 。其他任何形状的分散度 $D > 4\pi$,且几何形状越复杂,分散度越大。

上述形状描述子均从特定角度描述了形状特征,但存在二义性或多义性,必须综合运用,才能较全面地描述斑点形状特征。

3 背景特征统计分析

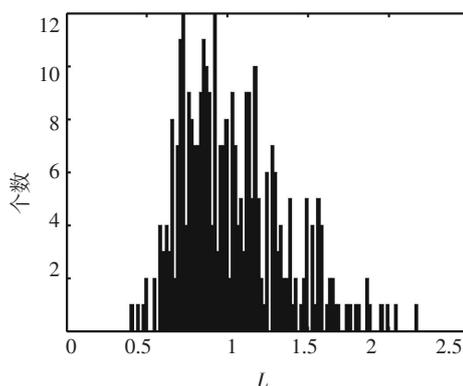
采用基于视觉注意力模型的背景斑点提取方法,对背景库中的50幅背景图像进行了斑点提取,图3为其中一幅图像提取斑点的结果,该图像一共提取了326个斑点,面积、周长、伸长度、矩形度、细长度、分散度的分布如图4所示。



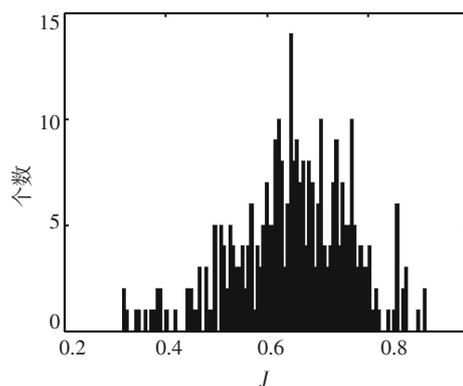
(a)原背景图 (b)提取的斑点

图3 一幅背景图像及其被提取的斑点

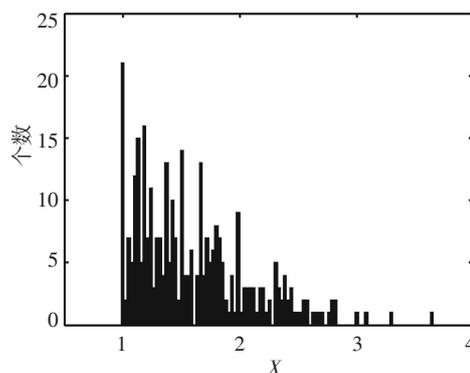
50幅背景图像共提取到10 515个斑点,将各斑点特征存入斑点数据库中,最后根据建立好的斑点数据库可以得到如表1所示的斑点特征统计情况。



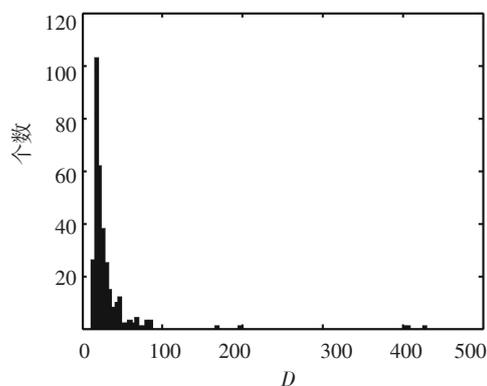
(a)伸长度



(b)矩形度



(c)细长度



(d)分散度

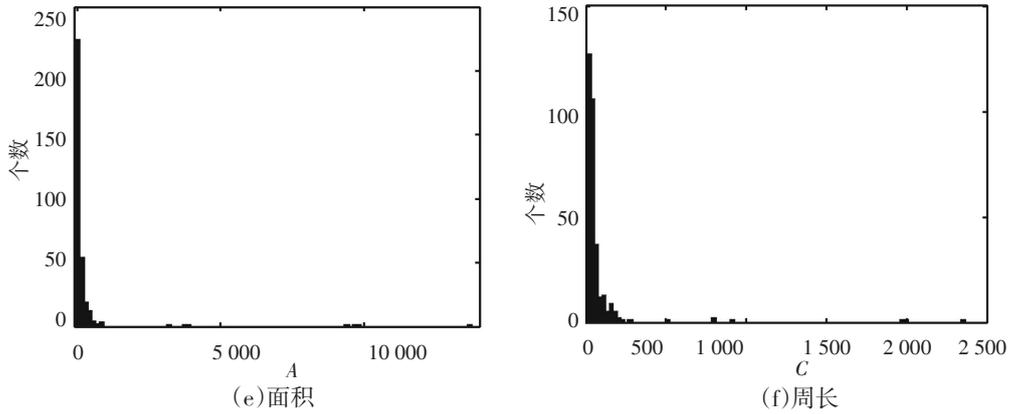


图4 斑点特征分布

表1 50幅背景斑点的特征统计

| 特征 | 伸长度 | 矩形度 | 细长度 | 分散度 | 面积 | 周长 |
|-----|---------|---------|---------|--------|---------|--------|
| 平均值 | 1.063 7 | 0.666 3 | 1.629 7 | 31.516 | 286.58 | 77.844 |
| 标准差 | 0.379 8 | 0.125 9 | 0.647 6 | 54.837 | 1 640.7 | 233.64 |

4 背景典型斑点特征提取

在实际的伪装应用中,背景典型斑点的特征对伪装设计更有指导意义,可以采用HCM聚类的方法对斑点数据库中10 515个斑点进行聚类分析,进而得到典型斑点的特征参数。

HCM算法^[7,8]一般定义聚类的最小均方误差为目标函数,即

$$J = \sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^{n_i} d_{ik}(x_k, p_i) \quad (5)$$

式中, $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} \subset R^s$ 是样本点集; c 为聚类

类别数; p_1, p_2, \dots, p_c 为聚类中心; d_{ik} 为样本 x_k 与第 i 类的聚类原型 p_i 之间的距离,一般为欧氏距离。

具体算法流程如下:

(1) 给定聚类类别数 $c, 2 \leq c \leq n, n$ 是数据个数,设定迭代停止阈值 ϵ ,初始化聚类原型模型 $P^{(0)}$,设置迭代计数器 $b=0$;

(2) 用式(6)计算或更新划分矩阵 $\mu^{(b)}$

$$\mu_{ik}^{(b)} = \begin{cases} 1 & d_{ik}^{(b)} = \min_{1 \leq r < c} \{d_{ir}^{(b)}\} \\ 0 & \text{other} \end{cases} \quad (6)$$

表2 20个典型斑点的特征参数

| 典型斑点序号 | 伸长度 | 矩形度 | 细长度 | 分散度 | 典型斑点序号 | 伸长度 | 矩形度 | 细长度 | 分散度 |
|--------|------|------|------|--------|--------|------|------|------|--------|
| 1 | 0.58 | 0.34 | 1.76 | 138.95 | 11 | 0.71 | 0.44 | 1.64 | 105.89 |
| 2 | 0.9 | 0.5 | 1.82 | 58.23 | 12 | 0.94 | 0.56 | 1.66 | 38.5 |
| 3 | 1.01 | 0.59 | 1.71 | 33.86 | 13 | 0.8 | 0.45 | 1.76 | 83.93 |
| 4 | 0.92 | 0.53 | 1.74 | 50.91 | 14 | 1.09 | 0.69 | 1.56 | 21.66 |
| 5 | 0.91 | 0.64 | 1.42 | 25.48 | 15 | 1.1 | 0.63 | 1.72 | 27.28 |
| 6 | 0.9 | 0.65 | 1.37 | 23.86 | 16 | 5 | 0.98 | 5.13 | 27.21 |
| 7 | 0.43 | 0.22 | 1.94 | 248.83 | 17 | 1.43 | 0.68 | 2.09 | 24.46 |
| 8 | 3.78 | 0.96 | 3.93 | 22.83 | 18 | 0.91 | 0.55 | 1.66 | 44.23 |
| 9 | 1.2 | 0.74 | 1.58 | 19.23 | 19 | 1.22 | 0.84 | 1.4 | 16.55 |
| 10 | 1.03 | 0.62 | 1.66 | 30.26 | 20 | 0.8 | 0.49 | 1.64 | 68.79 |

(3) 用式(7)更新聚类原型模式矩阵 $p^{(b+1)}$

$$p_i^{(b+1)} = \frac{\sum_{k=1}^n \mu_{ik}^{(b+1)} * x_k}{\sum_{k=1}^n \mu_{ik}^{(b+1)}}, \quad i=1,2,\dots,c \quad (7)$$

(4) 如果 $\|p^{(b)} - p^{(b+1)}\| < \epsilon$, 则算法停止并输出划分矩阵 μ 和聚类原型 p , 否则令 $b=b+1$, 转向步骤(2)。

从图4和表1可以看出,伸长度、矩形度、细长度、分散度更具统计意义,故在进行斑点特征聚类时,定义斑点特征向量 $x_k = [L_k, J_k, X_k, D_k]$ 。理论研究表明,在聚类分析中,最大聚类类别数与样本数满足关系式 $c_{\max} \leq \sqrt{n}$ [9,10],因此,典型斑点个数取决于斑点数据库中的斑点样本数。限于篇幅,只列出当聚类类别数 c 为20时的典型斑点特征参数,如表2所示。

5 结 论

通过对背景斑点的自动提取和统计分析,定义了描述斑点形状的特征向量,并运用HCM算法得到了背景典型斑点的形状特征参数,这对于迷彩图案的自动、定量设计以及效果评价具有一定意义。

(上接第29页)

参考文献

- [1] 毕永利,刘洵,葛文奇,等.机载多框架陀螺稳定平台速度稳定环设计[J].光电工程,2004,31(2):16-18.
- [2] 王连明.机载光电平台的稳定与跟踪伺服控制技术研究[D].长春:中国科学院长春光学精密机械与物理研究所,2002:43-47.
- [3] 马佳光.捕获跟踪与瞄准系统的基本技术问题[J].光学工程,1989,81(3):21-24.
- [4] 杨海峰,李奇,姬伟.高精度伺服稳定跟踪平台数字控制器研制[J].东南大学学报(自然科学版),2004,34(增刊):96-100.
- [5] 李大成,赵宏斌.基于坐标变换的视轴稳瞄算法[J].光电技术应用,2011,26(2):5-8.

参考文献

- [1] 王文中.二维形状分析及其在图像检索中的应用[D].北京:首都师范大学,2005:1-2.
- [2] 梁洪钧,芮福盛,秦建飞.伪装原理[M].南京:解放军理工大学出版社,1995.
- [3] 王博,孙晓泉,王自荣.迷彩涂层斑块形状研究[J].光电技术应用,2003,18(3):22-24.
- [4] 贾其,吕绪良,李磊,等.迷彩斑点单元形状和尺寸研究[J].光电技术应用,2008,23(2):21-23.
- [5] 蔡云骧,秦建飞,吕振坚.基于视觉注意力模型的背景斑点提取方法[J].光学技术,2010,36(2):302-306.
- [6] 梁光明,孙即祥,唐玉鹏,等.一种区域弦分布形状描述子及其在形状特征识别中的应用[J].中国图像图形学报,2008(8):1470-1475.
- [7] WISHART D. K-means clustering with outlier detection: the 25th Annual Conference of the German Classification Society[C]//Munich:University of Munich,2001:14-16.
- [8] 蔡云骧,秦建飞,孟宪浩,等.一种改进的快速HCM颜色聚类算法[J].光电技术应用,2009,24(1):73-77.
- [9] 于剑,程乾生.模糊聚类方法中的最佳聚类数的搜索范围[J].中国科学,2002(4):274-280.
- [10] 彭晋.基于模范用户的协同过滤算法研究[M].重庆:重庆大学出版社,2010:73-77.

- [6] 罗护,范大鹏,张智勇,等.两轴陀螺稳定系统中陀螺安装的几种方法[J].兵工学报,2005,26(3):426-428.
- [7] 鲍文亮,黄显林,卢鸿谦.多框架光电平台动力学建模及耦合分析[J].哈尔滨工程大学学报,2009,30(8):893-897.
- [8] 姬伟,李奇,杨浦.陀螺惯性平台视轴稳定双速度环串级控制的研究[J].仪器仪表学报,2007,28(1):114-119.
- [9] 刘金琨.先进PID控制及MATLAB仿真[M].北京:电子工业出版社,2003.
- [10] 胡浩军,毛耀,马佳光,等.稳定转台摩擦参数的测量及其对稳定精度的影响[J].光电工程,2007,34(5):5-9.
- [11] [美]Katsuhiko Ogata.现代控制工程[M].4版.卢伯英,于海勋.北京:电子工业出版社,2007:458-475.