

文章编号: 1001-3806(2014)01-0076-03

红外偏振图像的仿真

虞文俊, 顾国华*, 刘骋昊

(南京理工大学 电子工程与光电技术学院, 南京 210094)

摘要: 为了在获得真实偏振图像之前获得偏振图像, 采用仿真的方法进行了实验研究, 即先通过实验获得各种物体的偏振度建立一个偏振数据库并进行理论研究论证, 再利用 K -均值聚类算法对红外图像中的物体进行分类, 最后将聚类后的图像通过计算得到偏振图像。结果表明, 得到的仿真偏振图像效果很明显, 能够很好地区分人造物和自然物, 从而验证了仿真算法的可行性。图像仿真对于更好、更方便地研究物体的偏振特性和建立偏振数据库有着非常重要的意义。

关键词: 图像处理; 红外偏振图像; 图像仿真; 偏振数据库

中图分类号: TP391 **文献标志码:** A **doi:** 10.7510/jgjs.issn.1001-3806.2014.01.016

Simulation of infrared polarization images

YU Wenjun, GU Guohua, LIU Chenghao

(College of Electronic Engineering and Optoelectronic Technology, Nanjing University of Technology and Engineering, Nanjing 210094, China)

Abstract: In order to obtain polarization images without true polarization images, firstly, the degree of polarization of various objects were found in experiments, and a database of degree of polarization was built. Then, objects in the infrared images were classified by means of K -means clustering algorithm. Finally, the polarization images were calculated from the clustering images. The results verify the simulation algorithm is feasible. The effect of the simulated images is good, it is easy to distinguish artificial object from natural objects. Image simulation is important for better and more convenient research of polarization properties of objects and the establishment of a database of polarization.

Key words: image processing; infrared polarization image; image simulation; polarization database

引言

红外成像的仿真一般是在原始景物红外辐射分布的基础上, 从时间、空间、光谱和辐射量等方面进行^[1]。仿真可分为数学仿真和半实物仿真两大类。数学仿真就是建立系统的数学模型, 然后通过计算机复现系统的工作过程, 它属于抽象性仿真, 可以非实时运行。半实物仿真属于物理仿真, 必须实时运行。目前国内外对在目标红外成像仿真研究方面的研究方法很成熟了, 但是对红外偏振图像的仿真研究不是很多, 也研究得不是很透彻, 参考文献[1]中

提到了一种简单的红外偏振图像仿真算法, 作者就是在此基础上进行了深入的研究。

通过实验可获得人造物和自然物的偏振度数据, 用这些数据建立一个偏振数据库^[2]。当已知物体的偏振度, 就可通过仿真算法得到景物的偏振图像, 即在获得真实偏振图像之前, 可先通过对物体偏振特性的仿真来获得偏振图像^[1]。参考文献[1]中对红外偏振图像的仿真算法过于简单, 只考虑景物中一种独特的物体的偏振度来仿真得到最后的偏振图像, 效果不明显, 没有很好地区分人造物和自然物, 而本文中先通过大量实验计算获得人造物和自然物的偏振度, 然后利用 K -均值聚类算法对原图像进行分类, 将分类后的物体仿真得到偏振图像, 最终仿真图像效果很明显, 能够更好地区分人造物和自然物。

1 偏振度的定义

自然光在传播过程中, 由于外界的影响, 造成各

基金项目: 总装预研基金资助项目(62301020303); 江苏省青蓝工程基金资助项目

作者简介: 虞文俊(1988-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为图像处理和图像融合。

* 通讯联系人。E-mail: gghnjust@jssmail.com.cn

收稿日期: 2013-01-15; 收到修改稿日期: 2013-02-26

个振动方向上的强度不等,使其一方向的振动比其它占优势,这种光叫做部分偏振光^[3-4]。偏振度表示为完全偏振光强度在整个光强度中的比例,即:

$$P = I_p / (I_p + I_n) \quad (1)$$

式中, P 表示偏振度, I_p 为完全偏振光的强度, I_n 为自然光的强度;当 $P = 1$ 时表示为完全偏振光,当 $0 < P < 1$ 时表示为部分偏振光^[5-8]。

偏振光通常也使用斯托克斯矢量描述法^[9]。Stokes(斯托克斯矢量)描述法是由 I, Q, U, V 共4个参量来描述^[6]。因为自然中圆偏振很少,所以假设 $V = 0$ 。下式是 I, Q, U 的具体表达式:

$$\begin{cases} I = (2/3)[I(0^\circ) + I(60^\circ) + I(120^\circ)] \\ Q = (4/3)[I(0^\circ) - I(60^\circ)/2 - I(120^\circ)/2] \\ U = (2/\sqrt{3})[I(60^\circ) - I(120^\circ)] \end{cases} \quad (2)$$

$$P = \sqrt{(Q^2 + U^2)/I} \quad (3)$$

2 偏振数据库

通过大量实验,分别对一些常用种类的目标以探测角为 $0^\circ \sim 65^\circ$ 来拍摄它们的红外图像,表1中列举了常用种类目标的偏振度数据库,这些数据是由图1所示^[10]的装置拍摄到的图像用(2)式和(3)式进行计算得到的。探测角是指热像仪和物体的法线所成的角度,所以探测角最大可达 90° 。探测角和偏振数据之间没有直接的数值对应关系,只是为了得到不同角度下偏振度数据的变化情况。

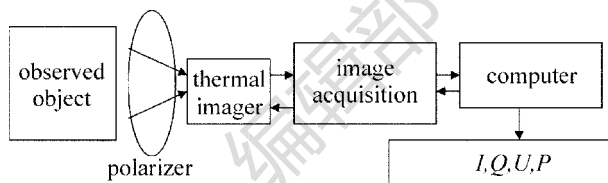


Fig. 1 Experimental device for polarization data acquisition

Table 1 Common types of polarization of the target database

	0°	15°	25°	35°	45°	55°	65°
block	0.0467	0.0512	0.0531	0.0570	0.0631	0.0682	0.0578
iron tablets	0.0294	0.0311	0.0540	0.0550	0.0643	0.0731	0.0653
plastic	0.0123	0.0183	0.0193	0.0201	0.0234	0.0287	0.0189
copper	0.0360	0.0578	0.0678	0.0732	0.0831	0.1213	0.0731
aluminum	0.0531	0.0578	0.0634	0.0931	0.1314	0.1421	0.0937
green vegetation	0.0173	0.0279	0.0213	0.0231	0.0311	0.0337	0.0309
marble	0.2319	0.2638	0.2131	0.2738	0.3174	0.3058	0.2459
water	0.1012	0.1061	0.1134	0.1151	0.1506	0.2143	0.1823
cloth	0.0231	0.0245	0.0246	0.0228	0.0206	0.0242	0.0246
people	0.0347	0.0346	0.0377	0.0442	0.0448	0.0523	0.0473

3 仿真算法和结果

3.1 仿真算法

根据前面列出的偏振度数据得到目标物的偏振度,一般在拍摄红外图像时,景物基本上是垂直入射到红外热像仪上的,所以在偏振图像仿真时选择探测角为 0° 的物体偏振度。具体的仿真算法如下。

(1)首先对原始的红外图像基于 K -均值聚类,将原始图像中的物体分为 K 类, K -均值聚类具体算法^[11]为:(a)从样本点的集合 $S = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 中随机选择 K 个初始的聚类中心;(b)将样本点的集合 $S = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 根据中心 Z_1, Z_2, \dots, Z_K 进行聚类,得到 K 个类 $\{\{C_1\}, \{C_2\}, \dots, \{C_k\}\}$, C 是聚类的对象,对任意的 $x_j \in S$,如果 $(x_j - Z_i)^2 \leq (x_j - Z_p)^2, p \neq i$ 且 $p = 1, 2, \dots, K$,则 $x_j \in C_i$;(c)调整聚类中心,得到新的类中心 $Z_i^* = \frac{1}{n} \sum_{x_j \in C_i} x_j$;(d)计算聚类

误差 $E = \sum_{i=1}^k \sum_{x_j \in C_i} |x_j - Z_p|$,直到 E 的值不再很明显地变化时结束,其中 $j = 1, 2, \dots, n; p = 1, 2, \dots, K$ 。

假设红外图像上有绿色植被、大理石、红旗和水,其实就是将这份红外图像采用聚类的算法大致分成4类。

(2)通过表1获知物体的偏振度,再利用(1)式求出物体的偏振图像,一般红外热像仪探测物体都是垂直探测,所以选用物体探测角为 0° 的偏振度数据,即绿色植被、大理石、红旗和水分别利用下面的式子来获得它们的偏振图像:

$$P_{\text{green}}(i) = I_{\text{green}}(i) \times 0.0173 \quad (4)$$

$$P_{\text{marble}}(i) = I_{\text{marble}}(i) \times 0.2319 \quad (5)$$

$$P_{\text{water}}(i) = I_{\text{water}}(i) \times 0.1012 \quad (6)$$

$$P_{\text{cloth}}(i) = I_{\text{cloth}}(i) \times 0.0231 \quad (7)$$

式中, $I_{\text{green}}(i), I_{\text{marble}}(i), I_{\text{water}}(i)$ 和 $I_{\text{cloth}}(i)$ 为红外图像经过聚类后得到的像素, $P_{\text{green}}(i), P_{\text{marble}}(i),$

$P_{\text{water}}(i)$ 和 $P_{\text{cloth}}(i)$ 分别为各个类仿真计算后的偏振图像像素, i 代表某个像素点。

仿真算法流程图见图 2。

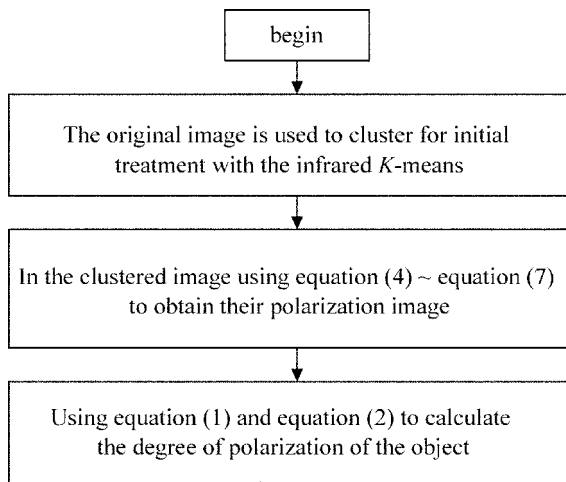


Fig. 2 Simulation algorithm flowchart

3.2 仿真结果

红外图像经过聚类算法后的结果如图 3 所示, 经过上述方法对红外图像仿真后得到的结果见图 4, 参考文献[1]中的结果见图 5。

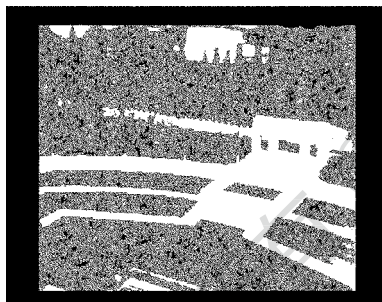


Fig. 3 Clustering results

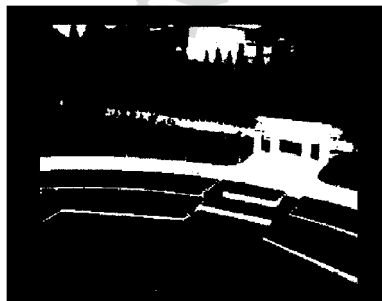


Fig. 4 This simulation algorithm

本文中的仿真算法较参考文献[1]中的仿真算法效果好, 在本文中的最终结果, 各个人造物体都明显被突出了, 达到了偏振图像突出人造物目标的效果, 自然物体被忽略了, 而参考文献[1]中的结果和原图像没有多大的区别, 效果不明显。

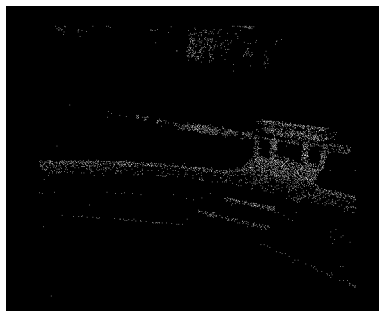


Fig. 5 The simulation algorithm results in reference[1]

4 结 论

虽然仿真图像不能完全来代替真实偏振图像, 但仿真图像可以达到突出人造物的目的, 所以对于一些不能直接获得真实物体偏振图像的图像, 仿真还是有其研究意义的。图像仿真对于更好、更方便地研究物体的偏振特性和建立偏振数据库有着非常重要的意义, 并且该仿真算法适用于所有波段的红外偏振图像。

参 考 文 献

- [1] HAN N. Infrared polarization imaging technology [D]. Nanjing: Nanjing University of Science and Technology, 2008: 36-40 (in Chinese).
- [2] ZENG H F. Key technology research about infrared polarization imaging [D]. Nanjing: Nanjing University of Science and Technology, 2012: 19-40 (in Chinese).
- [3] WOLFF L B, ANDREOU A. Polarization camera sensors [J]. Image and Vision Computing, 1995, 13(6): 497-510.
- [4] LIAO Y B. Polarization optics [M]. Beijing: Science Press, 2003: 45-63 (in Chinese).
- [5] WOLFF L B. Applications of polarization camera technology [J]. IEEE Export, 1995, 10(5): 30-38.
- [6] ZHAO X J, BERMAK A, BOUSSAID F, et al. Liquid-crystal micropolarimeter array for full Stokes polarization imaging in visible spectrum [J]. Optics Express, 2010, 18(17): 17776-17786.
- [7] LEVITT J A, MATTHEWS D R. Fluorescence lifetime and polarization-resolved imaging in cell biology [J]. Analytical Biotechnology, 2009, 20(1): 28-36.
- [8] JIA Y H. Digital image processing [M]. Wuhan: Wuhan University Press, 2007: 10-95 (in Chinese).
- [9] DOU A P. Imaging polarization detection of a number of key technical research [D]. Xi'an: Northwestern Polytechnical University, 2006: 33-44 (in Chinese).
- [10] YU W J, GU G H, YANG W. Fusion algorithm of infrared polarization images based on wavelet transform [J]. Laser Technology, 2013, 37(3): 289-292 (in Chinese).
- [11] ZHAO Y Q, PAN Q, CHEN Y M. Imaging polarization spectral remote sensing and application [M]. Beijing: National Defence Industry Press, 2011: 22-245 (in Chinese).