

文章编号:1001-5078(2007)07-0676-03

基于偏振成像和图像融合的目标识别技术

王 新,王学勤,孙金祚

(烟台大学光电信息科学技术学院,山东 烟台 264005)

摘 要:提出了一种基于偏振特征的目标识别技术。实验采用 He-Ne 激光作为照明光源,根据目标散射光偏振度的差异,利用 DSP 图像采集系统获取了目标的偏振图像,并利用图像融合技术计算了目标的 Stokes 图像和偏振度图像。结果显示:偏振成像有效地滤除了杂乱背景散射光的影响,明显提高了目标成像的对比度和分辨率。所以偏振成像技术可以有效地提高目标探测和识别效率。

关键词:偏振成像;目标识别;斯托克斯矢量;偏振度

中图分类号:O436.3;TP721.2 **文献标识码:**A

Study of Target Identification Based on Polarization Imaging and Image Fusion

WANG Xin, WANG Xue-qin, SUN Jin-zuo

(Institute of Science and Technology for Opto-electronic Information, Yantai University, Yantai 264005, China)

Abstract: A technique of target identification based on polarized characteristics is presented. In the experiment, the target is illuminated by He-Ne laser, and in terms of polarization diversity of scattering light, the polarization images of the target are obtained by the DSP system of collecting image. The Stokes images and polarization images are calculated by fusion technique. The result shows that the scattering light of background is filtered by polarization imaging, the contrast and resolution are increased obviously. So the technique of polarization imaging can increase detective and discriminative efficiency.

Key words: polarization imaging; target identification; Stokes vector; degree of polarization

1 引 言

通常,当电磁波从物体表面反射时,根据物体材料、表面粗糙度及入射角度的不同,其偏振态将发生变化。偏振图像反映了物体对入射光偏振态的影响。偏振遥感正是基于探测物体对偏振电磁波的散射来获取物体的信息^[1-3]。偏振遥感被广泛应用于地质勘探、土壤分析、环境探测、植被分析、海洋开发及军事目标识别等领域^[4]。传统偏振成像采用被动工作方式,具有隐蔽性好的优点,但成像效果和距离均受到气象条件、目标温度对比度和天空背景照

度等因素的限制。激光照明偏振成像技术克服了被动成像的缺点,在远距离暗目标探测和水下探测方面有着重要的应用^[5]。相对于被动成像而言,主动成像不依赖目标自身辐射(热成像)和目标对太阳或月亮等次光源的反射(可见光或近红外成像),而是依靠仪器自身(激光雷达)发出激光作为照明光

基金项目:国防科技预研基金资助项目(51476030304QT0702)。

作者简介:王 新(1980-),男,硕士研究生,主要从事光电信息获取与处理技术的研究。E-mail:wangxin800406@126.com

收稿日期:2007-01-22

源,由被探测目标反射或散射光子来提取目标的信息^[6]。所以激光照明偏振成像技术不受气象条件、目标温度及背景照度的影响,在遥感尤其是军事目标识别方面有着广泛的应用前景。本文提出了一种综合利用偏振探测技术和图像融合技术压缩杂乱背景信号,识别复杂背景下目标的方法。

2 偏振检测的基本原理

相对于琼斯矢量用振幅和相位描述光波的偏振态,斯托克斯矢量则利用4个参量(斯托克斯参量)来描述光波的偏振态和强度。与琼斯矢量的参量不同的是,斯托克斯参量均是光强的时间平均值,具有强度的量纲,可以直接被探测器探测,其形式为^[6]:

$$\vec{S} = (I, Q, U, V)^T$$

其中各分量与光波电场的关系为^[6]:

$$I = \langle E_x E_x^* + E_y E_y^* \rangle, Q = \langle E_x E_x^* - E_y E_y^* \rangle,$$

$$U = \langle E_x E_y^* + E_y E_x^* \rangle, V = i \langle E_x E_y^* - E_y E_x^* \rangle$$

式中, E_x 和 E_y 分别是光波电场沿 x 轴和 y 轴的分量(z 轴为光的传播方向); I 代表光的总强度; Q 代表水平偏振和垂直偏振间的强度差; U 代表光线偏振部分方向在 45° 和 -45° 之间的强度差; V 代表光的左旋和右旋圆偏振分量的强度差。

当光与物质相互作用时,出射光束的四个 Stokes 参量分别与入射光束的四个 Stokes 参量成线性函数关系,表示为^[6]:

$$\vec{S}_{out} = M \vec{S}_{in}$$

式中, M 是 4×4 阶矩阵,它表示这种物质的特性和取向,称为 Mueller 矩阵。一束沿 z 轴传播的光束,先后通过快轴与参考轴成 β 角的相位延迟器和透光轴与参考轴成 α 角的偏振片,如图 1 所示。光路上放置相位延迟为 δ 的相位延迟器和线偏振片,当偏振片的透光方向与参考方向夹角为 α 角度时,出射光束光强的表达式为^[8]:

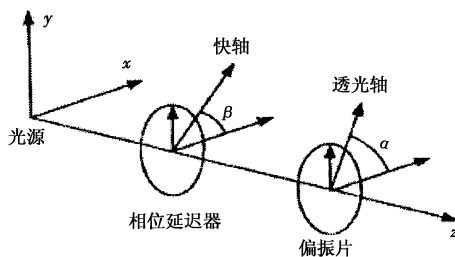


图1 Stokes参量测量示意图

Fig.1 scheme diagram of measure of Stokes parameter

$$I(\alpha, \beta, \delta) = \frac{1}{2} \{ I + (Q \cos 2\beta + U \sin 2\beta) \cos 2(\alpha - \beta) + [(U \cos 2\beta - Q \sin 2\beta) \cos \delta + V \sin \delta] \sin 2(\alpha - \beta) \}$$

无线延迟器时,旋转线偏振器使 α 分别为 0° , 45° , 90° 和 135° , 所得光强分别为 I_1, I_2, I_3 和 I_4 , 由穆勒算法算出:

$$I_1 = \frac{1}{2}(I + Q), I_2 = \frac{1}{2}(I + U),$$

$$I_3 = \frac{1}{2}(I - Q), I_4 = \frac{1}{2}(I - U)$$

加上相位延迟器,令 $\alpha = 0^\circ, \beta = 45^\circ, \delta = \pi/2$, 计算得出:

$$I_5 = \frac{1}{2}(I - V)$$

联立以上五个方程,可以反演出目标辐射的四个 Stokes 参量,分别为^[4]:

$$\begin{bmatrix} I \\ Q \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_1 + I_3 \\ I_1 - I_3 \\ I_2 - I_4 \\ I_1 + I_3 - 2I_2 \end{bmatrix}$$

在实际的偏振探测当中, V 参量往往很小,几乎等于零,所以在实际的计算中不必考虑 V , 只需计算前三个量 I, Q, U 即可。故在实际偏振探测中不用相位延迟器,只靠旋转线偏振片即可得到所求 Stokes 参量。偏振光的偏振度 Dop 可以简化为:

$$\text{Dop} = \frac{\sqrt{Q^2 + U^2}}{I}$$

3 实验系统

实验采用 He-Ne 激光(632.8nm)作为照明光源。照明目标为处于杂乱背景(草坪)中的飞机模型。激光经滤光片使光强变弱(以免探测器饱和),再经过起偏器产生线偏振光,线偏振光经过扩束系统,通过调整扩束系统改变照射在目标上的光斑大小,使目标恰好被全部照亮,目标的反射或散射光经检偏器后由 CCD 相机探测。实验采用 DSP 图像采集系统采集图像。实验由计算机控制,可以通过调整 CCD 相机的焦距使显示器屏幕上的目标图像清晰,这说明目标的反射光经过 CCD 相机镜头正好成像在相机的焦平面上,然后利用激光照明目标,启动采集程序,此时图像已被记录在 DSP 的缓冲区中,计算机自动采集图像。整个实验装置系统如图 2

所示。

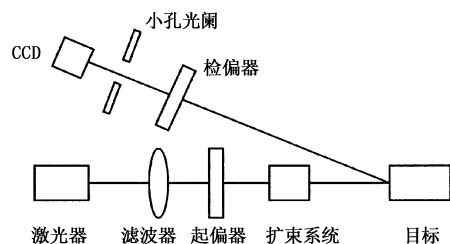


图2 偏振成像系统示意图

Fig.2 scheme diagram of polarization imaging system

4 实验结果及讨论

实验获取处于杂乱背景(草坪)中的飞机模型的强度图像和偏振图像,并利用图像融合技术计算了目标的 Stokes 图像和偏振度图像,实验结果如图3所示。

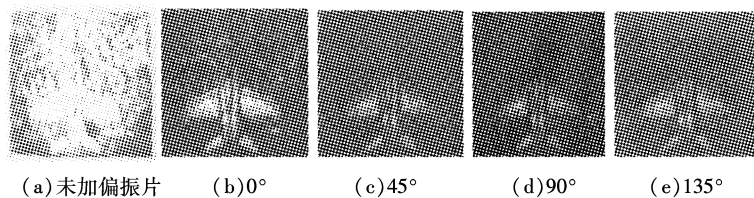


图3 目标强度图像和偏振图像

Fig.3 intensity image and polarization image

图3的强度图像中,飞机模型明亮,但背景也较明亮,飞机模型和背景的对比度较小,几乎无法识别飞机模型,而且飞机模型的边缘特征不清晰。偏振图像中,图3(b),(c),(d),(e)分别是偏振夹角为 0° , 45° , 90° 和 135° 时的偏振图像。可以明显地看出,背景(绿色草坪)明显变暗,飞机模型轮廓清晰地显现出来,机身背部轮廓尤为明显。原因为:飞机模型表面较光滑,和自然目标(草坪、土壤或其他粗糙表面)相比,飞机模型对入射偏振光退偏振较小,所以草坪反射光被滤掉,图像黑暗,提高了目标和背景的成像对比度。同样,飞机模型较小的退偏振特性导致了偏振夹角越大通过检偏器而被探测器探测到的散射光越少,所以随偏振夹角增大,图像变暗。

图4是利用图像融合技术计算得到的目标的 Stokes 图像及偏振度图像。可以看出:利用图像融合技术计算得到的目标的 Stokes 图像压缩了杂乱背景的信号,但是效果不明显。计算得到的目标的偏振图像,如图4(d),极大地压缩了杂乱背景信号,效果明显好于直接探测得到的强度图像和偏振图像,这为进一步目标探测和识别提供了方便。所以综合

利用偏振探测技术和图像融合技术压缩杂乱背景信号使得复杂背景下的目标检测和识别成为可能。

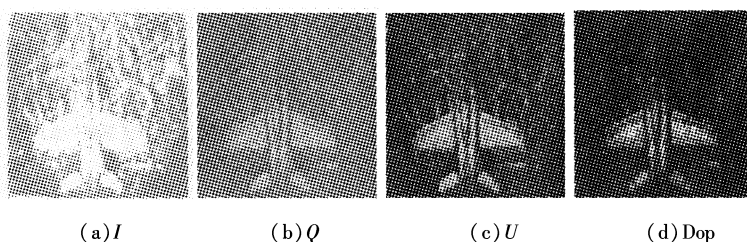


图4 Stokes 参量图像和偏振度图像

Fig.4 Stokes image and polarization degree image

5 结论

实验采用 632.8nm He-Ne 激光作为照明光源,获取了目标的强度图像和不同偏振夹角情况下的偏振图像,计算得到了目标的 Stokes 图像和偏振度图像,并对强度图像、偏振图像及计算得到的 Stokes 图像和偏振度图像分别进行了对比分析。偏振成像技术可以利用不同目标退偏振的差异消除背景光的干扰,提供了从杂乱背景中识别目标的手段,较光强识别目标的方法具有明显优势。偏振成像在遥感、军事侦察、目标检测等方面有着广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 曹汉军,乔延利,杨伟峰,等. 偏振遥感图像特性表征及分析[J]. 量子电子学报,2002,19(4):373-378.
- [2] Dogariu A, Boreman G D. Facet model for photon-flux transmission through rough dielectric interfaces[J]. Optics Letters,1996,21(10):701-703.
- [3] Lawrence B Wolff. Polarization-based material classification from specular reflection[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1990, 12(11):1059-1071.
- [4] 杨之文. 偏振光谱的测量及研究进展[J]. 光谱实验室,2003,20(6):815-820.
- [5] 黎全,刘泽金,舒柏宏,等. 主动成像系统距离选通实验方案设计[J]. 强激光与粒子束,2005,17(1):33-36.
- [6] Breugnot S, Clemenceau P. Modeling and performances of a polarization active imager at $\lambda = 806\text{nm}$ [C]// Proc. SPIE,1999,3707:449-460.
- [7] Clemenceau P, Dogariu A, Stryewski J. Polarization active imaging[C]// Proc. SPIE,2000,4035:401-4091.
- [8] 廖延彪. 偏振光学[M]. 北京:科学出版社,2003:240-252.