

·光电系统与amp;设计·

基于不变距的舰船目标识别

毛剑英¹, 何友金¹, 谭伟²

(1. 海军航空工程学院, 山东 烟台 264001; 2. 92853 部队, 辽宁 兴城 125106)

摘要:通过对 Hu 不变矩和仿射不变矩原理的分析, 得知不变距特征在图像平移、伸缩、旋转时均保持不变. 分析了舰船红外图像的特点, 结合 Hu 不变矩和仿射不变距原理, 以大量外场试验数据为基础, 对转向的舰船进行了识别研究. 从仿真实验得到的大量数据中, 发现舰船在转向过程中仍然能很好的识别.

关键词:舰船; 不变距; 目标识别

中图分类号: TN976

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2010)06-0008-03

Turning Ship Recognition Based on Invariant Moment

MAO Jian-ying¹, HE You-jin¹, TAN Wei²

(1. Department of Automatic Control Engineering, NAAU, Yantai 264001, China;
2. 92853 Army Unit, Xingcheng 125106, China)

Abstract: Through analyzing the principles of Hu variant moment and affine variant moment, it has been known that the character of invariant moment would be unchanged when the image is moving, flexing or turning. Combining this principle, and based on a great deal of field experimental data, the characteristics of ship infrared image were analyzed. Then the turning ship has been recognizably studied according to Hu and affine invariant moments. From the quantity of data got in the test, it was found that the turning ship can be recognized finely.

Key words: ship; Invariant moments; target recognition

红外图像中的自动目标识别技术是红外探测与成像制导中的关键技术之一, 它通过对图像进行信息处理和特征提取, 然后进行识别和分类. 其中, 舰船船体检测和姿态变换是两项重要的研究内容. 在现有的识别算法中, 不变矩特征量是一种非常有效的方法. Hu 在 1961 年首先提出了二维不变矩^[1], 它具有平移、旋转和缩放不变性, 识别效果好. 然而实际中, 由于拍摄角度不同, 目标会发生形变, 不仅仅是平移、旋转、缩放等变换. 因此, Jan Flusser 等人提出了仿射不变矩^[2], 可以适应目标的仿射变换. 这两种不变矩各有其应用范围和优缺点, 目前已经有大量的研究成果, 分析和讨论不变矩的识别性能, 并将其应用于舰船目标识别中.

通过外场采集大量的海上舰船红外图像, 建立了红外图像库. 对这些红外图像分析发现, 舰船本身行进速度较平稳, 在海天背景不复杂的情况下, 对行进的舰船用模板匹配^[3]的方法能较好的识别出来, 但是在舰船转向过程中, 该方法不能很好的识别舰船目标, 经过试验验证, 发现 Hu 不变矩特征量与仿射不变矩特征量相结合能较好的对转向的舰船进行识别.

1 不变距原理

1.1 二维不变矩

对舰船红外图像进行目标识别, 首先要确认是

收稿日期: 2010-11-19

作者简介: 毛剑英(1983-), 男, 辽宁锦州人, 硕士研究生, 主要研究方向为目标识别; 何友金(1960-), 男, 山东平阴人, 硕士, 副教授, 主要研究方向为光电工程; 谭伟(1984-), 男, 辽宁鞍山人, 硕士, 助理工程师, 主要研究方向为光电工程、图像处理.

否是舰船目标,然后判断其姿态.设二维红外目标的图像为 $f(x, y)$, 则其 $p+q$ 阶中心矩定义为

$$\mu_{pq} = \sum_x \sum_y (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q f(x, y) \quad (1)$$

式中, (\bar{x}, \bar{y}) 为目标的形心坐标. 将中心矩归一化, 得到

$$\eta_{pq} = \mu_{pq} / \mu_{00}^\gamma \quad (2)$$

式中, $\gamma = (p+q)/2 + 1$.

Hu 定义了以下 7 个不变矩

$$\phi_1 = \eta_{20} + \eta_{02}$$

$$\phi_2 = (\eta_{20} + \eta_{02})^2 + 4\eta_{11}^2$$

$$\phi_3 = (\eta_{30} - 3\eta_{12})^2 + (3\eta_{21} - \eta_{03})^2$$

$$\phi_4 = (\eta_{30} + \eta_{12})^2 + (\eta_{21} + \eta_{03})^2$$

$$\phi_5 = (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2]$$

$$\phi_6 = (\eta_{20} - \eta_{02})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] + 4\eta_{11}(\eta_{30} + \eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03})$$

$$\phi_7 = (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + (3\eta_{12} - \eta_{30})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2]$$

实验证明, 这 7 个不变矩具备平移、旋转和缩放不变性.

1.2 仿射不变矩

如果对目标的观测角度发生变化, 就会影响识别结果.

对于给定二维空间中的任何一条曲线 $[x, y]$, 若 $[x', y']$ 为仿射变换后的曲线, 则仿射变换为

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = M[x, y]^T + N$$

仿射不变矩的一般形式是关于 μ_{pq} 的多项式除以 μ_{00}^r , 其中, r 是某一合适的指数. Jan Flusser 等人提出了仿射不变矩, 其定义如下

$$I_1 = (\mu_{20}\mu_{02} - \mu_{11}^2) / \mu_{00}^4 \quad (3)$$

$$I_2 = (\mu_{30}^2\mu_{03}^2 - 6\mu_{30}\mu_{21}\mu_{12}\mu_{03} + 4\mu_{30}\mu_{12}^3 + 4\mu_{21}^3\mu_{03} - 3\mu_{21}^2\mu_{12}^2) / \mu_{00}^{10} \quad (4)$$

$$I_3 = (\mu_{20}(\mu_{21}\mu_{03} - \mu_{12}^2) - \mu_{11}(\mu_{30}\mu_{03} - \mu_{21}\mu_{12}) + \mu_{02}(\mu_{30}\mu_{12} - \mu_{21}^2)) / \mu_{00}^7 \quad (5)$$

上述不变矩值可采用基于轮廓链的矩快速算法得到理论不变矩值 $I = (I_1, I_2, I_3)$, 计算得到目标三阶仿射不变矩为 I' , 矩值距离 $\Delta I = \|I - I'\|^2$, 采用

归一化距离作为目标的相似性度量, 定义为 $\lambda(\Delta I) = \Delta I / \|I\|^2$, 其值越小表明是目标的可能性越大. 当满足 $\lambda(\Delta I) \leq \lambda_0$ 时, 则表示目标轮廓在矩值附近, 满足不变矩约束条件, 可认为此轮廓有可能是舰船目标, 否则就排除这条轮廓链, 其中, λ_0 为判决门限.

2 舰船的红外图像的特点

以下是 2 组舰船的红外图像, 图 1 中所示目标相对于观测位置进行转向运动.

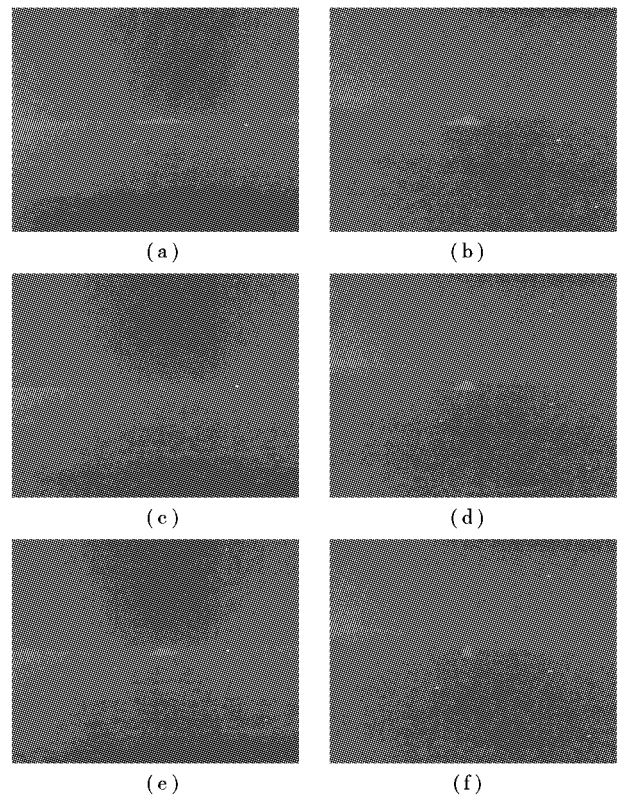


图 1 舰船的红外图像

图 1a、图 1c、图 1e 描述的是舰船从向左行驶然后转向 180° 改向右行驶, 图 1b、图 1d、图 1f 描述的是舰船从向右行驶然后向左转向 90° 行驶, 在转向的过程可以看出, 舰船的形体长宽比发生了明显变化. 图 1 中背景是海天背景, 没有其他复杂背景, 造成识别困难的因素就是转向过程中目标几何形体发生变化, 再加上距离较远, 目标所占像素点较少, 所以容易发生误识别.

3 试验方法

试验选取大量舰船图片进行有效性验证, 并计算

每个不变矩的方差.若某个特征量方差较大,则其分布较为稀松,不能很好地表征目标.若方差小,则说明该特征量分布紧凑,能很好地表征目标.经过反复试验,发现对于红外舰船目标,选取 Hu 不变矩中的 $\phi_1, \phi_2, \phi_3, \phi_4, \phi_5$ 和仿射不变矩中的 I_1, I_2 能很好地表征目标.于是选取这几个不变矩,组成特征向量

$$L = \{\phi_1, \phi_2, \phi_3, \phi_4, \phi_5, I_1, I_2\} \quad (6)$$

这个特征向量组就能很好地对舰船目标进行表征.

此外,由于拍摄场景、方位、距离的不同,拍到的舰船侧面也不同,并不满足仿射变换.为了准确地识别目标,同时对舰船姿态进行判断,建立了舰船图片库.选取 N 了张具有典型特征的红外图片,并存入库中,首先计算每幅图片的不变矩 L_1, L_2, \dots, L_N . 然后计算待识别图片的不变矩 L_{unknown} , 识别过程如下:

第一步,分别计算 L_{unknown} 与 $\{L_N\}$ 中各向量的向量距离

$$\text{dis}_N = \text{sqrt} \left(\sum_{i=1}^7 (L_{\text{unknown},j} - L_{N,j})^2 \right) \quad (7)$$

第二步,将向量距离转换成隶属度 $S_i = 1/\text{dis}_i$, $i = 1, 2, \dots, N$.

第三步,计算隶属度的和, $\text{Sum}_{\text{unknown}} = \sum_{i=1}^N S_i$. 若 $\text{Sum}_{\text{unknown}}$ 大于某一阈值 T_1 , 则判定该目标是舰船, 否则认为不是舰船.

第四步,根据隶属度 S_i 判定舰船姿态.若某个 S_i 大于阈值 T_2 , 则判定舰船处于第 i 种姿态.若所有 S_i 均小于 T_2 , 则选取 S_i 中的 2 个最大值 S_p 和 S_q , 认为舰船是处于 p 和 q 这两种姿态的中间姿态.

4 实验结果与分析

在目标识别过程中,舰船红外图像库的建立是一个重要步骤.库中图像应包括绝大部分舰船姿态图像,另外,由于拍摄角度不同,舰船姿态也较为简单,从红外舰船图像的这些特点可知,只需要选取较少的样本图就可以识别目标并进行姿态判定.经过反复实验和验证,我们选取 3 个舰船的典型姿态作为舰船图像库,并将图片二值化,以减小运算量.如图 2 所示.

选取图 1 中两组图像作为待识别图像.

选取 2 幅海岛图像作为干扰对比试验.



图 2 舰船红外图像姿态库中的样本

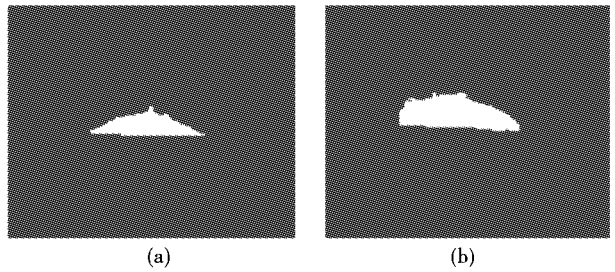


图 3 舰船红外图像姿态库中的样本

表 1 总隶属度

干扰(a)	73.81	干扰(b)	74.63
舰船(a)	209.89	舰船(b)	177.83
舰船(c)	184.41	舰船(d)	131.67
舰船(e)	199.41	舰船(f)	134.21

表 1 所示是 2 幅海岛红外图像和 2 组舰船目标红外图像总的隶属度和.

表 2 对应姿态的隶属度

红外图像	姿态 1	姿态 2	姿态 3
干扰(a)	36.14	11.36	26.31
干扰(b)	35.79	11.68	27.16
舰船(a)	183.34	5.21	21.34
舰船(b)	6.24	21.36	150.23
舰船(c)	13.52	163.25	7.64
舰船(d)	43.25	36.78	51.64
舰船(e)	14.53	6.54	178.34
舰船(f)	24.36	73.12	36.73

表 2 显示了 8 个待测目标对于库中 3 种姿态的 (下转第 21 页)

与 β 的离散点关系,进而算出 θ 和 r 离散点关系,计算结果如表1所示.

根据计算结果,利用 Tracepro 进行光线追踪,仿真结果如图6所示.在辐照距离为7 m,辐照面积为 $\phi 1\ 800\ \text{mm}$ 下,反射罩的能量利用率为84%,辐照均匀性为 $\pm 5\%$,符合设计要求.

3 结 论

根据非成像光学中的光学扩展量守恒理论,对反射罩的设计进行理论推导.在大面积太阳模拟器反射罩的设计中,运用数值积分法和 TracePro 软件对氙灯和反射罩模型进行光线追迹模拟,仿真结果表明,该反射罩能够满足大面积太阳模拟器辐照面均匀性的设计要求.

参考文献

[1] 周建忠.灯具曲面设计中的光线追迹法[J].江苏理工

大学学报,1997,18(2):28-32

- [2] 丁毅,顾培夫.实现均匀照明的自由曲面反射器[J].光学学报,2007,27(3):540-544
- [3] 吴乃茂,屠大维,黄志华,等.LED照明系统的光照均匀性设计[J].光学技术,2009,35(1):74-76
- [4] 张国玉,吕文华,贺晓雷,等.太阳模拟器辐照均匀性分析[J].中国光学与应用光学,2009,2(1):41-45
- [5] Roland Winston, Harald Ries. Nonimaging reflectors as functional of the desired irradiance[J]. J. Opt. Soc. Am., 1993,10(9):1902-1908
- [6] 周建忠,朱金山.灯具曲面光学性能的计算机仿真研究[J].江苏理工大学学报,1995,16(1):18-24
- [7] 林燕丹译.参照光源尺寸进行旋转对称反射器设计的一种综合方法[J].中国照明电器,2000,9:28-30
- [8] Nira Dyn, Daid Levin. A 4-point Interpolatory Subdivision Scheme for Curve Design[J]. Computer Aided Geometric Design, 1987, (4):257-268

(上接第10页)

隶属度 S_i .表1计算了8个待测目标各自的总隶属度 $\text{Sum}_{\text{unknown}}$.从表1中可以看出,舰船(a)的总隶属度最大,干扰(a)、干扰(b)的总隶属度较小.设定阈值 $T1=130$,就可以区分舰船目标和海岛.然后根据表2对各姿态的隶属度对舰船姿态进行判断,可以看出:

干扰(a)、干扰(b)为干扰物,它们的每个隶属度都较小,其隶属度的和也较小,因此被判断为干扰物.

舰船(a)姿态1的隶属度最大,其余较小,所以判断舰船(a)的航行姿态为向左侧航行.同理,舰船(b)、舰船(e)判断为向右侧航行,舰船(c)、舰船(f)判断为面朝或者背向观测位置航行;舰船(d)由于3种姿态的隶属度差别不大,无法准确判断航行的姿态.

5 结 论

文中在分析了舰船红外图像特点和自动识别技

术的基础上,用 H_u 不变距和仿射不变距的特征向量组进行识别.通过对比实验图片和姿态库中的样本图片间的特征值,对红外目标图像进行识别试验,能较准确的判断舰船以及转向的舰船目标,丰富了目标识别位置信息,有利于提高目标识别的准确度.

参考文献

- [1] Hu M K. Visual Pattern Recognition by Moment Invariant[J]. IRE TransInformation Theory, 1962(8): 179-187.
- [2] Jan Flusser, Tomas Suk. Pattern Recognition by Affine MonmentInvariants[J]. PR, 1993, 26(1):167-174.
- [3] 刘婧,孙继银,朱俊林,等.基于模板匹配的前视红外目标识别方法[J].弹箭与制导学报,2010,30(1):17-19.
- [4] 张洪钺,杨雪勤.基于仿射变换的飞机图像的识别[J].航空学报,2003,24(3):251-254.

欢 迎 网 上 投 稿 www.gdjsyy.com