文章编号:1001-5078(2015)11-1375-05

·图像与信号处理 ·

复杂地面背景下相对定位目标选择与识别算法

陈世伟,杨小冈,张胜修,王雪梅 (第二炮兵工程大学303教研室,陕西西安710025)

摘 要:针对相对定位技术在复杂地面背景下存在相对定位目标选取质量不高、识别难度大的问题,基于最稳定极值区域(MSER)和双层匹配矫正策略提出一种新的相对定位目标选取与识别 算法。算法首先提取基准图和实时图的 MSER 特征,并进行椭圆拟合和规则化,然后根据特征区 域的选择权重指数自适应选取相对定位目标,再利用 MSER 特征的尺度和仿射不变特性,基于互 相关性准则提取两图像间匹配的 MSER 特征对,最后采用位置权重指数和随机抽样一致性 (RANSAC)算法进行双层匹配矫正,剔出误匹配特征对,实现相对定位目标的准确识别。实验结 果表明,针对复杂地面建筑场景,该方法的相对误识别率最大为 0.125,绝对误识别率为 0.028。 基本满足成像末制导相对定位技术稳健性好、识别精度高、抗干扰能力强等要求。

关键词:机器视觉;最稳定极值区域;目标选取;目标识别

中图分类号:TP391 文献标识码:A DOI:10.3969/j.issn.1001-5078.2015.11.018

Selection and recognition of relative positioning targets in complicated terrain

CHEN Shi-wei, YANG Xiao-gang, ZHANG Sheng-xiu, WANG Xue-mei (303 Section, The second artillery engineering university, Xi' an 710025, China)

Abstract: In order to solve the problems of selection and recognition for relative positioning targets in complicated terrain, a new selection and recognition algorithm based on double matching correction strategies and maximally stable external regions (MSER) is proposed. The MSER features of reference image and real-time image are extracted respectively. The feature regions are performed through ellipse fitting and regularization, and then relative positioning targets are adaptively selected according to the regional selection weight index. Using scale and affine invariant of MSER features, the matching MSER features between the two images are obtained based on cross correlation criterion. Double matching correction is performed by applying Random Sample Consensus (RANSAC) method and the position weight index to delete wrong matching features and to realize the accurate recognition for relative positioning targets. In view of the complex ground scene, the experiments demonstrate that the maximum relative error recognition probability of the method is 0. 125 and the absolutely error recognition probability is 0. 028. It can satisfy the relative positioning requirements with advantages of higher precision and rapid speed, as well as strong anti-jamming and stabilization. **Key words**; machine vision; maximally stable external regions; target selection; target recognition

1 引 言

目标自动识别是成像末制导过程中的一个关键

环节,也是当前的一个技术难点,尤其是对于地面复 杂背景下的目标识别,存在目标形态各异、背景复

基金项目:国家自然科学基金项目(No. 61401470);二炮院校青年基金(No. 2014QNJJ023)资助。

作者简介:陈世伟(1979-),男,博士研究生,研究方向为目标探测与成像制导技术,机器视觉。E-mail:cshw3876@tom.com 收稿日期;2015-03-07;修订日期;2015-05-12

杂,特征描述困难,模板图像不宜制作等诸多困 难^[1]。宋丹等^[2]提出了一种基于仿射梯度方向直 方图特征的目标识别算法,具备很好的旋转不变性 和错切不变性,但是对目标信息保障要求过高。杨 校余、张天序等^[3]以及刘婧等^[4]均以目标的三维模 型为基础来制作匹配模板图像。这些方法通常只适 用于背景较为简单、高大、显著目标,而背景复杂、远 距离、低矮、存在遮挡等情况下的目标则很难或者不 能直接识别。针对这一问题,李志军等^[5]提出了一 种相对定位方法。其思想是在制定末制导策略时, 选择对直接目标附近的高大、显著、容易识别的"相 对定位目标"进行识别,进而利用它与直接目标之 间在实时图中的相对位置关系对直接目标进行相对 定位。但是,该方法的运用也存在一些问题:相对定 位目标的选取数量和质量人工很难把握;对于选取 的目标进行识别依然存在诸多困难。

针对上述问题,本文提出一种新的基于最稳定 极值区域的相对定位目标选取与识别方法。具体流 程如图1所示,首先根据目标区域航拍侦察得到的 基准图像进行 MSER 特征区域提取,再通过一定策 略自适应选取相对显著的特征区域作为相对定位目 标,再利用仿射椭圆对 MSER 特征区域进行拟合,制 成基准数据模板。当飞行器按照预定航迹进入末制 导目标自动识别阶段时,对实时图采用同样的方法 进行 MSER 区域提取拟合,并与基准数据模板进行 规则化处理,然后根据互相关性准则提取确定基准 数据模版和实时图像间匹配的 MSER 特征区域对, 最后根据双层匹配矫正策略剔除误匹配,从而实现 相对定位目标的检测识别。



图 1 相对定位目标选取与识别算法流程图

Fig. 1 Flow diagram of image selection and recognition

2 相对定位目标自适应选取算法

2.1 特征区域的提取与拟合
 2004年, J. Matas 等人在研究宽基线图像匹配

问题时借鉴分水岭思想提出了最稳定极值区域算法^[6]。该方法具有良好的稳定性、抗噪性和仿射不变性,计算简单高效。2005年,K. Mikolajczyk等人对六种主要的仿射无关局部特征点检测子进行了比较^[7],其中一个很重要的比较结果就是使用 MSER 方法检测出的局部在视角变换、尺度变换、光照变换、图像压缩和图像模糊这五种情况下在重现性和 区分性方面处于领先的位置。

下面给出 MSER 区域特征提取的具体步骤:

(1) 预处理。对输入的灰度影像采用 Bin-Sort 算法,按灰度值对所有像元进行降序或升序排序;

(2)极值区域合并与选取。基于上步排序后的 影像使用合并 - 查找(Union-Find)算法构造部件 树,并详细记录像素是否放入操作域地图(Operating Region Map,ORM)中,在ORM中的位置以及合并 -查找索引。在形成的部件树上,从某个节点开始向 上搜索分支,同时利用阈值对灰度影像进行二值化 聚类操作,不断查找与合并极值区域,并根据适当的 判决条件进行极值区域的选取;

(3) MSER 区域检测。通过上步可以获得该 图像所对应的全部极值区域序列,针对每一个极 值区域序列,计算区域变化率 $q(i) = |Q_{i+\Delta} - Q_{i-\Delta}|/|Q_i|$ 。当且仅当 q(i)在 i^* 处取得局部极 小值时,极值区域 Q_i 才被作为最大值稳定区域提 取出来。此时,仅提取出了最小灰度 MSER + ,为 提取最大灰度的 MSER - ,需要将原始图像灰度值 进行反转: $I_{\xi} = I_{max} - I$,重复步骤(2)、(3),提取 出 MSER - 。

最稳定极值区域作为一种不规则的仿射不变区 域,这不利于特征描述操作。通常需要对这些不规 则的特征区域进行拟合,如椭圆拟合、多边形拟合、 凸包围拟合等。由于特征区域协方差矩阵的特征值 和特征向量唯一确定一个椭圆,因此这里采用椭圆 拟合方法。

2.2 相对定位目标自适应选取策略

根据相对定位原理^[8],理论上只要识别出一 个相对定位目标就可以对直接目标进行定位计 算。考虑到飞行中获得的实时图与提前侦察获得 的基准图之间会有一定的变化,提取后的 MSER 特征区域不可能完全相同,其中一些特征区域并 不适合作为相对定位目标。另外,还需要有一定 数量的相对定位目标,这样才能保证有较高的识 别概率。因此,如何自动选取相对定位目标非常 关键。如果设置固定的面积阈值,一方面可能会 造成符合条件的特征区域过少甚至没有,另一方 面可能造成特征区域过多从而增加后续的匹配识 别工作量。从识别的角度分析,相对定位目标应 该具备面积较大、特征显著、目标附近、数量适当 等特点。因此,这里采用比例选取、总量控制、就 近取点的策略来选取相对定位目标。具体方法如 下,首先计算每一个特征区域的选择权重指数,然 后将所有特征区域按选择权重指数从大到小排 序,最后取前十个作为相对定位目标。选择权重 指数λ_i可以通过公式(1)得出:

$$\lambda_i = \frac{S_i}{L_i} \tag{1}$$

其中,*S_i* 为特征区域面积;*L_i* 特征区域拟合椭圆中 心与直接目标中心的距离。

3 相对定位目标的匹配识别

3.1 MSER 特征匹配

为了便于关联特征间进行特征匹配,需要将提取的 MSER 特征区域进行规则化处理,即将不同尺寸的椭圆拟合区域映射为某个固定大小的圆形区域,从而消除尺度缩放和平移等因素的影响。互相关性在早期模板匹配中有较好的应用,但是不能抗旋转、扭曲等畸变影响,而归则化后的 MSER 区域原理上可以消除扭曲变形、尺度大小和旋转方向上的差异。针对 MSER 区域这一优点,引入特征区域之间的互相关性指标 corr 作为匹配量度。两个特征区域之间的互相关性指标可以通过式(2)得出:

$$\operatorname{corr} = \frac{\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} \operatorname{MSER}_{m}(i,j) \operatorname{MSER}_{n}(i,j)}{(\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} \operatorname{MSER}_{m}^{2}(i,j))^{1/2} (\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} \operatorname{MSER}_{n}^{2}(i,j))^{1/2}}$$
(2)

式中, $MSER_{m}(i,j)$, $MSER_{n}(i,j)$ 分别代表两幅图像中的 MSER 区域的灰度值。

由于在基准图上设定的相对定位点数量有限, 且互相关性指标计算简单,因此采用穷尽搜索法来 寻找实时图上的匹配特征区域。

3.2 双层匹配矫正

当特征区域之间灰度信息区别明显时,直接采 用相关性指标,设置恰当的阈值时即表示实现正确 匹配。但对于复杂地面建筑物图像,出现区域灰度 信息接近的概率很高,因此会出现一对多的误匹配 情况。针对这个问题,文献[9]中采用 RANSAC 算 法^[10]来消除误匹配。但是,RANSAC 算法计算参数 的迭代次数没有上限,寻找这样的支撑点集需要的 迭代次数非常高,将会浪费很多的时间。针对以上 不足,文中设计了一种双层匹配识别策略。首先对 匹配特征对进行预检测,即利用位置权重指数 μ 来消 除大量的误匹配情况,对于每组一对多匹配,只取权 重指数最大的一对,然后再采用 RANSAC 算法进一 步剔除误匹配特征对,最后实现相对定位目标的精确 匹配识别。这种双层匹配矫正策略既能减少 RANSAC 算法的迭代次数加快速度,又能进一步保证 识别精度。位置权重指数 μ 可由公式(3)计算得出:

$$\mu = \frac{\text{corr}}{d^*} \tag{3}$$

其中,corr为互相关性指标;d*为每对匹配特征区域 拟合椭圆中心的2-范数。

4 实验结果与分析

4.1 实验结果的评价指标

根据相对定位原理,在相对定位目标识别过程 中如果误识别个数大于或等于正确识别个数时,理 论上将不能正确定位直接目标。因此,本文以相对 误识别率 RERP 作为单次识别实验的评价指标,来 反映直接目标的定位精度;将绝对误识别率 AERP 作为多次识别实验的评价指标,来考察算法的鲁 棒性^[11-12]。

$$RERP = \frac{N_i}{M_i}$$
(4)

AERP =
$$\frac{\sum N_i}{\sum (N_i + M_i + O_i)}$$
(5)

其中, N_i 为第i次单次识别实验中的误识别个数; M_i 为正确识别个数; O_i 为不能识别的个数。

4.2 实验结果及分析

实验环境为:Intel 酷睿 1.7 G 处理器,4G 内存, Windows 8 操作系统, MatlabR2014a 计算平台。实 验选取 10 组不同类型的复杂地面场景图像采用 MSER 特征和 SIFT 特征进行相对定位目标的选取 与识别对比实验。表 1 给出本次实验的对比结果。 可以看采用 SIFT 特征算法的误识别率和平均耗时 都高于本文算法。

第45卷

Tab. 1 Statistic result of citor recognition probability										
序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
相对定位目标个数	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
MSER 特征个数	18	61	21	75	44	25	78	19	30	33
SIFT 特征个数	214	685	156	788	562	475	982	356	457	501
MSER 相对误识别率	0	0	0	0. 125	0	0	0	0	0.111	0
SIFT 相对误识别率	0.286	1.000	0. 333	0. 667	2.000	0. 667	0. 429	1.500	0. 429	1.250
MSER 绝对误识别率	0. 028									
SIFT 绝对误识别率	0. 390									
MSER 平均耗时/s	2. 1									
SIFT 平均耗时/s	5.9									

表1 误识别率统计结果

Tab. 1 Statistic result of error recognition probability

图 2 和图 3 分别为利用可见光和红外前视图像 进行相对定位目标识别仿真实验的结果。其中,图



(b)匹配识别结果(b)Matching recognition results图 2 可见光图像识别

Fig. 2 Recognition of optical images



(a)特征提取结果 (a)Feature extraction results



(b)匹配识别结果
 (b)Matching recognition results
 图 3 红外图像识别实验
 Fig. 3 Recognition of infrared images

中左半部分为基准图,右半部分为实时图,用椭圆表 示提取的特征区域。基准图中用本文算法在直接目 标(矩形框)周围自适应选取的10个特征区域作为 相对定位目标。图2中实时图与基准图存在较大的 视角差异和一定的旋转变换,实时图共提取了18个 特征区域,采用本文算法进行匹配识别,正确识别出 7个相对定位目标,没有误识别,实验测重考察算法 的抗旋转畸变能力。图3中基准图和实时图存在较 大的尺度差异,并带有一定的横向偏差,实时图共提 取了61个特征区域,最终正确识别出6个相对定位 目标,没有误识别。实验主要考察算法的抗尺度变 化能力。

5 结 论

本文提出了一种新的相对定位目标选取与识别 方法。算法利用具有仿射不变性的 MSER 特征区域 作为相对定位目标,根据 MSER 特征的选择权重指 数自适应选取具有较好显著特性的区域作为相对定 位目标,解决了成像末制导相对定位技术中相对定 位目标选取质量难于控制的问题。基于 MSER 特征 选取的相对定位目标对尺度变化和图像旋转具有不 变性,解决了基准图像与实时图像之间可能存在尺 度和旋转角度差异而造成的误识别问题。根据互相 关性准则进行有效的特征粗匹配,利用双层匹配矫 正策略剔除误匹配,实现了对相对定位目标的准确 识别。实验结果表明,针对复杂地面建筑场景,该方 法的相对误识别率最大为0.125,绝对误识别率仅 为0.028。基本满足相对定位技术的要求,为相对 定位技术在成像末制导上的应用提供了有利的 条件。

参考文献:

- [1] MING Delie, TIAN Jinwen. Automatic infrared condensing tower target recognition using gradient vector features[J]. Journal of Astronautics, 2010, 31(4):1190 - 1194. (in Chinese)
 明德烈,田金文. 红外前视对一类特殊建筑目标识别 技术研究[J]. 宇航学报,2010,31(4):1190 - 1194.
- [2] SONG Dan, TANG Linbo, ZHAO Baojun. The object recognition algorithm based on affine histogram of oriented gradient[J]. Journal of Electronics & Information Technology, 2013, 35(6):1429-1434. (in Chinese) 宋丹, 唐林波,赵保军. 基于仿射梯度方向直方图特征 的目标识别算法[J]. 电子与信息学报, 2013, 35(6): 1429-1434.
- [3] YANG Xiaoyu, ZHANG Tianxu, LU Ying. Building recognition based on geometric modeling FLIR images sequences [J]. Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves, 2009, 30(5):468 – 483.
- [4] LIU Jing, SUN Jiyin, ZHU Junlin, et al. FLIR scene matching algorithm for complex ground target[J]. Application Research of Computers, 2010, 27(1):350-352. (in Chinese)

刘婧,孙继银,朱俊林,等.复杂地面目标前视红外景 象匹配算法[J].计算机应用研究,2010,27(1): 350-352.

[5] LI Zhijun, LIU Yang, CHEN Zengping, et al. Relative positioning technology of FLIR ground targets in terminal guidance [J]. Infrared and Laser Engineering, 2012, 41 (11):2861-2864. (in Chinese)

李志军,刘洋,陈曾平,等. 前视红外地面固定目标末

制导相对定位技术[J]. 红外与激光工程, 2012, 41 (11):2861-2864.

- [6] Matas J, Chum O, Urban M, et al. Robust wide-baseline stereo from maximally stable external regions [J]. Image Vision Computing, 2004, 22(10):761-767.
- [7] K Mikolajczyk, T Tuytelaars, et al. A comparison of affine region detectors. IJCV, 2005, 65(1-2):43-72.
- [8] ZHANG Guangjun, WEI Zhenzhong. A novel calibration approach to structured light 3D vision inspection [J]. Optics & Laser Technology, 2002, 34(5):373 - 380.
- [9] CHEN Bin, ZHAO Yigong, et al. A new approach to scene matching during electro-optical imaging terminal guidance
 [J]. Acta Optica Sinica, 2010, 30(1):163 165. (in Chinese)
 陈冰,赵亦工,等. 一种新的光电成像末制导景象匹配

方法[J]. 光学学报,2010,30(1):163-165. [10] R Hartley, A Zisserman. Multiple view geometry in com-

- puter vision [M]. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2003;290 – 293.
- [11] ZHANG Shengchong, CAI Jun, et al. Algorithm to reduce false alarm of IR small targets detection in complex background[J]. Laser & Infrared, 2015, 45(2):221 - 224. (in Chinese)

张晟翀,蔡军,等.复杂背景下减少红外小目标检测虚 警率的算法[J].激光与红外,2015,45(2):221-224.

[12] CHENG Xiangzheng, ZHAO Wei, et al. Registration method between high-low resolution images based on calibration information [J]. Laser & Infrared, 2015, 45 (2): 214 - 220. (in Chinese)

程相正,赵威,等.基于标定信息的高低分辨率图像配 准方法[J].激光与红外,2015,45(2):214-220.