



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101551851 B

(45) 授权公告日 2011. 03. 23

(21) 申请号 200810010845. 3

(22) 申请日 2008. 03. 31

(73) 专利权人 中国科学院沈阳自动化研究所
地址 110016 辽宁省沈阳市东陵区南塔街
114 号

(72) 发明人 唐延东 丛杨 李小毛 王智峰
范惠杰

(74) 专利代理机构 沈阳科苑专利商标代理有限
公司 21002

代理人 许宗富 周秀梅

(51) Int. Cl.

G06K 9/00(2006. 01)

G06T 5/00(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1251144 C, 2006. 04. 12, 全文.

李存兵等. 基于小波变换的水果红外图像

目标识别. 《机电工程》. 2007, 第 24 卷 (第 8 期), 24-26.

Goncalo Monteiro et al.. VISION-BASED PEDESTRIAN DETECTION USING HAAR-LIKE FEATURES. 《robotica》. 2006, 45-50.

审查员 孙娟

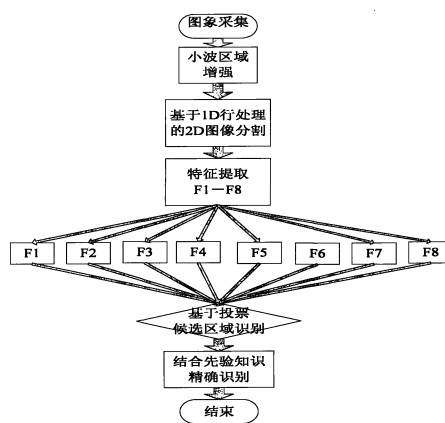
权利要求书 1 页 说明书 9 页 附图 3 页

(54) 发明名称

一种红外图像目标识别方法

(57) 摘要

本发明公开一种红外图像目标识别方法。它利用一维图像处理的思想解决二维红外图像分割的技术问题,即:将循环分割处理的每一行图像像素合成二维二值图像;具体步骤:1)通过多尺度小波变换方法对红外图像进行增强;2)利用对红外图像中凸性区域的提取,实现对各种成像条件下的红外目标的稳定分割,每次处理一行像素,将处理结果合成与原来图像尺寸一致的二维二值图像;3)然后对分割后的图像进行二值图像连通标记同时提取基本特征,然后在此基础上定义待提取特征,并利用基本特征计算特征抽取;4)并利用投票的方法确定候选目标区域,最终结合待识别目标的先验知识进行精确识别,从候选目标中确定最终目标。本发明具有准确性,实时性和鲁棒性。



1. 一种红外图像目标识别方法,其特征在于:利用一维图像处理的思想解决二维红外图像分割的技术问题,即:将循环分割处理的每一行图像像素合成二维二值图像;具体步骤:1) 通过多尺度小波变换方法对红外图像待识别目标进行增强;2) 通过对红外图像中凸性区域的提取,实现对各种成像条件下的红外目标的稳定分割,每次处理一行像素,将处理结果合成与原来图像尺寸一致的二维二值图像;3) 对分割后的图像进行二值图像连通标记同时提取基本特征,然后在此基础上定义待提取特征,并利用基本特征计算特征抽取;4) 利用投票的方法确定候选目标区域;5) 结合待识别目标的先验知识进行精确识别,从候选目标中确定最终目标;

所述对分割后的图像进行二值图像连通标记同时提取基本特征具体步骤为:基于并查结构的标记算法,将基本特征提取与二值图像连通标记相结合,通过只对图像进行一次扫描实现连通区域标记,并且在标记二值连通区域的同时计算该区域内的基本区域特征,通过第一次扫描确定并查结构中树的唯一根节点,利用扫描根节点列表将大根节点的子节点进行归类,从而实现了二值图像连通标记同时提取基本特征。

2. 按照权利要求1所述红外图像目标识别方法,其特征在于:所述多尺度小波变换方法对红外图像进行增强的步骤为:用 Haar 小波对每一行图像分别进行多维分解,分解为低频和高频部分,利用中值滤波的方法对高频部进行中值滤波,消除噪声影响;然后通过 Haar 反变换,将一维图像信号还原。

3. 按照权利要求1所述红外图像目标识别方法,其特征在于:所述对红外图像中凸性区域的提取步骤为:对多尺度小波增强后的图像提取梯度信息,以上升区域和下降区域的区间间隔 Gap 为凸性区域目标区域,令其为 1,其余部分为 0,由此获得一维图像的二值图像。

4. 按照权利要求3所述红外图像目标识别方法,其特征在于:梯度大于 0 为上升区域,梯度小于 0 为下降区域。

5. 按照权利要求4所述红外图像目标识别方法,其特征在于:所述基本区域特征包括:行宽,列长,行坐标,列坐标,区域大小及质心位置。

6. 按照权利要求1所述红外图像目标识别方法,其特征在于:所述待提取区域特征的定义包括属性跟图像大小、分辨率等因素有关,会随图像大小的变化而改变的量纲性的特征描述方式,属性与图像大小、分辨率等因素无关,只与区域自身的形状、方向等有关,不随图像大小改变而变化的非量纲性的特征,以及目标校验属性特征。

7. 按照权利要求1所述红外图像目标识别方法,其特征在于:所述结合先验知识对精确目标识别具体步骤为:结合目标区域的先验知识,获取目标的真实长度、宽度、角度先验形状信息;通过成像变换原理,得到目标区域在红外图像中成像的像素长度、宽度、可能姿态角度;利用这些信息从候选疑似区域中排除非目标区域;并利用目标校验属性,对最后的区域进行校验,最终准确识别出目标区域。

一种红外图像目标识别方法

技术领域

[0001] 本发明涉及图像处理、模式识别和自动目标识别 (ATR) 技术,具体地说是一种红外图像待识别目标(特别是红外机场跑道)分割及识别方法。

背景技术

[0002] 目前,红外图像分割和自动目标检测 (Automatic Target Detection, ATD),自动目标识别 (Automatic Target Recognition, ATR) 技术正在被广泛引用于自动目标识别,飞行器航路地形匹配和地标校验,目标搜寻和营救等等。此类技术优势正在凸显,应用也越来越广泛,因此引起了国内外科研单位的高度关注,一直是国内外地研究热点。其中,远距离前视红外目标识别更是有着重要的意义,其主要任务是针对飞行器飞行时自动寻找目标,校正航路等等。红外机场跑道识别是红外自动目标识别的一个具体应用,由于其自身的重要性,引起了国内外军事研究领域的高度兴趣,很多方法被有针对性的提出。总结起来大体可以分为两类:基于边缘提取的识别方法和基于阈值分割为基础的区域识别方法。

[0003] 基于边缘提取的识别方法:

[0004] (1) 基于 Hough 变换的方法(叶斌,彭嘉雄,基于结构特征的军用机场识别与理解 [J], 华中科技大学学报, 2001, 29(3):39-41), 这种方法首先对图像进行边缘提取,利用机场的先验形状知识假设,假设机场都是长条形状的区域,在图像中都呈现并且可以提取出平行的长条直线,通过识别红外图像中的长条形边缘目标从而识别机场。

[0005] (2) 罗军,杨卫平等(罗军,杨卫平,沈振康,红外图像中机场跑道的自动目标识别 [J], 红外技术, 2003, (03)) 利用空域滤波,细化边缘进而对边缘二值化,通过最小二乘拟合直线的方法得到直线图像上识别机场跑道,找到机场跑道中心点。

[0006] (3) 李小毛等(李小毛,唐延东,肖颖杰,多尺度线状目标的机场跑道识别 [J], 红外与激光工程, 2005, (06)) 利用多尺度线状目标强化方法对目标进行强化,对机场跑道进行区域处理,然后利用 Hessian 矩阵等方法提取边缘,并对图像二值化处理,最终利用图像的形状信息识别机场跑道。

[0007] 基于阈值分割的区域识别方法:

[0008] (4) 基于不变矩的前视红外图像机场目标识别方法(张天序,曹杨,刘进,李勣,基于不变矩的前视红外图像机场目标识别,华中科技大学学报(自然科学版)2007. 1), 该方法主要对图像进行阈值分割,搜索分割图像中各潜在目标区域轮廓链,计算其仿射不变矩和目标背景梯度特征,并利用前后帧目标大小的约束关系等先验知识,对各候选目标区域进行识别。

[0009] (5) 基于分形理论的红外图像机场跑道自动目标识别(闫晓珂,史彩成,赵保军,何佩琨,基于分形理论的红外图像机场跑道自动目标识别,激光与红外 2006. 9), 该方法根据对原图像分别进行直方图动态阈值化分割和分形阈值分割,提取纹理特征进而对红外机场进行识别。

[0010] (6) 姚克明等(姚克明,宋利权,张金锁,基于复杂背景的红外机场目标自动识别

算法研究 [J], 红外与激光工程, 2007, (03)) 采用双阈值最大类间方差快速算法快速找到分割阈值, 采用二值标记算法标记分割图像, 利用 Freeman 链码标记图像的轮廓特征, 最终利用特征提取的方法识别标记后的机场跑道。

[0011] 由以上所列举的方式方法来看, 主要分为两类: (1) 基于边缘提取的识别方法, 主要是对红外图像进行边缘提取, 然后利用边缘链接或 Hough 变换的方法识别机场跑道; (2) 基于区域分割的识别方法, 主要利用阈值分割确定候选区域, 然后提取特征进行识别。然而在实际应用中, 这两类方法都有很多先天性的弊端, 首先红外成像条件的变化, 周围环境的复杂性, 成像条件恶劣, 噪声的干扰等因素的影响, 使得机场跑道成为复杂背景中的弱目标, 导致基于边缘的方法提取的边缘信息不是很可靠, 而且还包涵很多冗余的边缘信息, 给后续判断和识别跑道带来了很大困难, 因此基于边缘的方法稳定性不高; 再者由于顺光拍摄和逆光拍摄的影响, 红外机场跑道成像为亮暗目标区域的形态, 这使得基于阈值分割的方法很难将机场从背景中分割出来, 因此单纯依靠阈值分割, 以及基于分割区域进行特征提取的识别方法在实际应用中也有很大的局限性。

发明内容

[0012] 为了解决以上问题, 本发明的目的在于提出一种具有准确性, 实时性和鲁棒性的红外图像待识别目标分割及识别方法, 有效的解决上述提取的边缘信息不可靠及阈值分割局限性问题。

[0013] 为了实现上述目的, 本发明的技术方案如下:

[0014] 本发明利用一维 (1D) 图像处理的思想解决二维 (2D) 红外图像分割的技术问题, 即: 将循环分割处理的每一行图像像素合成二维二值图像, 具体: 1) 通过多尺度小波变换方法对红外图像待识别目标进行增强; 2) 通过对红外图像中凸性区域的提取实现对各种成像条件下红外目标的稳定分割, 每次处理一行像素, 将处理结果合成与原来图像尺寸一致的二维二值图像; 3) 然后对分割后的图像进行二值图像连通标记同时提取基本特征, 然后在此基础上定义待提取特征, 并利用基本特征计算特征抽取; 4) 利用投票的方法确定疑似候选目标区域, 最终结合待识别目标的先验知识进行精确识别, 从候选目标中确定最终目标。

[0015] 所述多尺度小波变换方法对红外图像进行增强的步骤如下:

[0016] 用 Haar 小波对每一行图像分别进行多维分解, 分解为低频和高频部分, 利用中值滤波的方法对高频部进行中值滤波, 消除噪声影响; 然后通过 Haar 反变换, 将 1D 图像信号还原。

[0017] 所述对红外图像中凸性区域的提取, 实现对各种成像条件下的红外目标的稳定分割的步骤如下:

[0018] 凸性区域的定义: 该区域指区域内的象素灰度均值高于周围区域; 利用先验知识, 估算出待识别目标的最大长度 $Length_{max}$ 和最小长度 $Length_{min}$ 。对多尺度小波增强后的图像提取梯度信息, 梯度大于 0 为上升区域, 梯度小于 0 为下降区域, 上升区域和下降区域的区间间隔 Gap 在最大长度 $Length_{max}$ 和最小长度 $Length_{min}$ 之间, 即为凸性区域目标区域, 令其为 1, 其余部分为 0。由此获得 1D 图像的二值图像。

[0019] 所述对分割后的图像进行二值图像连通标记同时提取基本特征步骤: 基于并查结

构的标记算法,将基本特征提取与到二值图像连通标记相结合,使得只对图像进行一次扫描就可以实现连通区域标记,并且在标记二值连通区域的同时计算该区域内的一些基本区域特征 | 为 :行宽,列长,行坐标,列坐标,区域大小,质心位置 ;通过第一次扫描,确定并查结构中树的唯一根节点,利用扫描根节点列表将大根节点的子节点进行归类,从而实现了二值图像连通标记同时提取基本特征。

[0020] 所述待提取区域特征的定义 :共有 9 种特征描述方式,其中包括量纲性的特征描述方式 (此类属性跟图像大小、分辨率等因素有关,会随图像大小的变化而改变),非量纲性的特征 (此类属性与图像大小、分辨率等因素无关,只与区域自身的形状、方向等有关,不随图像大小改变而变化),以及目标校验属性。具体如下 :

[0021] 本发明设红外灰度图像为 $I_{gray}(L, P)$, L, P 分别表示图像的横坐标和纵坐标, R 表示某个标记区域。

[0022] 量纲性特征 :

[0023] 区域大小 (F1) : $Area \underset{(L, P \times R)}{\varphi} \uparrow 1$

[0024] 区域最大长度 (F2) : $L_{max} \underset{\varphi} \max \|L_{s1} \ominus L_{s2}\| \square \|P_{s1} \ominus P_{s2}\|$, $L, P \times R$, 其中 $s1, s2$ 是区域中两点的标号

[0025] 非量纲特征 :

[0026] (a) 长宽比 (F3) : $R_{HW} \underset{\varphi} \frac{\max(Height)}{\max(Length(row))}$, 式中 ; $\max(height)$ 指区域的最大高度, $\max(length(row))$ 指区域中行最大长度。

[0027] (b) 平均行长方差 (F4) : $N_R \underset{row \times R}{\varphi} \uparrow 1$

[0028] $M_{Row} \underset{\varphi} \frac{1}{N_R (row \times R)} \uparrow \text{length}(row) \textcircled{4}_{Row} \underset{(row \times R)}{\varphi} \uparrow | \text{length}(row) \ominus M_{Row} |$

[0029] 其中 N_R 指区域的总行数, M_{Row} 指区域的平均行长, $\textcircled{4}_{Row}$ 就是所求的平均行长方差,这里为了出于对计算速度的最求,采用采用绝对值代替平方计算。

[0030] (c) 区域内灰度方差 (F5) :

[0031] $M_{Gray} \underset{\varphi} \frac{1}{Area (L, P \times R)} \uparrow I_{gray}(L, P) \textcircled{4}_{Gray} \underset{(L, P \times R)}{\varphi} \uparrow | I_{gray}(L, P) \ominus M_{Gray} |$

[0032] 其中 M_{Gray} 指区域内的平均灰度值, $\textcircled{4}_{Gray}$ 是指灰度方差,这里为了出于对计算速度的最求,采用采用绝对值代替平方计算。

[0033] (d) 中心点拟合方差 (F6) :令 $MidPt_{row}(L, P)$ 表示区域 R 每行的中点坐标,利用直线拟合方法计算所有属于区域 R 的行中点拟合出的直线 $y \underset{\varphi} kx \square b$, 则中心点拟合方差为 $\textcircled{4}_{MidPt} \underset{row \times R}{\varphi} \uparrow (kx_{row} \square b \ominus y_{row})^2$, 其中 (x_{row}, y_{row}) 指某行中点的坐标值。

[0034] (e) 中心矩形比例 (F7) : $Rect \underset{\varphi} \frac{M_{Row} * \max(Height)}{Area}$

[0035] (f) 区域复杂度隶属度函数用区域复杂度与最大复杂度之比作为该特征的隶属度函数。设区域边长为 1, 区域面积为 m , 面积阈值为 T_m , 则复杂度的隶属度函数为 (F8) :

$$\textcircled{4} \begin{matrix} \star l^2 \\ \star \\ \star 6m \\ \star 0 \end{matrix} \quad T_m \square m \quad m \triangle T_m$$

[0036] 目标校验属性：

$$[0037] \quad (a) \text{ 区域质心 } : L \triangle \frac{1}{Area_{(L,P \times R)}} \quad LP \triangle \frac{1}{Area_{(L,P \times R)}} \quad P;$$

[0038] 所述基于投票 (Voting) 方式的目标候选区域识别步骤：

[0039] 由 2 种量纲特征和 6 种非量纲特征得到一个属性矩阵, $F_{u,v} \quad u \in 1 \dots 8, v \in 1 \dots TotalNum$, 然后分别对每行进行排序, 保留前 T 个区域, 而后面的区域总数 (TotalNum) - T 个区域剔除, 如果某个区域的属性 $F_{u,v}$ 被保留, 本发明令 $F_{u,v} \triangle 1$, 否则, $F_{u,v} \triangle 0$ 。然后本发明对每个区域的属性求和 $PR_v \triangle \sum_{u=1}^8 F_{u,v}$, 如果 $PR_v \triangle 4$, 则该区域为目标候选区域; 否则, 该区域不是目标候选区域, 从而实现了目标候选区域识别。

[0040] 所述结合先验知识对精确目标识别步骤：

[0041] 结合目标区域的先验知识, 获取目标的真实长度、宽度、角度等先验形状信息, 通过成像变换原理, 得到目标区域在红外图像中成像的像素长度、宽度、可能姿态角度, 利用这些信息从候选疑似区域中排除非目标区域。并利用目标校验属性, 对最后的区域进行校验。最终准确识别出目标区域。

[0042] 本发明原理：

[0043] 本发明采用原创性的红外图像分割方法, 利用 1D 图像处理的思想有效的解决了 2D 红外图像的分割问题。通过利用 Harr 小波对 1D 图像进行分解和降噪滤波处理, 在极大地保留了原始图像数据的基础上消除了噪声, 并很好地实现了对红外图像的分割。针对红外图像的自身特点, 所设计的特征提取有效的描述了待识别目标如机场跑道各种特性。采用的投票分类方法, 可以从被分割二值区域中有效地识别出疑似目标区域, 最终结合先验知识对目标进行精确识别。通过理论仿真和大量的实验验证, 证明本发明所设计算法的有效性和实时性。

[0044] 与现有技术相比, 本发明实现了对红外目标准确、实时的分割, 针对待识别目标的自身特征, 所设计的特征提取方式和推理, 达到了稳定识别之目的。本发明首次提出以 1D 图像处理的思想解决 2D 红外图像分割的技术路线, 并利用小波进行边缘强化、凸性区域提取并结合先验知识的目标区域形状分割技术, 以及部分针对性的待识别目标区域特征描述方式, 通过理论仿真和实验验证, 在保证有效性的前提下, 可以实时的分割并识别各种情况下的红外图像待识别目标如红外机场跑道。

[0045] 具体优点分述如下：

[0046] 1. 分割思想新颖, 简单, 高效。本发明提出的分割方法, 将 2D 图像分割问题简化为 1D 图像处理问题, 实现方法简单, 占用计算时间和内存都很小。

[0047] 2. 与现有技术中基于边缘的方法提取的边缘信息相比, 本发明采用 Haar 小波增强和凸性区域提取技术, 使得机场跑道为复杂背景中的弱目标时, 对红外图像分割准确, 鲁棒性好, 同时克服了现有技术中基于阈值分割的方法很难将机场从背景中分割出来的不足。

- [0048] 3. 本发明经过改进的区域标记算法,只需一次扫描就可以完成对二值图像的标记,且在标记过程中可以对提取标记区域的基本特征进行提取,提取速度快。
- [0049] 4. 由于分割准确,所提取的特征都是区域特征,具有针对性。
- [0050] 5. 本发明在区域特征均有针对性的基础上,其识别准确率高。
- [0051] 6. 算法操作方便,便于硬件处理。本发明所设计的 1D 处理方法具有较好的并行性,便于硬件(如 FPGA 和 DSP 等)采用流水线方式处理。
- [0052] 7. 实时性好。由于采用 1D 处理方式实现了图像分割,因此与其他现存算法相比,计算简单,运算量小,实时性好。

附图说明

- [0053] 图 1 为算法整体流程框图。
- [0054] 图 2(a) 为本发明一个实施例原红外图像待识别目标的 1D 图像。
- [0055] 图 2(b) 为图 2(a) 的 Haar 小波变换和去噪结果。
- [0056] 图 2(c) 为图 2(a) 的 1D 图像 Haar 滤波和增强结果。
- [0057] 图 2(d) 为图 2(a) 的 1D 图像分割结果。
- [0058] 图 3(a) 为本发明另一个实施例原始红外图像。
- [0059] 图 3(b) 为图 3(a) 的分割结果。
- [0060] 图 3(c) 为图 3(a) 的疑似候选区域提取结果。
- [0061] 图 3(d) 为图 3(a) 的目标精确识别结果。
- [0062] 图 4(a) 为图 3(a) 的不同视角原始红外图像。
- [0063] 图 4(b) 为图 3(a) 的不同视角分割结果。
- [0064] 图 4(c) 为图 3(a) 的不同视角疑似候选区域提取结果。
- [0065] 图 4(d) 为图 3(a) 的不同视角目标精确识别结果。

具体实施方式

- [0066] 下面结合附图和实例对本发明作进一步详细说明。
- [0067] 流程图如图 1 所示,本发明利用 1D 图像处理的思想解决 2D 红外图像分割的技术问题,即:将循环分割处理的每一行图像像素合成二维二值图像,具体:1) 通过多尺度小波变换方法对红外图像进行增强;2) 利用对红外图像中凸性区域的提取,实现对各种成像条件下红外目标的稳定分割,每次处理一行像素,将处理结果合成与原来图像尺寸一致的二维二值图像;3) 然后对分割后的图像进行二值图像连通标记同时提取基本特征,然后在此基础上定义待提取特征,并利用基本特征计算特征抽取;4) 利用投票的方法确定疑似候选目标区域,最终结合待识别目标的先验知识进行精确识别,从候选目标中确定最终目标。
- [0068] 1. 所述多尺度小波变换方法对红外图像进行增强的步骤如下:
- [0069] 本发明采用正交小波—Haar 小波,它具有较好的分解和重构特性。Haar 小波的尺度函数和小波函数分别为:
- [0070]
$$\phi(x) = \begin{cases} 1, & 0 \leq x < 1 \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad \psi(x) = \begin{cases} 1, & 0 \leq x < 1/2 \\ -1, & 1/2 \leq x < 1 \end{cases}$$
- [0071] 这里,用 Haar 小波对每一行图像分别进行多维分解,分解为低频和高频部分,由于低频部分保留了图像中大部分基本特征,而高频部分保留的是图像的细节部分,其中红

外图像的噪声等干扰因素在高频部分中表现更为明显,因此利用中值滤波的方法对高频部进行中值滤波,消除噪声影响;然后通过 Haar 反变换,将 1D 图像信号还原。

[0072] 2. 所述对红外图像中凸性区域的提取:将凸性区域定义为区域内的象素灰度均值高于周围区域。利用先验知识,估算出待识别目标的最大长度 $Length_{max}$ 和最小长度 $Length_{min}$ 。对多尺度小波增强后的图像提取梯度信息,梯度大于 0 为上升区域,梯度小于 0 为下降区域,上升区域和下降区域的区间间隔 Gap 在最大长度 $Length_{max}$ 和最小长度 $Length_{min}$ 之间,即为凸性区域目标区域,令其为 1,其余部分为 0。由此本发明获得了 1D 图像的二值图像。

[0073] 3. 所述对分割后的图像进行二值图像连通标记同时提取基本特征步骤

[0074] 由于本发明对二值标记图像后,还需要计算区域内的特征,因此出于对速度和效率的要求,本发明基于并查结构的标记算法,将基本特征提取与二值图像连通标记相结合,使得只对图像进行一次扫描就可以实现连通区域标记,并且在标记二值连通区域的同时计算该区域内的一些基本区域特征,比如行宽,列长,行坐标,列坐标,区域大小,质心位置等。在第一次扫描结束后,已经完全确定每个等价类,并对每个等价类赋予一个唯一的标号,也就是具有并查结构中树的根节点,其中等价类中的每行,每列,区域大小等基本特征信息已经记录。由于这些等价类中,有很多根节点实际上是属于同一个大的父类节点,所以有一些重复现象。传统的具有并查结构的连通成分标记算法是对图像进行二次扫描,进行变换,把等价类的标号赋给每个象素。为了提高效率,本发明建立了一个第一次扫描根节点列表,并对同属于一个大根节点的子节点进行归类,从而省去了对二值图像进行的二次扫描,从而实现了二值图像连通标记和提取基本特征同时性。

[0075] 4. 所述定义待提取区域特征,并利用基本特征计算特征抽取步骤

[0076] 从每个标记的连通区域 R_i 中提取出最能够代表该区域特征的属性信息,通过对红外图像的分析,有针对性的为其设计了 9 种特征描述方式,其中包括 2 种量纲性的特征描述方式(此类属性跟图像大小、分辨率等因素有关,会随图像大小的变化而改变),6 种非量纲性的特征(此类属性与图像大小、分辨率等因素无关,只与区域自身的形状、方向等有关,不随图像大小改变而变化),以及一种目标校验属性。现分别介绍如下:

[0077] 本发明设红外灰度图像为 $I_{gray}(L,P)$ 分别表示图像的横坐标和纵坐标,R 表示某个标记区域。

[0078] 2 种量纲性特征:

[0079] 区域大小 (F1): $Area \begin{matrix} \varphi \\ (L,P \times R) \end{matrix} \begin{matrix} \blacktriangle \\ 1 \end{matrix}$

[0080] 区域最大长度 (F2): $L_{max} \begin{matrix} \varphi \\ \max \left\{ \left| L_{s1} \right| \square \left| P_{s1} \right| \right\} \end{matrix} \begin{matrix} \square \\ L, P \times R \end{matrix}$, 其中 $s1, s2$ 是区域中两点的标号

[0081] 6 种非量纲特征:

[0082] (a) 长宽比 (F3): $R_{HW} \begin{matrix} \varphi \\ \frac{\max(Height)}{\max(Length(row))} \end{matrix}$, 式中; $\max(height)$ 指区域的最大高度, $\max(length(row))$ 指区域中行最大长度。

[0083] (b) 平均行长方差 (F4): $N_R \begin{matrix} \varphi \\ \blacktriangle \\ row \times R \end{matrix} \begin{matrix} \blacktriangle \\ 1 \end{matrix}$

[0084]
$$M_{Row} = \frac{1}{N_R} \sum_{(row \times R)} length(row) \textcircled{4}_{Row} = \sum_{(row \times R)} |length(row) - M_{Row}|$$

[0085] 其中 N_R 指区域的总行数, M_{Row} 指区域的平均行长, $\textcircled{4}_{Row}$ 就是所求的平均行长方差, 这里为了出于对计算速度的最求, 采用采用绝对值代替平方计算。

[0086] (c) 区域内灰度方差 (F5) :

[0087]
$$M_{Gray} = \frac{1}{Area_{(L,P \times R)}} \sum I_{gray}(L,P) \textcircled{4}_{Gray} = \sum_{(L,P \times R)} |I_{gray}(L,P) - M_{Gray}|$$

[0088] 其中 M_{Gray} 指区域内的平均灰度值, $\textcircled{4}_{Gray}$ 是指灰度方差, 这里为了出于对计算速度的最求, 采用采用绝对值代替平方计算。

[0089] (d) 中心点拟合方差 (F6) : 令 $MidPt_{row}(L, P)$ 表示区域 R 每行的中点坐标, 利用直线拟合方法计算所有属于区域 R 的行中点拟合出的直线 $y = kx + b$, 则中心点拟合方差为

$$\textcircled{4}_{MidPt} = \sum_{row \times R} (kx_{row} + b - y_{row})^2$$
, 其中 (x_{row}, y_{row}) 指某行中点的值。

[0090] (e) 中心矩形比例 (F7) : $Rect = \frac{M_{Row} * \max(Height)}{Area}$

[0091] (f) 区域复杂度隶属度函数用区域复杂度与最大复杂度之比作为该特征的隶属度函数。设区域边长为 1, 区域面积为 m, 面积阈值为 T_m , 则复杂度的隶属度函数为 (F8) :

$$\textcircled{4} = \begin{cases} \frac{l^2}{6m} & T_m \leq m \\ 0 & m < T_m \end{cases}$$

[0092] 1 种目标校验属性 :

[0093] 区域质心 : $L = \frac{1}{Area_{(L,P \times R)}} \sum LP = \frac{1}{Area_{(L,P \times R)}} \sum P$

[0094] 5. 基于投票 (Voting) 方式的目标候选区域识别

[0095] 在对二值图像进行标记, 并计算出每个标记区域 R_v 的 9 种属性。本发明由 2 种量纲特征和 6 种非量纲特征, 共 8 种属性得到一个属性矩阵, $F_{u,v} = u \in 1 \dots 8, v \in 1 \dots TotalNum$, 然后分别对每行进行排序, 保留前 T 个区域 (动态阈值 $T = 5$), 而后面的区域总数 (TotalNum) - T 个区域剔除, 如果某个区域的属性 $F_{u,v}$ 被保留, 本发明令 $F_{u,v} = 1$, 否则, $F_{u,v} = 0$ 。然后本发明对每个区域的属性求和 $PR_v = \sum_{u \in 1}^8 F_{u,v}$, 如果 $PR_v \geq 4$, 则该区域为目标候选区域; 否则, 该区域不是目标候选区域, 从而实现了目标候选区域识别。

[0096] 6. 结合先验知识对精确目标识别

[0097] 结合目标区域的先验知识, 本发明可以知道目标的真实长度、宽度、角度等先验形状信息。通过成像变换原理, 本发明可以估计出目标区域在红外图像中成像的像素长度、宽度、可能姿态角度等。由此, 从候选疑似区域中, 本发明可以利用这些信息, 排除非目标区域。为了使识别更加准确, 本发明还利用目标校验属性, 对最后的区域进行校验, 如果当前帧计算的质心坐标与上一帧偏差较大, 则重新计算; 如果该区域没有通过最大后验概率置信度分析, 本发明也认为当前帧计算错误, 重新计算。通过以上计算, 最终准确识别出目标区域。

[0098] 具体实例如下 :

[0099] 首先本发明设实现过程中红外图像的大小均为 $N \times M$, 这里 N 为图像的宽度, M 为图像的高度, M 和 N 为正整数, 图像的定义域为 $\Omega: 0 \leq x \leq N-1, 0 \leq y \leq M-1$, 像素灰度为 8bit:

[0100] 1. 多尺度小波变换方法对红外图像进行增强

[0101] 读入一行像素, $I(\text{row}, 1:N)$, 其中 row 表示该行像素所在原图像的行数, 如图 2(a) 所示。

[0102] 对该行像素进行 Haar 小波分解, 为了提高运算速度, 本发明采用了文献 (Kaiser, G The fast Haar transform IEEE Potentials 1998) 中所提到的方法。这样本发明就得到了该行像素的低频部分和高频部分, 长度分别为 $N/2$ 个像素。

[0103] 对高频部分进行滤波处理, 本发明选用的滤波器为 1×5 的中值滤波器。这样, 高频部分中的噪声就被滤除掉了, 而原始信号低频部分包含了图像的大部分信息则被完好的保留下来, 如图 2(b) 所示。

[0104] 对滤波后的 1D 图像像素进行 Harr 小波反变换。本发明就得到了消除噪声后的 1D 图像信号, 如图 2(c) 所示。

[0105] 2. 凸性区域分割

[0106] a) 提取图像信号的梯度信息, $d = \frac{\partial I(i, 1:N)}{\partial x} = \frac{I(i, j+1) - I(i, j)}{1}$, 并对 d 设定阈

值 T_d (本发明中 $T_d = 5$), $d(j) = \begin{cases} 1 & \text{if } |d(j)| \geq T_d \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$ 。本发明对梯度信号 d 进行搜索, 由于本发明要分割的区域通常都是灰度均值较高的部分, 因此本发明只对相邻的

[0107] b) $d(j) = 1$ and $d(j+1) = 1$ 的区域进行提取, 令其为 1; 而其余区域 ($d(j) = 0$ and $d(j+1) = 0$), 为 0, 结果如图 2(d) 所示。

[0108] c) 判断 row 是否大于图像的高度 M , 如果大于继续执行步骤 2; 否则, 说明还没有对图像中的所有行都进行处理, 跳回到 a) 继续执行, 整幅红外图像如图 3(a) 所示, 其分割结果如图 3(b) 所示。

[0109] 3. 连通区域标记和基本特征提取

[0110] 到此, 本发明实施例已经得到了一幅利用 1D 小波增强去噪处理所分割出来的 2D 红外图像, 令二值图像为 $B(i, j) \quad i = 0, \dots, M-1, j = 0, \dots, N-1$, 其中 M 和 N 分别为二值图像的长度和宽度, 标记后得二值图像为 $LB(i, j)$ 。本发明采用如下过程对二值图像进行连通区域标记, 并提取各个连通区域的一些基本特征。所提取的区域基本属性包括: 区域总行数, 每行最左端在图像中的位置坐标, 每行的长度, 区域面积。通过这些信息就可以计算以后本发明所定义的一些区域描述特征。

[0111] 域标记和特征提取流程如下:

[0112] 步骤是:

[0113] a. 进行初始化工作, 即把行标 $HANG$ 指向起始行, 初始化区域属性寄存器。

[0114] b. 扫描图像第 $HANG$ 行数据, 如果某给定像素大于 0, 并记录;

[0115] c. 检查该像素周围像素是否被标记过, 如果没有, 赋予一个新的标号, 将区域总标号加 1; 否则, 将其标记为周围领域被标记像素的标号最小值;

[0116] d. 重新计算并更新该标号所属区域的属性, 如各行起始位置, 行长, 中止位置等。

[0117] e. 判断是否扫描结束,如未结束,扫描下一个像素;否则,继续执行 f。

[0118] f. 同属于一个区域,但是被分别标记的各个子区域重新更新标号,并重新计算区域基本属性,如各行起始位置,行长,中止位置等。

[0119] 4. 特征提取

[0120] 提取各个区域特征,得到区域分割后的标记图像,及各个区域的基本特征之后,本发明要对各个区域计算本发明之前所定义的 2 种量纲属性(区域大小,区域最大长度),6 种非量纲属性(区域长宽比,区域平均行长方差,区域内灰度方差,中心点拟合方差,中心矩形比例,以及区域复杂度隶属度),以及 1 种目标校验属性(质心坐标)总共 9 种属性。

[0121] 5. 基于投票(Voting)方式的目标候选区域识别

[0122] 假定某区域为 R_v , $R_v = 1 \dots \text{TotalNum}$, 其中 Total 表示区域的总数目;则该区域内的属性分别为 $F_{1,v}, F_{2,v}, \dots, F_{10,v}$ 。这样本发明得到所有区域属性的数组 $F_{u,v}$, $x = 1 \dots 9$ 表示属性数, $y = 1 \dots \text{TotalNum}$ 表示区域数。

[0123] 本发明对区域属性数组按行排序,每行表示此种属性在各个区域上的值的排序。本发明按顺序设定动态阈值,这里本发明 $T = 5$,即本发明只保留每种属性的前 5 个区域。此过程相当于用每种属性分别处理二值图像,可以剔除 Total-5 个区域,而剩下保留的 5 个

区域。然后本发明对每个区域的属性求和 $PR_v = \sum_{u=1}^8 F_{u,v}$, 如果 $PR_v \geq T$, 则该区域为目标候选区域;否则,该区域不是目标候选区域,疑似区域识别结果如图 3(c) 所示。

[0124] 6. 结合先验知识对精确目标识别

[0125] 结合目标区域先验知识,以及目标校验属性,从剩下的疑似目标区域中提出非目标区域,并对目标区域进行精确识别,最终结果如图 3(d) 所示。其中,图 4(a) ~ (d) 给出了本发明在不同视角的处理结果。

[0126] 本发明改变了以往利用 2D 图像的传统分割方法,提出了利用 1D 图像信息来恢复和分割 2D 红外图像的新方法。设计了一种简单,实时,准确的 1D 图像分割方法,利用 Harr 小波通过对 1D 信号的强化和提取,实现对 2D 图像分割的目的。从理论仿真和实际试验来看,该方法具有鲁棒性强,准确性高,实时性好等优点。

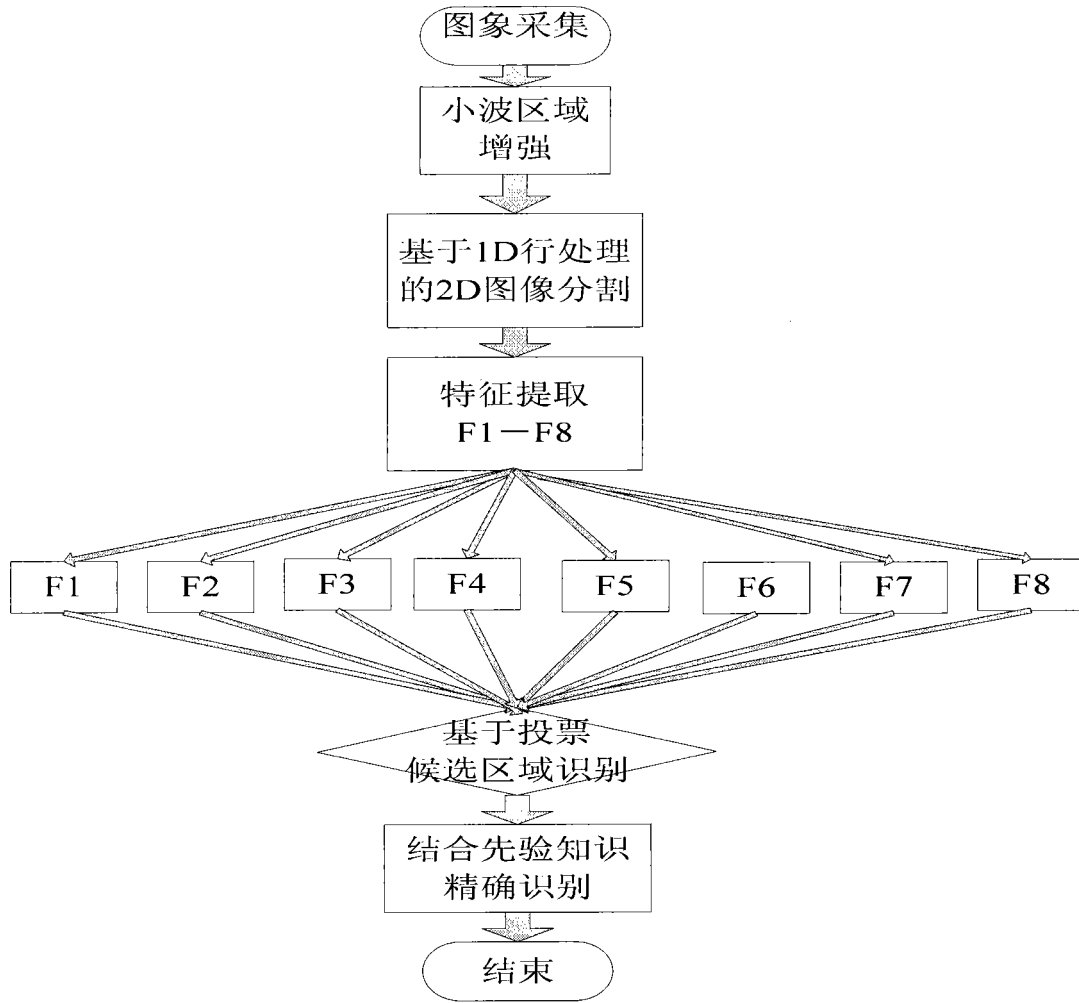


图 1

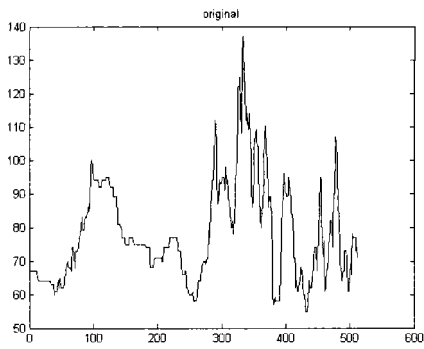


图 2(a)

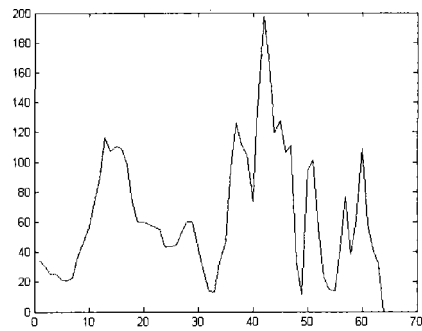


图 2(b)

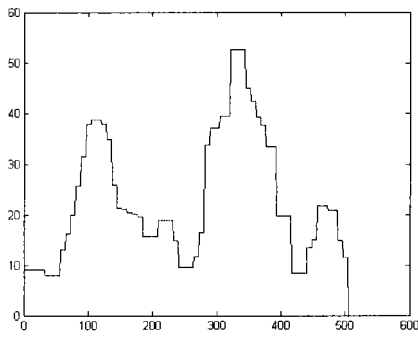


图 2(c)

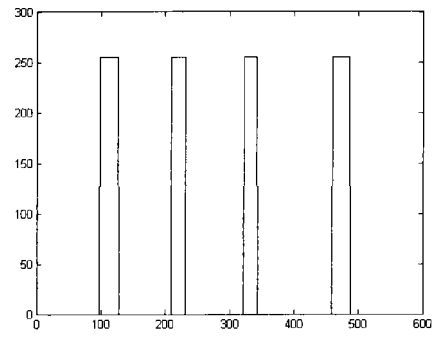


图 2(d)



图 3(a)

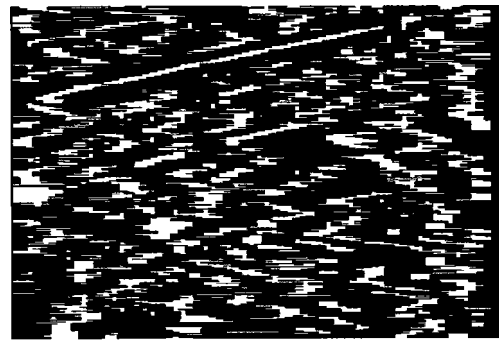


图 3(b)

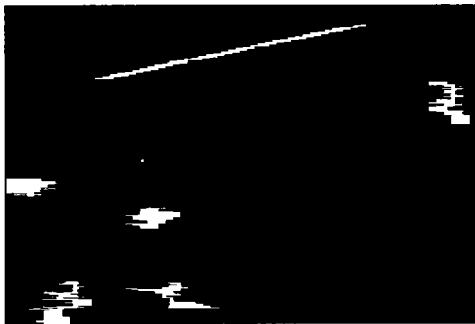


图 3(c)



图 3(d)



图 4(a)

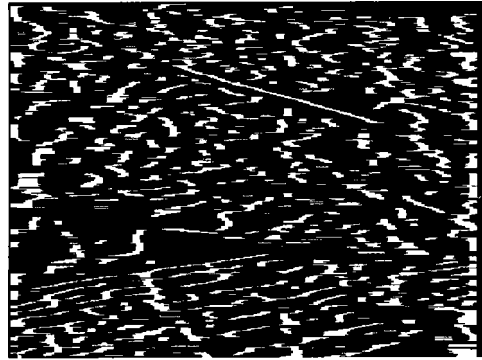


图 4(b)



图 4(c)

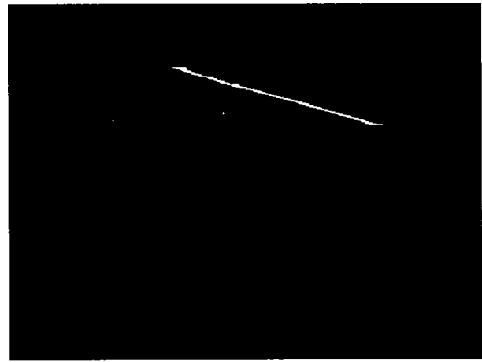


图 4(d)