

不均匀背景下弱小目标检测算法研究

Study on Dim Small Target Detecting Algorithm in Uneven Background

(1.中国科学院长春光学精密机械与物理研究所; 2.中国科学院研究生院) 王 勇^{1,2} 刘伟宁¹

WANG Yong LIU Wei-ning

摘要: 在目标跟踪领域, 形心跟踪算法得到了广泛的应用, 尤其是背景为天空等相对简单的背景时, 该算法具有较高的跟踪准确性和稳定性, 容易实现目标自动捕获, 但当图像背景不均匀而且目标与背景灰度相近时, 会严重影响对目标的捕获。本文分析了不均匀背景的形成原因以及特点, 将基于群体智能的图像处理方法应用于不均匀背景下的弱小目标检测。在赋予智能体一定的行为和参数并定义相应的运动规则之后, 分布于图像环境中的智能体通过对局部环境的适应寻找到了整体的最优解。根据该算法提取到的目标特征与不均匀区域的特征所具有的不同特点, 在经过区域填充以及滤波等处理之后, 准确检测到了不均匀背景中的弱小目标。

关键词: 群体智能; 自组织; 形心跟踪; 不均匀背景

中图分类号: TP391

文献标识码: A

Abstract: In the field of target tracing the centroid target tracking algorithm is widely used, especially when the background is simple like sky. It has higher trace precision and is robust and can realize automatic target capture. But when the image has uneven background and the target and background is close in gray-level, the target capture capacity will be affected severely. The image processing method based on swarm intelligence is applied in the small target detecting in uneven background in this paper. The agents search for the global optimal solution by means of adapting to different local environments after their parameters and behaviors prescribed by the relevant moving rules are predefined. According to the different features of the target and the uneven background image detected by the algorithm, the small target is detected in the uneven background after filling and filtering.

Key words: swarm intelligence; self-organization; centroid tracking; uneven background

技术创新

1 引言

可见光成像跟踪技术以其较高的跟踪精度、智能化程度以及图像识别功能在经济建设和军事领域中得到越来越广泛的应用。在整个实时成像跟踪系统中, 对目标的识别与跟踪是系统设计的关键。提高系统的实时性和跟踪的准确性是目前研究的热点。其中, 目标的检测是跟踪识别系统中的一个重要环节, 目标检测的准确与否对后续步骤中的跟踪和识别会产生重要的影响。

对于远距离目标, 在视场中是以小目标形态出现的, 目标与背景的对比较低, 要保证可靠、稳定地检测并跟踪目标是很困难的。多数对于弱小目标形心跟踪算法的研究都是基于均匀背景的假设, 背景相减方法和光流方法不适用于动基座跟踪设备, 不均匀的成像背景给稳定可靠的跟踪目标带来了许多困难。因此, 不均匀背景下, 弱小目标检测算法的研究, 对于提高跟踪系统的实时性和可靠性具有重要意义。

2 不均匀背景的特点

对于背景单调, 有一定对比度并且尺寸较小的弱小目标的跟踪, 形心跟踪算法得到了广泛的应用, 尤其是在背景为天空等相对简单的背景时, 形心跟踪算法具有较高的准确性和稳定性, 容易实现目标自动捕获, 但当图像背景不均匀而且目标与背景灰度相近时, 不均匀背景会严重影响对目标的捕获。

导致背景不均匀的原因很多, 在多数情况下, 天空背景本身是不均匀的, 在低仰角时更是明显; 另外光学系统的设计、加工质量也会导致光电传感器接收到的图像背景不均匀。图 1 和图 2 是在实际中拍摄的以上两种背景图像的图片以及相应得灰度分布。

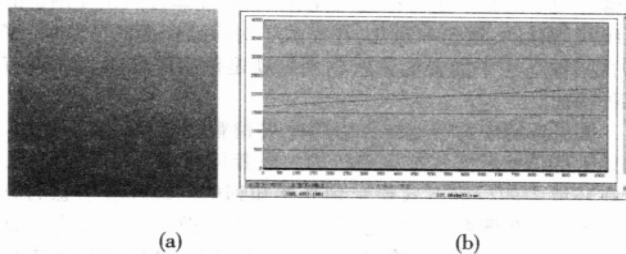


图 1 (a) 晴天对低仰角天空拍摄的图像; (b) 图像中心列的灰度分布

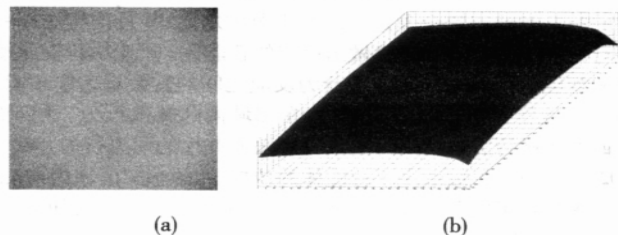


图 2 (a) 由于镜头加工导致图像背景不均匀; (b) 图像数据的灰度分布

图 2 (a) 由于镜头加工导致图像背景不均匀; (b) 图像数据的灰度分布

对于图 1, 可以看出图像数据上下部分像素灰度逐步变化,

王 勇: 硕士研究生

最上面 10 行的平均灰度为 141, 而最下面 10 行的平均灰度为 106(像素深度 8 位)。对于图 2, 背景最亮处和最暗处相差约 63 单位(像素深度 8 位)。也有其他综合因素导致图像背景不均匀。通过以上对不均匀背景的形成原因以及表现形式的分析, 可以将不均匀背景的特点归纳为以下两点:

(1) 可以认为背景为简单背景, 背景中明亮部分和灰暗部分有明显灰度变化, 无明显边缘。

(2) 目标与其邻近背景有一定的灰度级差, 但如果为目标较弱, 可能目标灰度处于背景中明亮部分和灰暗部分灰度之间, 使用常规形心算法无法提取目标。

形心跟踪算法的关键是图像分割时阈值的选取, 如果图像背景不均匀, 确定阈值时必须去除背景的影响, 这就严重影响对弱小目标的捕获。图像检测技术的日益完善和可靠性, 成本日益降低, 使其广泛应用于工业领域。在目标识别算法中, 最为关键的是目标特征的提取。根据由以上分析得到的不均匀背景的特点, 我们提出了一种基于群体智能的图像特征提取算法, 并将其应用于不均匀背景下的弱小目标检测。

3 基于群体智能的图像特征提取算法

群体智能的研究起源于人们对社会性动物群体行为的观察和模拟, 如鸟类聚类飞行行为, 蚂蚁觅食行为等。社会性动物的个体行为都很简单, 但当它们一起协同工作时, 却能够“突现”出非常复杂的行为特征。在通常情况下, 群体智能是指任何启发于群体生物的集体行为而设计的算法和分布式问题解决装置。在图像处理领域, 基于群体智能的图像分割方法以及图像特征提取方法得到了广泛的应用。大量研究结果表明, 由于群体智能的潜在分布式特征和符合自组织的生物学过程, 它正在逐渐成为图像处理中很有前途的一种新方法。

由于数字图像本身所具有的特点, 可以很容易的将其比喻为数字生命存在的空间, 而像素则可以比喻为数字生命赖以生存的资源。维持数字生命繁衍和进化的, 是图像中具有各种灰度值的像素。这里, 我们把“特征像素”称为“有效资源”, 分布在图像环境中的数字生命称为“智能体”。智能体按照预先制定的系统规则移动、繁衍和进化, 在完成了对有效资源的搜索后, 寄居在图像环境中的智能体所刻画的就是数字图像本身所具有某种特征。

图像环境中的智能体分为两种: 驻留智能体和活动智能体。初始智能体的状态往往是随机的, 或者具有某种统一的特征, 它在环境中的行进方式要受到其感知到的局部环境信息的影响。智能体在搜索资源的过程中, 一旦发现像素位置 (i, j) 存在有效资源, 就会在此位置驻留下来而不再移动, 这样的智能体我们称之为驻留智能体。而活动智能体是指: 在某个时间步, 其变化的特征和状态符合预定义的要求范围之内, 并且即将选择一些行为来继续对图像环境做出反应的智能体。用于执行资源搜索的智能体通过 4 种不同的行为反应之间的转换来适应环境, 即在有效资源位置的驻留行为, 在邻域内的繁殖行为, 寻找新资源的扩散行为以及因为能量的衰竭而产生的消失行为。

驻留或者扩散取决于智能体的位置 (i, j) 的感知区域内与 (i, j) 的灰度值接近的所有像素的密度分布, 密度分布的定义如下:

$$\rho_{I(i,j)}^{R(i,j)} = \sum_{s=-R(i,j)}^{R(i,j)} \sum_{t=-R(i,j)}^{R(i,j)} \{s^0 t^0 \mid \|I(i+s, j+t) - I(i, j)\| \leq \delta\} \quad (1)$$

其中, s 和 t 表示 (i, j) 位置的智能体感知区域内的一个像素的索引, $I(i, j)$ 表示像素 (i, j) 的灰度值, δ 为对比度阈值。当智能体

检测到一处有效资源 P_x , 它将在邻域内繁殖有限数量的后代智能体。这里的邻域是指: 以智能体所在的位置 (i, j) 为中心, 周围和其相邻的 8 个像素。繁殖行为使得智能体把其后代智能体移近一个满足特征定义的像素位置, 因而增加了进一步特征提取的可能。对于有效资源的检测, 应该满足如下条件: 令 $\lambda = [\lambda_1, \lambda_2]$ 是由 (1) 式所定义的像素数的可接受范围。如果在像素点 P_x 的密度分布的评估结果在 λ 范围内, 即 $\rho_{I(i,j)}^{R(i,j)} \in \lambda$, 那么该智能体将永久驻留在 (i, j) 像素位置, 并产生繁殖行为, 即在其周围的 8 个邻域内产生 8 个后代智能体。当密度分布的结果不在 λ 内, 即 $\rho_{I(i,j)}^{R(i,j)} \notin \lambda$, 智能体将在其邻域内产生扩散行为, 扩散的方向随机选择。扩散行为对智能体在图像环境中发现特征像素起着重要作用。后代智能体以及移动到新位置的智能体将重复上述资源搜索过程。

随着搜索过程的持续, 寻找到有效资源的智能体数量将不断增加, 从一开始的零到稳定为某个固定的常数。而那些在指定的步骤内没有找到任何有效资源的智能体将因为能量的衰竭而终止其进一步的资源搜索行为, 同时, 该智能体也会在图像环境中消失。这样可以避免智能体进入无限搜索无效资源的循环模式, 从而减少无用的计算量。

4 实验结果

图 3(a) 为在图 2 的不均匀背景下拍摄到的小目标图像。初始智能体随机分布在该图像环境中, 设置智能体的搜索半径 $R=3$, 智能体初始能量为 9, 对比度阈值为 5, 满足 (1) 式的像素数的可接受范围下限为 10, 上限为 42。图像中的智能体完成资源搜索之后得到了图 3(b), 其中, 目标点表现为圆环形状, 对于右上角的不均匀区域, 该算法的检测结果仅仅是一些噪声。显然, 检测到的目标点和不均匀区域的图像特征有着明显的区别, 目标点为闭合区域, 图像中的不均匀部分则表现为噪声。对于图 3(b), 采取如下的处理方法, 首先填充圆环内部区域, 得到图 3(c), 之后采取中值滤波的方法将图像中不均匀部分的噪声滤除, 得到图 3(d)。最终的检测结果如图 3(e) 所示。

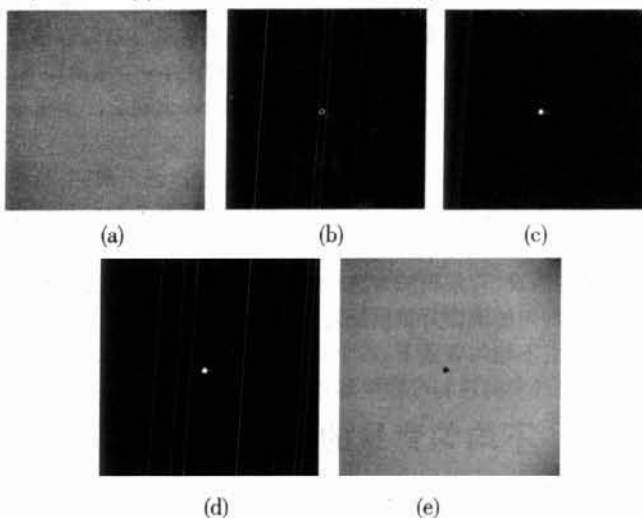


图 3 不均匀背景下弱小目标的检测结果: (a) 原图像; (b) 特征提取结果; (c) 填充圆环内部区域; (d) 图像经过滤波后目标点所在的位置; (e) 在原图像中检测到的目标点位置

5 总结

本文将基于群体智能的图像处理应用于不均匀背景

下的弱小目标检测,通过赋予分布于图像环境中的智能体驻留、繁衍、扩散以及消失等多种行为,使其适应了局部环境并且寻找到了整体的最优解,永久驻留在图像环境中的智能体最终以自组织的方式突现出图像本身所具有的一些特征。在提取到图像特征之后,经过简单的区域填充以及滤波等处理,准确检测到了不均匀背景下小目标所在的位置。

本文的创新点主要体现在以下几个方面:

1.提出了一种新的不均匀背景下弱小目标检测算法,提高了基于形心跟踪算法的目标捕获方法的实时性和准确性。在实际应用中,该算法的应用确提高了光电跟踪设备工作的可靠性。

2.提出了一种新的基于群体智能的图像特征提取算法,该算法不存在集中控制,也无需提供全局模型,采用自下而上的建模策略,通过对最小个体之间以及个体与环境之间的简单作用规则的制定或者演化方式的调整,就可以达到所需的全局演化行为,即图像特征的涌现。

参考文献

- [1]朱红,赵亦工.基于背景自适应预测的红外弱小运动目标检测[J].红外与毫米波学报,1999,18(4):306-309.
 - [2]Karamali K,Brandt A.Moving object recognition using an adaptive background memory [A]. In Proc. Time-Varying Image Processing and Moving Object Recognition. V. Cappellini, Ed., 1990: 35-40.
 - [3]Stauffer C, Grimson W. Adaptive background mixture models for real-time tracking[A]. In Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Fort Collins, Colorado, 1999: 246-252.
 - [4]陈曦,蒙香菊,张涛.基于CCD技术的动态小目标的检测[J].微计算机信息,2006,22(9-2):72-74
 - [5]闫煜,金峰,鲁华祥.一种新的二维图像特征提取算法[J].微计算机信息,2006,22(5-1):189-192
 - [6]门蓬涛,张秀彬,张峰,等.图像特征识别方法研究[J].微计算机信息,2004,20(5):103-105
 - [7]Kennedy J, Eberhart R C, Shi Y. Swarm Intelligence[M]. USA, San Francisco, Morgan Kaufmann Publishers, 2001
 - [8]Hideki KAGAWA, Makoto KINOCHI, Masafumi HAGIWARA. Image Segmentation by Artificial Life Approach using Autonomous Agents[A]. International Joint Conference on neural networks[C]. USA. 1999. 4413-4418
 - [9]Hamaneh G, McInerney T, Terzopoulos D. Deformable Organisms for Automatic Medical Image Analysis [A], Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention[C], MICCAI 2001, 66-75, Utrecht, The Netherlands, 2001, 10:14-17.
 - [10]MacGill J. Using flocks to drive a geographical analysis engine [A]. Artificial Life VI[C]. MIT Press. 2000.453-466
- 作者简介:王勇(1982-),女,汉族,山西太原人,硕士研究生,主要研究方向:群体智能、图像处理、弱小目标检测;刘伟宁(1963-),男,汉族,吉林长春人,研究员,研究生导师,主要研究方向:图像处理,模式识别。
- Biography:WANG Yong, female, (1982-), master, Shanxi Province, Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, mainly engaged in the research of swarm intelligence and image processing.

(130033 长春 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所) 王勇 刘伟宁
(100039 北京 中国科学院研究生院)王勇
(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China) Wang Yong Liu Weining
(Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China) Wang Yong Liu Weining
通讯地址:(130033 吉林 吉林省长春市经济技术开发区营口路20号中国科学院长春光学精密机械与物理研究所研究生部C座605)王勇

(收稿日期:2008.3.23)(修稿日期:2008.5.15)

(上接第276页)

[6]Xu C., J. L. Prince. "On the relationship between parametric and geometric active contours", in Proc. of the 34th asilomar Conference on Signals, Systems and Computers, 2000.10, pp.483-489.

[7]张国忠,刘新,万乐.基于小波阈值的图像去噪方法研究[J].微计算机信息,2007.5-3:267-268

[8]Miyahara M. Yasuhida Y. Mathematical transform of (R, G, B) color data to Munsell (H, S, V) color data [M]. SPIE, 1001.1988: 650-675.

作者简介:王鹤蒙(1980-),女,中国矿业大学计算机科学与技术学院在读研究生。主要研究方向基于人工智能的中医舌诊的研究;张艳(1963-),女,中国矿业大学计算机科学与技术学院副教授。主要研究方向智能WEB数据库技术、WEB数据挖掘、计算机辅助教育;周昌乐(1959-),男,1990年毕业于北京大学,获理学博士学位,现为厦门大学信息科学与技术学院院长、教授、博士生导师,兼任厦门大学艺术认知与计算实验室主任、厦门大学中医信息处理实验室主任。

Biography:WANG He-meng (1963-), female, China University Of Mining And Technology, School of Computer Science and Technology, Postgraduate Master in Reading. Research area: tongue diagnosis of TCM based on artificial intelligence.

(221008 江苏 江苏徐州中国矿业大学计算机学院) 王鹤蒙 张艳

(361005 福建 福建厦门大学信息科学与技术学院)周昌乐
通讯地址:(221008 江苏 江苏徐州中国矿业大学计算机学院) 王鹤蒙

(收稿日期:2008.3.23)(修稿日期:2008.5.15)

书 讯

《现场总线技术应用200例》
55元/本(免邮资)汇至

《PLC应用200例》
110元/本(免邮资)汇至

地址:北京海淀区皂君庙14号院鑫雅苑6号楼601室
微计算机信息杂志收 邮编:100081
电话:010-62132436 010-62192616(T/F)