

改进二维熵阈值法在深空探测中的应用

An improved two-dimensional entropy method for star trail tracing in deep sky

(1.长春光学精密机械与物理研究所;2.中国科学院研究生院)姚志军^{1,2} 韩秋蕾^{1,2} 王延杰¹

YAO ZHIJUN HAN QIU LEI WANG YANJIE

摘要:星体轨迹观测的难点在于所观测的星体一般为低对比度的弱小目标。传统图像处理方法中采用的一维最大熵阈值分割法仅基于原始直方图,对噪声较敏感,对真实目标尤其是弱小目标的提取造成很大影响。本文介绍了一种改进的二维熵阈值快速算法,从数学运算角度采用递推迭代方法去除冗余计算量,并根据图像对比度低,目标模糊,直方图分布集中的特点,将二维直方图的尺寸大大缩小,使得循环次数大大减少,显著提高了计算速度,大大提高了对弱暗模糊的小型星体的实时测量精度,对噪声具有很强的抗干扰能力。

关键词:深空探测;轨迹测量;二维熵

中图分类号:TP139.4 **文献标识码:**B

Abstract:The stars in deep sky are low contrast targets. Traditional one-dimensional maximum entropy thresholding algorithm is vulnerable to the noise, and the calculation of two-dimensional entropy methods is too large and takes too much time. This paper proposes an improved two-dimensional entropy threshold algorithm. We use recursion iteration method to eliminate the redundancy calculation, and reduce the size of two-dimensional histogram based on the deep sky stars characteristic, such as low contrast, fuzziness and the centralized histogram. Our method improves the capability of trailing the ebb and small star, and increases the precision of tracing.

Key words:deep sky detection, star trail forecasting, two-dimensional entropy

1 引言

深空目标的特点是、弱、相对速度快,所要探测的目标大多模糊不清,缺乏特征点,所以几乎所有的涉及到边缘和特征点的处理方法都无法在此领域得到切实应用。本文讨论了一种新的提高深空目标探测精度的方法。该方法采用改进的最大二维熵的阈值选取方法对目标进行识别和跟踪,并在最后给出效果图和试验数据。

2 熵的概念

熵的概念最初来源统计热力学,后被信息论所应用。信息论理论定义的信息熵表征了信源整体的统计特性,是总体平均不确定性的量度,即信息熵表征了变量的随机性。对某一特定的信源,其信息熵只有一个。连续信源熵的数学描述: $H = -\int_{-\infty}^{+\infty} P(x) \log P(x) dx$ 。

图像无疑也可以作为一种信息来源,且内部像素的灰度分布也具有随机性,故人们将信息论的成果引入图像处理。

3 二维熵阈值化

一幅图像可视为二维灰度函数,设图像矩阵为 $F=[F(X,Y)]_{M \times N}$,图像大小为 $M \times N$, $f(x,y)$ 为坐标为 (x,y) 处像元的灰度值。定义二维转移矩阵 $W=[t_{ij}]_{L \times L}$, L 代表二维矩阵的大小, i 代表当前像元灰度值, j 代表当前像元的邻域平均灰度值, t_{ij} 代表同时满足灰度—邻域平均灰度条件的灰度对的总数。将其作归一化,得到其联合概率密度:

$$p_{ij} = t_{ij} / (M \times N) \quad i, j \in L \quad (1)$$

姚志军:助理研究员 硕士研究生

此时 $[P_{ij}]_{L \times L}$ 就是我们要求得的二维灰度直方图。

二维熵阈值化是指选取阈值 (s,t) ,使其熵值最大化。由 P_{ij} 的物理意义可知,目标和背景内部像元基本分布在二维直方图的对角线附近。定义目标区和背景区的概率集合分别为 $P_A = \sum_{i=0}^L \sum_{j=0}^L p_{ij}$ 和 $P_B = \sum_{i=0}^L \sum_{j=0}^L p_{ij}$,将目标区和背景区的熵整理表示为:

$$H_A(s,t) = \ln(P_A(s,t)) + H_A(s,t) / P_A(s,t) \quad (2)$$

$$H_B(s,t) = \ln(1 - P_A(s,t)) + (H_{LL} - H_A(s,t)) / (1 - P_A(s,t)) \quad (3)$$

$$\text{其中 } P_A(s,t) = \sum_{i=0}^L \sum_{j=0}^L p_{ij}(i,j) \quad (4)$$

$$H_A(s,t) = - \sum_{i=0}^L \sum_{j=0}^L p_{ij}(i,j) \ln(p_{ij}(i,j))$$

$$H_{LL} = - \sum_{i=0}^L \sum_{j=0}^L p_{ij}(i,j) \ln(p_{ij}(i,j))$$

4 二维熵的加速算法

4.1 加速方法一:

通过图像的一维直方图分析,深空探测图像的像元分布十分集中,呈一狭窄的尖峰状。由于我们所关心的仅仅是亮度高于背景的星体目标,所以我们可以舍弃背景波峰左侧的冗余灰度级,计算二维直方图时仅考虑背景波峰右侧的有效区域,即能有效减小直方图的尺寸,减小计算量。设背景波峰对应的灰度值为 L ,目标最大灰度值为 H ,则计算量由理论上的为 $O(H)^4$ 。 $O(H-L)^4$ 当图像灰度分布越集中时,加速效果越显著。

4.2 加速方法二:

在上述二维熵阈值化方法中,对于每个 (s,t) 对,都要从头开始计算 $P_A(s,t)$ 和 $H_A(s,t)$,致使重复计算过多,耗时极大。由式(4)可

知 $P_{\alpha}(s,t)$ 是 $\{i \in [1,s], j \in [1,t]\}$ 范围内 $P_{ij}(s,t)$ 的总和, 故 $p_{\alpha}(s,t)$ 的求值范围在点左 (s,t) 下方的矩形面积内。

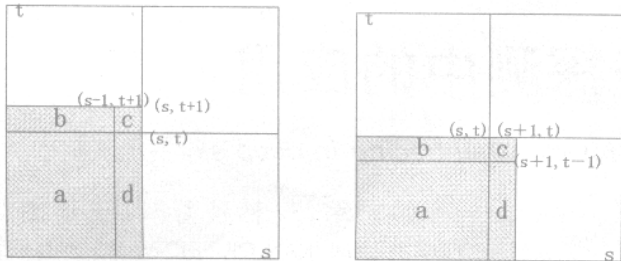


图1 加速方法示意图

如图1左图所示 $P_{\alpha}(s,t+1)=a+b+c+d$, 其中

$$a+d = \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^t P_{ij}(i,j) = P_{\alpha}(s,t)$$

$$b+c = \sum_{i=1}^s P_{ij}(i,t+1) = \sum_{i=1}^{s-1} P_{ij}(i,t+1) + p_{ij}(s,t+1) = P_{\alpha}(s-1,t+1) - P_{\alpha}(s-1,t) + p_{ij}(s,t+1)$$

$$\text{故: } P_{\alpha}(s,t+1) = P_{\alpha}(s,t) + P_{\alpha}(s-1,t+1) - P_{\alpha}(s-1,t) + p_{ij}(s,t+1) \quad (5)$$

$$\text{同理: } P_{\alpha}(s+1,t) = P_{\alpha}(s,t) + P_{\alpha}(s+1,t-1) - P_{\alpha}(s,t-1) + p_{ij}(s+1,t) \quad (6)$$

同理可得熵的递推公式:

$$H_{\alpha}(s,t+1) = H_{\alpha}(s,t) + H_{\alpha}(s-1,t+1) - H_{\alpha}(s-1,t) - p_{ij}(s,t+1) \ln(p_{ij}(s,t+1)) \quad (7)$$

$$H_{\alpha}(s+1,t) = H_{\alpha}(s,t) + H_{\alpha}(s+1,t-1) - H_{\alpha}(s,t-1) - p_{ij}(s+1,t) \ln(p_{ij}(s+1,t)) \quad (8)$$

利用上述两个公式, 对于每一个 (s,t) 对, 计算复杂性由 $O(L^2)$ 减少到 $O(L)$, 而对于 L^2 个 (s,t) 对, 则计算复杂性仅为 $O(L^2)$, 故大大减少了计算的复杂性。

5 试验效果

表格1 计算量统计表

	像元位数	灰度级	计算量
传统方法	14	16384	16384^4
加速算法1	14	16384	16384^2
加速算法2	14	113	113^4
加速算法1+2	14	113	113^2

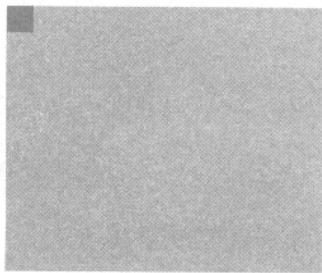


图2 实测卫星图像效果

6 结论

通过实际应用效果表明, 本文所论述的方法能够有效减小噪声对计算处理的影响, 提高深空目标探测精度, 并且在不影响目标提取效果的同时大大减少计算量, 能够满足深空目标实时探测的要求。

7 创新点

本文作者创新点为此种方法能够有效增强深空测量系统

的鲁棒性, 能够有效提取弱小目标, 并且能够在不影响跟踪精度的同时大幅减少计算量, 使系统能够满足实时测量的要求。

参考文献

[1]周志宇. 基于熵的运动目标检测[J]微计算机信息 2003年第5期

[2]郑庆华. 试论“熵”理论的应用和发展[J]微计算机信息 2004, 1

[3]章毓晋. 图象分割[M]. 北京:科学出版社, 2001.

[4]章毓晋. 图象工程 2 图象处理与分析[M]. 北京:清华大学出版社, 1999.

[5]. 龚坚. 二维熵阈值分割的快速方法 东南大学学报 第26卷第4期, 1996

作者简介: 姚志军(1977-), 男, 汉族, 吉林省长春市人, 助理研究员, 硕士研究生, 研究方向为: 数字图像处理, 实时目标捕获与跟踪, 模式识别等。

Biography: Yao zhi-jun, male, bore in 1977, Jilin changchun, post graduate, Major: Image processing, Target capture and trail.

(130033 吉林长春 长春光学精密机械与物理研究所) 姚志军 韩秋蕾 王延杰

(130033 吉林长春 中国科学院研究生院) 姚志军 韩秋蕾

通讯地址: (130033 吉林 吉林省长春市东南湖大路16号 长春光机所图像室) 姚志军

(收稿日期: 2007.3.3)(修稿日期: 2007.4.5)

(上接第280页)

[1] Sean D. MacArthur, Carla E. Brodley, and Avinash C. Kak. Interactive Content-Based Image Retrieval Using Relevance Feedback. Computer Vision and Image Understanding 88, 55-75 (2002)

[2] 王少彬, 郝红卫. 利用综合特征的图像检索及特征互补性研究[J]微计算机信息. 2006 8(1), P177-179.

[3] M.L. Kherfi, D. Ziou, and A. Bernardi. Combining positive and negative examples in relevance feedback for content-based image retrieval J. Vis. Commun. Image R. 14 (2003) 428-457

[4] Rui Y. Huang T. SA Novel Relevance Feedback Technique in Image Retrieval. In: Proc of ACM Multimedia Conference, Orlando, 1999, 67-70.

[5] 周向东, 张亮, 张琪, 刘莉, 施伯乐. 基于多聚类中心的图像检索相关反馈方法. 模式识别与人工智能, 2003, 16(6).

[6] 焦李成, 杜海峰. 人工免疫系统进展与展望 J. 电子学报, 2003, 31 (9).

[7] Han-Saem Park, Si-Ho Yoo, Sung-Bae Cho. A Fuzzy Clustering Algorithm for Analysis of Gene Expression Profiles, 2004, 967-968.

作者简介: 段富(1958-) 男, 汉族, 硕士, 太原理工大学教授。研究方向: 软件理论与算法, 计算机图形学。张明凡(1981-) 男, 侗族, 太原理工大学硕士研究生, 研究方向: 免疫算法的理论研究及应用。

Biography: Duan Fu, born in 1958, male, Han nationality, Master. professor of Taiyuan University of Technology. Research area: theory and Algorithm of software, computer graphics.

ZHANG Ming-fan, born in 1981, male, Dong nationality, graduate in research and application of immune algorithm in Taiyuan University of Technology.

(030024 太原 太原理工大学计算机与软件学院) 段富 张明凡

通讯地址: (030024 山西 山西太原理工大学(北区) 计算机与软件学院) 段富

(收稿日期: 2007.3.3)(修稿日期: 2007.4.5)