

一种基于星形的星图识别算法

江万寿¹ 谢俊峰¹ 龚健雅¹ 黄先锋¹

(1 武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室,武汉市珞喻路 129 号,430079)

摘 要:针对卫星自主定姿问题,提出了一种基于星形的星图识别算法。该算法直接以星对角距为匹配特征,先确定影像中亮星为中心星,并以此星与相邻星像点构建辐射状星图,统计所有满足星对角距匹配条件的导航星出现次数,次数最多的即为中心星所对应的导航星。实验表明,该算法构造的导航星表容量小,抗星等干扰,与多边形角距匹配算法相比,具有匹配速度快、识别率高、可靠性好的特点。

关键词:卫星自主定姿;星形;星对角距;出现次数;中心星

中图法分类号:P237.3; TP751

卫星定姿是卫星姿态控制的基础^[1],也是遥感影像直接定位的重要手段之一。卫星自主定姿的方法很多^[2],其中利用星敏感器定姿的精度最高,可以达到 3'',甚至更高^[3]。目前,国外高分辨率卫星一般采用星敏感器定姿,其影像直接定位精度可达到 10 m 级,国内的水平还存在较大差距^[4]。

星敏感器的工作原理是以天空中的恒星作为参照物,利用 CCD 相机某一时刻拍摄到的某一幅星图,进行星点提取、星图识别、姿态计算等处理,最后给出航天器三轴姿态^[5]。其中,星图识别是星敏感器的关键技术之一,识别速度和识别正确率是衡量星图识别算法的主要指标。

星图识别要求实时利用星敏感器拍摄的恒星影像与导航星表数据匹配。导航星表是以基本星表^[6]为基础构造的,用于与观测星进行匹配的导航星数据库,它不仅包括基本星表中恒星信息,还包括为了准确匹配以及方便查询而将基本星表中恒星的基本信息按照一定匹配模式构成的索引表等。

利用星敏感器进行恒星定姿的星图识别算法很多,好的识别算法不仅构造导航星表完备,匹配准确、快速,而且在实际匹配中受 CCD 视场大小和星等灵敏度的影响小。目前比较流行的几种星图识别算法有三角形匹配法^[7]、栅格法^[8]、多边形角距法^[9]、主星识别法^[10]等。三角形匹配构造导

航星表存在大量公共边重复,存贮容量大,不利于快速计算;栅格法以星等作为主要匹配特征,对星等存在严重依赖,随星等误差增大,可靠性降低;多边形角距法特征维数越高^[11],匹配结果越惟一,然而当视域内存在伪星时,需多次重复匹配,识别慢,不符合定姿实时性的要求;主星识别法匹配过程利用星等信息,当视场内存在多颗星等相近的亮星时,容易因星等误差导致误识别,另外算法较为复杂,运算量较大,识别较慢。

1 基于星形的星图识别算法

本算法首先在恒星影像中任选一颗中心星,利用星对角距(两星点与观测中心的夹角)信息,采用统计匹配次数的方法来识别中心星,即以中心星与视场内其他星像点构成的辐射状星图,通过将辐射状星图中的每个星对角距与导航星表中存储的星对角距组匹配,将导航星表中所有符合星对角距匹配条件的导航星记录下来,相同星号则累计次数,匹配完毕后,统计各导航星出现的次数,次数最多的导航星最有可能对应影像上的中心星。通过统计匹配次数的方法选取中心星可以避免星等作为匹配特征参与识别中心星,因此,本算法对星等误差敏感度很小。

中心星识别出后,继续利用影像中心星与相邻星像点的星对角距一一查找匹配导航中心星

[2] 孙才红. 轻小型星敏感器研制方法和研制技术[D]. 北京:中国科学院国家天文台, 2002

[3] 王晓东. 大视场高精度星敏感器技术研究[D]. 北京:中国科学院, 2003

[4] 李德仁. 论 21 世纪遥感与 GIS 的发展[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2003,28(2):127-131

[5] Leitmann M G, Rebordao J M. Star Imaging System;In-Flight Performance[J]. SPIE, 1994, 2 317: 167-177

[6] 须同祺, 李竞. 星表[OR]. <http://samuel.lamost.org/basic/dict/baike/twdbk28524.html>,2006

[7] Padgett C, Kreutz-Delgado S U. Evalution of Star Identification Techniques Journal of Guidance. Control and Dynamics, 1997, 20: 259-267

[8] 李立宏,徐洪泽,张福恩. 一种改进全天自主栅格星图识别算法[J]. 光学技术, 2000, 26: 205-206

[9] 陈元枝,郝志航. 适用于星敏感器的星图识别方法[J]. 光电工程, 2000, 27: 5-10

[10] Bezooijen R W H. True Sky Demonstration of an Autonomous Star tracker[J]. SPIE, 1994, 2 221: 156-168

[11] 林涛. 四边形全天自主星图识别算法[J]. 宇航学报, 2000,21(2):82-85

[12] 李祖强. 星图数据[OR]. <http://lzq.lamost.org/catalog.html>, 2006

[13] 李正兴. 实时恒星视位置星表[J]. 紫金山天文台台刊, 1986(5): 41-46

[14] Gottlieb D M. Star Identification Techniques Using Multi-star Star Trackers[J]. SPIE, 1994, 2 221: 6-14

[15] 林涛,钱国惠,贾晓光,等. 一种基于星座匹配的全天自主星图识别算法[J]. 航空学报, 1999, 20: 519-520

[16] 李立宏,林涛,宁永臣,等. 一种改进的全天自主三角形星图识别算法[J]. 光学技术, 2000, 26: 373-374

第一作者简介:江万寿,博士,研究员。现主要从事数字摄影测量的教学、算法研究和软件开发。代表成果:解析测图仪 BC2 改造软件系统,全数字摄影测量系统 VirtuoZo 等。
E-mail:jws@lmars.whu.edu.cn

New Star Identification Algorithm Based on Starlike Mappings Pattern

JIANG Wanshou¹ XIE Junfeng¹ GONG Jianya¹ HUANG Xianfeng

(1 State Key Laboratory for Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University,129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

Abstract: A new star identification algorithm is proposed based on starlike mappings pattern for the problem of secondary planet autonomous attitude determination. This algorithm directly uses star angular distance as matching feature. It firstly fixes on bright star in image by comparing magnitude as central star, then constructs radicalized star pattern at the center of it, secondly it gets guide stars using angular distance matching. Lastly it sums up the times the guide star appears, the guide star which has most appearance times will correspond to the central star in the image. Experiment demonstrates that star catalog constructed by this algorithm is little, and there is no magnitude participating in matching, So it is unacted on magnitude error. Compared with traditional polygon angular matching algorithm, this algorithm has advantage on velocity, successful identification, reliability.

Key words: autonomous star attitude determination;starlike mappings pattern;star angular distance;appearance times; central star

About the first author: JIANG Wanshou, Ph. D., researcher. His major research areas include digital photogrammetry and feature extraction. His typical achievements include reforming of analytical plotter BC2, digital photogrammetry workstation VirtuoZo, etc.
E-mail: jws@lmars.whu.edu.cn