

DOI:10.20033/j.1003-7241.(2026)06-0145-04

# 基于改进 PSO 算法的遥感卫星测绘系统设计

秦小芳<sup>1</sup>, 张美华<sup>2</sup>

(1. 湖北水利水电职业技术学院, 武汉 430071; 2. 武汉工程科技学院, 武汉 430200)

**摘要:**针对受到场景不规则轮廓影响,数据提取不精准,导致测绘结果与实际不符问题,提出了基于改进 PSO 算法的遥感卫星测绘系统设计。由测绘相机、数据接收和发送处理器、遥感信息提取器构成系统硬件结构;使用三线阵立体航测相机,使其像面分开,保证摄影立体角,准确反映物体和场景的特征;使用 TYPE-C 无线接收器,建立、保持和释放逻辑数据链路规则;使用 RPM840-H11E2 数据发送器,发送数据;使用 PLC 通讯模块处理器,处理数据。计算粒子最优速度和位置,保证寻优过程始终跟随当前解,逐步获取遥感卫星测绘数据提取结果,设计测绘步骤,确定场景轮廓测点。由实验结果可知,该系统距离向、方位向数据提取结果与实际数据最大误差为 0.01,为保证遥感工程实时获取精准信息提供支持。

**关键词:**改进 PSO 算法;遥感卫星;测绘;系统设计;粒子搜索;寻优

中图分类号: TP393.08

文献标志码: A

文章编号: 1003-7241(2026)06-0145-04

## Design of remote sensing satellite mapping system based on improved PSO algorithm

Qin Xiaofang<sup>1</sup>, Zhang Meihua<sup>2</sup>

(1. Hubei Water Resources Technical College, Wuhan 430071, China;

2. Wuhan University of Engineering Science, Wuhan 430200, China)

**Abstract:** In order to solve the problem that the data extraction is not accurate due to the irregular contour of the scene, and the mapping results are not consistent with the reality, a remote sensing satellite mapping system design based on the improved PSO algorithm is proposed. The system hardware structure consists of a mapping camera, data receiving and transmitting processor, and remote sensing information extractor. Using a three-line array stereoscopic aerial camera, the image planes are separated to ensure the stereoscopic angle and accurately reflecting the characteristics of objects and scenes. Type-C wireless receiver is used to establish, maintain, and release logical data link rules. RPM840-H11E2 data transmitter is used to send data; PLC communication module processor is used to process data. The optimal velocity and position of particles are calculated to ensure that the optimization process always follows the current solution, gradually obtain the extraction results of remote sensing satellite mapping data, design the mapping steps, and determine the scene contour measurement points. According to the experimental results, the maximum error between the distance and azimuth data extracted by the system and the actual data is 0.01, which provides support for ensuring the real-time acquisition of accurate information by remote sensing engineering.

**Keywords:** improved PSO algorithm; remote sensing satellites; surveying and mapping; system design; particle search; optimization

高分辨遥感制图卫星是支持制图和未来地理状况监测的重要基础,也是国家测地系统的重要组成部分<sup>[1]</sup>。在 20 世纪初期,我国与巴西合作的第一颗自主卫星发射成功,随后进入快速发展阶段,并于 2012 年,我国发射了首颗立体测图卫星。结合国内外遥感卫星测绘的现状可知,当前测绘技术局限于固定场景提取,部分测绘结果并不可靠<sup>[2-4]</sup>。为适应遥感卫星测绘的迫切需要,文献[5]对遥感卫星测绘应用技术的发展进行了分析,并提供了可参考的发展方向。要在仿真环境中观察和显示真实世界的状态或未来世界,就必须模拟具体对象和场景;文献[6]使用基于空间枚举方法设计的测绘系统,采用 6 位编码实现三维重建,这种方法速度快,适合对大型物体或场景进行

建模,但是精度较低,只能对其进行定性描述;三棱柱建模方法精度高,运算速度快,但不能对不规则物体或场景进行模拟。无论采用何种建模方法,为了提高对象模型和场景模型的精度,都需要精确的外部形状(轮廓)数据和几何尺寸数据,但是常规手工卷尺测量及投影比例尺转换方法费时费力,且测量精度较低,无法定量描述物体或场景的形状和大小。

针对上述问题,提出了基于改进 PSO 算法的遥感卫星测绘系统设计。

## 1 系统总体架构设计

基于改进粒子群算法的遥感卫星测绘系统是一种高

收稿日期:2025-05-20;录用日期:2025-06-25

作者简介:秦小芳(1979—),男,硕士,讲师,从事计算机,从事学生管理方向工作。

通信作者:张美华(1982—),女,硕士,副教授,从事计算机,从事就业创业教育方向工作。

引用本文:秦小芳,张美华.基于改进 PSO 算法的遥感卫星测绘系统设计[J].自动化技术与应用,2026,45(6):145-148.(Qin Xiaofang, Zhang Meihua. Design of remote sensing satellite mapping system based on improved PSO algorithm[J]. Techniques of Automation and Applications, 2026,45(6): 145-148.)

精度的 RTK 卫星目标空间位置坐标测量系统,它包括基本单元和移动单元<sup>[7]</sup>。基站单元包括安装在三角架上的第一 GPS 天线、第一 RTK 差分定位主天线等,其中,第一 GPS 天线与天线输入端的第一 RTK 差分定位主天线输入端相连;第一 RTK 差分定位主天线与第一高速数据传输跳频电台输入端相连;移动测量单元是由一台 GPS 天线与一台 GPS 天线之间的映射、天线输入端的电缆、一台 RTK 差分定位主机、一台数据传输高速跳频电台、一台第二高速跳频电台组成的<sup>[8]</sup>。系统总体架构如图 1 所示。

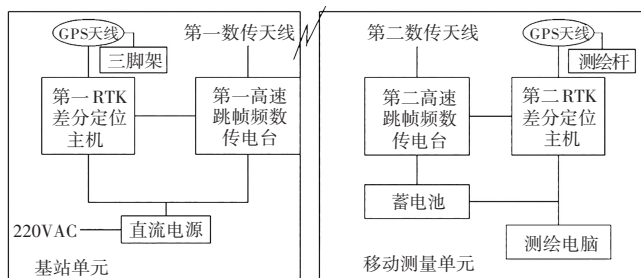


图 1 系统总体架构

Fig. 1 System overall architecture

如图 1 所示,采用 12 V 直流电源,为第一 RTK 差分定位主机和第一高速跳频数据传输站供电;第二 RTK 差分定位主机和第二高速跳频数据传输站用电池供电;在背包或手提小车上安装可移动测量装置<sup>[9]</sup>。

## 2 系统硬件结构设计

基于改进 PSO 算法的遥感卫星测绘系统硬件结构如图 2 所示。

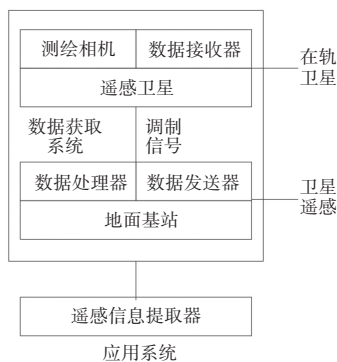


图 2 系统硬件结构

Fig. 2 System hardware structure

由图 2 可知,该系统主要有测绘相机、数据接收器、数据发送器、数据处理器、遥感信息提取器。

### 2.1 三线阵立体测绘相机

利用焦平面上的 3 个线阵探测器,三线阵立体测绘相机要在模拟环境中显示物体或场景模型,模型必须在形状、尺寸、颜色、材质以及与环境相融合的状态等方面与真实物体和场景保持一致,才能准确地反映物体和场景的特征,通过图像处理技术得到同一物体的前后视像,再将三线阵立体测绘相机的线阵探测器定位在光学系统的焦平面上,且阵列方向和飞行方向正交<sup>[10-12]</sup>。在飞行过程中,前、下和后视 3 个线性阵列同步采集地面上 3 个交叠的图

像波段,从而在地面任意一点上获得 3 幅不同角度的图像<sup>[13]</sup>,使暴露时间内,前、下、后视 3 个线性阵列的外照元素相同,立体相机和线阵相机是分离的,以满足三维摄影测量的高精度要求<sup>[14]</sup>。

图 3 显示了三线阵立体测绘相机成像原理。

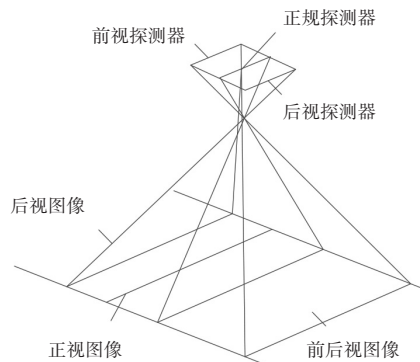


图 3 三线阵航测相机成像原理

Fig. 3 Imaging principle of three-line array aerial survey camera

如图 3 所示,三线阵立体测图仪由 3 台相互独立、保持一定角度的线阵 CCD 相机组成。使用威利的 3-das-1 绘图相机,100 mm 焦距,三线阵 CCD 750088  $\mu\text{m}$  像素,36 英寸垂直于飞行方向。

前视镜的立体成像视场为  $25^\circ$ ,后视镜的立体成像视场为  $15^\circ$ ,整体立体角度为  $40^\circ$ 。

### 2.2 数据接收器

采用 TYPE-C 的无线接收器,通过一定的电话线接收数据,建立、保持和释放逻辑数据链路规则。利用无线接收器线圈之间产生的磁场接收数据,并通过最新的无线充电技术进行数据传输。

### 2.3 数据发送器

当使用 rpm840-h31e2 数据发送程序时,发送程序、接收程序和网络等因素对数据传输有很多限制。数据传输计时器计算被传输的数据,叫作减数计数。当计数器数值为 0 时,数据仍然没有收到相应的响应,这表示发送的数据已经超出了时间范围,需要重传或删除。

### 2.4 数据处理器

使用 PLC 控制器处理信号,该控制器是由执行单元、寄存单元和控制单元组成的,其中执行单元负责执行定点操作,包括位置移动、逻辑处理、地址寻优操作;寄存单元可分为定点和浮点两种,控制器用于记录寄存器操作的数量,以及指令执行期间中间(或最后)操作的结果;控制单元发送控制信号,完成每一指令操作。

## 3 系统软件部分设计

### 3.1 数据提取

该算法是一种基于群体行为的进化全局优化算法,在迭代过程中,粒子存在两种解:单极解和全局极值解,它们分别是粒子自身找到的和整个种群找到的<sup>[15-16]</sup>。

设每个粒子的现有速度为  $V_i$ 、位置为  $X_i$ ,计算公式为

$$V_i = z_1\alpha(p_i^k - x_i^k) + z_2\beta(p_g^k - x_i^k) \quad (1)$$

式中,  $X_k^i$  表示迭代处理后粒子所处位置;  $z_1, z_2$  表示与粒子相关影响因素;  $\alpha, \beta$  表示 0 到 1 之间的正实数;  $p$  表示迭代前粒子所处的位置,  $x$  表示迭代后粒子所处的位置。

粒子群算法遥感卫星测绘数据提取流程如下所示。

**Step 1** 在测绘过程中, 保证加速因子  $z_1, z_2$  和最大速度  $V_{max}$  不变, 使粒子在全局搜索过程中达到均衡状态;

**Step 2** 粒子群优化阶段, 解群具有较强的随机性, 而下一阶段解群的随机性较大, 因此需要依靠每次迭代中所有解的“信息”共享和每个解“自身质量”的提高;

**Step 3** 粒子群解群后, 采用二进制编码对其进行实数编码;

**Step 4** 粒子群算法中的微粒可以进行“记忆”、“自我”或“他人”的学习, 使得每一代微粒都能有针对性地从前一代微粒中获取丰富信息, 从而快速找到最优解;

**Step 5** 与其他优化算法相比, 改进 PSO 算法的信息共享机制具有信息流单向性。它的内容通过 PSO 算法的  $g_{best}$  传递, 在搜索过程中始终遵循当前解。

### 3.2 测绘步骤

根据粒子群算法遥感卫星测绘数据提取结果, 设计测绘步骤。

1) 第 1 步搭建基站单元。在三脚架上安装 GPS 天线, 将其放置在地面或屋顶的空地上; 将第一 GPS 天线的线缆与第一 RTK 差分定位主机的天线输入端连接并固定; 将第一数据传送天线与第一高速跳频数据传送站的天线输入端连接并固定; 将第一 RTK 差分定位主机与第一高速跳频数据传送站的电源输入端连接; 将第一 RTK 差分定位主机与第一高速跳频数据传送站的电源输入端分别连接 12 V 电源输出端。

2) 第 2 步搭建移动测量单元。在绘图杆上安装第二 GPS 天线, 并将第二 GPS 天线的线缆与第二 RTK 差分定位主机的天线输入端连接起来, 然后紧固; 将第二数据传送天线与第二高速跳频数据传送站的天线输入端连接并紧固; 将第二 RTK 差分定位主机与第二高速跳频数据传送站的标准串口电缆连接, 将第二 RTK 差分定位主机与第二高速跳频数据传输站的电源输入端分别与蓄电池直流电源端连接, 将第二 RTK 差分定位主机与绘图计算机通过标准网线连接。

3) 第 3 步基站单元上电工作。上电后, 各部件工作正常。大约开机 45 s 后, 第一 RTK 差分定位主机正常输出 RTK 差分数据, 广播到第一高速跳频数据传输站。

4) 第 4 步移动测量单元上电工作。开机后, 第二 RTK 差分定位主机和第二高速跳频数据传输站的电池就开始工作。降温 45 s 后, 第二 RTK 差分定位主机工作正常。以该方法为基础, 利用 RTK 差分数据传输基站单元通过二次数据传送高速跳频电台, 经地理定位(经纬度)坐标标定后, 输出高精度地理坐标(经纬度、纬度和高度)等基于改进 PSO 算法获取的遥感卫星测绘数据。

5) 第 5 步测绘电脑工作。打开电脑绘图, 对绘图软

件进行操作, 此时就能看到第二微分定位主机的工作状态, 通过网络实时传播并接收其高精度地理坐标线。

6) 第 6 步把测绘杆指向待测量的位置点。将测绘杆指向被测位置点, 并保持稳定, 测绘计算机上接收的位置坐标(经度、尺寸、高度)即为被测位置点的坐标测量值, 其测量精度可达“厘米”级, 测量结果应保存在测绘计算机上。

## 4 实验

为了验证基于改进 PSO 算法的遥感卫星测绘系统设计合理性, 进行实验验证分析。

### 4.1 实验设备与参数设置

实验设备如图 4 所示。

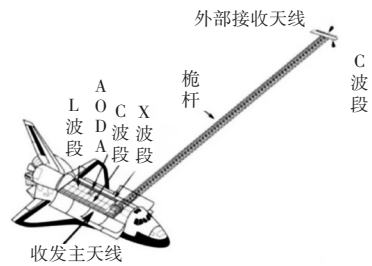


图 4 实验设备

Fig. 4 Experimental equipment

针对图 4 所示的实验设备, 设置实验参数如表 1 所示。

表 1 实验参数

Table 1 Experimental parameters

误差分配(发射前)	星上设备(发射后)
噪声相位: 8.5 m	基线精度: 2 mm
基线倾角: 7.5 m	姿态精度: 10°
基线长度: 1.5 m	定轨精度: 1 m
平台定位: 1.5 m	
斜距: 1.5 m	

### 4.2 标准数据获取

利用图 4 所示设备, 采集相关数据, 并在地图上标记, 其所示的圈内为集中采样点, 序号为 G1-G7。7 个点的详细数据如表 2 所示。

表 2 7 个点的详细数据

Table 2 Detailed information of 7 sampling points

序号	影像编号	距离向/m	方位向/m
1	FSII601	39.185	12.052
2	FSII609	21.251	11.431
3	FSII705	21.878	14.654
4	FSII706	38.540	11.221
5	FSII710	32.145	23.178
6	FSII718	31.587	24.529
7	FSII811	32.193	23.571

### 4.3 实验结果与分析

分别使用文献[5]方法、文献[6]方法和基于改进 PSO 算法对这 7 个点的数据采集情况进行对比分析, 以数据采集精准度为基准, 如果数据采集较为精准, 则说明遥

感卫星测绘精准。不同系统数据采集情况如表3、4所示。

表3 不同系统距离向数据采集情况

Table 3 Range direction data acquisition of different systems

序号	数据/m		
	文献[5]方法	文献[6]方法	基于改进 PSO 算法
1	35.142	38.105	39.185
2	20.185	22.893	21.251
3	23.541	20.152	21.878
4	39.423	36.541	38.540
5	34.587	30.139	32.145
6	32.005	30.558	31.587
7	30.127	31.439	32.193

表4 不同系统方位向数据采集情况

Table 4 Azimuth direction data acquisition of different systems

序号	数据/m		
	文献[5]方法	文献[6]方法	基于改进 PSO 算法
1	9.134	10.033	12.062
2	9.052	10.587	11.431
3	10.135	13.159	14.654
4	10.003	10.225	11.221
5	20.158	22.187	23.178
6	22.143	23.510	24.529
7	22.187	22.542	23.571

由表3可知,使用文献[5]方法与实际数据存在较大误差,当采集点为1时,与实际数据相差最大为4.043 m;使用文献[6]方法与实际数据存在误差比文献[5]方法要小,当采集点为5时,与实际数据相差最大为2.006 m;使用基于改进 PSO 算法与实际数据一致,误差为0。

由表4可知,使用文献[5]方法与实际数据存在较大误差,当采集点为3时,与实际数据相差最大为4.519 m;使用文献[6]方法与实际数据存在误差比文献[5]方法要小,当采集点为1时,与实际数据相差最大为2.019 m;使用基于改进 PSO 算法与实际数据存在较小误差,当采集点为1时,与实际数据相差最大为0.01 m。

通过上述对比结果可知,使用基于改进 PSO 算法提取的数据与实际数据最为接近或一致,说明使用该方法获取数据精准度高,遥感卫星测绘精准。

## 5 结论

使用改进的 PSO 算法设计的遥感卫星测绘系统,可以很方便地测量出真实目标的空间位置坐标,并快速地建立特定目标或区域的三维模型,使之具有较高的测绘精度,对目标或区域进行精确的三维建模,经与实时监控视频流融合后,可以很方便地实现无缝连接,避免图像跳跃。

为了判断粒子在全局搜索过程中是否达到了均衡状态,分析其是否可以针对性地从前一代微粒中获取丰富信息的结果,测试不同迭代次数下粒子可搜索程度,测试结

果如图5所示。

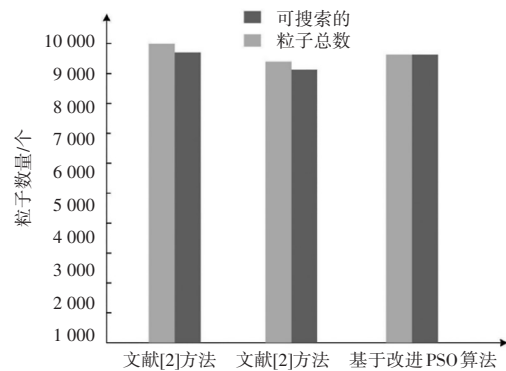


图5 不同迭代次数下粒子可搜索程度

Fig. 5 Particle searchability under different iteration numbers

根据图5测试结果可知,采用本文方法进行最优解求解时,可准确完成不同粒子的搜索,保证在全局搜索过程中达到了均衡状态,可搜索粒子与粒子总数高度匹配,与其他方法相比,可以从前一代微粒中获取丰富信息的结果,保证求解结果的完整性和精准性。

## 参考文献

- [1]沈欣,刘钰霖,李仕学,等.一种基于改进 PSO 算法的高时间分辨率遥感卫星星座优化设计方法[J].武汉大学学报·信息科学版,2018,43(12):1986-1993.
- [2]单慧琳,王兴涛,刘文星,等.三分支集成网络结构的高分辨率遥感图像语义分割[J].遥感学报,2025,29(11):3378-3393.
- [3]王赵明,李明亮,齐亚楠,等.基于卫星与无人机遥感技术的沥青路面大变形智能监测[J].自动化技术与应用,2025,44(10):94-97.
- [4]葛升民,何赞晟,王磊.卫星与天线的神经网络去耦合控制[J].自动化技术与应用,2025,44(8):9-13,32.
- [5]胡芬,高小明.面向测绘应用的遥感小卫星发展趋势分析[J].测绘科学,2019,44(1):132-138.
- [6]范宇,简季,陈倩羽.一种改进的三维地质体模型存储与重构方法[J].地质与勘探,2019,55(1):203-211.
- [7]曹海翔,戴君,张新伟,等."高分七号"高精度光学立体测绘卫星实现途径研究[J].航天返回与遥感,2020,41(2):17-28.
- [8]贾璐,张雅声,王琛.改进粒子群算法设计遥感卫星快速响应轨道[J].计算机仿真,2019,36(8):36-42.
- [9]黄杰,罗达,侯鹏,等.光学遥感卫星平台结构热变形试验及测量技术研究[J].航天器工程,2018,27(2):118-122.
- [10]周平,唐新明,李丹丹,等.资源三号03星立体影像与激光测高点联合区域网平差处理及精度验证[J].遥感学报,2024,28(4):1089-1100.
- [11]程羲.基于 GPS 测绘技术的建筑物外立面轮廓测量方法[J].自动化技术与应用,2024,43(5):70-74.
- [12]赵伟博,李琳杰.基于机器视觉的工业机器人装配工作站架构设计[J].自动化技术与应用,2025,44(5):14-18.
- [13]张成华,常玉红,周建中,等.基于改进粗糙集方法的水电站运行数据融合算法[J].大电机技术,2019(3):72-79.
- [14]林瑶瑶,唐新明,薛玉彩,等.高分辨率测绘卫星遥感影像星上压缩质量评价[J].测绘科学,2020,45(5):169-178.
- [15]陈姮,梁洁,史艳伟,等.基于 PSO 算法的机载通信数据链系统传输控制方法[J].自动化技术与应用,2022,41(3):81-84,95.
- [16]李树强.基于 PSO 算法优化 BPNN 的海洋测绘潮位估算[J].江西测绘,2024(2):55-58.