

# 风云四号遥感产品质量检验评估技术研究与应用

吴进群

(北京航天宏图信息技术股份有限公司, 北京 100195)

## 1 背景介绍

2016年12月11日0点11分,我国新一代静止轨道气象卫星风云四号的首发星在西昌卫星发射中心由长征三号乙运载火箭发射升空。12月17日下午,卫星定点成功。风云四号卫星实现了我国静止轨道气象卫星的升级换代和技术跨越,除了常规的成像探测外,该星在国际上首次同时实现红外高光谱垂直探测和闪电探测,对我国及周边地区的大气、云层和空间环境进行高时间分辨率、高空间分辨率、高光谱分辨率的观测,这将在很大程度上提高我国在短临天气预报、应对气候变化等防灾减灾方面的观测能力。

卫星遥感产品是由星载遥感仪器观测的数据经科学方法处理得到的,由于观测数据受到地球大气和地表、太阳位置以及星上仪器工作状态、定标和定位精度等多种因素的影响,卫星遥感产品必须经过质量控制、误差分析之后才可使用。因此,卫星遥感产品的质量检验对卫星反演产品的应用非常重要。

风云四号科研实验卫星地面应用系统工程产品生成系统(PGS)产品质量检验分系统的主要功能是利用常规观测资料(常规气象资料、海洋浮标资料等)、雷达资料、数值客观分析场、卫星遥感资料和产品等多源数据,在时空匹配和归一化处理的基础上,对PGS生成的成像仪、探测仪、闪电仪50多种L2产品进行自动质量分析与检验,并提供图形、图像、报表及多种形式的查询功能,提供有用户验证的内网查询和展示,生成各产品的相对精度和绝对误差分析报表,生成L2级定量产品质量评价报告。

## 2 外源数据选取策略

选取检验源时需考虑外源数据的真实性、可获取性、时效性、可延续性。将每一种风云四号卫星L2产品的多种检验源划分为3个等级,即主检验源、次检验源、备选检验源。

## 3 时空匹配技术

### (1) 卫星产品质量检验空间配准的直方变差图理论

空间配准包括对低分辨率数据插值,即降尺度。插值方法包括双线性内插、三次卷积内插等,从低空间分辨率数据中提取亚像元成分的信息;或者对高分辨率数据采样(中心值法、平均值法和抽样等)即升尺度,将高空间分辨率的数据复合或平均变成大尺度、低空间

分辨率的数据。尺度转换过程中会导致一些数据特性的改变，或者空间匹配不准确(如点与面资料的匹配)而影响数据检验精度。将直方变差图理论用于卫星产品质量检验，一定程度上解决由于不同空间分辨率格点场数据以及格点和散点数据空间匹配不准而影响质量检验精度的问题。

#### (2) 基于边缘信息改进的双线性插值算法

双线性插值是通过寻找距离这个对应坐标最近的四个像素点，来计算该点的值。传统的双线性插值算法插值时未考虑数据边缘信息，致使在边缘点附近插值会出现很多的无效值。例如，海表温度产品在海陆边界处，如果利用传统的双线性算法这一问题会非常凸显。基于边缘信息的插值算法能够大大减少边缘上无效点的数目。

### 4 数据归一化方法

风云四号卫星 L2 产品与部分地面常规观测站数据、卫星资料、探空资料、雷达资料等多种外源数据存在变量信息的不一致性的情况。在进行定量质量检验之前，需要做数据归一化处理。根据风云四号卫星 L2 产品和检验源的特性，采用不同的数据归一化方法。例如，风云四号卫星 L2 陆地气溶胶产品主要是 550nm 通道的产品，而 AERONET 数据没有 550nm 通道的气溶胶光学厚度产品 (Aerosol Optical Depth, AOD)。选取 AERONET 离 550nm 最近的两个波长对应的 AOD，采用气溶胶光学厚度波段匹配技术计算 550nm 波长处的 AOD 值。

### 5 并行计算优化

#### (1) 基于 Rcpp 实现 R 与 C++ 的无缝整合

Rcpp 定义了一系列的类、函数和接口来增强 R 与 C++ 之间的交互性。用户只需懂得基本的 C++ 知识，就可以写出丰富的可供 R 调用的 C++ 程序。与 R 中传统的 C 语言 API 相比，Rcpp 利用了更为现代的 C++ 编程技术，故而其语法更为简洁，也更富表现力和可读性。此外，Rcpp 还特意针对 R 软件包开发提供了一系列便捷的辅助程序，使得开发者可以快速部署项目，开发软件包，省去了许多繁琐而枯燥的设置。在数据量较大的情况下，R 语言的 which 语句运行较慢，这是因为 R 语言的 which 是对其中的每一个元素进行判别，实质是隐形的 for 循环。利用 Rcpp 包，用 C++ 的 for 循环代替这部分，实现了计算性能的大幅提升。

#### (2) OpenMP 并行程序设计

OpenMP 提供了对于并行描述的高层抽象,降低了并行编程的难度和复杂度。OpenMp 对原串行代码改动较小,可以保护代码原貌,代码更容易理解和维护。在地表温度产品、云检测产品质量检验算法中将 OpenMP 应用于一些比较耗时的 for 循环,大幅度提高了算法的时效性。

**关键词:** 风云四号遥感产品质量检验, 时空匹配, 数据归一化, 并行计算优化

#### 参考文献:

- 1 刘瑞霞, 师春香, 刘杰. 直方变差图理论在卫星产品质量检验空间配准中的应用[J]. 遥感学报, 2009, 13(2):307-312.
- 2 任通, 高玲, 李成才, 等. 利用风云 2C 静止卫星可见光资料反演气溶胶光学厚度[J]. 北京大学学报:自然科学版, 2011, 47(4):636-646.
- 3 高玲, 任通, 李成才, 等. 利用静止卫星 MTSAT 反演大气气溶胶光学厚度[J]. 气象学报, 2012, 70(3):598-608.
- 4 德克·埃德比特尔. Rcpp:R 与 C++的无缝整合[M]. 西安交通大学出版社, 2015.