

文章编号: 1672-8785(2012)01-0022-05

一种静止气象卫星云图动画的质量评估算法

咸 迪 李 雪

(国家卫星气象中心, 北京 100083)

摘 要: 静止气象卫星云图在天气预报和公众服务等领域发挥着非常重要的作用。气象卫星处理系统是一个非常复杂的系统。卫星及地面系统的软硬件问题经常会使得分发云图的质量难以得到保证。利用基于图像的欧氏距离算法提出了一种可对实时生产的静止卫星云图进行质量评估的方法, 并且对其业务可行性进行了讨论。通过与历史数据进行比对, 该方法可以判识 90 % 以上的错误云图。

关键词: 云图; 欧氏距离; 质量评估

中图分类号: TP751 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2012.01.003

A Quality Evaluation Algorithm for Cloud Image of Geostationary Meteorological Satellite

Xian Di, Li Xue

(National Satellite Meteorological Center, Beijing 100081, China)

Abstract: A geostationary meteorological satellite plays an important role in modern weather forecast and public services. The data processing system of the geostationary meteorological satellite is a very complex system. Because of the problems of the software and hardware used in satellite and ground systems, the quality of the cloud images is often affected. A method based on the Euclidean distance algorithm is proposed. It can be used to evaluate the quality of the cloud images produced in real time. The feasibility of this algorithm in the ground system of the geostationary meteorological satellite is discussed. The comparison of the result with the historical data shows that this method can identify at least 90% of inaccurate cloud images.

Key words: cloud image; Euclidean distance; quality evaluation

0 引言

静止气象卫星又称作地球同步轨道卫星, 其卫星轨道的周期接近地球的自转周期, 并且方向一致。因此, 静止卫星与地面的相对位置保持不变。静止气象卫星的轨道高度一般在赤道上空 3.8 万公里左右的位置, 其优点是观测范围较大(覆盖整个半球), 而且观测周期较短。它可

以得到短时间内的天气变化情况, 因此在短时天气预报中是非常有用的。我国风云二号气象卫星属于静止气象卫星。我们到目前为止已经发射了六颗卫星, 形成了成熟的基于双星观测模式的静止气象卫星业务系统。在我国及全球的天气预报、气候预测和环境保护等领域中, 它们正在发挥着重要的作用^[1]。

收稿日期: 2011-11-14

作者简介: 咸迪 (1980-), 男, 山东费县人, 高工, 理学硕士, 主要研究方向为卫星数据处理、数据共享以及大气物理。E-mail: xiandi@cma.gov.cn

静止气象卫星云图是利用静止气象卫星经过重新定位和定标等处理之后产生的数据,通过再加工生成的一类图像产品。它是静止气象卫星最具有表现力的产品之一,主要用于天气预报和公众服务。由风云二号气象卫星生成的各种云图产品已经可以被实时发送至各种媒体发布平台,例如电视天气预报节目和中国天气网等。

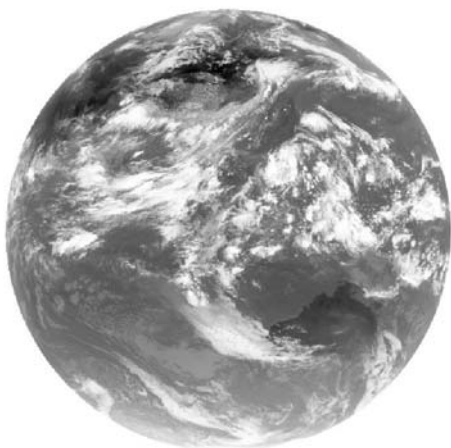


图 1 由风云二号卫星生成的全圆盘图像

1 红外云图

风云二号 D 星 (FY-2D) 是风云二号系列气象卫星中的一颗业务卫星,其星下点位置在东经 86.5° 附近。该卫星的主要有效载荷为可见光红外扫描辐射计 (VISSR),其对地球的每次观测时间约为 25 min。VISSR 在表 1 列出的五个通道的光谱范围内工作。

表 1 FY-2D 卫星可见光红外扫描辐射计的光谱范围

通道名称	波长范围 (μm)	星下点分辨率 (km)
可见光通道	0.55 ~ 0.90(0.75)	1.25
红外一通道	10.3 ~ 11.3	5.0
红外二通道	11.5 ~ 12.5	5.0
红外三通道	3.5 ~ 4.0	5.0
红外四通道	6.3 ~ 7.6	5.0

红外云图所表现的是卫星探测仪器测得的地表和云顶发射出来的红外辐射。在红外云图

上,物体的色调决定其自身温度。物体的温度越高,其发射的辐射越大,色调也越暗。红外云图的优点是可以昼夜不间断地对地球进行观测,因此它常常用来进行天气预报分析和辐射反演计算。本文所使用的红外云图均由 FY-2D 卫星的红外一通道数据所生成。

2 图像质量评估

2.1 问题的提出

静止气象卫星云图的主要用途是形成云图动画,即多张图像按照时间顺序进行播放。这样不仅可以看到云团在图像上的移动趋势,而且人们通过对多个通道的云图动画进行分析,可以对短时天气预报起到很好的指导性作用。为了实现云图在进行动画时能够流畅播放和精准定位,国家卫星气象中心在图像定位导航等方面做了大量工作,其图像导航技术已经达到了国际先进水平。但是卫星仪器、接收设备以及地面系统等种种原因也会偶尔造成较差的图像质量。

由于该图像产品实时对外分发,为了保证发布图像的质量,必须删除那些出现以上问题的图像。为了实现问题图像的自动判识,在图像发布前进行图像质量评估是很有必要的。

2.2 图像算法

以前用于判识云图质量的主要方法是靠人工判识。通过播放一定时间序列的云图动画,人眼可以比较容易地判识出图像的好坏,然后再把出错的图像删除。根据静止气象卫星云图的特点,本文提出一种采用欧氏距离法来判识图像相似度的思路,从而判识出较差的云图。

欧氏距离是一个人们通常采用的距离定义。它是 m 维空间中的两个点之间的真实距离。图像的欧氏距离其实是在二维或三维空间中比较两幅图像所有相同位置上的像素点之间的距离。如果我们将图像的灰度计数值 P 作为点 (x,y) 的值,那么由此可以得到时间为 t_1 和 t_2 的两幅图像之间的欧氏距离为

$$D = \sqrt{\sum_{x=1}^{x=W} \sum_{y=1}^{y=H} (P_{t2,x,y} - P_{t1,x,y})^2} \quad (1)$$

式中, D 为两幅图像之间的欧氏距离, W 为图像宽度, H 为图像高度。

两幅图像之间的欧氏距离可以作为图像相似度的一个指标, 用于简单判识两幅图像之间的相似程度。我们都知道对于两个不同时间的云图, 两幅图像之间必然存在一定的距离。以风云二号 D 星 (FY-2D) 为例, 非汛期该卫星每隔 1 h 可以获取一幅中国地区的云图。我们以 1 h 为间隔, 计算每小时云图之间的欧氏距离, 图 2 为 FY-2D 卫星于 2008 年 11 月 1 日至 3 日期间每小时云图之间的欧氏距离的时间序列图。

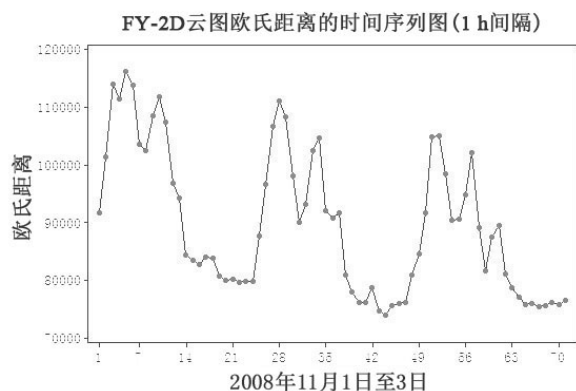


图 2 在正常情况下, 三天内云图欧氏距离的时间序列图

从图 2 中可以看出, 在正常情况下, 每小时云图之间的欧氏距离的变化是有规律的, 并且基本上按照正弦曲线分布: 每日清晨到中午的距离逐渐增大, 到了午后距离逐渐减小, 夜间图像的欧氏距离基本上维持不变或者发生很微小的变化, 同时每天的极值点也会有所不同。由此可以利用欧氏距离作为分析静止卫星云图是否正常的其中一个主要手段。

2.3 异常分析

根据风云二号 C 星和 D 星两颗卫星的运行经验可知, 造成卫星图像质量较差的主要原因主要包括陀螺失锁、地面软件问题、卫星姿控和轨控后图像重新导航未完成等等。

图 3 所示为 FY-2D 卫星于 2008 年 6 月 1 日至 3 日期间每小时生成的中国大陆区域云图之间的欧氏距离走势。从图 3 中可以看出, 在第三个波峰处有 3 个异常值。通过对比这几个异常值所对应时次的图像, 可以看到当时是卫星数据接收问题导致生成图像产生错误的。其中, 6 月 3 日 9:15 的图像出现了明显的定位偏差, 导致投影图像的质量较差; 10:15 的图像出现了明显的白条, 这是由于陀螺失锁造成数据缺失的结果。

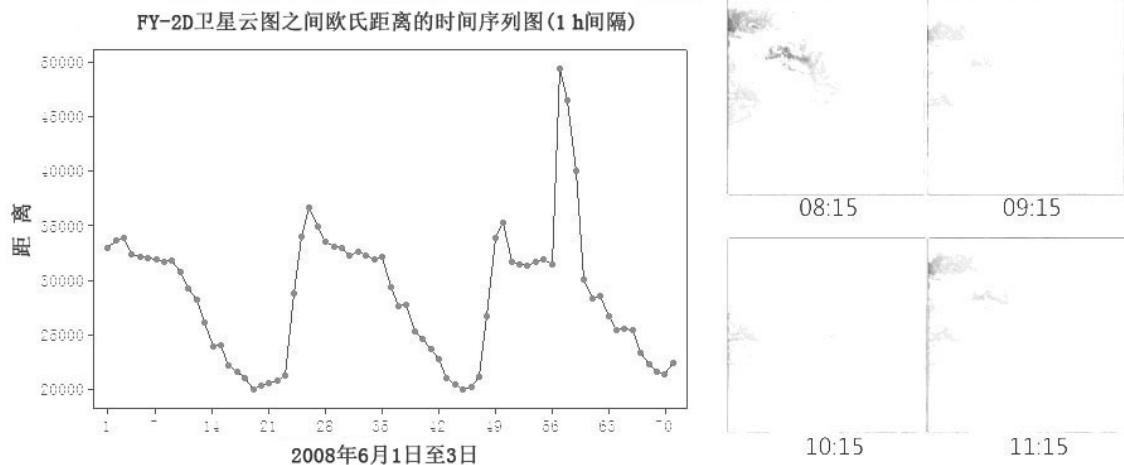


图 3 2008 年 6 月 1 日至 3 日图像间欧氏距离的时间序列图

从欧氏距离的时间序列图中可以很明显地分析出图像的质量问题。为了能够在业务中利用自动程序发现存在质量问题的云图并避免将

坏图向公众发布, 需要对云图的质量进行自动判识。通过研究异常点检测算法并采用拉依达准则对得到的欧氏距离时间序列进行判定, 可

以判识出异常点的位置。

拉依达准则是最常用的异常数据判定与剔除准则。它从统计学上证明了对于服从正态分布的一组数据来说, 用 μ 表示正态总体的数据期望和 σ 表示标准差, 则出现大于 $\mu + 3\sigma$ 或者小于 $\mu - 3\sigma$ 的数据的概率是很小的。因此可以用该准则作为剔除异常数据的依据。根据拉依达准则, 我们对静止卫星云图的欧氏距离分布首先作了正态性检验 (2008 年 6 月份的所有数据)。根据正态分布概率图 (见图 4) 可知, 欧氏距离服从正态分布, 可以使用拉依达准则对其进行判定。

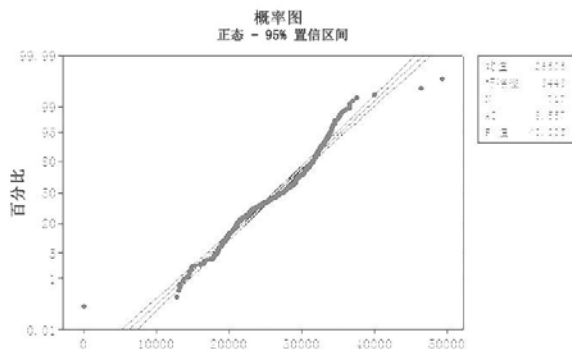


图 4 正态分布概率图

因此, 利用拉依达准则可以确定异常静止卫星云图的公式为

$$|D_i - \mu| > 3\sigma \quad (2)$$

式中, D_i 为第 i 个时次云图的欧氏距离, μ 为 i 时次之前 3 天云图欧氏距离 (剔除异常数据) 的数据期望值, σ 为该时段的标准差。即如果第 i 时次的欧氏距离减去三日内的数学期望的绝对值大于三倍的标准差, 那么可以认为该云图的质量较差。

为了验证该算法, 我们对 2008 年 6 月的云图数据进行了验证计算, 得出 6 月 3 日 9:15 和 10:15 的云图属于异常图像。该结果与实际情况完全相符, 说明上面进行的实验在实际业务中是可行的。

3 云图质量评估方法

根据以上对异常云图的对比分析以及对检测方法的研究, 我们可以结合欧氏距离和拉依达准则对异常云图进行质量评估, 并且可以对其质量进行量化。我们用拉依达准则作为云图质量评估的主要指标:

$$I_t = |D_t - \mu_t| \quad (3)$$

式中, I_t 为时间间隔为 t 的云图质量指标, D_t 为此云图与 t 时间之前云图之间的欧氏距离, μ_t 为此云图时间之前 72 小时内的图像欧氏距离序列的数学期望值。当 $I_t > 3\sigma$ 时, 即可判识此云图的质量较差, 需要谨慎使用。

本文作者参与了风云二号地面应用系统云图生成软件的相关工作, 因此对云图生成的整个流程十分了解。通过对现有云图生成 workflows 的分析, 设计了一套专门的质量评估方法, 并用该方法检测了本文引言中所述情况下造成的云图质量问题 (其主要工作流程见图 5)。

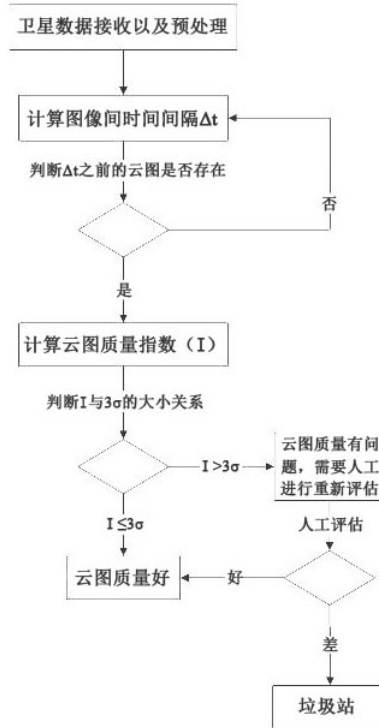


图 5 云图质量评估的流程图

该流程的简要描述如下:

第一步: 气象卫星数据的接收和预处理。

第二步: 通过计算得到本次质量判识所使用的时间间隔 Δt ; 由于静止气象卫星的观测计划时有调整, 采用相同时间间隔的卫星云图数据作为输入数据集是十分必要的。

第三步: 计算云图质量指数 I_t , 并且计算 72 h 内 I_t 的标准差; 若 $I_t > 3\sigma$, 则认为该图像的质量有问题; 为了进一步确认该云图的质量, 需要进行人工判识。

4 结束语

本文通过对静止气象卫星的云图欧氏距离进行计算和分析, 认为欧氏距离可以作为云图质量评估过程中的一项重要指标。在利用该指标进行评估时, 需要前期具有较长时间段的稳定数据。若有较长时间的数据空白, 则会对判识结果产生一定影响, 这还需要作进一步研究。

参考文献

- [1] Liu Z W. Color Image Retrieval Using Local Accumulative Histogram [J]. Journal of Image and Graphics, 1998, 3(7): 533-537.
- [2] Jing L, Narayanan R, Costas N. Georgiades, An Efficient Algorithm to Compute The Euclidean Distance Spectrum of A General Intersymbol Interference Channel and Its Applications [J]. IEEE Transactions on Communications, 2004, 52(12): 2041-2046.
- [3] 王涛, 胡事民, 孙家广. 基于颜色 - 空间特征的图像检索 [J]. 软件学报, 2002, 13(10): 2031-2036.
- [4] 李桂林, 陈晓云. 关于聚类分析中相似度的讨论 [J]. 计算机工程与应用, 2004, 40(31): 64-65.
- [5] 赵辉, 邵素华, 谢东坡. 分析数据中离群值的处理方法 [J]. 周口师范学院学报, 2004, 21(5): 75-76.
- [6] 李伊凡. 异常点检测算法分析与选择 [EB/OL]. <http://blog.csdn.net/lihaifeng555/archive/2009/09/11/4543752.aspx>, 2009.

新闻动态 News

美国研制用于帮助消防队员和军事飞行员探测热点的红外摄像机

据 www.photonics.com 网站报道, 消防队员和军事飞行员通常采用工作温度低、体积庞大和结构笨重的红外器件来探测热点和透过烟雾进行观察, 然而现在有一种采用氮化镓 (GaN) 材料的技术将会克服这些传统设备的缺点。

美国中佛罗里达大学的 David Hagan 教授和 Eric Van Stryland 教授带领他们的研究团队发现, 目前用于读取蓝光 DVD 的 GaN 材料可以成为价格昂贵的液氮 (其沸点为 200°C) 的替代物。

尽管还有很多内容需要研究, 但是 Hagan 认为用于军事飞机或轻型摄像机的红外传感器将会成为这项技术的可能应用。红外探测及其他热成像系统通常是基于碲镉汞 (MCT) 材料制作的。研究人员很早就考虑是否可以利用 GaN 材料探测红外光和实现一些类似于 MCT 探测器的性能结果。

为了对这些理论进行检验, 科学家们采用非致冷型 GaN 探测器, 并通过用两个具有不同波

长的光子实现双光子吸收。他们发现, 作为一种半导体材料的 GaN 令人惊讶地对红外光敏感。他们先用短脉冲光进行试验, 不久便计划测试更长的脉冲光, 这也就要求这项新技术能够变得更加实用。另外, 他们还正在尝试研制可方便控制该脉冲光的器件。

这种方法适用于探测领域, 但是他们希望将其应用范围扩展到全光开关 (用一条光束控制另一条) 等其他场合。另外, 他们还打算实现双光子增益和双光子激光。



图 1 David Hagan 教授发现, 通过用 GaN 材料替代液氮将可减小红外探测器的尺寸

□ 岳桢千