

数字地球气象应用的基本问题探讨

薛丰昌¹ 钱洪亮¹ 计浩军² 高晓东²

摘要

气象信息的分析处理是以地图作为载体的,平面地图的局限性影响着气象信息的多尺度、多分辨率的集成管理,其结果导致了气象业务、气象研究、气象产品的割裂.文章分析了平面地图作为气象信息载体的局限性,提出了气象信息集成于数字地球所面临的3个基本问题:1)气象信息空间基准统一性;2)面向多尺度气象信息集成的地球椭球剖分技术;3)平面气象信息如何划算到椭球面.并对解决以上问题的技术途径进行了探讨.

关键词

数字地球;气象应用;基本问题;探讨

中图分类号 P287

文献标志码 A

收稿日期 2012-04-23

资助项目 江苏省博士后科研基金(1101024B);南京信息大学科研基金(S8108232001;S8109008001)

作者简介

薛丰昌,男,博士,副教授,在站博士后,主要研究方向为GIS气象应用,资源环境调查评价. xfc9800@126.com

0 引言

数字地球是时任美国副总统的戈尔于1998年1月在加利福尼亚科学中心开幕典礼上发表的题为“数字地球:认识21世纪我们所居住的星球”演说时,提出的一个与GIS、网络、虚拟现实等高新技术密切相关的概念.在戈尔的演讲中,将数字地球看成是“对地球的三维多分辨率表示,它能够放入大量的地理数据”^[1].数字地球的提出是全球信息化的必然产物,世界各国正面临着诸如气候变化、节能减排、生态环境保护、粮食安全、疾病防治等一些需要共同解决的重大问题,这些问题对数字地球建设提出了迫切要求.经过国际社会的共同努力,数字地球在地理空间参照系统、地理信息系统、全球定位系统、虚拟现实、计算机技术、网络通信技术和遥感等多个学科领域均取得了长足的进步,基于三维GIS技术实现了对地球的三维多分辨率表示,其在各行各业的应用已经对社会经济发展与人民生活产生了巨大的影响(如中国的天地图等)^[2-4],但是将气象信息集成于三维数字地球仍然需要进行相关基础研究.

1 平面地图作为气象信息载体的局限性

地图作为地球空间信息的载体已经有几千年的历史,随着面向全球应用研究与理论探索的深入,传统平面地图存在以下局限性.

1) 地图投影非常复杂且存在变形,大范围数据的管理和分析存在诸多不便,图1为高斯投影中为限制投影变形所采取的分带投影.

2) 传统平面地图缺乏对全球多尺度、多分辨率数据的高效集成管理能力.不同地图投影的数学模型、转换参数不同(图2为麦卡托投影与兰勃托投影对比),在应用中需要进行投影转换,即使采用同一投影,较大区域的数据也需要进行换带计算.因此基于平面地图的空间数据组织模式无法高效实现多尺度、多分辨率空间数据的协同处理.

气象信息的分析处理是以地理信息(地图)作为载体的,地理信息的数据组织管理模式直接影响着气象数据采集、处理与分析方式.以地图为载体的平面数据管理模式所具有的局限性不可避免地深刻影响、制约着气象信息处理模式、应用模式,具体表现在以下两个方面:

1) 不同来源、不同尺度、不同维度气象数据受制于地理信息载体

1 南京信息工程大学 遥感学院,南京,210044

2 上海市嘉定区气象局,上海,201800

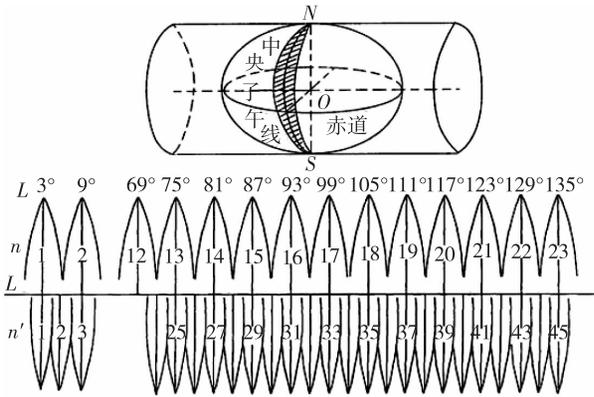


图1 高斯投影中为限制投影变形所采取的分带投影
Fig.1 Zoning projection taken to limit the projection distortion in Gauss projection

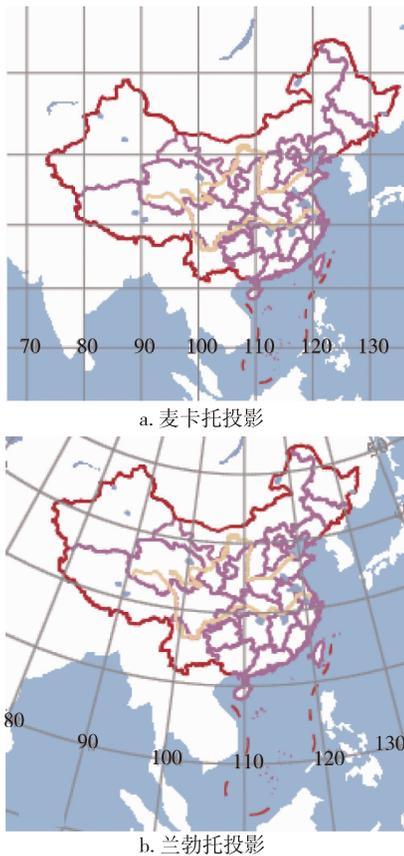


图2 麦卡托投影与兰勃托投影对比
Fig.2 Comparison between the Mercator projection and Lan Botuo projection

(地图)的多源、多维、多尺度特性具有多层面的数据异质性,地图载体空间基准上的不统一对气象数据空间基准的统一性具有显著的影响;

2) 传统平面地图缺乏多尺度数据集成管理能力,这一局限性也深刻影响着气象信息的多尺度、多

分辨率的集成管理,其结果是导致气象业务、气象研究、气象产品的割裂性,即不同尺度的气象研究往往依据空间分辨率、空间尺度自成体系,信息间缺乏高效的相互渗透与协同处理能力.

投影理论解决了椭球面不可展的矛盾,建立了二维平面与实际球面三维空间的对应关系,但是其缺陷在于不能满足全球空间数据或较大范围空间数据的连续一致性处理,另外,不同尺度采取不同投影方式也无法满足多尺度空间数据的协同处理.将气象信息集成于三维数字地球已经进行了一定的研究,但是在信息精确性、信息组织管理效率上仍然面临大量科学难题.

2 数字地球气象应用的理论与技术问题探讨

2.1 气象信息空间基准统一性问题

传统气象业务中数据采集与处理着重关注其尺度特征,对数据采集的点位精度、点位坐标所使用的坐标系等要求较为宽泛,缺乏严格的空间基准统一性要求,离散观测的气象观测数据缺乏量化的空间精度评价指标,这一现象对气象业务的直接影响是:某一尺度气象业务中,气象观测数据的点位空间误差也许可以忽略不计,但是当这些数据参与到多尺度气象信息交互处理中(如模式处理),多源误差的累积、传播、交互作用存在不确定性.

气象信息空间基准统一涉及到采用的地球椭球模型的转换、采用的投影方式的转换、坐标系的转换,这个过程需要深入分析各个环节产生的误差及其传播规律、传播机理,初步研究发现,气象信息空间基准统一过程中误差来源可能有以下几个方面:

1) 由于气象仪器自身的精度、采用的观测方法等因素影响,气象数据初始观测值存在观测误差.

2) 气象观测值与地图底图来源于不同的地球椭球,如美国全球定位导航系统(GPS)采用的是WGS-84地球椭球,我国1954年北京坐标系采用的是克拉索夫斯基地球椭球等.地球椭球的不同直接导致了二者不在同一空间基准中,地球椭球转换会产生点位误差.

3) 不同地球椭球在投影过程中又可能采取高斯-克里格投影、麦卡托投影、兰勃托投影等多种投影方式,投影方式转换会产生点位误差.

4) 气象观测值与地图底图采用的坐标系不同,二者的坐标系可能存在着坐标系原点不同、坐标轴指向不同,将气象观测值叠加到地图上之前需要对

二者进行坐标系转换,实现坐标系的统一.坐标系转换过程中,采用不同的转换模型、转换方法会对点位产生不同程度的误差,进而对特定点位的气象要素值产生误差.

5) 气象数据在二次处理过程中,会将原始误差进行传播,不同来源、不同类型误差在传播过程中存在着交互作用,误差可能被抵消也可能被进一步放大.

针对以上问题,需要对气象观测数据的误差来源及误差传播规律、传播机理进行深入研究,进而确定将气象观测数据转换到同一空间基准框架下的转换方法、转换模型、精度评价方法.

由于观测条件(观测者、仪器、外界条件)的局限,气象观测误差不可避免.观测误差分为系统误差和偶然误差两类.系统误差由于其符号、大小有一定的规律,对观测成果的影响是积累性的,一般可采用一定观测程序或模型改正的方法予以消除或减弱;对于偶然误差,需运用概率统计的方法来消除它们之间的不符值,求出观测量的最可靠值并对观测成果的精度进行评定.偶然误差服从正态分布,可采用协方差传播规律作为基础理论,结合推估与滤波进行研究.

2.2 面向多尺度气象信息集成的地球椭球剖分技术

目前球面网格系统划分主要有3种类型,即基于经纬度划分的球面网格、基于空间实体剖分的球面网格和基于规则多面体投影的球面网格^[5-7].

基于经纬度划分的球面网格,也称为基于地理坐标系的球面网格,主要是指利用经纬线坐标在球面上进行分割构成的网格,是最常用的一种球面网格之一,其局限性在于球面网格单元的形状在两极地区会从四边形退化成三角形,需要对两极地区进行特殊和复杂的处理,其次在球面空间分析上存在较大的复杂性;基于空间实体剖分的球面网格,主要是以球面上的空间实体为基础,按照空间实体的某种特征,通过构建空间实体的Voronoi图来对球面进行剖分的不规则网格,它比基于经纬度剖分的网格具有更高的灵活性,但是不能满足空间数据局部快速更新以及进行多尺度空间数据的分析及相关处理的要求;基于规则多面体投影的球面网格是指将球体的内接规则多面体表面多边形的边投影到球面上,形成球面多边形,并覆盖整个球面,作为全球剖分的基础,然后对球面多边形进行进一步的层次剖分,从而形成的球面层次网格.基于规则多面体投影

的网格既克服了经纬度网格的非均匀性和极点奇异性的缺陷,又克服了自适应网格的非层次性,可以形成无缝的、层次的和近似均匀的球面网格^[8].

面向多尺度气象信息集成与服务,球面剖分可以选择以下2种方法:一是采用同一剖分技术建立椭球多级剖分体系;二是不同尺度采用不同剖分技术建立椭球多级剖分体系.以上方法在满足气象信息多尺度、多分辨率管理与操作条件下,需要进一步研究平面数据以球面网格进行组织管理所带来的变形影响、数据处理效率问题.

2.3 平面气象信息划算到椭球面

各种气象观测在观测初始阶段都要对观测仪器进行基本置平,其本质是建立以水准面作为气象观测的基准面,铅垂线作为气象观测的基准线(基准面、基准线确立了观测数值与地球表面的关系),因此不能直接在椭球面上直接处理观测成果,而应将地面观测数据划算至椭球面.在划算中应解决以下几个基本问题:

1) 地面气象观测值是以水准面为基准面,以铅垂线为基准线,而地球椭球上是以椭球面为基准面,椭球面法线为基准线,二者基准面间存在差距,基准线间存在夹角,并且基准面差距、基准线夹角存在区域差异性;

2) 传统的海拔高程系统应转换为椭球面的大地高系统;

3) 传统气象数据平面处理方法不适用于球面数据处理,如地面上两气象观测点间的距离,在椭球面上应转换为2个椭球面法线间弧长距离,而椭球面上两点法线间距离不唯一,需要进一步研究基于椭球面弧长计算的椭球气象数据处理方法.

解决以上问题其关键技术是将椭球计算的理论与技术方法融入到平面气象信息处理模型中(如拼图模型、插值模型等),将平面气象信息处理模型转化为球面气象信息处理模型.图3为气象信息集成于球面的示意.

3 结论

本文提出了气象信息集成于数字地球所面临的3个基本问题.

1) 气象信息空间基准统一问题

气象信息空间基准统一涉及到采用的地球椭球模型的转换、采用的投影方式的转换、坐标系的转换,这个过程需要深入分析各个环节产生的误差及

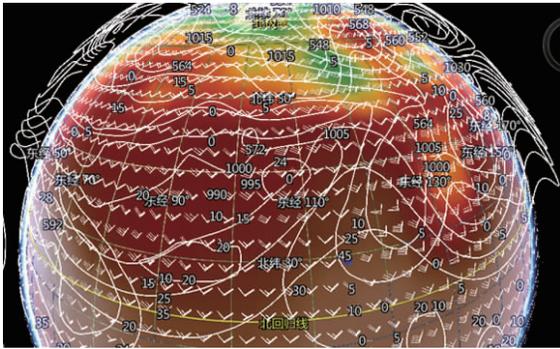


图3 气象信息集成于球面示意

Fig. 3 Weather information integrated on the sphere

其传播规律、传播机理。

2) 面向多尺度气象信息集成的地球椭球剖分

面向气象信息集成于数字地球,选择的椭球剖分方法在变形影响与数据处理效率上应满足气象信息多尺度、多分辨率管理要求。

3) 平面气象信息如何划算到椭球面

将椭球计算理论与技术方法融入到平面气象信息处理模型中,将平面气象信息处理模型转化为球面气象信息处理模型,进而实现气象观测值的球面格点插值,遥感影像、气象多普勒雷达图像等的球面拼图,基于球面网格的模式产品的等值线、等直面、流线表示方法等。

参考文献

References

- [1] 郭华东. 数字地球:10年发展与前瞻[J]. 地球科学进展,2009,24(9):955-962
GUO Huadong. Digital earth: Ten years development and

- prospect[J]. Advances in Earth Science,2009,24(9):955-962
- [2] Turk F J, Hawkins J, Richardson K, et al. A tropical cyclone application for virtual globes[J]. Computers & Geosciences,2011,37(1):13-24
- [3] Webley P W. Virtual globe visualization of ash: Aviation encounters, with the special case of the 1989 Redoubt: KLM incident[J]. Computers & Geosciences,2011,37(1):25-37
- [4] 罗永亮,刘修国,张唯. 基于三维GIS的天气雷达组网信息平台的构建[J]. 测绘信息与工程,2010,35(6):41-44
LUO Yongliang, LIU Xiuguo, ZHANG Wei. Three-dimensional expression for a new generation of weather radar information[J]. Journal of Geomatics,2010,35(6):41-44
- [5] 孙敏,赵学胜,赵仁亮. Global GIS及其关键技术[J]. 武汉大学学报:信息科学版,2008,3(1):41-47
SUN Min, ZHAO Xuesheng, ZHAO Renliang. Global GIS and its key technologies[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University,2008,3(1):41-47
- [6] 贲进,童晓冲,汪磊,等. 利用球面离散格网组织空间数据的关键技术[J]. 测绘科学技术学报,2010,27(5):382-387
BEN Jin, TONG Xiaochong, WANG Lei, et al. Key technologies of geospatial data management based on discrete global grid system[J]. Journal of Geomatics Science and Technology,2010,27(5):382-387
- [7] 宋树华,程承旗,关丽,等. 全球空间数据剖分模型分析[J]. 地理与地理信息科学,2008,24(4):1-15
SONG Shuhua, CHENG Chengqi, GUAN Li, et al. Analysis on global geodata partitioning models[J]. Geography and Geo-Information Science,2008,24(4):1-15
- [8] 张立强. 构建三维数字地球的关键技术研究[D]. 北京:中国科学院研究生院,2004
ZHANG Liqiang. Key technologies for 3D digital earth development[D]. Beijing: Graduate School of Chinese Academy of Sciences,2004

Discussion on meteorological applications of digital earth

XUE Fengchang¹ QIAN Hongliang¹ JI Haojun² GAO Xiaodong²

1 School of Remote Sensing, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044

2 Meteorological Bureau of Jiading District, Shanghai 201800

Abstract Geographic maps are the basis in weather information analysis. However, the limitations in 2D geographic map, such as complexity and distortion in projection, lack in integration, all impose restrictions to the integrated management of multi-scale and multi-resolution meteorological information, which will result in the isolation between meteorological service, meteorological research and meteorological product. Three basic issues in integration of meteorological information in digital earth are put forward, including unity of space benchmark, earth ellipsoid subdivision for spherical integration of weather information, and theory & algorithm for meteorological information transformation from 2D to Earth ellipsoid. Technological approaches towards above issues are also discussed.

Key words digital earth; meteorological applications; discussion