张艳,唐世浩,王勇,等.CG-LTDR卫星气候数据集及其在中亚地区的应用[J].沙漠与绿洲气象,2017,11(2):21-26. doi:10.12057/j.issn.1002-0799.2017.02.004

CG-LTDR 卫星气候数据集及其在 中亚地区的应用

张 艳^{1,2}, 唐世浩¹, 王 勇², 郭兆迪¹, 张 青², 殷克勤², 周立平², 屈新原³, 李 悦²
 (1.国家卫星气象中心,北京 100081; 2.乌鲁木齐气象卫星地面站, 新疆 乌鲁木齐 830011;
 3.首都师范大学灾害评估与风险防范民政部重点实验室,北京 100048)

摘 要:全球及中国区域长时间序列卫星数据集(CG-LTDR)包括地表反照率、叶面积指数、土地覆盖分类、植被指数和积雪覆盖产品。为了应用 CG-LTDR 和其他卫星气候数据,基于 WEBGIS 技术建立了 CG-LTDR 系统,实现对卫星气候数据集的在线管理和显示分析功能。本 文介绍了 CG-LTDR 卫星气候数据集及显示分析系统,并利用 NDVI 数据对中亚及周边核心区 的植被状况和长期变化进行分析。结果表明:哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦和塔吉克斯坦地区及新 疆西部和北部植被平均状况较好。中亚地区的植被在 20 世纪 90 年代和 2000 年代整体状况较好,20 世纪 80 年代相对较差,2010 年后空间变化不均。特别是从 21 世纪开始我国西部沙漠化 程度加重,一些地区地表植被严重破坏,生态环境变化不容乐观。由于中亚地区常规观测少,利 用 CG-LTDR 卫星气候数据集对中亚地区进行应用具有很好的意义,CG-LTDR 可以为农牧资源和生态环境提供有效信息。

关键词:卫星气候数据;中亚;植被变化 中图分类号:P405 文献标识码:A

气候变化影响人类经济社会、生态与环境,是当 今环境外交热点。随着全球变化研究的重要性的不 断增强,以全球为对象的研究和观测数据的获取成 为关注重点。陆表数据是气候研究、数值模式、环境 和生态评估的重要参数¹¹⁻²,公益性行业(气象)科研 专项"卫星遥感全球下垫面类型数据集研制"建立了 CG-LTDR(全球及中国区域长时间序列卫星数据 集),已在环境生态和气候变化等领域发挥作用¹³⁻⁶。 项目建设的 CG-LTDR 显示分析系统(简称 CG-LTDR 系统)基于项目数据集和其他同类卫星遥感 数据,通过建立综合数据管理和发布系统,进一步延 伸了卫星陆表气候数据的应用,为气候系统科学和 全球变化研究提供数据支撑和显示分析平台。

收稿日期:2016-11-21;修回日期:2017-02-14

基金项目:国家自然基金(41405146,31400428),国家重点研发计划 (2016YFA0600101),自治区科技支疆(2016E02104)资助。 作者简介:张艳(1977-),女,高级工程师,研究方向为卫星气候。Email: zhangyan@cma.gov.cn 文章编号:1002-0799(2017)02-0021-06

由于航天和卫星技术的发展,卫星遥感数据进 入到大数据时代,其格式多样、来源复杂、数据量 庞大,对卫星气候数据集的建设和应用提出新的 要求四,卫星气候数据集要具有足够时间长度、一致 性和连续性,可用于气候变率和气候变化研究。以前 很多数据服务技术只是提供数据源的获取方法,仅 以文件形式下载,这种传统的数据共享服务越来越 不能满足用户需求18。而对于气候和遥感等地学领 域,遥感大数据和跨学科需求增加了数据的使用难 度,由于数据可视化依赖于大数据与计算机技术,以 更加直观的效果和便捷的方式为人们提供信息服 务,可以为数据应用提供帮助[9-10]。因此,为了更好地 发挥 CG-LTDR 数据的应用,CG-LTDR 系统构建了 一个在线交互式、面向用户的显示分析平台,它的特 色是在遥感数据和气候分析之间建立联系,系统综 合了数据库、GIS 技术和气候分析方法,可提供卫星 遥感数据检索和下载,并进一步根据用户选定的数 据进行处理,通过集成的分析模型库,获取分析结

果。本文对 CG-LTDR 数据和系统进行介绍,并利用 该系统对新疆和中亚及其周边重要地区进行应用, 探讨 CG-LTDR 数据和卫星气候数据显示分析系统 在"一带一路"建设中的应用能力。

1 CG-LTDR 数据

CG-LTDR 由国家卫星气象中心和中国科学院 地理科学与资源研究所共同完成研制,建立了全球 和中国区域5个参数数据集。数据信息(表1)给出 参数名称、时空分辨率和范围。CG-LTDR 数据集在 建设过程中参考了 GCOS 关于卫星气候数据集建设 的有关指导原则。

参数名称	时间	属性
地表反照率	1982—2012	全球,8d合成,0.05°
	1989—2012	中国,8d合成,0.01°
叶面积指数	1982—2012	全球,8d合成,0.05°
	1989—2012	中国,8d合成,0.01°
土地覆盖类型	1982—2011	全球,0.05°
	2000—2011	中国,0.005°
植被指数	1982—2012	全球,8d合成,0.05°
	2000—2012	中国,8d合成,0.01°
积雪覆盖	1982—2012	全球,10d合成,0.05°
	1989—2012	中国,10d合成,0.01°

表1 数据信息

1.1 地表反照率(land surface albedo)

地表反射的太阳辐射与入射太阳辐射的比值, 是地球能量平衡估算的重要参数。CG-LTDR 地表反 照率算法^{m1}基于 MODIS 和 AVHRR 地表反射率反 演,通过数据融合方法缩小了不同仪器之间的差异。 1.2 叶面积指数(LAI)

单位土地面积上植物叶片总面积占土地面积的 倍数。CG-LTDR 叶面积指数算法^[12]利用高质量 MODIS 地表反射率反演 2000—2012 年叶面积指 数,然后利用 2000—2006 年 AVHRR 和 MODIS 重 合观测时期数据建立像元级 AVHRR SR-MODIS LAI 关系知识库。在此基础上,基于 AVHRR 地表反 射率实现 1982—1999 年 AVHRR LAI 反演,最终得 到全球长时间序列一致性叶面积指数数据。

1.3 土地覆盖分类(Landcover)

土地覆盖分类是各种生态模型、气候模式的基本下垫面输入参数。CG-LTDR 算法¹³³采用层次分类方法,先从特征明显的进行区分大类,然后再在大类下进一步选择特征区分小类。利用 MODIS 和

AVHRR 数据,得到全球长时间序列一致的土地覆盖分类数据产品。

1.4 归一化植被指数(NDVI)

CG-LTDR NDVI 算法¹¹⁴采用全新的基于时间序 列观测的云检测方法,通过多年观测获得地表与云 的反射率的转折点,实现全球各种类型云的高精度 标识。通过在全球范围评价不同的时间序列插值方 法,选择效果最佳的三次样条插值方法,对 NDVI 数 据集进行时间序列插值,最终得到全球长时间序列、 时空连续、可直接用于模型输入的 NDVI 数据。

1.5 多日合成的积雪覆盖产品(SnowCover)

CG-LTDR 积雪覆盖建立了独立于云检测产品 的算法(分类树阈值自动判识方法)^[15],采用陆地和 海洋两种积雪判识模式,依据常规陆地判识、常规云 雪判识、薄卷云判识、雪面亮温的纬度一时间—高程 控制函数处理、覆盖有冰云的水云判识、湖冰和海冰 判识、高海拔荒漠区卷云与积雪区分、林区积雪判 识、历史累计最近赤道月雪线进行积雪再检测、孤立 积雪错判点去除等关键技术,确定积雪判识参数(包 括参数组合)的优先顺序,进而做云、雪、冰、陆、水、 模糊区等类别的判识。对于判识困难的区域采用多 参数综合应用的方式进行云雪判识。在获取单时次 (日)雪盖结果基础上,通过最大雪盖、最大晴空陆地 和最小云区的提取算法,进行多日积雪信息合成,制 作形成旬积雪覆盖产品。

2 CG-LTDR 显示分析系统

CG-LTDR 系统的目的是建立全球下垫面遥感 参数管理数据库,综合实现下垫面遥感数据的可视 化、交互式统计分析和海量数据的管理。系统作业模 式定义为浏览器/服务器(B/S)结构的网络模式,主 要开发环境采用 JAVA 和 IDL 语言。系统主页(图 1)以浮动工具栏、标题区、菜单栏、快捷工具面板,展 示区、在线分析、检索、常用下载、重点产品、专题应 用、访问量、最新事件、相关链接展现。

系统采用模块化、分层设计和插件集成的思路, 有利于系统的兼容和扩展。系统组成(图 2)按功能 划分为系统管理模块、帮助模块、数据管理模块、数 据处理模块、GIS 模块和在线分析功能模块。再由数 据层、基本层、服务层、展现层组成系统总结构(图 3)。数据层包含数据管理功能模块,提供动态数据、 静态数据和系统辅助数据管理,支持数据集扩充。动 态数据包括 CG-LTDR 和 GIMMS NDVI 等,静态数 据包括栅格数据(全球 1 km 的背景地图)和矢量数 据(全球大陆边界和国家行政边界及中国省级边 界),辅助数据包括制图模块信息、配色方案、系统管 理信息等。基本层包含系统基本管理功能和数据接 口调用,管理功能实现系统管理和配置功能,接口实 现数据层到服务层之间的数据传输和信息调用。服 务层由数据检索、GIS模块和显示分析功能模块组 成,数据检索基于 GeoServer 和 WEBGIS 服务,可以 进行视图缩放、平移、常用感兴趣区域选择和国家行 政区域快速选择等功能,对查询的结果提供快视图。 GIS 技术通过符合 OpenGIS 的数据服务模型接口调 用 WMF(Web 要素服务)和 WFS(Web 地图服务), 实现栅格和矢量地图数据调用。在线分析功能以面 向用户需求的交互式分析服务设计,用户可以选择 数据和功能设置对数据进行处理。展现层包括系统 网页界面和帮助等功能模块。每个功能模块以子模 块设计成插件形式,利于系统的兼容、改进和扩展。







图 2 系统组成模块

3 CG-LTDR 在中亚地区应用

中亚及周边地区是我国"一带一路"建设的重 要核心区,中亚区生态系统主要为荒漠、草地、农田 和森林,土地荒漠化严重,生态系统一旦破坏将难以



图 3 系统结构

恢复。中亚地区常规观测较少,对卫星谣感数据有较 大依赖。因此,利用全球卫星气候陆表长时间序列数 据集对中亚生态系统特征和变化进行评估具有很好 的意义。本文选取中亚核心区(中亚五国)和周边重 要区域(巴基斯坦与中国新疆),基于 NDVI 数据集, 利用 CG-LTDR 系统对该地区植被特征和变化进行 应用。卫星遥感的归一化植被指数(NDVI)反映了植 被红光和近红外反射率的差异,该信号与叶色素的 能量吸收有关。NDVI 不仅可以作为植被对气候变 化响应的指示器,因为它与光合有效辐射(FPAR)、 叶面积指数(LAI)、植物生物量及大气碳循环的变 化密切相关,还反映了植被的生长状况[16-18],是农作 物产量分析评估的重要参数。选择系统的在线分析 功能,设定研究区(45°~100°E,32.5°~55°N),选取参 数 NDVI, 以植被生长季 4—9 月为研究时段, 应用 目的是分析植被牛长平均状况及变化。利用系统提 供的多时间段平均功能,选择 4-9 月数据及经纬度 时间平均图参数,处理生成多年平均 NDVI。图 4 是 生长季的 NDVI 气候平均特征(1982-2012 年),可 见,新疆西部和北部、哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦和 塔吉克斯坦地区植被状况较好,与其他研究结果基 本一致^[19-20]。尤其 50°N 以北哈萨克斯坦地区是中亚 地区主要的农牧区,NDVI>0.4。50°N 以南,NDVI> 0.4 主要集中在吉尔吉斯斯坦和新疆西部及北部,而 新疆南部主要为沙漠区,植被稀少。研究认为中亚生 态地理格局为山地森林草原—盆地平原绿洲寓于荒 漠,并与荒漠共存[21]。其植被主要分布在高山丘陵 等地,沙漠地区植被稀疏。由于全球变暖,CO2浓度 升高,造成北半球植被活动显著增强四。而中亚是 干旱半干旱区分布集中的地区, 生态系统脆弱, 对 气候变化非常敏感,不同地区植被变化对温度和降 水的响应有很大差异,使得中亚地区植被变化有很强的特殊性,未来全球变化对该区植被生态系统的演化存在较大不确定性^[23]。



为了进一步评估中亚及周边地区植被变化,以 NDVI为植被活动表征指标,利用不同年代平均和 气候平均的差值(NDVI距平值)与气候平均的比值 表征植被在不同年代的变化(图5)。与气候平均状 况相比,20世纪80年代(1982—1989年)(图5a) 研究区内植被主要在沙漠地区变化较大,沙漠区植 被较气候值偏高约15%~20%,其他地区整体偏少 约5%。90年代(1990—1999年)(图5b)除哈萨克 斯坦中部 NDVI减少5%,大部分区域的植被 NDVI 都有较明显增加(5%~15%),新疆(包含沙漠地区) NDVI增加约5%~15%,哈萨克斯坦北部农牧区 NDVI 增加 5% 左右, 90 年代中亚及周边的植被整 体状况较好。相关研究表明20世纪80年代以来,北 半球尤其是高纬度地区植被生物量显著增加[24-29]。 由图 5a 和图 5b 可见,20 世纪 90 年代中亚地区非 沙漠区植被与近 30 a 气候平均相比较高,而 1980 年代较低,这与北半球植被活动增强的结果一致。 2000年代(2000—2009年)(图 5c)中亚非沙漠地 区植被整体以正距平为主,高于气候均值约5%,局 部地区接近 10%。相对 20 世纪 90 年代, NDVI 负 距平覆盖区域增多,负距平主要分布在巴尔喀什湖 附近、咸海周边和新疆沙漠地区 NDVI 减少约 5%, 上述结果表明植被整体增强的趋势开始变化。研究 表明相对于 1982—1999 年植被变化, 2000 年后植 被增长减速甚至出现降低的趋势 2010 年后 (2010-2012年)(图 5d),植被变化不均匀,生态环 境问题日益突出。哈萨克斯坦北部农牧区 NDVI 减 少 5%~20%,新疆沙漠 NDVI 减少超过 25%,沙漠化 程度加重,地表植被严重破坏,生态环境变化不容乐 观,但新疆北部、天山山脉周边、巴尔喀什湖附近和 塔吉克斯坦大部分地区的植被状况明显好于气候平 均,NDVI 增加超过 10%。可见,利用长时间序列 NDVI 数据可以反映植被特征和变化, CG-LTDR 的 应用可以为"一带一路"农牧资源评估和生态环境保 护提供有效信息。CG-LTDR 数据共享和显示分析系 统的推广,可在卫星遥感科学与全球气候变化研究



图 5 NDVI 距平百分比 (a为1982—1989年,b为1990—1999年,c为2000—2009年,d为2010—2012年)

中发挥作用,具有很好的应用前景。

4 结论

我国"一带一路"战略发展对卫星遥感数据和应 用提出新需求,卫星遥感能力对于资源与环境格局 的空间认知研究具有重要作用。CG-LTDR 和显示分 析系统建设的意义是要为国家经济社会与可持续发 展提供科学数据和技术支持。本文对中亚及周边地 区植被状况进行评估,利用实例数据和显示分析系 统实现了 CG-LTDR 数据集和系统的初步应用,体 现了科研成果的价值,具有良好的推广性。本文对 CG-LTDR 数据和卫星气候数据显示分析系统的具 体内容进行介绍,并利用 NDVI 数据对中亚及周边 地区的生态环境状况及变化进行了应用。

CG-LTDR 数据包括地表反照率、叶面积指数、 土地覆盖分类、植被指数和积雪覆盖产品,建立全球 超过 30 a 的高空间分辨率产品,对于中国地区,除 了土地覆盖分辨率为 500 m, 其他产品空间分辨率 达到1 km,时间序列超过10 a。CG-LTDR由于综合 采用了基于像元尺度背景知识库的云检测技术、基 于地理规则的土地覆盖分类技术、基于当前知识的 回溯反演技术等新型卫星气候数据处理技术,克服 了一般卫星气候数据集存在的时空连续性、协调性 差,受云检测结果影响大等问题,具有空间分辨率 高、时间序列长、数据一致性好的特点,适用于气候 变化分析、气候影响评价和气候模式开发与评估等。 CG-LTDR 显示分析系统可以提供遥感数据与气候 分析的在线功能,进行数据检索和图像显示。它以 CG-LTDR 遥感数据库为基础,实现包括数据访问、 检索、更新、编辑和下载等基本功能,还具备在线数 据分析能力,主要提供时间平均、动态图像、影像偏 差和相关分析等气候分析功能。通过系统内部集成 的功能函数,对入库的标准数据进行功能化处理。本 系统具有扩展功能,利用插件和模块化设计,有利于 系统的升级和改造。通过中亚及周边地区的应用,介 绍了数据和系统的应用能力,并对研究区的植被生 长状况和变化进行评估,发现本世纪初我国西部沙 漠化程度加重,地表植被严重破坏,生态环境变化不 容乐观。中亚是干旱半干旱区分布集中的地区,生态 系统脆弱,对气候变化非常敏感。新疆西部和北部、 哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦和塔吉克斯坦地区植被 状况较好,中亚地区植被活动在20世纪80年代开 始增强,90年代整体状况最好,2000年代有所波动, 2010年后空间变化不均,未来全球变化对该区植被 生态系统的演化还存在较大不确定性,值得重点关注。CG-LTDR的应用可以为"一带一路"农牧资源评估和生态环境保护提供有效信息。

致谢:公益性行业(气象)科研专项"卫星遥感全球下垫 面类型数据集研制"项目提供数据和技术支持。

参考文献:

- [1] Masson, Valéry, Jean-Louis Champeaux, et al. A Global Database of Land Surface Parameters at 1-km Resolution in Meteorological and Climate Models [J]. J. Climate, 2003, 16:1261-1282.
- [2] Oleson K W, Bonan G B, Schaaf C, et al. Assessment of Global Climate Model Land Surface Albedo using MODIS Data [J]. Geophys. Res. Lett., 2003, 30(8):1443-1446
- [3] 史学丽,张芳,周文艳,等.CG-LTDR地表覆盖数据对 BCC_AVIM1.0陆面温度模拟的影响研究[J].地球信息科 学学报,2015,11:1294-1303.
- [4] 何慧娟,史学丽.1990—2010年中国土地覆盖时空变化 特征[J].地球信息科学学报,2015,11:1323-1332.
- [5] 吴晓.由卫星 OLR 及地表反照率资料分析三峡库区气候 与生态变化 [J]. 长江流域资源与环境,2012 (S2):145-149.
- [6] 曹冬杰,郑照军,唐世浩,等.中国北部地区卫星积雪产品数据集检验[J].地球信息科学学报,2015,11:1341-1347.
- [7] 唐世浩,刘荣高.卫星气候数据集的应用研究与发展分析[J].地球信息科学学报,2015,11:1278-1285.
- [8] 诸云强,孙九林,廖顺宝,等.地球系统科学数据共享研究 与实践[J].地球信息科学学报,2010,12(1):1-8.
- [9] 宫鹏,赵永超,俞靓,等.全球尺度下遥感与地理信息系统
 一体化软件平台研建进展[J].地理信息世界,2011,4(2): 34-37.
- [10] 黄刚,屈侠,王鹏飞.气象数据分析和诊断可视化平台的 设想和构想及其在互联网络上的实现 [J]. 大气科学学 报,2010,33(2):153-159.
- [11] 商荣,刘荣高,刘洋.基于背景知识的全球长时间序列反 照率反演[J].地球信息科学学报,2015,11:1313-1322.
- [12] 刘洋,刘荣高.基于 LTDRAVHRR 和 MODIS 观测的全 球长时间序列叶面积指数遥感反演[J].地球信息科学学 报,2015,11:1304-1312.
- [13] 崔林丽,陈昭,尹球,等.基于模糊集合理论的中国区域 土地覆盖数据集融合及精度分析[J].长江流域资源与环 境,2014,11:1627-1632.
- [14] Liu Ronggao, Yang Liu. Generation of New Cloud Masks for Time Series Data from MODIS Land Surface Reflectance Products [J]. Remote Sensing of Environment, 2013, 133:21–37.
- [15] 杨军.气象卫星及其应用(上、下)[M].北京:气象出版 社,2012.
- [16] 冯志敏,赵玲,安沙舟,等.基于 MODIS 的天山山区草地

类型植被指数变化特征及其与气候因子的关系[J].沙漠 与绿洲气象, 2015, 02:57-62.

- [17] 李聪,曹占洲,李良序,等.草地植被指数季节变化的遥感动态监测研究[J].沙漠与绿洲气象,2007,03:26-29.
- [18]. 石玉,肖继东,冯志敏,等.基于 MODIS 数据的新疆植被 分类监测与评价[J].沙漠与绿洲气象,2007,04:36-38.
- [19] 张琪,袁秀亮,陈曦,等.1982—2012年中亚植被变化及 其对气候变化的响应[J].植物生态学报,2016,(01):13-23.
- [20] 徐浩杰.亚洲中部干旱区植被变化及其影响因素 (2000-2012)[D].兰州大学, 2014.
- [21] 陈曦,姜逢清,王亚俊,等.亚洲中部干旱区生态地理格 局研究[J].干旱区研究,2013(3):385-390.
- [22] 方精云,朴世龙,贺金生,等.近 20年来中国植被活动在

增强[J].中国科学(C辑:生命科学),2003,(06):554-565,578-579.

- [23] Schiinel D S. Drylands in the Earth System [J]. Science. 2010, 327(5964):418-419.
- [24] Myneni R B, Keeling C D, Tucker C J, et al. Increased Plant Growth in the Northern High Latitudes from 1981 to 1991 [J]. Nature, 1997, 386(6626): 698-702.
- [25] Zhao M S, Running S W. Drought-induced Reduction in Global Terrestrial Net Primary Production from 2000 Through 2009[J]. Science. 2010, 329(5994):940-943.
- [26]. Peng Shushi, Chen Anping, Xu Liang, et al. Recent Change of Vegetation Growth Trend in China [J]. Environmental Research Letters, 2011(6):044027.

CG-LTDR Satellite-based Climate Dataset and Its Application in the Central Asia

ZHANG Yan^{1,2}, TANG Shihao¹, WANG Yong², GUO Zhaodi¹, ZHANG Qing², YIN Keqin², ZHOU Liping², QU Xinyuan³, LI Yue²

(1.National Satellite Meteorological Center, China Meteorological Administration, Beijing 100081, China; 2.Urumqi Meteorological Satellite Ground Station, Urumqi 830011, China;

3.Key Laboratory of Integrated Disaster Assessment and Risk Governance of the Ministry of Civil Affair, Capital Normal University, Beijing 100048, China)

Abstract CG-LTDR (China and Global long-term data records) are satellite climate datasets of land surface products which include surface albedo, Leaf area index(LAI), land cover classification, Normal difference vegetation index (NDVI) and snow cover product. In addition, the CG-LTDR system is an online platform based on WEBGIS technology, which is built for applications of CG-LTDR and other satellite-based climate datasets. And, this system can fulfill multi-function purpose of management, visualization and analysis for satellite data records. In this paper, CG-LTDR and system are introduced to users for application, and the example of how the system is used to analyze vegetation variations in the central Asia and surrounding area based on NDVI is described. The results show that vegetation climatological conditions in the Kazakhstan, Kyrgyzstan, Tajikistan and the North and West of Xinjiang province are better than the other places of the Central Asia. As for the vegetation changes, the condition in the Central Asia has below climatological average in 1980s, while it was above climatological average in 1990s and 2000s, and after 2010 year, vegetation changes became very nonuniform in space. It is not neglected that the change in ecological environmental was not optimistic, in particular, desertification has been aggravating and vegetation in some regions has been severely destroyed in Western China from the beginning of 21st century. Therefore, due to lack of the conventional observations, application of CG-LTDR satellite data can play important role in the Central Asia. It is proved that CG-LTDR can provide useful information of agriculture and animal husbandry and resources, as well as ecological environment. Key words satellite-based climate datasets; Central Asia; vegetation change