



文献 DOI:

10.11922/csdata.2018.0081.zh

数据 DOI:

10.11922/sciencedb.691

文献分类: 地球科学

收稿日期: 2018-11-24

开放同评: 2018-12-18

录用日期: 2019-03-21

发表日期: 2019-06-25

2006–2015 年蒙古国中东部地区产草量遥感反演数据集

李舸^{1,2}, 王卷乐^{2,3*}

1. 山东理工大学, 山东淄博 255049

2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 资源与环境信息系统国家重点实验室, 北京 100101

3. 江苏省地理信息资源开发与利用协同创新中心, 南京 210023

摘要: 产草量是科学利用草地资源及草畜平衡管理决策的重要依据, 及时准确地了解产草量时空分布及变化状况对于草原生态环境可持续发展具有重要意义。本数据集利用 MODIS 遥感数据和气象数据, 结合野外实地调查获取的产草量样方数据, 构建了适合于蒙古高原高海拔、干旱环境特征的蒙古国中东部地区产草量估算模型。在模型精度评价的基础上, 利用最优模型反演得到了蒙古国中东部 6 省 2006–2015 年的产草量时空分布数据。数据质量评估结果表明, 相较于一元线性模型和多元线性模型, 指数模型更适合该地区产草量估算, 其中基于 MSAVI 的指数模型模拟效果最佳, R^2 为 0.72, RMSE 为 279.09 kg/hm², 模拟精度达到 78%。本数据集为 TIF 格式, 数据量为 113 MB。

关键词: 蒙古国; 草原; MODIS; 产草量; 时空分布

数据库(集)基本信息简介

数据库(集)名称	2006–2015 年蒙古国中东部地区产草量遥感反演数据集
数据作者	李舸、王卷乐
数据通信作者	王卷乐 (wangjl@igsrr.ac.cn)
数据时间范围	2006–2015 年
地理区域	蒙古国中央省、乌兰巴托市、肯特省、戈壁苏木贝尔省、中戈壁省和肯特省 (42°38'–50°30'N, 101°27'–113°51'E)。
空间分辨率	250 m
数据量	113 MB
数据格式	Geotiff
数据服务系统网址	http://www.sciencedb.cn/dataSet/handle/691
基金项目	中国科学院 A 类战略性先导科技专项 (XDA2003020302); 中国科学院“十三五”信息化专项科学大数据工程项目 (XXH13505-07)。
数据库(集)组成	本数据集由 2 部分组成: (1) “Dataset Result.Zip” 包含 2006–2015 逐年的蒙古国中东部 6 省产草量空间分布数据。数据命名格式为 YYYY.tif, YYYY 代表年份。数据量为 89.6 MB。(2) “Dataset Map.Zip” 包含 2006–2015 逐年的蒙古国中东部 6 省产草量空间分布图。数据命名格式为 YYYY.jpg。数据量为 24 MB。

* 论文通信作者

王卷乐: wangjl@igsrr.ac.cn

引言

草地是一种可更新的自然资源，是陆地生态系统的重要组成部分，在气候调节、水土保持和防风固沙等方面发挥着重要作用^[1-2]。产草量是衡量草地生产力的重要指标，是草原生态状况最直接的反映。蒙古国位于亚洲大陆内部，是蒙古高原的重要组成部分，其最大的生物群落为草原，约占陆地国土总面积的 83.4%^[3]。由于草地生态系统稳定性较差，易受外界因素影响，近年来，在气候变化和过度放牧等自然和人文因素多重作用下，蒙古国草地生态环境日益恶化，局部地区草地呈现退化趋势。表现为牧草生产力下降、水土流失等，生态屏障作用也在减弱，对蒙古高原生态环境及农牧业可持续发展构成严重威胁。及时准确地掌握产草量的时空分布及变化状况是科学合理利用、管理草地的关键，也是草原畜牧业和生态环境可持续发展的重要条件^[4-6]。

目前，国内外学者对于蒙古高原产草量的研究中，多数是针对中国内蒙古地区或新疆自治区局部区域的草地监测，对蒙古国产草量的研究较少且缺乏长时间序列的连续监测^[7-10]。本研究选取蒙古国中东部的 6 个省份为研究区，基于野外实测数据及卫星遥感数据，对该地区 2006–2015 年产草量进行估算，得到蒙古国中东部地区 10 年间产草量时空分布及变化数据集。

1 数据采集和处理方法

1.1 区域范围

本研究选取的蒙古国中东部地区 6 个省份分别为中央省、乌兰巴托市、肯特省、戈壁苏木贝尔省、中戈壁省和前杭爱省，研究区位置及样点分布见图 1。研究区位于亚洲大陆腹地， $42^{\circ}38' - 50^{\circ}30'N$ ， $101^{\circ}27' - 113^{\circ}51'E$ ，是典型的干旱半干旱区，属于大陆性温带草原气候，季温差和日温差较大，降水少且主要集中在夏季。地势西高东低，平均海拔约 1400 m，草地特征明显，主要草地类型包括草甸草地、典型草地和荒漠草地。区域面积为 30.76 万平方公里，约占蒙古国面积的 19.6%，人口 178 万，占全国人口的一半以上。草原畜牧业发达，牲畜量 1929 万头只，约占国家牲畜总量的 30%。

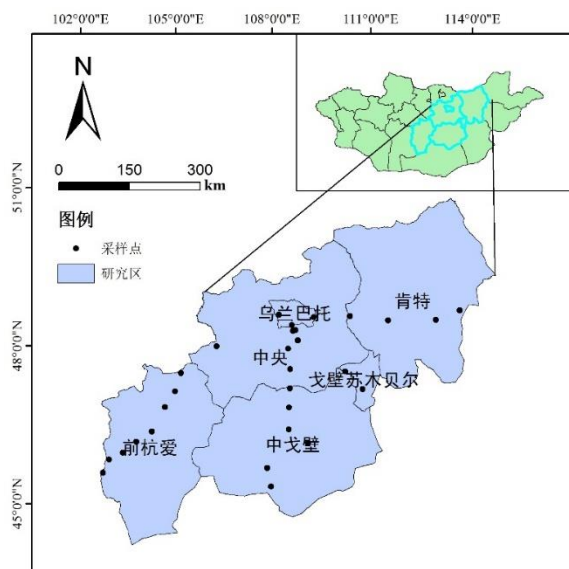


图 1 研究区位置与样点分布图

1.2 基础数据

1.2.1 遥感数据

遥感数据选取 MODIS 传感器陆地标准产品 MODIS13Q1 和 MODIS17A2H 中的归一化植被指数 (NDVI, Normalized Difference Vegetation Index)、增强型植被指数 (EVI, Enhanced Vegetation Index) 和净光合 (PSNnet, Net Photosynthesis), 并通过计算得到了修改型土壤调节植被指数 (MSAVI, Modified Soil-Adjusted Vegetation Index)。NDVI、EVI 和 MSAVI 的空间分辨率为 250 m, 时间分辨率为 16 d; PSNnet 空间分辨率为 500 m, 时间分辨率为 8 d。数据源为美国国家航空航天局的 MODIS Web 网站 (<https://modis.gsfc.nasa.gov/>)。

1.2.2 实测与辅助数据

本研究在地面样方数据通过本课题组和蒙古国立大学联合开展的野外调查获取, 采样时间为 2013 年和 2014 年牧草生长旺盛期的 8 月, 通过齐地面刈割法对产草量进行采集。样地大小为 10 m × 10 m, 在其内部随机选取 3 个 0.5 m × 0.5 m 的样方, 用 GPS 记录样点坐标, 取样方地上部分鲜草称重并记录, 3 个样方平均值为该样地产草量。经后期剔除筛选处理后, 最终获取产草量有效样方数据共计 29 个。社会经济数据从蒙古国国家统计局^[1] (<http://www.1212.mn/>) 下载获取。蒙古国行政边界数据、气象数据和草地类型等数据由蒙古国立大学提供。

1.3 数据处理

MODIS 数据预处理: MODIS 13Q1 和 MODIS 17A2H 产品为 HDF 格式, 通过 MRT (MODIS Reprojection Tool) 软件批处理功能对数据进行拼接处理。本研究获取的 MODIS 数据产品投影方式为正弦投影 (Sinusoidal), 为方便数据查看与后期处理, 利用 MRT 软件对数据进行重投影, 转换为 UTM (Universal Transverse Mercator Projection) 投影。

植被指数参数提取: MODIS 数据经格式转换处理后得到 TIF 格式的数据文件, 利用 ArcGIS 中 Analysis Tools 模块下 Clip 工具叠加研究区行政边界数据图层, 对重投影的栅格数据进行裁剪处理。通过 MVC 方法得到月合成 NDVI 和 EVI 植被指数, 以及净光合 PSNnet。MSAVI 指数则通过 RED 波段和 NIR 波段计算得到。根据 MODIS 产品用户手册中各指数有效值域范围指南, 将超出值域范围的无效值赋值为空值。将地面样点数据矢量化, 并将经 ArcGIS 空间插值后形成的降水数据与各遥感指数栅格图层进行叠加, 提取对应样点像元值。随机选取 80% 的样点数据用于建模, 20% 的样点数据用于精度验证。

遥感指数计算方式如公式 (1) – (4) 所示:

$$EVI = 2.5 \times \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + 6.0\rho_{RED} - 7.5\rho_{BLUE} + 1} \quad (1)$$

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}} \quad (2)$$

$$MSAVI = \frac{2\rho_{NIR} + 1 - \sqrt{(2\rho_{NIR} + 1)^2 - 8(\rho_{NIR} - \rho_{RED})}}{2} \quad (3)$$

$$PSNnet = GPP - Leaf_MR - Froot_MR \quad (4)$$

式中, ρ_{NIR} 、 ρ_{RED} 、 ρ_{BLUE} 分别为近红外波段、红光波段、蓝色波段的反射率, GPP 为植物总

初级生产力, $Leaf_MR$ 为叶自养呼吸消耗 $Froot_MR$ 为根自养呼吸消耗。

产草量估算模型建立: 基于预处理后的野外实测数据和降水数据分别建立其与 NDVI、EVI、MSAVI 和 PSNnet 4 种遥感指数之间的线性、指数和多元拟合关系, 得到 12 种回归模型。通过决定系数、平均相对误差 (REE)、平均绝对误差 (RMSE) 等指标对模型进行精度评价, 见公式 (5) – (6)。最终确定基于 MSAVI 的指数模型为最优模型, 利用最优模型对研究区产草量进行估算。

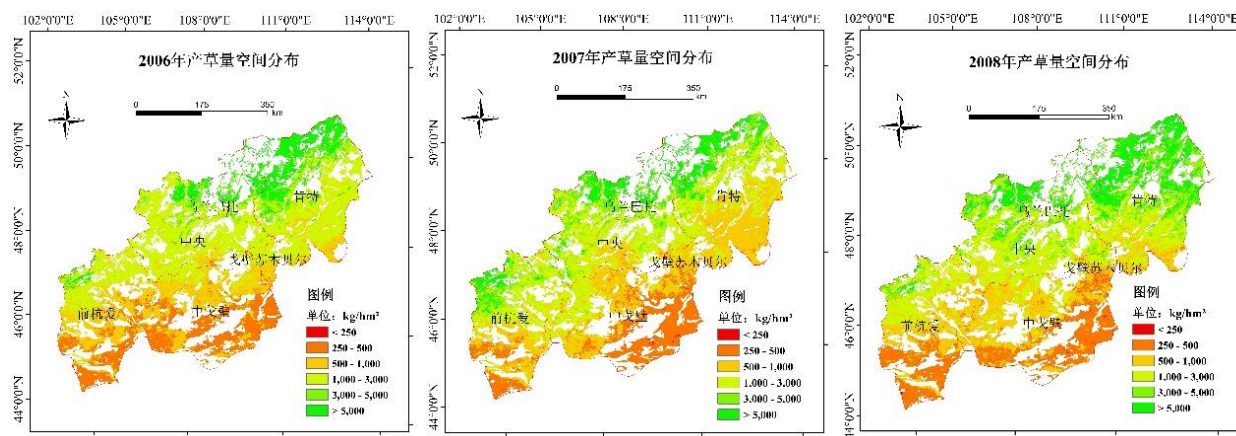
$$REE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - Y_i')^2}{N}} \times 100\% \quad (5)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - Y_i')^2}{N}} \times 100\% \quad (6)$$

式中, REE 和 $RMSE$ 分别表示平均相对误差和平均绝对误差; N 为样点数; Y_i 、 Y_i' 和 $\bar{Y}_i$ 分别表示实测产草量、估算产草量和平均实测产草量, 单位为 g/m^2 。

2 数据样本描述

经过数据处理, 得到 2006–2015 年蒙古国中东部地区 6 省产草量时空分布及变化数据集, 数据空间分辨率为 250 m, 单位为 kg/hm^2 。利用 ArcGIS 中 Spatial Analyst 模块下 Reclassify 工具对数据进行重分类, 划分为 6 个等级描述产草量分布状况。图 2 展示了研究区 6 省 10 年间产草量时空分布。



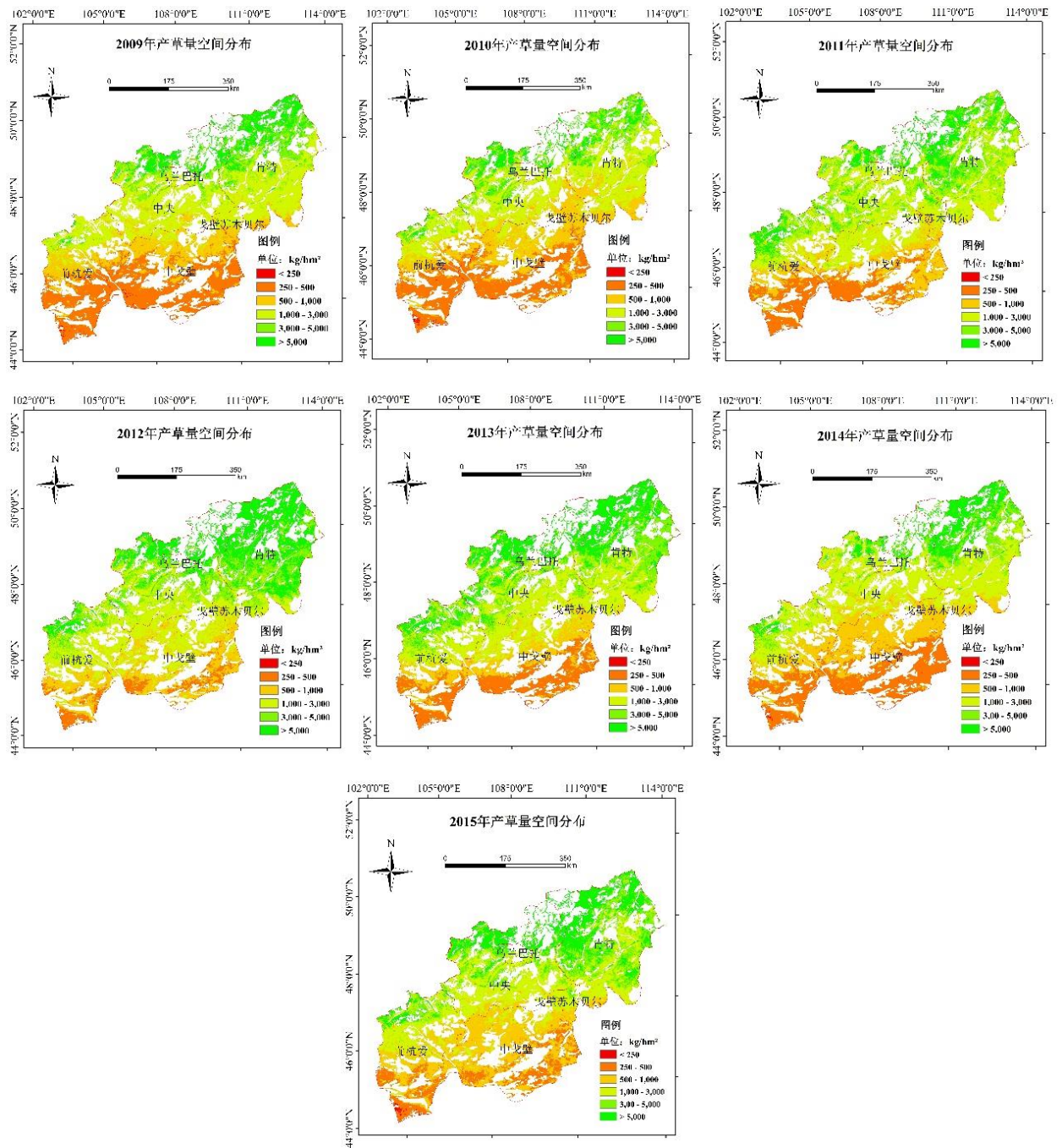


图2 2006–2015 年研究区产草量空间分布图

3 数据质量控制和评估

3.1 质量控制

为提高数据集精度和质量,本研究在样点数据采集、数据预处理、模型构建与精度验证等过程都进行了严格的质量控制。地面数据采集路线对不同类型草地均可实现良好覆盖,采样时考虑随机性和代表性,采样方法遵循相应调查技术规范。遥感数据产品均已经过辐射校正、几何校正、去云等处理,参考 MODIS Web 官方发布的 MODIS 数据指南对各遥感指数进行处理。利用两种时空分辨

率的遥感数据参与产草量估算研究，两种数据单独建模，通过分析线性、指数和多元函数 3 种类型共计 12 个模型的精度指标，选取基于 250 m 分辨率植被指数的最优模型进行产草量反演。

3.2 质量评估

本研究野外采样点 29 个，随机选取其中的 20% 样点用于精度验证，80% 样点用于建模。通过产草量估算数据有效性验证结果（表 1）可以看出，所有模型均通过极显著性检验（ $\text{Sig} < 0.01$ ）。 R^2 和 $RMSE$ 分别为决定系数和平均绝对误差， R^2 越大， $RMSE$ 越小，说明模型的拟合效果越好。各类模型中指数函数模型精度最高，为 72.75%；其次为多元线性模型，为 70.25%；一元线性函数模型精度最低，为 69.75%。各模型相关系数显示，指数函数模型 R^2 为 0.67，明显高于多元线性模型的 0.59 和一元线性模型的 0.56。结果表明指数函数模型更适合该地区产草量估算研究。对各指数模型进一步分析发现，基于 MSAVI 的指数模型模拟效果最佳， R^2 为 0.72， $RMSE$ 为 279.09 kg/hm²，模拟精度达到 78%，可用于本研究区内产草量时空分布研究。

表 1 产草量遥感估算有效性验证结果

建模参数	模型	方程	R^2	显著水平 Sig.	RMSE (kg/hm ²)	精度 (%)
EVI	线性模型	$Y = -19.490 + 384.791 \times X_1$	0.46	0.000	423.55	66
	指数模型	$Y = 4.257 \times \exp(12.647 \times X_1)$	0.63	0.000	466.53	63
	多元模型	$Y = -16.655 + 436.870X_1 - 0.049X$	0.47	0.002	423.91	66
MSAVI	线性模型	$Y = -27.370 + 165.323 \times X_2$	0.57	0.000	370.00	71
	指数模型	$Y = 3.594 \times \exp(5.224 \times X_2)$	0.72	0.000	279.09	78
	多元模型	$Y = -18.070 + 239.539X_2 - 0.177X$	0.61	0.000	383.40	70
NDVI	线性模型	$Y = -13.940 + 204.158 \times X_3$	0.56	0.000	335.37	73
	指数模型	$Y = 5.728 \times \exp(6.300 \times X_3)$	0.68	0.000	306.68	76
	多元模型	$Y = -3.192 + 264.166X_3 - 0.119X$	0.59	0.000	308.76	75
MOD17A2H PsnNet	线性模型	$Y = 0.482 + 0.403 \times X_4$	0.68	0.000	389.21	69
	指数模型	$Y = 12.701 \times \exp(0.010 \times X_4)$	0.66	0.000	322.82	74
	多元模型	$Y = 16.944 + 0.481X_4 - 0.106X$	0.70	0.000	375.42	70

注： X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 分别表示 EVI、MSAVI、NDVI、PsnNet 值； X 表示年平均降水量。

4 数据使用方法和建议

本数据集为 2006–2015 年蒙古国中东部地区 6 省产草量时空分布和变化的公开共享数据产品，数据为 TIF 格式，空间分辨率为 250 m。数据集资料来源可靠，主要基于 ArcGIS 等软件平台生产完成。用户可通过 ArcGIS 软件或 ENVI 图像处理软件打开使用，如需其他格式的数据文件，可借助以上软件自行转换。通过叠加研究区行政边界数据和草地类型数据统计不同区域的栅格影像值，可得到各省及各草地类型产草量的年际变化状况。由于蒙古国境外采样困难，本数据集的样点数量有限，但通过持续积累预期能够不断增加样本数据，并继续提高反演质量，为蒙古国或蒙古高原的产草量和植被分布及变化提供相关参考资料。

致 谢

本数据集生产过程中得到蒙古国立大学的大力支持,衷心感谢蒙古国立大学 Davaadorj 教授和 Sonomdagwa 教授等在野外实地采样过程中提供帮助。

数据作者分工职责

李舸(1993—),男,山东济宁人,硕士研究生,研究方向为遥感与地图制图。主要承担工作:基础数据处理、产草量时空分布计算及论文撰写。

王卷乐(1976—),男,河南洛阳人,博士,研究员,研究方向为资源环境数据集成与共享、GIS 和遥感应用。主要承担工作:数据集设计和技术指导。

参考文献

- [1] 谢高地,张钊铨,鲁春霞,等. 中国自然草地生态系统服务价值[J]. 自然资源学报, 2001, 16(1): 47-53.
- [2] XU B, YANG X C, TAO W G, et al. MODIS-based remote sensing monitoring of grass production in China[J]. International Journal of Remote Sensing, 2008, 29(17-18): 5313-5327.
- [3] World Resources Institute. A Guide to World Resources 2002–2004: Decisions for the Earth Balance, Voice, and Power[EB/OL].(2003-02-05)[2018-05-20]. <http://www.wristore.com/>.
- [4] 罗玲,王宗明,任春颖,等. 基于 MODIS 数据的松嫩草原产草量遥感估算模型与空间反演[J]. 农业工程学报, 2010, 26(5): 182-187.
- [5] 杨秀春,徐斌,朱晓华,等. 北方农牧交错带草原产草量遥感监测模型[J]. 地理研究, 2007, 26(2): 213-221.
- [6] 史培军,李博,李忠厚,等. 大面积草地遥感估产技术研究——以内蒙古锡林郭勒草原估产为例[J]. 草地学报, 1994, 2(1): 9-13.
- [7] 李建龙,蒋平,戴若兰. RS, GPS 和 GIS 集成系统在新疆北部天然草地估产技术中的应用进展[J]. 生态学报, 1998, 18(5): 504-510.
- [8] XIE Y, SHA Z, YU M, et al. A comparison of two models with Landsat data for estimating above ground grassland biomass in Inner Mongolia, China[J]. Ecological Modelling, 2009, 220(15): 1810-1818.
- [9] 金云翔,徐斌,杨秀春,等. 内蒙古锡林郭勒盟草原产草量动态遥感估算[J]. 中国科学:生命科学, 2011, 41(12): 1185-1195.
- [10] 张艳楠,牛建明,张庆,等. 植被指数在典型草原生物量遥感估测:应用中的问题探讨[J]. 草业学报, 2012, 21(1): 229-238.
- [11] National Statistics Office of Mongolia. Social and economic situation of Mongolia[EB/OL]. (2017-04-17)[2018-05-24]. <http://www.en.nso.mn/index.php>.

论文引用格式

李舸, 王卷乐. 2006–2015 年蒙古国中东部地区产草量遥感反演数据集[J/OL]. 中国科学数据, 2019, 4(2). (2019-03-06). DOI: 10.11922/csdata.2018.0081.zh.

数据引用格式

李舸, 王卷乐. 2006–2015 年蒙古国中东部地区产草量遥感反演数据集[DB/OL]. Science Data Bank, 2018. (2018-11-24). DOI: 10.11922/sciencedb.691.

Grass production dataset in central and eastern Mongolia based remote sensing (2006–2015)

Li Ge^{1,2}, Wang Juanle^{2,3*}

1. School of Civil and Architectural Engineering, Shandong University of Technology, Zibo 255049, P. R. China;
2. State key Laboratory of Resources and Environment Information System, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, P. R. China;
3. Jiangsu Center for Collaborative Innovation in Geographical Information Resource Development and Application, Nanjing 210023, P. R. China

*Email: wangjl@igsrr.ac.cn

Abstract: Grass production is an important basis for scientific use of grassland resources and management decision-making concerning grass-livestock balance. An accurate timely understanding of the spatio-temporal distribution of grass production and its changes is of great significance for the sustainable development of grassland ecological environment. This dataset used MODIS remote sensing data and meteorological data, in combination with grassland sampling data, to construct a grass production estimation model suitable for high altitude and arid environment in Mongolia. An optimal model was obtained based on an accuracy evaluation of the models, which was used to obtain the spatial and temporal distribution data of grass production in the six provinces of central and eastern Mongolia from 2006 to 2015. The results of data quality evaluation showed that exponential model was more suitable for the estimation of grassland production in this area than linear model or multi-linear model. The exponential model based on MSAVI had the best simulation effect, R^2 was 0.72, RMSE was 279.09 kg/hm², and the simulation accuracy was 78%. This data set is in TIF format with a data volume of 113 MB.

Keywords: Mongolia; grassland; MODIS; grassland production; spatio-temporal distribution

Dataset Profile

Title	A dataset of grassland production in central and eastern Mongolia based on remote sensing (2006–2015)
Data authors	Li Ge, Wang Juanle
Data corresponding author	Wang Juanle (wangjl@igsnrr.ac.cn)
Time range	2006–2015
Geographical scope	Tov, Ulaanbaatar, Hentiy, Govisumber, Dundgovi, Overhangay (42°38'N-50°30'N, 101°27'E-113°51'E).
Spatial resolution	250 m
Data volume	113 MB
Data format	Geotiff
Data service system	< http://www.sciencedb.cn/dataSet/handle/691 >
Sources of funding	Strategic Priority Research Program (Class A) of the Chinese Academy of Sciences grant number XDA2003020302; the 13th Five-year Informatization Plan of Chinese Academy of Sciences grant number XXH13505-07.
Dataset composition	The dataset is composed of two subsets: (1) Grassland production data of 6 provinces in the central and eastern Mongolia (2006–2015). Each data document is recorded as YYYY.tif, and YYYY represents the year. Data volume is 89.6MB. (2) Spatial distribution map of grassland production of 6 provinces in the central and eastern Mongolia (2006–2015). Each data document is recorded as YYYY.jpg. Data volume is 24MB.