

2001–2010 年西藏生态系统碳蓄积量数据集

赵忠贺^{1,2}, 刘高焕¹, 徐增让^{3*}

1. 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;
2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101

摘要: 以西藏为研究区, 经过以下步骤处理: (1) 利用 2001、2005 和 2010 年三个时期的 MODIS MCD12Q1 土地覆盖数据, 获取研究区 16 种土地覆被类型的空间分布; (2) 运用 2001、2005 和 2010 年 6–10 月的 MODND1M 月度 NDVI 数据, 计算得到三个时期 16 种土地覆盖类型的平均 NDVI 数据; (3) 运用美国能源部 CO₂ 信息中心 (CDIAC) 2000 年 1 km 的生物碳密度数据、欧盟布鲁塞尔联合研究中心 (JRC) 10 km 的表层土壤 (0–30 cm) 有机碳密度数据, 建立 16 种土地覆被类型的 2001 年 NDVI 与生物碳密度、NDVI 与土壤碳密度关系模型。运用野外采样获得的地上生物量、土壤有机碳等数据对模型进行率定; (4) 计算 16 种土地覆被类型 2005 年和 2010 年的生物碳密度和土壤碳密度; (5) 按照根茎比将生物量分为地上生物量和地下生物量, 将土地利用栅格数据和地上生物量、地下生物量、土壤碳和腐殖质碳四个碳库参数输入到 InVEST 模型中, 计算得到西藏地区 2001、2005 和 2010 年的碳蓄积量。由于腐殖质碳密度一直比较稳定, 所以在模拟 2001–2010 年碳蓄积时均采用 2001 年腐殖质碳密度。(6) 在假设碳密度不变和土地利用不变的条件下, 分别计算了西藏碳蓄积量变化, 得到 2001–2010 年西藏生态系统碳蓄积量数据集。

关键词: 西藏; 碳蓄积; 碳密度; NDVI

DOI: 10.3974/geodp.2018.01.11

1 前言

土地利用变化是引起生态系统碳蓄积变化的原因之一。西藏自治区 (26°44'N–36°32'N, 78°25'E–99°06'E) 处于青藏高原腹地^[1–2], 平均海拔 4,000 米以上, 是典型的生态脆弱和敏感区, 其碳循环对全球气候变化具有重要影响, 研究其土地利用/土地覆被变化对碳蓄积的影响对于应对气候变化具有重要意义。近几十年来, 在全球气候变化和人类活动的作用下, 尤其是土地利用/覆被变化与国家陆续实施的重大生态建设工程后, 西藏地区碳蓄积功能如何变化? 变化原因等都有待深入研究。本研究可为青藏高原的生态保育和应对气候变化提供决策参考。

收稿日期: 2018-01-26; 修订日期: 2018-03-19; 出版日期: 2018-03-25

基金项目: 中国科学院 (XDB03030000, KZZD-EW-08); 国家自然科学基金 (41661144030, 41561144012)

*通讯作者: 徐增让 M-8190-2016, 中国科学院地理科学与资源研究所, xuzr@igsrr.ac.cn

数据引用方式: [1] 赵忠贺, 刘高焕, 徐增让. 2001–2010 年西藏生态系统碳蓄积量数据集[J]. 全球变化数据学报, 2018, 2(1): 67–71. DOI: 10.3974/geodp.2018.01.11.

[2] 赵忠贺, 徐增让, 刘高焕. 2001–2010 年西藏生态系统碳蓄积量数据集[DB/OL]. 全球变化科学研究数据出版系统, 2018. DOI: 10.3974/geodb.2018.01.05.V1.

2 数据集元数据简介

2001-2010 年西藏生态系统碳蓄积量数据集的名称、作者、地理区域、数据年代、时间分辨率、空间分辨率、数据集组成、数据出版与共享服务平台、数据共享政策等信息见表 1。

表 1 2001-2010 年西藏生态系统碳蓄积量数据集元数据简表

条 目	描 述
数据集名称	2001-2010 年西藏生态系统碳蓄积量数据集 ^[3]
数据集短名	TibetanCarbon2001-2010
作者信息	赵忠贺 B-7520-2018, 中国科学院地理科学与资源研究所, zhaozh.16b@igsnr.ac.cn 徐增让 M-8190-2016, 中国科学院地理科学与资源研究所, xuzr@igsnr.ac.cn 刘高焕 B-7530-2018, 中国科学院地理科学与资源研究所, liugh@lreis.ac.cn
地理区域	西藏自治区
数据年代	2001、2005、2010
时间分辨率	5 年
空间分辨率	418.5 m
数据格式	.tif
数据量	30.00 MB, 压缩后 15.1 MB
数据集组成	2001 年碳蓄积分布图; 2005 年碳蓄积分布图; 2010 年碳蓄积分布图; 2001-2010 年土地利用变化对碳蓄积的影响; 2001-2010 年碳密度变化对碳蓄积的影响
基金项目	中国科学院 (XDB03030000, KZZD-EW-08); 国家自然科学基金 (41661144030, 41561144012)
出版与共享服务平台	全球变化科学研究数据出版系统 http://www.geodoi.ac.cn
地址	北京市朝阳区大屯路甲 11 号 100101, 中国科学院地理科学与资源研究所
数据共享政策	全球变化科学研究数据出版系统的“数据”包括元数据 (中英文)、实体数据 (中英文) 和通过《全球变化数据学报》(中英文) 发表的数据论文。其共享政策如下: (1) “数据”以最便利的方式通过互联网系统免费向全社会开放, 用户免费浏览、免费下载; (2) 最终用户使用“数据”需要按照引用格式在参考文献或适当的位置标注数据来源; (3) 增值服务用户或以任何形式散发和传播 (包括通过计算机服务器) “数据”的用户需要与《全球变化数据学报》(中英文) 编辑部签署书面协议, 获得许可; (4) 摘取“数据”中的部分记录创作新数据的作者需要遵循 10% 引用原则, 即从本数据集中摘取的数据记录少于新数据集总记录量的 10%, 同时需要对摘取的数据记录标注数据来源 ^[4]

3 数据研发方法

根据 2000 年数据构建 NDVI 与生物量、NDVI 与土壤有机碳的回归模型, 据此反演 2001 年、2005 年和 2010 年生物量和土壤有机碳; 据根茎比将生物量折算成地上生物量和地下生物量; 腐殖质碳库较小, 且相对稳定^[5]。本文腐殖质碳密度均采用 2001 年数据。然后将土地覆被和碳库参数输入 InVEST 模型^[6], 得到 2001、2005 和 2010 年西藏 3 期碳蓄积。

3.1 算法原理^[6]

(1) 生态系统碳库模拟

InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs) 是斯坦福大学开发的一套生态系统服务综合评估模型集, 可实现对多种生态系统服务评估及综合分析, 在生

态恢复规划、生态系统服务付费 (PES)、发展影响与空间许可、合作风险管理等方面日渐发挥着重要作用,对促进生物多样性保护和人类福祉协同发展具有重要意义^[6]。将研究区 2001、2005、2010 年土地覆被类型、生物量、土壤碳以及腐殖质碳等数据输入 InVEST,模拟相应年份的碳蓄积,进而分析 2001–2010 年西藏碳库动态及其空间分异。

InVEST Carbon 模块中碳储量的计算公式如下:

$$C_{ZONE} = \sum C_i \times A_i \quad (1)$$

$$C = C_{above} + C_{below} + C_{soil} + C_{dead} \quad (2)$$

式中, A_i 为 i 地类面积, C_i 为 i 地类的碳密度 (t C/ha), C_{above} 为地上生物量, C_{below} 为根生物量, C_{dead} 为腐殖质碳, C_{soil} 为土壤有机碳。

(2) 碳蓄积功能变化的影响因子及其归因分析

一般地,土地利用变化可以分为土地覆被类型转变 (Land Conversion) 和特定土地覆被类型质量变化 (Land Modification)。相应地,将区域碳蓄积功能变化归结为土地覆被类型转变和碳密度变化两个因子,并探讨了不同因子对碳蓄积功能的贡献率。模型如下:区域碳蓄积功能变化可用前后两期碳库增量 ΔC 表征:

$$\Delta C = \sum_{i=1}^n (A_2 D_2 - A_1 D_1) \quad (3)$$

式中, A_1 、 A_2 分别为前后两期 i 地类的面积, D_1 、 D_2 分别为前后两期 i 地类的碳密度。

假定 C 密度不变,仅地类变化引起的碳库增量 ΔC_1 :

$$\Delta C_1 = \sum_{i=1}^n (A_2 D_1 - A_1 D_1) \quad (4)$$

假定地类不变、仅 C 密度变化引起的碳库增量 ΔC_d :

$$\Delta C_d = \sum_{i=1}^n (A_1 D_2 - A_1 D_1) \quad (5)$$

土地覆被类型转移对碳蓄积的贡献率 (A_1) 和土地质量提高对碳蓄积的贡献率 (A_d) 可用下式计算:

$$A_1 = \Delta C_1 / (\Delta C_1 + \Delta C_d) \quad (6)$$

$$A_d = \Delta C_d / (\Delta C_1 + \Delta C_d) \quad (7)$$

3.2 技术路线

本研究的技术路线如图 1 所示。基于土地覆盖数据、碳密度、NDVI 和土地调查数据,建立了 NDVI 和碳参数的回归模型,进一步建立了碳密度和碳蓄积模型。

4 数据结果与验证

4.1 数据集组成

数据集共包含 5 个数据,分别为:

- 1) 2001 年碳蓄积分布图: 2001 年西藏地区的碳蓄积空间分布图;
- 2) 2005 年碳蓄积分布图: 2005 年西藏地区的碳蓄积空间分布图;
- 3) 2010 年碳蓄积分布图: 2010 年西藏地区的碳蓄积空间分布图;

- 4) 2001-2010 年土地利用变化对碳蓄积的影响：假设 2001-2010 年碳密度不变，只有土地利用变化情况下，对西藏地区碳蓄积影响的分布图；
- 5) 2001-2010 年碳密度变化对碳蓄积的影响：假设 2001-2010 年土地利用不变，只有碳密度变化情况下，对西藏地区碳蓄积影响的分布图。

4.2 数据结果及分析^[7]

2001-2010 年期间，西藏的碳蓄积总体稳定并呈增长态势。2001、2005 和 2010 年西藏自治区的碳蓄积总量分别为 116.42、116.67、116.92 亿吨，10 年间增加了 0.50 亿吨。西藏从东南向西北依次分布有森林、灌草丛、高寒草甸、高寒草原和高寒荒漠。与自然地带性相一致，2001、2005 和 2010 年 3 期西藏生态系统碳蓄积量都呈从东南向西北递减的态势（图 2，418.5 m × 418.5 m/栅格），不同年份略有变化。2001-2010 年藏东南和藏西北碳库变化较大，藏北高原和藏南湖盆区相对稳定。假定碳密度不变，仅考虑土地覆被类型变化引起碳蓄积变化，2001-2010 年西藏碳蓄积增加了 1.26 亿吨，土地覆被变化对碳蓄积变化的贡献率为 269%（图 3）。

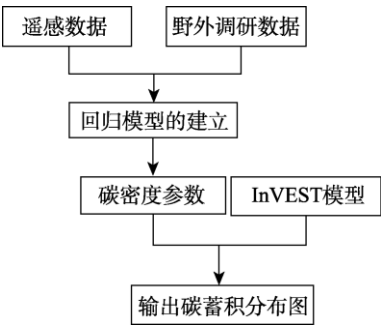


图 1 碳蓄积数据集研发技术路线

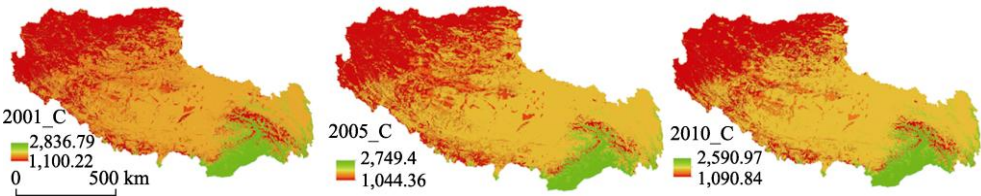


图 2 2001、2005 和 2010 年西藏地区的碳蓄积空间格局数据图^[7]（t C/栅格）

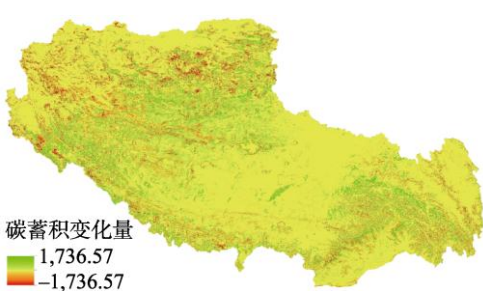


图 3 2001-2010 年西藏土地覆被类型转变引起碳蓄积变化数据图^[7]（t C/栅格）

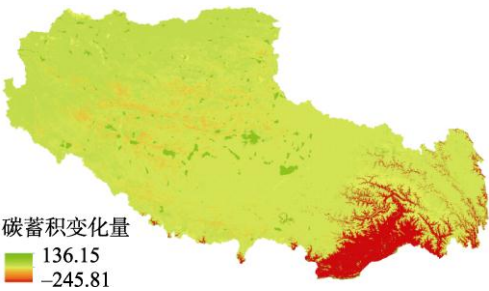


图 4 2001-2010 年西藏碳密度变化引起碳蓄积变化数据图^[7]（t C/栅格）

2001-2010 年西藏碳密度呈下降趋势，2001、2005 和 2010 年西藏平均碳密度分别为 120.2、116.9 和 116.6 t C/ha。假定土地覆被类型不变，仅考虑碳密度变化引起碳蓄积变化，2001-2010 年，因碳密度的下降引起的西藏碳蓄积量减少了 0.79 亿吨，碳密度变化对碳蓄积变化的贡献率是-169%（图 4）。

4.3 数据结果验证

地上生物量、土壤有机碳根据野外采样数据率定。采集的土壤样品用四分法取样后风干,土样风干后过 2 mm 筛,土壤有机质用重铬酸钾容量法加热法测定^[8]。选取 50 cm×50 cm 草地样方,3 次重复,齐地刈割地上生物量,清洗、烘干后称重获取地上生物量(ANPP)干重,碳含量按 0.47 折算。经过率定,回归模型获得的碳密度参数可以用于进一步模拟和分析。

5 讨论和总结

2001–2010 年西藏的碳蓄积呈增长态势。2001、2005 和 2010 年西藏的碳蓄积量分别为 116.42、116.67、116.92 亿吨,增加了 0.50 亿吨。藏东南、藏北高原、藏南湖盆和藏西北碳库变化较大,藏东地区相对稳定。十年间西藏的土地覆被类型变化有助于碳蓄积增加,假定碳密度不变,2001–2010 年西藏仅土地覆被类型变化引起的碳蓄积增加了 1.26 亿吨,土地覆被变化对碳蓄积变化的贡献率为 269%。假定土地覆被类型不变,2001–2010 年仅因碳密度的下降引起的西藏碳蓄积量减少了 0.79 亿吨,碳密度变化对碳蓄积变化的贡献率是-169%。

本研究碳库参数是由 NDVI 反演而来,2001–2010 年 NDVI 的下降态势导致了碳密度的下降以及碳密度对碳蓄积的贡献率为负的情况。生物量和土壤有机碳数据等碳库参数仅有 2000 年一期,且空间分辨率低,在统计分析中,碳库参数与 NDVI 等遥感数据的匹配性差,制约着回归模型的置信度。未来,寄望于多期较高分辨率的生物量、土壤有机碳数据的生产和发布。另外,可将生物量和土壤有机碳回归因子由 NDVI 一元扩充为 NDVI、NPP 二元,以增加信息量、提高回归模型的稳健性。

作者分工: 徐增让、赵忠贺对数据集的开发做了总体设计;赵忠贺采集和处理了遥感数据和模拟分析数据;徐增让、刘高焕设计了模型和算法;刘高焕做了数据验证;赵忠贺撰写了数据论文等。

参考文献

- [1] 张镱锂,李炳元,郑度. 青藏高原范围与界线地理信息系统数据[DB/OL]. 全球变化科学研究数据出版系统, 2014. DOI: 10.3974/geodb.2014.01.12.V1.
- [2] 张镱锂,李炳元,郑度. 《论青藏高原范围与面积》一文数据的发表——青藏高原范围界线与面积地理信息系统数据[J]. 地理学报, 2014, 69(增刊): 65–68.
- [3] 赵忠贺,徐增让,刘高焕. 2001–2010 年西藏生态系统碳蓄积量数据集[DB/OL]. 全球变化科学研究数据出版系统, 2018. DOI: 10.3974/geodb.2018.01.05.V1.
- [4] 全球变化科学研究数据出版系统. 全球变化科学研究数据共享政策[OL]. DOI: 10.3974/dp.policy.2014.05 (2017 年更新).
- [5] 张宏. 黄土高原不同植被区侵蚀环境下有机碳及其组分分布特征[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2013.
- [6] Sharp, R., Tallis, H. T., Ricketts, T., *et al.* InVEST 3.1.2 User's Guide [M]. The Natural Capital Project, Stanford, 2015.
- [7] 赵忠贺,徐增让,成升魁等. 西藏生态系统碳蓄积动态的土地利用/覆被变化归因分析[J]. 自然资源学报, 2016, 31(5): 755–766.
- [8] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.