www.csdata.org

ISSN 2096-2223
CN 11-6035/N

文献 DOI：
10.11922/csdata.2019.0082.zh
数据 DOI：
10.11922/sciencedb.933
文献分类：地球科学

收稿日期：2019-12-30
开放同评：2020-01-06
录用日期：2020-02-20
发表日期：2020-08-09

1990–2015 年青藏高原人类足迹数据集

段群滔[1,2]，罗立辉[1,2*]

1. 中国科学院 西北生态环境资源研究院，兰州 730000
2. 中国科学院大学，北京 100049

摘要：青藏高原是地球上具有鲜明特色的自然和文化景观地域单元，生态环境较为脆弱。近30年来，随着人类活动对青藏高原生态系统的影响持续增加，人类活动强度空间数据集的制备，有助于深入理解青藏高原地区人类活动的生态环境效应，对于调控人类活动、促进青藏高原可持续发展也具有重要意义。本文采用人类足迹指数方法，利用人口密度、土地利用、放牧密度、夜间灯光、铁路和道路6种代表人类活动的空间数据，完成1990、1995、2000、2005、2010和2015年共6期青藏高原人类足迹数据集的制备。

关键词：青藏高原；人类活动强度；人类足迹

数据库（集）基本信息简介

数据库（集）名称	1990–2015 年青藏高原人类足迹数据集
数据作者	段群滔，罗立辉
数据通信作者	罗立辉（luolh@lzb.ac.cn）
数据集时间范围	1990–2015 年
地理范围	青藏高原
空间分辨率	1 km
数据量	53.9 MB
数据格式	TIFF
数据服务系统网址	http://www.dx.doi.org/10.11922/sciencedb.933
基金项目	国家重点研发计划项目（2019YFC0507405、2018YFB1502800）；国家自然科学基金项目（41871065）；中国科学院 A 类战略先导科技专项（XDA23060303）。
数据库（集）组成	本数据集包括青藏高原 6 期人类足迹数据，数据保存为一个压缩文件（“1990–2015 年青藏高原人类足迹数据集.zip”），每期人类足迹数据为一个 TIFF 文件，文件以数据集年份命名，总数据量为 53.9 MB。

引 言

自 20 世纪以来，随着全球人口和经济的快速增长，人类活动对全球生态系统的扰动显著增强[1-2]，且该扰动对陆地表层生态环境的影响尤为突出[3-5]。青藏高原作为地球“第三极”，同时也是具有鲜明特色的文化景观地域单元，生态环境较为脆弱[6-7]。近几十年来，该地区经济快速发展，特别是青藏铁路开通以来，人类活

* 论文通信作者
罗立辉：luolh@lzb.ac.cn

动显著增加，有关人类活动对青藏高原生态系统的影响一直是研究的热点[8-11]。其中，准确评价人类活动强度是探究青藏高原人类活动生态环境效应的基础，对促进该地区生态环境保护与可持续发展具有重要作用。

目前，人类活动强度评价主要以统计分析方法为主[12-15]，难以生成高质量的人类活动强度空间数据。相较于近几十年来气候变化研究相关的空间数据在研究方法、制备速度、时空分辨率和数据质量等方面的快速发展，人类活动相关的空间数据还处于探索发展阶段。其中，人类足迹指数方法作为制备人类活动强度空间数据的一类方法，自 Sanderson 等[16]2002 年提出以来，已在全球不同尺度得到应用和发展[17-19]。Sanderson 等提出此方法时，首先选择代表人口密度、土地利用转变、通达性和电力基础设施 4 类人类活动的 9 个空间数据图层，然后将各图层进行缓冲区分析和重新赋值，赋值范围为 0–10，最后将赋值后的图层进行叠加分析和分区归一化处理，得到表征全球陆地人类活动强度的人类足迹数据。该方法自提出后就得到了广泛应用和发展，如 Venter 等[20]运用此方法制备 1993 年和 2009 年的全球人类足迹数据时，对人口密度和道路图层进行了更细化的赋值，Gonzalez-Abraham 等[21]利用此方法制备墨西哥人类足迹数据时，没有计算铁路和通航河流的影响。此外，Etter 等[22]应用此方法在哥伦比亚开展研究时，增加了代表人类影响时间和生物物理脆弱性的数据来完成人类足迹数据的制备，Correa Ayram 等[23]则在 Etter 等的基础上，进一步增加表示生境丧失和破碎化程度的指标来制备墨西哥火山带地区的人类足迹数据。总的来看，当前人类足迹指数方法的发展主要集中在指标数据的选择和细化赋值两个方面。

基于此，本文采用人类足迹指数方法，综合考虑青藏高原地区的自然地理环境和经济社会发展状况，选择人口密度、土地利用、放牧密度、夜间灯光、铁路和道路等共 6 种代表人类活动的空间数据指标，并结合冰川、湖泊和保护区数据，完成 1990、1995、2000、2005、2010 和 2015 年共 6 期青藏高原人类足迹数据的制备。

1 数据采集和处理方法

1.1 数据来源

本数据集采用的数据包括人口密度、土地利用、牛羊密度、夜间灯光、铁路、道路、冰川、湖泊、保护区和牛羊肉产量数据。其中，人口密度和土地利用数据由资源环境数据云平台网站（http://www.resdc.cn/Default.aspx）提供；牛羊肉产量数据由国家统计局网站（http://www.stats.gov.cn/）提供；牛羊密度数据由联合国粮农组织全球地理信息系统网站（http://www.fao.org/geonetwork/srv/en/main.home）提供；夜间灯光数据由美国国家海洋与大气管理局网站（https://ngdc.noaa.gov/eog/dmsp/downloadV4composites.html）提供；铁路数据由手动数字化获取；道路数据集由美国国家航空航天局地球观测系统数据与信息中心网站（https://sedac.ciesin.columbia.edu/）和联合国粮农组织全球地理信息系统网站提供；湖泊数据由国家青藏高原科学数据中心网站（http://data.tpdc.ac.cn/zh-hans/）提供；冰川数据由青藏高原科学数据中心网站（http://www.tpedatabase.cn/portal/index.jsp）提供；保护区数据由联合国环境规划署保护区数据网站（https://www.protectedplanet.net/）提供。

由于采用的夜间灯光原始数据只包含 1992–2013 年的数据，本文选择用 1992 和 2013 年的灯光数据分别代替 1990 年和 2015 年的灯光数据。牛羊密度数据只获取有 2006 年的数据，其余年份数据由趋势外推分析法获得。道路数据只获取了 2000 年和 2010 年的两期数据，所以 1990、1995 和 2005

年的道路数据用 2000 年的数据代替，2015 年的利用 2010 年的数据代替。1990–2005 年间青藏高原地区铁路基本无变化，所以 1990–2005 年的铁路数据均使用 2005 年的铁路数据。采用的空间数据具体信息及来源见表 1。

表 1　采用的空间数据信息及来源

数据类型	数据名称	年份	格式	分辨率	来源
主要数据	人口密度	1990、1995、2000、2005、2010、2015	栅格	1 km	资源环境数据云平台
	土地利用	1990、1995、2000、2005、2010、2015	栅格	1 km	资源环境数据云平台
	牛羊密度	2006	栅格	1 km	联合国粮农组织
	夜间灯光	1992、1995、2000、2005、2010、2013	栅格	～1 km	美国国家海洋与大气管理局
	铁路	2005、2010、2015	矢量	-	手动数字化获取
	道路	2000、2010	矢量	-	美国国家航空航天局 联合国粮农组织
辅助数据	湖泊	1990、1995、2000、2005、2010、2015	矢量	-	国家青藏高原科学数据中心
	冰川	2013	栅格	30 m	青藏高原科学数据中心
	保护区	2017	矢量	-	联合国环境规划署

1.2　数据处理过程

1.2.1　数据预处理

由于采用的数据在投影、分辨率和空间范围等方面存在不一致，在进行数据集制作前，需要对原数据进行预处理。其中，投影坐标统一转换为适合中国区域的 Albers 等面积投影，投影坐标系参数中央经线设置为 105°E，两条标准纬线分别为 25°N 和 47°N，空间范围统一裁剪至青藏高原范围，栅格数据统一重采样至 1 km 分辨率。

此外，夜间灯光数据存在不连续和过饱和等问题，在投影和裁剪完成后需进行校正。本文选择应用较为广泛的基于不变目标区域的校正方法[24]，由于黑龙江鹤岗市辖区的经济社会数据变化较小，且灯光影像的 DN 值分布较广，因而选择此地作为不变目标区域。

1.2.2　数据处理方法

本数据集选择 6 类代表人类活动的空间数据，并依据不同的评价方法将各类数据的栅格重新赋值为 0–10 分，分值越大表示人类活动影响强度越大。每一类数据具体赋值方法如下：

（1）人口密度

人口密度是反映人类活动与生态系统相互作用强度的重要指标[25]，且对生态系统的影响呈对数变化规律，所以将人口密度数据按对数方程进行计算赋值，值域范围为 0–10 分。由于人口密度的最大值为 32866 人/平方公里，具体计算方程如下：

$$pop_{\text{score}} = 2.21398 \times log(pop_{density} + 1) \quad (1)$$

式中，pop_{score}表示该栅格重新赋值的分数，$pop_{density}$表示该栅格的人口密度值。

（2）土地利用

土地利用变化是反映人类活动程度的重要因子[26]，本文将所有建筑用地赋值为 10 分，水田和旱地赋值为 7 分，草地赋值为 4 分，其余土地利用类型均赋值为 0 分。

（3）放牧密度

畜牧业作为青藏高原地区重要的产业之一，放牧是该地区重要的一类人类活动。本文用牛羊密度之和来表征放牧密度，由于只获取了 2006 年的牛羊密度图层，在重新赋值前，需要先对这两个图层进行趋势外推分析，获得各年份的放牧密度图层。

本文采用基于统计数据的趋势外推方法，首先统计青海西藏两省/区 1990、1995、2000、2005、2010 和 2015 年的牛肉和羊肉产量，然后分别计算牛肉和羊肉不同年份产量相对于 2005 年产量的变化率，接着利用 2006 年的牛羊密度图层分别乘以各年份的变化率来得到不同年份的牛羊密度图层，其中 2005 年的数据直接使用 2006 年的代替，最后将同一年份的牛羊密度图层相叠加得到放牧密度图层。由于放牧密度的影响也呈对数变化规律，且最大值为 9454 头/平方公里，所以将放牧密度数据也按对数方程进行计算赋值，值域为 0–10 分，具体计算方程如下：

$$grazing_{\text{score}} = 2.51531 \times log(grazing_{density} + 1) \quad (2)$$

式中，$grazing_{score}$表示该栅格重新赋值的分数，$grazing_{density}$表示该栅格的放牧密度值。

（4）夜间灯光

夜间灯光数据经校正后，不同年份数据之间具有了可比较性。为了使夜间灯光影响的评价也具有连续性，本文以 2015 年灯光数据为基准，首先，将 2015 年数据中 DN 值等于 0 的栅格赋值为 0 分，再将 DN 值大于 0 的栅格，利用分位数方法等分为 10 份，从小到大依次赋值为 1–10 分。其余各年份的数据依照 2015 年的十分位数将 DN 值大于 0 的栅格赋值为 1–10 分，DN 值等于 0 的赋值为 0 分。

（5）铁路

铁路作为青藏高原地区最为重要的基础设施之一，对于该地区的经济社会发展具有重要意义。由于火车在铁路沿线上运行时具有封闭性，对两旁的影响范围较小，因此在进行评价赋值时，仅将铁路两旁 500 m 范围内的区域赋值为 8 分。

此外，由于铁路在建设时也会对生态环境产生较大影响，青藏铁路二期工程（格尔木—拉萨）虽然 2006 年才正式通车，但在 2001 年就已开始动工建设，所以本文从 2005 年开始计算此段铁路的影响。

（6）道路

青藏高原地区道路的封闭性比铁路差，因此其对两旁影响的范围也更大，在进行评价赋值时，将道路两侧 500 m 范围内的区域赋值为 10 分；500–1500 m 范围内赋值为 8 分；1500–2500 m 范围内赋值为 4 分（表 2）。

各类数据完成重新赋值后，将同一年份的图层相叠加，即得到 6 期青藏高原人类足迹数据（图

1）。数据集的值域范围为 0–51，栅格内的分值越高，代表该空间上人类活动强度越大。

表 2　主要数据评价赋值方法

数据名称	赋值范围	赋值方法
人口密度	0–10	$pop_{\text{score}} = 2.21398 \times log(pop_{density} + 1)$
土地利用	0、4、7、10	建筑区域　10 分 农田、旱地　7 分 草地　4 分 其他　0 分
放牧密度	0–10	$grazing_{score} = 2.51531 \times log(grazing_{density} + 1)$
夜间灯光	0–10	DN 值为 0 时　0 分 DN 值大于 0 时，按照 2015 年 10 分位数赋值
铁路	8	两侧 500 m 范围内　8 分
道路	4、8、10	两侧 500 m 范围内　10 分 两侧 500–1500 m 范围内　8 分 两侧 1500–2500 m 范围内　4 分

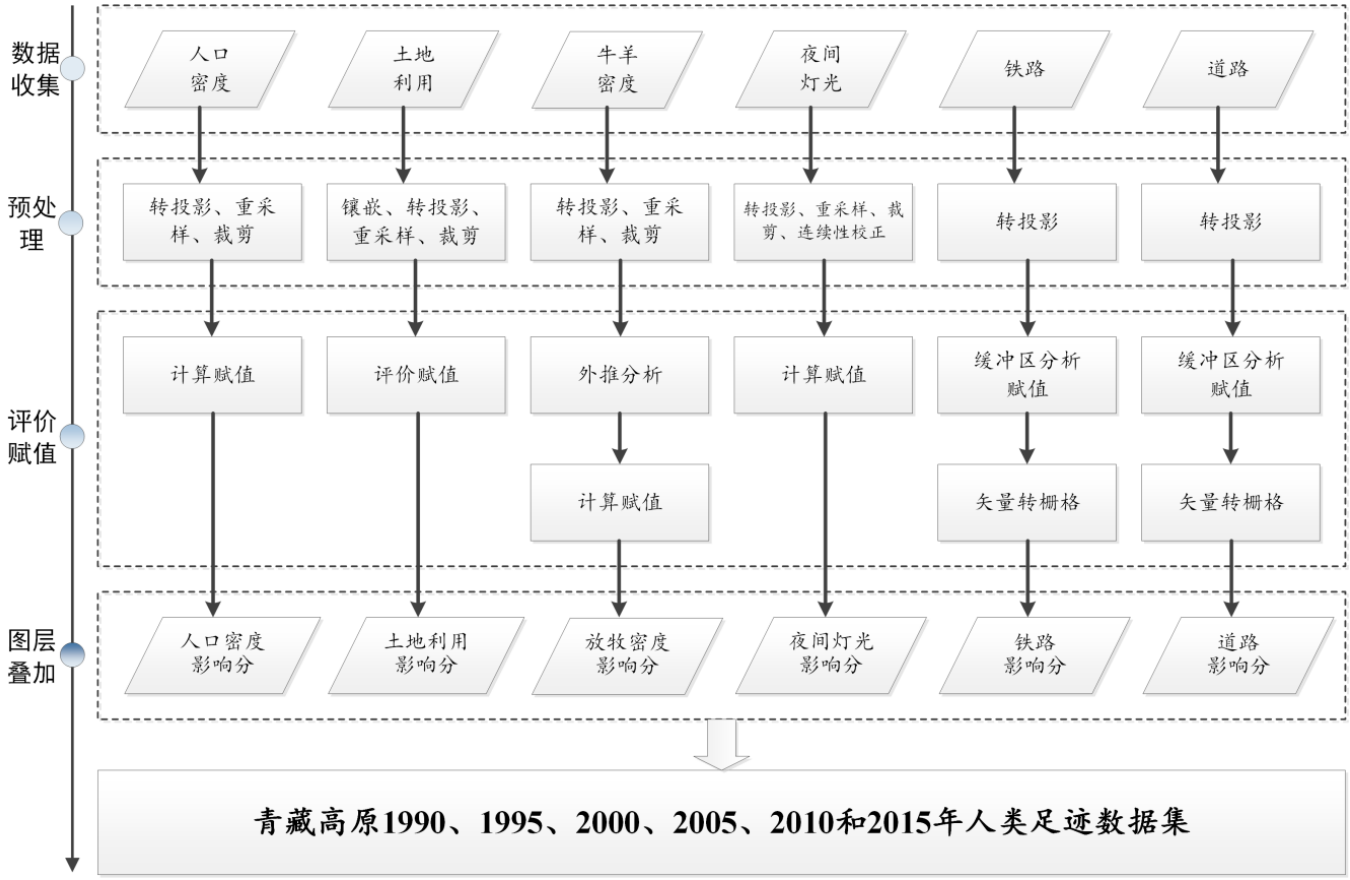


图 1　数据集制作技术路线图

2 数据样本描述

2.1 数据组成

本数据集包括青藏高原 1990–2015 年共 6 期人类足迹数据，这些数据保存为一个压缩文件（“1990–2015 年青藏高原人类足迹数据集.zip”），每期数据以 TIFF 格式存储并以年份来命名每期数据，总数据量为 53.9 MB。

2.2 数据样本

制作的 1990、1995、2000、2005、2010 和 2015 年青藏高原人类足迹数据样例如图 2 所示。

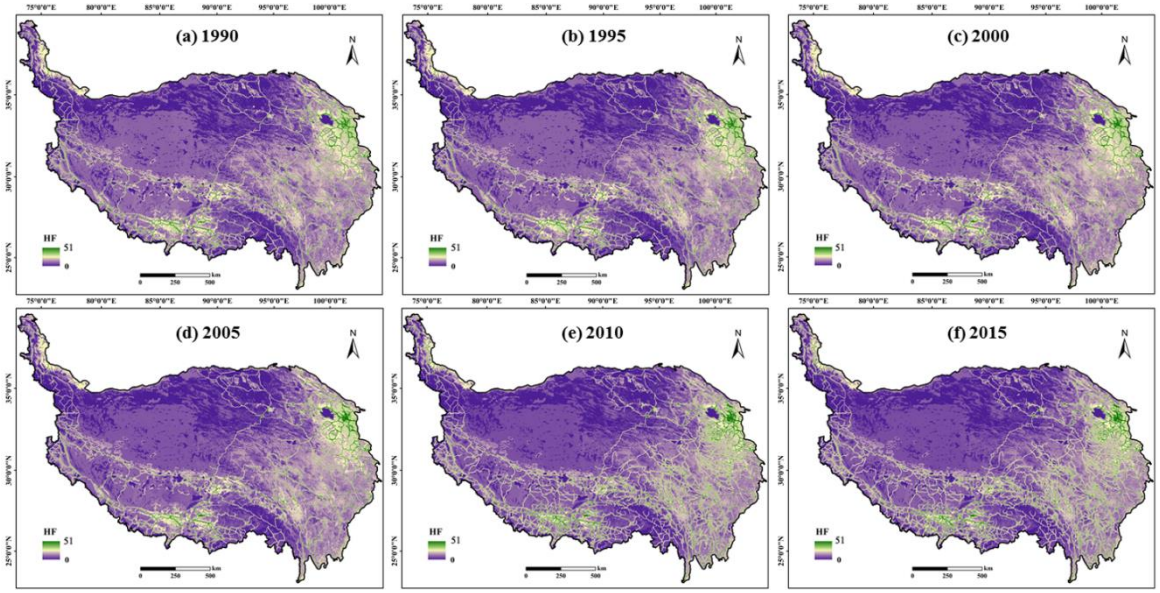


图 2　1990、1995、2000、2005、2010 和 2015 年青藏高原人类足迹数据样例

3 数据质量控制和评估

青藏高原的湖泊和冰川虽然也受到人类活动的影响，但其空间位置上几乎不存在直接的人类活动，且自然保护区的建立也会减弱保护区内的人类活动。因此，按上述方法完成数据集的初步制作后，还需要进一步的处理，以提高数据集的质量。处理主要包括以下两个方面：

（1）湖泊和冰川

在对湖泊和冰川进行处理前，首先获取青藏高原 1990、1995、2000、2005、2010 和 2015 年 6 个时期的冰川和湖泊数据。由于冰川几十年来空间变化相对较小，因而各时期的冰川数据均用 2013 年的数据代替。考虑到湖泊和冰川所处的空间位置上几乎不存在直接的人类活动，因此直接将不同时期湖泊和冰川所处空间位置上的人类足迹分值设置为 0 分。

（2）自然保护区

依据《全国自然保护区目录》，首先分别提取青藏高原 1985 年以前、1986–1990 年、1991–1995 年、1996–2000 年、2001–2005 年和 2006–2010 年 6 个时间段内建立的国家级自然保护区范围数据。保护区的设立能够减弱保护区内的人类活动强度，但随着时间的推移减弱幅度会逐渐减弱。因此，

本文只考虑保护区建立后 15 年内的影响，并按照每过 5 年人类足迹分值分别减弱 8%、4%和 2%的方法对每期数据进行处理。

4 数据价值

高质量人类活动强度空间数据的制备和发展将有助于更好地理解人类活动影响的强度和范围，在当前气候变化背景下，也将有助于分辨人类活动和气候变化对地球系统的影响，进而推动对地球各圈层变化的理解，对于调控人类活动、促进全球和区域的可持续发展都具有重要现实意义。

青藏高原人类活动强度空间数据集的制备，可为探究青藏高原地区人类活动空间变化特征和规律提供空间数据，也可为探索该地区人类活动与生态环境间的相互作用提供支撑，对于促进整个青藏高原地区的生态环境保护和可持续发展具有指导作用。

5 数据使用方法和建议

1990–2015 年青藏高原人类足迹数据集解压后均为 TIFF 格式，可利用 ArcGIS、QGIS、ENVI 和 ERDAS 等常用的 GIS 和 RS 软件对该数据进行读取和操作。

致 谢

感谢资源环境数据云平台网站提供人口密度和土地利用数据集；感谢美国国家海洋与大气管理局提供 DMSP/OSL 夜间灯光数据集；感谢美国国家航空航天局（NASA）提供道路数据集；感谢联合国粮农组织（FAO）提供道路和牛、羊密度数据集；感谢国家青藏高原科学数据中心提供湖泊数据集；感谢青藏高原科学数据中心提供冰川数据集；感谢联合国环境规划署提供保护区数据。

数据作者分工职责

段群滔（1996—），男，湖南邵阳人，在读硕士研究生，研究方向为人类活动强度空间数据及生态环境评估研究。主要承担工作：前期数据收集、预处理以及青藏高原 6 期人类足迹数据集制作。

罗立辉（1980—），男，湖南常德人，副研究员，研究方向为寒旱区遥感及建模。主要承担工作：数据集制作整体方案思路设计。

参考文献

[1] 叶笃正, 符淙斌, 季劲钧, 等. 有序人类活动与生存环境[J]. 地球科学进展, 2001, 16(4): 453-460.

[2] CRUTZEN P J. Geology of mankind[J]. Nature, 2002, 415: 23.

[3] JONES K R, VENTER O, FULLER R A, et al. One-third of global protected land is under intense human pressure[J]. Science, 2018, 360: 788-791.

[4] KEENAN R J, REAMS G A, ACHARD FRÉDÉRIC, et al. Dynamics of global forest area: Results from the FAO Global Forest Resources Assessment 2015[J]. Forest Ecology and Management, 2015, 352: 9-20.

[5] UNCCD. Global Land Outlook, 1st ed[R]. United Nations Convention to Combat Desertification, Bonn,

2017.

[6] 谢高地, 鲁春霞, 冷允法, 等. 青藏高原生态资产的价值评估[J]. 自然资源学报, 2003, 18(2): 189-196.

[7] 樊杰, 徐勇, 王传胜, 等. 西藏近半个世纪以来人类活动的生态环境效应[J]. 科学通报, 2015, 60(32): 3057-3066.

[8] 张镱锂, 阎建忠, 刘林山, 等. 青藏公路对区域土地利用和景观格局的影响——以格尔木至唐古拉山段为例[J]. 地理学报, 2002, 57(3): 253-266.

[9] 严作良, 周华坤, 刘伟, 等. 江河源区草地退化状况及成因[J]. 中国草地学报, 2003, 25(1): 73-78.

[10] FAN J, WANG H Y, CHEN D, et al. Discussion on Sustainable Urbanization in Tibet[J]. Chinese Geographical Science, 2010, 20(3): 258-268.

[11] 魏彦强, 芦海燕, 王金牛, 等. 近 35 年青藏高原植被带变化对气候变化及人类活动的响应[J]. 草业科学, 2019, 36(4): 1163-1176.

[12] 文英. 人类活动强度定量评价方法的初步探讨[J]. 科学对社会的影响, 1998(4): 55-60.

[13] 张翠云, 王昭. 黑河流域区域人类活动强度的定量评价[J]. 地球科学进展, 2004, 19(Suppl.): 386-390.

[14] 徐勇, 孙晓一, 汤青. 陆地表层人类活动强度：概念、方法及应用[J]. 地理学报, 2015, 70(7): 1068-1079.

[15] 刘世梁, 刘芦萌, 武雪, 等. 区域生态效应研究中人类活动强度定量化评价[J]. 生态学报, 2018, 38(19): 6797-6809.

[16] SANDERSON E W, JAITEH M, LEVY M A, et al. The Human Footprint and the Last of the Wild[J]. BioScience, 2002, 52(10): 891-904.

[17] VENTER O, SANDERSON E W, MAGRACH A, et al. Global terrestrial Human Footprint maps for 1993 and 2009[J]. Scientific Data, 2016, 3: 160067. DOI: 10.1038/sdata.2016.67.

[18] LI S C, ZHANG Y L, WANG Z F. et al. Mapping human influence intensity in the Tibetan Plateau for conservation of ecological service functions[J]. Ecosystem Services, 2017, 30: 276-286.

[19] LUO L H, MA W, ZHUANG Y L, et al. The impacts of climate change and human activities on alpine vegetation and permafrost in the Qinghai-Tibet Engineering Corridor[J]. Ecological Indicators, 2018, 93: 24-35.

[20] VENTER O, SANDERSON E W, MAGRACH A, et al. Sixteen years of change in the global terrestrial human footprint and implications for biodiversity conservation[J]. Nature Communications, 2016, 7: 12558.

[21] GONZÁLEZ-ABRAHAM CHARLOTTE, EXEQUIEL E, GARCILLÁN PEDRO P, et al. The Human Footprint in Mexico: Physical Geography and Historical Legacies[J]. PLoS ONE, 2015, 10(3): e0121203.

[22] ETTER A, MCALPINE C A, SEABROOK L, et al. Incorporating temporality and biophysical vulnerability to quantify the human spatial footprint on ecosystems[J]. Biological Conservation, 2011, 144(5): 1585-1594.

[23] CORREA AYRAM C A, MENDOZA M E, ANDRÉS E, et al. Anthropogenic impact on habitat connectivity: A multidimensional human footprint index evaluated in a highly biodiverse landscape of

Mexico[J]. Ecological Indicators, 2017, 72: 895-909.

[24] 曹子阳, 吴志峰, 匡耀求, 等. DMSP/OLS 夜间灯光影像中国区域的校正及应用[J]. 地球信息科学学报, 2015, 17(9): 1092-1102.

[25] ELLIS E C, RAMANKUTTY N. Putting people in the map: anthropogenic biomes of the world[J]. Frontiers in Ecology and the Environment, 2008, 6(8): 439-447.

[26] 周旭, 赵海根, 吴琳娜, 等. 1976 年以来北洛河流域土地利用变化对人类活动程度的响应[J]. 地理学报, 2014, 69(1): 54-63.

论文引用格式

段群滔, 罗立辉. 1990–2015 年青藏高原人类足迹数据集[J/OL]. 中国科学数据, 2020, 5(3). (2020-01-30). DOI: 10.11922/csdata.2019.0082.zh.

数据引用格式

段群滔, 罗立辉. 1990–2015 年青藏高原人类足迹数据集[DB/OL]. Science Data Bank, 2019. (2019-12-30). DOI: 10.11922/sciencedb.933.

A dataset of human footprint over the Qinghai-Tibet Plateau during 1990–2015

Duan Quntao[1,2], Luo Lihui[1,2*]

1. Northwest Institute of Eco-Environment and Resources, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, P.R. China

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, P.R. China

*E-mail: luolh@lzb.ac.cn

Abstract: In the Qinghai-Tibet Plateau (QTP) where the ecological system is fragile and sensitive, increasing human activities have led to a series of ecological and environmental issues, which provoked social controversies in the recent years. A comprehensive spatial dataset that records human activity intensity is thus critical to analyze the impact of human activities on the alpine ecosystem of the QTP. It would also be very important for regulating human activities and regional sustainable development. In this study, the human footprint index method was adopted to evaluate the intensity of human activity on the QTP, which used six types of spatial data as indicators of human activities, including population density, land use, grazing density, night lighting, railway and road. The dataset records indicators of human activity intensity in the six phases, namely, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010 and 2015.

Keywords: Qinghai-Tibet Plateau; human activity intensity; human footprint

Dataset Profile

Title	A dataset of human footprint over the Qinghai-Tibet Plateau during 1990–2015
Data authors	Duan Quntao, Luo Lihui
Data corresponding author	Luo Lihui (luolh@lzb.ac.cn)
Time range	1990–2015
Geographical scope	Qinghai-Tibet Plateau
Spatial resolution	1 km
Data volume	53.9 MB
Data format	TIFF
Data service system	<http://www.dx.doi.org/10.11922/sciencedb.933>
Sources of funding	National Key R&D Program of China (2019YFC0507405, 2018YFB1502800); The National Natural Science Foundation of China (41871065); The Strategic Priority Research Program of the Chinese Academy of Sciences (XDA23060303).
Dataset composition	This dataset includes human footprints data products for six time periods in the Qinghai-Tibet Plateau, stored as a compressed file named “A dataset of human footprint over the Qinghai-Tibet Plateau during 1990–2015.zip”. It consists of six TIFF files named after the respective years, with a total data volume of 53.9 MB.