

基于 Google Earth 的世界屋脊生态地理区 GlobeLand30 (2010)验证点数据集

王正兴^{1*}, 刘 闯¹, Win Naing Tun²

1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 资源环境信息系统国家重点实验室, 北京 100101,
2. Resource and Environment Myanmar Ltd., Yangon 11201, Myanmar

摘 要: GlobeLand30 (2010)是第一个 30 m 空间分辨率的全球土地覆盖数据库, 由中国国家基础地理信息中心领衔开发完成。为了使用户更好地使用该数据库, 同时也为了未来提高数据开发质量, 2016 年, GEO 组织全球相关科学家对 GlobeLand30 (2010)数据进行了数据质量验证。在世界屋脊生态地理区 400 万平方公里区域内, 采用景观指数法 (LSI), 选择了 801 个验证点, 包括: 耕地 24 个、森林 127 个、草地 331 个、灌木地 116 个、湿地 2 个、水体 10 个、人造地表 1 个、裸地 171 个、冰川和永久积雪 19 个。验证点上土地覆盖的判读分 3 步: (1) 把验证点转化为 30 m × 30 m 的正方形; (2) 把文件转化为 Google Earth 格式 (.kmz); (3) 以 2010 年为基准, 利用 Google Earth 时间序列遥感影像, 结合判读 10 要素进行人工判读, 得到判读结果。该数据集包括验证点的点文件和多边形文件。两个文件的属性都包括 6 个字段: 前 3 个字段 (来自抽样阶段) 包括 SID (样点序号)、LCType (分类代码) 和 LCName (分类名称)。后 3 个字段 (来自判读阶段) 包括 CONF (判读可靠性, 1 表示最好, 唯一分类; 2 表示较好, 有两个可能分类; 3 表示差, 不能用); 采用 Class_1 (可能的分类 1); 和 Class_2 (当 CONF=2 时, 可能的分类 2), 在 801 个样点中, 725 个样点的判读可靠性属于 1 级和 2 级, 占 91.51%; 按照 1 级和 2 级验证点的验证结果, GlobeLand30 (2010)分类精度为 83.86%。如果只使用 Class_1 验证点, GlobeLand30 (2010)分类精度 71.72%。数据集存储为 16 个文件, .shp 和 .kmz 两种格式, 数据量 550 KB (压缩为 3 个文件, 141 KB)。

关键词: 土地覆盖, GlobeLand30 (2010), 世界屋脊生态地理区, 验证样点, 数据精度评估, Google Earth

DOI: 10.3974/geodp.2019.03.06

1 前言

为了辅助全球尺度的科学研究与决策, 自 1990 年初以来, 国际土地覆盖界先后开发了 4 套全球 1 km 土地覆盖产品。这些产品各自采用相似的原始数据、统一的分类系统和分类方法, 在某种程度上解决了国别尺度上的不一致问题。但这些产品空间 1 km 分辨率远大于

收稿日期: 2019-03-18; 修订日期: 2019-05-18; 出版日期: 2019-09-25

基金项目: 中华人民共和国科学技术部 (2016YFA0600201)

*通讯作者: 王正兴 L-5255-2016, 中国科学院地理科学与资源研究所, wangzx@igsnrr.ac.cn

数据引用方式: [1] 王正兴, 刘闯, Win Naing Tun. 于 Google Earth 的世界屋脊生态地理区 GlobeLand30 (2010)验证数据集[J]. 全球变化数据学报, 2019, 3(3): 259-267. DOI: 10.3974/geodp.2019.03.06.

[2] 王正兴, 刘闯. 基于 Google Earth 的世界屋脊生态地理区 GlobeLand30(2010)验证点数据集 [DB/OL]. 全球变化科学研究数据出版系统, 2018. DOI: 10.3974/geodb.2018.02.05.V1.

主要人类活动所直接影响的尺度 (~30 m)。因为某些“分类”实际上是“多类别的混合”，导致土地覆盖产品的精度难以验证，某些检测出的变化难以解释。由于这4种全球1 km土地覆盖数据库的验证精度只有66.9%–78.3%，严重阻碍了土地覆盖数据的使用^[1-5]。在2000年代中后期，欧洲宇航局把全球土地覆盖数据库的空间分辨率由1 km提高到300 m，但是其分类精度依然只有67.5%–73.1%，距实际需求还有差距^[6-8]。

2008年USGS免费开放全球Landsat数据后^[9]，全球土地覆盖产品研究由300 m跃升到30 m尺度。除了全球30 m森林^[10]等单项数据库外，更重要的是全要素的全球土地覆盖数据库，其中包括本文验证的全球土地覆盖数据库：Globeland30。Globeland30数据库开发由中国国家基础地理信息中心组织，以30 m分辨率遥感数据为基本数据源，采用全球10类土地覆盖分类系统，采用“像元-对象-知识”三层次(Pixel-Object-Knowledge: POK)逐步细化分类算法^[11-12]，数据库的代表时间为2000年和2010年。2014年由中国政府捐献给联合国供全球免费共享^[13]，得到全球用户的应用和研究^[14-15]。

作为首个30 m尺度的全球土地覆盖产品，Globeland30尽管在方法上作了改进，但难免出现预想不到问题。其实对遥感土地覆盖产品可靠性的疑问一直存在^[16]。为了进一步改进产品，国家基础地理信息中心在2014年筹划第三方全球验证，并在2015–2016年之间开展了数次验证培训与技术交流。验证的组织方式是依托国际对地观测组织(GEO)征集感兴趣的成员完成熟悉地区的验证工作。验证技术方案分两个层面：一种是“全球精度评估”，一种是“分区精度评估”。后者由4个地区组成，本文“世界屋脊地区”是其中之一。

验证本应是土地覆盖产品开发的组成部分，但是数据稀缺时代无暇顾及数据质量。随着各种土地覆盖数据的出现，对数据质量提出了更高的要求，这也包括验证数据的质量。为了促进验证数据的广泛应用，“基于Google Earth的世界屋脊生态地理区Globeland30(2010)验证点数据集”^[17]已经正式出版。本文介绍验证数据集生成方法，并重点关注两个问题：(1)在世界屋脊这一人迹罕至的地区，作为主要参考数据的GoogleEarth历史影像在多大程度上可以满足Globeland30(2010)的验证需求；(2)以Google Earth有效验证点为基础，Globeland30(2010)的精度。

2 数据集元数据简介

基于Google Earth的世界屋脊区GlobeLand30(2010)产品验证点数据集^[17]的元数据如表1。

3 验证数据开发方法

土地覆盖数据库分类精度验证一般包括验证点抽样、验证点判读、和分类精度评估三部分^[19]。其中，验证点抽样设计由验证项目组统一完成，实际抽样需要根据本地地区的复杂性选择置信水平以决定抽样多少。因此本文重点介绍验证点判读和分类精度评估。

3.1 研究地区以及验证点抽样

“世界屋脊区”，是以青藏高原为核心的高原山地区，具体范围采用文献^[20]提供的边界。根据该界线数据集，本区面积为4,000,947 km²，其中海拔高度4000 m以上的面积占

53.75%。这种广大的面积、巨大的相对高差造成了土地覆盖类型的多样性，为 GlobeLand30 的全球验证提供了广泛的代表性。

验证点的抽样方法采用项目组推荐的“基于景观形状指数的地表覆盖检验样本自适应抽样方法”^[21]，具体操作在项目组验证平台^[22]完成。考虑到待验证地区土地覆盖复杂性，抽样时选取了 95%的置信水平。在该水平下，抽取了 801 个验证点，其空间分布如图 1，在各个类别之间的分布如表 2。从图 1 可见，在高原面以上广大地区，抽样密度相对较小，而在南部边缘区，地面异质性强，抽样密度大。

表 1 基于 Google Earth 的世界屋脊区 GlobeLand30 (2010)验证数据集元数据简表

条 目	描 述
数据集名称	基于 Google Earth 的世界屋脊生态地理区 GlobeLand30 (2010)验证点数据集
数据集短名	ValPlotROTWGlobeLand30(2010)
作者信息	王正兴 L-5255-2016, 中国科学院地理科学与资源研究所, wangzx@igsnrr.ac.cn 刘 闯 L-3684-2016, 中国科学院地理科学与资源研究所, lchuang@igsnrr.ac.cn Win Naing Tun, Resource and Environment Myanmar, winnaingtun@enviromyanmar.net
地理区域	世界屋脊地区。 经纬度范围: 23°11'59.47"N-40°1'8.67"N; 61°29'27.44"E-105°43'28.33"E
数据年代	2010 年
空间分辨率	30 m
数据格式	.shp、.kmz
数据量	550 KB (压缩后 141 KB)
数据集组成	验证点空间位置与判读结果, 压缩后包括 3 个文件 (1 个数据集, 3 种表达形式): Sample_LSI_ROTW_Point.kmz: “点”格式 (point) Sample_LSI_ROTW_Square.kmz: 以“点”为中心, 边长为 30m 的正方形格式 (Polygon) ValPlotROTWGlobeLand30(2010).rar: 以上两个文件对应 shapefile 的压缩格式
基金项目	中华人民共和国科学技术部 (2016YFA0600201)
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 ^[18]
数据和论文检索系统	DOI, GCdataPR, DCI、GEOSS, ChinaGEO, CSCD

3.2 验证点判读

验证点判读是以参考数据为基础, 运用地学和遥感知知识, 按照待验证土地覆盖数据库的分类定义, 对抽样阶段获得的验证点进行分类, 并对判读的可靠性进行评估。

3.2.1 基本判读单元

根据抽样算法^[21], 每个抽样“点”实际代表一个 30 m×30 m 的像元。实际判读时, 需

要根据参考数据放大与缩小，因此基本判读单元的边界应该明确定义：是以抽样“点”为中心，以边长为 30 m 的正方形（图 2）。但是，为了更好地判读基本单元，需要参考更大空间的信息。本文“基本判读单元”与“验证点”实际含义相同。

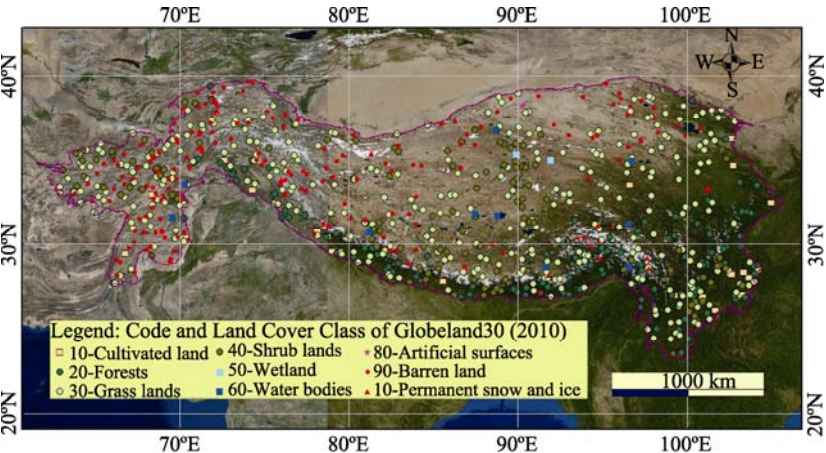


图 1 世界屋脊区基于景观指数的验证点空间分布

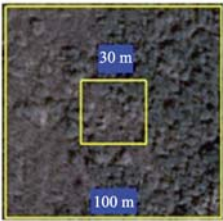


图 2 基本判读单元

3.2.2 参考数据

由于本案是世界海拔最高地区，有一定的永久冰雪分布，其验证点判读需要最热月的信息。因此，本文使用的参考数据主要是 GoogleEarth 平台的历史时期卫星遥感数据。参考数据的时间以 2010 年为基础，但是可以借鉴地学知识扩大时间范围。

3.2.3 基本判读元素及其在世界屋脊区的特点

在利用 GoogleEarth 卫星遥感数据判读验证点时，可以 10 个基本判读要素（表 3）为基础，并综合运用该地区相关地学知识进行判读。在这 10 个基本判读要素中，前 7 个是早期模拟遥感数据判读常用要素^[23]，后 3 个是 GoogleEarth 卫星遥感数据新增的元素。结合世界屋脊区，本地区判读有如下特点。

植被在真彩色影像中的颜色：与世界大部分地区相比，本区最大特点是气温低，生长季短，而且在短暂的生长季云雾多，高质量遥感影像少。这导致植被在主要参考数据上并非总是典型的绿色。植被的判读更多依赖纹理、形状、阴影等元素。

时间序列信息：多个季节的参考数据有助于任何验证点判读，而对冰川验证点的判读是不可或缺的。很多高海拔地区被冰雪覆盖，但是只要在夏季出现一次“没有冰雪”，就可以一票否决。

空间地带性信息：验证点的与周边的“位置”关系可以辅助判读，但是一般指局部的依赖性。表 3 中增加“空间地带性信息”旨在扩大空间参考范围。在 GoogleEarth 环境下，有时仅靠验证点局部信息难以判读，但是在同一景（相同时间）数据上，成像条件相似，像元之间是可以相互比较的。把验证点局部放在全景下，可以更可靠地判断这个“基本判读

表 2 验证点土地覆盖类型分布

LCType	覆盖类型	样点数
10	耕地	24
20	森林	127
30	草地	331
40	灌木	116
50	湿地	2
60	水体	10
80	人造覆盖	1
90	裸地	171
100	永久冰雪	19
合计		801

单元”在某个水平地带或者垂直地带上的代表性。

3.2.4 判读可靠性、样地质量、与判读分类

判读可靠性是指判读人员在综合运用参考数据和地学知识以后对特定验证点判读可靠程度的主观判断。其原因既可能是客观的（参考数据质量差），也可能是主观的（判读员对该地区不了解）。对任意样点判读的可靠性（对应样点质量）可分为 3 种，各种质量样点有不同分类结果。

表 3 基于 Google Earth 的验证点判读可以参考的 10 个要素

要素	要素特征：以世界屋脊区（RoTW）为例
1.形状	判读对象的外轮廓。某些类别可能仅仅靠形状即可判读。
2.大小	对象的尺寸。基本判读单元可作为参照尺寸。
3.模式	对象之间空间关系。属于重要的地学知识，但是利用计算机分类时使用较少。
4.阴影	阴影有多种，有些妨碍判读，有些导致误判，有些辅助判读。
5.色调	对象的亮度和颜色。在世界屋脊区，参照数据的植被通常不是绿色。
6.纹理	对象色调以某种模式重复出现的现象。如林、灌、草冠层的颗粒感差异。
7.位置	对象所处的位置，对应一种特定的生态环境。如“湿地”是作为“对象”分类的。
8.时间序列	多年、多季节数据通常有助于判读，有时不可或缺。
9.空间序列	在一个整体的水平地带或垂直地带中，可以更准确地判读局部。
10.海拔	海拔决定了验证点所处的关键生态带：林线以下、林线与雪线之间、雪线以上。

高质量样点：可以明确判定只属于一个土地覆盖类型。高质量样点满足 4 个特征：时间有效；空间分辨率较高；光谱清晰；优势分类明显。

中质量样点：不能确定是一个类型，但是可以确定属于二个类型之一。例如自然地带性连续过渡区，人类活动两个类别交错区。

低质量样点：因为参考数据各种数据质量问题，或者判读员知识欠缺，无法判读验证点类型。

根据判读可靠性，高质量验证点全部参与分类精度评估；中质量验证点全部参与分类精度评估，但是其两个类型的选择决定了分类精度评估的区间；低质量验证点不参与分类精度评估。

4 验证点判读结果

4.1 验证点可靠性

根据以上判读标准，在 801 个样点中，高质量样点 479 个，占 59.80%；中质量样点 246 个，占 30.71%；低质量样点 76 个，占 9.49%。剔除低质量样点后，用其余 725 个样点（占总样点的 91.51%）对分类精度进行评估。样点质量分布如图 3。低质量的判读样点主要分布在西部和北部边缘。这可能跟这些地区经济活动较少，GoogleEarth 存档的高质量遥感较少有关。

4.2 基于可靠验证点的 Globeland30 (2010)分类精度评估

“中质量验证点”可能有两种分类结果：只认定第一种分类是“正确”；认定两种

分类都“正确”。这两种假设分别对应分类精度评估的两个结果：“最低分类精度”和“最高分类精度”。

(1)最低分类精度。如果只认定“中质量验证点”的“第一个可能分类(Class=1)”，则可以形成混淆矩阵(表3)，验证点判读分类与 Globeland30 (2010)的一致性如图4。根据这一标准，总分类精度为 71.72%，Kappa 系数 0.62。由于舍弃了“中质量验证点”的“第二个可能分类(Class=2)”，因此可以说 Globeland30 (2010)在本区的总体精度在 71.72%以上。在分类精度中，农田(LCType=10)的生产者精度只有 37.04%，但是用户精度高达 86.96%，说明农田存在严重的“漏分”问题。

(2)最高分类精度。如果认定“中质量验证点”的“两个可能分类(Class=1, Class=2)”都“正确”，则可以形成混淆矩阵(表4)。根据这一标准，总分类精度 83.86%，Kappa 系数 0.7811。同理，由于放松了“中质量验证点”的判读标准，因此 Globeland30 (2010)在本区的总体精度在最高不会超过 83.86%。其中农田(LCType=10)的生产者精度只有 43.75%，但是用户精度高达 91.30%，说明存在严重的“漏分”问题。

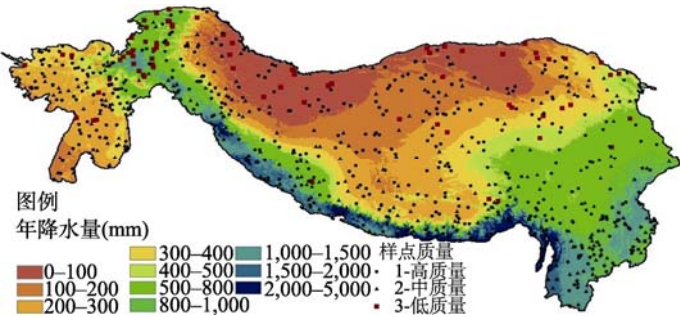


图 3 验证点可靠性空间分布

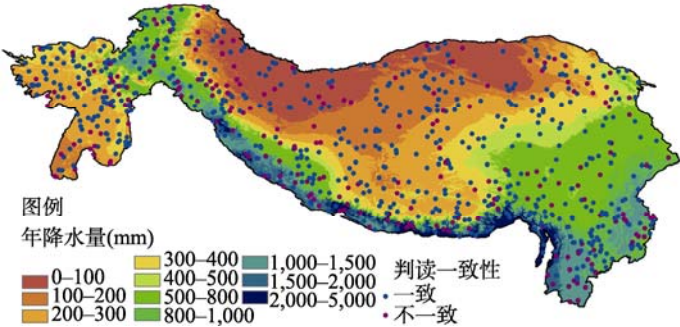


图 4 验证点判读与 Gloneland30 (2010)一致性

5 讨论

(1)世界屋脊区 Globeland30 (2010)的主要分类错误。从表 2、表 3 和表 4 可知，在 24 个“农田(LCType=10)”验证点中，23 个为有效验证点。其中 20 个(表 3) 21 个(表 4)已经被基于参考数据的判读证实，具有较高的用户精度(86.96%-91.30%)。但是，根

(3) 验证对分类改进的建议：本案农田样点的分类精度最低（漏分），其中西部干旱区大面积农田的漏分，是因为休闲期农田光谱特征与裸地和稀疏草地相似。人工判读时可以参照地学知识可靠地判读为农田。建议对于干旱区农田开发专门算法，充分利用纹理等信息，必要时增加人工知识后处理。

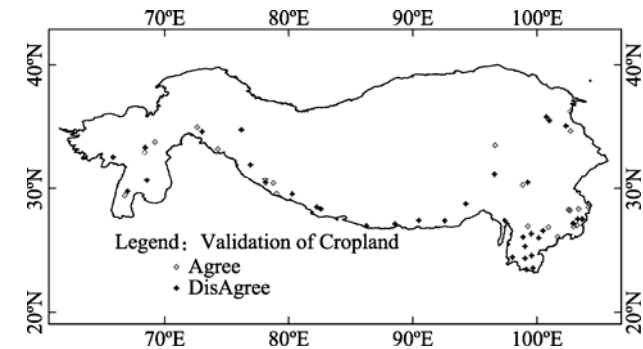


图 5 农田验证点及其判读一致性空间分布



图 6 西部干旱河谷区被漏分农田

6 结论

以 Google Earth 遥感影像为参考数据对世界屋脊区 Globeland30 (2010)有效验证时，有效验证点占 90.51%，可以参与分类精度评估。未来可以考虑补充其他参考数据源，以保障与验证点抽样时的统计假设的一致性。

基于有效验证点对世界屋脊区 Globeland30 (2010)分类精度表明，总精度为（最低）71.72%–（最高）83.86%；Kappa 介于（最低）0.62–（最高）0.78。

未来提高分类精度的重点是农田，包括西部干旱河谷大面积农田的分类，和东南部横断山脉破碎地貌环境下小块农田与草地镶嵌混合的分类。

作者分工：王正兴对验证数据集开发做了总体设计，完成中国部分验证点判读，撰写了数据论文初稿；刘闯指导了总体设计，提供了研究地区边界数据，修改了初稿；Win Naing Tun 完成了缅甸部分验证点判读。

致谢：感谢中国国家地理信息中心陈军教授团队提供 Globeland30 (2010)数据以及验证技术培训。感谢韩刚博士对使用 Globeland30 在线验证系统的指导。

参考文献

[1] Belward, A. S., Estes, J. E., Kline, K. D. The IGBP-DIS Global 1-Km land-Cover Data Set DISCover: A Project Overview [J]. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 1999, 65(9): 1013–1020.

[2] Scepan, J. Thematic validation of high-resolution global land-cover data sets [J]. *Photogrammetric engineering and remote sensing*, 1999, 65(9): 1051–1060.

[3] McCallum, I., Obersteiner, M., Nilsson, S., *et al.* A spatial comparison of four satellite derived 1 km global land cover datasets [J]. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2006, 8: 246–255.

- [4] Herold, M., Mayaux, P., Woodcock, C. E., *et al.* Some challenges in global land cover mapping: an assessment of agreement and accuracy in existing 1 km datasets [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2008, 112(5): 2538–2556.
- [5] 吴文斌, 杨鹏, 张莉等. 四类全球土地覆盖数据在中国区域的精度评价[J]. *农业工程学报*, 2009, 25(12): 167–173.
- [6] ESA, European Space Agency. GlobCover products description and validation report [OL]. ftp://uranus.esrin.esa.int/pub/globcover_v2/global/GLOBCOVER_Products_Description_Validation_Report_I2.1.pdf, 2008.
- [7] ESA, European Space Agency. GlobCover 2009 products description and validation report [OL]. ftp://due.esrin.esa.int/globcover/LandCover2009/GlobCover2009_Validation_Report_2.2.pdf, 2011.
- [8] Bontemps, S., Defourny, P., Bogaert, E. V., *et al.* GlobCover 2009-Products description and validation report [R]. 2011.
- [9] Wulder, M. A., White, J. C., Goward, S. N., *et al.* Landsat continuity: issues and opportunities for land cover monitoring [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2008, 112(3): 955–969.
- [10] Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., *et al.* High-resolution global maps of 21st-century forest cover change [J]. *Science*, 2014, 342(6187): 850–853.
- [11] 陈军, 陈晋, 廖安平等. 全球 30 m 地表覆盖遥感制图的总体技术[J]. *测绘学报*, 2014(6): 551–557.
- [12] Chen, J., Chen, J., Liao, A., *et al.* Global land cover mapping at 30 m resolution: A POK-based operational approach [J]. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 2015, 103: 7–27. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2014.09.002.
- [13] Chen, J., Ban, Y., Li, S. China: Open access to Earth land-cover map [J]. *Nature*, 2014, 514(7523): 434.
- [14] Mcroberts, R. E. Satellite image-based maps: scientific inference or pretty pictures? [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2011, 115(2), 715–724.
- [15] Chen, J., Cao, X., Peng, S., *et al.* Analysis and applications of globeland30: a review [J]. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2017, 6(8): 230. DOI: 10.3390/ijgi6080230.
- [16] 胡菊菊, 陈军, 彭舒. Globeland30 地表覆盖研究的热点分析[J]. *遥感信息*, 2018(4): 1–7.
- [17] 王正兴, 刘闯. 基于 Google Earth 的世界屋脊生态地理区 GlobeLand30 (2010)验证点数据集[DB/OL]. 全球变化科学研究数据出版系统, 2018. DOI: 10.3974/geodb.2018.02.05.V1.
- [18] 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)
- [19] Olofsson, P., Foody, G. M., Herold, M., *et al.* Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2014, 148(5): 42–57.
- [20] 刘闯, 石瑞香, 陈文波. 世界屋脊生态地理区区域界线地理信息系统数据集 (ROTWBND), 全球变化科学研究数据出版系统, 2014. DOI: 10.3974/geodb.2014.01.01.V1.
- [21] 陈斐, 陈军, 武昊, 等. 基于景观形状指数的地表覆盖检验样本自适应抽样方法[J]. *中国科学: 地球科学*, 2016, 46(11): 1413.
- [22] Globeland30 在线验证系统[OL]. <http://gleval.geo-compass.com/> [访问时间: 2019-06-01]
- [23] Lillesand, T. M., Kiefer, R. W. *Remote Sensing and Image Interpretation* [M]. New York: John Wiley & Sons, 1979.