

引用格式:马延慈,明艳芳,王凯,等. 基于高分辨率人工识别地表类型的GlobeLand30产品精度评价[J]. 山东科技大学学报(自然科学版),2018,37(5):1-10.

MA Yanci, MING Yanfang, WANG Kai, et al. Precision evaluation of GlobeLand30 products based on high-resolution artificial identification land type[J]. Journal of Shandong University of Science and Technology(Natural Science), 2018, 37(5): 1-10.

基于高分辨率人工识别地表类型的 GlobeLand30产品精度评价

马延慈¹, 明艳芳¹, 王凯¹, 苏庆华^{1,2}

(1. 山东科技大学 测绘科学与工程学院, 山东 青岛 266590; 2. 曲阜师范大学 地理与旅游学院, 山东 日照 276826)

摘要: 我国国家地理基础信息中心2014年推出的全球首套30 m分辨率地表覆盖遥感制图数据产品(GlobeLand30)在土地资源利用、地理国情监测、气候变化研究等领域具有重要作用。为评价该产品精度,采用2 m分辨率人工识别土地类型产品,选取两个典型研究区域,通过空间统计分析、空间一致性分析和空间混淆分析手段,结合高程等因素对GlobeLand30数据产品中的各地表覆盖类型进行精度评价,综合分析影响精度的原因。研究表明:产品总体一致性稳定在70%左右,各地类判别精度具有较大差异,影响精度的因素主要在于地形地貌特征与光谱相似性质。

关键词: 土地覆被产品; 精度评价; 人工识别土地类型产品; GlobeLand30

中图分类号:P237

文献标志码:A

文章编号:1672-3767(2018)05-0001-10

DOI: 10.16452/j.cnki.sdkjzk.2018.05.001

Precision Evaluation of GlobeLand30 Products Based on High-resolution Artificial Identification Land Type

MA Yanci¹, MING Yanfang¹, WANG Kai¹, SU Qinghua^{1,2}

(1. College of Geomatics, Shandong University of Science and Technology, Qingdao, Shandong 266590, China;

2. Geography and Tourism College, Qufu Normal University, Rizhao, Shandong 276826, China)

Abstract: GlobeLand30, the world's first set of 30 m resolution surface coverage remote sensing mapping data product released by National Geomatics Center of China in 2014, plays an important role in the fields of land resource utilization, geographic condition monitoring and climate change research. In order to evaluate the accuracy of this product, two typical study areas were selected and the 2 m high-resolution artificial identification of land type products was used to analyze the precision of the GlobeLand30 data products through spatial statistical analysis, spatial consistency analysis, and spatial alienation analysis in combination with elevation. In this way, the factors influencing precision were analyzed synthetically. The results show that the overall consistency of the product keeps about 70%, and the discrimination precision is quite different among different land types. The factors influencing precision mainly lie in the topographic and geomorphological features and spectral similarities.

Key words: land cover products; precision evaluation; artificial identification of land type products; GlobeLand30

收稿日期:2017-09-01

基金项目:国家自然科学基金项目(41771408);山东科技大学研究生科技创新基金项目(SDKDYC170209)

作者简介:马延慈(1994—),女,山东济宁人,硕士研究生,主要从事定量遥感基础研究. E-mail:mayanci_rs@163.com

明艳芳(1975—),女,山东枣庄人,讲师,博士,主要从事土地覆盖及土地变化遥感监测方面的研究,本文通信作者.

E-mail:myf414@163.com

地表覆被是地球表面各种物质类型及其属性特征的综合体^[1],其空间分布变化反映了人类社会的经济活动发展过程。同时地表覆被的变化也会影响地球表面物质和能量的循环过程,继而对区域及全球的环境与气候产生重要影响^[2]。精准的地表覆被数据对于研究社会经济发展的健康状况、指导土地科学利用,以及研究区域乃至全球的生态环境及气候变化具有重要意义^[3-5]。

中国国家基础地理信息中心 2014 年推出了 30 m 分辨率的全球地表覆盖遥感数据产品(GlobeLand30),大大提高了全球地表覆盖产品的空间分辨率,该产品已被广泛应用于区域经济分析、区域及全球气候变化研究中。Shi 等^[6]在将 GlobeLand30 数据产品应用于陆面-大气耦合过程中,反演了全球气温和降水的分布特征。Dong 等^[7]以 GlobeLand30 产品为参考数据,对 MODIS 土地覆盖产品进行了省级尺度的一致性分析与评估。陈军等^[8]利用该数据产品提取地表覆盖面积,分析了全球城乡建设用地的空间分布状况。

随着该数据产品应用的不断深入,针对该产品精度验证的工作正逐步开展。Chen 等^[9]通过与分辨率相近的地表类型产品的比较,验证了 GlobeLand30 数据产品在全球范围的精度;Brovelli 等^[10]选取意大利境内的八个研究区,对比分析了 GlobeLand30 数据产品在意大利地区的相对精度;Manakos 等^[11]使用希腊境内部分区域的多种地表类型产品,对 GlobeLand30 产品水体类型的判别精度进行了分析;孟雯等^[12]以陕西省为例,利用样本分层抽样法评估了该产品的区域精度;黄亚博等^[13]利用 1:10 万土地利用数据结合野外考察样本分析了 GlobeLand30 产品在河南地区的精度。总结国内外针对 GlobeLand30 产品的精度验证工作发现,参考数据多使用与该产品空间分辨率相近的数据产品,受空间分辨率限制,参考数据本身的分类精度无法保障,由此得到 GlobeLand30 产品的相对精度验证结果缺乏说服力。另外,现有的 GlobeLand30 产品的验证工作多停留在局部尺度下针对特定地类进行,无法描述其总体精度状况。为全面、可靠评价 GlobeLand30 的产品精度,本研究使用高分辨率人工识别土地类型产品作为参考数据评价 GlobeLand30 产品的精度,参考数据使用 2 m 分辨率的高质量卫星数据,通过人机交互、目视解译制作而成,结合专家的分类知识与经验,参考多样辅助数据,其分类结果具有更高的可靠性,基于以上高分辨率地表类型数据对研究区内 GlobeLand30 产品的所有类型进行综合评价,有效解决了 GlobeLand30 产品精度评价由于参考数据空间分辨率有限以及评价类型单一导致的评价结果缺乏说服力的问题。

1 研究区及数据

1.1 研究区概况

考虑到地表类型产品误判情况主要有草地、林地和耕地三者混分,河流等水体漏判,道路等人造地表的漏判等几方面,选取两研究区进行分析,所选研究区地表类型分布全面,且暴露出地表类型产品的误判情况也十分全面,故选取这两个案例进行分析评价,能做到比较全面地反映 GlobeLand30 土地产品精度情况。研究区 1 位于沿海地区,区域总面积为 1 615 km²,地表类型呈多样性,且区域地块多以碎斑块形式分布,这种地表特征易出现地类误判情况。研究区 2 位于内陆地区,区域总面积为 3 166 km²,境内流域面积 10 km²以上的各类河流 53 条,区域水资源丰富,重点验证数据产品水体类型的判别精度。

1.2 数据来源

1.2.1 GlobeLand30 数据产品

GlobeLand30 土地覆被数据集主要使用美国陆地资源卫星(Landsat)TM5、ETM+ 和中国环境减灾卫星(HJ-1)的 30 m 多光谱影像作为分类影像,采用 WGS84 坐标系统和 UTM 投影,覆盖了南北纬 80% 的陆地范围,该产品将地表类型分为耕地、林木、水体、人造地表、草地、灌木地、湿地、苔原、裸地、冰川和永久积雪等 10 个类别。地表类型分类过程运用基于自动识别的逐类型分层分类与单类型分类相结合的分类方法^[13],主要通过各类型地物的不同光谱特征进行自动地类识别,由于地物波谱具有同物异谱和同谱异物现象,判别精度受到一定限制。

1.2.2 高分辨率人工识别土地类型产品

通过人机交互、目视解译得到 2010 年的 2 m 分辨率地表覆盖影像,其中地类判别过程结合专家经验,由

于可借助的信息较为丰富,如纹理信息、地形地貌特征等,相对自动识别方法,地类判别精度得到大幅提升,是最接近地表实际情况的高分辨率土地类型产品。本研究以 2 m 分辨率人工识别土地类型产品作为研究参考数据,对 GlobeLand30 数据产品中的对应地表类型进行精度评价。

1.3 数据预处理

GlobeLand30 数据产品与参考数据在空间分辨率、投影方式等方面不尽相同,因此要对数据进行预处理,操作流程如图 1 所示。

首先,将数据产品统一到相同的坐标系和地理投影下,便于进行空间叠加分析,归并统一数据产品地类,两数据产品地物类别存在一对一和一对多的关系;然后以表 1 为类别转换参照,将地类进行重分类^[14];最终使两数据产品拥有相同的地表类型体系与投影方式。由于其他用地类型只存在于参考数据分类体系中,且所占的面积比例较小,加之待验证数据产品中并无可与其相归并的类别,不再对其进行精度评价。

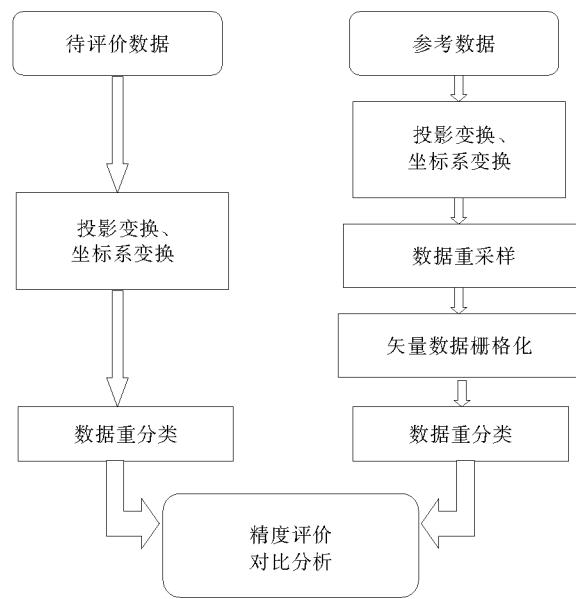


图 1 待评价数据与参考数据处理流程图

Fig. 1 Evaluation data and reference data processing flow chart

表 1 不同土地覆被分类系统间的类别对应关系

Tab. 1 Category correspondence between different land cover classification systems

同一类别	Globeland30	2 m 分辨率数据
耕地	耕地	农作物,园艺果树,农业设施用地
林木	森林	林木
其他用地		其他用地
水域	湿地,水体,海域	水域
人造地表	人造地表	建筑物,道路
草地	草地	草地

2 研究方法

从栅格像元的角度出发,将空间统计、空间一致性和空间混淆三种评价方法相结合,借助多种评价指标,对地表覆被数据和参考数据进行对比分析,得到 GlobeLand30 产品在面积以及空间位置上的精度情况。

2.1 空间统计分析

利用逐像元分析方法评价待验证数据与参考数据的空间相似程度。分别统计不同数据各地类像元数,根据像元数计算各地类覆盖面积及所占比例,进而分析两类数据的空间相似程度。另外,本研究以参考数据为基准,引入误差系数来定量反映待评价数据与参考数据间的差异^[15]。

$$C = \left| \frac{K_i - N_i}{N_i} \right| \times 100\% \quad (1)$$

其中:C 为误差系数,%; K_i 为待评价地表数据产品中第 i 类土地面积, m^2 ; N_i 为参考数据中第 i 类土地面积, m^2 。计算出的误差系数越小,表明待评价数据与参考数据越接近,反之,二者之间的误差越大。

2.2 空间一致性评价

选择两种产品各地类的一致性比率 $A_i(\%)$ 与总体一致性比率 $B(\%)$ 来定量分析 GlobeLand30 产品与参考数据的空间一致性,两一致性指标计算公式如式(2)~(3)所示。一致性指标数值越大,则待验证数据与参考数据一致性越高,其对应精度越高,反之越低。

$$A_i = \frac{T_i}{\frac{(M_i + N_i)}{2}} \times 100\%, \quad (2)$$

$$B = \frac{\sum_{i=1}^k T_i}{S}。 \quad (3)$$

其中: M_i 与 N_i 分别为参考数据 M 与待验证数据 N 中第 i 类土地覆被类别的像元数; T_i 为相同位置两种产品均为类别 i 的像元数, k 为不同类别个数。

2.3 空间混淆评价

一致性评价能定量描述两种产品类别总体间以及各类地物间的一致性水平,但无法描述产品地类的混淆程度以及空间分布,空间混淆评价可以实现以上信息的获取。空间混淆评价是进行土地覆盖数据集精度评价的常用方法,在精度评价中至关重要^[16-19]。利用叠加分析的方法,得到两种地表覆盖产品在相同位置的覆盖类型关系,并在对叠加结果汇总分析前提下,建立起 GlobeLand30 产品与参考数据产品的土地覆被类别混淆矩阵,混淆矩阵中的元素是各地类的像元数,其主对角线上的元素是待评价产品中各地类被正确判别的像元数,即主对角线元素数值越大其对应的分类精度就越高,反之越低。另外,通过混淆矩阵可以得到 Kappa 系数以及用户精度与制图精度等精度评价指标。总体精度反映所有类型中正确分类面积的比例;制图精度反映某一类型正确分类的面积占待验证数据中该类型总面积的比例,也就是实际对应某一类别的地表被正确分类的比例;用户精度反映某一类型正确分类的面积占参考数据该类型总面积的比例;Kappa 系数是用来评价待验证数据地类判别的精度和一致性的综合指标。以上几种指标的计算公式如式(4)~(6)所示^[20]。

$$PA_i = \frac{n_{ii}}{n_{+i}}, \quad (4)$$

$$UA_i = \frac{n_{ii}}{n_{i+}}, \quad (5)$$

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r n_{ii} - \sum_{i=1}^r (n_{i+} n_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (n_{i+} n_{+i})}。 \quad (6)$$

其中: N 为总像元数; n_{ii} 为正确分类像元数; n_{+i} 为待评价数据中某一类型像元数; n_{i+} 为参考数据中某一类型像元数; r 为分类数量。

2.4 DEM 高程数据辅助

目视解译比较结果发现地形起伏地区易发生地类误判,常出现耕地、林地和草地三种类型混淆现象,为确定地形与类型误判的关系,本文结合研究区 DEM 高程数据进行误差原因分析,研究地形起伏对地表类型分类的影响,重点分析地形起伏区域地表类型误判情况。

3 结果与分析

3.1 空间统计分析

图 2 是研究区 1 不同土地类型的面积对比情况。在参考数据中,研究区 1 的 2010 年耕地、林地、人造地表、水体和草地分别占研究区总面积的 46.13%、25.38%、17.65%、10.48% 和 0.35%。在待评价数据中,以上五种地物类型的比例分别为 70.66%、8.04%、8.55%、8.05% 和 4.70%,可以看出,从面积分布来看,二者

具有较高的一致性,但不同地物类型分类精度存在较大差异,其中耕地、林地、草地的误差相对较大,分别为53.16%、68.30%、123.49%,水体判别误差较低,仅为23.22%。结合以上结论,对该研究区选取典型区域重点分析耕地、林地和草地三者的混分现象。

图3为研究区2中不同土地类型的面积对比情况。参考数据中,2010年研究区2的土地类型以耕地、林地和人造地表为主,分别占区域总面积的70.51%、10.15%和14.93%,水体和草地较少,所占比例为4.30%和0.12%。通过待验证数据土地类型与参考数据的对比可以看出,在该研究区内同样存在不同土地类型误差相差较大的问题。其中,耕地类型的判别与参考数据最为接近,误差为22.02%,GlobeLand30产品中人造地表面积略小于参考数据水平;水体和林地类型误差系数较大,说明待验证数据水体与林地类型判别精度较差,漏分严重。

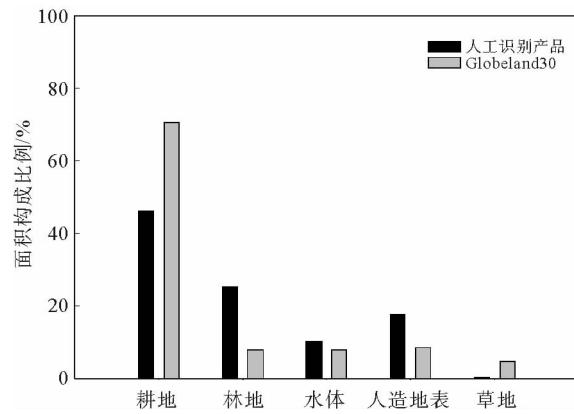


图2 研究区1人工识别产品与待评价产品
不同类型土地面积对比

Fig. 2 Comparison of land areas for artificial identification products and products to be evaluated in study area 1

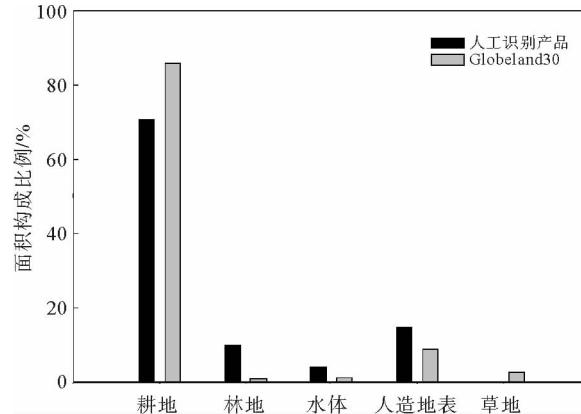


图3 研究区2人工识别产品与待评价产品
不同类型土地面积对比

Fig. 3 Comparison of land areas for artificial identification products and products to be evaluated in study area 2

3.2 空间一致性分析

对研究区两数据产品地表类型逐像元比较,结合总体一致性比率与各地类一致性比率分析,两研究区数据产品总体一致性比率分别为65.52%和78.87%。两者不同地类空间一致性差异较大,其中耕地类别判别精度最好,研究区1、2对应的一致性比率分别为76.34%与88.40%,反映大部分耕地被正确分类;水体类型一致性比率分别为67.50%与36.79%;人造地表类型一致性比率分别为57.76%与66.63%;林木类型空间一致性较差,对应一致性比率分别为46.37%与16.69%;草地类型空间一致性极差,一致性比率仅为0.37%和0.49%,即绝大多数草地没有被正确分类。

3.3 空间混淆分析

在逐像元比较空间一致性基础上,统计得到两数据产品地类混淆矩阵,来分析研究区1地类混淆情况,进而评价研究区分类精度。表2为待验证数据与参考数据所对应的混淆矩阵。可以看出:①耕地类型判别精度最好,制图精度达97.31%,用户精度62.80%,即待验证数据产品中耕地类型像元数较参考数据对应类型像元数略多,说明实际为耕地类型的地表绝大多数被正确分类,但待评价数据中的耕地混有少部分其他地类,这是因为耕地特征明显,分类时较易辨识。②林木类型制图精度与用户精度分别为30.56%和96.07%,体现了林木类型漏判现象严重,多判现象较为少见。林木多分布于地形起伏地区,且与草地、耕地等多种植被类型高度混合,自动识别方法主要依靠地物不同光谱特征^[21],因此自动识别方法判别林木类型难度较大,漏判现象严重。③水体类型的用户精度与制图精度均稳定在70%左右,即多判与漏判现象均较常见。这是由于河流、湖泊等水体受季节影响较大,所采用的分类数据时相与人工识别分类数据不一致带来的误差^[22]。④人造地表类型制图精度43.01%,用户精度87.9%,即参考数据中人造地表类型像元较待验证数据对应类

型像元数值更大,说明该类型漏判情况较严重,多判情况较少。⑤草地类型制图精度与用户精度都非常低,说明草地类型整体判别精度不高。

表 2 研究区 1 地类混淆矩阵

Tab. 2 Ground class confusion matrix in study area 1

	耕地	林木	水体	人造地表	草地
耕地	919 519	4 551	2 531	12 846	5 505
林木	289 238	158 868	1 627	3 540	66 600
水体	75 316	331	135 557	2 959	587
人造地表	158 749	766	2 3270	155 518	23 270
草地	4 508	262	1 895	346	192

表 3 为两产品在研究区 2 的地类混淆矩阵。可以看出:①耕地类型判别精度较好,制图精度达 98.44%,用户精度 80.22%,大多数耕地被正确识别;②林木类型制图精度与用户精度分别为 9.13% 和 96.59%,即待验证数据产品中林木类型像元较参考数据对应类型像元少,说明林木类型漏判现象严重,多判现象少见;③草地类型用户精度与制图精度都非常低;④水体类型制图精度与用户精度分别为 24.02% 和 78.47%,反映漏判严重,多判较少;⑤人造地表类型制图精度 53.24%,用户精度 89.02%,即参考数据人造地表类型像元数远超过待验证数据,说明人造地表类型漏判情况严重,多判情况较少。研究计划对区域 2 重点分析水体类型与人造地表类型精度情况。

表 3 研究区 2 地类混淆矩阵

Tab. 3 Ground class confusion matrix in study area 2

	耕地	林木	水体	人造地表	草地
耕地	2 496 497	919	5 193	25 987	7 338
林木	237 041	33 353	1 298	4 385	89 114
水体	113 530	26	37 153	3 419	483
人造地表	243 974	63	2 499	285 877	4 421
草地	3 412	170	256	133	259

4 典型区域分析评价

因研究区分布范围大且标识性较低,根据地物类型分布全面、相关地类分界明显以及地类混淆程度大的原则,选取典型区域(1)和典型区域(2)进行评价,如图 4、图 5 框内标识区。其中,典型区域(1)为地类呈碎斑块形式,耕地-林木-草地三种地类混淆明显的区域;典型区域(2)为有主要河流流经,河网密布,道路纵横的区域。

图 6 与图 7 为所选典型区域(1)地类情况。由表 4 所示该区域混淆矩阵,将参考数据视作与实际地类相符,计算统计各地类像元在待验证数据中分类情况,得到图 8,其中横坐标表示待验证数据中的地类,纵坐标表示待验证数据各地类像元中地类误判率。结合得到的 Kappa 系数以及制图精度和用户精度分析,更直观地反映待验证数据中各地类的精度情况:①耕地类型制图精度 92.14%,用户精度 44.03%,对应耕地类型漏判情况较少,多判严重,参考数据产品中的耕地像元有 7.86% 被误判,同时有很多其他地类被误判为耕地类型;②林木类型制图精度与用户精度分别为 47.44% 和 97.58%,漏判严重,多判现象较少,其中 23.92% 林木像元被误判为耕地,28.30% 被误判为草地,耕地、林木与草地混分现象严重;③另外,水体与人造地表判别精度均较低,很大一部分类型混淆出现在与耕地之间;④该区域草地分类问题最为显著,草地类型制图精度

与用户精度分别为32.42%和0.65%，精度较低且差距大，体现了该区域草地类型多判与漏判现象严重。草地像元有40.23%被误判为耕地、27.34%被误判为林木，草地类型分类精度较差。究其原因，主要是草地多以碎斑块形式存在，分布零星，且与林木、耕地类型混合分布，难以准确判识。

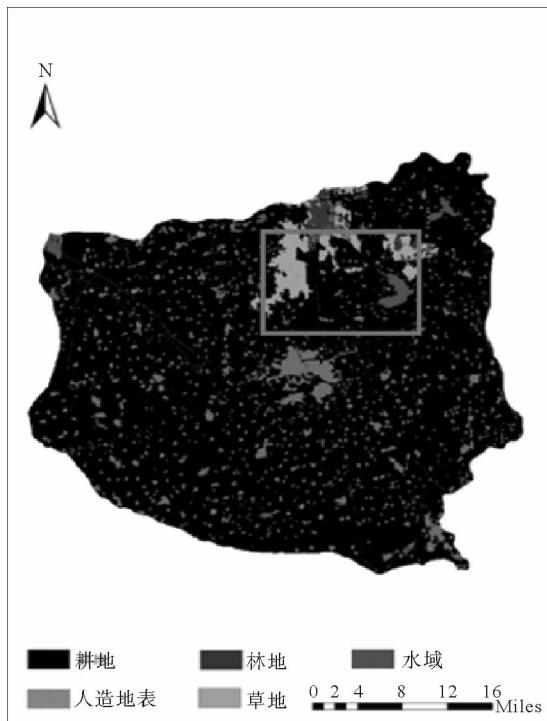


图4 待验证数据典型区域(1)示意图

Fig. 4 Schematic diagram of typical area(1) to be verified

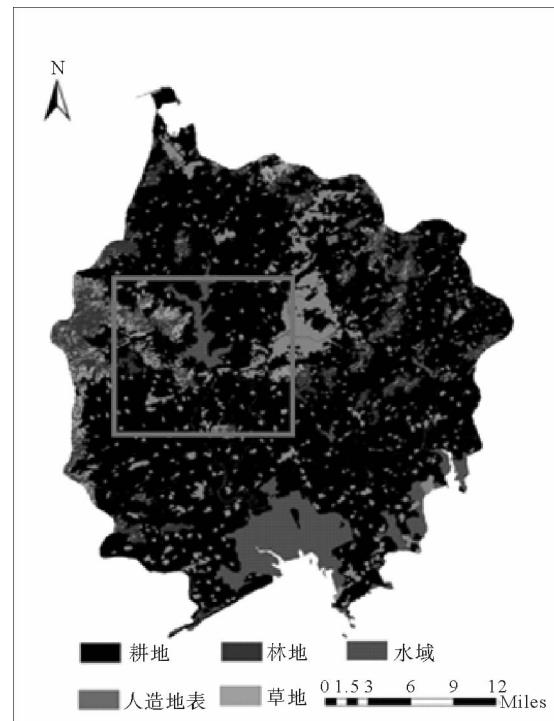


图5 待验证数据典型区域(2)示意图

Fig. 5 Schematic diagram of typical area(2) to be verified

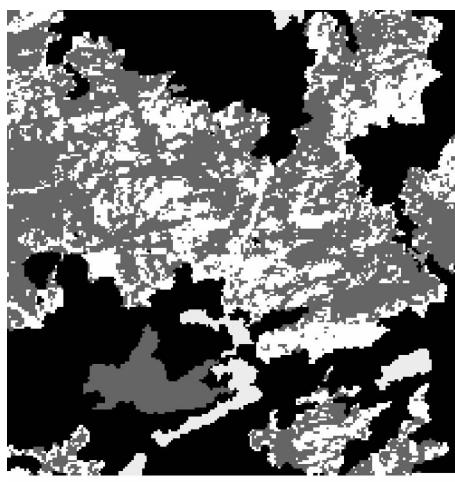


图6 待验证数据区域(1)局部图

Fig. 6 The local graph of the verifying data area(1)

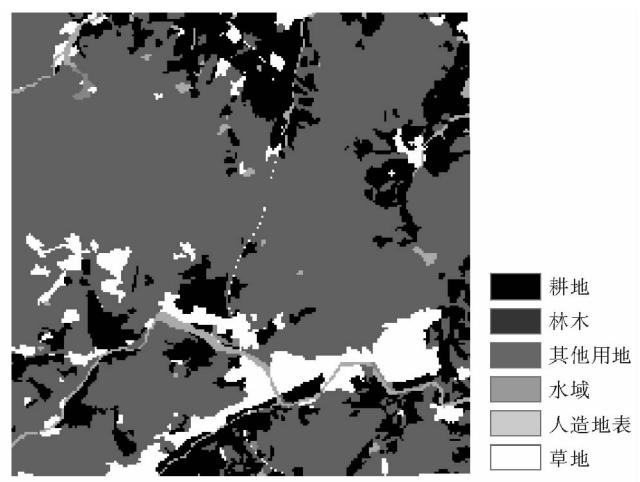


图7 参考数据区域(1)局部图

Fig. 7 The local graph of the reference data area(1)

表 4 典型区域(1)地类混淆矩阵

Tab. 4 Ground class confusion matrix in typical area (1)

	耕地	林木	水体	人造地表	草地
耕地	11 130	270	5	121	553
林木	9 768	19 373	5	133	11 558
水体	1 115	80	203	25	164
人造地表	3 164	61	0	1 115	440
草地	103	70	0	0	83

图 9 与图 10 为所选典型区域(2)地类情况,由表 5 所示该区域混淆矩阵,计算统计各地类像元在待验证数据中分类情况,如图 11,结合所得制图精度和用户精度分析待验证数据中各地类精度情况。本区域特点在于林木和人造地表与耕地混淆情况严重:①林木类型制图精度与用户精度差异极大,分别为 2.00% 和 96.02%,即漏判特别严重,多判情况少见,参考数据中的林木像元有 92.55% 被误判为耕地,结合该区域 DEM 影像分析可知,该区域位于地形起伏地带,林木多以碎斑块形式零星分布,且与耕地高度混合,使得判别难度增加;②人造地表类型制图精度与用户精度分别为 36.15% 和 78.13%,说明漏判严重,多判较少,原因主要是该区域人造地表斑块较小,且多为散布在农田周围的小型建筑,使得其在混合像元中难以被正确判别;③图 7 与图 8 对比可见该区域水体主干部分识别效果较好,结合 DEM 影像得知,这与河谷地区地形低洼有关,细小支流在待验证数据中多被聚类成耕地,主要原因在于 30 m 影像分辨率较低,存在大量混合像元,细小支流由于所占面积较小,较难分辨,造成漏分。

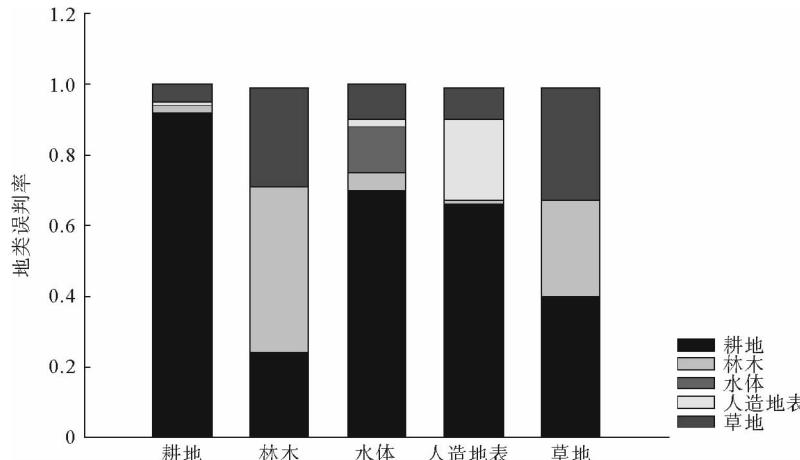


图 8 典型区域(1)地类误判情况统计图

Fig. 8 Ground misjudgment situation statistics in typical area (1)

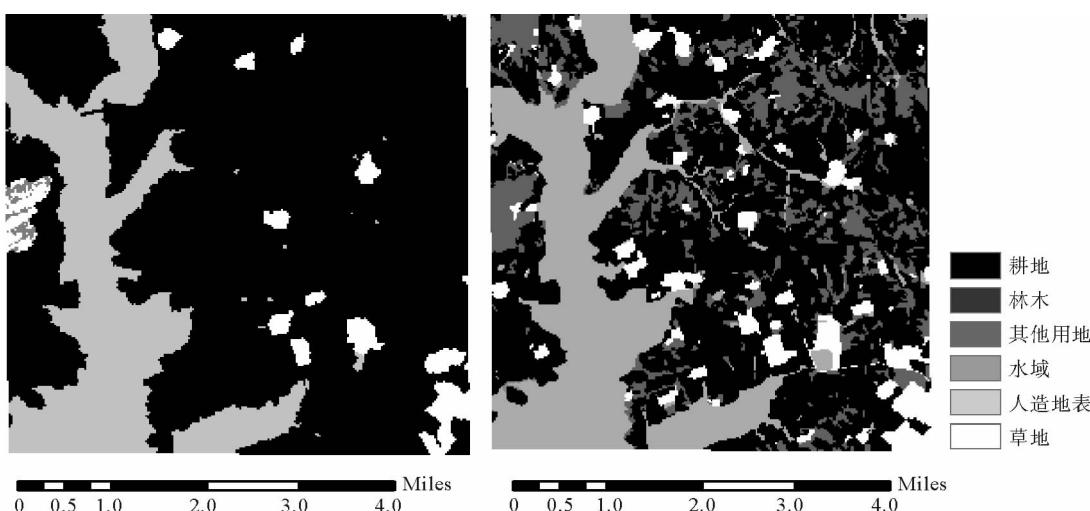


图 9 待验证数据区域(2)局部图(1)

Fig. 9 The first local graph of the verifying data area(2)

图 10 参考数据区域(2)局部图(1)

Fig. 10 The first local graph of the reference data area(2)

表5 典型区域(2)地类混淆矩阵

Tab. 5 Ground class confusion matrix in typical regions (2)

	耕地	林木	水体	人造地表	草地
耕地	38 501	5	103	323	12
林木	11 198	241	63	137	461
水体	2 700	0	14 482	30	0
人造地表	3 052	5	12	1 750	22
草地	29	0	0	0	0

图12~13参考数据显示,选取的典型区域内河网密布,道路纵横交错,人造地表类型主要由道路组成,因此对该区域的精度分析主要围绕人造地表与水体类型展开。对本区域各类像元数统计得知,有80.77%在参考数据中识别为水体的像元被误判为耕地,存在较大判别误差,结合图像可知,细小支流未有被正确识别,被聚类到耕地类别中,影响判别精度。另外,参考数据中识别为人造地表类型的像元有40.93%被误判为耕地,误差较大,结合图像看,该区域散布在耕地附近,以碎斑块存在的人造地表大多被正确判别,但耕地周边道路多未被正确判别,使得人造地表类型判别精度较低。

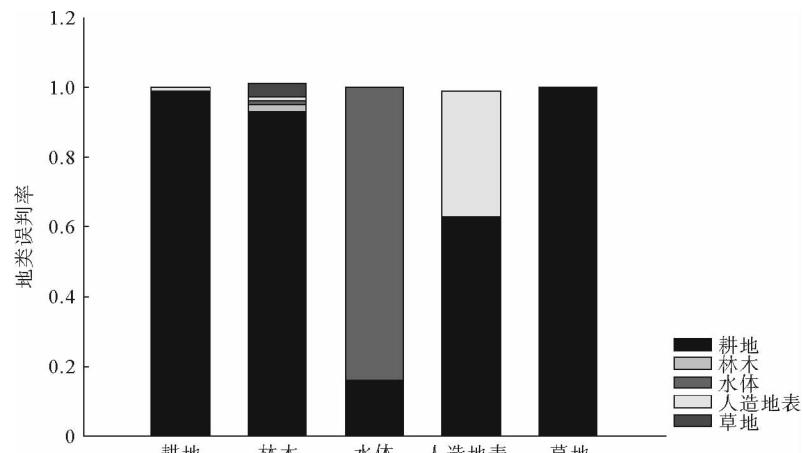


图11 典型区域(2)地类误判情况统计图

Fig. 11 Ground misjudgment situation statistics in typical area (2)

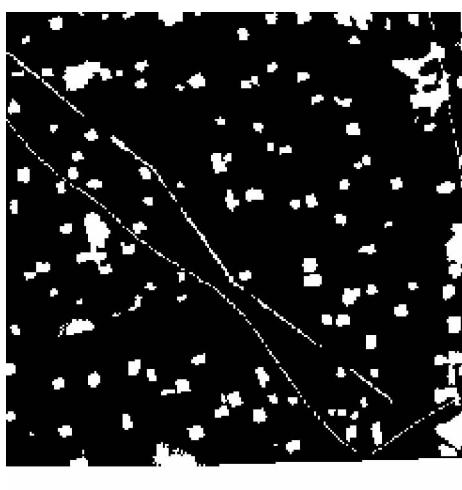


图12 待验证数据区域(2)局部图(2)

Fig. 12 The second local graph of the verifying data area(2)

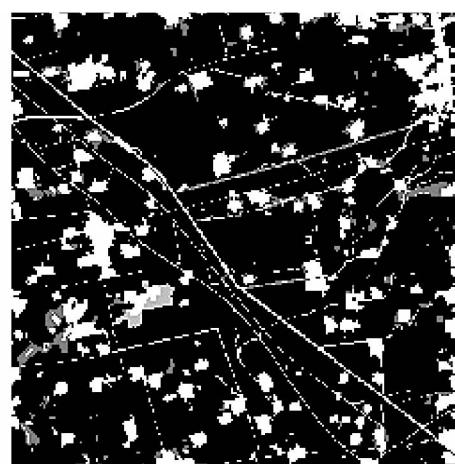


图13 参考数据区域(2)局部图(2)

Fig. 13 The second local graph of the reference data area(2)

5 结论

本研究运用 2 m 分辨率人工识别覆被产品对我国推出的 30 m 分辨率地表覆被产品 GlobeLand30 进行精度分析与验证,选取中国两个典型研究区,运用三种不同评价方法对比分析了两类土地覆盖产品,得到如下主要结论:

1) 空间一致性与空间混淆评价结果表明, GlobeLand30 产品具有较好总体精度。两研究区 GlobeLand30 产品与参考数据的总体一致性都稳定在 70% 左右,说明待验证数据能够较准确地反映实际地物覆盖情况。

2) GlobeLand30 产品中不同地类判别精度存在较大差异:耕地类型大都能被准确判别,这与耕地光谱特征比较显著、且以大斑块存在有关;林木、草地与耕地类型混淆情况多见,林木和草地类型多以碎斑块形式存在于大范围耕地内部,且各类型间缺少过渡性,所以林木、草地常被误判为耕地;人造地表类型存在漏判严重的情况,散布在耕地内部的小型建筑与宽度较窄的道路易被归并为耕地;另外,水体主干部分大都能被准确识别,宽度较窄的支流多被聚类到耕地类型,导致水体类型漏判严重。

3) 结合研究区高程数据,林木、草地以及水体等类型的判别精度均受到高程变化的影响。因此,在对各地类进行判别时结合高程分带数据将有助提高地类判别精度。

本次研究精度评价结果是通过对比分析高空间分辨率的参考数据和低空间分辨率的被验证数据得到的,需要说明的是,高分辨率人工识别土地类型产品本身也存在一定的误差。此外,还存在一些不足之处,有待进一步研究:

1) 生产两数据产品所用影像时相不同。两数据产品基准年都为 2010 年,但待评价 GlobeLand30 数据生产数据时相为 2009—2011 年,参考高分辨率数据人工识别土地类型产品而所用数据时相跨度更大。数据时相不一致可能会导致待评价数据与参考数据中地表类型不一致现象。

2) 预处理过程可能引入误差。为统一待评价数据与参考数据产品,对待评价数据与参考数据进行的数据预处理过程可能引入误差。

参考文献:

- [1] WULDER M A, COOPS N C. Satellites: Make earth observations open access[J]. Nature, 2014, 513(7516): 30-31.
- [2] HEROLD M, WOODCOCK C E, GREGORIO A D, et al. A joint initiative for harmonization and validation of land cover datasets[J]. IEEE Transactions on Geoscience & Remote Sensing, 2006, 44(7): 1719-1727.
- [3] FRITZ S, SEE L, YOU L, et al. The need for improved maps of global cropland[J]. Eos, Transactions American Geophysical Union, 2013, 94(3): 31-32.
- [4] 王慧敏,曾永年.青海高原东部土地利用的低碳优化模拟:以海东市为例[J].地理研究,2015,34(7):1270-1284.
- WANG Huimin, ZENG Yongnian. Land use optimization simulation based on low-carbon emissions in eastern part of Qinghai Plateau[J]. Geographical Research, 2015, 34(7): 1270-1284.
- [5] 廖顺宝,秦耀辰.草地理论载畜量调查数据空间化方法及应用[J].地理研究,2014,33(1):179-190.
- LIAO Shunbao, QIN Yaochen. A spatialization method for survey data of theoretical stock-carrying capacity of grassland in China and its application[J]. Geographical Research, 2014, 33(1): 179-190.
- [6] SHI X, NIE S, JU W M, et al. Application and impacts of the GlobeLand30 land cover dataset on the Beijing Climate Center Climate Model[J]. Iop Conference Series: Earth and Environmental Science, 2016, 34(1): 012032.
- [7] LIANG D, ZUO Y, HUANG L, et al. Evaluation of the consistency of MODIS land cover product (MCD12Q1) based on Chinese 30 m GlobeLand30 datasets: A case study in Anhui Province, China[J]. ISPRS International Journal of Geo-Information, 2015, 4(4): 2519-2541.
- [8] 陈军,陈利军,李然,等.基于 GlobeLand30 的全球城乡建设用地空间分布与变化统计分析[J].测绘学报,2015,44(11): 1181-1188.
- CHEN Jun, CHEN Lijun, LI Ran, et al. Spatial distribution and ten years change of global built-up areas derived from GlobeLand30[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2015, 44(11): 1181-1188.

logica Sinica, 2010, 30(19): 5209-5216.

[17] 朱学山, 江涛, 魏显虎, 等. 基于遥感卫星的肯尼亚 2000—2013 年植被覆盖度研究[J]. 山东科技大学学报(自然科学版), 2016, 35(6): 24-29.

ZHU Xueshan, JIANG Tao, WEI Xianhu, et al. Study of vegetation coverage during 2000—2013 in Kenya based on remote sensing satellite[J]. Journal of Shandong University of Science and Technology (Natural Science), 2016, 35(6): 24-29.

(责任编辑:高丽华)

(上接第 10 页)

[9] 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.

[10] BROVELLI M A, MOLINARI M, HUSSEIN E, et al. The first comprehensive accuracy assessment of GlobeLand30 at a national level: Methodology and results[J]. Remote Sensing, 2015, 7(4): 4191-4212.

[11] MANAKOS I, PETROU Z I, FILCHEV L, et al. Globalland30 mapping capacity of land surface water in Thessaly, Greece [J]. Land, 2014, 4(1): 1-18.

[12] 孟雯, 童小华, 谢欢, 等. 基于空间抽样的区域地表覆盖遥感制图产品精度评估: 以中国陕西省为例[J]. 地球信息科学学报, 2015, 17(6): 742-749.

MENG Wen, TONG Xiaohua, XIE Huan, et al. Accuracy assessment for regional land cover remote sensing mapping product based on spatial sampling: A case study of Shaanxi Province, China[J]. Journal of Geo-information Science, 2015, 17(6): 742-749.

[13] 廖安平, 彭舒, 武昊, 等. 30 m 全球地表覆盖遥感制图生产体系与实践[J]. 测绘通报, 2015(10): 4-8.

LIAO Anping, PENG Shu, WU Hao, et al. The production system of 30 m global land cover mapping and its application [J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2015(10): 4-8.

[14] 曹雪, 柯长青. 基于对象级的高分辨率遥感影像分类研究[J]. 遥感信息, 2006(5): 27-30.

CAO Xue, KE Changqing. Classification of high-resolution remote sensing images using object-oriented method[J]. Remote Sensing Information, 2006(5): 27-30.

[15] 曹明, 张友静, 郑淑倩, 等. MODIS 土地覆盖数据产品精度分析: 以黄河源区为例[J]. 遥感信息, 2012, 27(4): 22-27.

CAO Ming, ZHANG Youjing, ZHENG Shuqian, et al. Accuracy analysis of MODIS land cover data product: A case study of Yellow River source region[J]. Remote Sensing Information, 2012, 27(4): 22-27.

[16] 马京振, 孙群, 肖强, 等. 河南省 GlobeLand30 数据精度评价及对比分析[J]. 地球信息科学学报, 2016, 18(11): 1563-1572.

MA Jingzhen, SUN Qun, XIAO Qiang, et al. Accuracy assessment and comparative analysis of GlobeLand30 data set in Henan Province[J]. Journal of Geo-information Science, 2016, 18(11): 1563-1572.

[17] FOODY G M. Status of land cover classification accuracy assessment[J]. Remote Sensing of Environment, 2002, 80(1): 185-201.

[18] 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.

[19] 冉有华, 李新, 卢玲. 四种常用的全球 1 km 土地覆盖数据中国区域的精度评价[J]. 冰川冻土, 2009, 31(3): 490-500.

RAN Youhua, LI Xin, LU Ling. Accuracy evaluation of the four remote sensing based land cover products over China[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2009, 31(3): 490-500.

[20] CLARK M L, AIDE T M, GRAU H R, et al. A scalable approach to mapping annual land cover at 250 m using MODIS time series data: A case study in the Dry Chaco ecoregion of South America[J]. Remote Sensing of Environment, 2010, 114(11): 2816-2832.

[21] 杨永可, 肖鹏峰, 冯学智, 等. 大尺度土地覆盖数据集在中国及周边区域的精度评价[J]. 遥感学报, 2014, 18(2): 453-475.

YANG Yongke, XIAO Pengfeng, FENG Xuezhi, et al. Comparison and assessment of large-scale land cover datasets in China and adjacent regions[J]. Journal of Remote Sensing, 2014, 18(2): 453-475.

[22] 刘吉羽, 彭舒, 陈军, 等. 基于知识的 GlobeLand30 耕地数据质量检查方法与工程实践[J]. 测绘通报, 2015(4): 42-48.

LIU Jiwy, PENG Shu, CHEN Jun, et al. Knowledge based quality checking method and engineering practice of GlobeLand30 cropland data[J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2015(4): 42-48.

(责任编辑:高丽华)