

引用格式:徐泽源,罗庆辉,许仲林.新疆地区土地覆被遥感数据的一致性研究[J].地球信息科学学报,2019,21(3):427-436. [Xu Z Y, Luo Q H, Xu Z L, et al. Consistency of land cover data derived from remote sensing in Xinjiang[J]. Journal of Geo-information Science, 2019, 21 (3):427-436.] DOI:10.12082/dqxxkx.2019.180596

新疆地区土地覆被遥感数据的一致性研究

徐泽源, 罗庆辉, 许仲林*

新疆大学, 乌鲁木齐 830046

Consistency of Land Cover Data Derived from Remote Sensing in Xinjiang

XU Zeyuan, LUO Qinghui, XU Zhonglin*

Xinjiang University, Urumqi 830046, China

Abstract: Xinjiang region is of strategic significance to China and Central Asia. This study aimed to effectively combine different data sources and classification systems to mitigate the lack of their interoperability regarding spatial distribution of land cover data. For this purpose, three types of land cover data were included. They were the visual interpretation of land use status in 2010 remote sensing monitoring data, GlobeLand30, and GlobCover2009. Four methods including category similarity analysis, category confusion analysis, confusion matrix analysis, and spatial consistency analysis were used to evaluate their accuracies and consistencies. We expect that this study would provide recommendations for the applicability of land cover data in the arid region of northwest China. The results showed that the three types of land cover data exhibited a good consistency for describing land cover categories in Xinjiang, with similarity higher than 0.9. Particularly, bare land identification demonstrated the highest consistency, followed by grassland, cultivated land, and forest. About 95% of the land area in Xinjiang showed a relatively high consistency, and the overall accuracy for land cover data ranged from 64.11% to 72.57%. Data from the group of visual interpretation/GlobCover2009 demonstrated the lowest accuracy, followed by the group of GlobeLand30/GlobCover2009. The group of visual interpretation data/GlobeLand30 had the highest accuracy, but it still had room for improvement. These results demonstrated that using the same satellite sensor plays an integral role in enhancing the accuracy of evaluation results. Moreover, classification systems, classification methods, spatial resolution, and satellite passage time used would also have a huge impact on the accuracy of evaluation results. In order to solve this problem more effectively, multi-source remote sensing data integration technology or deep learning will become more promising for accurately interpreting remote sensing image data in the near future, for further improving data accuracy in global land cover mapping and application fields. Depending on the distinctive landscape pattern of Xinjiang region, this research analyzed the accuracy of three different kinds of data for different land cover categories to provide reliable information which shall be proved to be useful in resource development, environment protection and sustainable development of Xinjiang. Additionally, it initiated a framework for providing basic data for China's

收稿日期:2018-11-20;修回日期:2019-01-06.

基金项目:中国科学院战略性先导科技专项(XDA20040400)。[**Foundation item:** Strategic Priority Research Program of the Chinese Academy of Sciences, No.XDA20040400.]

作者简介:徐泽源(1995-),男,河南辉县人,硕士生,研究方向为遥感与环境变化研究。E-mail: xuzeyuan789@163.com

*通讯作者:许仲林(1982-),男,青海乐都人,博士,副教授,研究方向为GIS与环境建模方向。E-mail: galinwa@gmail.com

significant development strategy "the Belt and Road". Moreover, the results demonstrated the better performance of GlobeLand30 in accuracy assessment. As compared to other land cover data within the same category, the GlobeLand30 data is overwhelming in spatial resolution.

Key words: land cover; accuracy evaluation; confusion matrix; spatial consistency analysis; Xinjiang region

***Corresponding author:** XU Zhonglin, E-mail: galinwa@gmail.com

摘要:鉴于新疆地区对中国乃至中亚有着特殊的战略意义,本文针对不同数据源及分类系统在土地覆被数据的空间分布上缺乏互通性问题,结合2010年目视解译土地利用现状遥感监测数据、GlobeLand30和GlobCover2009共3种土地覆被数据,采用类型相似分析、类型混淆分析、混淆矩阵分析、空间一致性分析4种方法开展精度评价及一致性分析,以期对土地覆被数据在中国西北干旱区的适用性及适用范围提供有效建议。结果表明,3种土地覆被数据对新疆地区土地覆被类型构成基本一致,且对裸地类型的辨识度最高;新疆地区中高度一致区域占新疆总面积的95%;3种数据两两对比时,总体精度在64.11%~72.57%之间,其中目视解译数据/GlobeLand 30组合表现出最高水平,且仍有提高空间,反映出目前相同卫星传感器是提升精度评价结果的重要因素之一,且不同分类系统、分类方法、空间分辨率及卫星过境时间等因素对精度评价结果也会产生巨大影响。为解决此类问题,利用多源土地覆被遥感数据的融合技术提高数据精度,或是利用深度学习对遥感影像资料进行精确地解译和判读,将是今后全球土地覆被制图及应用领域的主要发展趋势。

关键词:土地覆被;精度评价;混淆矩阵;空间一致性分析;新疆地区

1 引言

土地覆被是地球表面所有物质类型及其自然属性的综合体,其空间分布决定着生物与环境间的关系以及人类活动进程,影响着物质循环及能量和水热的动态平衡,甚至影响气候变化^[1-3],因此获取不同时空尺度上的土地覆被信息,可为经济、社会、文化、生态、环境建设提供重要依据。自20世纪50年代至今,遥感技术获取不同传感器、分辨率的遥感影像能力大幅提高,为快速在大面积或区域尺度上采集、处理和深入分析土地覆被信息提供了重要手段^[4]。

目前全球已有的土地覆被数据主要有6套^[3,5-10],包括:①美国马里兰大学推出的UMD Geocover;②美国地质调查局推出的IGBP-DISCover;③美国波士顿大学推出的BU_MODIS;④欧盟联合研究中心推出的GLC2000;⑤欧空局推出的GlobCover2005和GlobCover2009;⑥中国国家基础地理信息中心推出的GlobeLand30系列产品。上述土地覆被数据在全球变化、水文循环、气候监测及可持续发展研究等方面起着至关重要的作用,但由于其不同遥感平台、分类方法及空间分辨率等因素的影响,在描述地表实际状况时存在着不同程度上的差异,从而在具体应用时,对不同地区的土地覆被数据开展精度检验显得尤为重要。

国内外已有研究人员对多种土地覆被数据进行了精度评价和算法分析。在精度评价方面,Brovelli等^[11]根据数据的主要特征采用混淆矩阵的

方法,将GlobeLand30数据与意大利地区的参考数据开展精度评价,结果表明数据精度高于80%;Pérez-Hoyos等^[12]采用Bolean方法和基于LCCS分类系统的模糊集理论方法,评估了欧洲地区CORINE、GLC2000、MODIS LC和GlobCover土地覆被数据,结果表明CORINE与GLC2000具有最高的一致性;Ran等^[13]使用1:10万的土地覆被图为参考,对IGBP-DISCover、UMD、MODIS和GLC2000四种土地覆被数据开展对比分析,研究表明GLC2000具有较高的准确性,MODIS数据在一致性方面表现较好;马京振等^[14]使用空间统计法及误差矩阵,对比分析了河南地区GlobeLand 30、GlobCover 2009、MCD12Q1三种数据,得到GlobeLand30数据的总体精度和Kappa系数最高,MCD12Q1次之,GlobCover2009最低的结果,并认为GlobeLand30数据的混淆程度最低;戴昭鑫等^[15]基于最大面积升尺度方法,研究了GLC2000、GlobCover2005、GlobCover2009、MODIS2000、GlobeLand30五种卫星遥感土地覆被数据在南美洲地区的一致性,结果表明5种数据的一致性在42.27%~87.59%之间,并得到林地类型的混淆程度最低,一致性最高的结果。在算法分析方面,Kuenzer等^[16]对湄公河流域的UMD(1992-1993)、GLC2000、GlobCover2005、GlobCover2009、MODIS 2001-2011等陆地覆被数据进行比较,认为不同分类算法的影响比随时间迁移的数据影响更大,并得到混交植被类型特别是林地类型的混淆程度较大的结果;曹小敏等^[17]基于面向对象与

决策树相结合的土地覆被遥感制图方法,取 Landsat TM 影像为数据源,得到了尼泊尔全境 2010 年土地覆被产品(NepalCover-2010),其一级类与二级类的总体精度分别达到了 94.83%和 87.17%。

新疆地区地域辽阔,地势复杂,喜马拉雅造山运动使青藏高原隆起,形成了高海拔山脉与低海拔盆地并存,河流湖泊贯穿山地、盆地、丘陵的特殊地貌格局,造就了类别多样的土地覆被类型,是极宜开展土地覆被数据精度评价的典型区域。此外,新疆地区土地覆被的空间结构及变化对中国“一带一路”战略的实施及发展也举有十分重要的意义。近年来有关学者已经对部分地区的土地覆被数据进行了相关研究,但对西北干旱区的土地覆被数据研究较少,因此本文基于 3 种土地覆被数据,针对新疆地区进行精度评价分析,不仅直观评估 3 种土地覆被数据的精度,为其在新疆地区的适用性及适用区间提供了有效建议,同时为新疆地区的生态、环境及社会可持续发展等方面的研究提供可靠信息,以便更好地开展该地区生态、农业、文化及经济发展等重要工作。

2 研究区及数据来源

2.1 研究区概况

新疆维吾尔自治区位于中国西北边陲(34°25'N-48°10'N,73°40'E-96°18'E),地处亚欧大陆中心,面积约 1.6×10⁶ km²,整体地形地貌格局由 3 部分构成:北部为阿尔泰山和准噶尔盆地,中部横亘天山山脉,南部为广阔的塔里木盆地和昆仑山脉,地势起伏较大,形成了“三山夹两盆”的地貌格局(图 1),并按其气候差异分为北疆和南疆。北疆气候呈现典型温带大陆性干旱气候,年平均气温-4~9℃,年降水量 150~200 mm 以上;南疆为暖温带大陆性干旱气候,年平均气温 7~14℃,年降水量 25~100 mm。

2.2 数据来源

3 种数据在分类系统、分类方法及空间分辨率

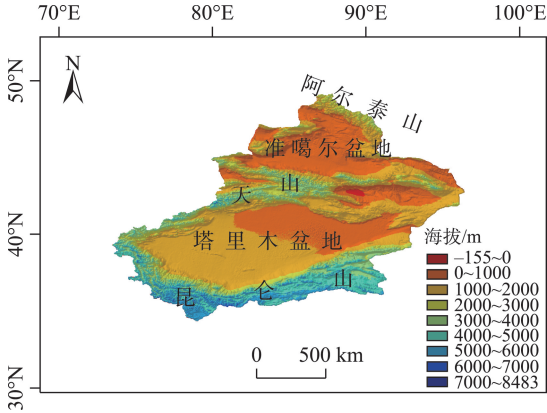


图1 新疆维吾尔自治区 DEM 影像
Fig. 1 DEM image of Xinjiang

上均不相同,且目视解译数据的准确性与解译人员的判读经验有直接关系。本文以 2010 年中国新疆地区的 3 种土地覆被数据为例,数据特点如下(表 1):

GlobeLand30 拥有 2000 年和 2010 年 2 期产品,主要来自 Landsat TM5、ETM+, 及 HJ-1 多光谱影像,分辨率为 30 m,由国家基础地理信息中心(The National Geomatics Center of China, NGCC)主持负责,联合测绘局、中科院、教育部、农业部、林业局等 18 家单位共同参与研制完成,是中国迈向全球学术领域的重要贡献之一。数据图像的 80% 于 2009–2011 年获取,共涵盖了南北纬 80° 间的陆地范围,拥有 853 幅图块,新疆占 13 幅^[3]。

GlobCover 共有两期产品, GlobCover2005 和 GlobCover2009, 时相分别是 2005 年和 2009 年。其传感器 MERIS 中的光谱仪采用的是推扫式设计,可有效提高影像精度,减少形变,且两期产品分辨率同为 300 m,并采用世界粮农组织(Food and Agriculture Organization of united nations, FAO)的 LCCS 分类系统和神经网络分类方法,将土地覆被类型划分为 22 类。

中国土地覆被现状遥感监测数据涵盖了全国陆地区域多时相 1:10 万比例尺栅格数据集,一共包含了 1990 年、1995 年、2000 年、2005 年及 2010 年的全国土地覆被状况,数据主要来自各期 Landsat TM

表 1 土地覆被数据参数及特点
Tab. 1 Parameters and features of land cover data

数据名称	制作单位	搭载卫星	传感器	时相	分类数量	分类方法	分辨率
GlobeLand30	NGCC	Landsat/HJ-1	TM/ETM+	2000/2010	10	POK 分类方法	30 m
GlobCover2009	ESA	Envisat	MERIS	2005/2009	22	神经网络分类	300 m
目视解译数据	中国科学院资源环境科学数据中心	Landsat	TM/ETM+	2010	25	目视解译	1:10 万

和ETM+多光谱影像,通过人工目视解译方法,将全国土地覆被类型划分为6个一级类,25个二级类以及部分三级分类的土地覆被数据^[18-20]。

2.3 数据预处理

对3种土地覆被数据做精度评价之前,先进行预处理操作:数据剪裁及拼接、投影坐标系变换、升尺度转换、重新归并分类系统(重分类)及误差检验等步骤。① 利用ArcGIS平台提供的边界数据确定研究区范围,并对3种土地覆被数据进行拼接和剪裁。② 为降低由于不同坐标系和分辨率造成的误差,本文采用WGS-84坐标系和亚洲北部Albers等面积圆锥(Asia North Albers Equal Area Conic)投影(投影中央经线为90°E,双标准纬线分别是36.30°N、48°N),将3种数据的分辨率同时升至300 m,并在300 m基础上进行后续操作,此过程能够最大限度地减少分配栅格时产生的误差。③ 设置分类系统,即在ArcGIS

平台下进行重分类操作,将3种土地覆被数据中表示相同或分类较细化的土地覆被类型做合并处理,归并成统一全新的分类系统,全新的分类系统拥有8种土地覆被类型,依次为耕地、林地、草地、湿地、裸地、水体、永久冰雪、建设用地(图2,表2)。需要说明的是,对于目视解译数据,本研究将滩涂、滩地、沼泽地土地覆被类型合并为湿地类型,原因是3种地貌类型符合湿地的定义内容,即位于陆地和水域的交界带,有浅层积水或土壤过湿的土地,多生长有沼生或湿生植物。

3 研究方法

3.1 类型相似分析

类型相似分析能够定量分析2种土地覆被数据间相同土地覆被类型的相似程度,分析方法为:待新分类系统划分完成后,从影像数据的像元角度出

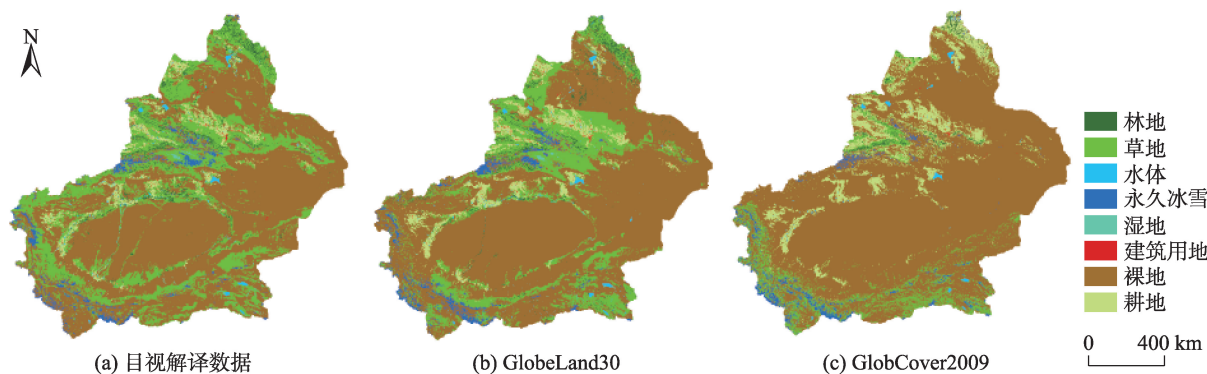


图2 新疆地区土地覆被类型重分类情况
Fig. 2 Reclassification of land cover categories in Xinjiang

表2 土地覆被数据分类信息及归并关系

Tab. 2 Reclassified categories of land cover data and merger relation

归并分类	GlobeLand30	GlobCover2009	目视解译数据
1耕地	10耕地	11水浇地、14旱地、20耕地/植被镶嵌、30植被/耕地镶嵌	11水田、12旱地
2林地	20森林、 40灌木地	40常绿阔叶林/半落叶林、50郁闭落叶阔叶林、60开放落叶阔叶林、70郁闭常绿阔叶林、90开放落叶/常绿针叶林、100针阔混交林、110灌木/林地/草地镶嵌、130灌木	21有林地、22灌木地、23疏林地、24其他林地
3草地	30草地、 70苔原	120草地/林地/灌木镶嵌、140草地	31高覆盖度草地、32中覆盖度草地、33低覆盖度草地
4湿地	50湿地	160郁闭经常被淡水淹没的阔叶林、170郁闭经常被淡水-盐水淹没的半落叶或常绿阔叶林、180经常被淹没或者被土壤淡水、半咸水或者咸水浸湿的植被覆盖	45滩涂、46滩地、64沼泽地
5裸地	90裸地	150稀疏植被、200裸地	61沙地、62戈壁、63盐碱地、65裸土地、66裸岩石质地、67其它
6水体	60水体	210水体	41河渠、42湖泊、43水库坑塘、99海洋
7永久冰雪	100永久积雪	220永久冰雪	44永久性冰川雪地
8建设用地	80建设用地	190城市建设用地	51城镇用地、52农村居民点、53其他建设用地

发,分别计算各土地覆被类型的像元数(面积),以及该土地覆被类型像元数(面积)占所在数据总像元数(总面积)的百分比,然后对不同数据间相同土地覆被类型开展相关计算,针对计算结果评价相同土地覆被类型间的相似程度。

$$R_i = \frac{\sum_{k=1}^8 (X_k - \bar{X})(Y_k - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{k=1}^8 (X_k - \bar{X})^2 \sum_{k=1}^8 (Y_k - \bar{Y})^2}} \quad (1)$$

式中: R_i 表示类型面相关系数; i 表示第 i 类土地覆被数据组合; k 表示土地分类类型; X_k 表示数据集 X 中类型 k 的面积/ km^2 ; \bar{X} 表示数据集 X 中全部土地覆被类型面积的均值/ km^2 ; Y_k 表示数据集 Y 中类型 k 的面积/ km^2 ; \bar{Y} 表示 Y 类型中全部土地覆被类型面积的均值/ km^2 。本文将土地覆被类型分成8类。

3.2 类型混淆分析

类型相似分析虽然能够定量表现数据间相同土地覆被类型的差异,却无法反映其在空间分布上的一致性状况,故在上述评价基础上,采用重分类后的图层叠加方法,能够表现不同土地覆被数据在同一土地覆被类型上的混淆程度,操作方法为:在ArcGIS平台下,利用ArcToolbox中的栅格计算器,重分类后将每种数据相同土地覆被类型图层叠加,得到的重叠部分像元数,就是这一土地覆被类型在空间分布上表现出一致性的像元数;将两种数据中不同土地覆被类型图层叠加,得到的重叠部分像元数,即是其它土地覆被类型在此类型上的混淆像元数,并制作混淆矩阵。

3.3 混淆矩阵分析

通过上述步骤得到的混淆矩阵是对土地覆被数据进行精度评价的重要方法。由混淆矩阵派生出来的精度评价方法一般有生产者精度(Produce Accuracy, PA)、使用者精度(User Accuracy, UA)及总体精度(Overall Accuracy, OA)。

$$OA = \frac{\sum_{i=1}^8 n_{ii}}{N} \quad (2)$$

$$PA = \frac{n_{ii}}{n_{+i}} \quad (3)$$

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

式中: N 为总像元数; n_{ii} 为分类正确的像元数; n_{i+} 为待评价数据中某一类型的像元数; n_{+i} 为参考数

据中某一类型的像元数。本文将土地覆被类型分成8类。

3.4 空间一致性分析

类型相似分析和类型混淆分析是对3种土地覆被数据中任意两种数据在空间上的统计结果。为准确表达某一土地覆被类型的空间分异状况,本文采用空间一致性分析方法,具体操作为:利用栅格计算器,逐一叠加重分类后3种土地覆被数据中相同土地覆被类型图层,然后统计图层叠加情况。如计算裸地类型时,若3种土地覆被数据在某一点空间上同时显示为裸地,表示3种数据在此位置一致定义为裸地,为高度一致;若此位置只显示2种土地覆被数据,为中度一致;若只显示一种,为低度一致。

4 结果及分析

4.1 土地覆被类型构成分析

表3是3种土地覆被数据间的相关系数,图3表示3种数据在新疆地区各土地覆被类型的面积特征及对比。

表3 3种土地覆被数据间相关系数
Tab. 3 Correlation coefficient between three kinds of land cover data

数据名称	GlobeLand30	GlobCover2009	目视解译数据
GlobeLand30	1.000	0.973	0.989
GlobCover2009	0.973	1.000	0.969
目视解译数据	0.989	0.969	1.000

总体来看,3种土地覆被数据在新疆地区的分类特征基本一致:裸地是新疆地区最主要土地覆被类型,且裸地、草地、耕地3种土地覆被类型面积总和占全疆90%以上,形成绝对优势,林地、永久冰雪、建设用地、湿地、水体占全疆面积不足10%(图2)。将数据进行整理分析得,GlobeLand30的土地分布以裸地(67.06%)、草地(21.89%)、耕地(5.40%)为主,永久冰雪(2.45%)、林地(1.98%)依次递减;GlobCover2009数据中以裸地(78.00%)、耕地(10.06%)、草地(8.61%)3种类型为主,永久冰雪(2.03%)、林地(0.74%)依次递减,GlobCover2009认定的裸地与耕地面积在3种数据同类型中最高,其余类型面积均处同类型最低,其中湿地面积仅占0.0043%;在目视解译数据中,裸地(60.81%)、草地

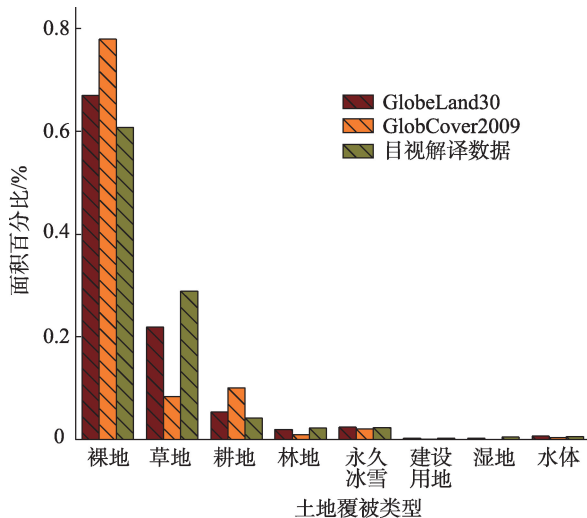


图3 2009–2010年新疆地区不同土地覆被类型面积对比
Fig. 3 Comparison of the area of different cover categories over Xinjiang during 2009–2010

(28.96%)、耕地(4.21%)为优势类型,永久冰雪(2.36%)、林地(2.29%)依次递减。

GlobeLand30和目视解译数据的各土地覆被类型的面积比重上大致相同,与GlobCover2009相比,其在裸地、耕地和草地类型的面积上与前两者差别较大。3种数据在永久冰雪和水体类型方面的面积一致性均较高,永久冰雪的面积比重在2.00%~2.50%之间,水体的面积比重在0.40%~0.65%之间。土地覆被类型中设有“其他”一类,是由于3种数据在进行转换投影坐标、剪裁、拼接等过程中产生数据丢失或未分类的误差情况,未带入相关计算,最终结果不包含此项。

4.2 空间一致分析

图4为3种数据中主要土地覆被类型的空间分布状况,绿色代表此类型在空间分布上高度一致区域,黄色代表中度一致区域,红色代表低度一致区域。

裸地(图4(a)):占据了新疆天山以南和以北的大部分地区。天山以北主要分布在准噶尔盆地及哈密北部,天山以南主要分布于塔里木盆地、吐哈盆地及帕米尔高原部分地区。可以看出,3种土地覆被数据对裸地的辨识程度最高,绝大部分区域有两种及两种以上数据同时显示为裸地,中高度一致的裸地类型面积占据全疆总面积的70.02%,并占到了全疆裸地总面积的81.40%。低度一致地区主要分布在天山中段及喀喇昆仑山山间地区。山脉周边的过渡区域是裸地类型出现混淆的高频区域。

草地(图4(b)):主要分布在乌苏市北部、伊犁河谷及喀喇昆仑山山间地区等,其高度一致区域面积较小,占全疆草地类型总面积的4.5%,中高度一致区域面积占全疆草地类型总面积的41.09%。低度一致区域主要分布在地形较为复杂的山地、盆地间过渡带。

耕地(图4(c)):普遍分布在阿尔泰山地区、天山地区和塔里木盆地周边地区,且高度一致区域较为明显。中高度一致区域面积占耕地总面积的27.13%,主要位于天山北部地区和塔里木盆地的西北边缘地区。

林地(图4(d)):天山北坡、伊犁河谷及阿尔泰山地区林地的辨识度较高,其他大多地区仅有一种数据显示为林地。

基于各土地覆被类型的空间一致性分析,整合后得到3种土地覆被数据全类型空间一致性图谱,如图5所示。从整个新疆地区上可以看出,准噶尔盆地、吐哈盆地、塔里木盆地及部分山间地区的一致性最高,阿尔泰山部分地区、天山南缘及塔里木北缘地区的空间一致性较低。

数据表明,3种土地覆被数据的完全一致区域(3种数据显示相同)占新疆地区总面积的56.35%,中度一致区域(2种数据显示相同)占新疆地区总面积的39.10%,低度一致区域(只显示一种数据)占新疆地区总面积的4.52%,完全不一致区域(无数据显示)占新疆总面积的比例为0.03%。其中,高度一致区域的土地覆被类型主要为裸地和耕地类型,普遍分布在准噶尔盆地、吐哈盆地、塔里木盆地及部分山间地区。中度一致区域的覆被类型主要裸地和草地,主要分布在山间及山脉与盆地的过渡区域。低度一致区域的混淆类型较多,主要集中在阿尔泰山、天山南部及塔里木北缘地区。如果以60%的可信度(3种数据中有两种及以上同时指示为相同土地覆被类型)考虑,根据统计可知,新疆地区95%左右的土地具有很好的可信度。

4.3 土地覆被类型混淆分析

图6为3种数据各土地覆被类型的混淆情况。可以看出,在新疆地区,裸地和耕地两种类型的混淆程度最低,具有很高的辨识度,原因是裸地占新疆地区大部分面积,且随时间的可变性低。在每种组合中,水体和永久冰雪2种类型的一致程度较高,普遍大于或接近50%,原因是这2种类型有着较易

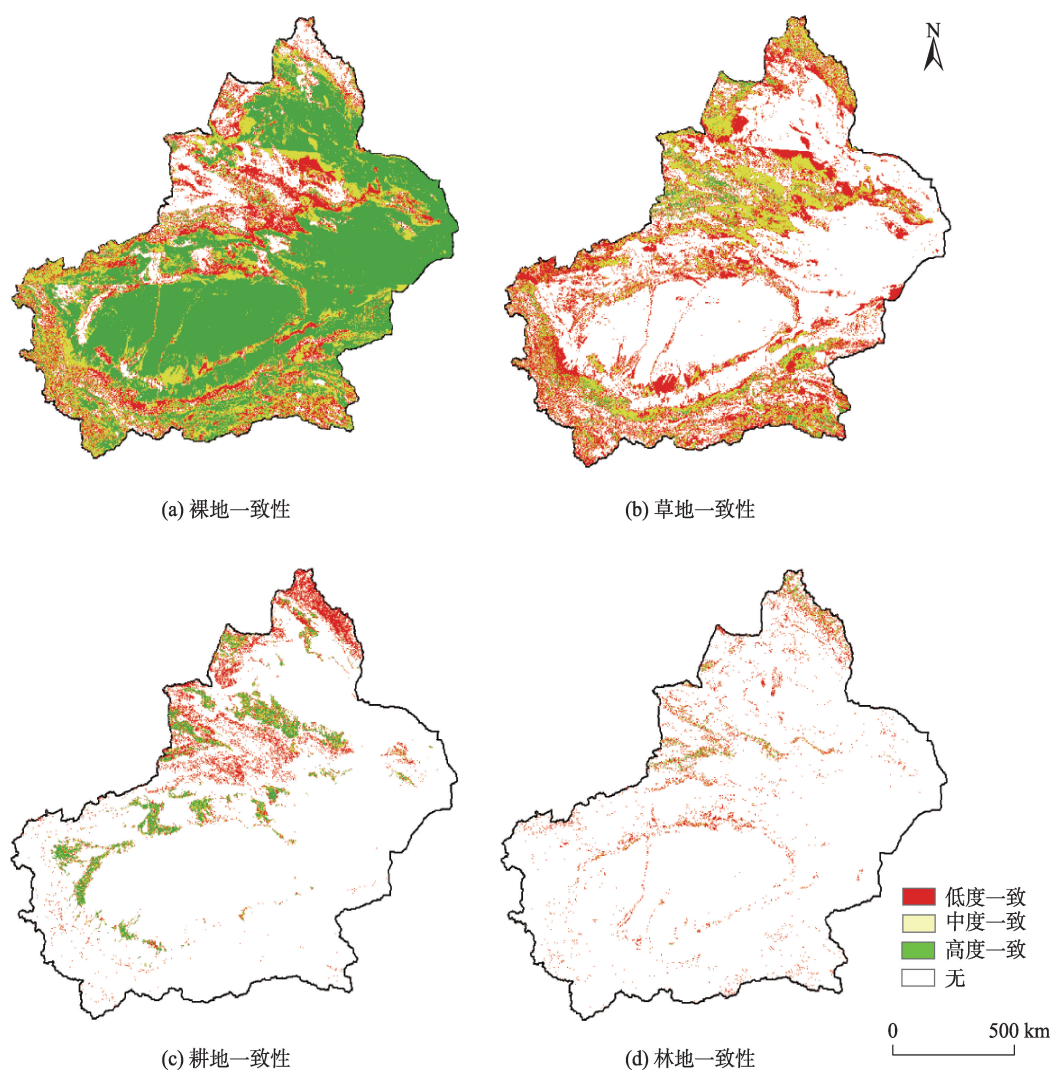


图4 3种数据主要土地覆被类型的空间一致性分布

Fig. 4 Spatial consistency analyses for main land cover categories

识别的光谱特征,且分布较为连续。

其它方面,每种组合中的其它类型都与裸地和耕地2种土地覆被类型有着不同程度的混淆,其中在草地、林地、湿地、建设用地4种类型中较为明显。另外,林地类型中出现了与草地类型的大量混淆,原因可能是林地类型中的灌丛与草地类型的光谱特性较为相似,故此高光谱遥感的引入或许可以使得地物光谱混淆的现象得到极大控制。其次,“西部大开发”战略使得新疆地区建设速度加快,城乡与工矿建设面积不断扩大,建设用地类型逐渐取代周边耕地、裸地等土地覆被类型,也是建设用地类型发生混淆的重要原因。在所有类型中,湿地的混淆程度最高,原因可能是3种数据在不同的分类系统、分类方法、空间分辨率及卫星过境时间等因素导致。

4.4 基于混淆矩阵的精度评价

表4是选取3种土地覆被数据中的任意2种制作混淆矩阵后得到的精度评价结果。可以看出,目视解译数据/GlobCover2009组合的一致性最低(OA=64.18%),目视解译数据/GlobeLand 30组合的一致性最高(OA=72.57%)。从土地覆被类型上看,3种组合在裸地和耕地类型上的生产者精度差异较小,且都处于较高水平。在使用者精度方面,目视解译数据/GlobeLand30组合更胜一筹。对于林地、建设用地、水体和永久冰雪四种土地覆被类型而言,其生产者精度都在目视解译数据/GlobeLand30组合中表现出了最高水平;在使用者精度方面,林地和建设用地的最高值出现在了目视解译数据/GlobCover 2009组合中,水体和永久冰雪的最高值

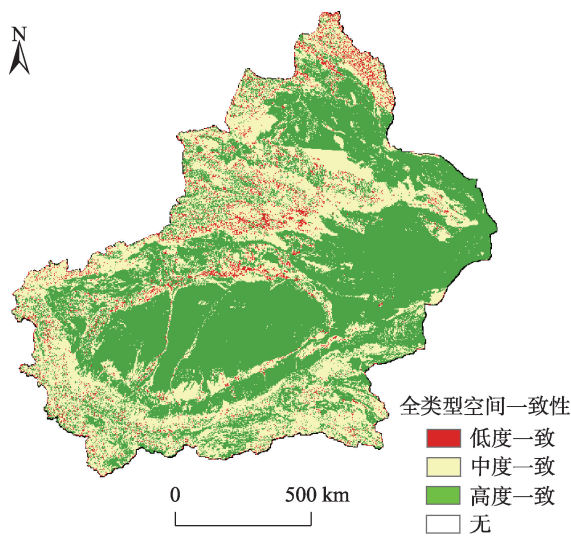


图5 3种数据全类型空间一致性分析谱图
Fig. 5 Full-category spatial consistency analysis map among three kinds of data

出现在了GlobeLand30/GlobCover2009组合中。其余2种土地覆被类型,草地和湿地,其生产者精度和使用者精度的最高值都出现在了目视解译数据/GlobeLand30组合中。

深入研究后发现,目视解译数据/GlobeLand30组合在3种组合中表现出最高水平的大部分原因是目视解译数据与GlobeLand30数据都采用了Landsat卫星传感器。另外,目视解译数据/GlobeLand30组合在一致性和精度表现上仍有待提高,原因除了GlobeLand30数据卫星传感器采用了HJ-1卫星以外,其在分类系统、分类方法、空间分辨率和卫星过境时间上的不同也对结果产生了巨大影响。

5 结论

本文基于新疆地区,结合2010年目视解译土地利用现状遥感监测数据、GlobeLand30和GlobCov-

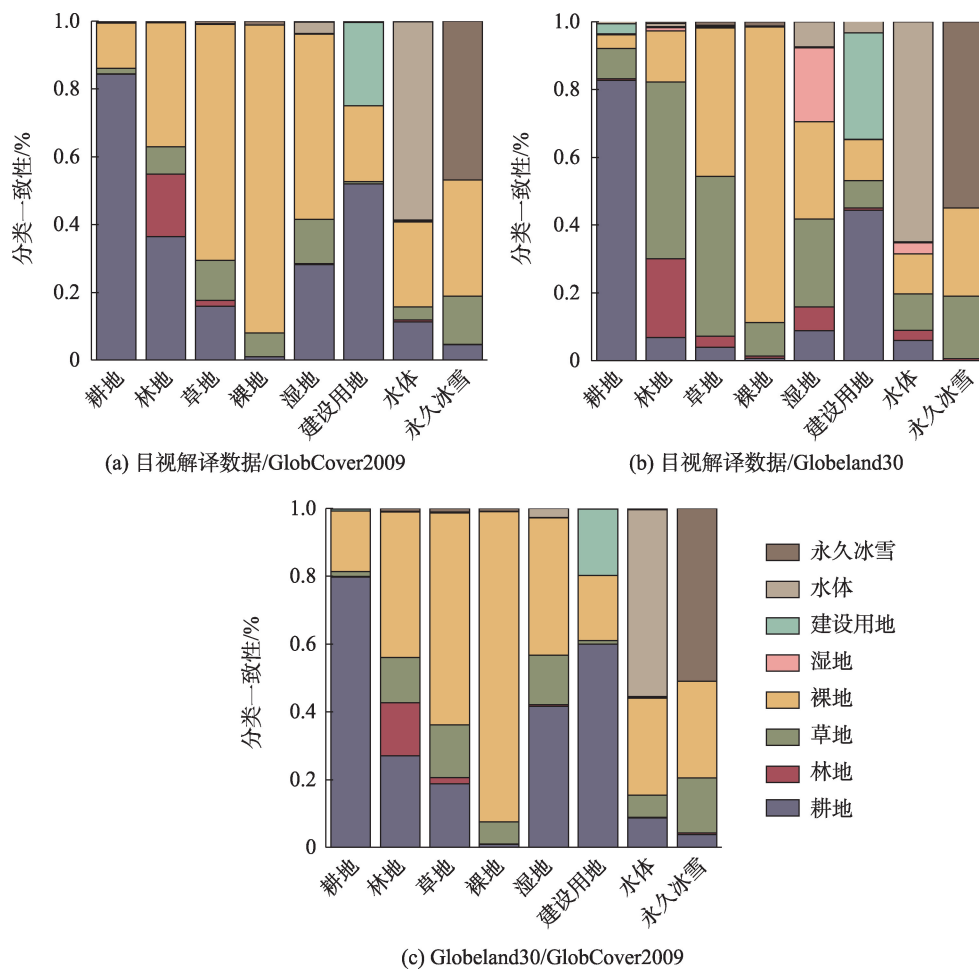


图6 新疆地区土地覆被类型混淆分布情况
Fig. 6 Confusion distribution of land cover categories in Xinjiang

表4 新疆地区土地覆被数据的精度对比分析及相关系数

Tab. 4 Comparative analysis and correlation coefficient of land cover data in Xinjiang (%)

参考 待评价	目视解译数据				GlobeLand30	
	GlobCover2009		GlobeLand30		GlobCover2009	
	PA	UA	PA	UA	PA	UA
耕地	84.39	35.30	82.74	64.38	79.84	42.89
林地	18.44	44.73	23.22	27.02	15.66	41.84
草地	11.86	40.94	47.17	62.39	15.60	39.68
裸地	90.75	70.73	87.19	79.05	91.64	78.79
湿地	0.09	10.00	21.79	37.37	0.04	2.95
建设用地	24.62	64.62	31.42	32.35	19.64	50.08
水体	58.59	75.94	64.96	57.29	55.13	81.49
永久冰雪	46.90	55.06	55.00	53.55	50.97	61.16
OA	64.11		72.57		71.15	

er2009 3种土地覆被数据,采用类型相似分析、类型混淆分析、混淆矩阵分析、空间一致性分析4种方法,得到如下结论:

(1)3种土地覆被数据对新疆地区土地覆被类型构成基本一致,即裸地类型占绝对优势,与草地、耕地共同组成新疆地区主要覆被类型。GlobCover2009在3种主要覆被类型的面积分布上与其他2种数据间存在较大差异。3种数据中任意两种组合的相关系数均在0.969~0.989之间,其中目视解译数据/GlobeLand30组合的一致性最高。

(2)3种土地覆被数据在准噶尔盆地、吐哈盆地、塔里木盆地的中心地带拥有最高水平的一致性,在天山北坡地区和喀喇昆仑山山区拥有中等水平的一致性,在阿尔泰山山区、天山南部与塔里木盆地过渡区域等山间地区及过渡带的一致性水平最低。在土地覆被类型混淆程度方面,3种土地覆被数据对裸地类型的辨别程度最高,其次是耕地,其余各土地覆被类型均存在不同程度混淆,其中湿地类型的混淆程度最高。在同土地覆被类型的比较中,目视解译数据/GlobeLand30组合的生产者精度及使用者精度大多处于较高水平。

(3)对3种土地覆被数据的任意两种组合进行混淆矩阵和精度评价分析后发现,3种组合的总体精度在64.11%~72.57%,可以看出,目视解译数据/GlobeLand30组合表现的精度评价结果及一致性最高,目视解译数据/GlobCover2009组合体现的精度评价结果及一致性最低。研究后发现,采用相近卫星传感器是提升精度评价结果及一致性的重要原因

之一,不同分类系统、分类方法、空间分辨率及卫星过境时间也是影响精度评价结果的重要原因之一。

本研究基于新疆地区对3种土地覆被数据开展精度评价分析,预处理后使用升尺度转换法将3种不同土地覆被数据整合至同一分辨率;创建新的分类系统后,统一归并划分成新的土地覆被类型,使精度评价分析始于同一基准。通过类型混淆分析和空间一致性分析等方法,本研究从概率统计上得到了新疆地区更精确的研究依据,也为土地覆被数据在新疆地区的适用性和推广提供了基础的数据保证。针对不同数据间分类系统及分类方法的不兼容问题,在如今多源土地覆被遥感数据并存的大背景下,利用多源土地覆被遥感数据的融合技术提高数据精度,或利用深度学习对影像资料开展解译和判读工作,可能是未来全球土地覆被制图及应用领域的主要发展趋势。

参考文献(References):

- [1] Pervez M S, Henebry G M. Assessing the impacts of climate and land use and land cover change on the freshwater availability in the Brahmaputra River basin[J]. Journal of Hydrology Regional Studies, 2015,3:285-311.
- [2] Clerici N, Paracchini M L, Maes J. Land-cover change dynamics and insights into ecosystem services in European stream riparian zones[J]. Ecohydrology & Hydrobiology, 2014,14(2):107-120.
- [3] 陈军,廖安平,陈晋,等.全球30m地表覆盖遥感数据产品-GlobeLand30[J].地理信息世界,2017,24(1):1-8. [Chen J, Liao A P, Chen J, et al. 30-Meter Global land cover data

- product- GlobeLand30[J]. *Geomatics World*, 2017,24(1): 1-8.]
- [4] 冯春,郭建宁,闵祥军,等.土地利用/土地覆盖遥感变化检测方法新进展[J].*遥感信息*,2006,58(3):81-85. [Feng C, Guo J N, Min X J, et al. New progress in land use/land cover change detection by remote sensing[J]. *Remote Sensing Information*, 2006,58(3):81-85.]
- [5] Hansen M C, Defries R S, Townshend J R G, et al. Global land cover classification at 1 km spatial resolution using a classification tree approach[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2000,21(6-7):34.
- [6] Loveland T R. Development of a global land cover characteristics database and IGBP DISCover from 1 km AVHRR data[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2000, 21(6-7):1303-1330.
- [7] Friedl M A, Mciver D K, Hodges J C F, et al. Global land cover mapping from MODIS: Algorithms and early results [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2002,83(1-2):287-302.
- [8] Bartholomé E, Belward A S. GLC2000: A new approach to global land cover mapping from Earth observation data [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2005,26(9): 1959-1977.
- [9] Defourny P, Schouten L, Bartalev S, et al. Accuracy assessment of a 300 m global land cover map: The GlobCover experience[J]. *New Library World*, 2009,112(5-6): 236-247.
- [10] Jun C, Ban Y, Li S. China: Open access to earth land-cover map[J]. *Nature*, 2014,514(7523):434.
- [11] Brovelli M, 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.
- [12] Pérez-Hoyos A, García-Haro F J, San-Miguel-Ayán J. Conventional and fuzzy comparisons of large scale land cover products: Application to Corine, GLC2000, MODIS and GlobCover in Europe[J]. *Isprs Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 2012,74(11):185-201.
- [13] Ran Y, Li X, Lu L. Evaluation of four remote sensing based land cover products over China[J]. *Journal of Glaciology & Geocryology*, 2009,31(2):391-401.
- [14] 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 J Z , Sun Q, Xiao Q, et al. Accuracy assessment and comparative analysis of GlobeLand30 dataset in Henan province[J]. *Journal of Geo- information Science*, 2016,18(11):1563-1572.]
- [15] 戴昭鑫,胡云锋,张千力.多源卫星遥感土地覆被产品在南美洲的一致性分析[J].*遥感信息*,2017,32(2):137-148. [Dai S X, Hu Y F, Zhang Q L. Agreement analysis of multi- source land cover products derived from remote sensing in South America[J]. *Remote Sensing Information*, 2017,32(2):137-148.]
- [16] Kuenzer C, Leinenkugel P, Vollmuth M, et al. Comparing global land- cover products- implications for geoscience applications: An investigation for the trans-boundary Mekong basin[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2014,35(8):2752-2779.
- [17] 曹小敏,李爱农,雷光斌,等.尼泊尔土地覆被遥感制图及其空间格局分析[J].*地球信息科学学报*,2016,18(10): 1384-1398. [Cao X M, Li A N, Lei G B, et al. Land Cover mapping and spatial pattern analysis with remote sensing in Nepal[J]. *Journal of Geo- information Science*, 2016,18(10):1384-1398.]
- [18] 刘纪远,张增祥,徐新良,等. 21 世纪初中国土地利用变化的空间格局与驱动力分析[J].*地理学报*,2009,64(12): 1411-1420. [Liu J Y, Zhang Z X, Xu X L, et al. Spatial patterns and driving forces of land use change in China in the early 21st century[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2009, 64(12):1411-1420.]
- [19] 刘纪远,匡文慧,张增祥,等.20 世纪 80 年代末以来中国土地覆被变化的基本特征与空间格局[J].*地理学报*,2014, 69(1):3-13. [Liu J Y, Kuang W H, Zhang Z X , et al. Spatiotemporal characteristics, patterns, and causes of land-use changes in China since the late 1980s[J]. *Journal of Geographical Sciences*, 2014,69(1):3-13.]
- [20] 徐新良.土地利用/覆被变化时空信息分析方法及应用[M].北京:科学技术文献出版社,2014. [Xin X L. Spatial-temporal pattern analysis of land use/cover change: Methods and applications[M]. Beijing: Scientific and technical documentation press, 2014.]