MODIS 和 GLOBCOVER 全球土地覆盖数据集对比分析
——以黑龙江流域为例

宁 佳[1,2],张树文[1*],蔡红艳[3],卜 坤[1]
(1. 中国科学院东北地理与农业生态研究所,长春 130012; 2. 中国科学院研究生院,北京 100049;
3. 中国科学院地理科学与资源研究所,北京 100101)

摘要: 随着全球气候变化的日益加剧,全球变化研究对全球土地覆盖数据的需要也越来越迫切。目前全球土地覆盖数据产品主要包括由欧洲和美国生产的 5 类数据产品,其中,美国波士顿大学生产的全球土地覆盖数据产品(即 MODIS 数据集)和欧洲空间局通过全球合作生产的全球土地覆盖数据产品(即 Globcover 数据集)具有较好的实效性,应用越来越广泛。由于数据来源、分类系统和分类方法不同,两个数据集在土地覆盖类型的数量和空间分布上有明显的差异。本研究从数据使用者的角度,对比了 MODIS 和 Globcover 数据集在黑龙江流域上数量和空间分布的差异,并采用 LANDSAT TM/ETM+影像随机采样和野外照片验证两种方式对两个数据集的分类精度进行了验证。结果表明,在黑龙江流域,两个数据集数量和空间分布差异较大。在数量上,两个数据集一级土地覆盖类型均以森林和农田为主,草地次之,但二级土地覆盖类型差异较大。在空间上,二级类空间一致性区域和一级类空间一致性的区域分别仅占流域的 22.5%和 53.6%。两个数据集精度均不高,一级土地覆盖类型精度约为 60%,Globcover 数据较 MODIS 数据破碎化明显,整体精度略低于 MODIS 数据集,不同的二级土地覆盖类型精度不同。考虑到黑龙江流域的代表性,我们认为 Globcover 数据集和 MODIS 数据集可满足较低要求的土地覆盖分析需求。本研究为全球气候变化研究选择合适的数据集提供了基础。

关键词: Globcover 数据集;MODIS 数据集;一致和不一致;精度验证;黑龙江流域
DOI: 10.3724/SP.J.1047.2012.00240

1 前言

近年来,由于全球环境问题的出现和气候变化的严重,全球尺度上的土地覆盖产品变得越来越重要[1]。土地覆盖信息有多种应用,如生态系统和生物多样性评估,气候变化研究和环境建模等[2-5]。目前,有 5 类应用比较广泛的全球土地覆盖数据集,包括:(1)美国马里兰大学生产的全球土地覆盖产品(即 UMD 数据集);(2)美国地质调查局生产的国际地圈-生物圈计划的全球土地覆盖数据产品(即 IGBP-DISCover 数据集);(3)美国波士顿大学生产的全球土地覆盖数据产品(即 MODIS 数据集);(4)欧盟联合研究中心生产的全球土地覆盖产品(即 GLC2000 数据集);(5)欧洲空间局通过全球合作生产的全球土地覆盖数据产品(即 Globcover 数据集)。最近,MODIS 数据生产小组重新生产了 MODIS Collection 5 土地覆盖产品,该产品包括 2001-2009 年的全球土地覆盖信息,分辨率为 500m。Globcover 数据包括 2005 年和 2009 年的全球土地覆盖信息,分辨率为 300m。随着遥感技术的发展,遥感影像的空间分辨率和时间分辨率不断提高,这些产品显示出了遥感信息在全球土地覆盖

收稿日期: 2011-12-12; 修回日期:2012-03-09.
基金项目: 国家科技基础性工作专项重点项目专题"中国北方及其毗邻地区 LUCC 遥感制图"(2007FY110300-1-2)和国家"973"项目专题"俄罗斯西伯利亚 LUCC 数据生成、验证及 LUCC 驱动机制分析"(2010CB950901-2-1)。
作者简介: 宁佳(1987-),女,硕士研究生,主要从事地理信息系统应用和土地利用变化研究。E-mail:ningjia09@mails.gucas.ac.cn
*通讯作者: 张树文(1955-),男,研究员,主要从事环境与资源遥感、地理信息系统应用及土地变化科学研究。
E-mail: zhangshuwen@neigae.ac.cn

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

制图中的巨大潜力，并且提高了全球土地覆盖产品的质量。

由于数据来源、分类系统和分类方法不同，这些产品在空间分布和数量上一致性较差，因此，对这些数据产品进行比较及验证分析对产品生产者和使用者都很有必要。通过验证数据产品的准确性，数据生产者可以选择更合适的分类方法，以生产更高质量的土地覆盖数据产品；数据使用者可以知道不同数据产品一致和不一致的区域及各自的优缺点，可以在研究区域选择质量相对较高的全球土地覆盖数据，以满足研究要求。不少学者已经对这些数据集进行了空间上和数量上的比较，做出一定的评价。其中，M. C. Hansen 等人对比了 IGBP-DISCover 数据集和 UMD 数据集，得出两种数据集在不同的分类类别一致性不同，两种数据集的一致性精度在 49% [6]。Chandra Giri 等人对比了 GLC2000 数据集和 MODIS 数据集，得出这两类数据除了湿地和热带大草原这两类，其余土地类型一致性较高，详细对比时差异较大[7]。Ian McCallum，M. Herold 和 Rasim Larifovic 等学者，分别对 4 种数据集进行了对比，得出由于数据来源、分类体系和分类方法等的不同，导致 4 类数据空间分布和数量一致性较差，不同区域不同土地覆盖类型，应采用何种数据产品应具体分析[8-10]。冉有华等人以中国 1∶10 万土地利用数据为参考数据，对比了 4 类数据集在中国区域上的精度，得出 GLC2000 和 MODIS 土地覆盖分类数据有更高的整体分类精度，IGBP 数据集整体分类精度次之，UMD 数据集分类精度最低，这些数据集在局部都存在明显的分类错误[11]。吴文斌等人以中国耕地类别为研究对象，以 NLCD_2000 数据集为参考，对比 4 类全球土地覆盖数据，得出 MODIS 和 GLC2000 数据集对中国耕地制图总体精度要高于 UMD 和 IGBP-DISCover 数据集，4 类全球数据对中国耕地的数量特征和空间特征的估测精度具有显著的区域差异性[12]。

土地覆盖产品包含了多种土地覆盖类型的信息，然而，不同的研究对土地覆盖信息的要求不同，如对沼泽湿地的动态变化研究，只需要提取湿地覆盖类型的信息[13]，对盐碱地的研究只需要提取盐碱地覆盖类型的信息[14-15]，对农牧交错带脆弱性的研究只需要提取农牧交错带覆盖类型的信息[16]，对草地退化的研究只需要提取草地覆盖类型的信息[17]。通过对土地覆盖产品的对比验证可知不同土地覆盖类型的准确性，从而选择合适的土地覆盖产品来提取高精度的土地覆盖信息。黑龙江流域地处欧亚大陆温带草原东缘及北方森林南缘的过渡带，具有丰富的生物多样性，是东亚重要的生态地理区。作为全球气候变化响应的敏感区[18]，该区的土地覆盖研究有相当重要的意义。

本研究中，我们选择 2005 年 MODIS Collection 5 数据集和 Globcover 数据集这两个分辨率较高且时间较新的全球土地覆盖数据集，选取了黑龙江流域为对比研究区。已有的研究多采用较高精度的参考数据集进行对比验证，然而，参考数据集往往也受到自身数据来源、分类系统和分类方法的限制，精度并不一定能满足验证需求。本文中，为了验证两个数据集的精度，在整个黑龙江流域内，我们选用了高精度的 Landsat TM/ETM+影像进行了随机采样点验证，在某些 TM/ETM+影像信息不准确的区域，我们参照 GOOGLE EARTH 影像进行验证。此外，根据野外考察的路线及收集的野外采样照片，选择了 6 个区域对两个数据集进行区域验证，较好地满足了验证需求。

2　研究对象与分析方法

黑龙江流域（41°45′～53°33′N，115°13′～135°05′E）是东北亚最大的流域，也是世界第 5 大流域，西起蒙古高原，包括蒙古、中国和俄罗斯的 13 个省及朝鲜的小部分（图 1）。流域面积约 $193\times10^4\,km^2$，其中，约 $100\times10^4\,km^2$ 在俄罗斯境内，$90\times10^4\,km^2$ 在中国境内，$3\times10^4\,km^2$ 在蒙古境内。流域内人口分布不均匀。流域地势总体上呈现西高东低的趋势，西部主要以山地、高原为主，中东部以平原为主。流域的东部区域主要属于温带湿润季风气候，西部流域主要受大陆性气候影响。全年平均气温在－8～6℃之间，但其时空分布差异显著。流域内降水量时空分布不均衡，年平均降水主要在 250～800mm；在空间上，降水主要集中在沿海地带，向西逐渐递减。由于黑龙江流域独特的自然环境与流域内各国的社会经济特征，流域内景观类型呈现丰富的多样性，从原始的北部泰加林，温带草原，肥沃的农田到贫瘠的荒漠。

2008 年面世的 Globcover 数据集是基于 2004 年 12 月到 2006 年 6 月的 300m 分辨率的 Menvi-

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

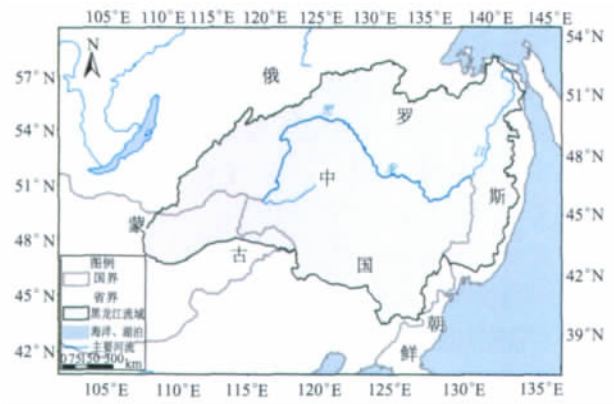

图 1 黑龙江流域地理位置

Fig. 1 Location of Heilongjiang Basin

sat/MERIS 数据，采用了 FAO 土地覆盖分类系统(LCCS)，利用气候等辅助数据，将全球分为 22 个不同的生态气候区，在各个生态气候区采用不同的多维迭代聚类方法进行分类，在此基础上合成全球地表覆盖产品，据 16 位专家在全球 3000 多个点的验证结果，该产品的总体精度为 73%[19]。2010 年，MODIS 数据生产小组重新生产了 MODIS Collection 5 的土地覆盖产品，与 Collection 4 相比，它更新了输入数据(使用 TERRA/MODIS 分辨率为 500m 的 16 天合成的表面反射率数据)，提高了分类算法和辅助数据库，在训练样本中加入了地表温度作为输入参数，对城市、湿地和落叶针叶林类型进行了重新修正，并减少了由误差引起的而非实际土地利用变化导致的年际变化。遵循了 IGBP 土地覆盖分类系统，共有 17 个土地覆盖类别，采用了神经元网络与决策树分类算法进行分类，通过混淆矩阵等验证方法，该数据集精度大概为 75%，不同类别差别较大[20]。

由于 MODIS 数据集使用了 IGBP 的分类系统，共有 17 类，而 Globcover 数据集使用了 FAO 的 LCCS 分类体系，共有 22 类，首先我们对两个分类系统进行同一化归并，如表 1。考虑到二级类一致性较差，难以比较得出有效结论，我们将二级类合并为 6 个一级类，分别为森林、草地、农田、湿地、建筑用地和其他用地，并综合两个分类系统形成本文的分类系统，共有 16 类(见表 2)。尽管两种全球土地覆盖数据集有相同的尺度，但是由于二者分辨率不同，我们将其均重采样为 500m 分辨率进行比较。

为了对比两种数据集数量和空间分布上的差异，我们分别对两种数据集一级土地覆盖类型和二级土地覆盖类型进行了叠加制图，得到了两种数据集不同土地覆盖类型一致与不一致的区域(如图 3

表 1 Globcover 数据集和 MODIS 数据集分类系统转化

Tab. 1 Transformation of classification systems of Globcover and MODIS data sets

Globcover 土地覆盖分类系统	IGBP 土地覆盖分类系统
水淹或灌溉农地	农地(简单或多种作物系统)
雨养农地	
耕作(50%～70%)/其他自然植被(20%～50%)镶嵌	农地/自然植被镶嵌(农地、森林、灌丛、草地；单一覆盖不超过 60%)
耕作(20%～50%)/其他自然植物(50%～70%)镶嵌	
郁闭(>40%)常绿阔叶林(>5m)	常绿阔叶林
郁闭或敞开(>15%)常绿阔叶或半落叶阔叶林(>5m)	落叶阔叶林
敞开(15%～40%)落叶阔叶林(>5m)	
郁闭(>40%)常绿针叶林(>5m)	常绿针叶林
敞开(15%～40%)常绿针叶或落叶针叶林(>5m)	落叶针叶林
郁闭或敞开(>15%)针阔混交林(>5m)	混交林(没有主要类型超过 60%覆盖)
草地(20%～50%)/森林/灌丛(50%～70%)镶嵌	有林(森林)草原(树林冠层覆盖 30%～60%，高度超过 2m)
草地(50%～70%)/森林/灌丛(20%～50%)镶嵌	稀树草原(树林冠层覆盖 10%～30%，高度超过 2m)
冠层敞开或封闭(>15%)灌丛(<5m)	封闭灌丛(灌丛覆盖度高于 60%；高度低于 2m，常绿或落叶)
	敞开灌丛(灌丛覆盖率 10%～60%；高度低于 2m，常绿或落叶)
冠层敞开或封闭(>15%)草地	草地或禾本植物(树冠密度低于 10%)
郁闭或敞开(>15%)各种有规律水淹或长期水浸阔叶森林	永久湿地(水/禾本植物/有林地)
郁闭(>40%)永久盐水水淹阔叶林或灌丛	
郁闭或敞开(>15%)各种有规律水淹或长期水浸草地	
人工地表或附属区域	城市和建成区
稀疏植被(<15%)	裸地或稀疏植被(植被覆盖低于 10%)
裸地	
水体	水体
永久雪/冰	雪/冰

注：以上分类系统转化参照文献[9]。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

和图 4),并统计了一致区域与不一致区域的数量(如表 3)。为了验证两种数据一级土地覆盖类型在空间不一致的区域何种数据较为准确,我们对一级土地覆盖类型比较后得到的 21 个类型(包括 6 个一级类一致类型和 15 个一级类不一致类型)进行了随机采样验证。原则上,在 21 个类型中每个类型选取 50 个样点,随机均匀分布,但有些类型如湿地与其他类型不一致的区域面积比较小,因此,采样点数量有所下降。在点周围做 1km 的缓冲区,根据 TM/ETM+影像验证该位置上的土地覆盖类型。考虑到采用高分辨率遥感影像进行粗分辨率数据验证时产生的混合像元问题,我们将缓冲区内占 50%以上的土地覆盖类型视为验证点处的土地覆盖类型。在部分 TM/ETM+影像无法验证的区域,我们使用了 GOOGLE EARTH 等进行了辅助验证。其中,整个黑龙江流域可以直接使用 TM/ETM+影像验证的区域约占 90%以上,只有不到 10%的区域由于 TM/ETM+影像受到薄云及条带等噪声影响,无法直接进行验证,在该区域我们选用 GOOGLE EARTH 2005 年的历史影像进行验证。但部分区域 GOOGLE EARTH 2005 年的历史影像仍不能满足验证需要,我们将年限放宽到 2004 年至 2006 年,极少数点放宽到 2007 年,基本可以满足验证需求。

3　流域的两种数据集分析

3.1　数据集对比分析

3.1.1　数量对比

经过处理后的两种数据土地覆盖类型分布如图 2 所示,土地覆盖类型的面积及所占百分比如表 2 所示。由表 2 中可知,两种土地覆盖数据集中土地覆盖类型面积差异较大。从一级土地覆盖类型分析,两种数据集都是以森林和农田为主,其次为草地。其中,森林和草地分别所占比例大致相同,而农田所占比例差距较大,MODIS 数据集中农田占 30%以上,而在 Globcover 数据集中,农田仅占 20%左右。在 Globcover 数据集中,其他用地尤其是裸地和稀疏植被所占比例较大,约占 10%左右,而在 MODIS 数据集中,其他用地仅占不到 1%,出现这种情况有可能是因为二者分类系统对稀疏植被的定义不同,在 MODIS 数据集中,对稀疏植被的定义为植被覆盖度低于 10%,而在 Globcover 数据集中,稀疏植被的定义为植被覆盖度低于 15%,因此,植被覆盖度 11%～15%的植被数量有可能导致了二者的差异。

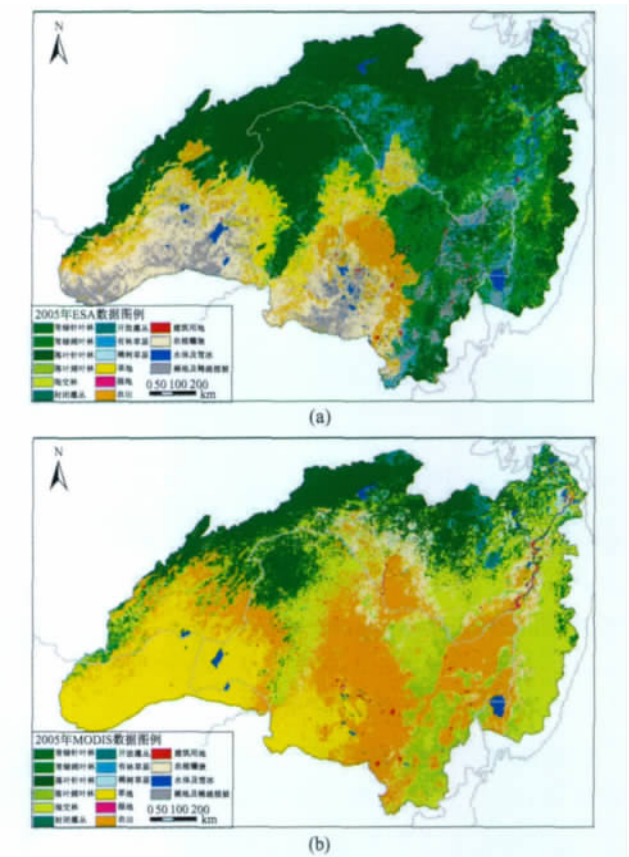

图 2　2005 年 Globcover(a)和 MODIS(b)土地覆盖数据

Fig. 2　Land cover data sets of Globcover (a) and MODIS (b)

从二级土地覆盖类型分析,两类数据集有相当大的差异。从森林来看,MODIS 数据集中的森林主要是由混交林和落叶针叶林、落叶阔叶林组成,其比例分别为 22.3%、16.2%和 5.2%,常绿阔叶林、灌丛和常绿针叶林比例均较小,不足 3%,而 Globcover 数据集中主要以落叶针叶林为主,占整个森林组成的 80%以上,其次为常绿阔叶林和混交林,而常绿针叶林和落叶阔叶林几乎没有。根据东北植被图及 1∶400 万的俄罗斯植被分布图可知,该区有一定数量的常绿针叶林。从草地覆盖类型来看,MODIS 数据中的草地主要以草原为主,而 Globcover 数据中的草地以稀树草原和有林草原为主,考虑到二者对不同草地类型的定义,以及不同分类标准的划分,二者不具有太强对比说明性,无法判断出现这种情况是由何种原因造成,以及这种差

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 2 两种数据集中土地覆盖类型面积及所占比例

Tab. 2 Area and percentage of land cover types in the two data sets

一级土地覆盖类型	二级土地覆盖类型	面积(km^2)		二级类所占百分比(%)		一级类所占百分比(%)	
		MODIS	Globcover	MODIS	Globcover	MODIS	Globcover
森林	常绿针叶林	19051.8	0	0.916	0	45.825	49.200
	常绿阔叶林	0	142435.8	0	6.833		
	落叶针叶林	336585.3	852163.3	16.182	40.879		
	落叶阔叶林	108832.3	0	5.232	0		
	混交林	463521.3	31008.5	22.284	1.487		
	封闭灌丛	7221.5	0	0.347	0		
	开放灌丛	17965.3	16.8	0.864	0.001		
草地	有林草原	21069.3	228507.5	1.013	10.962	20.285	17.590
	稀树草原	38071.8	41401.8	1.83	1.986		
	草原	362804.5	96764.8	17.442	4.642		
湿地	湿地	5156.5	56.3	0.248	0.003	0.248	0.003
农田	农田	529725	120972.8	25.467	5.803	32.562	20.962
	农植镶嵌	147578.5	316013.8	7.095	15.159		
建筑用地	建筑用地	6393.5	6215.8	0.307	0.298	0.307	0.298
其他用地	水体及雪冰	16013.3	29899.3	0.77	1.434	0.772	11.947
	裸地及稀疏植被	45.3	219152	0.002	10.513		

异是否是合理。从农田来看，MODIS 数据集中农田面积大于农植镶嵌覆盖类型的面积，而在 Globcover 数据中恰好相反，农植镶嵌覆盖类型面积大于农田面积。

3.1.2 空间位置分析

对两种数据集不同土地覆盖类型面积上的比较可知，两者在二级类上差异较大。如图 3(a)所示，土地覆盖二级类在空间上一致的土地覆盖类型仅有落叶针叶林、混交林、有林草原、稀树草原、草地、湿地、农田、建筑用地、农植镶嵌、水体及冰雪、裸地及稀疏植被。其中，空间一致性面积最大的为落叶针叶林，约有 30.8 万 km^2，其次为农田，约有 9.1 万 km^2，再次为草原和混交林，分别约有 2.4 万 km^2 和 2.1 万 km^2，其他类型空间一致性较低。二级类空间一致性区域仅占整个黑龙江面积的 22.5%，为了更好地比较与利用这两个数据集，我们主要对一级土地覆盖类进行了对比分析。

一级土地覆盖类型空间一致性图如图 3(b)所示，空间一致的区域约占整个流域的 53.6%。森林和农田的一致性区域较大，分别有 82.7 万 km^2 和 22.4 万 km^2 区域一致，其次为草地和建筑用地，分别有 4.9 万 km^2 和 0.29 万 km^2 区域一致。一级土地覆盖类型空间不一致性成图如图 4 所示。由表 3 可知，在一种数据集中是草地，另一种数据集中是农田的不一致区域面积最大，大约有 42.48 万 km^2，其次是在一种数据集中是森林，另一种数据集中为草地的不一致类型和在一种数据集中是森林

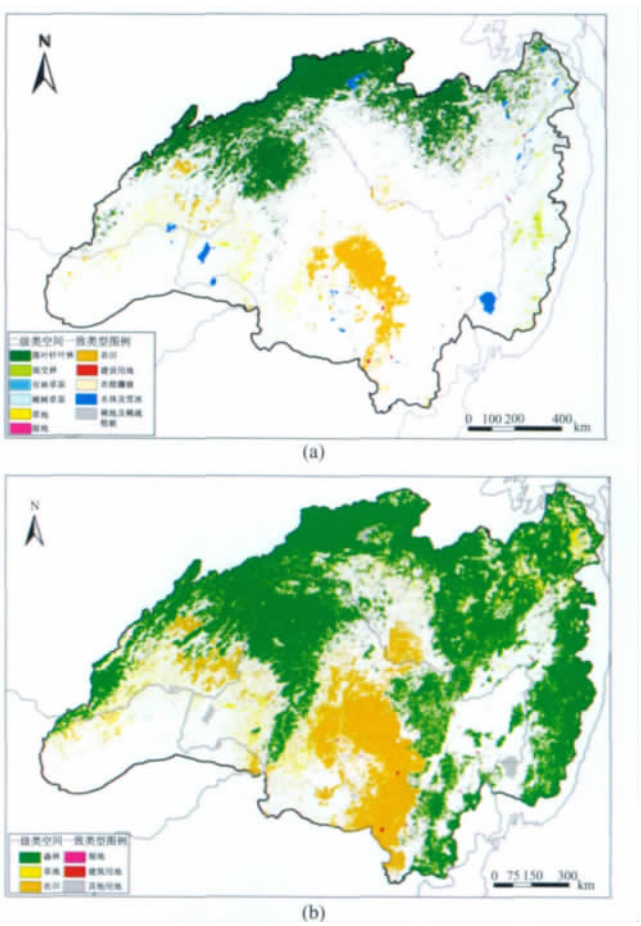

图 3 二级土地覆盖类型(a)和一级土地覆盖类型(b)空间一致性对比图

Fig. 3 Agreement of land cover types II (a) and I (b) of the two data sets

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 3　一级土地覆盖类型空间不一致面积对比

Tab. 3　Area comparison of disagreement of land cover types I in the two data sets

一级类空间不一致区域面积		MODIS 数据集(km²)						
		森林	草地	农田	湿地	建筑用地	其他用地	总面积
Globcover 数据集(km²)	森林	827 849.8	52 128.3	140 047.0	1 493.0	720.3	547.5	1 022 785.8
	草地	104 330.8	44 847.3	215 472.0	683.3	809.3	97.0	366 239.5
	农田	1 609.3	209 318.0	224 455.8	262.3	591.5	53.3	436 290.0
	湿地	5.0	15.8	18.3	7.8	0.0	9.5	56.3
	建筑用地	178.3	679.8	2 437.0	14.5	2 899.8	6.0	6 215.3
	其他用地	19 204.0	114 956.5	94 873.5	2 695.8	1 372.8	15 345.3	24 8447.8
	总面积	953 177.0	421 945.5	677 303.5	5 156.5	6 393.5	16 058.5	2 080 034.5

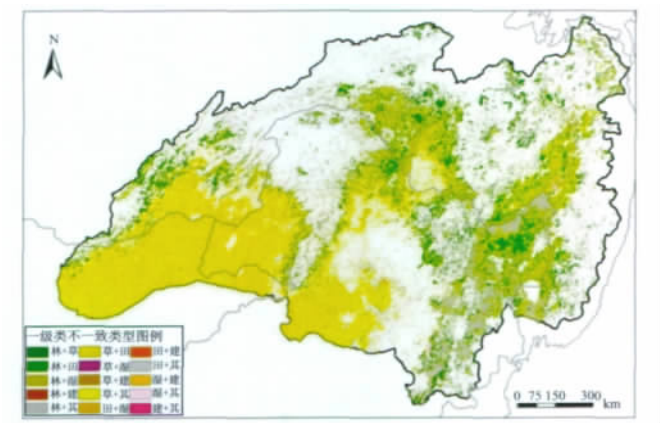

图 4　一级土地覆盖类型空间不一致性图

Fig. 4　Disagreement of land cover types I of the two data sets

图例中,“林”代表森林,“草”代表草地,“湿”代表湿地,“建”代表建筑用地,“其”代表其他用地。“林+草”表示该区域在一个数据集中为林地,在另一个数据集中为草地,依此类推。

另一种数据集为农田的不一致类型,分别也有 15.64 和 14.17 万 km²,再次为草地和其他用地、农田和其他用地、森林和其他用地。由于其他土地利用类型本身面积不大,因此不一致区域面积较小。

3.2　数据集的精度验证

3.2.1　TM/ETM+影像验证

为了验证两种数据一级土地覆盖类型空间不一致的区域何种数据较为准确,我们对一级土地覆盖类型比较后的类型进行了随机采样验证,并参考 TM/ETM+影像得到其实际地物类型,结果如表 4 所示。

对验证结果进行分析,发现在两个数据集一级土地覆盖类型分布一致的区域中,森林、建筑用地和其他用地准确性较高,达到 95%以上。草地和农田准确性较低,草地的准确性在 85%以上,农田准确性最低,仅为68%,其中,部分森林和草地被误判

表 4　两种数据集不一致区域实际主要地物类型和数据集准确性

Tab. 4　Real land cover types in disagreement and accuracy of the two data sets

一级类的不一致类型	不同数据集准确性(%)		不同一级类所占比例(%)		实际主要地物类型
	MODIS	Globcover	前一级类	后一级类	
森林和草地	68.8	29.2	89.6	8.3	森林
森林和农田	36.0	62.0	64.0	34.0	森林
森林和湿地	66.0	32.0	34.0	64.0	湿地
森林和建筑用地	72.0	24.0	14.0	82.0	建筑用地
森林和其他用地	62.0	34.0	34.0	62.0	其他用地
草地和农田	42.0	32.0	54.0	20.0	草地
草地和湿地	58.0	40.0	40.0	58.0	湿地
草地和建筑用地	64.0	36.0	24.0	76.0	建筑用地
草地和其他用地	50.0	42.0	50.0	42.0	草地
农田和湿地	45.0	50.0	40.0	55.0	湿地
农田和建筑用地	30.0	66.0	14.0	82.0	建筑用地
农田和其他用地	44.0	52.0	44.0	52.0	其他用地
湿地和建筑用地	66.7	33.3	66.7	33.3	湿地
湿地和其他用地	26.0	74.0	26.0	74.0	其他用地
建筑用地和其他用地	90.0	10.0	90.0	10.0	建筑用地

为农田。在两个数据集一级土地覆盖类型不一致的区域,在草地和森林不一致的区域,实际土地覆盖类型主要是森林,MODIS 数据分类较为准确;在森林和农田不一致的区域,实际土地覆盖类型主要是森林,Globcover 数据分类较为准确;在森林和湿地不一致的区域,实际主要为湿地,MODIS 的较为准确;在森林和建筑用地不一致的区域,实际主要为建筑用地,MODIS 的较为准确;在森林和其他用地不一致的区域,实际主要为其他用地,MODIS 的分类较为准确;在草地和农田不一致的区域,实际主要为草地,MODIS 的较为准确;在草地和建筑用地不一致的区域,实际主要为建筑用地,MODIS 的分类较为准确;在农田和建筑用地不一致的区域,实际主要为建筑用地,Globcover 的较为准确;在湿地和其他用地不一致的区域,主要为其他用地,Globcover 的较为准确;在建筑用地和其他用地不

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

一致的区域，实际主要为建筑用地，MODIS 分类较为准确。总体而言，MODIS 数据集准确性要略高于 Globcover 数据集。

表 5 两种数据集不同土地覆盖类型的准确性

Tab. 5 Accuracy of each land cover type in the two data sets

土地覆盖类型	MODIS 数据集			Globcover 数据集		
	总点数	正确点数	准确性（%）	总点数	正确点数	准确性（%）
森林	149	119	79.87	203	115	56.65
草地	143	87	60.84	205	89	43.41
农田	227	88	38.77	93	44	47.31
湿地	169	85	50.30	6	4	66.67
建筑用地	186	166	89.25	117	100	85.47
其他用地	50	49	98.00	300	155	51.67
总计	924	594	64.29	924	507	54.87

两个数据集的整体精度均在 60%左右，MODIS 数据集略高于 Globcover 数据集。不同土地覆盖类型的准确性各不相同，其中，MODIS 数据集的森林准确性相对而言较高，约 80%左右，而 Globcover 数据集的准确性仅为 56.65%，因此，使用森林数据时，我们建议选择 MODIS 数据集。草地类型准确性约 60%左右，MODIS 数据集要高于 Globcover 数据集。农田类型的准确性均较差，分别为 47.31%和 38.77%，其中，Globcover 数据集略高于 MODIS 数据集。建筑用地类型的准确性相对而言较高，均在 85%以上，MODIS 数据集略高于 Globcover 数据集，分别为 89.25%和 85.47%。MODIS 数据集中湿地的准确性约 50%左右，而 Globcover 数据由于湿地面积较小，选择样点较少，不具有代表性。其他用地的准确性差异较大，由于选点较少，MODIS 数据集的准确性在 90%以上，而 Globcover 数据集的准确性仅为 50%左右。

3.2.2 野外考察照片验证

为了验证两种数据集二级土地覆盖类型的准确性，在 2009 年和 2010 年，课题组成员在黑龙江流域进行了野外考察，采集了大量的野外照片，考察路线如图 5 所示。尽管 2005 年到 2009 年和 2010 年有一定的时间差，根据已有的研究资料，黑龙江流域的土地覆盖类型变化不大，采用野外照片进行验证仍有一定的可行性。对采集的野外照片提取 GPS 信息，并进行归类，划分为 6 个考察区域。由于野外照片在采集过程中涉及到视角及距离问题，因此只作为参考，并不能直接代表该地经纬度上的相关地物。

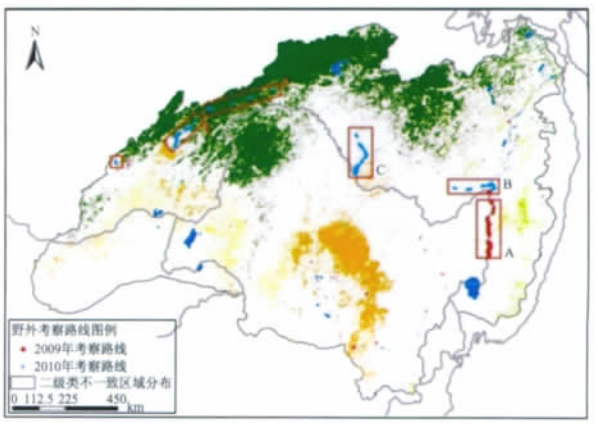

图 5 2009 年和 2010 年野外考察路线及区域图

Fig. 5 Route and region of the field study in 2009 and 2010

2009 年的路线主要是沿黑龙江逆流而上，在河流附近采集照片约 210 幅，考察区域为 A，照片中地物类型多呈现为河流。MODIS 多将其误判作湿地，Globcover 将其准确划分为水体，由此区域延伸发现在中俄边界的大小河流，MODIS 均将其误判作湿地，而 Globcover 将其判作河流，较为准确。考察区域 B 为哈巴罗夫斯克（伯力）附近区域，采样照片约为 500 幅，照片中呈现的地物类型为建筑用地、农田、农植镶嵌及混交林。MODIS 数据中该路线附近主要为建筑用地、农田、农植镶嵌及部分混交林，而 Globcover 数据中该路线主要为建设用地、森林、草原、裸地和稀疏植被，二者在建筑用地类型均较为准确，整体而言，MODIS 较为准确一些，基本 80%符合，而 Globcover 数据只有在 B 区域东部森林地区较为符合，大概只有 10%符合。考察区域 C 为布拉戈维申斯克（海兰泡）附近区域，采样照片约为 850 幅，采样照片呈现的区域上方主要植被类型较复杂，包括农植镶嵌、草原、落叶针叶林等，MODIS 数据在该路线附近区域主要为大面积的农田，还有少量农植镶嵌、建筑用地及草原，而 Globcover 数据在该路线附近区域主要为农植镶嵌、草原、建筑用地和落叶针叶林，相对而言，Globcover 数据较准确。考察区域 D 约有采样照片 400 幅，照片呈现的地物类型多为落叶针叶林。MODIS 数据在该区域比较破碎，除落叶针叶林外还包括城镇用地、农田、农植镶嵌、草原等类型，Globcover 数据在

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

该区域较为单一,多为落叶针叶林,只有小片草原,相对而言,Globcover 数据较为准确。考察区域 E 约有采样照片 350 幅,照片呈现的地物类型主要为农植镶嵌和草原、落叶针叶林等。MODIS 数据在该路线附近主要为农田,Globcover 数据在该区域主要为落叶针叶林,二者均不是很准确。考察区域 F 约有采样照片 50 幅,照片呈现的地物类型多为农植镶嵌。MODIS 数据主要将该区域判为农田,Globcover 数据将该区域判为草原,二者均不是很准确。

经过野外考察验证可知,在河流二级土地覆盖类型方面,Globcover 数据较 MODIS 数据准确;在农田二级土地覆盖类型方面,Globcover 数据较 MODIS 数据准确;在建筑用地覆盖类型方面,二者均较准确;尽管 Globcover 数据比 MODIS 数据斑块化严重,但是,在部分区域,MODIS 二级土地覆盖类型没有 Globcover 数据准确;在植被覆盖度较高的区域,二者易将森林、草地、农植镶嵌等二级土地覆盖类型混淆,分类均不甚准确。

4　结论与讨论

本研究主要从数据使用者的角度对 MODIS 和 Globcover 两个数据集在黑龙江流域进行对比分析,采用 TM/ETM+影像和野外考察照片,分别对二者一致和不一致的区域进行了验证。经比较发现,由于分类数据、分类系统和分类方法的差异,两种数据集不同土地覆盖类型数量和空间分布差异较大。在数量上,从一级土地覆盖类型分析,两种数据集都是以森林和农田为主,其次为草地,其中,森林和草地分别所占比例大致相同,而农田所占比例差距较大;从二级土地覆盖类型分析,MODIS 数据集中的森林主要是由混交林和落叶针叶林、落叶阔叶林组成,而 Globcover 数据集中主要以落叶针叶林为主,其次为常绿阔叶林和混交林,而常绿针叶林和落叶阔叶林几乎没有;MODIS 数据中的草地主要以草原为主,而 Globcover 数据中的草地以稀树草原和有林草原为主;MODIS 数据集中农田面积大于农植镶嵌覆盖类型的面积,而在 Globcover 数据中农植镶嵌覆盖类型面积大于农田面积。在空间分布上,二级类空间一致性区域仅占整个黑龙江流域面积的 22.5%,其中,空间一致性面积最大的为落叶针叶林,其次为农田、草原和混交林,其他类型空间一致性较低;一级类空间一致性的区域约占整个流域的 53.6%。森林和农田的一致性区域较大,其次为草地和建筑用地。

通过 TM/ETM+影像和野外考察照片的验证,在一级土地覆盖类型上,两个数据集精度均不高,约为 60%,MODIS 数据较 Globcover 数据准确;在二级土地覆盖类型上,Globcover 数据较为斑块化,在森林的二级土地覆盖分类上,MODIS 数据较 Globcover 数据准确,其他二级土地覆盖分类上,Globcover 数据较 MODIS 数据准确。不同的土地覆盖类型准确性不同。在一级土地覆盖类型上,二者建筑用地类型的准确性相对较高,MODIS 数据集略高于 Globcover 数据集;在森林覆盖类型上,MODIS 数据的准确性相对较高;二者草地覆盖类型准确性约为 60%,MODIS 数据略高于 Globcover 数据集;农田覆盖类型的准确性均较差,Globcover 数据集略高于 MODIS 数据集;MODIS 数据集湿地的准确性约为 50%;其他用地的准确性差异较大,MODIS 数据集的准确性在 90%以上,而 Globcover 数据集的准确性仅为 50%左右。在二级土地覆盖类型上,在河流类型上,Globcover 数据较 MODIS 数据准确;在农田类型上,Globcover 数据较 MODIS 数据准确;尽管 Globcover 数据比 MODIS 数据斑块化严重,但是在部分区域,MODIS 二级土地覆盖类型没有 Globcover 数据准确;在森林类型上,MODIS 数据较 Globcover 数据准确;但在植被覆盖度较高的区域,二者易将森林、草地、农植镶嵌等二级土地覆盖类型混淆,分类均不是很准确。

在全球变化研究中,MODIS 和 Globcover 两种全球土地覆盖数据基本可以满足精度要求不高的研究。在本文中,我们只验证了这两个全球土地覆盖数据集在黑龙江流域上应用精度,并没有验证其他区域的精度,数据使用者若要使用其他区域的数据,对数据质量要求不高时可根据本文结论进行选择,若对数据质量要求较高,则本文的验证结论可能无法适用。随着全球变化研究对数据要求的越来越高,如何生产高质量的全球土地覆盖数据成为数据生产者的关键问题。考虑到不同区域的差异性,根据已有的研究认为,可以通过详细的生态分区,将全球首先划分为不同的区域,针对不同的区域采用相同的方法不同的参数进行分类,最后将其综合得到全球土地覆盖数据。考虑到目前已有的大量各种形式的土地覆盖数据,如何进行数据标准

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

化及综合，使得不同分类系统和分辨率的数据间可以相互补充及验证，应当是数据生产者考虑的重要问题之一。

参考文献：

[1] Friedl M A, Mclver 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: 287-302.

[2] Brown J F, Loveland T R, Ohlen D O, *et al*. The global land-cover characteristics database: The users' perspective[J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1999, 65(9): 1069-1074.

[3] Giri C, Defourny P, Shrestha S. Land cover characterization and mapping of continental Southeast Asia using multi-resolution satellite sensor data[J]. International Journal of Remote Sensing, 2003, 24(21): 4181-4196.

[4] Loveland T R, Belward A S. The international geosphere biosphere programme data and information system global land cover data set (DISCover)[J]. Acta Astronautica, 1997, 41(4-10): 681-689.

[5] Loveland T R, Estes J E, Scepan J. Global land cover mapping and validation-foreword[J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1999, 65(9): 1011-1012.

[6] Hansen MC, Reed B. A comparison of the IGBP DISCover and University of Maryland 1km global land cover products[J]. International Journal of Remote Sensing, 2000, 21(6&7): 1365-1373.

[7] Giri C, Zhu Z L, Reed B. A comparative analysis of the Global Land Cover 2000 and MODIS land cover data sets[J]. Remote Sensing of Environment, 2005, 94: 123-132.

[8] 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.

[9] 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: 2538-2556.

[10] Latifovic R, Olthof I. Accuracy assessment using sub-pixel fractional error matrices of global land cover products derived from satellite data[J]. Remote Sensing of Environment, 2004(90):153-165.

[11] 冉有华，李新，卢玲. 四种常用的全球 1km 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.

[12] 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.

[13] 岳书平，张树文，闫业超. 吉林西部沼泽湿地景观变化及其驱动机制分析[J]. 中国环境科学，2008，28(2)：163 -167.

[14] Yang J C, Zhang S W, Li Y, *et al*. Dynamics of saline-alkali land and its ecological regionalization in western songnen plain, China[J]. Chinese Geographical Sciences, 2010, 20(2): 159-166.

[15] 崔耀平，刘彤，赵志平，等. 干旱荒漠区植被覆盖变化的遥感监测分析[J]. 地球信息科学学报，2011，13(3)：305-312.

[16] 宁静，张树文，王蕾，等. 农林交错区景观敏感性分析)——以黑龙江省牡丹江地区为例[J]. 东北林业大学学报，2009，37(1)：35-38 .

[17] 邴龙飞，邵全琴，刘纪远. 近 30 年黄河源头土地覆盖变化特征分析[J]. 地球信息科学学报，2011，13(3)：289-296.

[18] Myneni R B, Keeling C D, Tucker C J, *et al*. Increased plant growth in the northern high latitudes from 1981-1991[J]. Nature, 1997, 386:698-702.

[19] Bicheron P, Defourny P, Brockmann C, *et al*. GLOBCOVER: Products description and validation report [R]. European Space Agency, 2008.

[20] Friedl M A, Sulla-Menashe D, Tan B, *et al*. MODIS Collection 5 global land cover: Algorithm refinements and characterization of new datasets[J]. Remote Sensing of Environment, 2010, 114: 168-182.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

A Comparative Analysis of the MODIS Land Cover Data Sets and Globcover Land Cover Data Sets in Heilongjiang Basin

NING Jia[1,2], ZHANG Shuwen[1], CAI Hongyan[3] and BU Kun[1]

(1. *Northeast Institute of Geography and Agroecology, CAS, Changchun* 130012, *China*;
2. *Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100049, *China*;
3. *Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing* 100101, *China*)

Abstract: As global change is becoming serious, the global land cover data sets which the global change research needs have become more and more important. The current global land cover data products mainly include five products which are produced by European and U. S. The global land cover data sets produced by Boston University (i. e. MODIS data sets) and by European Space Agency with global cooperation (i. e. Globcover data sets), which are somehow better and more effective than the others, are used more and more widely. Because of the difference of data sources, classification systems and classification methods, there are significant differences between two land cover data sets both in quantity and spatial distribution. In this study, as a products' user, we compared the MODIS and Globcover data sets in Heilongjiang Basin on the quantity and spatial distribution, using LANDSAT TM / ETM + images and field photos to verify the accuracy of the classification of two data sets. The results show that, in Heilongjiang Basin, there are great differences in the quantity and spatial distribution between the two data sets. As to the quantity, the main land cover types (forest and cropland, followed by grassland) in both data sets are similar. When it comes to the spatial distribution, they are of great difference. The two data sets are both of low precision, with a precision of only 60%. The Globcover data sets is more clustering than MODIS data sets, and the overall accuracy is slightly lower than MODIS data sets, while the accuracy of different land cover types is different. Taking into account the representation of Heilongjiang Basin, we believe that Globcover data sets and MODIS data sets are able to meet lower demand for land cover information. This study provides a basis for global change research in selecting the appropriate data sets.

Key words: Globcover global data sets; MODIS global data sets; agreement and disagreement; accuracy validation; Heilongjiang Basin

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net