

引 用 格 式:Liu Yuan,Zhou Maichun.Comparative Analysis on Three Land Cover Datasets based on IGBP Classification System over Hanjiang River Basin[J].Remote Sensing Technology and Application,2017,32(3):575-584.[刘远,周买春.3 种 IGBP 分类系统的土地覆盖数据在韩江流域的对比分析[J].遥感技术与应用,2017,32(3):575-584.]
doi:10.11873/j.issn.1004-0323.2017.3.0575

3 种 IGBP 分类系统的土地覆盖数据 在韩江流域的对比分析

刘 远,周买春

(华南农业大学水利与土木工程学院,广东 广州 510642)

摘要:土地覆盖是陆面过程模型、生态水文模型的重要输入,对模拟结果影响较大。针对基于 IGBP 分类系统的土地覆盖数据 IGBP DISCover、MODIS 和 M1CLCover,以韩江流域为研究区域,分析了 3 种数据土地覆盖空间分布,通过人工判读样地 Google 卫星影像对其精度进行了评价。结果表明:IGBP DISCover 土地覆盖类型少,空间变异性小,而 MODIS 和 M1CLCover 类型多,空间变异性大;从大类看,3 种数据土地覆盖空间分布较吻合;3 种数据林地划分存在明显差异,其中 M1CLCover 林地成分较好地反映了流域实际情况;MODIS 和 M1CLCover 耕地面积与流域实际相符,IGBP DISCover 耕地面积明显偏大;3 种数据建设用地、裸地、湿地和水域的面积较实际小,说明 1 km 的空间分辨率过粗,不能细致反映流域中面积较小或较分散的土地覆盖,尤其是 IGBP DISCover 数据。Google 卫星影像样地检验表明,M1CLCover 精度明显高于 IGBP DISCover 和 MODIS,IGBP DISCover 的主要错误是将许多其他土地覆盖划分为耕地,而 MODIS 的主要错误是将许多其他土地覆盖划分为草地。

关 键 词:土地覆盖;IGBP 分类系统;遥感;韩江流域

中图分类号:TP79;S127 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-0323(2017)03-0575-10

1 引 言

土地覆盖是指地球陆地表面各种生物或物理的覆盖类型,包括地表植被(天然或人工)、人类建设用地(建筑、道路)、湖泊、冰川、裸岩和沙漠等,主要描述地球表面的自然属性^[1]。土地覆盖分类和变化是研究全球碳循环和水文循环、气候变化区域响应、区域土地变迁等的数据库。随着陆面过程模型、生态水文模型的日渐发展,许多模型如 LSM(Land Surface Model)^[2]、SiB2(Simple Biosphere Model Version 2.0)^[3]、CLM(Common Land Model)^[4] 和 CoLM^[5] 等陆面过程模型,SWAT(Soil and Water Assessment

Tool)^[6]和 BTOPMC(Block-wise Use of TOPMODEL with the Muskingum-Cunge Method)^[7]等分布式水文模型,它们中的一些反映地表特征的参数(如地表反照率、地面粗糙度、植被叶面积指数、根系深度等)都需要通过土地覆盖类型来确定。

随着空间技术迅速发展,遥感数据(如 NOAA AVHRR、Terra/Aqua MODIS、SPOT 4 VEGETATION、Landsat TM 等)成为土地覆盖制图重要数据库,目前常用的全球尺度土地覆盖数据有 IGBP DISCover^[8]、UMD^[9]、GLC2000^[10] 和 MODIS(MOD12Q1)^[11],它们已经在陆面过程模拟和生态水文模拟中得到了广泛应用^[12-20]。作为模型的重要

收稿日期:2016-03-21;修订日期:2016-06-22
基金项目:国家自然科学基金项目(41171029),广东省水利科技创新项目(2009-42)。
作者简介:刘 远(1979—),男,广东中山人,副教授,主要从事水文预报和地理信息系统研究。E-mail:lyuan@scau.edu.cn。
通讯作者:周买春(1965—),男,江西高安人,教授,博士生导师,主要从事水文学及水资源研究。E-mail:mczhou@scau.edu.cn。

输入,土地覆盖数据对模拟结果有较大的影响^[21-25]。然而,数据源和分类方法的不同使得这些数据存在差异。IGBP DISCover 和 UMD 有相同数据源,但分类方法不同,UMD 和 MODIS 分类方法相同,但数据源不同,何者分类正确(或者说精度更高)是应用人员首先面临的问题。虽然数据生产者对产品精度进行了定量评价,但由于验证数据和验证方法不同,使得这些数据精度的验证结果之间不具有可比性^[26]。国内外已有一些学者针对这些数据的差异展开研究^[27-31],结果表明它们在全球和中国许多地方都存在明显的差异。Ran 等^[32]指出这 4 种土地覆盖数据在中国陆域部分的精度都不能满足陆面过程模拟的需要,他随后建成了中国土地覆盖数据 MICLCover^[33-34]。

地表土地覆盖通常存在年际变化和季节变化,但是土地覆盖数据代表的是其数据源覆盖时段的地表土地覆盖情况,不具有时间分辨率。对于长时间序列的陆面过程或水文过程模拟,一般是选择某一种数据代表整个模拟时段的土地覆盖,不考虑其随时间的变化。所以,即便不同数据代表的土地覆盖年份不同,研究它们间的差异仍有重要的意义。4 种常用全球土地覆盖数据中除 GLC2000 采用 FAO (Food and Agriculture Organization) LCCS (Land Cover Classification System) 将土地覆盖分为 22 类外,IGBP DISCover、MODIS 和 UMD 都是采用 IGBP(International Geosphere-Biosphere Program)分类系统将土地覆盖分为 17 种类型^[11,34] (UMD 去掉了当中的 3 类分为 14 类);中国土地覆盖数据 MICLCover 同样采用 IGBP 分类系统。本研究选择 IGBP DISCover、MODIS 和 MICLCover 3 种基于 IGBP 分类系统的土地覆盖数据,在中国南方植被类型多样的韩江流域进行对比,分析各种数据反映地表覆被分类状况的差异,通过人工判读 Google 高分影像对数据的精度进行评价。

2 研究区域和数据来源

2.1 研究区域

韩江流域位于 115°13'~117°09'E、23°17'~26°05'N,覆盖广东东部、福建西南部、江西东南部共 22 个县市,流域面积 30 112 km²。其中山地约占 70%,主要分布在流域北部和中部;丘陵约占 25%,分布在梅江流域和其他干支流谷地;平原约占 5%,主要分布在韩江三角洲。梅江是韩江的主流,在广东大埔的三河坝与汀江汇合后始称韩江,全长

470 km。梅江、汀江、韩江干流和三角洲的集水面积分别为 13 929、11 802、3 346 和 1 035 km² (图 1)。

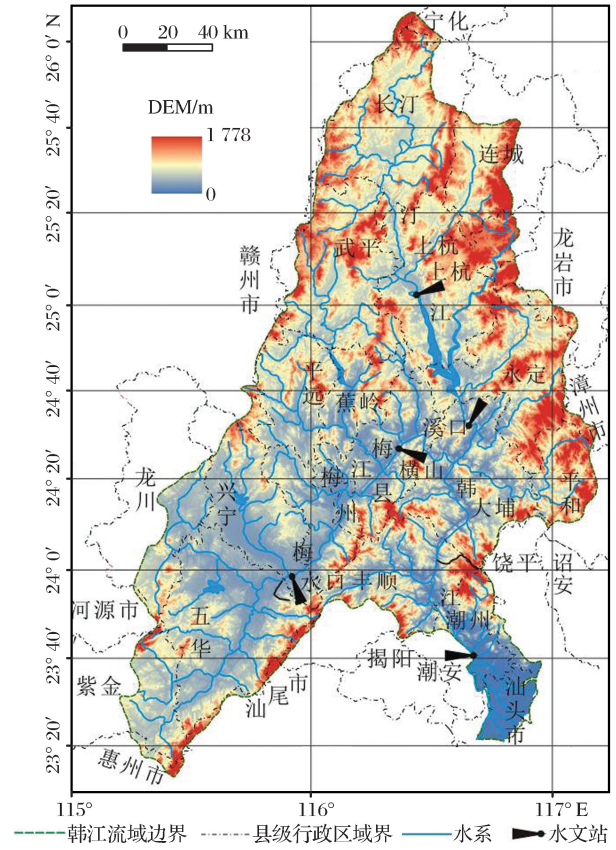


图 1 韩江流域位置和高程分布

Fig.1 Location and DEM of Hanjiang river basin

2.2 数据来源

2.2.1 IGBP DISCover 数据^[8]

美国地质调查局 (United States Geological Survey, USGS) 于 1997 年 11 月发布了全球 1 km 分辨率 IGBP 土地覆盖数据库 GLCC (Global Land Cover Characteristics) Version 1.2, 此后, 数据库对全球超过 10% 的土地覆盖数据进行了更新, 版本更新为 GLCC Version 2.0。IGBP DISCover 应用 1992 年 4 月至 1993 年 3 月间 1 km 分辨率的 AVHRR 10 d NDVI 数据, 对非植被或者稀疏植被区域 (水域、裸地或稀疏植被覆盖地、冰和雪) 进行掩膜处理。其中, 水域掩膜利用 DCW (Digital Chart of World) 中的水域信息解释 AVHRR 通道 2 (近红外通道) 的影像来建立, 裸地或稀疏植被覆盖地、冰和雪的掩膜根据 12 个月的最大合成 NDVI 的阈值 (依据大陆的特性确定) 来建立; 应用 K-Means 非监督聚类算法将经过掩膜处理的 12 个月 NDVI 最大值合成数据进行季节性绿度分类; 最后使用辅助数据进行精细的分类后处理, 确定聚类图斑属于哪种

地物类别,使用的辅助数据包括 DEM、地图、生态区域数据、土壤数据、植被数据、已有的土地利用和土地覆盖数据等。

2.2.2 MODIS 土地覆盖数据^[11]

MOD12Q1 土地覆盖数据,其空间分辨率是 1 km,提供了包括 IGBP 在内的 5 种全球土地覆盖分类方法,同时也提供了土地覆盖类型的评估和质量信息。MOD12Q1 以全球为整体,采用监督的神经网络和分类树方法进行分类。主要输入数据包括 16 d 的经过 BRDF(Bidirectional Reflectance Distribution Function)调整的 MODIS 7 个光谱波段的反射率数据和 16 d 的 MODIS EVI(Enhanced Vegetation Index)数据,分辨率都是 1 km。训练样本数据库通过 STEP(System for Terrestrial Ecosystem Parameterization)来建立,由分布在全球的 1 373 个样地组成,通过对 Landsat TM 影像和一些辅助的地图数据的人工解释来获得样地的土地覆盖类型。目前,MOD12Q1 只提供 2001~2004 年的数据,本研究选择与其他两类数据时间最接近 2001 年的数据。

2.2.3 M1C1Cov1r 数据^[33,34]

M1C1Cov1r 是由中国西部环境与生态科学数据中心提供的 2000 年中国 1 km 分辨率的 IGBP 分类系统的土地覆盖数据。该数据在评价 4 种已有土地覆盖数据的基础上,融合了多种不同来源的土地覆盖数据,包括 2000 年的中国 1:10 万土地利用数据、1:100 万植被图集的植被型分类、1:10 万冰川图、1:100 万沼泽湿地图和 2001 年的 MOD12Q1

数据。M1C1Cov1r 的数据融合采用 Dempster-Shafer 证据理论来实现,通过基本概率赋值来确定各种土地覆盖数据对 17 种土地覆盖类型的支持程度;对输出的各类型的信任度进行比较,采用最大信任度原则进行决策,取信任度最大的土地覆盖类型作为最终的融合结果。

2.2.4 样地影像数据

用于检验土地覆盖数据的样地高分辨率影像来自 2013 年的 Google 卫星影像,流域中 10 块样地对应 10 幅高分影像,图幅尺寸是 23 302 像素×16 916 像素,分辨率是 0.27 m,影像采用的是 WGS1984 坐标系统。Google 卫星影像定位精度高,定位误差约为(15±5) m^[35],满足检验 1 km 分辨率土地覆盖数据的空间位置精度要求。

3 数据预处理及评价方法

3.1 数据预处理

IGBP DISCover、MODIS、M1C1Cov1r 土地覆盖数据和 Google 卫星影像采用的投影体系不同,为此统一采用兰伯特等面积投影体系(Lambert Azimuthal Equal Area projection)将它们转换成相同的投影。虽然 IGBP DISCover、MODIS、M1C1Cov1r 都是采用 IGBP 分类系统,但是 IGBP 分类较多不利于数据间的比较,而且一些 IGBP 类型在韩江流域中并不存在或者面积很小。为更好地比较 3 种数据,根据韩江流域的实际情况对 IGBP 土地覆盖分类系统重新整合归类,将其整合为 8 大类,如表 1 所示。

表 1 韩江流域 IGBP 土地覆盖分类整合
Table 1 Synthetic combination of IGBP land cover classification for Hanjiang river basin

整合后编号	整合后的类型	包含的 IGBP 类型	对应的 IGBP 编号
21	乔木林地	常绿针叶林、常绿阔叶林、落叶针叶林、落叶阔叶林、混交林	1、2、3、4、5
22	灌木林地	郁闭灌木林、稀疏灌木林	6、7
23	草地	多树草地、稀树草地、草地	8、9、10
24	耕地	农作物、农作物和自然植被的镶嵌体	12、14
25	建设用地	城市和建成区	13
26	冰川	冰、雪	15
27	裸地	裸地或稀疏植被覆盖地	16
28	湿地和水域	永久湿地、水域	11、17

用韩江干流的控制性水文站潮安站以上的流域边界截取整合前后 3 种土地覆盖数据中韩江流域所属的部分,如图 2、3 所示。

3.2 对比方案

根据 IGBP DISCover、MODIS 和 M1C1Cov1r 3

种土地覆盖数据的空间分布格局,定性地比较它们的空间一致性;根据各种土地覆盖成分在 3 种数据中的比例,定量比较它们各种成分的差异。分别对土地覆盖类型整合前后的 3 种数据的空间分布格局和土地覆盖成分进行对比。

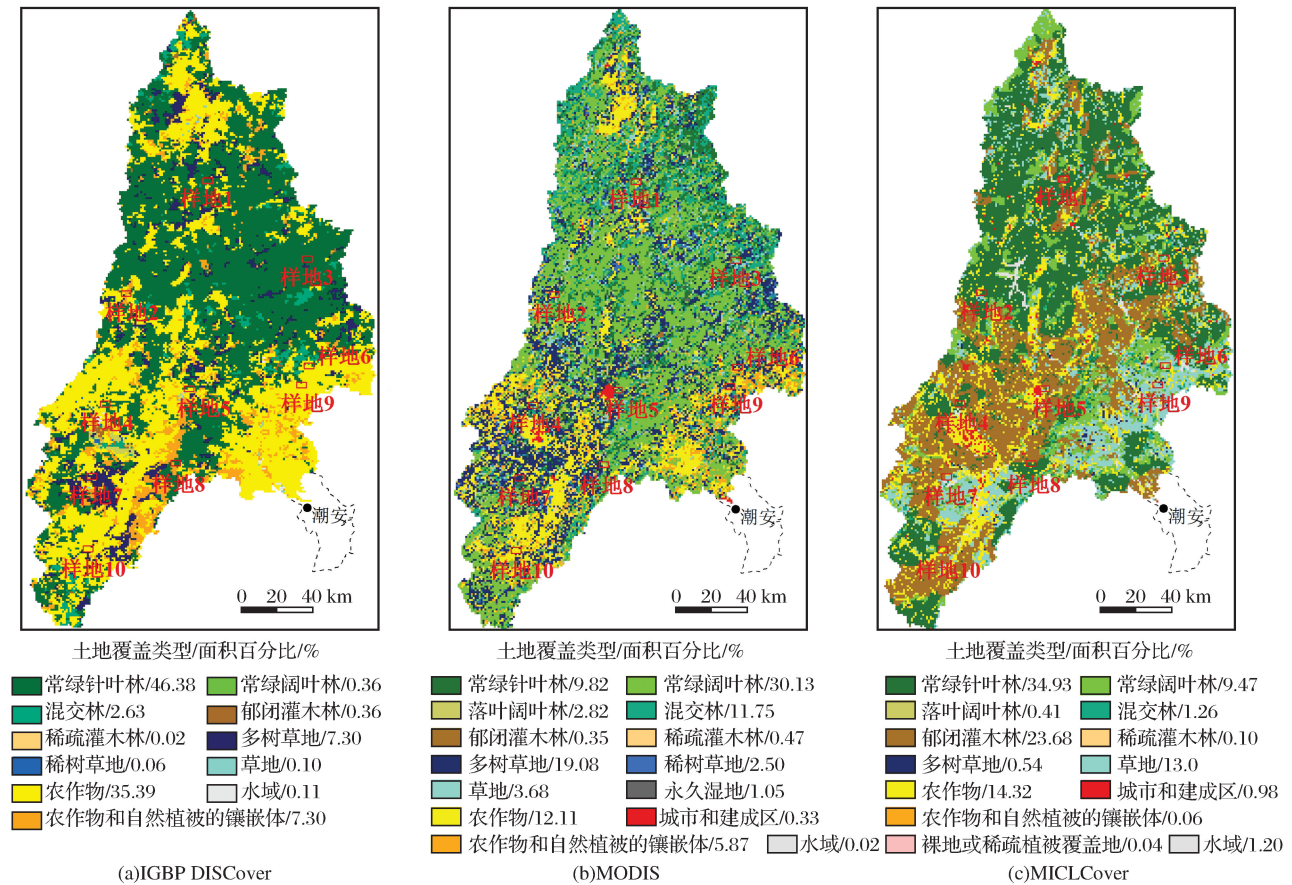


图 2 3 种 IGBP 分类系统的土地覆盖数据在韩江流域的分布

Fig.2 Spatial distributions of 3 IGBP land cover classification system based datasets over Hanjiang river basin

3.3 检验样本的获取

在韩江流域内较均匀地布设 10 块样地,如图 2 所示,下载每块样地对应的高分辨率 Google 卫星影像。将投影转换后的高分影像划分成 5×3 个 1 km 的网格单元,网格的位置与土地覆盖数据的网格重合。高分影像的分辨率最高可达 0.27 m,能够识别较大的地物,根据网格单元内的地物类别和面积,便可对其土地覆盖进行归类,可以识别出林地(含乔木和灌木)、耕地、草地、镶嵌体、建设用地和水域等主要土地覆盖类型,用于检验土地覆盖分类数据的精度。

4 结果与分析

4.1 土地覆盖空间分布的比较

从整体格局上看(图 2),IGBP DISCover 反映的流域土地覆盖分布比较均匀,呈现大片的常绿针叶林和农作物分布,其他土地覆盖类型的面积都很小;与之相比,MODIS 和 M1C1Cover 的土地覆盖类型相对多样,各种土地覆盖相互混杂,土地覆盖类型的空间变异性较大。从整合后的土地覆盖分布来

看(图 3),3 种数据的空间分布吻合较好,具有较明显的规律,即地势较高的山地、丘陵的土地覆盖以乔木林地为主,地势较低的盆地、平原以耕地为主(流域的高程分布见图 1);与 IGBP DISCover 和 MODIS 不同,M1C1Cover 中等高程的半山腰地带以灌木林地为主,分布在乔木林地和耕地之间,在整个流域内呈现出较明显的 3 个植被带;3 种数据都有一定面积的草地,较分散地分布在林地和耕地的内部。

4.2 土地覆盖类型的定量比较

统计韩江流域整合前后 3 种土地覆盖数据各种分类的像元数,结果如图 4 所示。3 种数据中流域各种土地覆盖类型的比例有明显的差别,流域的主要土地覆盖成分也不同(见图 4(a));IGBP DISCover 以常绿针叶林、农作物、多树草地、农作物和自然植被的镶嵌体(下文简称镶嵌体)4 种类型为主;MODIS 的土地覆盖类型相对多样,由常绿阔叶林、多树草地、农作物、混交林、常绿针叶林和镶嵌体等组成;M1C1Cover 则以常绿针叶林、郁闭灌木林、农作物、草地和常绿阔叶林 5 种类型为主。从整合后的分类来看(图 4(b)),3 种数据的乔木林地的比例

比较接近,但只有 MICLCover 有较多的灌木林地, IGBP DISCover 和 MODIS 几乎没有灌木林地;IG-
BP DISCover 的耕地远超过 MODIS 和 MICLCov-
er,MODIS 的草地则明显较其他两种数据多。

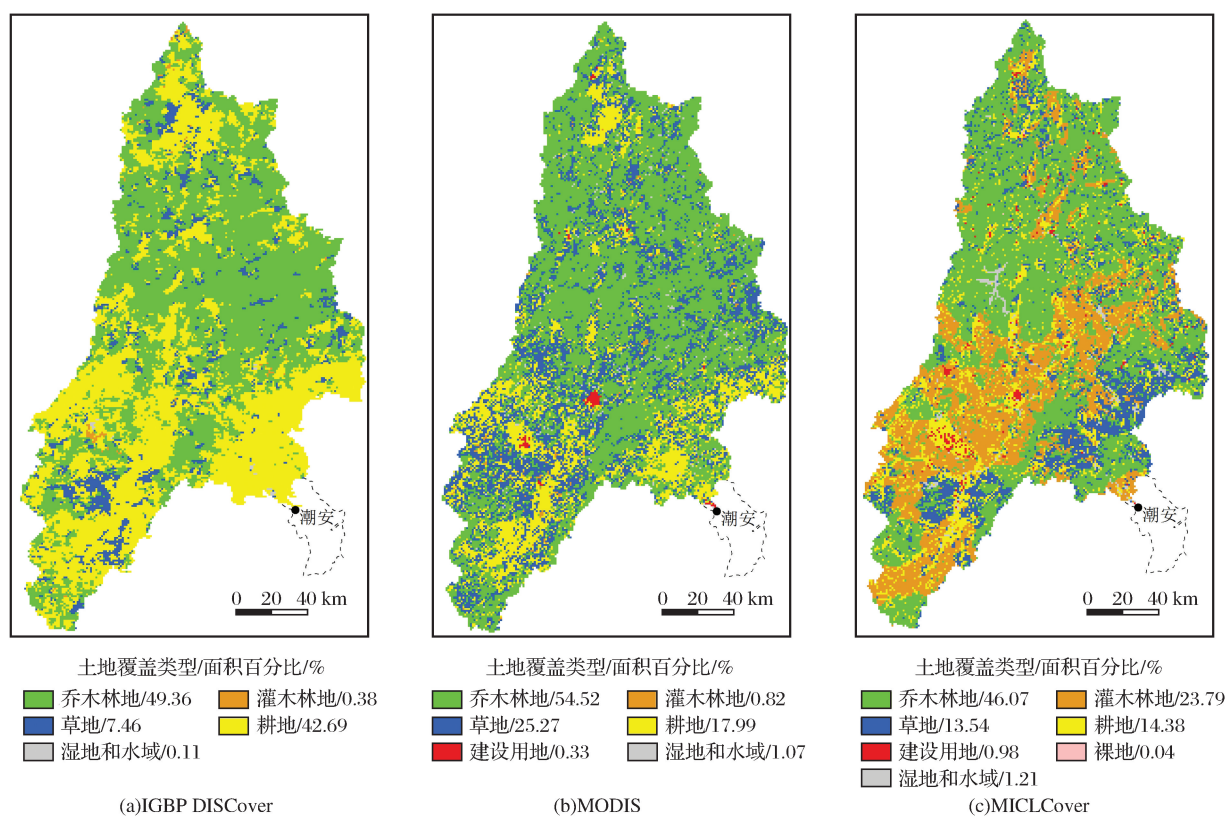


图 3 整合后的 3 种土地覆盖数据在韩江流域的分布

Fig.3 Spatial distributions of 3 kinds of synthetic combination classification data over Hanjiang river basin

4.2.1 林地

张正栋^[36]曾利用 TM 卫星影像数据,分析了广东省境内的韩江流域(梅州市、潮州市和汕头市) 1986~2006 年 20 年间的 LUCC (Land Use and Land Cover Change)变化,1996 年林地占流域总面积的 71.26%;从土地变迁来看,流域的原生植被为中亚热带常绿阔叶林和南亚热带季风常绿阔叶林,但由于长期受到人类活动的干扰,除少部分地区保存较好外,大部分的原生植被早已被更替为次生林;目前,流域内山地、丘陵的植被是以马尾松为主的次生林地,半山腰种有较大面积的果树、茶树等经济作物(一般属高度不大的木本植物,IGBP 分类系统将其归类为灌木林),台地、盆地和平原则多为农作物。MICLCover 林地(包括乔木和灌木林地)总面积比例为 69.86%,接近于张正栋^[36]的结果,乔木林地当中常绿针叶林占主要部分,常绿阔叶林占小部分,流域还有较大面积的郁闭灌木林,与流域土地变迁的结果吻合较好。由图 4(b)可以看出,IGBP DISCover 的乔木林地面积与 MICLCover 很接近,而且在

流域内的空间分布吻合较好,但由于几乎没有灌木林地,使得 IGBP DISCover 算入灌木的林地总面积比例比 MICLCover 小 20.11%。MODIS 的乔木林地面积比 MICLCover 的大一些,但灌木林的面积很小,使其林地的总面积比例比 MICLCover 小 14.51%。IGBP DISCover 的林地绝大部分是常绿针叶林,MODIS 以常绿阔叶林为主,并且有较多的混交林和常绿针叶林,各种林分在空间分布上相互杂混,它们反映的流域林分与 MICLCover 存在明显的差异。

4.2.2 耕地和草地

根据广东省和福建省各市的最新统计年鉴(2013 年),韩江流域内的主要市县的耕地总面积约 700 万 hm^2 ,占流域总面积的 15.50%;张正栋^[36]研究得到 1996 年广东省境内流域的耕地面积比例为 14.31%。MICLCover 的耕地(几乎不含镶嵌体)面积比例是 14.40%,与实际面积较吻合。MODIS 的耕地面积比例是 17.99%,其中包含有 5.87%的镶嵌体,若扣除镶嵌体中的林地或草地部分,则 MODIS 的耕地面积与 MICLCover 很接近,且在流域中的

空间分布也吻合较好。IGBP DISCover 的耕地面积比例达 42.69%(当中包含有 7.30%的镶嵌体),远远高出实际的面积。3 种数据的草地(包括多树草地

和稀树草地)面积比例都超过(或接近)10%,MODIS 更是达到 25.27%,远远超过张正栋^[36]的结果(0.12%)。

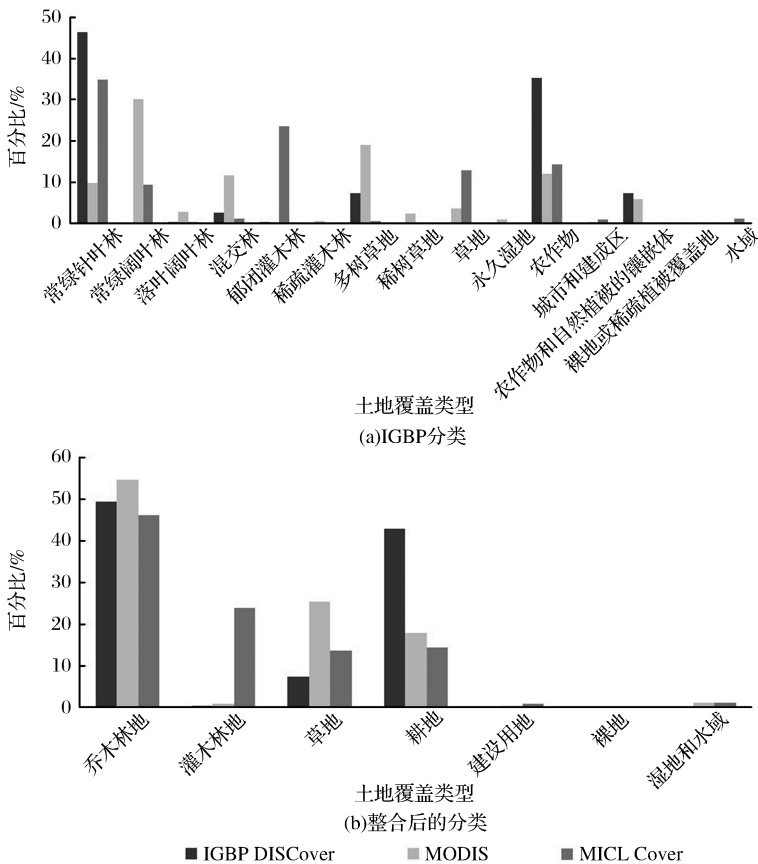


图 4 整合化前后的 3 种 IGBP 分类系统的土地覆盖数据在韩江流域的对比
Fig.4 Comparisons of 3 IGBP land cover classification system based datasets over Hanjiang river basin before and after synthetic combination

4.2.3 其他土地覆盖类型

3 种数据的建设用地、裸地、湿地和水域面积都很小,除 MODIS 的永久湿地、MICL Cover 的水域和建设用地的面积比例超过(或接近)1%外,其他土地类型都几乎是 0。实际上,韩江流域应有一定面积的建设用地和水域,但是在 1 km 分辨率的土地覆盖数据中难以体现。因为韩江流域的建设用地以农村居民用地为主,分布较分散,水域的宽度除少数山塘和水库外也很难达到 1 km,所以建设用地和水域往往是同其它更大面积的土地覆盖类型(如草地、耕地)构成一个网格单元,而 IGBP 分类系统通常是

4.3 样地检验

通过人工判读样地 Google 卫星影像,检验 IGBP DISCover、MODIS 和 MICL Cover 3 种土地覆盖

数据。以样地 1 为例,图 5(a)是样地 1 对应的高分影像,对其进行网格单元划分,然后通过人工判读 15 个网格单元的土地覆盖类型,共有林地、耕地和镶嵌体 3 种土地覆盖类型,典型的单元如图 5(b)、(c)、(d)所示。根据上述步骤,依次判读 10 块样地高分影像共 150 个样本单元的土地覆盖类型,以此作为土地覆盖数据的检验标准,在 3 种数据中查询相应网格所属的 IGBP 类型,结果显示,3 种数据在各样本单元中划分的 IGBP 类型差别较大,3 种数据 IGBP 类型完全一致的样本单元只有 8%,这当中大部分是农作物;3 种数据两两间类型一致的样本单元都在 20%左右。根据 3 种数据划分的样本单元 IGBP 类型是否属于高分影像识别的大类,可以得到各数据的总体检验精度。其中,最高的是 MICL Cover,总体精度为 72.67%;IGBP DISCover 和 MODIS 的总体精度较为接近,分别为 46.67%和 49.33%。

在 150 个样本单元中,由高分影像识别的土地覆盖类型以林地最多,87 个;耕地次之,35 个。两类

的样本数占样本总数的 81.33%,3 种土地覆盖数据在这两类样本中的类型划分结果如图 6 所示。可以

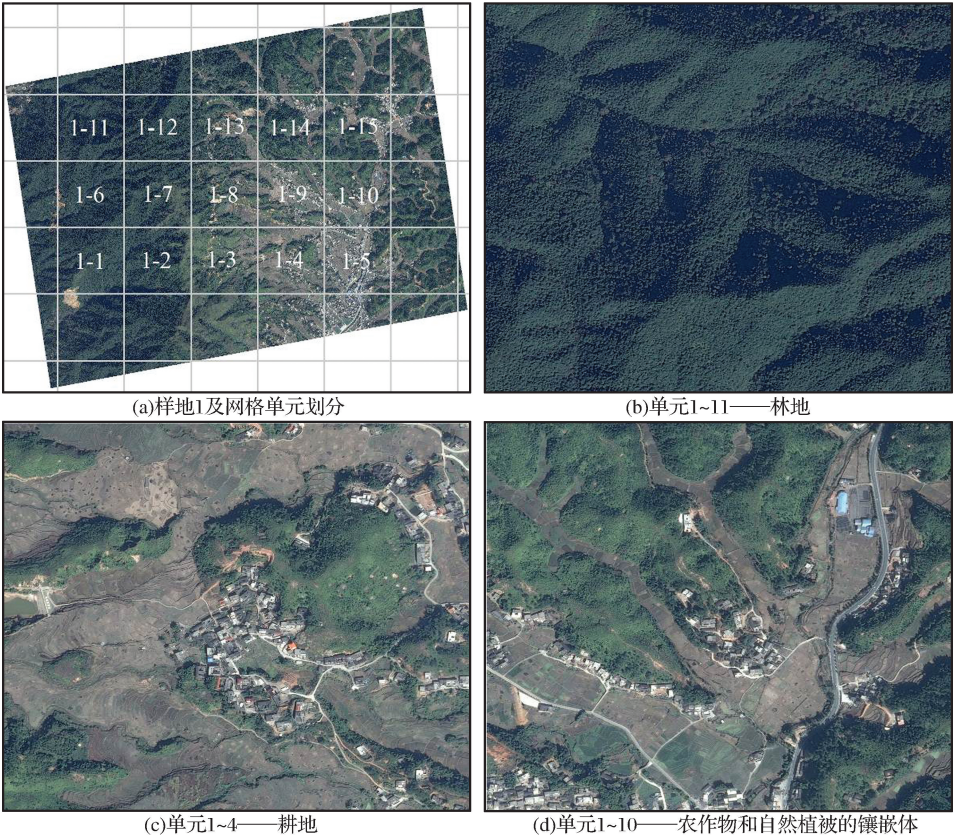


图 5 样地 1 网格单元划分及单元的土地覆盖类型

Fig.5 Grid cells dividing for sample site 1 and land cover classifications for cells

看出,MICLCover 对林地样本的检验精度最高,达 81.61%,高于其总体检验精度;IGBP DISCover 和 MODIS 的检验精度分别是 54.02%和 48.28%,前者高于其总体检验精度,后者则略低于其总体检验精度。在检验错误的林地样本中,IGBP DISCover 主要划分为耕地,MODIS 主要划分为草地。MICLCover 对耕地样本的检验精度为 57.14%,高于 IGBP DISCover 和 MODIS,但低于其总体检验精度;IGBP DISCover 和 MODIS 的检验精度都是 48.57%,与总体检验精度相当,其中 MODIS 把较多的耕地样本划分为草地。样本单元中的其他土地覆盖类型还有草地、镶嵌体和建设用地,样本数分别是 15、9 和 4。在这些样本中,MICLCover 的检验精度为 64.29%,是 3 种数据中最高的,但低于其总体检验精度;MODIS 的检验精度为 53.57%,略高于其总体检验精度;IGBP DISCover 的检验精度最低,只有 21.43%,它将较多的样本划分为耕地。可以看出在各土地覆盖类型的全部样本中,IGBP DISCover

检验错误的样本主要是划分成了耕地,MODIS 主要是划分成了草地,这与 IGBP DISCover 的耕地和 MODIS 的草地总体面积较大的结果一致。

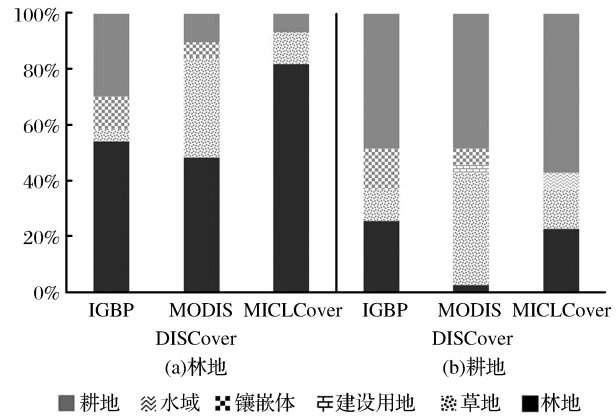


图 6 Google 卫星影像识别的林地和耕地在 3 种土地覆盖数据的类型百分比

Fig.6 Percentages of land cover classifications in 3 datasets for cells which were identified as forest or croplands in Google satellite images

5 结 语

以韩江流域为对象,对比分析 IGBP DISCover、MODIS 和 MICLCover 3 种 IGBP 分类系统的土地覆盖数据的空间分布和各土地覆盖类型的含量,并以 Google 卫星影像识别的样地土地覆盖类型为检验标准,对 3 种数据的精度进行评价,得到以下结论:①IGBP DISCover 的土地覆盖空间变异性较小,土地覆盖类型少,而 MODIS 和 MICLCover 的空间变异性较大,类型相对多样;但从土地覆盖的大类上看,3 种数据的空间分布吻合较好,即地势较高的山地、丘陵的土地覆盖以林地为主。地势较低的盆地、平原以耕地为主;②3 种土地覆盖数据划分的林地成分存在明显的差异,其中 MICLCover 反映的林地成分与流域的实际吻合较好;MODIS 和 MICLCover 划分的耕地面积与流域实际较吻合,而 IGBP DISCover 的耕地面积则明显偏大;3 种土地覆盖数据划分的建设用地、裸地、湿地和水域的面积都很小,说明 1 km 的分辨率不足以刻画韩江流域土地覆盖的多样性,致使流域中面积较小或较分散的土地覆盖被忽略,这在 IGBP DISCover 中表现的最为明显。③MICLCover 的样地检验精度明显高于 IGBP DISCover 和 MODIS,在检验错误的样本中,IGBP DISCover 主要划分为耕地,MODIS 主要划分为草地。MICLCover 是在 MODIS 土地覆盖数据基础上融入我国多种土地利用/土地覆盖数据,使精度得以提高,该数据于近年发布,有待进一步推广应用和精度检验。

参考文献(References):

- [1] Antonio D G, Jansen L J M. Land Cover Classification System (LCCS): Classification Concepts and Use Manual[M]. Roma: FAO, 2000.
- [2] Bonan G B. Land Surface Model (LSM Version 1.0) for Ecological, Hydrological, and Atmospheric Studies; Technical Description and User's Guide[R]. Boulder: Colorado, CO, USA, 1996.
- [3] Sellers P J, Los S O, Tucker C J, *et al.* A Revised Land Surface Parameterization (SiB2) for Atmospheric GCMs, Part II: The Generation of Global Fields of Terrestrial Biophysical Parameters from Satellite Data[J]. *Journal of Climate*, 1996, (9): 706-737.
- [4] Zeng X B, Dai Y J, Shaikh M, *et al.* Common Land Model (CLM) and Its Coupling with the NCAR CCM3[Z]. Tucson, AZ, USA: American Meteorological Society, 2001.
- [5] Dai Y, Zeng X, Dickinson R, *et al.* The Common Land Model [J]. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 2003, 84 (8): 1011-1013.
- [6] Arnold J G, Srinivasan R, Muttiah R S, *et al.* Large area Hydrologic Modeling and Assessment Part I: Model Development[J]. *Journal of the American Water Resources Association*, 1998, 34(1): 73-89.
- [7] Takeuchi K, Hapuarachchi P, Zhou M, *et al.* A BTOP Model to Extend TOPMODEL for Distributed Hydrological Simulation of Large Basins [J]. *Hydrological Processes*, 2008, 22 (17): 3236-3251.
- [8] Loveland T R, Reed B C, Brown J F, *et al.* 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.
- [9] 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): 1331-1364.
- [10] 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, 25(9): 1959-1977.
- [11] 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.
- [12] Zhou M C, Ishidaira H, Hapuarachchi H P, *et al.* Estimating Potential Evapotranspiration Using Shuttleworth-wallace Model and NOAA-AVHRR NDVI Data to Feed a Distributed Hydrological Model over the Mekong River Basin[J]. *Journal of Hydrology*, 2006, 327(1-2): 151-173.
- [13] Cao Qihuan, Liu Yuan, Zhou Maichun, *et al.* Application of Shuttleworth-wallace Model in Hanjiang River Basin Using AVHRR NDVI Data[J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatsen*, 2013, 52(2): 121-128. [曹启桓, 刘远, 周买春, 等. 基于 AVHRR NDVI 的 Shuttleworth-Wallace 模型在韩江流域的应用[J]. *中山大学学报: 自然科学版*, 2013, 52 (2): 121-128.]
- [14] Sertel E, Robock A, Ormeci C. Impacts of Land Cover Data Quality on Regional Climate Simulations [J]. *International Journal of Climatology*, 2010, 30(13): 1942-1953.
- [15] Li Jie, Zhang Yuandong, Gu Fengxue, *et al.* Temporospatial Variations in Net Ecosystem Productivity in Northeast China Since 1960[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2014, 34(6): 1490-1502. [李洁, 张远东, 顾峰雪, 等. 中国东北地区近 50 年净生态系统生产力的时空动态[J]. *生态学报*, 2014, 34(6): 1490-1502.]
- [16] Liu Lin, Li Yuechen, Zhu Cuixia, *et al.* The Spatio-temporal Variation Characteristics of Vegetation NPP in Chongqing and Its Relation with Climatic Factors from 2001 to 2010[J].

- Remote Sensing Information, 2013, 28(5): 99-108. [刘琳, 李月臣, 朱翠霞, 等. 2001年~2010年重庆地区植被 NPP 时空变化特征及其与气候因子的关系[J]. 遥感信息, 2013, 28(5): 99-108.]
- [17] Yuan Di, Song Xingyuan, Zhang Yanjun. Research on Parameter Calibration Method of Xinanjiang Model based on Remote Sensing Information[J]. Engineering Journal of Wuhan University, 2014, 47(1): 23-27. [袁迪, 宋星原, 张艳军. 基于遥感信息的新安江模型参数率定方法[J]. 武汉大学学报: 工学版, 2014, 47(1): 23-27.]
- [18] Wang Wei, Lu Hai. Progress in Application of Remote Sensing Data in Hydrological Simulation[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2015, 30(6): 1042-1050. [汪伟, 卢庵. 遥感数据在水文模拟中的应用研究进展[J]. 遥感技术与应用, 2015, 30(6): 1042-1050.]
- [19] Xia Ting, Wang Zhongjing, Luo Lin, *et al.* REDRAW-based Evapotranspiration Characters Analysis in Hekou-longmen Section of the Yellow River[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2015, 46(7): 811-818. [夏婷, 王忠静, 罗琳, 等. 基于 REDRAW 模型的黄河河龙间近年蒸散发特性研究[J]. 水利学报, 2015, 46(7): 811-818.]
- [20] Tuanmu M, Jetz W. A Global 1 km Consensus Land-cover Product for Biodiversity and Ecosystem Modelling[J]. Global Ecology and Biogeography, 2014, 23(9): 1031-1045.
- [21] Gonsamo A, Chen J M. Evaluation of the GLC2000 and NALC2005 Land Cover Products for LAI Retrieval over Canada[J]. Canadian Journal of Remote Sensing, 2011, 37(3): 302-313.
- [22] Wang Yuanyuan, Xie Zhenghui, Jia Binghao, *et al.* Simulation and Evaluation of Gross Primary Productivity in China by Using Land Surface Model CLM4[J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 2015, 20(1): 97-110. [王媛媛, 谢正辉, 贾炳浩, 等. 基于陆面过程模式 CLM4 的中国区域植被总初级生产力模拟与评估[J]. 气候与环境研究, 2015, 20(1): 97-110.]
- [23] Liu Yuan, Zhou Maichun, Chen Zhijing, *et al.* Sensitivity of the Potential Evapotranspiration to Climate and Vegetation in Hanjiang River Basin based on S-W Model[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2013, 29(10): 92-100. [刘远, 周买春, 陈芷菁, 等. 基于 S-W 模型的韩江流域潜在蒸散发的气候和植被敏感性[J]. 农业工程学报, 2013, 29(10): 92-100.]
- [24] Chen Junfeng, Li Xiubin. Simulation of Hydrological Response to Land-cover Changes[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2004, 15(5): 833-836. [陈军锋, 李秀彬. 土地覆被变化的水文响应模拟研究[J]. 应用生态学报, 2004, 15(5): 833-836.]
- [25] Xu Jing, Ren Liliang, Yuan Fei, *et al.* Simulation of Runoff Response to Land Cover Changes based on BTOPMC Model[J]. Journal of Lake Sciences, 2008, 20(4): 507-513. [徐静, 任立良, 袁飞, 等. 基于 BTOPMC 模型的土地覆被变化径流响应模拟[J]. 湖泊科学, 2008, 20(4): 507-513.]
- [26] Wang Jie, Zhang Zengxiang, Zhang Weiwei. Study on the Uncertainty of Five Land Use/Land Cover Data Sets based on Eco-graphical Regions[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2012, 27(6): 865-872. [王洁, 张增祥, 张委伟. 基于生态地理分区的 5 套土地利用/覆盖数据的不确定性研究[J]. 遥感技术与应用, 2012, 27(6): 865-872.]
- [27] Hansen M C, Reed B. A Comparison of the IGBP DISCover and University of Maryland 1 km Global Land Covers Products[J]. International Journal of Remote Sensing, 2000, 21(6-7): 1365-1373.
- [28] 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(1): 123-132.
- [29] 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(4): 246-255.
- [30] Wu Wenbin, Yang Peng, Zhang Li, *et al.* Accuracy Assessment of Four Global Land Cover Datasets in China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2009, 25(12): 167-173. [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.]
- [31] Yang Yongke, Xiao Pengfeng, Feng Xuechi, *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. [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.]
- [32] Ran Y, Li X, Lu L. Evaluation of Four Remote Sensing based Land Cover Products over China[J]. International Journal of Remote Sensing, 2010, 31(2): 391-401.
- [33] Ran Y H, Li X, Lu L, *et al.* Large-scale Land Cover Mapping with the Integration of Multi-source Information based on the Dempster-shafer Theory[J]. International Journal of Geographical Information Science, 2012, 26(1): 169-191.
- [34] Ran Youhua, Li Xin, Lu Ling. China Land Cover Classification at 1 km Spatial Resolution based on a Multi-source Data Fusion Approach[J]. Advances in Earth Science, 2009, 24(2): 192-203. [冉有华, 李新, 卢玲. 基于多源数据融合方法的中国 1km 土地覆盖分类制图[J]. 地球科学进展, 2009, 24(2): 192-203.]
- [35] Clark M L, Aide T M, Grau H R, *et al.* A Scalable Approach to Mapping Annual Land Cover at 250m 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.
- [36] Zhang Zhengdong. Synthetic Study of Land Use/Cover Change in Typical Area in Hanjiang River Basin, Guangdong Province

(China)[D].Guangzhou:Graduate University of The Chinese Academy of Sciences,2007.[张正栋.广东韩江流域土地利用与土地覆盖变化综合研究[D].广州:中国科学院研究生院(广州地球化学研究所),2007.]

Comparative Analysis on Three Land Cover Datasets based on IGBP Classification System over Hanjiang River Basin

Liu Yuan,Zhou Maichun

(College of Water Conservancy and Civil Engineering ,
South China Agricultural University ,Guangzhou 510642,China)

Abstract: Land cover data is an important input for land surface process models and eco-hydrological models.It has a significant influence on the simulation results. Three IGBP land cover classification system based datasets,including global data IGBP DISCover and MODIS,and recent China data MICLCover,were compared and evaluated over Hanjiang River basin.Their spatial distributions were compared in the basin and accuracies were assessed by identifying Google satellite images in sample sites.For IGBP land cover,land cover types of IGBP DISCover are fewer and its spatial variability is smaller than that of MODIS or MICLCover.But for big classes,their spatial distributions match well.The components of woodlands classified by the three kinds of land cover data are quite different.Only MICLCover corresponds to the reality of the basin.The area of croplands classified by MODIS or MICLCover corresponds to the reality of the basin,while the croplands area of IGBP DISCover is much larger.The areas of urban,barren,wetlands and water bodies classified by the three kinds of land cover data are smaller than the reality of the basin,especially for IGBP DISCover,because resolution of 1km is not high enough to describe the land cover types which are small in area or distribute dispersedly.Accuracies assessment by identifying Google satellite images in sample sites shows that classification accuracy of MICLCover is much higher than that of IGBP DISCover or MODIS.In IGBP DISCover,the main error is that many other land cover types are classified as croplands,while many are classified as grass in MODIS.

Key words: Land cover;The IGBP classification system;Remote sensing;Hanjiang river basin