

基于国产高分数据的图们江口土地利用/覆盖现状 遥感监测与中、朝、俄对比分析

贾源旭^{1,2}, 李晓敏², 吴春国^{1,2,3}, 马毅², 朱卫红^{1,3}

(1. 延边大学 延吉 133002; 2. 国家海洋局第一海洋研究所 青岛 266061;

3. 延边大学 长白山生物资源与功能分子教育部重点实验室 延吉 133002)

摘要: 图们江是流经中国、朝鲜、俄罗斯3国的河流,3个国家不同的经济发展水平导致图们江口地区3国的土地利用程度也不尽相同。文章以我国国产高分辨率卫星影像GF-1和GF-2为数据源,采用目视解译方法,提取了图们江口土地利用/覆盖信息,对图们江口土地利用/覆盖现状及其其中、朝、俄对比情况进行了分析。研究结果表明:①图们江口地区的主要土地利用/覆盖类型为林地、草地、耕地、水域、沼泽等,其中林地主要分布在山地丘陵地带;草地在俄罗斯的平原、丘陵地区分布较广;耕地主要分布在中国和朝鲜地区;沼泽在俄罗斯境内分布较广。②中国研究区内,林地面积最大,草地、耕地、水域面积较大,集中分布在平原地带;朝鲜研究区内,林地面积最大;俄罗斯研究区内,土地结构的主体为林地、草地、水域,与中国和朝鲜相比,结构比较均匀,自然景观保护最好。③朝鲜区域土地开发最为剧烈;俄罗斯区域土地开发强度最低;中国区域土地开发强度适中。

关键词: 土地利用/覆盖;图们江口;遥感监测;中、朝、俄对比分析;国产高分影像

中图分类号:P715;P76

文献标志码:A

文章编号:1005-9857(2017)05-0059-08

Remote Sensing Monitoring of Land Use/Land Cover in Tumen River Estuary Based on Chinese High-Resolution Images and Comparative Analysis of China, North Korea and Russia

JIA Yuanxu^{1,2}, LI Xiaomin², WU Chunguo^{1,2,3}, MA Yi², ZHU Weihong^{1,3}

(1. Yanbian University, Yanji 133002, China; 2. The First Institute of Oceanography, SOA, Qingdao 266061, China; 3. Yanbian University, Key Laboratory of Natural Resources of Changbai Mountain & Function Molecules, Ministry of Education, Yanji 133002, China)

Abstract: Tumen River is an international river flowing through China, North Korea and Russia, whose economic developing level is obviously different, which has led to the different land use degree of three countries located in Tumen River Estuary Area. The paper used the visual interpreta-

收稿日期:2016-11-28;修订日期:2017-03-09

基金项目:高分海岸带遥感监测与应用示范。

作者简介:贾源旭,硕士,研究方向为图们江口湿地遥感研究,电子信箱:1300307947@qq.com

通信作者:朱卫红,教授,博士,研究方向为湿地生态学和景观生态学研究,电子信箱:whzhu@ybu.edu.cn

tion method to extract the land use/land cover information in Tumen River Estuary based on the Chinese domestic high-resolution satellite images GF-1 and GF-2, analyzed the current situation of land use/land cover in Tumen River Estuary and compared their difference between three countries. The results showed that the main land use/cover types in the Tumen River estuary area are forest land, grassland, cultivated land, water area, marsh and so on, in which the forest land is distributed mainly in the hilly region, grassland is distributed mainly in the plain and hilly regions of Russia, cultivated land is mainly distributed in China and North Korea, and marsh is widely distributed in Russia. In China's research region, the area of forest land is the largest, while the area of grassland, cultivated land and water area is relatively large and is mainly distributed in the plain area; Coincidentally, the forest land area is also the largest in the research region of North Korea; In the research area of Russia, the main land structure body is forest land, grassland and water area, whose structure is more uniform and the natural landscape protection is the best compared with China and North Korea. The land developing activities intensity of North Korea is the most violent while Russia is the lowest, and China is the medium.

Key words: Land use/land cover, Tumen River estuary, Remote sensing monitoring, Comparative analysis of China, North Korea and Russia, Chinese high-resolution images

1 引言

图们江发源于长白山,是流经中国、朝鲜、俄罗斯 3 国的国际性河流^[1]。图们江口地区位于东北亚的中心部位,地跨中、朝、俄 3 国,是中国与东北亚各国乃至欧、美各国联系的最便捷的通道,区位优势使得近年来该地区的区域国际合作开发快速推进^[2]。而 3 个经济发展水平不同的国家使得该地区拥有 3 种不同的土地开发利用程度。因此,有必要对该地区的土地利用/覆盖状况进行监测和对比分析。但是,跨国的事实使得该地区的现场监测工作很难进行。遥感技术具有探测范围广、对同一区域进行重复监测、更新周期短、时间序列长和现势性强等突出优势,近年来得到迅猛发展并广泛应用于土地利用动态监测^[3]。已有学者利用遥感手段对图们江地区的土地利用进行了研究。杜会石等^[4]基于 Landsat TM 影像分析了图们江流域 14 年土地利用变化情况,并计算了由此导致的生态系统服务价值变化;南颖等采用四期遥感影像,应用决策树分类方法对图们江跨界地区的土地利用进行分类,进而利用单一土地利用动态度、综合土地利用动态度、土地利用相对变化率、土地利用相对变化度等方法进行了动态变化分析^[5]。

随着中国国产卫星遥感技术的不断发展,遥感平台日益丰富、影像空间分辨率越来越高、数据质量不断改进、数据覆盖度也越来越高,逐步发展成为土地利用和生态环境动态监测的重要数据源^[6]。闫苗苗等^[7]利用高分一号影像,采用监督分类并结合目视解译方法,对京津冀地区整体的土地利用情况和北京、天津、石家庄、唐山 4 个典型城市的景观变化作了定量分析;杨长坤等^[8]以辽宁阜新为研究区,运用支持向量机(SVM)方法进行了高分一号和 Landsat8 的多光谱影像的土地利用分类对比研究,实验表明,高分一号多光谱数据的分类精度高于 Landsat8 数据,可以应用于土地利用的分类。但是,利用国产高分遥感数据对图们江口地区的研究依然缺乏。

因此,针对图们江口地区土地利用监测需求,以国产高分一号(GF-1)、高分二号(GF-2)高分分辨率遥感影像为数据源,提取 2015 年图们江口地区的土地利用/覆盖信息,从数量、景观格局、土地利用程度等方面,分析该地区的土地利用/覆盖现状,并对中国、朝鲜、俄罗斯进行对比,研究产生差异的原因,为图们江口地区的环境保护和土地管理提供参考。

2 研究区和数据源

2.1 研究区概况

图们江是中国、朝鲜、俄罗斯的界河,在图们江口注入日本海,中、朝、俄 3 国交界处距图们江入海口约 16 km。本研究以图们江口地区为研究区,范围为 42°15′N—42°43′N、130°15′E—130°52′E 之间的陆上部分,地跨中、朝、俄 3 国。其中,中国部分面积 360.62 km²,城镇密集,人工景观分布广泛;朝鲜部分面积 977.80 km²,城镇密集,人工景观星罗棋布;俄罗斯部分面积 606.55 km²,城镇较少,自然景观类型占绝对优势。由于图们江是 3 国界河,故中、朝、俄对比分析时单独计算,研究区内图们江面积 34.78 km²。

2.2 数据源

本研究以 GF-1、GF-2 高分辨率遥感影像为主要数据源,用于图们江口地区的土地利用/覆盖信息提取,以 2014 年现场踏勘样点数据为辅助数据,用于信息提取结果的精度验证。其中,主要数据源包括 4 景 GF-1 影像(1 张成像于 2015 年 5 月 7 日,3 张成像于 2015 年 5 月 11 日)和 3 景 GF-2 影像(成像日期为 2015 年 7 月 7 日),GF-1 影像的全色分辨率 2 m,多光谱分辨率 8 m,GF-2 影像的全色分辨率 1 m,多光谱分辨率 4 m。

3 研究方法

3.1 数据处理

在遥感软件平台下,对获取的遥感影像进行预处理,包括正射校正、几何校正、影像融合等。首先,利用研究区 30 m DEM 和影像的 RPC 文件进行正射校正。其次,以 GF-1、GF-2 的全色影像为基准分别配准其多光谱影像,保证 RMS 值小于 1 个像素。最后,在全色和多光谱影像精确配准的基础上采用 Gram-Schmidt Pan Sharpening(GS)方法进行融合,得到空间分辨率为 2 m 的 GF-1 融合影像和 1 m 的 GF-2 融合影像,基于融合影像进行图们江口地区土地利用/覆盖信息的提取。

3.2 土地利用/覆盖分类体系

本研究参照 2007 年发布的《土地利用现状分类》国家标准(GB/T21010—2007)^[9],结合南颖等有关图们江土地利用/覆盖研究所采用的分类体

系^[4-5,10],确定图们江口土地利用/覆盖分类体系,包括 8 个一级类、14 个二级类(表 1)。

表 1 研究区土地利用/覆盖分类体系

一级类型	二级类型	含义
耕地	水田	种植水稻等水生农作物的耕地
	旱地	无灌溉设施,主要靠天然降水种植旱生农作物的耕地
林地	有林地	树木郁闭度不小于 0.2 的乔木林地
	其他林地	疏林地(树木郁闭度不小于 0.1 但小于 0.2 的林地)、未成林地、迹地、苗圃等林地
草地		生长草本植物为主的土地
园地		种植以采集果、叶、根、茎、汁等为主的多年生木本和草本作物的土地
交通运输用地	铁路	用于铁道线路、轻轨、场站的用地
	公路	用于国道、省道、县道和乡道的用地
	港口码头	用于船舶停靠的场所及其附属建筑物的用地
水域	河流	天然形成或人工开挖河流常水位岸线之间的水面
	湖泊	天然形成的积水区常水位岸线所围成的水面
	水库	人工拦截汇集而成的总库容不小于 10 万 m ³ 的水库正常蓄水位岸线所围成的水面
	坑塘	人工开挖或天然形成的蓄水量小于 10 万 m ³ 的坑塘常水位岸线所围成的水面
其他土地		沿海高潮位与低潮位之间的潮浸地带,河流湖泊常水位至洪水位间的滩地,时令湖、河洪水位以下的滩地,水库、坑塘的正常蓄水位与最大洪水位间的滩地面积
	沼泽	经常积水或渍水,一般生长沼生、湿生植物的土地
	裸地	表层为土质、岩石、石砾,基本无植被覆盖的土地
建筑用地		建造建筑物、构筑物的土地,包括住宅和公共设施用地,工矿用地,基础设施用地,旅游用地,军事用地等

3.3 景观格局分析方法

景观格局通常指景观的空间结构特征,是景观异质性的具体表现,其变化是自然和人为因素相互作用所产生的一定区域生态环境体系的综合

反映^[11]。本研究将土地利用/覆盖现状矢量图转换成栅格图层,输入景观分析软件中计算相应的景观指数。参考了国内外对景观指数的研究^[12-14],结合图们江口的实际情况,在景观级别上选择 4 个方面的景观格局指数:斑块破碎程度指数(斑块数、斑块密度);形状指数(景观形状指数、平均分维数);多样性指数(香农多样性指数);均匀度指数(香农均匀度指数)。

(1) 斑块数(number of patches, NP)^[15]

$$NP = n_i (NP \geq 1) \quad (1)$$

式中: n_i 为第 i 个斑块类型中的斑块个数之和。其值越大,景观破碎度越大。

(2) 斑块密度(patch density, PD)^[16]

$$PD = n_i / A \quad (2)$$

式中: n_i 表示斑块数量多少; A 表示斑块面积大小。其值越大,景观破碎度越高。

(3) 景观形状指数(LSI)^[17]

$$LSI = 0.25E / \sqrt{A} (LSI \geq 1) \quad (3)$$

式中: E 为景观中所有斑块边界的总长度; A 为景观总面积。LSI 越大,表示景观斑块形状越不规则,越复杂。

(4) 平均分维数(FRAC_MN)^[18]

$$FRAC_MN = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left[\frac{2 \ln(0.25 P_{ij})}{\ln(a_{ij})} \right] / N \quad (4)$$

式中: P_{ij} 是 i 斑块类型中斑块 j 的周长(m); a_{ij} 是 i 斑块类型中斑块 j 的面积(m^2);0.25 是校正常数; m 为斑块类型数; n 为某类型的斑块数; N 为斑块总数。该指数反映了人类活动对景观的影响强度。平均分维数趋于 1,斑块的自相似性越强,斑块形状越有规律、简单,表明自然景观斑块的受人类活动干扰程度越大。

(5) 香农多样性指数(Shannon's diversity index, SHDI)^[19]

$$SHDI = - \sum_{k=1}^n P_k \log_2 P_k \quad (5)$$

式中: P_k 为第 i 个斑块类型在景观中所占的比例; n 为此景观中所有斑块类型总数。当指数值为 0 时,表示区域内景观仅由单一景观类型组成,值越大,表示区域内景观类型越丰富。

(6) 香农均匀度指数(Shannon's evenness index, SHEI)^[20]

$$SHEI = - \sum_{k=1}^n P_k \log_2 P_k \quad (6)$$

式中: P_k 是 k 类型斑块在景观中的比例。SHEI 趋近于 0 时,各类型斑块的面积比例差异越大;其值趋近于 1,则不同斑块的面积比例越接近,景观中无明显优势类型,景观多样性越大。

斑块数与景观的破碎化程度有很好的正相关性,斑块密度能一定程度上反映聚集和分离程度的平均水平,综合两个指标的信息分析,能更好地体现斑块的数量特征;景观形状指数表现斑块边界的凸起的情况,平均分维数指数反映出空间实体几何形状的不规则程度以及充斥空间的能力,二者都是描述斑块形状的指标,具有较高的相关性,但计算各有侧重,综合两个指标的信息分析,能更好地体现斑块形状特征,避免两个指数的片面性^[21-22]。

3.4 土地利用程度分析方法

土地利用程度反映了土地利用的广度和深度,它不仅反映了土地利用本身的属性,也反映了人类活动对土地系统的影响程度,通过搜集对比各种土地利用程度分析方法^[23-24],选取应用广泛、具有代表性的土地利用程度综合分析方法,计算公式^[25-26]如下:

$$L = 100 \times \sum_{i=1}^n A_i \times P_i \quad L \in [100, 400] \quad (7)$$

式中: L 为土地利用程度综合指数; A_i 为研究区第 i 级土地的利用程度分级指数, P_i 为研究区第 i 级土地的利用程度分级面积百分比; n 为土地利用程度分级数。研究按土地利用类型分级,将研究区的土地利用类型整合为未利用土地级(沼泽地、裸地)、林草水用地级(有林地、其他林地、草地、河流水面、湖泊水面、坑塘水面、水库水面、滩涂)、农业用地级(水田、旱地、园地)、建设用地级(铁路用地、公路用地、港口码头用地、建筑用地),分级指数分别设为 1、2、3、4。

4 图们江口土地利用/覆盖现状分析

通过目视解译来提取 2015 年图们江口地区土地利用/覆盖信息,统计结果如表 2 和图 1 所示。

表 2 2015 年图们江口各土地利用/覆盖类型面积统计

类型	km ²				
	图们江	中国	朝鲜	俄罗斯	合计
水田	—	16.60	63.50	0.99	81.09
旱地	—	20.25	73.60	—	94.12
有林地	—	232.78	584.54	179.39	998.27
其他林地	—	19.76	60.68	85.44	166.64
草地	—	27.22	99.62	136.97	263.90
园地	—	0.99	0.37	—	1.36
铁路	—	0.03	1.08	0.55	1.67
公路	—	1.75	4.12	2.12	7.98
港口码头	—	—	0.38	—	0.38
河流	28.97	0.45	3.67	6.14	39.23
湖泊	—	8.38	27.56	57.28	93.22
水库	—	8.14	2.35	—	10.49
坑塘	—	6.29	3.16	2.21	11.66
滩涂	3.05	4.91	4.15	2.60	14.71
沼泽	—	2.78	12.23	131.38	146.38
裸地	—	7.17	10.80	0.52	18.54
建筑用地	—	3.14	26.01	0.97	30.12
合计	34.78	360.62	977.80	606.55	1 979.75

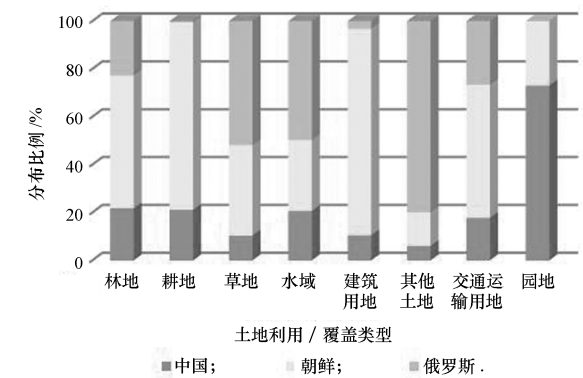


图 1 2015 年各土地利用类型在中、朝、俄的分布比例

林地是图们江口地区面积最大的土地利用类型,占土地总面积的 58.84%。其中,有林地面积 998.27 km²,主要分布在朝鲜境内的咸镜山脉和中国境内的长白山区,俄罗斯境内的低山丘陵上也有少许分布,多成片大面积分布,景观整体性较好;其他林地面积 166.64 km²,主要分布在山地较低处和丘陵上,在中国和朝鲜境内分布较零散,且有些与耕地、城镇交错分布,体现出中、朝境内其他林地形成的主要原因是人类活动的干扰,在俄罗斯境内分

布相对聚集;其次是草地,占土地总面积的 13.33%,在俄罗斯境内成片大面积分布,在中国、朝鲜境内零星分布在地势较低处;耕地面积占 8.85%,其中,水田面积 81.09 km²,集中分布在中国和朝鲜境内的湖泊、坑塘周围,旱地面积 94.12 km²,多与水田交错分布,在朝鲜境内的山地上分布极为破碎;水域面积占 8.55%,其中,湖泊面积 93.22 km²,主要分布在俄罗斯境内以及图们江入海口西侧的朝鲜境内。河流面积 39.23 km²,主要为图们江(面积约 28.97 km²)及其支流。水库面积 10.49 km²,中国境内主要是敬信镇龙山水库,朝鲜境内也有少量分布。坑塘面积 11.66 km²,中国境内主要为头道泡、二道泡、三道泡、四道泡、五道泡,朝鲜和俄罗斯境内少许零星分布。滩涂面积 14.71 km²,一部分为朝鲜和俄罗斯的沿海滩涂;一部分为分布于图们江及其支流的河流滩涂;沼泽占土地总面积的 7.39%,主要分布在俄罗斯境内的平原地带,中国和朝鲜境内也有少许分布;裸地、建筑用地、交通运输用地和园地所占比例很小,分别占 0.94%、1.52%、0.51%和 0.07%。裸地与建筑用地和交通运输用地的分布有很强的相关性,多与建筑用地和交通运输用地交错分布,且主要分布在中、朝境内,体现了中国和朝鲜土地开发强度较高。

5 图们江口土地利用/覆盖现状中、朝、俄对比分析

5.1 结构对比分析

2015 年中国、朝鲜、俄罗斯研究区的土地利用/覆盖结构如表 3 所示。

表 3 2015 年中、朝、俄研究区土地利用/覆盖结构占比 %

类型	中	朝	俄
林地	70.3	65.99	43.66
耕地	10.22	14.02	0.16
草地	7.55	10.19	22.58
水域	7.81	4.18	11.25
建筑用地	0.87	2.66	0.16
其他土地	2.76	2.36	21.75
交通运输用地	0.49	0.57	0.44
园地	0.28	0.04	0.00

中国研究区内,有林地占研究区面积的 64.55%,其他林地占 5.48%,主要分布在山地丘陵地区。其中,有林地分布海拔较高,其他林地主要由人为干扰因素形成,分布海拔较低,二者多成片大面积分布,包围着其他土地类型,这主要与中国珲春境内的地形有关,该地区地形呈马鞍形,东、南、北三面环山,中部是平原;草地、耕地、水域类型分别占研究区面积的 7.55%、10.22% 和 7.81%,其他类型比例很小。除林地外,其他土地类型呈小斑块分布,中部平原地区耕地、城镇、交通用地、坑塘水库集中,说明中国境内人类开发强度高,但是,各土地类型多聚集分布,整体性较好,反映了中国境内土地开发对自然景观的破坏较少。

朝鲜研究区内,有林地面积占 59.78%,多分布于山地丘陵,其他林地占 6.21%,分布于山地丘陵的较低地带;草地、耕地、水域分别占 10.19%、14.02%、4.18%,其他类型比例很小,其中,草地、裸地的分布十分松散,说明朝鲜的土地开发不尽合理。特别注意的是,与中国、俄罗斯相比,水田分布面积和比例都最高,体现了朝鲜族以水稻为主的饮食结构和浓重的水稻文化色彩。

俄罗斯研究区内,土地结构的主体为林地、草地、水域,分别占 43.66%、22.58%和 11.25%,与中国和朝鲜相比,结构比较均匀,但是缺少园地、水库、旱地、港口码头这 4 种土地利用类型;区域内地势相对平坦,海洋性气候使得降水丰富,因此沼泽分布广泛,湖泊众多;人口稀少、城镇面积小、数量少,是该区域林地、草地等自然景观保护较好的最主要原因。

5.2 景观格局和土地利用程度对比分析

斑块数目 NP 和斑块密度 PD 是表现景观破碎度的重要指标。由表 4 可知,斑块数 NP 由多到少,依次为朝鲜、中国、俄罗斯,斑块密度 PD 由高到低,依次为朝鲜、中国、俄罗斯,说明朝鲜境内景观破碎度最高、中国次之、俄罗斯最低。并且这两个指标从朝鲜、中国到俄罗斯递减幅度都非常大,说明 3 国景观破碎度差异明显。

表 4 2015 年图们江口中、朝、俄景观格局指数对比(景观级别)

景观指数	中国	朝鲜	俄罗斯
NP	1 670	7 284	548
PD	4.631 1	7.449 4	0.903 5
LSI	20.772 9	28.612 8	39.966 5
PRAC_MN	1.127 5	1.133 6	1.180 1
SHDI	1.450 1	1.500 4	1.669 8
SHEI	0.523 0	0.529 6	0.651 0

景观形状指数 LSI 和斑块平均分形维数 FRAC_MN 是表现景观规则度的重要指标。可以看出,景观形状指数 LSI 和平均分维数 FRAC_MN 由高到低排序,均是俄罗斯、朝鲜、中国,说明景观水平上,俄罗斯区域的景观斑块形状复杂程度和不规则程度最大,朝鲜次之,中国区域的景观斑块最规则。

香农多样性指数 SHDI 和香农均匀度指数 SHEI 是分别形容景观多样性和均匀度的指标。可以看出,香农多样性指数 SHDI 由高到低,依次是俄罗斯、朝鲜、中国;香农均匀度指数 SHEI 由高到低,依次是俄罗斯、朝鲜、中国,体现了俄罗斯区域内景观类型最为丰富,且景观分布最为均匀,中国区域内景观类型最不丰富,且景观分布最不均匀,朝鲜处于中间水平。

从表 3 可以看出,中国、朝鲜、俄罗斯研究区内的景观格局差异明显,究其原因,中国、朝鲜区域人口密集,耕地、城镇分布广,土地开发强度高,故中国、朝鲜区域景观破碎程度高,而且由于朝鲜农业生产技术落后,土壤肥力低,废弃耕地较多,对林地的破坏严重,加剧了景观破碎程度;中国区域人口最多,耕地、城镇最密集,对自然景观的人为改造最多,故景观斑块的规则度最高,但生产技术相对先进,因此开发活动比较规律,景观破碎程度适中;俄罗斯区域人口、城镇、耕地稀少,自然景观保护最好,故景观破碎度和规则度最低,景观多样性最高,且由于地形较单一等原因,各类型景观分布比较均匀。

2015 年,图们江口研究区的土地利用程度综合指数为 204.65,其中,中国的土地利用程度综合指数为 210.43,朝鲜为 217.09,俄罗斯为 179.61。朝

鲜研究区的土地利用开发程度最高,中国研究区次之,俄罗斯研究区的土地利用开发程度最低。

6 结论与讨论

利用遥感、GIS 以及景观分析等方法,分析了图们江口地区 2015 年土地利用/覆盖现状,并且对其中国、朝鲜、俄罗斯 3 国的土地利用/覆盖现状进行了深入的对比,探究了导致 3 国差别的驱动因素,主要结论如下。

(1)图们江口地区的主要土地利用/覆盖类型为林地、草地、耕地、水域、沼泽、交通运输用地、建筑用地。其中,林地是该区域面积最大的土地利用类型,主要分布在山地丘陵地带;草地分布也很广泛,在中国和朝鲜地区零星分布,在俄罗斯地区集中分布在平原丘陵地区;耕地主要分布在中国和朝鲜地区,其中,水田集中分布在湖泊、坑塘周围,旱地多与水田交错分布,且由于耕作技术落后等原因,旱田在朝鲜境内的山地上分布极为破碎;湖泊主要分布在俄罗斯境内以及图们江入海口西侧的朝鲜境内;河流主要为图们江及其支流;水库主要有中国境内的龙山水库,朝鲜境内也有少量分布;坑塘主要有中国境内的头道泡、二道泡、三道泡、四道泡、五道泡,朝鲜和俄罗斯境内少许零星分布;滩涂面积一部分为朝鲜和俄罗斯的沿海滩涂,一部分为分布于图们江及其支流的河流滩涂;沼泽在俄罗斯境内的平原地带分布较广;建筑用地、交通运输用地所占比例很小,主要分布在中国和朝鲜,但对区域内的景观格局有主导作用。

(2)中国研究区内,林地面积最大,主要分布在山地丘陵地区;草地、耕地、水域面积也较大,且多集中分布在中部平原地带;其他类型比例很小。除林地外,其他土地类型呈小斑块分布。朝鲜研究区内,林地面积最大,多分布于山地丘陵;草地、耕地、水域也有一定比例;其他类型比例很小。土地开发不合理造成了草地、裸地分布松散。由于朝鲜族饮食文化的影响,水田种植面积和比例在 3 国区域内最高。俄罗斯研究区内,土地结构的主体为林地、草地和水域,与中国和朝鲜相比,结构比较均匀。地势平坦和海洋性气候使得降水丰富,沼泽分布广泛,湖泊众多。该地区人口少,因此自然景观保护最好。

(3)中国、朝鲜、俄罗斯研究区内的景观格局差异明显。朝鲜区域土地利用程度综合指数最高,土地开发最为剧烈,由于农业生产技术落后等导致景观破碎度最高。俄罗斯区域土地利用程度综合指数最低,土地开发强度最低,景观规则度指标最高,景观斑块形状复杂、不规则;景观多样性和均匀度的指标最高,景观类型最为丰富,且景观分布最为均匀。中国区域土地利用程度综合指数较高,土地开发强度较大;受地形等因素影响,景观多样性和均匀度的指标最低,林地集中分布在山地丘陵地区,其他景观斑块集中分布在中部平原地区。

(4)俄罗斯应继续保持现有状态,中国应注意控制人口城镇规模扩张,采取适当方法维持良好的景观格局;朝鲜应采取有效措施开展土地整治,退耕还林还草,合理规划生产活动。

参考文献

- [1] 侯远亮.图们江跨境经济合作研究[D].延吉:延边大学,2015.
- [2] 郭文君.珲春国际合作示范区:中国图们江区域合作开发的新窗口[J].延边大学学报(社会科学版),2015,48(1):30—35.
- [3] 安娜.3S 技术在土地利用动态遥感监测中的应用[D].北京:中国地质大学,2012.
- [4] 社会石,南颖,朱卫红.图们江流域土地利用变化对生态系统服务价值的影响[J].吉林大学学报(地球科学版),2010,40(3):671—677.
- [5] 南颖,吉喆,董叶辉,等.30 年来图们江跨国界地区土地利用/覆盖动态变化研究[J].湖南师范大学自然科学学报,2012,35(1):82—89.
- [6] 滕明君,曾立雄,肖文发,等.长江三峡库区生态环境变化遥感研究进展[J].应用生态学报,2014,25(12):3683—3693.
- [7] 闫苗苗,李家存,任丽丽.京津冀地区土地利用及典型城市景观格局分析[J].地理空间信息,2016,14(2):69—72.
- [8] 杨长坤,王崇倡,张鼎凯,等.基于 SVM 的高分一号卫星影像分类[J].测绘与空间地理信息,2015,38(9):142—144.
- [9] 中华人民共和国国土资源部.土地利用现状分类:GB/T21010—2007[S].北京:中国标准出版社,2007.
- [10] 李俐,郑金萍,范春楠,等.图们江流域土地利用景观格局分析[J].北华大学学报(自然科学版),2013,14(2):213—218.
- [11] 谢磊.基于 RS 与 GIS 的南台岛绿地空间格局分析[J].福建师范大学学报(自然科学版),2010,26(3):78—83.
- [12] 赵明月,彭建,刘焱序,张甜.基于高分遥感影像的滇西北村域景观格局演变:以大理市低丘缓坡山地开发区为例[J].应用生态学报,2015,26(12):3803—3810.

[13] KUPFER J A. Landscape ecology and biogeography: rethinking landscape metrics in a post-FRAGSTATS landscape[J].Progress in Physical Geography, 2012, 36(3): 400—420.

[14] UUEMAA E, ANTROP M, ROOSAARE J, et al. Landscape metrics and indices; an overview of their use in landscape research[J].Living Reviews in Landscape Research, 2009, 3(1):1—28.

[15] 黄勇, 李子漪, 武鹏峰, 等. 辽宁蒲石河抽水蓄能电站对景观格局影响的生态风险评价[J]. 东北师大学报(自然科学版), 2015, 47(4):137—142.

[16] 范强, 杜婷, 杨俊, 等. 1982—2012 年南四湖湿地景观格局演变分析[J]. 资源科学, 2014, 36(4):865—873.

[17] 谭秋, 周梦维, 王华, 等. 贵州连续性白云岩小流域的石漠化景观格局[J]. 生态学杂志, 2009, 28(8):1613—1618.

[18] 钟静, 张捷. 基于景观指数的九寨沟旅游区旅游干扰评价[J]. 生态学杂志, 2011, 30(6):1210—1216.

[19] WU J G. Landscape ecology-pattern, process, scale and grade[M]. 2nd ed Beijing: Higher Education Press, 2007:106—124.

[20] 李欢, 刘霞, 姚孝友, 等. 蒙阴县土地利用景观格局动态分析[J]. 水土保持研究, 2011, 18(5):43—47.

[21] 刘中正, 彭培好, 周正坤. 基于 3S 技术的雅江县植被类型调查与分析[J]. 地理空间信息, 2013, 11(2):78—79.

[22] 杨勇. 关中地区土地利用动态模拟与优化配置研究[D]. 西安: 陕西师范大学, 2010.

[23] 郭景山. 云南省保山市隆阳区土地利用动态变化研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2014.

[24] 廖谔嫫, 封志明, 李鹏, 等. 中老缅泰交界地区土地利用变化信息挖掘与国别对比[J]. 自然资源学报, 2015, 30(11):1785—1797.

[25] 孙传淳, 甄霖, 王超, 等. 生态建设工程对鄱阳湖区域土地利用/覆被变化的影响[J]. 资源科学, 2015, 37(10):1953—1961.

[26] RAINES GL. Description and comparison of geologic maps with FRAGSTATS—a spatial statistics program[J]. Computers & Geosciences, 2002, 28(2):169—177.