

# 图们江地区“三生”用地变化及其生态质量影响

余 洲, 李明玉, 陈 高, 刘心雨

(延边大学 地理与海洋科学学院, 吉林 延吉 133002)

**摘 要:**为了探究图们江核心地区——延边朝鲜族自治州“三生空间”功能用地变化特征及其生态质量影响,基于 2000 年、2010 年、2020 年 3 期土地利用遥感解译数据,从“生产—生态—生活”土地利用功能分类角度出发,引入重心模型及土地利用转型生态贡献率等方法进行分析。结果表明:(1) 2000—2020 年,延边朝鲜族自治州生态用地面积减少 1 143.34 km<sup>2</sup>;生产用地面积增加 915.25 km<sup>2</sup>;生活用地面积增加 228.85 km<sup>2</sup>。(2) 延边州生态质量指数从 2000 年的 0.789 下降至 2020 年的 0.772,整体生态质量有所恶化,其中低质量区和较低质量区面积持续增加,中质量区和高质量区面积持续减少。(3) 2000—2010 年生态质量呈改善趋势,其主要原因是“退耕还林”政策中农业用地转变为林地,占生态改善贡献率的 66.01%;2010—2020 年呈恶化趋势,其主要原因是为满足粮食需求,大量的林地转化为农业用地,占生态恶化贡献率的 79.08%。总的来说,近 20 年间延边州生态用地减少,生产和生活用地增加,其生态质量恶化大于改善趋势。

**关键词:**三生空间;土地利用转型;生态质量;延边朝鲜族自治州

**中图分类号:**F301.24; X324

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2021)06-0301-07

## Change of Land Use for Ecological-Production-Living and Its Ecological Quality Influence in Tumen River Area

YU Zhou, LI Mingyu, CHEN Gao, LIU Xinyu

(College of Geography and Marine Science, Yanbian University, Yanji, Jilin 133002, China)

**Abstract:** In order to explore the characteristics of the functional land change and its ecological quality impact of the ecological-production-living spaces in the core area of the Tumen River-Yanbian Korean Autonomous Prefecture, based on the 3rd phase of land use remote sensing interpretation data of 2000, 2010 and 2020, from the perspective of ecological-production-living land use function classification, the center of gravity model and the ecological contribution rate of land use transformation were introduced for analysis. The results show that: (1) from 2000 to 2020, the area of ecological land in Yanbian Korean Autonomous Prefecture decreased by 1 143.34 km<sup>2</sup>; the area of land used for production increased by 915.25 km<sup>2</sup>; the area of residential land increased by 228.85 km<sup>2</sup>; (2) the ecological quality index of Yanbian Prefecture dropped from 0.789 in 2000 to 0.772 in 2020, and the overall ecological quality deteriorated, including low-quality and lower-quality areas; the areas of medium-quality and high-quality regions continued to increase; (3) the ecological quality showed a trend of improvement from 2000 to 2010 because of the conversion of agricultural land to forest land in the policy of ‘returning farmland to forest’, which accounted for 66.01% of the contribution rate of ecological improvement; the ecological quality in the period from 2010 to 2020 showed a deteriorating trend because a large amount of forest land has been converted into agricultural land in order to meet the demand for food, accounting for 79.08% of the contribution rate of ecological deterioration. In general, in the past 20 years, the ecological land in Yanbian Prefecture had decreased, and the land used for production and living has increased, and its ecological quality had deteriorated more than the improvement trend.

**Keywords:** ecological-production-living spaces; land use transformation; ecological quality; Yanbian Korean Autonomous Prefecture

收稿日期:2020-12-03

修回日期:2020-12-10

资助项目:国家自然科学基金“延龙图地区城市生态用地评价与空间格局优化研究”(41461036)

第一作者:余洲(1996—),男,四川广安人,硕士研究生,研究方向为地图学与地理信息系统。E-mail:1070230928@qq.com

通信作者:李明玉(1974—),女,黑龙江梅琳人,博士,教授,主要从事城市生态用地评价研究。E-mail:leemy@ybu.edu.cn

土地利用转型研究作为土地利用变化研究的最新前沿领域<sup>[1-2]</sup>,是指在受社会经济、政府政策、自然环境等驱动影响下,一段时间后区域内土地利用变化达到与社会经济发展相对应的一个过程,其主要包括显性和隐性两种不同形态的转化<sup>[3-4]</sup>。随着该研究逐渐被中国学者所重视,涌现出一系列围绕土地利用转型理论与假说、单一用地类型的转型分析<sup>[5-6]</sup>以及转型过程中对城乡发展和生态环境影响<sup>[7-8]</sup>等内容的研究成果。中共十八大报告中明确指出我国社会经济发展新目标是促进三生空间协调发展,基于“三生空间”分析土地利用主导功能的转变过程来识别区域社会经济发展的不同阶段,已成为土地利用转型研究的重要切入点<sup>[9-10]</sup>。

现有研究表明,区域社会经济发展过程中土地利用转型及其生态质量,对制定土地利用优化最佳方案以及生态文明建设具有现实意义。目前,该项研究已成为地理学、生态学和环境科学等多学科研究热点<sup>[11-12]</sup>。但以往相关研究多集中在区域生态环境比较敏感的地区<sup>[13]</sup>,研究尺度上以流域、省域等宏观为主<sup>[14-19]</sup>,而对市域尺度热点地区作为对象的研究成果尚不多见。

图们江地区作为我国对外开放的窗口,其与东亚各国间的合作关系日益紧密,同时该地区也是我国重要的生态功能区之一,其生态地位显著。但随着区域内城市不断发展、土地开发强度增加,对生态质量造成的影响日益突出。因此,本研究以图们江核心地区延边朝鲜族自治州为例,基于 2000 年、2010 年、2020 年土地利用遥感监测数据,构建“三生”用地分类体系,定量研究 2000—2020 年延边州土地利用转型时空变化特征及其生态质量响应规律,以期为制定该地区土地资源开发和生态保护政策提供参考。

## 1 研究区概况与数据来源

### 1.1 研究区概况

1995 年联合国开发计划署启动了《图们江地区发展计划》,此项计划使我国同东亚各国在运输、能源、旅游、投资和环境等产业方面建立了紧密合作的关系。计划中提出将延边朝鲜族自治州作为图们江区域合作区的“门户”,使其逐渐成为中国与东亚国家联系最紧密的地区<sup>[20]</sup>。同时该地区是中国“一带一路”战略的重要门户,也是重要的生态功能区之一。因此,要大力发展图们江地区,首先要解决好延边州区域社会经济发展与生态保护的冲突。

延边朝鲜族自治州位于北纬 41°59′—44°30′,东经 127°27′—131°18′。地处吉林省东部地区,北接俄罗斯,东临日本海,是中朝俄三国交界中心。该区总面积为

4.32 万 km<sup>2</sup>,其中包括延吉、敦化、和龙、汪清、龙井、安图、图们和珲春等县市。整体地势特征表现为西高东低,又以珲春一带为最低。区域内自然生态保存良好,动植物具有丰富多样性。由于常年受日本海影响,气候特征为中温带湿润季风气候,年均降水量可达 400~650 mm,年平均气温为 2~6℃。冷热分明的温带季风气候使延边州盛产水稻、玉米和大豆等农作物。

### 1.2 数据来源及处理

研究数据选取 2000 年、2010 年、2020 年 Landsat TM/OLI 遥感影像(<http://www.gscloud.cn>),分辨率为 30 m。本研究对初始影像进行大气校正、几何校正、图像增强和裁剪等影像预处理。并通过 eCognition 软件进行面向对象的多尺度分割;以监督分类、决策树分类、目视解译多种方法相结合,基于大量的野外验证点,获取研究区 3 期土地利用数据,并通过野外实地调查验证分类结果,精度可达 90% 以上。

## 2 研究方法

### 2.1 “三生”土地利用功能分类

一种土地利用类型本身可能兼具多种用地功能,如耕地既有调节气候等生态功能,又有生产和仓储粮食等生产功能。对于人类而言,进行耕地种植是为了生产粮食,最终可以根据行为主体用地意图确定其主导功能。本研究中各土地利用类型按照国土管理行业标准,将数据与土地利用“生产、生态、生活”功能相结合,构建“三生”用地分类体系<sup>[10,21]</sup>。最终参考以李晓文等<sup>[22]</sup>制定的二级地类所对应的生态质量指数为主,利用面积加权法对延边朝鲜族自治州“三生”用地的生态质量指数进行赋值<sup>[23-24]</sup>(表 1)。

### 2.2 土地利用功能结构转型

通过土地利用转移矩阵来揭示土地利用动态变化过程,分析出土地利用类型间转化的结构特征及方向变化,数字表达式<sup>[25]</sup>:

$$S_{ij} = \begin{bmatrix} S_{11} & \cdots & S_{1a} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ S_{a1} & \cdots & S_{aa} \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中: $S_{ij}$ 为用地类型面积; $a$ 为土地利用类型数。

### 2.3 土地利用功能空间转型

运用重心模型来表征一段时间内各功能用地重心转移方向及距离,分析出空间转型过程中时空变化特征,其数字表达式为<sup>[16]</sup>:

$$X_i = \frac{\sum_{j=1}^m (X_j / \sum_{j=1}^m Z_j)}{m} \quad (2)$$

$$Y_i = \frac{\sum_{j=1}^m (Y_j Z_j / \sum_{j=1}^m Z_j)}{m} \quad (3)$$

式中: $X_i, Y_i$ 为用地类型的重心坐标; $m$ 为空间单元

数; $X_j,Y_j$ 为第  $j$  个单元的地理中心坐标; $Z_j$ 是第  $j$  个单元的用地类型面积。

表 1 延边州土地利用功能分类及其生态质量指数

土地利用功能分类		土地利用二级分类	生态质量指数
一级类型	二级类型		
生产用地	农业生产用地	水田、旱地	0.2580
	工矿生产用地	其他建设用地	0.1500
	林地生态用地	有林地、灌木林地、疏林地和其他林地	0.8867
生态用地	牧草生态用地	高覆盖牧草、中覆盖牧草和低覆盖牧草	0.6608
	水域生态用地	河渠、湖泊、水库坑塘和滩地	0.5738
	其他生态用地	沙地、沼泽地、裸土地、裸岩石质地和其他	0.5844
生活用地	城镇生活用地	城镇用地	0.2000
	农村生活用地	农村居民点	0.2000

2.4 生态质量效应

(1) 生态质量指数。研究中为获取最优研究尺度,根据经验公式<sup>[26]</sup>选取格网大小,即将用地斑块数作为采样点,网格数量约为采样点的一半。通过 2000 年、2010 年、2020 年解译的用地斑块数约为 1.3 万个,经过反复调试,最终采用 3 km×3 km 格网大小进行格网尺度研究,共计获得近 6 000 个网格单元。根据各单元内“三生”用地赋值的生态质量指数及其面积占比,分析延边州不同时期的生态质量状况。其表达式为:

$$EV_i = \sum_{j=1}^n S_{ij} \times \frac{E_j}{D_i}$$
 (4)

式中:  $EV_i$  为第  $i$  个单元的生态质量指数( $i=1,2,3,\cdots,n$ );  $n$  为土地利用类型数;  $S_{ij}$  为在第  $i$  个单元内第  $j$  种用地类型面积;  $E_j$  为第  $j$  种用地类型生态质量指数(表 1);  $D_i$  为第  $i$  个单元的土地利用总面积。

(2) 地统计分析法。将获得的生态质量指数赋给各个网格单元中心点,并通过半方差分析法进行普通克里金插值,得到延边州地区的生态质量空间分布图<sup>[27]</sup>。数字表达式为:

$$r(h) = \frac{1}{2n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$
 (5)

式中:  $r(h)$  为半方差;  $h$  为样本距离;  $n(h)$  为样本间距  $h$  的样本对总数;  $i$  为第  $i$  个生态单元[ $i=1,2,\cdots,n(h)$ ];  $Z(x_i)$  和  $Z(x_i + h)$  为在  $x_i$  和  $x_i + h$  处的生态质量指数值。

(3) 土地利用转型贡献率。即某一种功能用地发生变化导致生态质量的改变<sup>[28]</sup>,能够定量分析出影响区域生态质量变化的主导因素。表达式为<sup>[29]</sup>:

$$CLEI = \frac{(EV_{a+1} - EV_a) CA}{RA}$$
 (6)

式中:  $CLEI$  为土地利用转型生态贡献率;  $CA$  为土地利用变化类型面积;  $RA$  为研究区面积;  $EV_a, EV_{a+1}$  为研究初期和末期该变化类型的生态质量指数。

3 结果与分析

3.1 “三生”用地面积变化及空间分布

延边朝鲜族自治州“三生”用地格局中生态用地面积最大,占总面积比例高达 85.58%,生产用地和生活用地面积较小,分别仅占总面积 13.32%,1.10%。按照一级地类来看,生产用地面积先降后升,共计增加 915.25 km<sup>2</sup>;生态用地面积大幅下降,由 2000 年的 3.72 万 km<sup>2</sup>下降至 2020 年的 3.61 万 km<sup>2</sup>,共计 1 143.34 km<sup>2</sup>;生活用地面积持续增加了 228.85 km<sup>2</sup>;表明该地区在研究期间随着农业现代化以及城镇化的推进,加剧了生产、生态和生活用地间的土地供需矛盾。按照二级地类来看,农业生产用地主要分布在延边州的敦化市、和龙市和龙井市等周边地区;林地生态用地广泛分布在延边州各个县市;城镇和农村生活用地呈片状分布在敦化市、延吉市及珲春市等地区(表 2,附图 6)。

3.2 土地利用功能转型

3.2.1 功能结构转型 运用 ArcGIS 分别获得延边州 2000—2010 年以及 2010—2020 年土地利用转移矩阵,通过该矩阵分析功能用地间内部转换情况,明确其相互转化的数量和方向,最终得出延边州 2000—2020 年土地利用功能结构转型特征如下:

(1) 2000—2010 年,农业生产用地降幅最大,城镇和农村生活用地略有增加,林地和牧草生态用地显著增加。生产用地中,农业生产用地由林地生态用地转入,比例为 21.91%;工矿生产用地转为林地生态用地,转移比例为 17.94%。生态用地中,林地生态用地转移面积占比较小;有 572.84 km<sup>2</sup>牧草生态用地和 220.95 km<sup>2</sup>其他生态用地主要转化为林地生态用地;水域生态用地由农业生产用地转入比例为 26.23%。生活用地的增加由农业生产用地转入比例为 47.21%(表 3)。

表 2 2000—2020 年延边州各功能用地面积变化

km<sup>2</sup>

土地利用主导 功能类型	2000 年	2010 年	2020 年	2000—2010 年	2010—2020 年	2000—2020 年
农业生产用地	5597.84	5122.06	6475.56	−475.78	1353.51	877.73
工矿生产用地	4.09	19.50	41.61	15.42	22.11	37.52
林地生态用地	35459.31	35617.48	34375.36	158.16	−1242.12	−1083.95
牧草生态用地	1007.04	1181.35	914.27	174.31	−267.08	−92.77
水域生态用地	173.31	246.07	229.83	72.75	−16.23	56.52
其他生态用地	607.12	495.66	583.98	−111.47	88.33	−23.14
城镇生活用地	91.04	169.86	227.27	78.81	57.42	136.23
农村生活用地	252.26	340.92	344.89	88.66	3.97	92.62

表 3 2000—2010 年延边州地区土地利用变化转移矩阵

km<sup>2</sup>

年份	土地利用 类型	2010 年							
		农业生产 用地	工矿生产 用地	林地生态 用地	牧草生态 用地	水域生态 用地	其他生态 用地	城镇生活 用地	农村生活 用地
2000 年	农业生产用地	3611.67	6.12	1269.42	334.56	64.51	70.24	56.83	184.30
	工矿生产用地	0.03	2.93	0.73	0.04	0.34	0.00	0.00	0.01
	林地生态用地	1122.10	6.79	33507.94	618.25	50.98	125.64	2.36	24.65
	牧草生态用地	167.32	0.32	572.84	188.80	7.23	64.00	1.25	5.30
	水域生态用地	38.11	0.61	16.40	5.76	106.83	3.27	0.35	1.88
	其他生态用地	104.23	0.20	220.95	27.54	13.81	230.72	5.18	4.49
	城镇生活用地	3.75	0.03	1.22	0.13	0.20	0.01	85.29	0.41
	农村生活用地	74.61	2.51	26.69	6.22	1.98	1.77	18.60	119.87

(2) 2010—2020 年,林地生态用地降幅最大,生活用地持续增加,农业生产用地显著增加。生产用地中,林地生态用地的转入是农业生产用地增加的主要来源,比例为 21.76%;工矿生产用地变化不明显。生态用地中,有 1 409.11 km<sup>2</sup>林地生态用地转换为农业生产用地;林地生态用地转入其他生态用地,其转移比例为 20.87%。生活用地的主要转入来源是农业生产用地,由其转入城镇和农村生活用地面积分别为 33.66,28.75 km<sup>2</sup>(表 4)。

3.2.2 功能空间转型 以延边州县级行政区为基本单元,运用 ArcGIS 获取 2000—2020 年延边州各功能用地重心动态转移图(图 1)。

生产用地中,2000 年农业、工矿生产用地重心分别位于几何重心西北部、东南部。2000—2020 年,农业生产用地重心持续向西北偏移 13.69 km,空间分布不均衡有所加剧;工矿生产用地重心前期向西南偏移 34.04 km,后期向西北偏移 26.83 km,空间分布不均衡性有所减少。

表 4 2010—2020 年延边州地区土地利用变化转移矩阵

km<sup>2</sup>

年份	土地利用 类型	2020 年							
		农业生产 用地	工矿生产 用地	林地生态 用地	牧草生态 用地	水域生态 用地	其他生态 用地	城镇生活 用地	农村生活 用地
2010 年	农业生产用地	4672.35	9.50	246.37	51.61	20.51	58.05	33.66	28.75
	工矿生产用地	1.73	13.97	0.86	0.47	0.01	0.01	1.96	0.50
	林地生态用地	1409.11	16.85	33975.61	55.59	10.90	121.88	10.36	8.14
	牧草生态用地	180.18	0.63	103.25	798.09	3.93	93.13	0.34	1.63
	水域生态用地	15.66	0.13	6.10	0.82	187.72	13.81	0.24	19.78
	其他生态用地	156.48	0.10	31.66	6.53	0.49	296.78	1.14	2.43
	城镇生活用地	5.15	0.06	0.68	0.23	2.85	0.00	160.88	0.00
	农村生活用地	33.58	0.38	3.02	0.81	0.48	0.30	18.70	283.61

生态用地中,2000 年水域和其他生态用地重心都位于几何重心西北部,林地、牧草生态用地重心分别位于几何重心南部和西南部。其中,林地生态用地重心偏移较小,水域生态用地重心先向东南偏移

22.67 km,再向西南偏移 16.05 km,两者空间分布不均衡性均有所加剧;其他生态用地重心在研究期间持续向东南偏移 18.46 km,空间分布不均衡略微缓和;2010 年牧草生态用地重心较 2000 年向东南偏移了



23.08 km,2020 年向东偏移 7.51 km,空间分布不均  
衡呈现出先缓和后加剧趋势。

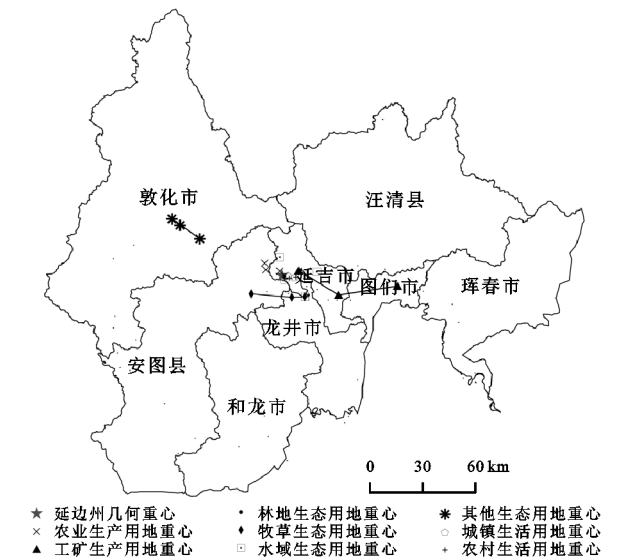


图 1 2000—2020 年延边州各功能用地重心动态转移  
生活用地重心均位于几何重心东部。城镇生活

用地重心先向西南偏移 3.62 km,再向东偏移 6.61 km,其中延吉市和敦化市城镇用地面积明显高于州内其他区域,但由于延边州地区区域整体经济发展活力欠缺,城镇生活用地面积增幅较小;2000—2020 年农村生活用地重心持续向东北偏移 6.17 km,城镇和农村生活用地空间分布不均衡均略微增加。

3.3 生态质量响应

利用 ArcGIS 对延边州地区 2000 年、2010 年、2020 年生态质量指数样本数据进行统计,结果显示其接近正态分布,且具有空间相关性,适用于普通克里金插值法<sup>[30-31]</sup>。通过 GS+9.0 进行函数拟合,得到生态质量指数拟合结果(表 5)。基台值从 2000 年的 0.029 8 增加至 2020 年的 0.034 2,显示出该地区生态质量空间分布不均匀,且不断加剧。2000 年、2010 年、2020 年的块金基台比值在 0.7~0.8 浮动,总体比较稳定,表明 EV 的相关性中等。可决系数  $R^2$  都在 0.95 以上,且残差值较小,表明该拟合结果可靠。

表 5 半方差函数拟合

年份	模型	块金值	基台值	变程	块金/基台值	可决系数	残差
2000	球形模型	0.0086	0.0298	52500	0.711	0.982	0.0069
2010	球形模型	0.0074	0.0290	44600	0.745	0.971	0.0098
2020	球形模型	0.0079	0.0342	49700	0.768	0.986	0.0075

因此,本研究中采用普通克里金插值法,选取球形模型为半变异函数模型。并将插值结果分为 5 级<sup>[32]</sup>,即高质量区( $EV>0.75$ )、较高质量区( $0.6<EV\leq0.75$ )、中质量区( $0.45<EV\leq0.6$ )、较低质量区( $0.30<EV\leq0.45$ )和低质量区( $EV\leq0.30$ )。

3.3.1 生态质量结构变化特征 延边州总体生态质量指数明显下降,从 2000 年的 0.789 下降至 2020 年的 0.772,表明区域内生态质量不断恶化。2000—2020 年,随着生活用地的不断扩大,低和较低质量

区面积不断增加,低质量区占研究区总面积比例从 2.65%增长至 4.72%,年均增长面积为 44.83 km<sup>2</sup>;较低质量区占研究区总面积比例从 3.46%增长至 5.77%,年均增长面积为 50.03 km<sup>2</sup>;中质量区面积持续减少,前期变化剧烈后期变化逐渐平缓;较高质量区面积占比变化不大,整体上显示出小幅增加;高质量区面积持续减少,且是面积变化最剧烈的区域,占研究区面积比例从 72.94%下降至 69.25%,年均减少面积为 79.75 km<sup>2</sup>(表 6)。

表 6 2000—2020 年延边州生态质量等级面积变化

类型区	2000 年		2010 年		2020 年	
	面积/km <sup>2</sup>	比重/%	面积/km <sup>2</sup>	比重/%	面积/km <sup>2</sup>	比重/%
低质量区	1143.02	2.65	1297.85	3.00	2039.55	4.72
较低质量区	1492.51	3.46	2004.89	4.64	2493.03	5.77
中质量区	3580.43	8.29	2719.27	6.30	2581.97	5.98
较高质量区	5471.76	12.67	6132.87	14.20	6168.90	14.28
高质量区	31504.05	72.94	31037.73	71.86	29909.06	69.25

3.3.2 生态质量空间差异分析 从附图 7 可以看出,研究期间,延边州地区生态质量的低质量区和较低质量区主要集中分布在敦化市中部、和龙市北部、延吉市南部以及珲春市西南部地区,该区域内以农业生产用地和城镇生活用地为主。中质量区和较高质量区主要集中分布在敦化市、图们市、安图县

中部以及汪清县西南部地区,其中较高质量区地类主要为林地生态用地和农业生产用地,中质量区地类主要是其他生态用地和农业生产用地。而高质量区广泛分布在延边州范围内,是分布最为广泛的类型区,其地类主要是林地生态用地且占高质量区面积 90%以上。

分析结果得出,延边州生态质量的时空变化特征与政府政策、城市化进程、农业现代化保持高度一致性。2000—2010 年,由于国家颁布的“退耕还林”政策以及该地区城市化进程较慢,社会经济发展水平低,导致大量的农业种植土地转变为林地生态保护用地,较高质量区面积有所增加,低质量区面积变化不显著。2010—2020 年,由于城市化进程的加快以及

经济的发展,城镇化建设不断扩大,人口规模增加,需要增加农作物的种植以满足人们的粮食需求,最终导致农业生产用地和生活用地的增加,其表现为低和较低质量区面积增加,高质量区面积大幅减少。

3.3.3 功能用地转型对生态质量影响分析 通过分析 2000—2020 年延边州功能用地转型生态贡献率,获取其生态质量响应规律,得到表 7。

表 7 影响生态质量的功能用地转型及贡献率

变化	2000—2010 年			2010—2020 年		
	功能用地转型	生态贡献率	占贡献率比重/%	功能用地转型	生态贡献率	占贡献率比重/%
生态质量改善	农业生产用地—林地生态用地	0.01848	66.01	农业生产用地—林地生态用地	0.00359	65.26
	牧草生态用地—林地生态用地	0.00312	11.15	牧草生态用地—林地生态用地	0.00054	9.83
	农业生产用地—牧草生态用地	0.00300	10.70	农业生产用地—牧草生态用地	0.00048	8.76
	其他生态用地—林地生态用地	0.00155	5.52	农业生产用地—其他生态用地	0.00044	7.98
	农业生产用地—其他生态用地	0.00053	1.90	其他生态用地—林地生态用地	0.00022	4.03
	农业生产用地—水域生态用地	0.00047	1.69	农业生产用地—水域生态用地	0.00015	2.73
	合计	0.02714	96.97	合计	0.00542	98.59
生态质量恶化	林地生态用地—农业生产用地	−0.01633	66.66	林地生态用地—农业生产用地	−0.02051	79.08
	林地生态用地—牧草生态用地	−0.00323	13.20	牧草生态用地—农业生产用地	−0.00168	6.48
	牧草生态用地—农业生产用地	−0.00156	6.37	其他生态用地—农业生产用地	−0.00118	4.56
	林地生态用地—其他生态系统	−0.00088	3.59	林地生态用地—其他生态用地	−0.00085	3.29
	其他生态用地—农业生产用地	−0.00079	3.21	林地生态用地—牧草生态用地	−0.00029	1.11
	林地生态用地—水域生态用地	−0.00037	1.51	林地生态用地—工矿生产用地	−0.00029	1.11
	合计	−0.02316	94.54	合计	−0.02480	95.63

可以看出,2000—2010 年农业生产用地被大量的林地生态用地占用是延边州生态质量改善的主要原因,占生态贡献率的 66.01%。农业生产用地转换成牧草、其他和水域生态用地也对生态质量改善具有一定积极作用,三者共计占生态贡献率的 14.29%。而生态质量恶化的主要原因是林地生态用地被开发为农业生产用地,占生态贡献率的 66.66%。此外,林地生态用地转化成牧草、其他和水域生态用地也加剧了生态质量的恶化,三者共计占生态贡献率的 18.30%。2010—2020 年各功能用地转型对生态质量的影响与前期基本相同。总的来说,延边朝鲜族自治州土地利用转型过程中同时存在生态质量改善和恶化两种趋势,生态质量改善小于恶化,总体上生态质量恶化趋势加大。

4 结论与讨论

(1) 2000—2020 年,延边州土地利用功能结构转型特征为:三生用地中,生产用地先减少后增加、生态用地持续减少和生活用地持续增加;在二级用地类型中,林地生态用地降幅最大,农业生产用地面积先降后升,牧草、水域、其他生态用地和工矿生产用地变化较小,农村和城镇生活用地持续增加。

(2) 2000—2020 年,延边州土地利用功能空间转型

特征为:农业生产用地、林地和水域生态用地以及生活用地空间分布不均衡有所加剧,工矿生产用地、牧草和其他生态用地空间分布不均衡明显减少。生产用地重心向西北偏移,牧草、水域和其他生态用地重心向东南偏移,城镇和农村生活用地重心分别向西南、东北偏移。

(3) 2000—2020 年,延边州生态质量指数从 0.789 降至 0.772。其中高质量区面积占比最大且明显有所下降,低和较低质量区面积明显增加,正是由于高质量和中质量区面积下降幅度较大,造成延边州地区整体生态质量下降。

(4) 2000—2020 年,延边州总体生态质量呈恶化趋势。前 10 a 中农业用地转化为林地是导致生态质量改善的主要原因,占生态改善贡献率的 66.01%;后 10 a 大量的林地转化为农业用地是该地区生态质量恶化的主要原因,占生态恶化贡献率的 79.08%。

延边朝鲜族自治州土地利用转型及生态质量效应与政府政策、城市化进程和农业现代化等密切相关。参考其他现有研究成果,在经济发达且城市化较高的地区,其生态质量恶化的原因是农业生产用地转化为生活用地,土地利用转型特征表现为农业生产用地大量减少和生活用地大量增加<sup>[16,27]</sup>。由此对比出延边朝鲜族自治州土地利用转型及生态质量效应与发达地区有所不同,具有其现实意义。但研究中

缺乏探讨延边州土地利用转型的驱动力机制,未来需要结合该区域的社会经济发展阶段,研究不同阶段土地利用转型驱动机制,以解决更多土地利用转型相关问题。考虑到延边朝鲜族自治州与其他地区在地理位置、种植环境、政策管理、社会经济等方面存在明显的差异,未来需要选取不同的地区作对比分析,进一步揭示出随着社会经济等条件的改变,我国区域土地利用转型及其生态质量效应是如何响应的。

#### 参考文献:

- [1] Lambin E F, Meyfroidt P. Land use transitions: Socio-ecological feedback versus socio-economic change [J]. Land Use Policy, 2010, 27(2): 108-118.
- [2] 龙花楼.论土地利用转型与土地资源管理[J].地理研究, 2015, 34(9): 1607-1618.
- [3] 宋小青.论土地利用转型的研究框架[J].地理学报, 2017, 72(3): 471-487.
- [4] 龙花楼.论土地利用转型与乡村转型发展[J].地理科学进展, 2012, 31(2): 131-138.
- [5] 曲衍波,姜广辉,张佰林,等.山东省农村居民点转型的空间特征及其经济梯度分异[J].地理学报, 2017, 72(10): 1845-1858.
- [6] 戈大专,龙花楼,杨忍.中国耕地利用转型格局及驱动因素研究:基于人均耕地面积视角[J].资源科学, 2018, 40(2): 273-283.
- [7] 许凤娇,吕晓,陈昌玲.山东省城乡建设用地转型的时空格局[J].自然资源学报, 2017, 32(9): 1554-1567.
- [8] 姚尧,李江风,杨媛媛.长江中游城市群城市建设用地利用社会经济功能转型与协调性评价研究[J].地域研究与开发, 2018, 37(5): 128-133.
- [9] 张蕾,刘格格,魏俊青,等.“三生用地”转型的生态系统服务价值效应:以营口市为例[J].生态学杂志, 2019, 38(3): 838-846.
- [10] 陈婧,史培军.土地利用功能分类探讨[J].北京师范大学学报:自然科学版, 2005, 41(5): 536-540.
- [11] Long H, Liu Y, Hou X, et al. Effects of land use transitions due to rapid urbanization on ecosystem services: Implications for urban planning in the new developing area of China [J]. Habitat International, 2014, 44(6): 536-544.
- [12] 刘永强,廖柳文,龙花楼,等.土地利用转型的生态系统服务价值效应分析:以湖南省为例[J].地理研究, 2015, 34(4): 691-700.
- [13] 彭建,王仰麟,张源,等.滇西北生态脆弱区土地利用变化及其生态效应研究:以云南省永胜县为例[J].地理学报, 2004, 59(4): 629-638.
- [14] 李晓文,方精云,朴世龙.近10年来长江下游土地利用变化及其生态环境效应[J].地理学报, 2003, 58(5): 659-667.
- [15] 侯鹏,王桥,王昌佐,等.流域土地利用/土地覆被变化的生态效应[J].地理研究, 2011, 30(11): 2092-2098.
- [16] 吕立刚,周生路,周兵兵,等.区域发展过程中土地利用转型及其生态环境响应研究:以江苏省为例[J].地理科学, 2013, 33(12): 1442-1449.
- [17] 赵锐锋,姜朋辉,陈亚宁,等.塔里木河干流区土地利用/覆被变化及其生态环境效应[J].地理科学, 2012, 32(2): 244-250.
- [18] 党丽娟,徐勇,高雅.土地利用功能分类及空间结构评价方法:以燕沟流域为例[J].水土保持研究, 2014, 21(5): 193-197.
- [19] 张杨,刘艳芳,顾渐萍,等.武汉市土地利用覆被变化与生态环境效应研究[J].地理科学, 2011, 31(10): 1280-1285.
- [20] Cotton J. China and Tumen River cooperation [J]. Asian Survey, 1996, 36(11): 1086-1101.
- [21] 张红旗,许尔琪,朱会义.中国“三生用地”分类及其空间格局[J].资源科学, 2015, 37(7): 1332-1338.
- [22] 李晓文,方创琳,黄金川,等.西北干旱区城市土地利用变化及其区域生态环境效应:以甘肃河西地区为例[J].第四纪研究, 2003, 23(3): 280-290.
- [23] 杨述河,闫海利,郭丽英.北方农牧交错带土地利用变化及其生态环境效应:以陕北榆林市为例[J].地理科学进展, 2004, 23(6): 49-55.
- [24] 崔佳,臧淑英.哈大齐工业走廊土地利用变化的生态环境效应[J].地理研究, 2013, 32(5): 848-856.
- [25] 朱会义,李秀彬.关于区域土地利用变化指数模型方法的讨论[J].地理学报, 2003, 58(5): 643-650.
- [26] Sudhira H S, Ramachandra T V, Jagadish K S. Urban sprawl: metrics, dynamics and modelling using GIS [J]. International Journal of Applied Earth Observations & Geoinformation, 2004, 5(1): 29-39.
- [27] 杨清可,段学军,王磊,等.基于“三生空间”的土地利用转型与生态环境效应:以长江三角洲核心区为例[J].地理科学, 2018, 38(1): 97-106.
- [28] Oliver M A, Webster R. A tutorial guide to geostatistics: Computing and modelling variograms and kriging [J]. Catena, 2014, 113(2): 56-69.
- [29] Liu Y, Gao J, Yang Y. A holistic approach towards assessment of severity of land degradation along the Great Wall in Northern Shaanxi Province, China [J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2003, 82(2): 187-202.
- [30] Grainger A. National land use morphology [J]. Geography, 1995, 80(3): 235-245.
- [31] 陈龙,周生路,周兵兵,等.基于主导功能的江苏省土地利用转型特征与驱动力[J].经济地理, 2015, 35(2): 155-162.
- [32] 路昌,张傲.东北地区土地利用转型及其生态环境效应[J].中国农业大学学报, 2020, 25(4): 123-133.