

松嫩平原东部土地利用时空动态变化分析

杨佳佳¹, 张一鹤^{1,2}, 冯雨林¹, 高铁^{1,2}, 肖红叶^{1,2}, 刘洋¹,
杨泽^{1,2}, 魏明辉^{1,2}, 张哲寰^{1,2}

1. 中国地质调查局 沈阳地质调查中心, 辽宁 沈阳 110034;
2. 中国地质调查局 黑土地演化古生态效应重点实验室, 辽宁 沈阳 110034

摘要: 基于 1985、2000、2017 年 3 期土地利用遥感监测数据, 利用土地利用转移矩阵、重心模型、生态环境质量指数等方法, 对松嫩平原东部 30 年间土地利用转型时空变化特征及生态环境效应进行分析。结果表明: 1985~2015 年, 松嫩平原东部地区土地利用以耕地和林地为主, 分布界线清晰。土地利用强度持续增加, 前期增加较快, 后期趋缓。土地利用转型主要表现为农业生产用地持续增加, 生态用地持续减少, 建设用地小幅增加, 前期变化剧烈, 后期趋缓。土地利用转型方向较为稳定。重心转移轨迹变化较大, 其中变化最大的是 1985~2000 年, 水域的转移轨迹向西北方向偏移 76.34 km。松嫩平原区域生态环境质量指数从 1985 年的 0.395 持续下降至 2017 年的 0.361, 生态环境质量持续恶化。2017 年空间分布以中质量区和中低质量区为主, 农业生产用地与草地、未利用地之间的相互转变是影响生态环境质量变化的主要因素。

关键词: 土地利用; 时空分析; 卫星遥感; 土地生态; 松嫩平原

开放科学标志码(OSID):



DOI: 10.13686/j.cnki.dzyzy.2020.06.020

SPATIOTEMPORAL DYNAMIC CHANGE ANALYSIS OF LAND USE IN EASTERN SONGNEN PLAIN

YANG Jia-jia¹, ZHANG Yi-he^{1,2}, FENG Yu-lin¹, GAO Tie^{1,2}, XIAO Hong-ye^{1,2}, LIU Yang¹,
YANG Ze^{1,2}, WEI Ming-hui^{1,2}, ZHANG Zhe-huan^{1,2}

1. Shenyang Center of China Geological Survey, Shenyang 110034, China;
2. Key Laboratory of Black Land Evolution and Ecological Effects, CGS, Shenyang 110034, China

Abstract: Based on the remote sensing monitoring data of land use in 1985, 2000 and 2017, the spatiotemporal variation characteristics and eco-environmental effects of land use transition in eastern Songnen Plain in the past 30 years are analyzed by means of land use transfer matrix, gravity center model and eco-environment quality index. The results show that the land use is mainly cultivated land and forest land with clear distribution boundary during 1985–2015. The land use intensity continues to increase, fast in early stage and slow in later. The main performances of land use transition involve continuous increase of agricultural land, continuous decrease of ecological land and slight increase of construction land, changing drastically in early stage and slowing down in later. The direction of land use transition is generally stable. The shift trajectory of transfer barycenter varies greatly, of which the largest change is during 1985–2000, with the transfer trajectory of water area shifting 76.34 km northwestward. The regional eco-

收稿日期: 2020-06-11; 修回日期: 2020-07-08. 编辑: 张哲.

基金项目: 中国地质调查局“兴凯湖平原及松辽平原西部土地质量地球化学调查”项目(编号 DD20190520).

作者简介: 杨佳佳(1984—), 男, 博士, 高级工程师, 主要从事遥感应用研究工作, 通信地址 辽宁省沈阳市皇姑区黄河北大街 280 号, E-mail//haixianxiaomei@163.com

environmental quality index of Songnen Plain continued to decline from 0.395 in 1985 to 0.361 in 2017, indicating the continuous deterioration of eco-environmental quality. In 2017, the spatial distribution is dominated by medium and low-medium quality areas. The mutual transition between agricultural land, grassland and unused land is the main influencing factor of ecological environment quality.

Key words: land use; spatiotemporal analysis; satellite remote sensing; land ecology; Songnen Plain

0 引言

土地利用/土地覆盖变化(LUCC)是全球气候变化、环境变化研究内容的重点. 地球系统科学的原理告诉我们,土地资源与生态环境是紧密相连的,土地资源数量与质量的变化是生态环境变化的重要特征,生态环境信息也反映出土地资源的开发、利用状况. 只有掌握土地资源数量、质量和可持续利用的综合信息,才能为区域的持续发展提供有力保障^[1]. 一些学者构建“生产-生态-生活”主导功能的“三生用地”土地利用分类体系,将土地利用转型与区域功能协调发展相结合,研究土地利用转型的生态环境效应^[2-5].

基于遥感技术(RS)并利用图像处理系统完成并提取土地资源数量、质量信息,目前已经比较成熟^[6-9]. 尤其是综合应用RS、GIS、GPS技术,以及多元统计技术,光谱分析技术等. 目前,基于土地资源监测指标的信息挖掘技术正处于迅速发展阶段^[10-12],基于光谱特征的土地资源监测指标定量反演模型应用与推广研究目前也在积极开展^[13-16]. 遥感土地生态系统信息综合调查具有调查范围广、获取信息丰富、提取信息快速等特点,因此,应用遥感等综合技术进行土地利用转型调查,有利于快速解析和提升区域生态系统服务功能,促进地区生态系统的可持续发展.

松嫩平原地区土质肥沃,黑土、黑钙土占60%以上,盛产大豆、小麦、玉米、甜菜、亚麻、马铃薯等,是全国重要的商品粮基地,是黑龙江省中北部重要经济带. 本研究基于1985、2000、2017年3期土地利用遥感监测数据,构建土地利用分类体系,对1985~2017年东北地区土地利用转型特征及生态环境效应进行定量分析,以期为促进该地区社会经济发展模式转变、实现地区生态环境协调发展提供科学参考和决策支持.

1 研究区概况

研究区处于小兴安岭及东部山地西侧山前冲积洪

积台地区,海拔180~300 m,北起嫩江,经德都、北安、克山、拜泉、明水、望奎、绥化,南至哈尔滨、双城等县市,南北长约450 km,东西宽约340 km,面积约 $10 \times 10^4 \text{ km}^2$. 从遥感影像图上看,该地区地面波状起伏,形态复杂,现代侵蚀严重,多冲沟,水土流失较明显. 同时,影像中的色调差异反映出东南部植被覆盖较好,中部、南部植被覆盖程度较低,耕地与草场较为发育. 西北、东南方向河流湖泊发育,主要发育有诺敏河、甘河、逊河、纳谟尔河、乌裕尔河等河流(图1).

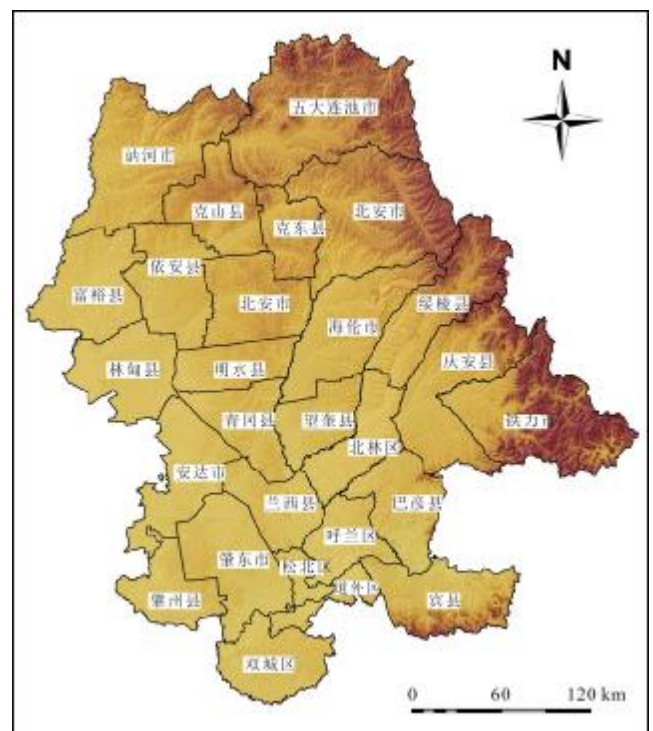


图1 松嫩平原地形示意图

Fig. 1 Topographical sketch map of Songnen Plain

2 数据来源与研究方法

本文采用的遥感数据来源于美国国家航空航天局(NASA)陆地卫星数据,包括1985年Landsat-5(TM)影像,2000年Landsat-7(ETM)影像以及2017年的

Landsat-8 (OLI)影像,成像时间为当年6~9月,云量控制在5%以下,影像经过辐射定标以及基于FLAASH的大气校正等预处理.数字高程数据为NASA的ASTERG-DEM,栅格大小为28.5 m × 28.5 m.研究中用到的3期土地利用数据是基于遥感影像进行人机交互解译获得.1985、2000、2017年解译结果经野外调查和历史高空间分辨率影像检验,通过随机抽样方法,分别在各期土地利用分类图上随机抽取200样点,经与上述参考数据进行比较,总体精度均高于95%,能较好地满足研究需求.

本文根据LUCC分类体系(参考中国科学院分类标准),将研究区土地类型分为6个一级地类:耕地、草地、林地、水域、建设用地和未利用地.运用方法包括数理统计、单一土地利用动态度、土地利用转移矩阵、综合土地利用动态度、重心模型、区域生态环境质量指数.其中,单一土地利用动态度用来定量分析研究区各地类的变化频度;土地利用转移矩阵用来分析研究区土地利用类型转出和转入的动态转化过程;综合土地利用动态度用来反映研究区土地利用变化的剧烈程度;重心模型用来分析研究区土地利用类型空间格局转化方向;区域生态环境质量指数主要用来表征研究区生态环境质量状况.

3 时空分析

3.1 空间分布格局

根据研究区各地类面积空间分布统计结果(图

2),松嫩平原研究区的土地利用类型以耕地和林地用地面积最大.农业生产用地主要集中分布在研究区中西部,林业用地集中分布在研究区东部山地、丘陵区.水域资源分布不均衡,地表水大多集中在研究区南部.未利用地主要以大型冲沟形式东西向分布,且占土地总面积比例逐年减小,2017年占比仅4.39%(表1),表明研究区土地开发程度处于较高水平,未来开发利用的后备土地资源较为贫乏.

3.2 数量变化分析

3.2.1 土地利用结果变化

1985、2000、2017年研究区土地利用结构有很大变化.1985~2017年期间,研究区内耕地、建设用地的面积逐渐增加.尤其是耕地的面积增加较为显著,由1985年占研究区总面积的55.42%增加至2017年的65.85%.未利用地、草地、林地的面积逐渐减少,其中未利用地由1985年占研究区总面积的10.36%减少至2017年的4.39%,总计减少5 999.62 km².草地由1985年占研究区总面积的8.42%减少至2017年的5.49%,总计减少2 944.86 km².林地由1985年占研究区总面积的19.69%减少至2017年的17.84%,总计减少1 855.13 km²(表1).

3.2.2 土地利用动态度

土地利用动态主要用于定量描述土地利用的变化速度,采用单一土地利用动态度计算研究区的每种土地利用类型在某时间段前后的数量变化情况,量化该时间段内土地利用类型的变化,便于了解土地利用状

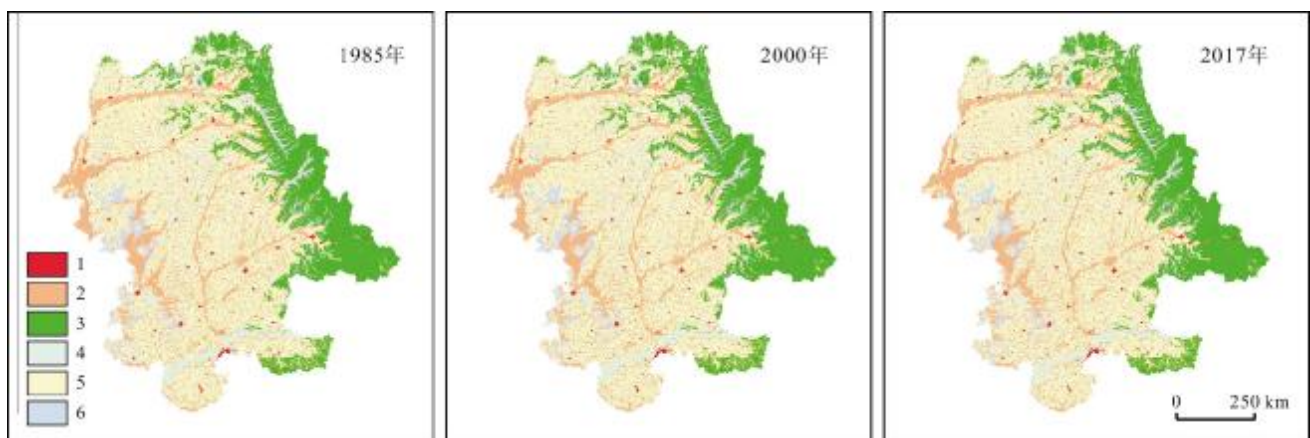


图2 研究区3期土地利用类型分布图

Fig. 2 Land-use type distribution map of the study area in 3 periods

1—建设用地(construction land); 2—未利用地(unused land); 3—林地(forest land); 4—水域(water area); 5—耕地(cultivated land); 6—草地(grass land)

表1 松嫩平原研究区3期土地利用情况统计及结构变化表

Table 1 Land use statistics and structural changes of the study area in 3 periods

土地类型	面积/km ²			占研究区比例			变化面积/km ²		
	1985年	2000年	2017年	1985年	2000年	2017年	1985~2000年	2000~2017年	1985~2017年
耕地	55 720.92	63 168.45	66 211	55.42%	62.82%	65.85%	7 447.53	3 042.55	10 490.08
林地	19 793.95	18 059.78	17 938.82	19.69%	17.96%	17.84%	-1 734.17	-120.97	-1 855.13
草地	8 466.82	7 479.59	5 521.96	8.42%	7.44%	5.49%	-987.23	-1 957.63	-2 944.86
水域	2 304.30	1 064.17	1 700.02	2.29%	1.06%	1.69%	-1 240.13	635.85	-604.28
建设用地	3 846.37	4 074.84	4 760.22	3.83%	4.05%	4.73%	228.48	685.38	913.85
未利用地	10 414.90	6 700.49	4 415.28	10.36%	6.66%	4.39%	-3 714.41	-2 285.22	-5 999.62

态随着时间发生的变化^[17]. 计算公式如下:

$$L = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (1)$$

式中 L 为研究时段内某种土地利用类型的动态度; U_a 表示某种土地利用类型起始的面积总量; U_b 表示某种土地利用类型末期的面积总量; T 为时间段.

从单一地类土地利用动态度计算结果(表2)来看, 1985~2000年期间, 变化速度最快的是水域, 平均每年减少3.59%; 变化速度最慢的是建设用地, 平均每年增加0.4%. 2000~2017年期间, 变化速度最快的是水域, 平均每年增加3.51%; 变化速度最慢的是林地, 平均每年减少0.04%. 1985~2017年期间, 变化速度最快的是未利用地, 平均每年减少1.80%; 变化速度最慢的是林地, 平均每年减少0.29%.

表2 松嫩平原研究区单一土地利用动态度

Table 2 Dynamic degrees of land use in Songnen Plain by types

土地利用类型	1985~2000年	2000~2017年	1985~2017年
草地	-0.78%	-1.54%	-1.09%
耕地	0.89%	0.28%	0.59%
建设用地	0.40%	0.99%	0.74%
林地	-0.58%	-0.04%	-0.29%
水域	-3.59%	3.51%	-0.82%
未利用地	-2.38%	-2.01%	-1.80%

3.2.3 土地利用程度

土地利用程度是在某个时间内由自然因素和人为

因素双重作用的结果, 它反映了土地利用的广度和深度. 研究采用土地利用程度的综合分析方法, 按照土地对社会的影响情况将其分为4个级别, 并赋予相应的分级指数(表3). 通过这种方法, 得出土地利用程度综合指数和土地利用程度变化量^[15].

表3 土地利用强度分级赋值

Table 3 Grading and assignment of land use intensity

分级	未利用 地级	林地/草地/ 水用地级	农业用 地级	城镇聚落用 地级
分级指数	1	2	3	4
土地利用类型	未利用地/ 特殊用地	林地/草地/水域	耕地	建设/交通用地

1) 土地利用程度综合指数

土地利用程度综合指数模型是一个呈连续性分布的综合指数, 其大小反映了研究区的土地利用程度. 计算公式如下:

$$L_i = 100 \times \sum_{i=1}^n A_i C_i \quad L \in [100, 400] \quad (2)$$

式中: L_i 表示土地利用程度综合指数; A_i 表示第 i 级的土地利用程度分级指数; C_i 表示第 i 级的土地利用类型面积百分比; n 为土地利用程度分级数. 通过该公式可以得到, 土地利用综合量化指标是在 100~400 区间内连续变化, 综合指标的大小反映土地利用程度的高低.

2) 土地利用程度变化量

土地利用程度的变化主要是由于各个土地利用类型在研究时间段内变化所造成的. 研究区的土地利用综合情况及其变化趋势通常用土地利用程度的变化量

来表示^[18],计算公式如下:

$$\Delta L_{b-a} = L_b - L_a = 100 \times \left(\sum_{i=1}^n A_i C_{ib} - \sum_{i=1}^n A_i C_{ia} \right) \quad (3)$$

式中 L_b 和 L_a 分别为 b 时间和 a 时间的区域土地利用程度综合指数; A_i 为第 i 级的土地利用程度分级指数; C_{ib} 和 C_{ia} 分别为某区域 b 时间和 a 时间第 i 级土地利用程度面积百分比. 如 $\Delta L_{b-a} > 0$, 则该区域土地利用处于发展时期; $\Delta L_{b-a} < 0$ 则表示该区域的土地利用处于衰退期.

从研究区 1985、2000、2017 年的土地利用综合指数(表 4)来看,发现松嫩平原研究区内的土地利用程度处于中等偏高的水平,并在持续增高. 从 1985~2000 年、2000~2017 年这两个时期内的土地利用程度变化量可以看出,这两个时期内,研究区的土地利用处于都发展期,且后一阶段的发展速度明显慢于前一阶段.

表 4 松嫩平原研究区土地利用综合指数及土地利用程度变化量

Table 4 Land use composite index and land use degree changes in Songnen Plain

时间	1985 年	2000 年	2017 年
土地利用综合指数	252.71	264.27	270.93
时段	1985~2000 年	2000~2017 年	1985~2017 年
土地利用程度变化量	11.56	6.66	18.22

3.3 土地类型转移分析

通过对研究区 3 期土地利用转移矩阵(表 5)进行分析,可以得出如下结论.

1985~2000 年期间,各地类之间相互转化情况非常明显,其中按照变化率排列如下:水域(68.10%)>未利用地(53.03%)>草地(51.03%)>建设用地(33.85%)>林地(12.85%)>耕地(2.19%). 按照变化面积排行前五的如下:由未利用地转变为耕地,转变面积约 3 323.57 km²;由草地转变为耕地,转变面积约 2 943.06 km²;由未利用地转变为草地,转变面积约 1 860.63 km²;由林地转变为耕地,转变面积约 1 511.99 km²;由林地转变为草地,转变面积约 886.56 km². 值得注意的是水域的大量减少,研究期间水域共减少 1 557.97 km²,约有 674.03 km² 转化为耕地,748.28 km² 转化为未利用地.

2000~2017 年期间,各地类之间相互转化情况非

常明显,其中按照变化率排列如下:草地(53.96%)>未利用地(52.59%)>水域(15.82%)>林地(5.60%)>耕地(4.12%)>建设用地(3.19%). 按照变化面积排行前五的如下:由草地转变为耕地,转变面积约 2 625.63 km²;未利用地转变为耕地,转变面积约 2 010.78 km²;由耕地转变为草地,转变面积约 952.82 km²;由草地转变为未利用地,转变面积约 784.3 km²;由林地转变为耕地,转变面积约 766.75 km².

1985~2017 年期间,各地类之间相互转化情况非常明显,其中按照变化率排列如下:草地(69.96%)>未利用地(68.00%)>水域(53.83%)>林地(15.01%)>建设用地(6.08%)>耕地(3.14%). 按照变化面积排行前五的如下:由未利用地转变为耕地,转变面积约 4 372.06 km²;由草地转变为耕地,转变面积约 4 358.79 km²;由林地转变耕地,转变面积约 2 343.42 km²;由未利用地转变为草地,转变面积约 2 054.77 km²;由草地转变为未利用地,转变面积约 664.72 km².

3.4 空间格局变化

土地利用功能空间转型分析主要利用重心模型来实现. 重心模型通过对一定时期内不同功能类型重心的转移方向、路径和距离的具体分析,直观反映土地利用功能空间转型的时空变化特征,数学表达式为^[19]:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i S_i}{\sum_{i=1}^n S_i} \quad (4)$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i S_i}{\sum_{i=1}^n S_i} \quad (5)$$

式中: \bar{X} 和 \bar{Y} 是某地类的重心坐标, X_i 和 Y_i 为第 i 个空间单元的地理中心坐标, n 为空间单元的个数, S_i 为第 i 个空间单元的某地类面积.

从土地利用类型变化统计图(图 3)看出,各土地利用类型分布重心位于研究区中偏西部,分布较不均衡,尤其是林地与水域用地. 林地分布重心位于研究区东北部,1985~2017 年林地分布重心向东南方向偏移 8.04 km. 草地分布重心位于研究区中偏北部,1985~2017 年草地分布重心向西南方向偏移 44.82 km. 未利用地分布重心位于研究区中偏西部,1985~2017 年未利用地分布重心向西北方向偏移 17.14 km. 耕地分布重心位于研究区中偏西部,1985~2017 年耕地分布重心向东北方向偏移 8.70 km. 建设用地分布重心位于研究区中偏西部,1985~2017 年建设用地分布重

表5 1985~2017年松嫩平原研究区土地利用转移矩阵
Table 5 Land use transfer matrix of Songnen Plain during 1985-2017

2000年 1985年	草地	耕地	建设用地	林地	水域	未利用地	总面积	变化率
草地	4116.19	2943.06	23.35	574.25	54.18	694.11	8405.15	51.03%
耕地	421.06	54102.81	351.94	155.27	39.47	243.30	55313.85	2.19%
建设用地	18.39	151.44	3629.74	4.66	0.53	13.45	3818.22	4.94%
林地	886.56	1511.99	10.93	17124.58	19.39	96.76	19650.21	12.85%
水域	122.31	674.03	10.33	3.01	729.76	748.28	2287.73	68.10%
未利用地	1860.63	3323.57	18.76	66.48	213.14	4855.61	10338.19	53.03%
总面积	7425.15	62706.90	4045.05	17928.26	1056.47	6651.52	99813.34	0%
2017年 2000年	草地	耕地	建设用地	林地	水域	未利用地	总面积	变化率
草地	3418.81	2625.63	71.34	414.58	110.49	784.30	7425.15	53.96%
耕地	952.82	60125.05	607.85	393.01	241.05	387.12	62706.90	4.12%
建设用地	7.00	109.35	3915.93	2.98	5.90	3.88	4045.05	3.19%
林地	193.42	766.75	26.39	16924.76	7.35	9.58	17928.26	5.60%
水域	27.11	90.00	1.15	4.19	889.33	44.69	1056.47	15.82%
未利用地	882.36	2010.78	102.79	68.62	433.62	3153.34	6651.52	52.59%
总面积	5481.53	65727.56	4725.45	17808.15	1687.75	4382.90	99813.34	0%
2017年 1985年	草地	耕地	建设用地	林地	水域	未利用地	总面积	变化率
草地	2525.28	4358.79	100.40	661.20	94.77	664.72	8405.15	69.96%
耕地	311.92	53577.26	851.35	294.52	142.78	136.03	55313.85	3.14%
建设用地	11.47	201.84	3586.22	6.30	5.65	6.74	3818.22	6.08%
林地	474.16	2343.42	39.81	16700.57	28.14	64.11	19650.21	15.01%
水域	103.94	874.20	39.13	10.65	1056.28	203.54	2287.73	53.83%
未利用地	2054.77	4372.06	108.55	134.91	360.14	3307.77	10338.19	68.00%
总面积	5481.53	65727.56	4725.45	17808.15	1687.75	4382.90	99813.34	0%

面积单位: km².

心向东南方向偏移 12.09 km. 水域分布重心位于研究区中偏南部, 1985~2017年水域分布重心向西北方向偏移 76.34 km.

3.5 生态环境响应分析

区域生态环境质量指数(EV)是通过计算各区域(单元)内生产用地、生态用地和生活用地不同的生态质量水平和面积比例, 定量描述各区域(单元)整体的生态环境质量状况. EV的计算基础是不同时期研究区土地利用类型的面积变化数据, 并不是对区域生态

系统质量指标的直接观测^[20]. 以行政区为生态单位对EV进行空间化处理, 通过计算每个生态单元的EV, 以此作为样点中心的区域生态环境质量指数, 数学表达式为:

$$EV_i = \sum_{j=1}^n A_{ij} \times R_j / TA_i \quad (6)$$

式中: EV_i 为东北地区第 i 个生态单元的区域生态环境质量指数 ($i=1, 2, \dots, n$); A_{ij} 为第 i 个生态单元内第 j 种地类的面积; R_j 为第 j 种地类的生态环境质量指

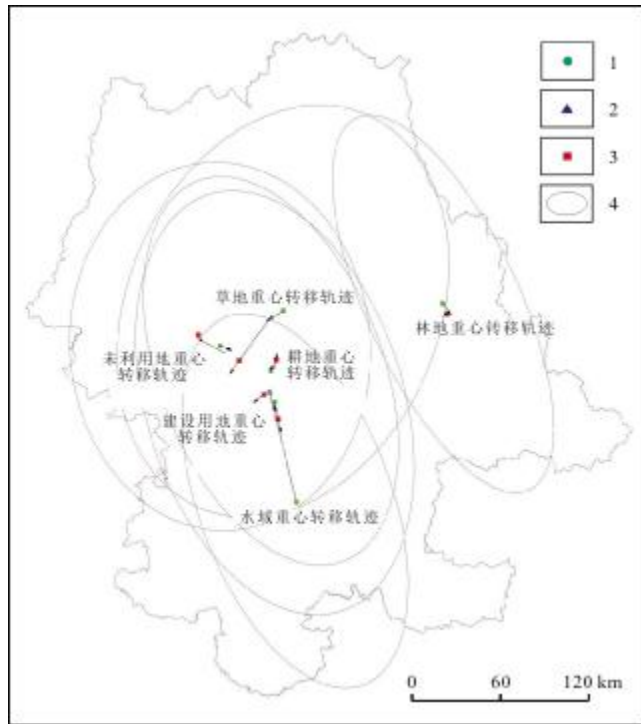


图 3 1985~2017 年研究区各土地利用类型重心动态变化
Fig. 3 Dynamic changes of land-use type barycenter in the study area during 1985-2017

1—1985 年土地利用地理重心 (land use geographical barycenter in 1985); 2—2000 年土地利用地理重心 (land use geographical barycenter in 2000); 3—2017 年土地利用地理重心 (land use geographical barycenter in 2017); 4—土地利用类型分布方向(标准差椭圆)(land-use type distribution direction of standard deviational ellipse)

数; n 为研究区土地利用类型数量; TA_i 为第 i 个生态单元的土地总面积。

利用 ArcGIS 计算了研究区各地区 1985、2000、2017 年 3 期 EV 统计结果。根据自然断点法将区域生态环境质量划分为低质量区 ($EV < 0.27$)、中低质量区 ($0.27 \leq EV < 0.31$)、中质量区 ($0.31 \leq EV < 0.36$)、中高质量区 ($0.36 \leq EV < 0.51$) 和高质量区 ($0.51 \leq EV < 0.75$)，共 5 级(图 4)。

3.5.1 生态环境质量结构变化

研究区 1985~2017 年近 30 年期间整体生态环境质量偏中上等，生态环境中高质量区在研究期内平均占比 66.7%。低质量区是区域变化最为剧烈的类型，其区域持续增加，占土地总面积的比例由 0 增长至 18%；中低质量区属于前期增加后期减少，目前维持在 21%，整体上没有变化；中质量区属于前期缓慢减少后期保持稳定的趋势，整体上变化不大；中高质量区前期剧烈减少后期平缓增加，整体上处于减少趋势；高质量

区属于前期没变化后期减少的趋势，整体处于减少趋势(表 6)。

表 6 1985~2017 年研究区生态环境质量等级占比变化 (按行政区)

Table 6 Percentage changes of eco-environment quality grade in the study area during 1985-2017 (by administrative region)

等级	高质量区	中高质量区	中质量区	中低质量区	低质量区
1985 年	18%	21%	39%	21%	0%
2000 年	18%	7%	36%	29%	11%
2017 年	11%	14%	36%	21%	18%

3.5.2 生态环境质量空间差异

研究区土地利用区域生态环境质量基本上表现出东高-西低-中差的空间分布特征，区域差异明显，1985~2017 年期间整体空间格局变化不大(图 4)。2017 年，生态环境质量的低质量区和中低质量区主要分布在研究区中部地带，包括拜泉县、望奎县、北林区、道里区、双城区(低质量区)，克山县、依安县、青冈县、兰西县、呼兰县、道外区(中低质量区)，地貌主要为冰水洪积高平原和冲湖积沼泽低平原，地类主要为农业生产用地。中质量区主要分布在研究区西部地带，包括讷河市、富裕县、林甸县、克东县、明水县、海伦市、肇州县、肇东市、巴彦县，地貌主要为冰水洪积高平原和冲洪积台地，地类主要为农业生产用地及少量未利用地。高质量区和中高质量区主要分布在研究区东部地带，包括绥棱县、庆安县、铁力市(高质量区)，五大连池市、北安市、安达市、宾县(中高质量区)，地貌主要为构造剥蚀低中山地和丘陵，地类主要为林业用地和未利用地。

4 结论和认识

本研究基于 3 期土地利用遥感监测数据，从土地利用格局调查及生态功能响应的角度出发，采用土地利用转移分析模型和生态环境效应分析模型，对松嫩平原东部地区 1985~2017 年土地转型特征及生态环境效应进行了分析，主要结论如下：松嫩平原东部地区土地利用时空变化特征与区域社会发展水平、城市化进程和农业开发进程基本保持一致。1985~2000

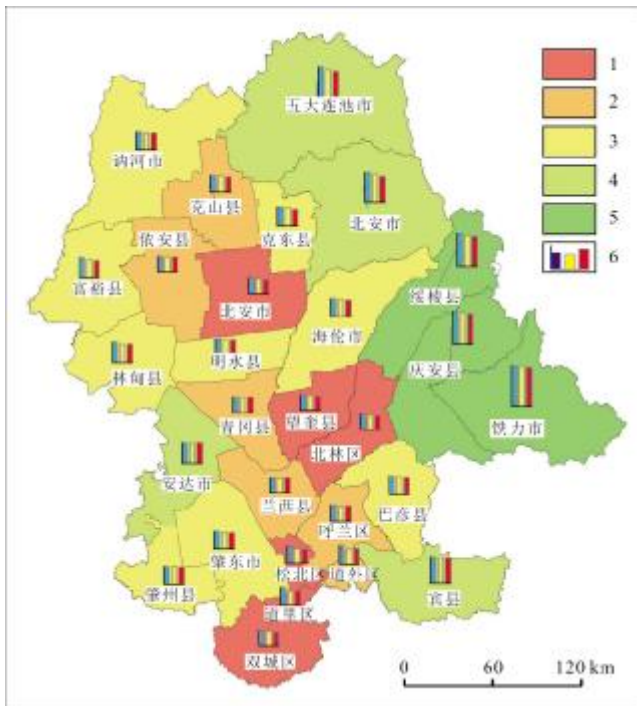


图4 研究区2017年区域生态环境质量指数分级及3期对比图
Fig. 4 Grading of regional eco-environment quality indexes of the study area in 2017 with EV comparison between 3 periods

1—低质量区 (low quality area); 2—中低质量区 (low-medium quality area); 3—中质量区 (medium quality area); 4—中高质量区 (medium-high quality area); 5—高质量区 (high quality area); 6—1985、2000、2017年EV水平对比 (EV comparison between 1985, 2000 and 2017)

年,随着市场经济的快速发展以及水稻技术的突破,农户为追求更高的经济效益,垦荒用地激增,大量生态及闲置用地转变为农业生产用地,其中未利用地、草地、水域面积大幅减少,转变率很高,同时城市扩张导致建设用地大幅增加,土地利用强度增大,生态环境质量变差,尤其是生态环境中低质量区大幅增加。值得注意的是,水域利用格局在1985~2000年间的变化很大,可能与研究区中西部井灌水稻大面积增加有关系,水稻灌溉减少了对南部松花江的依赖。2000~2017年,研究区农业开发进程放缓,随着相关生态保护政策的推行,一定程度上影响了区域土地利用格局变化方向,生态及闲置用地转变为农业生产用地放缓,土地利用强度增速减缓,水域面积出现反弹,低质量区数量增速减缓,中低质量区数量出现反弹,中高质量区数量反弹增加。

本研究详细开展了土地利用时空动态分析和生态环境效应特征的划分,但由于缺乏针对这些土地利用

动态变化的驱动力分析,还不清楚它们如此变化的原因;缺乏对土地利用效益的评价体系,不清楚土地利用动态变化存在的综合价值。下一步我们将开展社会经济驱动因子、自然条件驱动因子调查,分析土地利用变化与各驱动因子的关系,探索土地利用时空变化的驱动机制;开展土地利用效益综合评价体系的建设,包括土地利用经济效益、土地利用社会效益、土地利用生态效益,进一步定量化分析,形成评价标准,使研究成果对区域经济社会、自然环境发展更加具有现实指导意义。

参考文献:

- [1]王静. 土地资源遥感监测与评价方法[M]. 北京:科学出版社,2006: 49-59.
- [2]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.
- [3]赵丽,张贵军,朱永明,等. 基于土地利用转型的土地多功能转变与特征分析——以河北省唐县为例[J]. 中国土地科学,2017,31(6):42-50.
- [4]张蕾. “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.
- [5]黄金亭,曹艳萍,秦奋. 基于土地利用/覆盖变化模拟的黄河流域生态环境质量分析[J]. 河南大学学报(自然科学版),2020,50(2): 127-138.
- [6]杨丹. 土地利用变化的时空特征及驱动力分析——以黄河下游开封段背河洼地区为例[D]. 开封:河南大学,2019.
- [7]王雪梅,柴仲平,毛东雷,等. 不同土地利用方式下渭—库绿洲土壤质量评价[J]. 水土保持通报,2015,35(4):319-323.
- [8]吴尚. 近30年江苏省土地利用时空格局演变[J]. 资源开发与市场, 2020,36(3):246-251.
- [9]傅家仪,臧传富,吴铭婉. 1990-2015年海河流域土地利用时空变化特征及驱动机制研究[J]. 中国农业资源与区划,2020,41(5):131-139.
- [10]马梓策,于红博,张巧凤,等. 基于CA-Markov模型的锡林河流域土地利用变化及预测分析[J]. 西北林学院学报,2020,35(2):169-177.
- [11]吕晓,史洋洋,黄贤金,等. 江苏省土地利用变化的图谱特征[J]. 应用生态学报,2016,27(4):1077-1084.
- [12]冯雨林,杨佳佳,吴梦红. 基于景观转移矩阵的黑龙江双河自然保护区土地覆被转移研究[J]. 地质与资源,2016,25(5):500-504.
- [13]张新乐,窦欣,谢雅慧,等. 引入时相信息的耕地土壤有机质遥感反演模型[J]. 农业工程学报,2018,34(4):143-150.
- [14]吴才武,张月丛,夏建新. 基于地统计与遥感反演相结合的有机质预测制图研究[J]. 土壤学报,2016,53(6):1568-1575.

(下转第602页/Continued on Page 602)

- 特征[J]. 现代地质, 2012, 26(5): 850-858, 864.
- [7] RAYMAN M P. The argument for increasing selenium intake [J]. *Proceedings of the Nutrition Society*, 2002, 61(2): 203-215.
- [8] 王锐, 余涛, 曾庆良, 等. 我国主要农耕区土壤硒含量分布特征、来源及影响因素[J]. 生物技术进展, 2017, 7(5): 359-366.
- [9] 孙维侠, 赵永存, 黄标, 等. 长三角典型地区土壤环境中 Se 的空间变异特征及其与人类健康的关系[J]. 长江流域资源与环境, 2008, 17(1): 113-118.
- [10] Beladel B, Nedjimi B, Mansouri A, et al. Selenium content in wheat and estimation of the selenium daily intake in different regions of Algeria[J]. *Applied Radiation and Isotopes*, 2013, 71(1): 7-10.
- [11] 梁东丽, 彭琴, 崔泽玮, 等. 土壤中硒的形态转化及其对有效性的影响研究进展[J]. 硒与环境, 2017, 7(5): 374-380.
- [12] 张哲寰, 赵君, 戴慧敏, 等. 黑龙江省讷河市土壤-作物系统 Se 元素地球化学特征[J]. 地质与资源, 2020, 29(1): 38-43.
- [13] 杨忠芳, 余涛, 侯青叶, 等. 海南岛农田土壤 Se 的地球化学特征[J]. 现代地质, 2012, 26(5): 837-849.
- [14] 谭见安. 中华人民共和国地方病与环境图集[M]. 北京: 科学出版社, 1989: 72-75.
- [15] DB23/T 2071-2018 富硒土壤评价标准[S]. 黑龙江省质量技术监督局, 2018: 4-5.
- [16] 侯少范, 李德珠, 王丽珍, 等. 暖温带地理景观中土壤硒的分异特征[J]. 地理学报, 1992, 59(1): 31-39.
- [17] 迟凤琴. 土壤环境中的硒和植物对硒的吸收转化[J]. 黑龙江农业科学, 2001(6): 33-34.
- [18] 秦海波, 朱建明. 中国典型高硒区硒的环境地球化学研究进展[J]. 生物技术进展, 2017, 7(5): 367-373.
- [19] 刘铮. 微量元素的农业化学[M]. 北京: 农业出版社, 1991: 306-316.
- [20] Hamdy A A, Gissel-Nielsen G. Fixation of selenium by clay minerals and iron oxides[J]. *Zeitschrift für Pflanzenernahrung und Bodenkunde*, 1977, 140(1): 63-70.
- [21] Wang Z J, Gao Y X. Biogeochemical cycling of selenium in Chinese environments[J]. *Applied Geochemistry*, 2001, 16(11/12): 1345-1351.
- [22] 徐文坡, 朱建明, 秦海波, 等. 铁、锰和铝氧化物吸附硒的行为研究[J]. 矿物学报, 2017, 37(3): 357-365.
- [23] 布和敖斯尔, 张东威, 刘力. 土壤硒区域环境分异及安全阈值的研究[J]. 土壤学报, 1995, 32(2): 186-193.
- [24] 李永华, 王五一. 硒的土壤环境化学研究进展[J]. 土壤通报, 2002, 33(3): 230-233.
- [25] He Z L, Yang X E, Zhu Z X, et al. Fractionation of soil selenium with relation to Se availability to plants[J]. *Pedosphere*, 1994, 6(3): 209-216.
- [26] 朱建明, 郑宝山, 毛大均, 等. 渔塘坝微地域硒分布的景观地球化学研究[J]. 地球化学, 2000, 29(1): 43-49.
- [27] 朱建明, 郑宝山, 王中良, 等. 渔塘坝微地域高 Se 环境中土壤 Se 的分布规律及其影响因素[J]. 环境科学, 1998, 19(6): 33-36.
- [28] 朱建明, 尹祚莹, 凌宏文, 等. 渔塘坝微景观中硒的高硒成因探讨[J]. 地球与环境, 2007, 35(2): 117-122.
- [29] 赵少华, 宇万太, 张璐, 等. 环境中硒的生物地球化学循环和营养调控及分异成因[J]. 生态学杂志, 2005, 24(10): 1197-1203.

(上接第 634 页/Continued from Page 634)

- [15] 陆访仪, 赵永存, 黄标, 等. 海伦市耕层土壤有机质含量空间预测方法研究[J]. 土壤通报, 2012, 43(3): 662-667.
- [16] 陶培峰, 王建华, 李志忠, 等. 基于高光谱的土壤养分含量反演模型研究[J]. 地质与资源, 2020, 29(1): 68-75, 84.
- [17] 张凤荣, 张小京, 周建. 都市区设施农业用地空间变化及其政策启示[J]. 资源科学, 2015, 37(4): 637-644.
- [18] 庄大方, 刘纪远. 中国土地利用程度的区域分异模型研究[J]. 自然资源学报, 1997, 12(2): 105-111.
- [19] 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.
- [20] 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.