

# 辽宁省抚顺市 2000—2020 年土地利用格局变化与生态环境效应

刘润, 姜琦刚, 史鹏飞, 刘斌, 张莉莉

(吉林大学 地球探测科学与技术学院, 吉林 长春 130026)

**摘要:** [目的] 探讨辽宁省抚顺市退耕还林以来土地利用格局时空变化特征及生态环境效应, 揭示土地利用格局变化对环境的影响, 为该区土地利用结构优化提供科学依据。[方法] 以 2000, 2010 和 2020 年 3 期遥感影像为基础数据, 通过土地利用动态度、土地利用程度综合指数、土地利用转移矩阵、NDVI 差值分析、区域生态环境质量指数等方法定量分析抚顺市土地利用格局时空变化特征及生态环境效应。[结果] ① 2000—2020 年研究区各种土地类型存在相互转化的关系, 其中林地和耕地变化较为明显。20 a 间, 耕地面积减少 825.59 km<sup>2</sup>, 增长率 -7.32%; 林地面积增加 591.14 km<sup>2</sup>, 增长率 5.24%; 城镇用地面积增加 182.36 km<sup>2</sup>, 增长率 1.62%; ② 2000, 2010 和 2020 年研究区土地利用程度综合指数分别为 224.48, 225.57 和 226.12, 同比增长 0.49% 和 0.24%, 研究区土地开发利用强度缓慢上升; ③ 研究区 20 a 间植被覆盖整体呈上升趋势, NDVI 减少的区域与城镇用地的扩张区域基本重合; ④ 3 个时期土地利用类型转化的生态环境质量指数分别为 0.744 8, 0.775 4 和 0.782 6, 10 a 间环境质量生态指数分别上升 4.11% 和 0.93%, 环境质量整体呈上升趋势。[结论] 20 a 间研究区快速推进城镇化进程的同时环境质量整体向好, 局部范围内生态环境质量改善与恶化并存。城镇用地、耕地、林地之间的转化为主要原因, 退耕还林等环境保护政策使研究区环境质量不断上升, 但随着时间的推移, 上升趋势趋于平缓。

**关键词:** 土地利用变化; 土地利用程度; 生态环境效应; NDVI 变化; 辽宁省抚顺市

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2021)06-0353-08

中图分类号: F301.2, TP79, Q148

**文献参数:** 刘润, 姜琦刚, 史鹏飞, 等. 辽宁省抚顺市 2000—2020 年土地利用格局变化与生态环境效应 [J]. 水土保持通报, 2021, 41(6): 353-360. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2021.06.045; Liu Run, Jiang Qigang, Shi Pengfei, et al. Change of land use pattern and ecological environment effect in Fushun City of Liaoning Province from 2000 to 2020 [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2021, 41(6): 353-360.

## Change of Land Use Pattern and Ecological Environment Effect in Fushun City of Liaoning Province from 2000 to 2020

Liu Run, Jiang Qigang, Shi Pengfei, Liu Bin, Zhang Lili

(College of Geo-exploration Science and Technology, Jilin University, Changchun, Jilin 130026, China)

**Abstract:** [Objective] The spatiotemporal change characteristics of land use pattern and the effect of ecological environment in Fushun City, Liaoning Province after returning farmland to forestland were discussed, in order to provide reference for the optimization of land use structure in this area. [Methods] Based on the remote sensing images in 2000, 2010 and 2020, the spatial and temporal change characteristics of land use pattern and the ecological environment effect in Fushun City were quantitatively analyzed by using the methods of land use dynamic degree, land use degree comprehensive index, land use transfer matrix, NDVI difference analysis and regional ecological environment quality index. [Results] ① From 2000 to 2020, there was a mutual transformation relationship between various land types in the study area, among which, the change of woodland and cultivated land was more obvious. During the past 20 years, the area of cultivated land decreased by 825.59 km<sup>2</sup>, with a growth rate of -7.32%. Forest land area increased by 591.14 km<sup>2</sup>, with a growth rate of 5.24%. Urban land area increased by 182.36 km<sup>2</sup>, with a growth rate of 1.62%. ② In 2000,

收稿日期: 2021-01-07

修回日期: 2021-07-16

资助项目: 中国地质调查局二级项目“全国地球关键带遥感地质调查项目”(DD20190536)

第一作者: 刘润(1997—), 女(汉族), 辽宁省抚顺市人, 硕士研究生, 研究方向为遥感地质学。Email: liurun19@mails.jlu.edu.cn.

通讯作者: 姜琦刚(1964—), 男(汉族), 江苏省江阴市人, 教授, 博士生导师, 主要从事遥感地质学方面的研究。Email: jiangqigang@jlu.edu.cn.

2010 and 2020, the comprehensive index of land use degree in the study area was 224.48, 225.57 and 226.12, respectively, with year-on-year growth of 0.49% and 0.24%. The intensity of land development and utilization in the study area increased slowly. ③ During the past 20 years, the vegetation coverage in the study area showed an upward trend. The decreased areas of NDVI basically coincided with the expanding areas of urban land. ④ The environmental quality index of land use transition in the three periods were 0.744 8, 0.775 4 and 0.782 6, respectively. During the past 10 years, the environmental quality index increased by 4.11% and 0.93%, respectively, and the overall environmental quality showed an upward trend. [Conclusion] In the past 20 years, the rapid urbanization process in the study area has been promoted, the overall environmental quality has been improved, and the improvement and deterioration of ecological environmental quality coexist in some local areas. The transformation among urban land, cultivated land and woodland is the main reason. The environmental protection policies such as returning arable land to forest make the environmental quality in the study area continuously improve. But the upward trend flattens out over time.

**Keywords:** land use change; degree of land use; ecological environment effect; NDVI change; Fushun City of Liaoning Province

在过去的几十年里,中国经济经历了快速增长过程,这一发展过程伴随着生态破坏、消费和工业生产的增加<sup>[1]</sup>,经济发展广泛导致了生物多样性下降、水土流失和土地退化<sup>[2]</sup>。实时准确的土地利用信息在土地变化、水文动态和气候变化等研究中至关重要<sup>[3]</sup>。土地利用变化是全球环境变化的重要组成部分,土地利用程度与人类活动息息相关,是自然因子和人类活动因子综合作用的结果<sup>[4]</sup>。人类对于土地利用的改造是长期的持久的过程。随着近年来出现的全球气候变暖、极端天气等环境问题,土地利用变化成为全球环境变化的主要原因,土地利用变化的生态环境效应研究已经成为地理研究的热点<sup>[5]</sup>。杨清可等<sup>[6]</sup>构建城市土地利用与生态环境效应评价指标体系,运用灰色关联评价模型探究城市土地利用与生态环境效应的时空演变规律与耦合度变化;任涵等<sup>[7]</sup>基于 InVEST 模型,结合 Landsat 解译土地利用数据,从地形起伏度视角,对太行山淇河流域 2000—2015 年生境质量进行研究;秦艳丽等<sup>[8]</sup>基于西安市景观格局变化分析,利用同心缓冲区探讨城乡梯度内景观指数与生态系统服务价值的特征及其相互关系。前人研究表明,土地利用方式的改变对环境质量变化的影响日益显著。土地利用的生态环境效应是大尺度范围内长时间序列研究,依靠传统手段难以满足土地利用变化监测宏观性实时性准确性的要求。近些年来,随着遥感技术的蓬勃发展,基于遥感手段的对地观测技术已经越发成熟,遥感是在大时空尺度上监测土地利用变化的有用工具<sup>[9]</sup>,具有宏观性、综合性、多尺度、多层次的特点<sup>[10]</sup>。遥感和 GIS 技术已被广泛应用于土地利用变化和城市化研究中,利用多时相卫星影像探测土地利用变化及其时空格局已被证明

是一种有效的方法<sup>[11]</sup>。因此,本文选用 Landsat 数据作为数据源,作为地球资源与环境探测领域的代表,Landsat 数据记录了长时间的地表变化,空间分辨率较高,能够满足本文 2000—2020 年时间范围内对研究区土地利用变化研究精度要求。并以辽宁省抚顺市为研究区,以保护生态环境为出发点,利用遥感手段监测土地利用变化,对城市土地利用与生态环境效应的时空演变特征进行定量分析,探索退耕还林以来土地利用变化对抚顺市生态环境效应的影响,以期为该区土地利用结构优化提供参考依据。

## 1 研究区概况与数据来源

### 1.1 研究区概况

抚顺市是辽宁省辖地级市,下辖新抚区、望花区、东洲区、顺城区、抚顺县、新宾满族自治县和清原满族自治县 7 个县区,地理位置为 123°39′42″—125°28′58″E, 41°14′10″—42°28′32″N 之间,总面积 11 271 km<sup>2</sup>,位于辽宁省东部,东与吉林省接壤,西距省会沈阳市 45 km,北临铁岭,南临本溪,为长白山余脉,整体地势为东南高、西北低,地貌特征多以山地为主,呈现“八山一水一分田”,山地平均海拔 400~500 m,地处中温带,属大陆性季风气候,市区位于浑河冲积平原上,三面环山。

### 1.2 数据来源与预处理

本文以抚顺市为研究区,选取 2000 年 9 月 Landsat 7 影像、2010 年 6 月 Landsat 5 影像和 2020 年 10 月 Landsat 8 三期影像,数据来源于美国地质勘探局(United States Geological Survey, USGS)数据共享网站(<https://earthexplorer.usgs.gov/>),从图像质量角度考虑,选取影像的含云量均低于 1%。NDVI 年际数据来源于中国科学院资源环境科学与数据中

心 (<http://www.resdc.cn/>)。该数据集是基于 SPOT 卫星遥感数据,在月数据基础上采用最大值合成法生成,空间分辨率为 1 km。数据预处理主要包括利用 ENVI 软件对三期遥感影像进行辐射定标和大气校正,分别对 Landsat 5 影像进行 7,5,1 波段组合,Landsat 7 影像 7,5,1 波段组合,Landsat 8 影像 7,6,2 波段组合,并按研究区范围做拼接及剪裁处理(表 1)。

表 1 研究区 2000—2020 年遥感影像数据源

年份	卫星传感器	获取时间	影像行列号	空间分辨率
2000	Landsat 7ETM <sup>+</sup>	2000.09	118031,119031	
2010	Landsat 5TM	2010.06	118031,119031	30 m
2020	Landsat 8OLI	2020.10	118031,119031	

## 2 研究方法

### 2.1 土地利用变化

2.1.1 土地利用分类方法与精度验证 结合抚顺市实际土地利用特征、影像光谱特征并参考《土地利用现状分类(GB/T21010-2017)》,将土地利用类型分为城镇用地、耕地、林地、未利用地和水域 5 种类型。利用 eCognition 软件多尺度分割功能对三期遥感影像进行分割,分割时赋所有波段权重为 1,形状因子 0.5,紧凑度因子 0.5,经过多次试验,选用分割尺度 50 为最优分割结果。利用最邻近监督分类方法,通过目视解译手工选择分割后的对象作为训练样本数据集,每类 20~30 个,选择训练样本时尽量使其均匀分布在研究区域,规避不同土地利用类型单元的边界,实现土地利用类型的划分。选取验证点对土地分类结果进行精度验证,采用 kappa 系数、总体精度、用户

精度、生产者精度 4 个指标对分类结果进行说明。

2.1.2 土地利用动态度 土地利用单一动态度<sup>[12]</sup>描述一种土地利用类型一定时期内的转化强度

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

式中: $U_a$ 、 $U_b$  分别为期间初期间末某种土地利用类型面积; $T$  为研究期间时长; $K$  为研究期间内某一土地利用类型动态度。

2.1.3 土地利用转移矩阵 土地利用转移矩阵能够反应研究期初至研究期末各种土地利用类型相互转化的动态信息,转移矩阵的表达式为

$$S_{ij} = \begin{bmatrix} S_{11} & \cdots & S_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ S_{n1} & \cdots & S_{nn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

式中: $S$  为面积; $i, j (i, j = 1, 2, 3, \dots, n)$  为转移前后的土地利用类型; $n$  为土地利用类型数。

2.1.4 土地利用程度综合指数 根据庄大方等<sup>[13]</sup>的研究,将土地开发利用强度的综合量化指标定义为在土地利用分级赋值(表 2)的基础上进行数学综合,形成值为 1—4 的连续分布指数,考虑处理方便,在分级赋值的基础上乘上 100,得到土地利用程度综合指数。土地利用程度综合指数越高,表示土地开发利用强度越大,反之土地受自然因素影响越大。将研究区内不同利用级进行分解合并后计算所占比例,按其各自权重计算贡献值:

$$L = 100 \times \sum_{i=1}^n A_i \cdot C_i \quad (3)$$

式中: $L$  为土地利用程度综合指数; $A_i$  为第  $i$  级土地利用程度分级指数; $C_i$  为第  $i$  级土地利用程度面积所占比例。

表 2 土地利用程度分级赋值标准<sup>[13]</sup>

类型	未利用土地级	林、草、水用地级	农业用地级	城镇聚落用地级
土地利用类型 分级指数	未利用地或难利用地 1	林地、草地、水域 2	耕地、园地、人工草地 3	城镇、居民点、工矿用地、交通用地 4

### 2.2 生态环境效应

2.2.1 NDVI 差值分析 归一化植被指数 NDVI 定义为近红外波段的反射值与红光波段的反射值之差比上两者之和,取值范围为 -1~1。

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R) \quad (4)$$

式中: $NIR$  为近红外波段的反射值; $R$  为红光波段的反射值。

通过对 3 期 NDVI 作差值分析,得到 2000—2010 年和 2010—2020 年 NDVI 变化趋势。差值大于 0 时表示该栅格的 NDVI 变化趋势是增加的;反之

则说明 NDVI 变化趋势是减小的;差值等于 0 表明该栅格的 NDVI 值在 10 a 间没有变化。

2.2.2 土地利用类型转化的生态环境质量指数 利用土地利用生态环境质量指数<sup>[14]</sup>定量描述抚顺市生态环境质量的总体状况。表达式为

$$EV_t = \sum_{i=1}^n LU_i \cdot C_i / T_A \quad (5)$$

式中: $EV_t$  为  $t$  时期环境质量指数; $LU_i$  为  $t$  时期第  $i$  种土地利用类型面积; $C_i$  为第  $i$  种土地利用类型的生态质量指数(表 3); $T_A$  为研究区域的总面积; $n$  为土地利用类型数。

表 3 土地利用类型及其生态环境质量指数<sup>[15]</sup>

土地利用类型	耕地	林地	城镇用地	未利用地	水域
生态质量指数	0.25	0.95	0.2	0.01	0.55

2.2.3 土地利用类型转化的生态贡献率 本文利用土地利用类型转化的生态贡献率<sup>[16]</sup>研究土地利用类型转化引起的区域生态环境质量改变。表达式为

$$LEI = (LE_{t+1} - LE_t) \times LA / TA \quad (6)$$

式中: LEI 为土地利用类型转化的生态贡献率;  $LE_{t+1}$ ,  $LE_t$  分别为变化末期和初期的土地利用类型的生态环境指数; LA 为土地利用类型的转化面积; TA 为研究区域总面积。

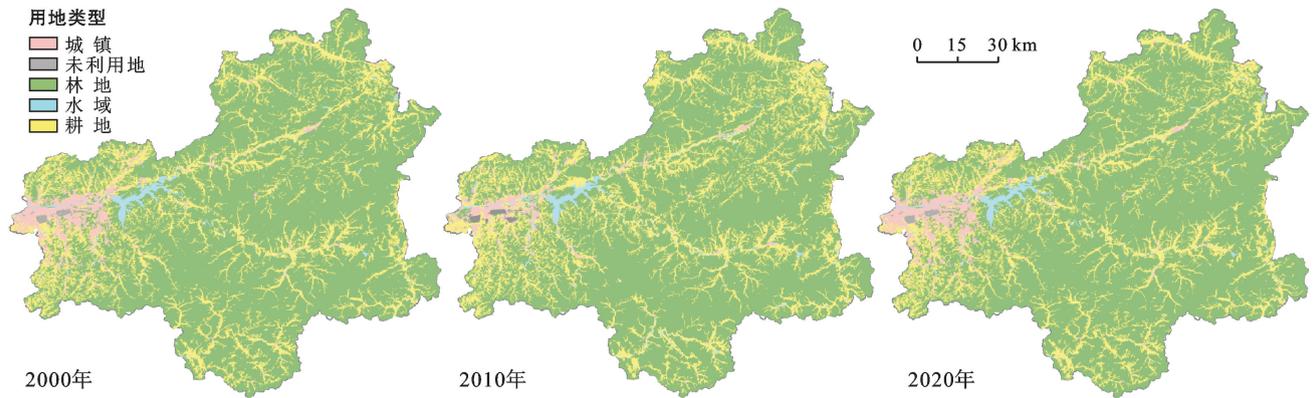


图 1 抚顺市土地利用分类结果

在研究区范围内随机选取地面真实点 543 个作为测试数据集,利用资源环境与数据云土地分类数据进行验证。采用 kappa 系数、总体精度(overall accuracy, OA)、用户精度(user's accuracy, UA)、生产者精度(producer's accuracy, PA)4 个指标对分类结果进行说明。2000, 2010 和 2020 年 kappa 系数分别为 0.879 5, 0.847 7 和 0.871 4, 平均 kappa 系数为 0.866 2; 2000, 2010 和 2020 年总体精度分别为 91.71%, 89.50%, 91.16%, 平均精度为 90.79%, 精度较高, 满足研究要求(图 2)。

分析表 4 可知, 林地为抚顺市土地利用的主导类型, 在 2000, 2010 和 2020 年所占比例分别为 70.55%, 74.57% 和 75.79%, 占绝对优势, 这与抚顺市地理位置相对应, 抚顺地处长白山余脉, 主要地形为山地。其次是耕地、城镇用地、水域, 3 类土地利用类型所占比例依次递减, 未利用地所占比例最少。在土地利用

### 3 结果与分析

#### 3.1 土地利用变化

3.1.1 土地利用分类结果与精度验证 借助 eCognition 软件进行多尺度分割, 利用最邻近监督分类方法得到抚顺市 2000, 2010 和 2020 年土地利用分类结果如图 1 所示, 分类结果统计详见表 4。从图 1 可以看出, 抚顺市各土地利用类型的分布存在差异, 城镇用地集中分布在西北方向, 在其余方向仅零星分布; 耕地在西北部城镇周边分布较密集, 其余方向主要呈线状放射分布。

数量变化中, 城镇用地面积在不断增加, 到 2020 年已增加到 395.32 km<sup>2</sup>, 所占比例超过 3.5%, 这一变化与城市快速发展相关。林地面积在 20 a 间逐渐上升, 耕地面积逐渐减少, 主要与退耕还林、禁止开垦荒地等政策有关。

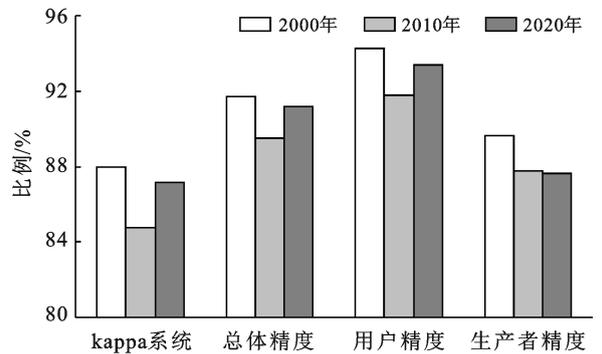


图 2 研究区土地利用分类结果精度评价

表 4 研究区土地利用分类结果

年份	耕地		城镇用地		林地		未利用地		水域	
	面积/km <sup>2</sup>	比例/%	面积/km <sup>2</sup>	比例/%	面积/km <sup>2</sup>	比例/%	面积/km <sup>2</sup>	比例/%	面积/km <sup>2</sup>	比例/%
2000	2 995.82	26.57	212.96	1.89	7 955.55	70.55	22.98	0.20	89.32	0.79
2010	2 433.51	21.58	222.87	1.98	8 408.47	74.57	26.31	0.23	185.48	1.64
2020	2 170.23	19.25	395.32	3.51	8 546.69	75.79	18.78	0.17	145.63	1.29

3.1.2 土地利用动态度 根据3期影像分类结果,利用公式(1)计算抚顺市单一土地利用动态度(表5)。

表5 抚顺市2000—2020年单一土地利用动态度

时期	耕地	城镇用地	林地	未利用地	水域
2000—2010年	-1.88	0.47	0.57	1.45	10.76
2010—2020年	-1.08	7.73	0.16	-2.86	-2.15

土地利用动态度结果表明,2000—2020年抚顺市土地利用类型变化最快的是城镇用地及水体,其中城镇用地动态度从2000—2010年的0.47增加到2010—2020年的7.73,表明研究期间抚顺市处于快速城市化过程,城市扩张显著,20a间研究区城镇人口数量从149万增加到155.2万,增长率为4.16%;农村人口向城市迁移,城市人口不断增加;研究期间耕地面积以每年1%~2%的速度匀速减少,林地以0%~1%的速度匀速增加,耕地林地的单一动态度变化较小,变化比较稳定;水域动态度变化较大,面积先

增加后减少,可能与降雨和水库丰水期缺水期有关。

3.1.3 土地利用转移矩阵 土地利用变化包括不同土地利用类型的空间位置转换和数量变化。建立土地利用转移矩阵分析土地利用转化的趋势,抚顺地区土地利用类型转化明显,总体来说(表6,图3),林地和耕地之间相互转化最为明显,2000—2010年有1 213.74 km<sup>2</sup>的耕地转化为林地,同时有716.33 km<sup>2</sup>的林地转为耕地,最终由耕地转化导致林地净增加497.41 km<sup>2</sup>;2010—2020年有770.15 km<sup>2</sup>的耕地转化为林地,同时有589.43 km<sup>2</sup>的林地转为耕地,最终由耕地转化导致林地净增加180.72 km<sup>2</sup>。其次,全国范围内农村向城市迁移的趋势明显,同时城市规模和人口也在迅速增加。中国城市人口增长的主要特征是农村人口向城市迁移,以及农村和自然人口的就地城镇化<sup>[17]</sup>,抚顺地区存在大量耕地、林地逐渐转化为城镇用地,尤其2010—2020年有161.67 km<sup>2</sup>耕地和67.81 km<sup>2</sup>林地转化为城镇用地,占转化后城镇用地超50%。

表6 抚顺市2000—2020年土地利用类型面积转移矩阵

项目	土地利用类型	耕地	城镇用地	林地	未利用地	水域
2000—2010年 面积	耕地	1 639.41	64.82	1 213.74	0.87	76.97
	城镇用地	71.62	102.84	27.11	2.46	8.95
	林地	716.33	52.88	7 152.46	3.41	30.48
	未利用地	0.84	1.09	1.49	19.56	0.01
	水域	5.31	1.24	13.67	0.01	69.09
2010—2020年 面积	耕地	1 483.96	161.67	770.15	1.30	16.43
	城镇用地	54.89	144.67	19.75	0.81	2.74
	林地	589.43	67.81	7 731.52	1.71	17.99
	未利用地	0.85	8.54	2.04	14.88	0.001
	水域	41.10	12.62	23.22	0.08	108.46

3.1.4 土地利用程度综合指数 根据公式计算得到的2000,2010和2020年土地利用程度综合指数分别为224.48,225.57和226.12,2000—2010年土地利用程度综合指数增加1.09,2010—2020年增加0.55,相邻时间段内土地利用程度综合指数增速分别为0.49%和0.24%(表7)。

表7 抚顺市2000—2020年土地利用程度综合指数分析

年份	2000	2010	2020
土地利用程度综合指数	224.48	225.57	226.12
年份	2000—2010	2010—2020	2000—2020
土地利用程度综合指数变化值	1.09	0.55	1.64
土地利用程度综合指数增速/%	0.49	0.24	0.73

分析抚顺市不同土地利用类型面积所占比例可知,土地开发利用强度的增速主要受两方面因素的影响:林地的增加耕地的减少会导致土地开发利用强度减小,城镇用地面积的增加会导致土地开发利用强度

的增加,最终土地开发利用强度由多个因素共同影响控制。综合指数的大小反映土地利用强度的高低,研究期间抚顺市土地利用强度缓慢上升。

### 3.2 生态环境效应评价

3.2.1 NDVI 年际变化 分别对2000—2010,2010—2020年两个时段进行NDVI差值分析。2000—2010年差值的最大值为0.364,最小值为-0.22,均值为0.059 243;差值大于零,即NDVI值10a间呈上升趋势面积所占比例达97.16%;差值小于零,即NDVI值10a间呈下降趋势的面积占比2.84%。2010—2020年差值的最大值为0.608,最小值为-0.268,均值为0.021 706,差值大于零,即NDVI值10a间呈上升趋势面积占比78.51%;差值小于零,即NDVI值10a间呈下降趋势面积所占比例21.49%。20a间差值均值均大于0,说明抚顺市植被覆盖度在研究期间整体呈上升趋势,但整体增加趋势有所放缓。研究区NDVI变化值的分布存在一定的

空间异质性,NDVI 在 10 a 间呈现减小趋势的地区主要分布在研究区西北部,与城镇扩张区域基本重合,

其余地区 NDVI 基本呈上升趋势,只是上升幅度有所差异(图 4)。

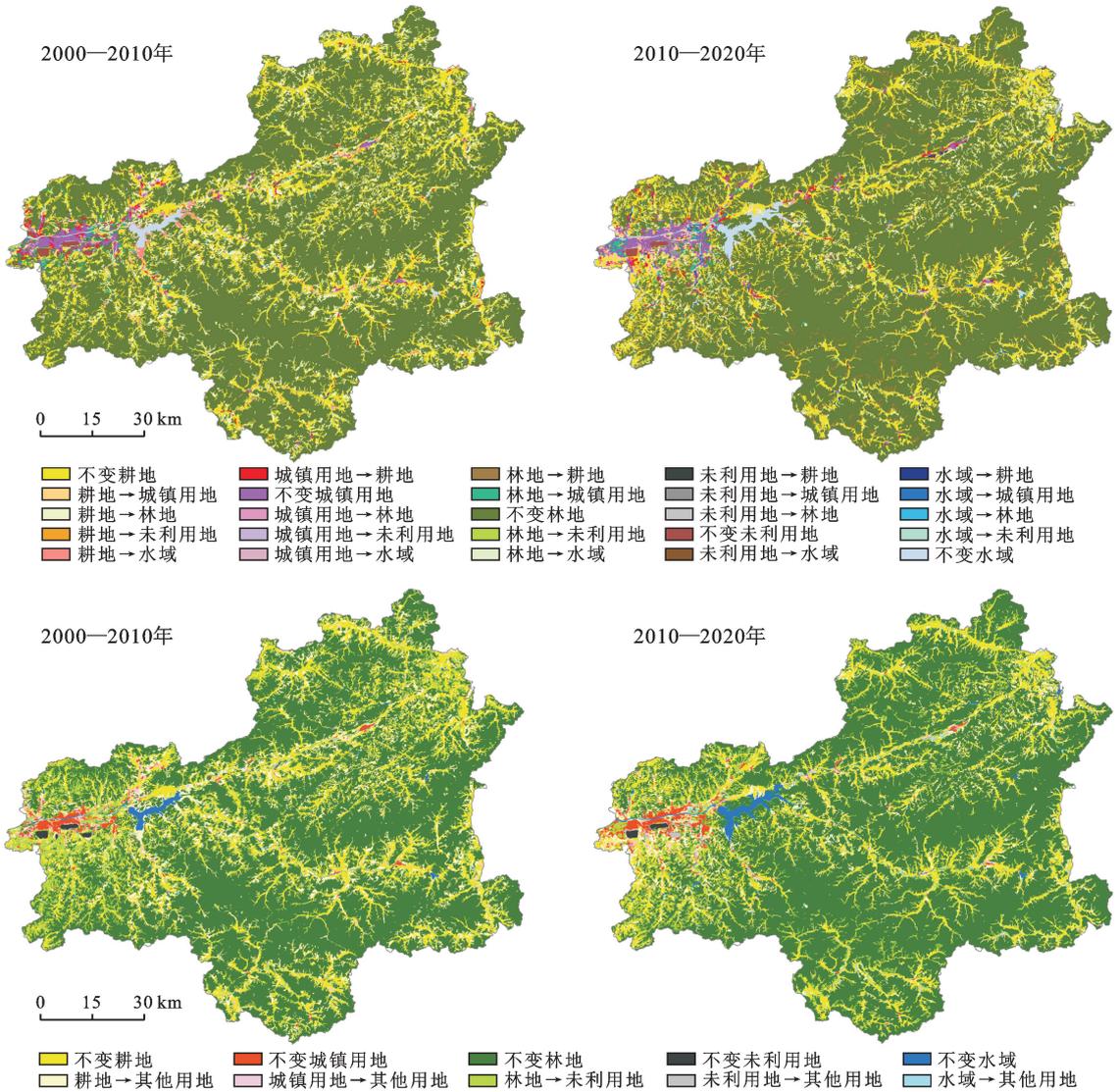


图 3 抚顺市 2000—2020 年土地利用类型转化

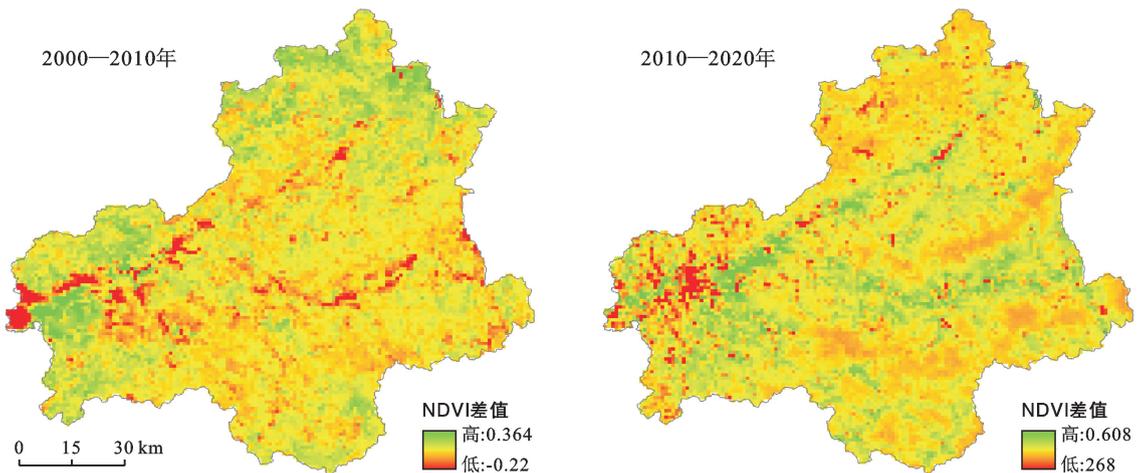


图 4 抚顺市 2000—2020 年 NDVI 时段差值分析

3.2.2 土地利用类型转化的生态环境质量指数 根据土地利用类型及其生态环境质量指数表,对耕地、林地、城镇用地、未利用地和水域分别赋予不同环境质量指数,得到抚顺市 2000,2010 和 2020 年土地利用类型转化的生态环境质量指数分别为 0.744 8, 0.775 4和 0.782 6;生态环境质量指数变化分别为 0.030 6和 0.007 2,变化率分别为 4.11%和 0.93%,20 a间抚顺市生态环境质量总体呈上升趋势,但生态环境质量上升趋势逐渐变缓。

3.2.3 土地利用类型转化的生态贡献率 根据公式(6)计算得到不同土地利用类型之间转化对生态环境质量指数的影响,并计算其导致生态环境改善或恶化的贡献率及贡献率所占比例(表 8—10)。2000—2010 年导致生态环境改善的地类转化贡献率前 3 名为耕地转化为林地,贡献率所占比例为 93.67%,耕地转化为水域,贡献率所占比例 2.55%,城镇转化为林地,贡献率所占比例 2.24%,此 3 类地类转化贡献率所占比例之和为 98.46%,尤其耕地转化为林地对生态环境改善的贡献率超过 90%;导致生态环境恶化的地类转化贡献率前 3 名为林地转化为耕地,

贡献率所占比例 89.16%,林地转化为城镇用地,贡献率所占比例 7.05%,林地转化为水域,贡献率所占比例 2.17%,此 3 类地类转化贡献率所占比例之和为 98.38%。2010—2020 年导致生态环境改善的地类转化贡献率前 3 名为耕地转化为林地,贡献率所占比例 93.66%,城镇转化为林地,贡献率所占比例 2.57%,水域转化为林地,贡献率所占比例 1.61%,此 3 类地类转化贡献率所占比例之和为 97.84%;导致生态环境恶化的地类转化贡献率前三名为林地转化为耕地,贡献率所占比例 82.92%,林地转化为城镇用地,贡献率所占比例 10.22%,水域转化为耕地,贡献率所占比例 2.48%,此 3 类地类转化贡献率所占比例之和为 95.62%。综合 2000—2010 年、2010—2020 年土地利用类型的生态效应,分析 2000—2020 年总体土地利用类型对生态环境质量贡献率。20 a 间,耕地向林地转化是导致生态环境改善的最主要原因,其贡献率超过 93%;而生态环境恶化主要是林地向其它用地类型转化造成的,其中林地转化为耕地贡献率所占比例为 78%,林地转化为城镇用地贡献率所占比例为 19%。

表 8 抚顺市 2000—2010 年影响生态环境质量的土地利用类型及其贡献率

导致生态环境改善	土地利用转移类型	耕地→林地	耕地→水域	城镇→耕地	城镇→林地	城镇→水域	未利用地→耕地	未利用地→城镇	未利用地→林地	未利用地→水域	水域→林地
	贡献率	0.075 347	0.002 048	0.000 318	0.001 803	0.000 279	0.000 018	0.000 018	0.000 124	0	0.000 485
	贡献率所占比例/%	93.67	2.55	0.4	2.24	0.35	0.02	0.02	0.15	0	0.6
导致生态环境恶化	土地利用转移类型	林地→耕地	水域→耕地	耕地→城镇	林地→城镇	水域→城镇	耕地→未利用地	城镇→未利用地	林地→未利用地	水域→未利用地	林地→水域
	贡献率	0.044 465	0.000 141	0.000 287	0.003 517	0.000 038	0.000 019	0.000 041	0.000 284	0	0.001 081
	贡献率所占比例/%	89.16	0.28	0.58	7.05	0.08	0.04	0.08	0.57	0	2.17

表 9 抚顺市 2010—2020 年影响生态环境质量的土地利用类型及其贡献率

导致生态环境改善	土地利用转移类型	耕地→林地	耕地→水域	城镇→耕地	城镇→林地	城镇→水域	未利用地→耕地	未利用地→城镇	未利用地→林地	未利用地→水域	水域→林地
	贡献率	0.047 81	0.000 437	0.000 243	0.001 314	0.000 085	0.000 018	0.000 144	0.000 17	0	0.000 824
	贡献率所占比例/%	93.66	0.86	0.48	2.57	0.17	0.04	0.28	0.33	0	1.61
导致生态环境恶化	土地利用转移类型	林地→耕地	水域→耕地	耕地→城镇	林地→城镇	水域→城镇	耕地→未利用地	城镇→未利用地	林地→未利用地	水域→未利用地	林地→水域
	贡献率	0.036 591	0.001 093	0.000 717	0.004 51	0.000 392	0.000 028	0.000 014	0.000 143	0.000 004	0.000 638
	贡献率所占比例/%	82.92	2.48	1.62	10.22	0.89	0.06	0.03	0.32	0.01	1.45

表 10 抚顺市 2000—2020 年影响生态环境质量的土地利用类型及其贡献率

导致生态环境改善	土地利用转移类型	耕地→林地	耕地→水域	城镇→耕地	城镇→林地	城镇→水域	未利用地→耕地	未利用地→城镇	未利用地→林地	未利用地→水域	水域→林地
	贡献率	0.063 561	0.001 429	0.000 258	0.001 51	0.000 165	0.000 019	0.000 094	0.000 142	0	0.000 534
	贡献率所占比例/%	93.87	2.11	0.38	2.23	0.24	0.03	0.14	0.21	0	0.79
导致生态环境恶化	土地利用转移类型	林地→耕地	水域→耕地	耕地→城镇	林地→城镇	水域→城镇	耕地→未利用地	城镇→未利用地	林地→未利用地	水域→未利用地	林地→水域
	贡献率	0.039 567	0.000 162	0.000 531	0.009 459	0.000 085	0.000 012	0.000 029	0.000 14	0	0.000 752
	贡献率所占比例/%	77.98	0.32	1.05	18.64	0.17	0.02	0.06	0.28	0	1.48

## 4 讨论与结论

### 4.1 结论

(1) 2000—2020年在抚顺市土地利用类型中,林地面积所占比例超过70%,占主导地位,耕地面积占20%左右,城镇用地、水域、未利用地面积所占比例较少;在2000—2020年研究区各种土地利用类型存在相互转化关系,其中,林地、耕地之间的相互转化与其它土地利用类型转化为城镇用地两种现象最为明显,20 a间研究区超过46%的城镇用地面积由其它用地类型转化而来。

(2) 20 a间研究区土地利用动态度结果表明,耕地面积不断减少,林地和城镇用地面积不断增加,水域及未利用地面积呈现先增后减的波动变化,其中,林地和耕地面积变化速度略有下降,城镇用地增速有所上升,说明退耕还林、禁止开垦荒地等保护政策对环境的影响效应逐渐降低,且研究区城镇化进程飞速发展。多种因素综合影响下研究区土地开发利用强度逐渐上升。

(3) NDVI差值分析结果表明,研究区2000—2010年97.16%的区域NDVI变化呈增加趋势,2010—2020年78.51%的区域NDVI变化呈增加趋势,20 a间植被覆盖整体呈上升趋势;NDVI减少的区域与城镇用地的扩张区域基本重合,符合快速推进城镇化进程的同时环境质量整体向好的特点。

### 4.2 讨论

本研究发现退耕还林政策实施以来,抚顺市生态环境质量指数逐渐上升,由土地利用变化导致的生态环境效应整体趋势向好。2000—2010年,生态环境质量指数上升了4.11%,虽然研究区城镇扩张,但2000年左右开始实施的退耕还林还草政策效果显著,这10 a间研究区生态环境向好明显。2010—2020年,生态环境质量指数上升了0.93%,生态环境延续向好趋势,但趋势逐渐平缓。一方面,2010—2020年抚顺市城镇化速度前所未有,城镇扩张严重挤占耕地和生态用地;另一方面,由退耕还林还草政策带来的生态改善空间逐步减小,研究区生态环境向好趋势不明显。环境污染和生态退化是工业文明的副产品。要权衡经济发展与生态保护之间的关系,找到一个平衡点,以研究区经济发展与生态保护“双赢”为目标,调节人口、资源、环境间生态关系。本文研究土地利用产生的生态环境效应,鉴于土地利用的动态性、生态效应驱动因素的复杂性,如何在研究区城镇化迅速发展与原有环境保护政策影响逐步减弱的情况下探索未来可持续发展的最优路径,寻找新的平衡点还有待进一步研究。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] Li He, Jing Shen, Yang Zhang. Ecological vulnerability assessment for ecological conservation and environmental management [J]. *Journal of Environmental Management*, 2018,206(15):1115-1125.
- [2] Newbold T, Hudson L N, Hill S L L, et al. Global effects of land use on local terrestrial biodiversity [J]. *Nature*, 2015,520(7545):45-50.
- [3] Schneider A, Friedl M A, Potere D. Mapping global urban areas using MODIS 500 m data: New methods and datasets based on 'urban ecoregions' [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2010,114(8):1733-1746.
- [4] 周岩,刘世梁,谢苗苗,等.人类活动干扰下区域植被动态变化研究:以西双版纳为例[J].*生态学报*,2021,41(2):1-10.
- [5] 刘海燕,蒋慧,胡宝清.广西西江流域土地利用变化的生态环境效应[J].*南宁师范大学学报(自然科学版)*,2020,37(1):104-111.
- [6] 杨清可,段学军,王磊,等.长三角地区城市土地利用与生态环境效应的交互作用机制研究[J].*地理科学进展*,2021,40(2):220-231.
- [7] 任涵,张静静,朱文博,等.太行山淇河流域土地利用变化对生境的影响[J].*地理科学进展*,2018,37(12):1693-1704.
- [8] 秦艳丽,时鹏,何文虹,等.西安市城市化对景观格局及生态系统服务价值的影响[J].*生态学报*,2020,40(22):8239-8250.
- [9] Li Xuecao, Gong Peng, Liang Lu. A 30-year (1984—2013) record of annual urban dynamics of Beijing City derived from Landsat data [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2015,166(1):78-90.
- [10] 王润生,熊盛青,聂洪峰,等.遥感地质勘查技术与应用研究[J].*地质学报*,2011,85(11):1699-1743.
- [11] Zhang Xinchang, Kang Tingjun, Wang Haiying, et al. Analysis on spatial structure of landuse change based on remote sensing and geographical information system [J]. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2010,12(9):145-150.
- [12] 王秀兰,包玉海.土地利用动态变化研究方法探讨[J].*地理科学进展*,1999,18(1):3-5.
- [13] 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):10-16.
- [14] 谭静,官冬杰,虎帅.重庆三峡库区土地利用时空转型及其生态环境响应研究:以重庆市忠县为例[J].*资源开发与市场*,2017,33(3):311-315,342.
- [15] 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):280-290,348-349.
- [16] 阿迪莱·如则,阿依吐尔逊·沙木西,古丽米热·艾尔肯.开都—孔雀河流域土地利用转型及其功能变化特征[J].*水土保持通报*,2020,40(4):244-251.
- [17] Gong P, Liang S, Carlton E J, et al. Urbanisation and health in China [J]. *Lancet*, 2012,379(9818):843-852.