

太行山东麓土地利用格局 时空变化分析

张贝贝¹, 王红², 宋宏利^{1*}, 宋朕¹, 李文豪¹, 刘兴宇¹

¹河北工程大学地球科学与工程学院, 河北 邯郸

²邯郸市恒达地理信息工程有限责任公司, 河北 邯郸

收稿日期: 2023年1月12日; 录用日期: 2023年1月19日; 发布日期: 2023年1月29日

摘要

土地是社会经济活动的基石, 研究土地利用时空变化有利于优化区域发展格局, 是实现土地资源可持续发展的有效手段。本文以太行山东麓为研究对象, 采用土地利用动态度、综合强度、转移矩阵以及图谱分析的方法综合分析了该区域的土地利用变化情况。研究结果表明: 1) 研究区在2个研究周期内土地利用综合动态度从0.44%下降为0.08%, 建设用地的年变化率从11.01%下降至0.86%; 2) 2000~2020年间研究区有12,691 km²的土地面积发生了动态转移变化, 占比研究区总面积的34.26%, 各类型土地间的相互转化十分剧烈; 3) 涿鹿县、涞水县、顺平县、武安市、唐县、信都区在20年间发生了土地利用强度等级的动态变化, 其余地区的土地利用强度未发生较大的变动; 4) 从土地利用变化图谱模式分析, 稳定型图谱(AAA)面积占比48.47%, 持续变化型图谱(ABC)面积占比4.6%, 其余图谱模式的面积占比差异不大。研究结果可为太行山东麓27个区县提升土地资源的空间布局 and 实现土地利用科学化的政策管理提供参照。

关键词

土地利用变化, 太行山, 动态度, 转移矩阵, 图谱分析

Spatio-Temporal Change of Land Use Pattern at the Eastern Foot of Taihang Mountains

Beibei Zhang¹, Hong Wang², Hongli Song^{1*}, Zhen Song¹, Wenhao Li¹, Xingyu Liu¹

¹School of Earth Science and Engineering, Hebei University of Engineering, Handan Hebei

²Handan Hengda Geographic Information Engineering Co., Ltd., Handan Hebei

Received: Jan. 12th, 2023; accepted: Jan. 19th, 2023; published: Jan. 29th, 2023

*通讯作者。

文章引用: 张贝贝, 王红, 宋宏利, 宋朕, 李文豪, 刘兴宇. 太行山东麓土地利用格局时空变化分析[J]. 测绘科学技术, 2023, 11(1): 13-21. DOI: 10.12677/gst.2023.111003

Abstract

Land is the cornerstone of social and economic activities. Studying the spatio-temporal change of land use is beneficial to optimize the regional development pattern, and is an effective means to realize the sustainable development of land resources. Taking the eastern foot of Taihang Mountain as the research object, this paper comprehensively analyzes the land use change in this region by means of land use dynamic attitude, comprehensive intensity, transfer matrix and TuPu analysis. The results showed that: 1) the comprehensive dynamic attitude of land use in the study area decreased from 0.44% to 0.08%, and the annual change rate of construction land decreased from 11.01% to 0.86% during the two research periods. 2) From 2000 to 2020, 12,691 km² of land area in the study area has undergone dynamic transfer change, accounting for 34.26% of the total area of the study area, and the mutual transformation among different types of land is very intense. 3) The dynamic changes of land use intensity in Zhuolu County, Laishui County, Shunping County, Wu'an County, Tang County and Xindu District have occurred in recent 20 years, while the remaining areas have not changed greatly. 4) From the analysis of land use change TuPu patterns, the area of stable TuPu (AAA) accounted for 48.47%, that of continuous change TuPu (ABC) accounted for 4.6%, and there was no significant difference in the area proportion of other TuPu patterns. The results can provide reference for improving the spatial distribution of land resources and realizing the scientific policy management of land use in 27 districts and counties at the eastern foot of Taihang Mountain.

Keywords

Land Use Change, Taihang Mountain, Dynamic Attitude, Transfer Matrix, TuPu Analysis

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

土地是人类生存与发展的重要资源, 实现土地的可持续利用是社会经济可持续发展的前提[1]。土地利用变化直观地呈现了自然条件的变化和人类活动的程度[2], 对维持生物多样性, 防护水土流失, 构建生态安全格局具有重要意义。近年来习近平生态文明的思想已经深入人心, 18 亿亩耕地保护红线的划定使得各地区提高了对合理使用土地的重视。土地利用变化时空过程作为基础研究已经得到广泛开展[3] [4] [5], 许多学者对西北生态脆弱区[6], 东部重要城市群[7], 以及大河流域[8]的土地利用时空变化进行了大量研究, 这些研究为全国各地区土地资源的开发利用提供了科学指导。

当前的许多学者依旧侧重于对各类典型区域的土地利用变化研究, 如贺承伟等[9]探究了雄安新区的土地利用变化空间形式和土地利用资源变化情况; 李超等[10]对渭北黄土高原礼泉县土地利用覆盖变化状况进行了研究; 武文智等[11]对河北大运河沿线 2009~2018 年的土地利用变化情况进行了分析并提出了应对建议。典型区域有独特的自然地理位置或者强政策引导下的人为因素干扰, 使得土地利用的时空变化趋势具有地域特点, 这对研究环境变迁和土地利用变化有极大意义。

太行山是京津冀和华北平原的天然屏障, 不仅是主要的水源涵养地, 同时也是维持周边地区生物多样性的保障, 其生态区位十分重要。近些年来, 太行山区的生态环境治理取得了显著成就, 但依旧

存在人口压力大、水资源短缺、水土流失严重，土地贫瘠等生态现状。鉴于此，本文以太行山东麓这一典型区域作为研究对象，采用模型计算和文献综述相结合的方法探究其 20 年间的土地利用变化情况，为太行山东麓实现土地利用科学化和区域土地资源的可持续发展提供参考和借鉴。

2. 研究区概况和数据处理

2.1. 研究区概况

太行山东麓位于华北平原的西侧，西邻山西，南靠河南，北至北京，属暖温带半湿润大陆性季风气候，境内分布有温带阔叶林，四季分明，降水充足。太行山东麓属山地丘陵区，其地理形状表现为南北条带分布，地势起伏变化较大，整体上表现为西高东低的阶梯式分布。本文以太行山东麓 27 个区县作为研究对象，基于土地利用数据研究 20 年间该区域的土地利用类型转移和演变，研究区地理位置如图 1。

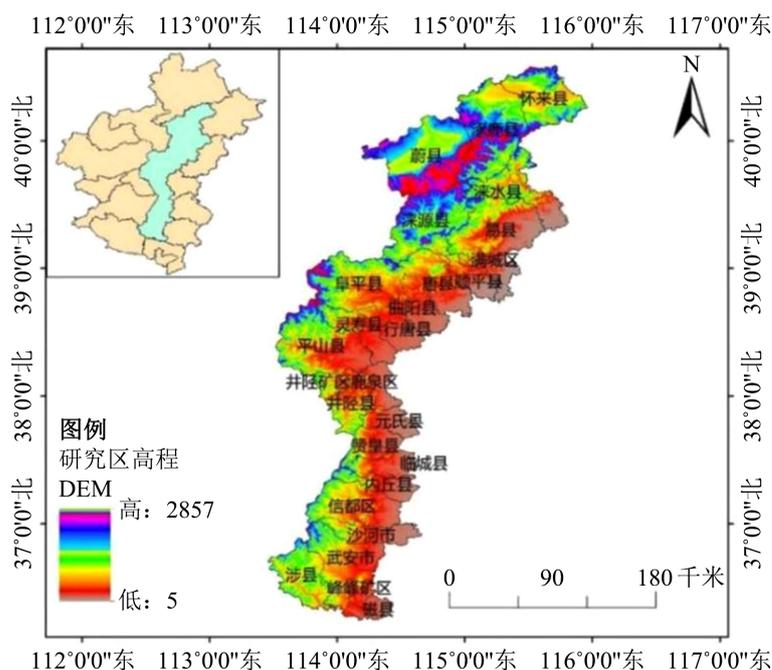


Figure 1. Schematic diagram of study area

图 1. 研究区示意图

2.2. 数据处理

本文使用的土地利用数据来源于中国科学院资源环境与科学数据中心(<http://www.resdc.cn/>)的中国土地利用遥感监测数据集，具体涵盖了 2000、2010、2020 年三个时间基点，数据的空间分辨率为 1 km。根据研究区范围矢量图对原始栅格数据进行裁剪得到研究区域的 3 期土地利用栅格数据，在 ARCGIS 软件的支持下，完成栅格数据的地理配准，并将数据坐标系统转换为 WGS-1984-UTM-zone-49 投影坐标系。

3. 研究方法

3.1. 动态度

土地利用动态度是通过定量手段表现土地利用在一段时间内的数量变化趋势和变化程度的一种研究方法，该方法可以有效表达研究区的土地演变过程。研究采用综合土地利用动态度(P)定量分析研究区内

整体的土地利用变化率,采用单一土地利用动态度(K)描述不同土地利用类型的变化速度和幅度,进而探究人类活动对土地利用的影响情况[12][13]。本文使用数值指标定量探讨土地利用的变化过程,利用数学模型公式计算P值和K值,结合各类型土地的面积基数分析太行山东麓的用地方式数量变化特征。数学模型公式如下所示:

$$P = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta A_{i-j}}{A_i} \times \frac{1}{t} \times 100\% \quad (1)$$

$$K = \frac{A_b - A_a}{A_a} \times \frac{1}{t} \times 100\% \quad (2)$$

式中: P 为研究期 t 内某一土地利用类型的综合土地利用动态度, A_i 为某一土地利用类型研究初期的面积, A_j 为该土地利用类型研究末期的面积。 K 为研究期 t 内某一土地利用类型的单一土地利用动态度, A_a 为某一土地利用类型研究初期的面积, A_b 为该土地利用类型研究末期的面积, t 为研究期的时间长度。

3.2. 转移矩阵

土地利用转移矩阵是研究同一地区研究初期到研究末期的各类土地的转移方向和结构变化,利用矩阵形式的数学计算可以定量描述土地利用转移的空间变化。土地利用转移矩阵综合反映了研究区不同土地利用类型的用地面积转移幅度、各地类变化方向,以及各类型土地的转入转出面积大小,可作为土地利用结构分析与变化分析的基础[14]。本文采用土地利用转移矩阵从不同地类的面积变化出发,综合分析土地利用变化的总趋势、各类型土地的特定变化以及土地利用结构的长时间演变结果。以下是土地利用转移矩阵的数学表达:

$$\begin{bmatrix} S_{11} & \cdots & S_{1n} \\ S_{ij} & \ddots & \vdots \\ S_{n1} & \cdots & S_{nn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

3.3. 综合强度指数

土地利用程度综合指数能够反映研究区域土地利用的集约程度,是衡量区域土地利用深度和广度的重要指标。参照文献[14]赋予各类土地各自的综合强度分级指数,根据公式(4)在 excel 表里计算得到研究区土地利用综合强度指数,并且在 ARCGIS 软件里将土地利用强度分为 5 个等级,分别是低强度、中低强度、中强度、中高强度和高强度,以此来统计研究区 20 年间各区县土地利用综合强度的变化情况。以下是土地利用综合强度指数的数学计算公式:

$$L = 100 \times \sum_1^n (A_i \times C_i) \quad (4)$$

式中: L 为土地利用综合程度指数, A_i 为土地利用程度分级指数,参考已有的研究成果,未利用地 = 1,林地、草地和水体 = 2,耕地 = 3,建设用地 = 4, C_i 为对应地类的面积比例。

3.4. 图谱变化模式

土地利用变化信息图谱对土地利用变化的空间位置和空间行为具有很好的指示性[15],是一种研究土地利用变化的重要手段。参照相关文献[15][16],采用图谱分析方法探究 2000~2020 年研究区土地利用变化的空间异质性,进而揭示土地转移的地理变化过程。本文以 $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ 的格网作为研究单元,将研究区土地利用变化图谱特征划分为五种模式:稳定性(AAA)、前期变化型(ABB)、后期变化型(AAB)、反复变化型(ABA)、持续变化型(ABC),通过统计面积和计算比例分析各区县的土地利用图谱变化模式。

4. 结果分析

4.1. 土地利用动态度分析

由表 1 可知太行山东麓 20 年间的土地利用面积变化主要以耕地和建设用地的变化为主, 总体上耕地面积呈持续减少趋势, 建设用地面积则成倍增加。从研究初期到研究末期太行山东麓 27 县的耕地面积减少了 1433 km², 草地面积减少了 475 km², 建设用地面积增加了 1832 km²。此外, 2000~2010 年太行山东麓综合土地利用动态度为 0.44%, 2010~2020 年下降到了 0.08%, 整个研究周期内综合土地利用动态度为 0.26%。20 年间伴随着社会经济发展和区域城镇化加速, 太行山东麓 27 个县土地利用发生了很大程度的转变。具体来说, 在第一个研究周期里土地利用变化剧烈, 建设用地的规模大面积增加, 人的主观意志影响了土地利用的变化趋势。第二个周期综合土地利用动态度相较第一个周期下降了 5 倍, 人们的建设热潮消退, 此时段自然因素对土地利用变化起主导作用, 研究区的土地利用变化程度快速减弱。

Table 1. Land use change area and comprehensive degree of 27 counties at the eastern foot of Taihang Mountains from 2000 to 2020 [17]

表 1. 太行山东麓 27 县 2000~2020 年土地利用变化面积和综合度[17]

年份	面积/(km ²)						综合度
	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用土地	
2000 年	13,737	8954	12,044	821	1430	62	/
2000~2010 年	1262	1	380	56	1575	12	0.44%
2010 年	12,475	8953	11,664	877	3005	74	/
2010~2020 年	171	36	95	38	257	11	0.08%
2020 年	12,304	8989	11,569	839	3262	85	/
2000~2020 年	1433	35	475	18	1832	23	0.26%

Table 2. Dynamic degree of single land use in 27 counties at the eastern foot of Taihang Mountains from 2000 to 2020

表 2. 太行山东麓 27 县 2000~2020 年单一土地利用动态度

土地利用类型	2000~2010 年(单位/%)	2010~2020 年(单位/%)	2000~2020 年(单位/%)
耕地	-0.92	-0.14	-0.52
林地	0	0.04	0.02
草地	-0.32	-0.08	-0.2
水域	0.68	-0.43	0.11
建设用地	11.01	0.86	6.41
未利用土地	1.94	1.49	1.85

由表 2 可知, 研究区 2 个研究时期的土地利用动态度有很大的差异, 2000~2010 年研究区耕地和草地呈现动态缩小趋势; 建设用地、未利用土地和水域表现为动态扩张趋势; 林地维持稳定状态, 动态度为零; 其中建设用地的动态度最大且年变化率高达 11.01%。2010~2020 年耕地、草地、水域表现为动态缩小趋势, 未利用土地、建设用地、林地表现为动态扩张趋势, 其中未利用土地的年变化率最大, 动态度为 1.49%。此外, 建设用地的单一动态度较上个周期降低为 0.86%, 表明了在后面 10 年里建设用地的

增长速度变得缓慢。研究区水域面积在前 10 年间增加了 56 km²，后 10 年减少了 38 km²，总面积增加了 18 km²。总体上研究区在 20 年间耕地和草地一直呈现为缩小趋势，建设用地、未利用土地、水域以及林地表现为扩张趋势。从单一土地利用动态度看，研究区的土地利用变化主要以建设用地的快速增加到缓慢增加为主要变化特征。

4.2. 土地利用转移矩阵分析

如图 2 从空间上呈现了研究区的土地演变情况，其土地利用的转移方向交叉变化，变化幅度大小各异，但研究区土地利用转移前后其耕地、林地和草地依旧是该地区的优势地类。由表 3 可知，2000~2020 年研究区土地利用变化总面积为 12,691 km²，占比研究区总面积的 34.26%，可见有超过三分之一的土地利用面积发生了动态转化。具体来看，耕地、林地、草地和建设用地的转化占据了主要地位，其中 2000 年的耕地和草地转出面积占比研究区转出总面积的 71.71%，2020 年的耕地和草地的转入面积占据了总转入面积的 56.68%。总体上耕地和草地的面积从研究初期到研究末期大量减少，转化为了其他用地类型。林地、水域以及未利用土地在研究时段内转入和转出的面积均小于 50 km²。

从土地类型转出情况看，耕地转为草地和建设用地的面积占比耕地转出总面积的 80.89%，林地转为草地的面积占比林地转出总面积的 72.54%，草地转为耕地和林地的面积占比草地总转出面积的 84.46%，建设用地转为耕地的比例占 87.59%。由表 3 可知，未利用土地和水域的总面积变化不大，但是 20 年间转出类型包括了耕地、林地、草地和建设用地，可见土地类型的转移互相交叉，动态变化剧烈。这与经济发展和人的频繁活动有很大关系，同时也受到自然条件如降水量和气候变化的影响。

从土地类型的转入情况看，耕地、林地、草地、建设用地的转入面积较大，四种土地类型的转入面积之和占比转入总面积的 95.44%，反之未利用土地和水域的转入面积之和占比不超过转入总面积的 5%。研究区 2000~2020 年间有大面积的草地转为耕地和林地，草地转为耕地的面积占比为 57.52%，草地转为林地的面积占比为 70.53%。水域的转入主要来自耕地和草地，二者的转入面积之和占比转入总面积的 90.96%，可见土地转移也具有一定的客观条件，耕地和草地在一定程度上更容易向水域转化。此外，建设用地的转入面积主要来自耕地，20 年间其增加的面积超过了一倍以上，其中有 1991 km²的耕地面积转为了建设用地，草地、林地，还有部分水域和未利用土地也都有一定部分的面积转为了建设用地。由此可见，太行山东麓 27 县在 2000~2020 年间进行了大范围的建设活动，土地利用转移的范围广、面积大，区域城镇化进程十分显著。

Table 3. Land use transfer matrix of 27 counties in the eastern foot of Taihang Mountains from 2000 to 2020 [17]

表 3. 太行山东麓 27 县 2000~2020 年土地利用转移矩阵[17]

土地类型	2020 年(面积单位/km ²)						2000 年 总面积	2000 年 转出面积
	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用土地		
2000 年 耕地	8865	611	1950	293	1991	27	13,737	4872
林地	465	6729	1614	29	116	1	8954	2225
草地	1978	1594	7815	160	485	12	12,044	4229
水域	233	43	108	341	61	35	821	480
建设用地	727	12	74	15	600	2	1430	830
未利用土地	36	0	8	1	9	8	62	54
2020 年总面积	12,304	8989	11,569	839	3262	85	37,048	12,691
2020 转入面积	3439	2260	3754	498	2662	77	12,691	

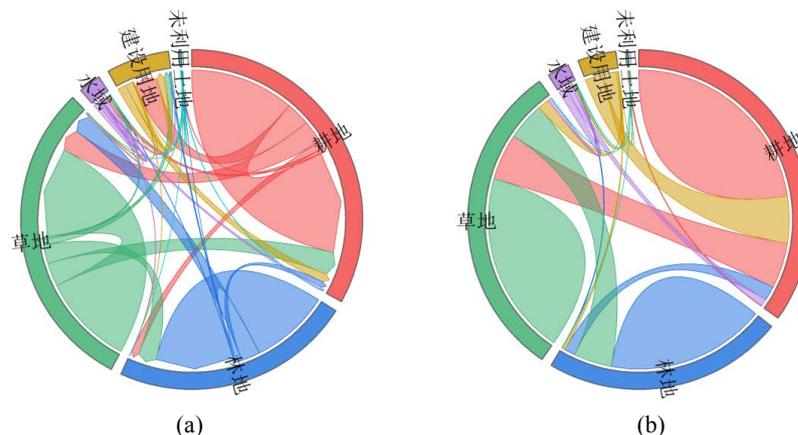


Figure 2. Chord chart (a) and scale chord chart (b) of land use transfer in 27 counties at the eastern foot of Taihang Mountains from 2000 to 2020

图 2. 太行山东麓 27 县 2000~2020 年土地利用转移弦图(a)和比例弦图(b)

4.3. 土地利用综合强度分析

由表 4 可知研究区有 21 个县的综合土地利用强度在 20 年间一直未发生变化, 表明在研究时段内这些区县的土地利用综合强度比较稳定。从各区域的强度等级来看, 林地、草地面积多的地区土地利用综合强度较低, 建设用地和耕地分布多的地方土地利用综合强度较高。土地利用强度发生变化的地区既有强度等级的增强也有土地利用综合强度的减弱。本世纪初初期伴随着社会经济的飞速发展, 农村耕地面积减少, 太行山东麓 27 个区县城镇化进程加快, 大多数区县土地利用开发强度加强或者维持着现有的土地利用开发水平。20 年间涿鹿县和涑水县的土地利用综合强度等级下降, 表明在本文研究时段内这 2 个县的生态环境状况良好, 人们对保护土地资源的意识较高, 生态治理成就显著。

Table 4. Grade change of comprehensive land use intensity in 27 counties at the eastern foot of Taihang Mountains

表 4. 太行山东麓 27 县土地利用综合强度等级变化

稳定型	低强度	涑源县、阜平县、平山县
	中低强度	易县、井陘县、涉县
	中强度	怀来县、蔚县、灵寿县、赞皇县
	中高强度	满城区、阳曲县、行唐县、临城县、内丘县、沙河市、磁县
	高强度	鹿泉区、井陘矿区、元氏县、峰峰矿区
变化型	中强度 - 中高强度 - 中高强度	顺平县、武安市
	中低强度 - 中强度 - 中低强度	唐县、信都区
	中低强度 - 中低强度 - 低强度	涿鹿县、涑水县

4.4. 土地利用图谱模式分析

由图 3 可知, 研究区的土地利用变化模式主要是以稳定型为主, 大面积稳定型的图谱区域主要是在张家口市的涿鹿县、怀来县、蔚县, 石家庄市的平山县以及保定市的涑源县、易县、涑水县和阜平县。前期变化明显的地区是蔚县、平山县、涑源县、阜平县和易县; 后期变化明显的地区是蔚县、易县、平

山县和涞源县；反复变化明显的地区是蔚县、易县、平山县和涞源县；持续变化明显的地区是蔚县、武安市、平山县、井陘县、涞源县、易县、阜平县、信都区等 8 个区县。峰峰矿区、磁县、元氏县和井陘矿区的持续性面积变化极小，其余 15 个区县的持续变化面积各有差异，但各自的变化面积都不足 60 km²。

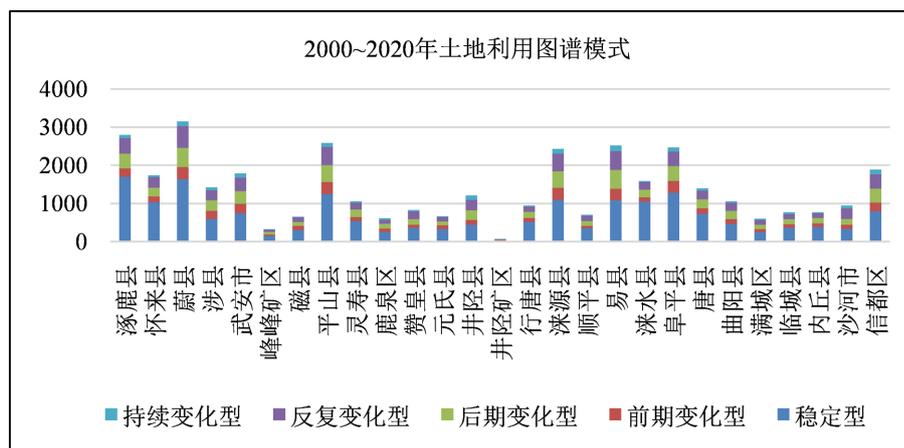


Figure 3. Land use map model of 27 counties at the eastern foot of Taihang Mountains from 2000 to 2020

图 3. 太行山东麓 27 县 2000~2020 年土地利用图谱模式

从图谱模式的数量变化特征分析，20 年间稳定型图谱面积占比研究区总面积的 48.47%，持续型变化图谱面积占比 4.6%，前期变化图谱面积、后期变化图谱面积以及反复变化图谱面积占比之和为总面积的 46.55%。这与研究区内各区县的面积基数和各类型土地之间转变难易程度有直接关系。总体来看，稳定型图谱面积 > 反复型图谱面积 > 后期变化型图谱面积 > 前期变化型图谱面积 > 持续变化图谱面积。由此得出研究区 20 年间持续性的土地利用变化极少，稳定型土地利用占比接近一半，剩余图谱变化面积接近研究区总面积的一半。

5. 结论

1) 研究区主要分布的土地类型是耕地、林地和草地，占据了研究区总面积的 90% 左右。前 10 年间整个研究区土地利用动态变化十分严重，人们进行了大面积的建设用地扩张，导致整体土地利用格局发生了非自然的剧烈变化，严重破坏了区域生态平衡，这也是 20 世纪初期全国城镇化发展的具象。此外，从研究初期到研究末期耕地、林地、草地都发生了长时间大面积的转移，并且耕地和草地的总体面积大幅度的减少。再者河北太行山区各县经济发展水平差距很大，具有明显的集中性，建设用地的转出面积和转入面积的变化也都集中在自身资源丰富的地区，比如唐山、邢台、邯郸等工业结构偏重的城市。

2) 综合土地利用研究分析可知，研究区耕地面积持续减少，到研究末期耕地自身面积占比减少了 10% 以上，出现了大面积耕地休耕、退耕情况，耕地保护红线受到威胁。此外城镇化的节奏打破了上世纪农村土地耕种的热情，工业化、现代化使得人们拓展了自己的生存空间，建设用地面积增加了一番还多。林地不仅维持了研究初期的面积，还有少许的面积增加，除去其土地转移难度大，成本高之外，这与人们的环境保护意识和政策导向直接相关。草地的面积在 20 年间减少了 475 km²，这对区域整体的生态环境会造成严重的损害。太行山东麓地区在未来发展阶段需要科学的规划用地模式，加强土地资源的合理分配，重点保护耕地和草地，把实现可持续发展作为长期坚持的政策方针，努力实现生态好，经济强的区域发展目标。

基金项目

河北省自然科学基金项目(D2019402067)。

参考文献

- [1] 付晞然. 土地可持续利用研究综述[J]. 中外企业家, 2017(19): 250-251.
- [2] 武鹏, 郭伟玲. 2008-2017年离石区土地利用变化及驱动因素分析[J]. 安徽农业科学, 2021, 49(16): 86-89+92.
- [3] 燕云鹏, 和正民, 李建存, 曾福年. 环北京地区土地利用变化监测与分析[J]. 国土资源遥感, 2008(1): 64-67+111.
- [4] 唐华俊, 吴文斌, 杨鹏, 陈佑启, Peter H. Verburg. 土地利用/土地覆被变化(LUCC)模型研究进展[J]. 地理学报, 2009, 64(4): 456-468.
- [5] 马士彬, 张勇荣, 安裕伦. 山区城市土地利用动态空间分布特征——以贵州省六盘水市为例[J]. 自然资源学报, 2012, 27(3): 489-496.
- [6] 刘金巍, 靳甜甜, 刘国华, 李宗善, 杨荣金. 新疆玛纳斯河流域 2000-2010 年土地利用/覆盖变化及影响因素[J]. 生态学报, 2014, 34(12): 3211-3223.
- [7] 李进涛, 刘彦随, 杨园园, 刘继来. 1985-2015 年京津冀地区城市建设用地时空演变特征及驱动因素研究[J]. 地理研究, 2018, 37(1): 37-52.
- [8] 张佰发, 苗长虹. 黄河流域土地利用时空格局演变及驱动力[J]. 资源科学, 2020, 42(3): 460-473.
- [9] 贺承伟, 国巧真, 付盈, 等. 基于遥感数据的雄安新区土地利用变化[J]. 天津城建大学学报, 2019, 25(2): 133-139.
- [10] 李超, 龚直文, 陈伟. 咸阳市礼泉县土地利用覆被变化及其驱动力研究[J]. 陕西林业科技, 2018, 46(6): 26-32.
- [11] 武文智, 周永柱. 2009-2018 年河北大运河沿线土地利用变化分析及建议[J]. 中国资源综合利用, 2020, 38(4): 105-107.
- [12] 吴琳娜, 杨胜天, 刘晓燕, 罗娅, 周旭, 赵海根. 1976 年以来北洛河流域土地利用变化对人类活动程度的响应[J]. 地理学报, 2014, 69(1): 54-63.
- [13] 刘纪远, 宁佳, 匡文慧, 徐新良, 张树文, 颜长珍, 李仁东, 吴世新, 胡云锋, 杜国明, 迟文峰, 潘涛, 宁静. 2010-2015 年中国土地利用变化的时空格局与新特征[J]. 地理学报, 2018, 73(5): 789-802.
- [14] 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(5): 643-650.
- [15] 王金亮, 邵景安, 李阳兵. 近 20a 三峡库区农林地利用变化图谱特征分析[J]. 自然资源学报, 2015, 30(2): 235-247.
- [16] 吕晓, 史洋洋, 黄贤金, 孙晓芳, 苗志伟. 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.
- [17] 梁珍宝. 鄱阳湖生态经济区土地利用与生态安全格局时空变化研究[D]: [硕士学位论文]. 南昌: 江西农业大学, 2021.