doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2021.07.023

基于地学信息图谱的山东省国土空间转型分析

路　昌[1]　周　浩[2]　张　凤[1]　董光龙[1]　付金山[3]

(1.山东建筑大学管理工程学院,济南 250101;2.湖南师范大学地理科学学院,长沙 410081;
3.南京国图信息产业有限公司,哈尔滨 150036)

摘要:开展国土空间转型研究对综合评估国土空间变化、探求人类活动与国土空间变化系统的耦合规律具有重要意义。以山东省为研究区,基于多期土地利用遥感监测数据,对该省国土三生空间进行分类评价,运用地学信息图谱论并结合转型理念,分析并揭示了 1980—2018 年国土空间时空转型特征。结果表明:山东省国土以农业生产空间为主,城镇生活空间扩张幅度显著高于农村生活空间,水域生态空间和工矿生产空间面积波动变化,其他生态空间面积持续性下降;不同时间段表现出不同的国土空间转型特点,2000—2018 年比 1980—2000 年转型更为强烈。1980—2000 年以农业生产空间转型至生活空间、生态空间转型至生产空间为主,2000—2018 年则主要为生活空间与生产空间、生产空间与生态空间的交互转型;1980—2000 年涨势图谱主要为工矿生产空间、农业生产空间和城镇生活空间,2000—2018 年新增国土总面积为 1980—2000 年的 3.42 倍,其中农村和城镇生活空间分别增长至 4.29 倍和 2.65 倍;城镇生活空间落势图谱面积均偏低,而农村生活空间萎缩面积持续增长、生态空间迅速萎缩。

关键词:国土空间;转型;信息图谱论;地理信息系统;山东省

中图分类号:F323.2　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-1298(2021)07-0222-09　　**OSID**:

Land Spatial Transformation Analysis in Shandong Province Based on Geo Information Map

LU Chang[1]　ZHOU Hao[2]　ZHANG Feng[1]　DONG Guanglong[1]　FU Jinshan[3]

(1. *School of Management Engineering*, *Shandong Jianzhu University*, *Ji'nan* 250101, *China*
2. *School of Geographic Sciences*, *Hunan Normal University*, *Changsha* 410081, *China*
3. *Nanjing Guotu Information Industry Co.*, *Ltd.*, *Harbin* 150036, *China*)

Abstract: It was of great practical significance to carry out the research on the transformation of land space for the comprehensive study and evaluation of the results of land space change, and to solve the coupling law between human activities and land space change system. Taking Shandong Province as the research area, supported by multi-stage remote sensing monitoring data, the spatial transformation characteristics of the province from 1980 to 2018 was analyzed by using GIS spatial analysis, geo information map and fluctuation potential map. The results showed that during the study period, the land of Shandong Province was dominated by agricultural production space, the expansion of urban living space was significantly higher than that of rural living space, the area of water ecological space and industrial and mining production space fluctuated, and the other ecological space areas continued to decline. From 1980 to 2000, Shandong Province was dominated by the transformation of agricultural production space to living space and ecological space to production space, while from 2000 to 2018 it was mainly the interactive transformation of living space and production space, production space and ecological space. The fluctuation map from 1980 to 2000 was mainly industrial and mining production space, agriculture and mining production space from 2000 to 2018, the total area of industrial production space and urban living space was increased by 3.42 times, of which rural and urban living space was

收稿日期:2021-04-12　修回日期:2021-05-10

基金项目:国家自然科学基金青年科学基金项目(41801173)、山东省社会科学规划研究重点项目(20BGLJ06)和山东建筑大学博士科研基金项目(XNBS1826)

作者简介:路昌(1990—),男,讲师,博士,主要从事土地利用与生态环境效应研究,E-mail:chang20081990@126.com

通信作者:周浩(1990—),男,讲师,博士,主要从事耕地及国土资源综合利用研究,E-mail:zhouhao7404@163.com

increased by 4.29 times and 2.65 times, respectively. The area of urban living space decline map was low, while the shrinking area of rural living space continued to increase, and the ecological space shrinked rapidly. The research intuitively revealed the spatial-temporal evolution characteristics of land spatial transformation in Shandong Province, which could provide the basis for finding out the transformation law and carrying out the land spatial planning.

Key words: land space; transformation; information map theory; GIS; Shandong Province

0　引言

转型是指不同阶段事物所对应的转变过程，不同转型主体状态及其与客观环境的适应程度决定了转型内容以及方向的多样性[1-3]。国土空间变化表现出时间阶段性、区域差异性以及影响因素多样性等特点，具有转型特征[4]。国土空间结构反映经济结构层次和水平，而经济发展可促使国土空间发生转型，尽管该转型对经济发展有基础支撑作用，但也会导致人居环境变差、生态环境恶化等系列次生问题[5]。在经济社会变革驱动下，开展国土空间转型特征研究对明确区域国土空间变化的特征性规律、实现国土空间综合管理及适应性调整具有现实意义[6-7]。

国内外学者针对不同尺度、不同空间的资源转型进行了大量研究。在研究对象及内容上，主要集中于耕地[8-9]、农村宅基地[10]、城镇建设用地[11-12]的转型时空过程，并涉及资源转型的理论基础和框架[13]、乡村土地转型与城乡发展关系[14]、土地利用转型的生态环境效应[15]等内容。而国土空间开发方式已逐渐由生产空间为主导转型至生产、生活、生态空间相协调的“三生”空间模式[5]。因此，有必要深化国土空间转型研究，探求人类活动与国土空间资源变化系统的耦合规律。在研究尺度上，多集中于市域[16]、省域[17]、流域[18]等宏观尺度，并运用转移矩阵、空间计量回归分析、景观格局指数等[19-22]方法探究资源转型、土地利用转型特点及区域差异。基于遥感、地理信息系统和计算机制图等技术的地学信息图谱论能够将土地利用转型过程以图谱单元的形式形象化、动态化地展示，常应用于土地利用转型的时空复合分析[1]。目前，已有诸多学者借助地学信息图谱论进行了土地利用转型过程研究[23-24]，考虑到国土空间类型多由土地利用数据归并分类得到，因此可尝试引入地学信息图谱论对国土空间转型特征进行研究。

山东省历经多年高强度国土空间利用过程，并已逐渐显露出国土开发时序不尽合理、空间布局尚不完全科学、城乡统筹有待改进等问题，这些问题制约着山东省国土资源的可持续利用[6]。随着山东省国土空间规划编制指南等政策的出台，对构建科学合理的国土空间管控格局提出了更高的要求。基于此，本文以山东省为研究区，基于多期土地利用遥感解译数据，运用地学信息图谱理论，系统揭示该省国土空间的转型特征，以期为编制国土空间规划提供支撑。

1　研究区概况及数据来源

1.1　研究区概况

山东省位于我国东部（34°22.9′～38°24′ N，114°47.5′～122°42.3′ E），北临渤海、东临黄海，辖 7 个地级市和 31 个县级市，总面积约 15.72 万 km^2，人均国土空间面积不足全国均值的 1/5。该省地势较低，中部山地凸起，东部丘陵，北部及西部为平原（图 1）。山东省属温带季风气候区，年均气温 11～14℃，年均降水量 550～950 mm，光照资源充足，年均日照时数 2 300～2 890 h。山东省为我国重要的农业大省和粮油生产区，也是主要的经济强省之一，其主要经济指标居全国前列，城镇化进程速度快，建设占用耕地现象突出[6]。

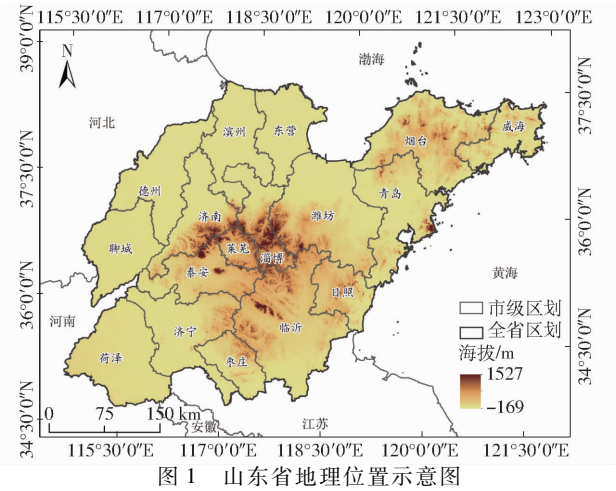


图 1　山东省地理位置示意图

Fig. 1　Location of Shandong Province

1.2　数据来源与处理

土地利用现状遥感监测数据库为当前我国精度较高的土地利用遥感监测数据产品，该数据来源于中国科学院资源环境科学数据中心（http://www.resdc.cn），以 6—9 月的 Landsat TM/ETM 遥感影像为主要数据源，通过人工目视解译生成，目前已应用于多地区土地利用变化及其遥感动态监测研究上，数据的准确率及实用性均较高。本文选用该数据库

中 30 m 数据精度产品作为源数据,对获取的遥感监测数据进行坐标系转换、裁剪等过程处理后,最终形成山东省 1980、2000、2018 年土地利用现状数据;基础地理信息区划图和全球数字高程模型(DEM)分别来源于国家基础地理信息中心(http://www.ngcc.cn/)和 SRTM 数据集(http://gdex.cr.usgs.gov/gdex/)。各图件经投影变换统一转为 Albers 双标准纬线等积投影。

2 研究方法

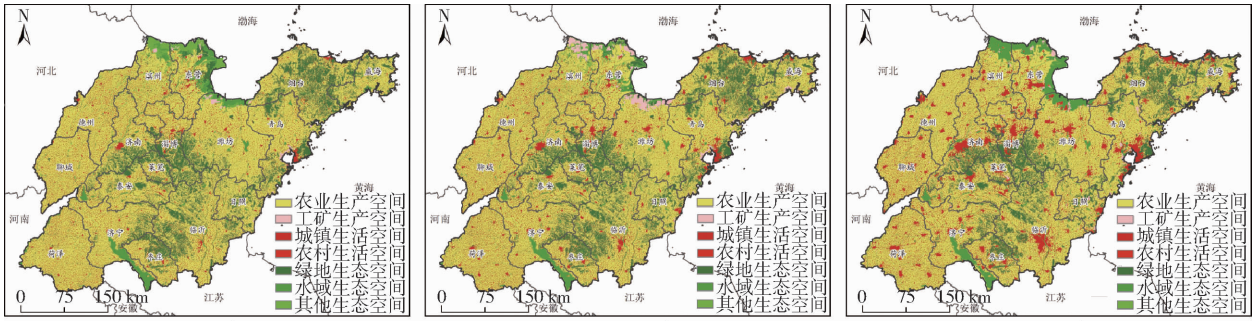
2.1 国土空间分类评价

国土空间为复杂有机地理空间,它以自然资源为载体,汇集了生产、生活与生态"三生"空间为一体的系统关系。"三生"空间是从功能角度确立的国土空间开发格局,与国土空间规划中"三区三线"划定相对应,从而促进构建合理的生产、生活和生态安全格局。生产空间指的是能够给居民提供农产品生产服务、工业品生产服务的区域,生活空间则为主导着提供人类生活居住、休闲消费等区域,生态空间面向对象为生态用地,指的是能够提供以生态产品和生态服务为主导功能的区域。本文借鉴刘继来等[25]和林伊琳等[26]关于我国"三生"空间分类研究成果,构建山东省国土空间分类体系(表 1,表中一级类分为生产空间、生活空间和生态空间,二级类在一级类基础上分为农业生产空间、工矿生产空间、城镇生活空间、农村生活空间、绿地生态空间、水域生态空间和其他生态空间,为方便转型图谱的构建与分析,将二级类依次编码为 11、12、21、22、31、32 和 33)。基于该分类体系,分别提取山东省 1980、2000、2018 年国土空间分类数据(图 2)。

表 1 山东省国土空间分类体系与土地利用分类的衔接表

Tab.1 Connection between production-living-ecological land space classification and land use type of Shandong Province

国土空间一级类	国土空间二级类	土地利用遥感监测数据分类系统
生产空间	农业生产空间(11)	水田、旱地
	工矿生产空间(12)	其他建设用地(包括采矿用地、工业用地、仓储业用地、交通运输用地、水工建筑用地、设施农用地等)
生活空间	城镇生活空间(21)	城镇用地
	农村生活空间(22)	农村居民点
生态空间	绿地生态空间(31)	有林地、灌木林地、疏林地、其他林地、高覆盖度草地、中覆盖度草地、低覆盖度草地
	水域生态空间(32)	河渠、湖泊、水库坑塘、永久性冰川雪地、滩涂、滩地、沼泽地
	其他生态空间(33)	沙地、戈壁、盐碱地、裸土地、裸岩石质地、其他未利用地



(a) 1980年 (b) 2000年 (c) 2018年

图 2 山东省 3 期国土空间分布图

Fig. 2 Land spatial distributions of Shandong Province in 1980, 2000 and 2018

2.2 地学信息图谱分析

地学信息图谱论多应用于土地利用变化领域,能够直观反映土地利用变化的过程信息、空间信息和属性信息,本文将其引入国土空间转型特征研究,并在 ArcGIS 10.5 支持下,对研究时段国土空间信息进行编码融合与计算,以形象化和动态化地反映国土空间转型特点。图谱基本原理为:研究初期的国土空间分类编码为千位数、百位数,而末期的编码设置为十位数、个位数,将二者合成一个新的国土空间分类编码,合成公式为:$N=100A+B$,N 表示新生成的图谱编码,A、B 分别表示研究初期和末期的国土空间分类编码。由此得到 1980—2000 年、2000—2018 年山东省国土空间变化信息图谱。

2.3 涨落势图谱分析

国土空间转型包括转入与转出两个动态过程,转入为其他国土空间类型转为本国土空间类型的过程,转出则是本国土空间类型转为其他类型的过程。在研究时段初期和末期数据进行叠加处理基础上,得到某一国土空间类型转型过程中

所对应的新增和萎缩信息，即涨势图谱和落势图谱信息。

3　结果与分析

3.1　国土空间数量结构转型

山东省国土以农业生产空间为主，1980、2000、2018 年其面积百分比依次为 67.24%、65.93%、61.99%，年均变化率 0.21%。与之对应的是生活空间持续扩张，山东省为我国主要经济强省之一，1980—2018 年，经济快速发展促使城镇生活空间持续扩张，对应面积百分比由 1.27% 增长至 6.22%，年均增长率达到 10.24%，显著高于我国同期城镇生活空间的扩张速度[25]。农村生活空间也维持着持续扩张特点，1980 年其面积百分比为 8.86%，2018 年增至 10.64%，年均增长率仅为 0.53%。生活空间面积变化趋势可在一定程度上表征人口城镇化特点，1980 年山东省农村生活空间面积约为城镇生活空间 7 倍，当年人口城镇化率 9.47%，而至 2018 年该倍数降至 1.7，对应人口城镇化率达到 61.18%，反映着生活空间内部发展与人口扩张处于脱钩状态的特点。中部和东部为山东省绿地生态空间主要集中区，1980 年其面积百分比为 15.14%，2018 年降低了 3.12 个百分点，变为 12.02%。其他生态空间多为耕地后备资源用地，集中于鲁北黄河三角洲冲积洪积平原区，耕地垦殖开发导致该国土空间类型的面积持续下降，2018 年其面积已降至 1980 年的 1/10。研究期内，水域生态空间和工矿生产空间均呈现波动变化特征，其对应面积低值年份分别为 1980 年和 2000 年，年均变化率分别为 4.81% 和 1.39%，整体处于面积扩张状态（图 2 和表 2）。

表 2　山东省 1980—2018 年国土空间类型的转型统计

Tab.2　Statistics of land spatial transformation in Shandong Province from 1980 to 2018

国土空间类型	1980 年		2000 年		2018 年		面积年均变化率/%		
	面积/km²	百分比/%	面积/km²	百分比/%	面积/km²	百分比/%	1980—2000 年	2000—2018 年	1980—2018 年
农业生产空间	103 692.38	67.24	101 667.29	65.93	95 584.00	61.99	−0.10	−0.33	−0.21
工矿生产空间	975.99	0.63	3 040.94	1.97	2 760.91	1.79	10.58	−0.51	4.81
城镇生活空间	1 960.50	1.27	4 006.50	2.60	9 589.91	6.22	5.22	7.74	10.24
农村生活空间	13 660.78	8.86	14 604.38	9.47	16 414.73	10.64	0.35	0.69	0.53
绿地生态空间	23 347.40	15.14	22 825.81	14.80	18 529.00	12.02	−0.11	−1.05	−0.54
水域生态空间	7 199.39	4.67	6 459.77	4.19	11 015.17	7.14	−0.51	3.92	1.39
其他生态空间	3 368.37	2.19	1 600.12	1.04	311.09	0.20	−2.62	−4.48	−2.39
合计	154 204.81	100	154 204.81	100	15 4204.8	100	19.49	18.71	20.12

城镇生活空间长期维持着较快面积增长速度，1980—2000 年面积年均变化率为 5.22%，而 2000—2018 年，该变化率变为 7.74%。其他生态空间多为耕地后备资源的来源性用地，2000—2018 年其他生态空间面积持续减少特点（面积年均变化率 −4.48%）并未有效控制农业生产空间面积的减少速度，该现象反映了新增垦殖耕地已难以满足当前城镇建设占用耕地的需求，因此耕地占补平衡仍需持续推行。除工矿生产空间和水域生态空间外，山东省国土空间呈现延续性变化特点，国土空间的扩张与衰减方向一致。随着国家集约节约用地相关政策推行以及废弃矿产资源复垦整治等措施，2000—2018 年工矿生产空间面积以年均 0.51% 的速度下降。自 21 世纪初以来，随着东平湖和黄河三角洲等湿地生态修复工程、微山湖“三退三还”工程、《山东省湿地保护办法》（省政府令第 257 号）等一系列生态湿地保护工程政策的推行与实施，山东省水域生态空间表现出显著的面积扩张趋势，2000—2018 年间以年均 3.92% 的速率上升。

3.2　国土空间转型图谱分析

3.2.1　1980—2000 年国土空间转型图谱分析

1980—2000 年山东省共有 41 类具有时间异质性的国土空间转型图谱单元，总面积 9 720.23 km²，占国土总面积的 6.30%。将以上图谱单元按照面积进行排序，得出低于 90% 累积变化比率的图谱单元共有 13 类，如表 3（表中变化比率是指该图谱单元占国土空间总面积的百分比，累积变化比率是指按照变化比率进行排序之后的累加）所示，且在空间上表现出明显的空间异质性特点。

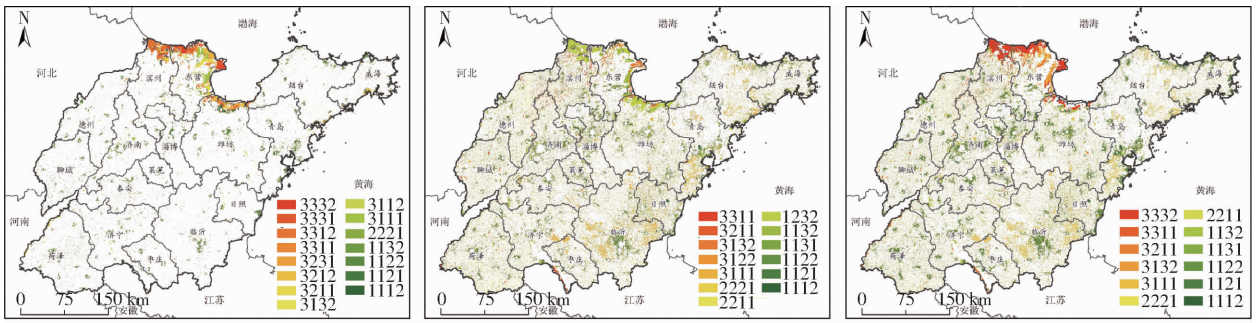
自改革开放以来，山东省处于经济生产建设快速发展时期，1980—2000 年间存在大量农业生产空间转型至生活空间的现象，与之对应的转型图谱单元为“农业生产空间→城镇生活空间”（编码：1121）和“农业生产空间→农村生活空间”（编码：1122），对应转型面积依次为 1 638.50 km² 和 1 477.92 km²，分别占总图谱单元面积的 16.86% 和 15.20%。对于该时段而言，山东省各地域经济发展多围绕主要城市进行，以上 2 类图谱单元在空间上均衡分布于

各市县,但同时也表现出较为显著的团状分布特点(图 3a)。生态空间主要的转型流向为生产空间,“水域生态空间→工矿生产空间”(编码:3212)、“其他生态空间→工矿生产空间”(编码:3312)、“绿地生态空间→农业生产空间”(编码:3111)和“水域生态空间→农业生产空间”(编码:3211)4 个转型图谱单元占总图谱单元面积的 31.92%,其中转型至工矿生产空间的水域生态空间和其他生态空间变化比率达到 17.24%,以上图谱单元主要集中于鲁东丘陵区、鲁中南山地丘陵区以及鲁中南山丘区与鲁西平原接触带的主要湖泊区,为山东省传统生态空间集中区。其余图谱单元的面积变化比率均小于 5%,也主要体现在生态空间与生产空间的相互转换上。

表 3 山东省 1980—2000 年主要国土空间转型图谱单元排序

Tab. 3 Ranking of main land spatial transformation map units in Shandong Province from 1980 to 2000

排序	编码	国土空间变化类型	面积/km^2	变化比率/%	累积变化比率/%
1	1121	农业生产空间→城镇生活空间	1 638.50	16.86	16.86
2	1122	农业生产空间→农村生活空间	1 477.92	15.20	32.06
3	3212	水域生态空间→工矿生产空间	915.71	9.42	41.48
4	3312	其他生态空间→工矿生产空间	760.28	7.82	49.30
5	3111	绿地生态空间→农业生产空间	747.66	7.69	56.99
6	3211	水域生态空间→农业生产空间	679.49	6.99	63.98
7	3332	其他生态空间→水域生态空间	460.98	4.74	68.72
8	1132	农业生产空间→水域生态空间	451.88	4.65	73.37
9	3311	其他生态空间→农业生产空间	432.22	4.45	77.82
10	1112	农业生产空间→工矿生产空间	370.85	3.82	81.64
11	2221	农村生活空间→城镇生活空间	341.00	3.51	85.15
12	2211	农村生活空间→农业生产空间	231.76	2.38	87.53
13	1131	农业生产空间→绿地生态空间	228.03	2.35	89.88



(a) 1980—2000年 (b) 2000—2018年 (c) 1980—2018年

图 3 山东省 1980—2018 年国土空间转型图谱特征

Fig. 3 Characteristics of land spatial transformation map of Shandong Province from 1980 to 2018

3.2.2 2000—2018 年国土空间转型图谱分析

2000—2018 年,山东省国土空间变化更为强烈,该时间段内拥有时间异质性特点的国土空间转型图谱单元为 42 类,其对应的图谱单元总面积为 1980—2000 年的 3.15 倍,达到 30 586.08 km^2。同样也对以上图谱单元面积进行排序,低于 90% 累积变化比率的图谱单元为 13 类,但图谱类型与 1980—2000 年存在较大差异(表 4 和图 3)。

山东省为我国重要的粮油生产基地,自 21 世纪以来其农村居民点占用耕地以及近年来挂钩政策下农村居民点整理项目的实施,影响着该省国土空间格局,其对应转型图谱单元“农业生产空间→农村生活空间”(编码:1122)面积为 5 661.37 km^2,占总图谱单元面积的 18.51%,“农村生活空间→农业生产空间”(编码:2211)也占到总图谱单元面积的 12.63%,图谱面积为 3 862.60 km^2,反映了以农村居民点为代表的国土生活空间和以耕地为代表的国土生产空间相互频繁转换的特点。该时段内存在大量城镇化建设占用耕地的情形,对应图谱单元“农业生产空间→城镇生活空间”(编码:1121)面积变化比率为 11.55%,图谱面积 3 532.71 km^2。国土生产空间与生态空间的相互转型也是该时间段国土空间格局主要特点,其中“绿地生态空间→农业生产空间”(编码:3111)图谱单元面积处于第 2 位序,占总图谱单元面积的 14.02%。相对于 1980—2000 年而言,该时间段内“农村生活空间→城镇生活空

表 4　山东省 2000—2018 年主要国土空间转型图谱单元排序

Tab. 4　Ranking of main land spatial transformation map units of Shandong Province from 2000 to 2018

排序	编码	国土空间变化类型	面积/km²	变化比率/%	累积变化比率/%
1	1122	农业生产空间→农村生活空间	5 661. 37	18. 51	18. 51
2	3111	绿地生态空间→农业生产空间	4 287. 49	14. 02	32. 53
3	2211	农村生活空间→农业生产空间	3 862. 60	12. 63	45. 16
4	1121	农业生产空间→城镇生活空间	3 532. 71	11. 55	56. 71
5	1232	工矿生产空间→水域生态空间	1 995. 19	6. 52	63. 23
6	1132	农业生产空间→水域生态空间	1 986. 75	6. 50	69. 73
7	1112	农业生产空间→工矿生产空间	1 351. 01	4. 42	74. 15
8	2221	农村生活空间→城镇生活空间	1 289. 00	4. 21	78. 36
9	1131	农业生产空间→绿地生态空间	940. 90	3. 08	81. 44
10	3211	水域生态空间→农业生产空间	736. 76	2. 41	83. 85
11	3132	绿地生态空间→水域生态空间	637. 87	2. 09	85. 94
12	3311	其他生态空间→农业生产空间	632. 13	2. 07	88. 01
13	3122	绿地生态空间→农村生活空间	494. 29	1. 62	89. 63

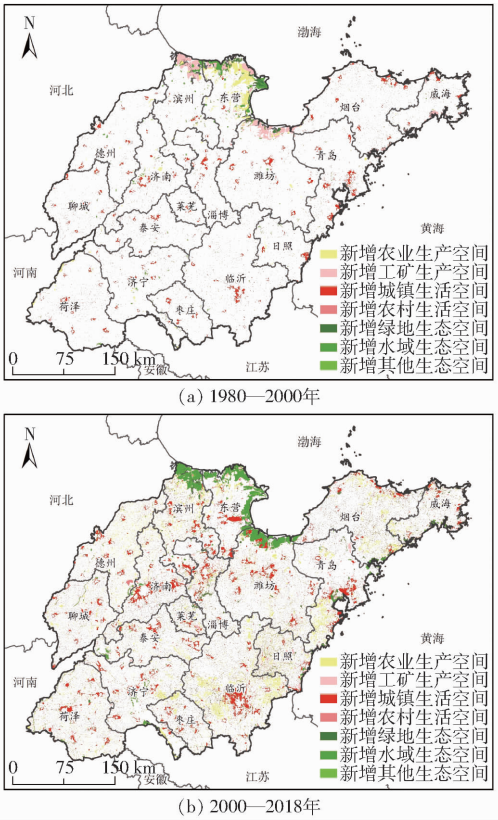
间”(编码:2221)图谱单元面积变化比率更高,达到 4. 21%,但仍维持着依托中心城镇区周边原有农村进行建设扩张的特点。

3. 3　国土空间涨落势图谱分析

3. 3. 1　国土空间涨势图谱分析

1980—2000 年,山东省新增国土总面积 9 720. 24 km²,占国土总面积的 6. 30%。对于各子国土空间类型而言,新增工矿生产空间面积最大,为 2 145. 55 km²,占新增国土总面积的 22. 07%,主要分布于山东省北部以及东北部的东营市、滨州市、潍坊市和威海市,该地区拥有大量以石油和岩矿为代表的非金属矿产资源。其次为新增农业生产空间和新增城镇生活空间,但二者与新增工矿生产空间面积差异较小,分别为 2 111. 68 km² 和 2 081. 05 km²,对应面积百分比依次为 21. 72% 和 21. 41%。新增农村生活空间多来源于农业生产空间,农业生产空间影响着农村生活空间的涨势图谱特征,1980—2000 年,新增农村生活空间多分布于核心粮食产区,且空间上表现为中部至南部条带区、东北部以及北端等地区的新增农村生活空间分布密度显著小于西部和东部。生态空间中水域生态空间面积增量达到最大的 5 129. 47 km²,对应面积百分比为 11. 27%,绿地生态空间和其他生态空间的面积百分比依次为 6. 24% 和 1. 36%,多分布于山东省中部至南部条带区以及主干河流沿岸(图 4)。

2000—2018 年,新增国土总面积为 1980—2000 年 3. 42 倍,达到 33 290. 24 km²。农业生产空间新增面积达到最大的 9 788. 09 km²,对应面积百分比为 32. 01%。2018 年以来,山东省国土生产建设处于高速发展时期,使得生活空间快速扩张,与 1980—2000 年相比,该时间段新增农村生活空间和城镇生活空间面积分别增长至 4. 29 倍和 2. 65 倍,



(a) 1980—2000年

(b) 2000—2018年

图 4　山东省各时序单元国土空间涨势图谱

Fig. 4　Land spatial rise map of each time series unit in Shandong Province

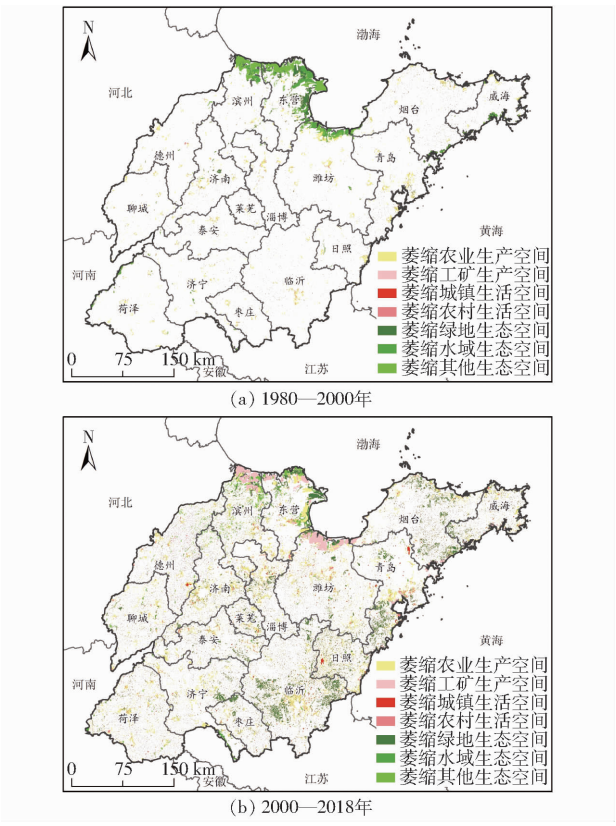
对应面积依次为 6 654. 58 km² 和 5 518. 86 km²,面积百分比分别达到 21. 76% 和 18. 04%,东南部临沂市、西部以及西北部的济南、淄博、东营、潍坊片区和东部青岛市为生活空间主要增长极。在新时期国家资源战略转型以及当地矿产资源开发规模化与集约化政策背景下,工矿生产空间增长缓慢,工矿生产空间新增面积与 1980—2000 年处于同一水平,为 2 114. 86 km²,但占新增国土总面积百分比为 6. 91%,远低于 1980—2000 年。水域生态空间增长

了 5 129.47 km^2,占国土新增总面积的 16.77%,但绿地生态空间和其他生态空间面积百分比均有所下降,反映了生态空间涨势趋于单一化特点。

3.3.2 国土空间落势图谱分析

农业生产空间开发条件优越、分布广,使得萎缩农业生产空间为最主要的落势图谱类型,1980—2000 年共萎缩农业生产空间 4 187.94 km^2,占落势图谱总面积的 43.08%,空间分布广泛。同时,由于生态空间稳定性偏低,国土空间开发易导致生态空间萎缩,20 年间共萎缩生态空间用地 4 866.94 km^2,其中其他生态空间萎缩了 1 885.03 km^2,占落势图谱总面积的 19.39%,空间上主要分布于山东省西北部的滨州市和东营市境内,该地区为山东省滩涂盐碱地的主要集中区。萎缩绿地生态空间类型占落势图谱总面积 11.73%,对应面积 1 140.60 km^2,空间上主要集中于山东省中南山地丘陵区以及东部山地丘陵区,为主要的山地林业集中区。生活空间拥有地表配套建筑设施,其难以向其他国土空间类型转换,1980—2000 年,仅 10.51 km^{2}的城镇生活空间发生萎缩,且空间分布零碎,而农村生活空间萎缩面积较大,该类型图谱占落势图谱总面积的 6.16%,空间分布极其广泛。矿山整理及复垦为工矿生产空间萎缩的主要原因,20 年间工矿生产空间萎缩面积为 55.84 km^2,其对应图谱主要集中于东北部以及北部的工矿用地集中区(图 5)。

由于农业生产空间是其他国土空间类型变化的主要来源性用地,2000—2018 年萎缩农业生产空间仍为主要的国土空间落势图谱,相对于 1980—2000 年其面积增长了 9 315.52 km^2,变为 13 503.46 km^2,对应面积百分比为 44.15%。由于生态空间开发易受政策条件影响,国家生态空间用地开发方式转型政策推行以及黄河三角洲等湿地生态修复工程实施,改变了生态空间的开发利用模式,使得前后时间段生态空间萎缩结构比例存在较大差异。2000—2018 年绿地生态空间面积减小了 6 079.45 km^2,占总萎缩量的 19.88%,空间上多分布于山东省中部至东南部的枣庄市、临沂市和日照市以及东北部的烟台市、威海市等地区,其他生态空间相对萎缩量均偏小,水域生态空间面积减小了 1 165.04 km^2,其他生态空间减小 1 353.48 km^2,对应面积百分比分别为 3.81% 和 4.43%。受自主城镇化、农村撤村并点以及农村居民点整理工程影响,2000—2018 年农村生活空间萎缩现象突出,与上一时间段相比萎缩量增至 8.18 倍,变为 5 497.07 km^2。城镇生活空间的萎缩特点反映了城市化扩张战略的转变方向,该时间段内城镇生活空间共萎缩了 431.20 km^2,占总萎缩量的 1.41%,空间上广泛分布于各集镇周边地区。



(a) 1980—2000年

(b) 2000—2018年

图 5 山东省各时序单元国土空间落势图谱

Fig. 5 Land spatial decline map of each time series unit in Shandong Province

4 讨论

运用地学信息图谱论方法,能够联动表现区域国土空间变化格局的“图”和国土空间变化过程的“谱”,进而实现国土空间变化格局与过程的耦合。本文通过归并现有土地利用遥感监测数据,来实现国土空间分类评价,但考虑到生产、生活和生态“三生”空间更强调从功能角度来确定国土空间开发格局,后续应继续深化国土空间类型提取工作,并尝试开展国土空间功能转型研究,以服务于新时期国土空间多功能综合利用与国土空间规划工作。另外,国土三生空间转型及涨落势特征分析结果显示,与中部、南部其他省份“极化”发展不同的是[8,23,26],山东省国土生产和生活空间所呈现出的“多点开花”变化特点表征着各地区国土空间多处于不同程度的协同开发与利用状态,未来该省国土空间规划应均衡统筹各地区实际发展状况,实现经济的同步可持续发展。

5 结论

(1)山东省经济及其发展条件较好,多年来该

省农业生产空间面积百分比高于 60%，城镇生活空间与农村生活空间均处于同步扩张状态，但城镇生活空间扩张幅度显著高于农村生活空间，且除工矿生产空间和水域生态空间外，其他国土空间均呈现延续性变化特点。

（2）山东省长期处于高强度三生空间转型状态，且各地区多围绕主要城镇生活区进行。不同时间段表现出不同的国土空间转型特点，2000—2018 年比 1980—2000 年转型更为强烈。1980—2000 年转型图谱总面积占国土总面积的 6.30%，以农业生产空间转型至生活空间、生态空间转型至生产空间为主，农业生产空间转型至生活空间在空间上呈现团状分布特点；2000—2018 年转型图谱总面积为 1980—2000 年的 3.15 倍，主要为生活空间与生产空间、生产空间与生态空间的交互转型，城镇生活空间的主要转型来源为农业生产空间，其面积百分比为 11.55%。

（3）1980—2000 年涨势图谱主要为工矿生产空间、农业生产空间和城镇生活空间，2000—2018 年新增国土总面积为 1980—2000 年的 3.42 倍，农村和城镇生活空间面积分别增长至 4.29 倍和 2.65 倍，农业生产空间新增面积百分比为 32.01%，工矿生产空间面积增长缓慢；1980—2000 年城镇生活空间萎缩缓慢，农村生活空间萎缩面积百分比则达到 6.16%，空间分布极其广泛；2000—2018 年农业生产空间仍是主要落势图谱类型，绿地生态空间急剧萎缩，面积百分比为 19.88%，而农村生活空间萎缩面积增长至 1980—2000 年的 8.18 倍。

参 考 文 献

[1] 张文慧，吕晓，史洋洋，等. 黄河流域土地利用转型图谱特征[J]. 中国土地科学，2020，34(8)：80－88.
ZHANG Wenhui，LÜ Xiao，SHI Yangyang，et al. Graphic characteristics of land use transition in the Yellow River basin[J]. China Land Science，2020，34(8)：80－88.（in Chinese）

[2] 段建南，刘思涵，李萍，等. 土地功能研究进展与方向的思考[J]. 中国土地科学，2020，34(1)：8－16.
DUAN Jiannan，LIU Sihan，LI Ping，et al. Study on research progress and directions of land functions[J]. China Land Science，2020，34(1)：8－16.（in Chinese）

[3] 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.
LONG Hualou. Land use transition and land management[J]. Geographical Research，2015，34(9)：1607－1618.（in Chinese）

[4] 高星，刘泽伟，李晨曦，等. 基于“三生空间”的雄安新区土地利用功能转型与生态环境效应研究[J]. 生态学报，2020，40(20)：7113－7122.
GAO Xing，LIU Zewei，LI Chenxi，et al. Land use function transformation in the Xiong'an New Area based on ecological production-living spaces and associated eco-environment effects[J]. Acta Ecologica Sinica，2020，40(20)：7113－7122.（in Chinese）

[5] 黄金川，林浩曦，漆潇潇. 面向国土空间优化的三生空间研究进展[J]. 地理科学进展，2017，36(3)：378－391.
HUANG Jinchuan，LIN Haoxi，QI Xiaoxiao. A literature review on optimization of spatial development pattern based on ecological-production-living space[J]. Progress in Geography，2017，36(3)：378－391.（in Chinese）

[6] 路昌，韩笑，韩会芹. 山东省土地利用转型与生态服务功能交叉敏感性研究[J/OL]. 农业机械学报，2020，51(10)：223－231.
LU Chang，HAN Xiao，HAN Huiqin. Cross-sensitivity of land use transformation and ecological service function in Shandong Province[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery，2020，51(10)：223－231. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx? flag=1&file_no=20201025&journal_id=jcsam. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2020.10.025.（in Chinese）

[7] 田俊峰，王彬燕，王士君. 东北地区土地利用转型特征测度与机制探索[J]. 经济地理，2020，40(9)：184－195.
TIAN Junfeng，WANG Binyan，WANG Shijun. Land use transition in Northeast China：features measurement and mechanism exploration[J]. Economic Geography，2020，40(9)：184－195.（in Chinese）

[8] 李全峰，胡守庚，瞿诗进. 1990—2015 年长江中游地区耕地利用转型时空特征[J]. 地理研究，2017，36(8)：1489－1502.
LI Quanfeng，HU Shougeng，QU Shijin. Spatiotemporal characteristics of cultivated land use transition in the Middle Yangtze River from 1990 to 2015[J]. Geographical Research，2017，36(8)：1489－1502.（in Chinese）

[9] 宋小青，李心怡. 区域耕地利用功能转型的理论解释与实证[J]. 地理学报，2019，74(5)：992－1010.
SONG Xiaoqing，LI Xinyi. Theoretical explanation and case study of regional cultivated land use function transition[J]. Acta Geographica Sinica，2019，74(5)：992－1010.（in Chinese）

[10] 龙花楼，李婷婷. 中国耕地和农村宅基地利用转型耦合分析[J]. 地理学报，2012，67(2)：201－210.
LONG Hualou，LI Tingting，Analysis of the coupling of farmland and rural housing land transition in China[J]. Acta Geographica Sinica，2012，67(2)：201－210.（in Chinese）

[11] 瞿诗进，胡守庚，童陆亿，等. 长江中游经济带城镇建设用地转型的时空特征[J]. 资源科学，2017，39(2)：240－251.
QU Shijin，HU Shougeng，TONG Luyi，et al. Spatiotemporal patterns of urban land use transition in the middle Yangtze River

economic belt[J]. Resources Science, 2017, 39(2): 240 - 251. (in Chinese)
[12] QU Y B, JIANG G H, TIAN Y Y, et al. Urban-rural construction land transition (URCLT) in Shandong Province of China: features measurement and mechanism exploration[J]. Habitat International, 2019, 86: 101 - 115.
[13] 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.
SONG Xiaoqing. Discussion on land use transition research framework[J]. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(3): 471 - 487. (in Chinese)
[14] 张佰林, 高江波, 高阳, 等. 中国山区农村土地利用转型解析[J]. 地理学报, 2018, 73(3): 503 - 517.
ZHANG Bailin, GAO Jiangbo, GAO Yang, et al. Land use transition of mountainous rural areas in China[J]. Acta Geographica Sinica, 2018, 73(3): 503 - 517. (in Chinese)
[15] 陈会, 李阳兵, 盛佳利. 基于土地利用变化的贵州坝子土地利用功能演变研究[J]. 生态学报, 2019, 39(24): 9325 - 9338.
CHEN Hui, LI Yangbing, SHENG Jiali. Study on the evolution of land use function of basins based on land use change in Guizhou Province, China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(24): 9325 - 9338. (in Chinese)
[16] 吴艳娟, 杨艳昭, 杨玲, 等. 基于"三生空间"的城市国土空间开发建设适宜性评价——以宁波市为例[J]. 资源科学, 2016, 38(11): 2072 - 2081.
WU Yanjuan, YANG Yanzhao, YANG Ling, et al. Land spatial development and suitability for city construction based on ecological-living-industrial space—take Ningbo City as an example[J]. Resources Science, 2016, 38(11): 2072 - 2081. (in Chinese)
[17] 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.
LIU Yongqiang, LIAO Liuwen, LONG Hualong, et al. Effects of land use transitions on ecosystem services value: a case study of Hunan Province[J]. Geographical Research, 2015, 34(4): 691 - 700. (in Chinese)
[18] 肖建设, 乔斌, 陈国茜, 等. 黄河源区玛多县土地利用和生态系统服务价值的演变[J]. 生态学报, 2020, 40(2): 510 - 521.
XIAO Jianshe, QIAO Bin, CHEN Guoqian, et al. Land use change and evolution of ecosystem service value in Maduo County of source region of the Yellow River[J]. Acta Ecologica Sinica, 2020, 40(2): 510 - 521. (in Chinese)
[19] 郝晓敬, 张红, 徐小明, 等. 晋北地区土地利用覆被格局的演变与模拟[J]. 生态学报, 2020, 40(1): 257 - 265.
HAO Xiaojing, ZHANG Hong, XU Xiaoming, et al. Evolution and simulation of land use/land cover pattern in northern Shanxi Province[J]. Acta Ecologica Sinica, 2020, 40(1): 257 - 265. (in Chinese)
[20] 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.
ZHANG Baifa, MIAO Changhong. Spatiotemporal changes and driving forces of land use in the Yellow River Basin[J]. Resources Science, 2020, 42(3): 460 - 473. (in Chinese)
[21] 李冬杰, 杨利, 余俞寒, 等. 都市生态旅游区土地利用碎片化对生态系统服务价值的影响——以武汉东湖生态旅游区为例[J]. 生态学报, 2019, 39(13): 4782 - 4792.
LI Dongjie, YANG Li, YU Yuhan, et al. Impact of land use fragmentation on ecosystem service values in an urban ecotourism area: a case study of East Lake ecotourism area, Wuhan[J]. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(13): 4782 - 4792. (in Chinese)
[22] 王航, 秦奋, 朱筠, 等. 土地利用及景观格局演变对生态系统服务价值的影响[J]. 生态学报, 2017, 37(4): 1286 - 1296.
WANG Hang, QIN Fen, ZHU Jun, et al. The effects of land use structure and landscape pattern change on ecosystem service values[J]. Acta Ecologica Sinica, 2017, 37(4): 1286 - 1296. (in Chinese)
[23] 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.
LÜ Xiao, SHI Yangyang, HUANG Xianjin, et al. Geo-spectrum characteristics of land use change in Jiangsu Province, China[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2016, 27(4): 1077 - 1084. (in Chinese)
[24] 杨爱民, 朱磊, 陈署晃, 等. 1975—2015 年玛纳斯河流域土地利用变化的地学信息图谱分析[J]. 应用生态学报, 2019, 30(11): 3863 - 3874.
YANG Aimin, ZHU Lei, CHEN Shuhuang, et al. Geo-informatic spectrum analysis of land use change in the Manas River basin, China during 1975—2015[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2019, 30(11): 3863 - 3874. (in Chinese)
[25] 刘继来, 刘彦随, 李裕瑞. 中国"三生空间"分类评价与时空格局分析[J]. 地理学报, 2017, 72(7): 1290 - 1304.
LIU Jilai, LIU Yansui, LI Yurui, Classification evaluation and spatial-temporal analysis of "production-living-ecological" spaces in China[J]. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(7): 1290 - 1304. (in Chinese)
[26] 林伊琳, 赵俊三, 张萌, 等. 滇中城市群国土空间格局识别与时空演化特征分析[J/OL]. 农业机械学报, 2019, 50(8): 176 - 191.
LIN Yilin, ZHAO Junsan, ZHANG Meng, et al. Identification of territory space pattern and spatio-temporal evolution analysis of urban agglomeration in central Yunnan[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2019, 50(8): 176 - 191. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx? flag=1&file_no=20190820&journal_id=jcsam. DOI: 10.6041/j.issn.1000-1298.2019.08.020. (in Chinese)