

DOI:10.13869/j.cnki.rswc.2025.01.027; CSTR:32311.14.rswc.2025.01.027.

左文洁, 李玉恒, 杜国明, 等. 基于县域尺度的黑龙江省乡村人地系统耦合测度及其时空演化分析[J]. 水土保持研究, 2025, 32(1): 347-357.

Zuo Wenjie, Li Yuheng, Du Guoming, et al. Coupling measure and spatial-temporal evolution analysis based on county scale of rural human and land system in Heilongjiang Province[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2025, 32(1): 347-357.

基于县域尺度的黑龙江省乡村人地系统 耦合测度及其时空演化分析

左文洁¹, 李玉恒^{2,3}, 杜国明¹, Monika Stanny⁴, 姜博¹

(1.东北农业大学 公共管理与法学院, 哈尔滨 150030; 2.中国科学院 地理科学与资源研究所, 北京 100101;

3.中国科学院大学 资源与环境学院, 北京 100049; 4.波兰科学院农村与农业发展研究所, 华沙 波兰 00-330)

摘要: [目的]探究乡村人地系统耦合协调,为乡村可持续发展,协调乡村人地关系,推进实施乡村振兴战略提供决策参考。[方法]利用空间热点分析、耦合协调度模型等方法研究了黑龙江省 2000—2020 年乡村人地时空演化热点及耦合特征。[结果](1) 2000—2020 年黑龙江省乡村人口呈持续下降的趋势,与此同时,耕地和以农村居民点用地为主的建设用地呈现出小幅度增加的趋势,以工业、交通过地为主的建设用地快速扩张。(2) 研究期内,黑龙江省耕地变化的热点区呈现由西向东转变的趋势,建设用地变化的热点区呈现出逐渐向东、西部扩散的趋势,乡村人口变化的热点区呈现由南部向北部转变的趋势。(3) 黑龙江省乡村人地耦合协调水平整体呈小幅度上升趋势,但大多区县仍处于严重失衡和濒临失调状态。“人口—耕地”协调度由 0.34 上升至 0.38,“人口—建设用地”协调度由 0.44 上升至 0.50。[结论]2000 年以来,黑龙江省乡村人地关系不协调的趋势凸显,制约了乡村可持续发展。调控措施包括科学引导人才回流,因地制宜发挥高耦合协调地区的辐射和带动作用,提高中低耦合协调地区的产业多元化程度和政策支持力度等。

关键词: 人地耦合; 乡村振兴; 可持续发展

中图分类号: K901

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2025)01-0347-11

Coupling measure and spatial-temporal evolution analysis based on county scale of rural human and land system in Heilongjiang Province

Zuo Wenjie¹, Li Yuheng^{2,3}, Du Guoming¹, Monika Stanny⁴, Jiang Bo¹

(1.School of Public Administration and Law, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China;

2.Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101,

China; 3.College of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049,

China; 4.Institute of Rural and Agricultural Development, Polish Academy of Sciences, Warsaw 00-330, Poland)

Abstract: [Objective] The aims of this study are to explore the coupled and coordinated rural human-land systems, to provide decision-making references for the sustainable development of the countryside, the coordination of rural human-land, and to promote the implementation of the rural revitalization strategy. [Methods] The spatial-temporal coupling characteristics of rural population and land in Heilongjiang Province from 2000 to 2020 were revealed by using the analysis of spatial hotspots, coupled coordination degree model. [Results] (1) The rural resident population of Heilongjiang Province showed a continuous decline trend from 2000 to 2020. At the same time, the cultivated land and the construction land increased slightly. The construction land, mainly industrial and transportation land expanded rapidly. (2) During the study period,

收稿日期: 2024-04-25

修回日期: 2024-05-06

资助项目: 国家自然科学基金项目(42171208); 中国科学院特别交流计划(2024 年度); 黑龙江省自然科学基金资助项目(G2018003)

第一作者: 左文洁(2001—), 女, 四川宜宾人, 硕士研究生, 主要研究方向为城乡融合发展与土地利用。E-mail: 2502226442@qq.com

通信作者: 姜博(1979—), 男, 吉林四平市人, 教授, 博士研究生导师, 博士, 主要从事城市与区域发展研究。E-mail: jiangbo_1979@163.com

<http://stbcyj.paperonce.org>

the hot spots of cultivated land change in Heilongjiang Province showed a trend of changing from west to east. The hot spots of construction land change showed a trend of gradually spreading to east and west, and the hot spots of rural population change showed a trend of changing from south to north. (3) The coupled human and land level in Heilongjiang Province showed a small increase, but most districts and counties were still in a state of serious imbalance and near imbalance. The coupling coordination degree of ‘population-cultivated land’ increased from 0.34 to 0.38, and the coupling coordination degree of ‘population-construction land’ increased from 0.44 to 0.50. [Conclusion] Since 2000, the trend of uncoordinated relationship between people and land in rural areas in Heilongjiang Province has become prominent, which restricts the sustainable development of rural areas. The regulation measures include scientifically guiding the return of talents, giving play to the radiation and driving role of areas with high coupling coordination according to local conditions, and improving the degree of industrial diversification and policy support in areas with medium and low coupling coordination.

Keywords: coupled human and land ; rural revitalization; sustainable development

乡村地域系统是由人文、经济、资源与环境在相互作用下构成的具有一定结构、功能和区际联系的乡村空间体系^[1]。人和地是乡村地域系统的重要组成部分,二者之间存在着复杂的相互反馈机制,从而促进乡村的发展^[2-3]。随着人类生产力水平的提高,早期人地关系经历了“环境制约人类的原始共生关系—人类改造环境的矛盾频生关系—人类征服环境的全面恶化关系”的演化阶段^[4]。人们片面地追求经济增长,导致自然资源短缺、生态破坏,地理环境污染严重,由此诱发了一系列的自然灾害(洪涝、干旱等),使人类遭受了巨大的损失;因此,人们认识到人与地是一个命运共同体,并提出了走人地和谐共生、可持续发展的道路。直到今天,人们逐渐对二者形成了从对立关系到协调关系,再到融合关系的理论认知^[5]。在这个认知深化的过程中,全球化、工业化与城市化也在快速推进,出现了乡村人口不断向城镇聚集的现象,由此引发的乡村人口流失、空心化等问题,严重阻碍了乡村人地系统的耦合协调发展,同时也滞缓了乡村可持续发展进程^[6-9]。国家统计局的数据显示,2022 年,我国外出农民工的数量达到 17190 万人,同比增长 0.1%,未来这种趋势还将不断加剧。乡村人口流失,对农业生产和乡村经济发展带来了挑战,农民不再以地为生的特征越来越凸显;除此之外,人口老龄化问题突出,2020 年我国共有 60 岁以上人口 2.64 亿人,接近总人口的 20%。乡村人口流失与老龄化使得大量土地被闲置,乡村人地系统正面临着失衡的挑战^[10]。

黑龙江省是我国粮食生产大省,在保障国家粮食安全和农产品供给方面起着关键作用,但同时该省也是我国人口流失最严重的地区之一。人口普查数据显示,2020 年黑龙江省人口下降到 3185 万人,与 2010 年

相比,共下降 646 万人,下降速率达到 16.86%。大量人口外流,加剧了黑龙江省乡村发展的不稳定和脆弱性。因此,人地系统耦合研究成为破解乡村经济发展和保护环境的重点,科学地认知人地系统的互动关系既是实现人地耦合协调发展的重要依据,也是实现乡村振兴和可持续发展的必由之路^[11]。目前,生态系统服务、土地保护、管理等成为学术界研究人地系统耦合的热点^[12];邱坚坚等梳理了生态系统服务与人类福祉的关系,丰富了人地系统耦合研究的关键命题^[13];宋永永等基于“VSD 模型”,探究了宁夏限制开发生态区人地耦合系统脆弱性的时空演化特征及影响因素^[14];赵文武等结合生态系统服务与人地耦合协调框架,提出了未来生态系统研究的重点方向^[15]。梳理已有文献可知,人地系统耦合的研究方法主要包括耦合协调度分析、指标构建法、空间探测与统计分析法等^[16-17],研究尺度多集中于黄河流域、北方农牧交错区以及干旱区^[18-20],研究视角主要从时空特征、影响因子、生态优化等方面入手^[21-22]。现有研究多从“人一地”两个视角出发,选取多个指标进行人地耦合协调分析,但缺乏聚焦于人口收缩这个大背景,且少有从土地利用的视角,使用“人口—土地”的数量变化,对入地系统耦合演化进行直观的分析。

目前,我国“脱贫攻坚战”已全面胜利,正处于建设社会主义现代化强国的关键期,乡村的发展起着至关重要的作用。党的二十大报告指出,要全面推进乡村振兴,到 2035 年我国基本实现农业现代化,农村基本具备现代生活条件,全方位夯实粮食安全根基,牢牢守住十八亿亩耕地红线^[23]。而黑龙江省作为我国重要的粮食生产基地、区域协调发展的重点区域,同时也是人口流失、土地利用不当最为严重的地区之

一,乡村的发展面临着诸多的挑战与机遇。基于此,本文紧跟时代潮流,坚持国家政策导向,从土地利用的视角出发,以黑龙江省为例,探究乡村人地系统时空演化过程与耦合特征,为科学协调人地关系,优化黑龙江省及其他人口流失严峻地区的人地资源配置,因地制宜推进乡村振兴战略提供依据参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

黑龙江省地处我国东北部,辖哈尔滨、齐齐哈尔、鸡西、鹤岗、双鸭山、大庆等12个地级市和一个大兴安岭地区,总面积为47.3万km²;2022年末该地区常住人口总数为3 099万人,其中城镇人口2 052万人,乡村人口1 047万人,常住人口城镇化率为66.2%,国内生产总值占全国生产总值的1.3%,为1.58×10¹²元。2022年黑龙江省耕地面积1 713万hm²,同比2020年下降0.37%。

黑龙江省是我国粮食生产大省,有着“中华大粮仓”的美称,2022年黑龙江粮食总产达7 763万t,占全国的11%。该省所处的地区是全球四大黑土区之一,拥有着丰富的黑土资源,具有得天独厚的自然资源环境优势。如图1所示,黑龙江省地形特征为西北、北部、东南部高,东北、西南部低,由山地、平原、水域构成,土地利用类型以水田、旱地、林地为主。然而,黑龙江也是我国人口流失最严重的地区之一,且人口老龄化加剧,呈现人口低出生率、低死亡率、低自然增长率的负增长态势^[24]。乡村人口向城市流动,农村劳动力不断减少,农业劳动力不足成为一个突出问题,导致大量农地闲置、农业生产能力下降,进一步加剧土地利用率低下的问题,严重阻碍了黑龙江省乡村经济发展与振兴。2003年国家提出了“振兴东北”的战略要求,旨在通过一系列政策与措施,吸引人才回流,提升土地利用效率,促进东北地区的经济发展。

1.2 热点分析

热点分析是一种对当前社会的热门话题,如人口统计、农田建设、基础设施分布等进行深入研究和解析的方法^[25-26],可分析得到各要素空间聚集的位置和分布规律。通过对热点话题进行收集与分析,可以揭示出不同热点议题的重要性、影响力以及关键影响因素等信息。因此,本文利用ArcGIS 10.7,分别对黑龙江乡村地区的人口、耕地和建设用进行分析,揭示三项指标冷热点区域的空间分布与变化情况。本文依据 G_i Z-score,将研究区各县区划分为冷点区、次冷点区、次热点区和热点区4个分区;热点区意味着变量变化较频繁,反之,冷点区意味着

该区域变化较弱。冷热点分析具体模型如式(1)和式(2)所示。

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} x_j - \bar{X} \sum_{j=1}^n w_{ij}}{S \sqrt{\sum_{j=1}^n w_{ij}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{ij})^2}} \quad (1)$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} x_j}{n}, S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n x_j^2}{n} - (\bar{X})^2} \quad (2)$$

式中: G_i^* 反映了要素空间聚集性,能够揭示各要素变化量的冷热点情况; n 为格网总数; x_j 是每个统计网格的属性值; w_{ij} 是要素权重; \bar{X} 指权重平均值; S 为权重标准差。

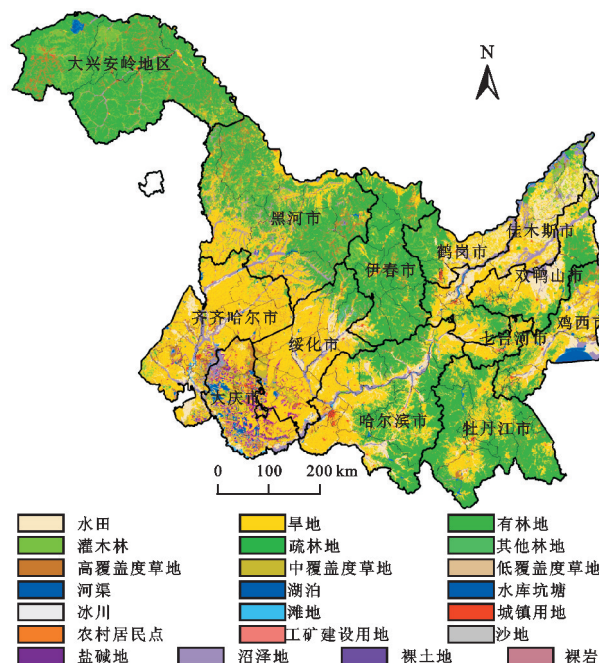


图1 2020年黑龙江省土地利用类型

Fig. 1 Land-use types of Heilongjiang in 2020

1.3 耦合协调度模型

耦合能够揭示系统间关系的密切程度。两系统间的相互影响有良性与非良性之分,良性的相互影响表现为两者的相互促进、共同发展,非良性的相互影响则表现为两者的相互制约。本文使用耦合协调度模型揭示黑龙江省乡村人地耦合协调发展情况,其表达式为:

$$C = 2 \sqrt{\frac{(U_1 \times U_2)}{(U_1 + U_2)^2}} \quad (3)$$

式中: C 为两者的耦合度; U_1 为人口变化率; U_2 为土地变化率。根据耦合度值可划分为4个阶段,当 C 属于(0,0.3]为低水平耦合阶段,(0.3,0.5]为拮抗阶段,(0.5,0.8]为磨合阶段,(0.8,1]为高水平耦合阶段。

协调度是在耦合度计算结果基础之上进行的,具体公式如下:

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (4)$$

$$T=\alpha U_1+\beta U_2$$

(5)

$$\alpha+\beta=1$$

(6)

式中: D 为两者的协调度,本文认为人与地同等重要,故 α 和 β 取值均为 0.5。

1.4 数据来源

本文研究期为 2000—2020 年,研究对象为黑龙江省乡村区域,研究单元为区县,所使用的数据包括乡村人口统计数据和建设用地、耕地数据。耕地为水田、旱地之和,建设用地为农村居民点与工业交通用地之和。依据中国现行城乡划分标准,提取市辖区、不设区的市、县、自治县、旗、自治旗政府驻地的镇为城镇区域,城镇以外地区为乡村区域,对于黑龙江省城乡区域进行划分。根据划分出的乡村区域在 Arc-GIS 10.7 中提取土地利用数据。

数据获取。本文数据获取来自多渠道,来源类型主要归于两类:一是公开出版物,二是互联网网站。人口数据来自《全国第五/六/七次人口普查数据》;而土地数据提取于中国科学院资源环境数据云平台的土地利用数据,数据类型为栅格数据,数据精度为 30 m。该数据的土地利用类型包括水田、旱地、农村居民点、城镇用地等 25 个二级类型。

2 结果与分析

2.1 乡村人口、建设用地、耕地变化分析

如表 1 所示,展示了黑龙江省 2000—2020 年乡村人口及土地变化规模与速率。2000—2020 年黑龙江乡村人口始终处于减少的趋势,从 2000 年的 1 756.55 万人减少到 2020 年的 1 095.13 万人,共减少了 661.43 万人,下降速率为—37.66%。其中,后十年的人口流失较前十年严重。2000—2010 年减少了 57.94 万人,下降率为—3.30%,2010—2020 年减少了 603.49 万人,变化率为—35.53%。一个国家 60 岁及以上的人口比重超过 10%,或 65 岁及以上的人口比重超过 7%,那么这个国家就已进入老龄化社会。第三次人口普查数据显示,黑龙江省 60 岁以上人口占总人口的比重达到了 23.22%,已步入老龄化社会,其中,鸡西市和牡丹

江市老龄化最为严重,60 岁以上人口比重分别达到 25.22%,25.25%,人口结构严重失调。

2000—2020 年黑龙江省建设用地增长了 392.60 km²,增长率为 5.60%;农村居民点用地经历了由小规模减少到增长的变化过程,从 6 843.61 km²增加到 6 894.96 km²,共增加了 51.35 km²,增长率为 0.75%;其中,2000—2010 年减少 9.96 km²,下降率为—0.15%,而 2010—2020 年增加 61.30 km²,增长率为 0.9%。工业与交通用地增长了 341.26 km²,增长率为 197.74%,共增长 341.26 km²;其中,2000—2010 年增长 191.99 km²,增长率为 111.24%;而 2010—2020 年增长 149.27 km²,增长率为 40.94%;20 年间,黑龙江省工业与交通用地始终处于扩张的态势。

2000—2020 年黑龙江省耕地面积处于小规模增长的状态,变化率为 2.17%,其中,2000—2010 年耕地增长了 2 784.59 km²,增长率为 1.80%,佳木斯抚远市增长最快,增长速率达到 48.95%;2010—2020 年耕地增长了 576.50 km²,增长率为 0.37%,伊春市友好区增长最快,增长速率达到 260.04%。

2.2 乡村人口及土地变化热点分析

图 2 为黑龙江省耕地变化热点图,可以看出,2000—2010 年耕地变化的热点区域主要集中于黑龙江省北部地区,主要包括黑河市、佳木斯市等,其中佳木斯市抚远市的增长速率最高,为 48.95%,耕地面积从 2000 年的 1 845.19 km²增加到 2010 年的 2 748.46 km²;冷点区域集中在中部与东南部地区。2010—2020 年耕地变化的热点区逐渐向东部转移,主要包括伊春市、鸡西市和双鸭山市等,其中伊春市友好区的增长速率最高,为 260.04%,耕地面积从 2010 年的 74.40 km²增加到 2020 年的 267.87 km²。而前十年的东部冷点区逐渐转变为次热点区,主要包括牡丹江市、佳木斯市、七台河市等;黑河市逐渐由热点区向冷点区转变,西南部次热点区逐渐向次冷点区转变。从空间上看,黑龙江省 2000—2020 年耕地变化的热点区呈现由西向东转变的趋势,而冷点区呈现由西北向东南转变的趋势。

表 1 2000—2020 年黑龙江省乡村人口及土地利用变化

Table 1 Rural population and land use changes in Heilongjiang Province, 2000—2020

时间	乡村人口		建设用地						耕地	
			总变化量		工业与交通用地		农村居民点用地			
	变化规模/ 万人	变化 速率/%	变化 规模/km ²	变化 速率/%	变化 规模/km ²	变化 速率/%	变化 规模/km ²	变化 速率/%	变化 规模/km ²	变化 速率/%
2000—2020	661.43	—37.66	392.60	5.60	341.26	197.74	51.35	0.75	3361.09	2.17
2000—2010	57.94	—3.30	182.03	2.59	191.99	111.24	9.96	—0.15	2784.59	1.80
2010—2020	603.49	—35.53	210.57	2.93	149.27	40.94	61.30	0.90	576.50	0.37

图 3 为黑龙江省建设用地变化热点图,可以看出,2000—2010 年,建设用地变化热点区域主要集中于黑龙江省西南部和北部地区,主要包括绥化市和伊春市等,其中伊春市嘉荫县的增长速率最高,为 252.18%,建设用地从 2000 年的 10.63 km² 增加到 2010 年的 37.43 km²。2010—2020 年热点区主要集中于黑龙江省东部、西北部地区,包括牡丹江市、鸡西市、双鸭山市等;其中七台河市桃山区的增长速率最高,为 659.15%,建设用地从 2010 年的 2.55 km² 增加到 2020 年的 19.37 km²。西北部次冷点区逐渐向热点区转变,包括黑河市、齐齐哈尔市等。从空间上看,黑龙江省 2000—2020 年建设用地变化的热点区呈现出逐渐向东、西部扩散的趋势,而冷点区呈现由东向西转变的趋势。

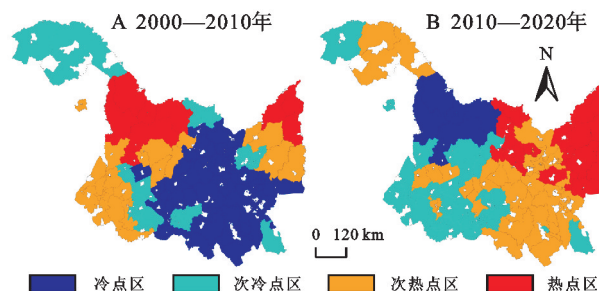


图 2 黑龙江省乡村耕地变化热点空间分布

Fig. 2 Spatial distribution map of rural cultivated land change hotspot in Heilongjiang Province

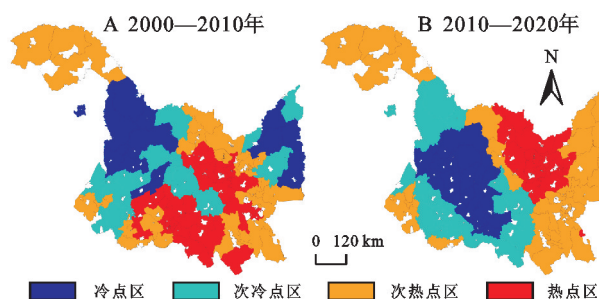


图 3 黑龙江省乡村建设用地变化热点空间分布

Fig. 3 Spatial distribution map of the rural construction land change hotspot in Heilongjiang Province

图 4 为黑龙江省乡村人口变化热点图,可以看出,2000—2010 年乡村人口变化的热点区域主要集中于黑龙江省中南部地区,主要包括哈尔滨市、牡丹江市、伊春市等,其中牡丹江市绥芬河市的下降速率达到 -71.22%,乡村人口从 2000 年的 13 735 人减少到 2010 年的 3 952 人;冷点区域集中在西部和东北部地区,主要包括黑河市、佳木斯市、鸡西市等。2010—2020 年乡村人口减少的热点区主要集中于黑龙江省北部地区,主要包括鹤岗市、佳木斯市、伊春市等,其中伊春市友好区的下降速率最高,为 -100.00%,乡村人口从 2010 年的 1 352 人减少到 2020 年的 0 人;冷点

区主要集中于西部绥化市、齐齐哈尔市等。从空间上看,2000—2020 年黑龙江省乡村人口变化的热点区呈现由南部向北部转变的趋势,而冷点区呈现由东北、西北部向南部转变的趋势。

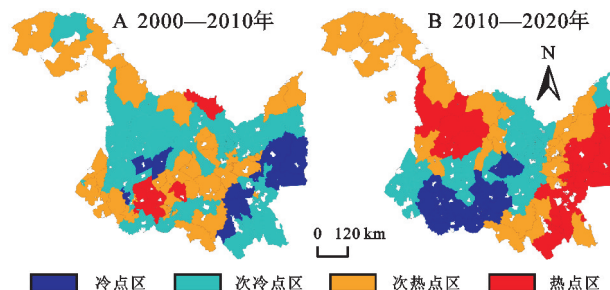


图 4 黑龙江省乡村人口变化热点空间分布

Fig. 4 Spatial distribution map of rural population change hotspot in Heilongjiang Province

2.3 乡村人地耦合协调度阶段划分

表 2—5 为 2000—2010 年、2010—2020 年黑龙江省乡村“人口—耕地”“人口—建设用地”耦合协调度类型划分表。整体上看,2000—2010 年与 2010—2020 年,黑龙江省乡村人地耦合主要以磨合阶段和高水平耦合阶段为主,但大多区县处于严重失调与濒临失调状态。具体来看,2000—2010 年,耦合度方面,乡村“人口—耕地”有 41 个区县处于磨合阶段,例如阿城区、北安市等;50 个区县处于高水平耦合阶段,例如爱辉区、爱民区等;14 个区县处于低水平耦合阶段,16 个区县处于拮抗阶段;乡村“人口—建设用地”有 27 个区县处于磨合阶段,例如巴彦县、北安市等;71 个区县处于高水平耦合阶段,例如爱辉区、爱民区等;7 个区县处于低水平耦合阶段,16 个区县处于拮抗阶段;协调度方面,乡村“人口—耕地”有 70 个区县处于严重失调阶段,如巴彦县、宾县等,24 个区县处于濒临失调状态;乡村“人口—建设用地”各有 40 个区县处于严重失调和濒临失调阶段。2010—2020 年,耦合度方面,乡村“人口—耕地”处于磨合阶段和高水平耦合阶段的区县数量有所下降,而“人口—建设用地”处于磨合阶段和高水平耦合阶段的区县数量有所上升;协调度方面,乡村“人口—耕地”和“人口—建设用地”处于严重失调阶段的区县数量均有所下降,濒临失调阶段区县数量均有所上升。

表 6—7 为 2000—2020 年黑龙江省乡村“人口—耕地”“人口—建设用地”耦合协调度类型划分表。整体上看,2000—2020 年,黑龙江省乡村人地耦合主要以低水平耦合阶段为主,且大多区县处于严重失调与濒临失调状态。具体来看,耦合度方面,乡村“人口—耕地”有 44 个区县处于低水平耦合阶段,例如爱民区、拜泉县等;17

个区县处于高水平耦合阶段,例如东安区、东宁市等;32 个区县处于拮抗阶段,28 个区县处于磨合阶段。“人口—建设用地”有 21 个区县处于低水平耦合阶段,30 个区县处于拮抗阶段,32 个区县处于磨合阶段,38 个区县处于高水平耦合阶段。协调度方面,乡村“人口—耕地”有 61 个区县处于严重失调的状态,占总

区县数量的一半,该阶段黑龙江省乡村“人口—耕地”矛盾突出;濒临失调区县的个数为 40 个。而“人口—建设用地”严重失调的区县有 42 个,占总区县数的 34.71%,濒临失调的区县有 38 个,中度协调的区县有 28 个,高度协调的区县有 13 个。由此可以看出,黑龙江省乡村人地关系较为紧张,人地矛盾突出。

表 2 2000—2010 年黑龙江省乡村“人口—耕地”耦合协调度

Table 2 Coupled coordination degree of ‘population-cultivated land’ in rural areas of Heilongjiang Province

C	类型	区县数/个	典型县域
(0~0.3]	低水平耦合阶段	14	海伦市、集贤县、梅里斯达斡尔、绥棱县等
(0.3~0.5]	拮抗阶段	16	昂昂溪区、富拉尔基区、鸡东县、嘉荫县等
(0.5~0.8]	磨合阶段	41	阿城区、北安市、宾县、勃利县、甘南县等
(0.8~1]	高水平耦合阶段	50	爱辉区、爱民区、安达市、宝清县、巴彦县等
D	类型	区县数/个	典型县域
(0~0.3]	严重失调	70	巴彦县、宾县、安达市、宝清县、拜泉县等
(0.3~0.5]	濒临失调	24	加格达奇、爱辉区、昂昂溪区、城子河区等
(0.5~0.8]	中度协调	22	爱民区、鸡冠区、红岗区、塔河县、向阳区等
(0.8~1]	高度协调	5	丰林县、漠河市等

表 3 2000—2010 年黑龙江省乡村“人口—建设用地”耦合协调度

Table 3 Coupled coordination degree of ‘population-construction land’ in rural areas of Heilongjiang Province

C	类型	区县数/个	典型县域
(0~0.3]	低水平耦合阶段	7	安达市、前进区、绥棱县等
(0.3~0.5]	拮抗阶段	16	昂昂溪区、抚远市、海伦市、集贤县等
(0.5~0.8]	磨合阶段	27	巴彦县、北安市、城子河区、富锦市、甘南县等
(0.8~1]	高水平耦合阶段	71	爱辉区、爱民区、北林区、道里区等
D	类型	区县数/个	典型县域
(0~0.3]	严重失调	40	阿城区、宾县、安达市、勃利县、拜泉县等
(0.3~0.5]	濒临失调	40	爱辉区、昂昂溪区、巴彦县、宝清县等
(0.5~0.8]	中度协调	29	爱民区、道里区、嘉荫县、麻山区等
(0.8~1]	高度协调	12	伊美区、桃山区、南岔县、金林区等

表 4 2010—2020 年黑龙江省乡村“人口—耕地”耦合协调度

Table 4 Coupled coordination degree of ‘population-cultivated land’ in rural areas of Heilongjiang Province

C	类型	区县数/个	典型县域
(0~0.3]	低水平耦合阶段	21	北安市、富裕县、海伦市、集贤县、嘉荫县等
(0.3~0.5]	拮抗阶段	32	阿城区、拜泉县、北林区、宾县、勃利县等
(0.5~0.8]	磨合阶段	35	安达市、巴彦县、宝清县、滴道区、甘南县等
(0.8~1]	高水平耦合阶段	33	爱辉区、爱民区、道里区、东安区、方正县等
D	类型	区县数/个	典型县域
(0~0.3]	严重失调	44	拜泉县、望奎县、嘉荫县、集贤县、宾县等
(0.3~0.5]	濒临失调	53	加格达奇、巴彦县、呼玛县等
(0.5~0.8]	中度协调	20	爱辉区、塔河县、向阳区、林口县等
(0.8~1]	高度协调	4	大箐山县、丰林县、友好区、汤旺县

2.4 乡村人地耦合协调度时空演化分析

图 5—6 为黑龙江省乡村“人口—耕地”“人口—建设用地”耦合协调度时空演化示意图。2000—2010 年,

黑龙江省乡村“人口—耕地”耦合度均值为 0.67,协调度均值为 0.33;“人口—建设用地”耦合度均值为 0.76,协调度均值为 0.43。“人口—耕地”磨合阶段和高水平耦合

阶段的区县共有 91 个区县,占总区县数的 75.21%;严重失调和濒临失调的区县共 94 个,占总区县数的 77.69%;“人口—建设用地”磨合阶段和高水平耦合阶段的区县共有 69 个区县,占总区县数的 57.02%,严重失调和濒临失调的区县数量共 80 个,占总区县数的 66.12%。

2010—2020 年,黑龙江省乡村“人口—耕地”耦合度均值为 0.56,协调度均值为 0.37;“人口—建设用地”耦合度均值为 0.79,协调度均值为 0.50;与 2000—2010 年相比,黑龙江省乡村“人口—耕地”“人口—建设用地”协调度均呈现小幅度上升的趋势。

表 5 2010—2020 黑龙江省乡村“人口—建设用地”耦合协调度

Table 5 Coupled coordination degree of ‘population-construction land’ in rural areas of Heilongjiang Province			
C	类型	区县数/个	典型县域
(0~0.3]	低水平耦合阶段	5	桦川县、龙江县、南山区等
(0.3~0.5]	拮抗阶段	10	爱辉区、勃利县、富裕县、集贤县等
(0.5~0.8]	磨合阶段	33	昂昂溪区、北安市、宾县、东安区、甘南县等
(0.8~1]	高水平耦合阶段	73	阿城区、爱民区、安达市、巴彦县、道里区等
D	类型	区县数/个	典型县域
(0~0.3]	严重失调	17	爱辉区、富裕县、桦川县等
(0.3~0.5]	濒临失调	49	宾县、勃利县、道里区、呼玛县等
(0.5~0.8]	中度协调	46	爱民区、青冈县、红岗区等
(0.8~1]	高度协调	9	尖山区、平房区、桃山区

表 6 2000—2020 年黑龙江省乡村“人口—耕地”耦合协调度

Table 6 Coupled coordination degree of ‘population-cultivated land’ in rural areas of Heilongjiang Province			
C	类型	区县数/个	典型县域
(0~0.3]	低水平耦合阶段	44	爱民区、拜泉县、道外区、克东县、克山县等
(0.3~0.5]	拮抗阶段	32	阿城区、巴彦县、宾县、方正县、海林市等
(0.5~0.8]	磨合阶段	28	爱辉区、富裕县、甘南县、恒山区、鸡冠区、尖山区等
(0.8~1]	高水平耦合阶段	17	东安区、东宁市、杜尔伯特蒙古族、抚远市、富锦市等
D	类型	区县数/个	典型县域
(0~0.3]	严重失调	61	拜泉县、爱民区、安达市、巴彦县等
(0.3~0.5]	濒临失调	40	加格达奇、富裕县、嘉荫县、饶河县等
(0.5~0.8]	中度协调	16	抚远市、平房区、塔河县、香坊区、金林区等
(0.8~1]	高度协调	4	友好区、漠河市、丰林县、乌翠区

2000—2020 年,“人口—耕地”耦合度呈现“四周高一中间低”的空间分布特征,协调度以严重失调为主;“人口—建设用地”耦合度呈现“南北高一中间低”的空间分布特征,协调度以严重失调为主。黑龙江省乡村“人口—耕地”耦合度均值为 0.44,协调度均值为 0.34,处于“拮抗阶段—濒临失调”状态;“人口—建设用地”耦合度均值为 0.59,协调度均值为 0.43,处于“磨合阶段—濒临失调”状态,可以看出,尽管黑龙江省乡村人地耦合协调度整体上呈上升趋势,但大多区县仍处于严重失调与濒临失调状态。“人口—耕地”方面,大兴安岭地区的耦合度最高,达到 0.79,绥化市耦合度最低,为 0.25;伊春市的协调度最高,为 0.64,鹤岗市最低,为 0.18。伊春市友好区为高耦合高协调的典型区县,耦合度与协调度均达到 0.99;伊春市政府表示,伊春市正认真贯彻实施国家关于耕地保护的部署要求,坚决制止耕地“非农化”“非粮化”,立足本地农业优势,优化农业产业结构,为春耕生产和粮食丰收保驾护航,在政策的引导以及伊春人民的共同努力下,伊春市“人口—耕地”朝着更加协调的方向发展^[27]。“人口—建设用地”方面,大兴安岭地区的耦合度最高,达到 0.94,绥化市耦合度最低,为 0.41;伊春市的协调度最高,为 0.70,鹤岗市最低,为 0.25。佳木斯东风区为高耦合高协调的典型区县,耦合度与协调度均超过 0.90;佳木斯东风区积极践行新发展理念,深入推进现代农业示范区、现代和谐城区、产城融合发展等的建设,充分发挥区域优势,坚持农业优先发展,因此该地区注重提高农业现代化水平,工业、交通等建设用地投入资金较多,使其拥有较高的协调发展水平^[28]。总的来看,研究期内,黑龙江省乡村人地耦合关系处于严重失调与濒临失调状态。

表 7 2000—2020 黑龙江省乡村“人口—建设用地”耦合协调度
Table 7 Coupled coordination degree of ‘population-construction land’ in rural areas of Heilongjiang Province

C	类型	区县个数	典型县域
(0~0.3]	低水平耦合阶段	21	拜泉县、宝清县、木兰县、宁安市、青冈县、绥棱县等
(0.3~0.5]	拮抗阶段	30	巴彦县、宾县、滴道区、方正县、甘南县、海林市等
(0.5~0.8]	磨合阶段	32	阿城区、爱民区、北安市、北林区、勃利县、道里区等
(0.8~1]	高水平耦合阶段	38	加格达奇、爱辉区、安达市、城子河区、东安区等
D	类型	区县个数	典型县域
(0~0.3]	严重失调	42	巴彦县、拜泉县、宾县、方正县等
(0.3~0.5]	濒临失调	38	昂昂溪区、呼兰区、道外区、林口县等
(0.5~0.8]	中度协调	28	道里区、抚远市、前进区、南岗区等
(0.8~1]	高度协调	13	鸡冠区、尖山区、金林区、东风区等

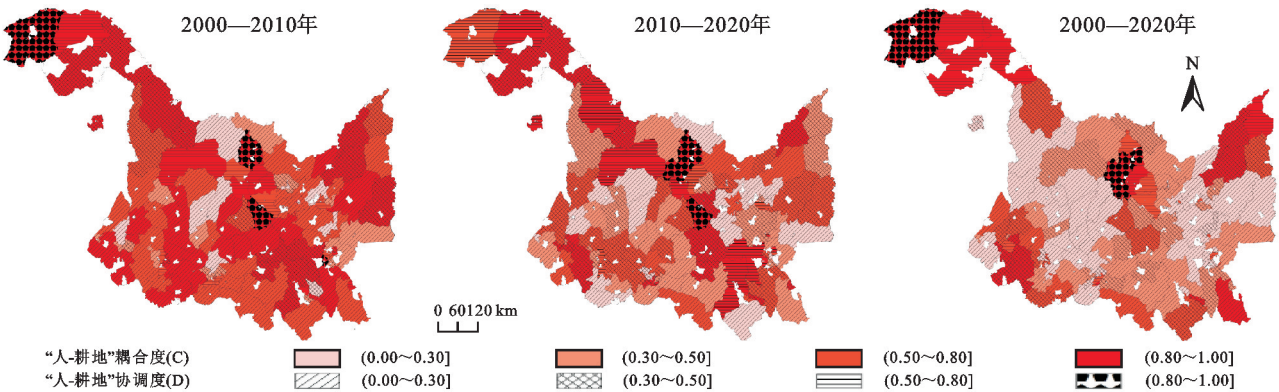


图 5 黑龙江省乡村“人口—耕地”耦合协调度时空演化趋势

Fig. 5 Spatial-temporal evolution trend diagram of human-cultivated coupling coordination degree in Heilongjiang Province

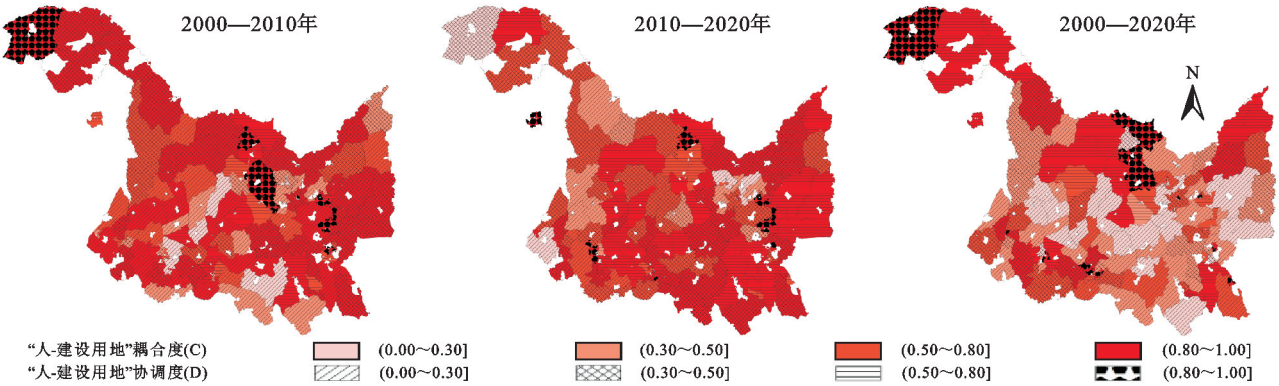


图 6 黑龙江省乡村“人口—建设用地”耦合协调度时空演化趋势

Fig. 6 Spatial-temporal evolution trend diagram of human-construction coupling coordination degree in Heilongjiang Province

3 讨论

当前黑龙江省乡村发展面临着人口流失、老龄化、土地利用不合理等多重问题的挑战,乡村人地不协调的趋势凸显,影响到乡村地域系统的稳定性,阻碍了乡村经济社会发展。人口流失与土地利用之间的矛盾逐渐加剧,大量耕地被闲置、占用,且无法有效流转进行规模化耕种,建设用地无序扩张,研究结果表明黑龙江省大多区县人口流失加剧,乡村人地关系处于严重失调与濒临失调状态。因此,未来应学习借鉴高耦合协调水平地区的乡村发展策略,不断提升乡

村人地耦合协调发展水平,从引导人口回流,培养乡贤能人,推进农业发展转型,支持土地流转与规模化利用,盘活建设用地等方面入手,积极引导乡村适应人地关系变化,提升黑龙江省村城镇化建设水平。基于研究结果和现实境况,本文认为黑龙江省乡村适应性转型策略应聚焦以下几个方面:

(1) 人口流失加剧是黑龙江省人地耦合协调发展的重要难题。因此必须将解决人口流失问题放在首要位置。基于此,政府首先应出台相关福利政策,例如对于回乡创业的人员提供的创业贷款、减税免税等优惠政策,以此吸引大批有志青年回到乡村,为乡村建设注

入新活力。其次,鼓励并支持有志青年、退休人员等成为乡贤能人,引领乡贤能人集聚,提升乡村治理能力,加强乡村公共服务与基础设施建设,吸引更多的人口长久留驻本地区。最后,加强城乡一体化发展规划和政策支持,缩小城乡发展差距,提高乡村地区的生活品质和发展水平,减少人口外流的动力。

(2) 对于高耦合协调水平地区,如友好区、东风区等,应继续保持其现有乡村人地发展策略,更加明确整体规划与定位,发挥辐射与带动作用。首先,加大对此类地区的产业扶持与创新,支持和培育乡村特色产业,推动农村产业结构优化升级,提升农村经济效益。其次,实施乡村生态环境保护与修复工程,加强土地资源的保护和可持续利用,推动农村生态文明建设,打造宜居宜业宜游的乡村环境。最后,与周边城市和地区加强交流合作,共享资源、技术和市场,形成区域联动发展的格局,实现辐射与带动作用。

(3) 对于中耦合协调水平地区,如抚远市等,应避免其向低耦合协调地区转变,推动其向高耦合协调地区靠拢。首先,应结合自身地区资源禀赋,学习借鉴高耦合协调地区的乡村发展策略,针对地区的农业特点,推动农业产业结构调整,促进农村产业多元化发展,加强特色农产品的培育和品牌建设,提高农产品附加值。其次,加强中耦合协调水平地区的科技创新与转化,推动其技术进步和产业升级,提高地区产业竞争力和创新能力。最后,设立专项资金支持中耦合协调地区乡村发展,提供贷款、补贴等金融支持,同时出台税收、土地利用等政策倾斜,吸引更多社会资本投入乡村。

(4) 对于低耦合协调水平地区,即严重失调和濒临失调的地区,如巴彦县、拜泉县等,应着重解决其资源匮乏、资金有限、基础设施滞后等问题。首先,通过整合现有资源,优化资源配置,提高资源利用效率,鼓励低耦合协调地区发展多元化产业,包括农产品加工、乡村旅游、特色手工业等,以提高农民收入和地区经济的多元化程度。其次,加大对低耦合地区的金融支持力度,提供优惠贷款、融资担保等金融服务,帮助地区企业解决融资难题。最后,加大对低耦合协调地区乡村基础设施建设的投入,包括道路、供水、供电、通讯等方面,提高基础设施水平,降低交通和生活成本,促进农村经济发展。

4 结论

(1) 研究期内,黑龙江省乡村人口呈现持续下降的趋势,耕地面积小幅度增长;与此同时,以工业、交通用地为主的建设用地快速扩张,以农村居民点为主的建设用地呈现“先减后增”的趋势。

(2) 研究期内,黑龙江省乡村人口、耕地和建设用地的变化热点区域存在显著的时空差异性。乡村人口变化热点区呈现“由南到北”的转变趋势,耕地变化热点区呈现“由西到东”的转变趋势,建设用地变化热点区呈现向东部、西部扩散的趋势。

(3) 时间演化上,黑龙江省乡村人地耦合协调水平呈小幅度上升趋势,但仍以严重失调和濒临失调状态为主。“人口—耕地”协调度由 0.33 上升至 0.37,“人口—建设用地”协调度由 0.43 上升至 0.50。

(4) 空间分布上,“人口—耕地”耦合度呈现“四周高中间低”的空间分布特征,协调度以严重失调和濒临失调为主;“人口—建设用地”耦合度呈现“南北高中间低”的空间分布特征,协调度以严重失调和濒临失调为主。

参考文献(References):

- [1] 李玉恒,阎佳玉,刘彦随.基于乡村弹性的乡村振兴理论认知与路径研究[J].地理学报,2019,74(10):2001-2010.
Li Y H, Yan J Y, Liu Y S. The cognition and path analysis of rural revitalization theory based on rural resilience[J]. Acta Geographica Sinica, 2019,74(10):2001-2010.
- [2] 吴传钧.论地理学的研究核心:人地关系地域系统[J].经济地理,1991,11(3):1-6.
Wu C J. On the research core of geography-the regional system of man-land relationship[J]. Economic Geography, 1991,11(3):1-6.
- [3] 刘彦随.现代人地关系与人地系统科学[J].地理科学,2020,40(8):1221-1234.
Liu Y S. Modern human-earth relationship and human-earth system science[J]. Scientia Geographica Sinica, 2020,40(8):1221-1234.
- [4] 李小云,杨宇,刘毅.中国人地关系的历史演变过程及影响机制[J].地理研究,2018,37(8):1495-1514.
Li X Y, Yang Y, Liu Y. The evolution process and its mechanism of man-land relationship in China [J]. Geographical Research, 2018,37(8):1495-1514.
- [5] 郝兆印,王成新,白铭月,等.“两山论”:人地关系理论的中国实践与时代升华[J].中国人口·资源与环境,2022,32(3):136-144.
Hao Z Y, Wang C X, Bai M Y, et al. 'Two Mountains' theory: chinese practice and promotion of the theories about human-environment relationship [J]. China Population, Resources and Environment, 2022,32(3):136-144.
- [6] Li Y H, Huang H Q, Song C Y. The nexus between urbanization and rural development in China: evidence from panel data analysis[J]. Growth and Change, 2021, 53(3):1037-1051.
- [7] Liu Y S. Introduction to land use and rural sustainability in China[J]. Land Use Policy, 2018,74:1-4.

- [8] 李玉恒,宋传垚,阎佳玉,等.深度贫困地区乡村地域系统演化研究:以河北省阳原县为例[J].地理科学进展,2020,39(6):951-959.
Li Y H, Song C Y, Yan J Y, et al. Change of rural regional system in deep poverty areas: a case study of Yangyuan County, Hebei Province[J]. Progress in Geography, 2020,39(6):951-959.
- [9] 胡斯威,王永生,曹智.乡村人地系统耦合研究进展与展望[J].地理科学进展,2023,42(12):2439-2452.
Hu S W, Wang Y S, Cao Z. Progress and prospects of rural human-earth system coupling research[J]. Progress in Geography, 2023,42(12):2439-2452.
- [10] Liu S C, Xiao W, Ye Y M, et al. Rural residential land expansion and its impacts on cultivated land in China between 1990 and 2020[J]. Land Use Policy, 2023, 132:106816.
- [11] 赵文武,侯焱臻,刘焱序.人地系统耦合与可持续发展:框架与进展[J].科技导报,2020,38(13):25-31.
Zhao W W, Hou Y Z, Liu Y X. Human-natural coupling system for sustainable development: framework and progress [J]. Science & Technology Review, 2020,38(13):25-31.
- [12] 赵金羽,萨娜,田野,等.基于文献计量的人地系统耦合研究动态及热点[J].生态学报,2024,44(6):2660-2671.
Zhao J Y, Sa N, Tian Y, et al. Research trends and hotspots of man-land system coupling based on bibliometrics[J]. Acta Ecologica Sinica, 2024, 44(6): 2660-2671.
- [13] 邱坚坚,刘毅华,袁利,等.人地系统耦合下生态系统服务与人类福祉关系研究进展与展望[J].地理科学进展,2021,40(6):1060-1072.
Qiu J J, Liu Y H, Yuan L, et al. Research progress and prospect of the interrelationship between ecosystem services and human well-being in the context of coupled human and natural system[J]. Progress in Geography, 2021,40(6):1060-1072.
- [14] 宋永永,米文宝,仲俊涛,等.宁夏限制开发生态区人地耦合系统脆弱性空间分异及影响因素[J].干旱区资源与环境,2016,30(11):85-91.
Song Y Y, Mi W B, Zhong J T, et al. Spatial differentiation and its factors for coupled human-environment interaction systems vulnerability in limited developing ecological zone in Ningxia[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2016,30(11):85-91.
- [15] 赵文武,刘月,冯强,等.人地系统耦合框架下的生态系统服务[J].地理科学进展,2018,37(1):139-151.
Zhao W W, Liu Y, Feng Q, et al. Ecosystem services for coupled human and environment systems [J]. Progress in Geography, 2018,37(1):139-151.
- [16] 田亚平,向清成,王鹏.区域人地耦合系统脆弱性及其评价指标体系[J].地理研究,2013,32(1):55-63.
Tian Y P, Xiang Q C, Wang P. Regional coupled human-natural systems vulnerability and its evaluation indexes [J]. Geographical Research, 2013,32(1):55-63.
- [17] 刘希朝,李效顺,和伟康,等.人地耦合协调度与“三生”空间配置研究:以江苏省为例[J].现代城市研究,2022, 37(10):66-72.
Liu X Z, Li X S, He W K, et al. The coupling coordination degree of human-land and the spatial allocation of “production-living-ecological”: a case study of Jiangsu Province[J]. Modern Urban Research, 2022,37(10): 66-72.
- [18] 刘焱序,傅伯杰,王帅,等.旱区人地耦合系统水-粮食-生态关联研究述评[J].地理研究,2021,40(2):541-555.
Liu Y X, Fu B J, Wang S, et al. Review and prospect of the water-food-ecosystem nexus in dryland's Coupled Human-Earth System [J]. Geographical Research, 2021,40(2):541-555.
- [19] 崔潇,王永生,施琳娜.北方农牧交错带人地系统耦合协调的时空特征及障碍因子[J].农业资源与环境学报,2023,40(1):206-217.
Cui X, Wang Y S, Shi L N. Spatio-temporal characteristics and obstacle factors of human-land system coupling coordination in farming-pastoral ecotone of northern China[J]. Journal of Agricultural Resources and Environment, 2023,40(1):206-217.
- [20] 刘彦随,夏军,王永生,等.黄河流域人地系统协调与高质量发展[J].西北大学学报:自然科学版,2022,52(3): 357-370.
Liu Y S, Xia J, Wang Y S, et al. Coordinated human-earth system and high-quality development in Yellow River Basin [J]. Journal of Northwest University: Natural Science Edition,2022,52(3):357-370.
- [21] 刘彦随,璩路路.近30年三峡库区用地格局变化与人地系统演化[J].长江流域资源与环境,2022,31(8): 1664-1676.
Liu Y S, Qu L L. Land use pattern change and human-earth system evolution in Three Gorges Reservoir Area in recent 30 years[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2022,31(8):1664-1676.
- [22] 宫清华,张虹鸥,叶玉瑶,等.人地系统耦合框架下国土空间生态修复规划策略:以粤港澳大湾区为例[J].地理研究,2020,39(9):2176-2188.
Gong Q H, Zhang H O, Ye Y Y, et al. Planning strategy of land and space ecological restoration under the framework of man-land system coupling: take the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area as an example[J]. Geographical Research, 2020, 39(9):

- 2176-2188.
- [23] 中国共产党第二十次全国代表大会.高举中国特色社会主义伟大旗帜,为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗[R].北京,新华社,2020.
- The 20th National Congress of the Communist Party of China. Hold high the great banner of socialism with Chinese characteristics, and unite together to build a modern socialist country in an all-round way [R]. Beijing, Xinhua, 2020.
- [23] 中国共产党第二十次全国代表大会.高举中国特色社会主义伟大旗帜,为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗[R/OL].北京,新华社,2020,10-25.https://www.gov.cn/gongbao/content/2022/content_5722378.htm
- The 20th National Congress of the Communist Party of China. Hold high the great banner of socialism with Chinese characteristics, and unite together to build a modern socialist country in an all-round way[R/OL]. Beijing, Xinhua, 2020, 10-25.https://www.gov.cn/gongbao/content/2022/content_5722378.htm
- [24] 王巍,路春艳,王英哲.黑龙江省资源型城市人口流失问题与对策[J].中国人口·资源与环境,2018,28(S2):63-66.
- Wang W, Lu C Y, Wang Y Z. Problems countermeasures of population loss in resource-based cities in Heilongjiang [J]. China Population, Resources and Environment, 2018, 28(S2): 63-66.
- [25] 禹文豪,艾廷华,刘鹏程,等.设施 POI 分布热点分析的网络核密度估计方法[J].测绘学报,2015,44(12):1378-1383,1400.
- Yu W H, Ai T H, Liu P C, et al. Network kernel density estimation for the analysis of facility POI hotspots[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2015, 44(12): 1378-1383, 1400.
- [26] 赵冬玲,何珊珊,林尚纬,等.基于 TOPSIS 和热点分析的高标准农田建设优先区选择[J].农业机械学报,2017,48(7):153-158.
- Zhao D L, He S S, Lin S W, et al. Selection of high-standard farmland construction priority area based on TOPSIS and hotspot analysis[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2017, 48(7): 153-158.
- [27] 伊春市人民政府.伊春市推进黑土耕地保护三年行动计划 2020 年度工作实施方案[EB/OL].2020-6-16, <https://www.yc.gov.cn/yysrmzf/c102111/202012/108370.shtml>.
- Yichun Municipal People's Government. Yichun City to promote the black soil farmland protection three-year action plan 2020 work implementation plan [EB/OL]. 2020-6-16, <https://www.yc.gov.cn/yysrmzf/c102111/202012/108370.shtml>.
- [28] 佳木斯市人民政府.东风区委书记讲党课贯彻落实省党代会精神[EB/OL].2017-5-19, <https://www.jms.gov.cn/html/index/column/content/2017/05/11495181977832.html>.
- The Jiamusi People's Government. Dongfeng District Party Committee secretary speaks party lessons to implement the spirit of the provincial Party Congress [EB/OL]. 2017-5-19, <https://www.jms.gov.cn/html/index/column/content/2017/05/11495181977832.html>.
- ~~~~~
- (上接第 346 页)
- [24] 王劲峰,徐成东.地理探测器:原理与展望[J].地理学报,2017,72(1):116-134.
- Wang J F, Xu C D. Geodetector: principle and prospective[J]. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(1): 116-134.
- [25] 王一,郝利娜,许强,等.2001—2019 年黄土高原植被覆盖度时空演化特征及地理因子解析[J].生态学报,2023,43(6):2397-2407.
- Wang Y, Hao L N, Xu Q, et al. Spatio-temporal variations of vegetation coverage and its geographical factors analysis on the Loess Plateau from 2001 to 2019 [J]. Acta Ecologica Sinica, 2023, 43(6): 2397-2407.
- [26] 金贵,郭柏枢,成金华,等.基于资源效率的国土空间布局及支撑体系框架[J].地理学报,2022,77(3):534-546.
- Jin G, Guo B S, Cheng J H, et al. Layout optimization and support system of territorial space: an analysis framework based on resource efficiency[J]. Acta Geographica Sinica, 2022, 77(3): 534-546.
- [27] 罗逸臻,黄远程,王涛.关中平原城市群生态环境质量时空变化特征及其驱动力[J].地球科学与环境学报,2023,45(6):1316-1329.
- Luo Y Z, Huang Y C, Wang T. Spatial-temporal variation characteristics of ecological environment quality and their driving forces in Guanzhong Plain urban agglomeration, China [J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2023, 45(6): 1316-1329.