

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2017.12.018

基于两维图论聚类法的东北地区土地利用分区研究

路 昌 雷国平 周 浩 张 傲 张康康 杨雪昕

(东北大学土地管理研究所, 沈阳 110169)

摘要: 土地利用分区是土地利用总体规划的基础和关键内容,对于确定区域未来土地利用方向、制定土地利用结构与空间布局调整策略,实现区域土地差异化管理与可持续利用具有重要意义。本文通过构建表征粮食主产区土地利用“本底-现状-潜力”三维状态的指标体系,运用两维图论聚类法对东北地区 184 个县级行政单元进行土地利用分区研究,并提出差异化的土地利用调控措施。结果表明:土地利用“本底-现状-潜力”三维评价指标体系可以清晰地反映土地利用的自然本底条件、开发现状和未来发展潜力特征;两维图论聚类法和 GIS 定性分析法相结合得到的东北地区土地利用分区结果具有较好的空间连续性和区划完整性;将东北地区划分为城市综合发展区(3 个)、土地利用区(2 个农牧、1 个农林和 1 个农林牧)和林农生态区(5 个),针对不同类型区采取不同的土地利用指标调控措施。

关键词: 土地利用分区; 县域; 东北地区; 粮食主产区; 两维图论聚类法

中图分类号: F301.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2017)12-0155-10

Land Use Zoning in Northeast China Based on Two-dimension Graphics Cluster Methods

LU Chang LEI Guoping ZHOU Hao ZHANG Ao ZHANG Kangkang YANG Xuexin
(Institute of Land Management, Northeastern University, Shenyang 110169, China)

Abstract: Land use zoning is the basis and key elements of the overall land use planning. It is important to determine the future land use direction, formulate the land use structure and spatial layout adjustment strategy, and realize the regional land differentiation management and sustainable utilization. As the most important commodity grain base in China, Northeast China has a significance to the national food security. However, the economic development level of different provinces in Northeast China is quite different. The development of regional economy is unbalanced. The index system of characterizing the three-dimensional state of land use in the main grain producing areas was constructed, and the two-dimensional graph theory clustering method and GIS spatial analysis method were used to study the land use zoning of 184 county-level administrative units in northeast region, and differentiated land use regulation measures were put forward. The results showed that the three-dimensional evaluation index system of land use can clearly reflect the natural background condition, development status and future development potential of land use; the results of land use zoning in Northeast China obtained by two-dimensional graph clustering and GIS qualitative analysis had good spatial continuity as well as zoning integrity, which improved the feasibility and scientificity of land use zoning. The northeast region was divided into twelve zones consisted of three city comprehensive development zones, two agricultural and animal husbandry land use zones, one agricultural and forestry land use zone, one agricultural, forestry and animal husbandry land use zone, five forestry and agricultural ecological zones. The research had certain reference significance for the management of land use in the main grain producing areas.

Key words: land use zoning; county area; Northeast China; main grain producing area; two-dimension graphics clustering methods

收稿日期: 2017-08-23 修回日期: 2017-10-12

基金项目: 国家自然科学基金项目(41671520)和中央高校基本科研业务费专项资金项目(N161406001)

作者简介: 路昌(1990—),男,博士生,主要从事土地利用与规划研究,E-mail: chang20081990@126.com

通信作者: 雷国平(1963—),男,教授,博士生导师,主要从事土地利用与规划管理研究,E-mail: guopinglei@126.com

引言

土地利用分区是依据地域分异规律,根据土地利用条件、土地利用方式和程度、未来利用方向和管理措施的相似性和差异性,将特定地区的土地划分成不同区域的过程^[1]。土地利用分区作为土地利用总体规划的基础和关键内容,对于确定区域未来土地利用方向、调整土地利用结构和空间布局,进而实现区域土地差异化管理与可持续利用具有重要的意义^[2]。目前,各省(市)分别制定省级土地利用总体规划中的土地利用分区方案,在地域上未打破省级行政界线,且分区依据、分区标准、分区单元等各不相同,人为割裂土地利用的地域共性,不符合土地区域差异化管理的客观规律。作为实现土地利用规划“指标+分区”调控模式中的关键因素,现实中土地利用分区方案的不合理一定程度上弱化了分区调控在土地利用规划中的指导作用和实施效果,造成指标控制强度偏大,区域协调力度偏小,影响区域经济发展协调性。东北地区(黑龙江省、吉林省、辽宁省)作为我国最重要的商品粮基地,近十年较好地完成了保障国家粮食安全的任务,但与此同时省际间经济发展程度却存在着较大差异。区域经济发展不平衡。2004年以来,国家陆续批复《东北地区振兴规划》、《东北振兴“十二五”规划》、《东北振兴“十三五”规划》等方案。在我国经济发展进入新常态的背景下,东北地区作为全国最重要的粮食主产区之一,如何实现保障国家粮食安全、保护地区生态环境和推动区域经济快速发展的和谐统一就显得尤其重要。因此,通过科学合理的土地利用分区,指导东北地区土地差异化、科学化利用和管理,对区域土地协调可持续发展、保护粮食安全、实现东北振兴意义重大^[3]。

针对土地利用分区,目前国内学者依据不同的目的、尺度和方法开展了大量的研究,如土地利用用途分区^[4]、地域分区^[5]、功能分区^[6]、主体功能区^[7]、综合分区^[8]等;研究区域主要集中在京津冀地区^[9]、黄土高原^[8,10]、南方沿海地区^[2,7,11]、南方内陆低山丘陵地区^[5-6,12]等区域,在我国粮食供应中东北地区占有重要地位,但将东北地区作为一个特殊的粮食战略整体进行土地利用分区的研究相对较少;指标体系主要围绕“自然、经济、生态”^[8]、“土地利用程度、集约程度和利用效果”^[10]、“土地利用多样性和土地利用程度”^[12]、“资源环境承载力、开发程度、区域发展潜力”^[1]等角度进行构建,未能针对粮食主产区的区域整体特点全面反映土地利用的自然本底条件、开发现状和未来发展潜力特征;研究方

法以叠置法^[1]、聚类分析法^[2]、主成分分析法^[11]、神经网络^[3]、综合分析法^[8]为主,其中应用较为广泛的是聚类分析法,主要包括 K-means 聚类、系统聚类、神经网络聚类、模糊聚类和两维图论聚类等^[2]。而与其他聚类法相比,两维图论聚类法能在保证各分区内部特征一致性和分区之间特征差异性的前提下,较好地保持各分区空间的连续性和行政区划的完整性,普通聚类方法得到的分区方案很难满足分区原则要求^[13]。鉴于此,本研究通过构建表征粮食主产区土地利用“本底-现状-潜力”三维状态的指标体系,采用两维图论聚类法和 GIS 空间分析法进行东北地区土地利用分区研究,并提出差异化的土地利用调控措施,以期对东北地区土地差异化管理提供借鉴,为我国粮食主产区的土地利用规划管理提供决策支持和实践参考。

1 研究区概况

本研究中的东北地区包括黑龙江省、吉林省、辽宁省(不包括加格达奇区和松岭区),土地总面积为 $7.885 \times 10^5 \text{ km}^2$,占全国土地总面积的 8.25%。该地区($38^\circ 41' \sim 53^\circ 33' \text{N}$, $118^\circ 05' \sim 135^\circ 06' \text{E}$)属温带大陆性季风气候,四季分明,年均气温 $-7.8 \sim 11.1^\circ \text{C}$,年均日照时数 2 411 h,年均降水量 585 mm,降水季节分布不均,7—10 月降水占全年 60% 以上。境内河流密布、土壤肥沃,拥有辽河、嫩江、黑龙江、松花江等众多水系,分布着 $9.55 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的黑土(此处黑土面积仅包括 1992 年《中国土壤分类系统》中的黑土和黑钙土,不包括草甸土^[14])。地形整体呈东高西低的态势,地貌类型主要由山地、平原、台地和丘陵组成,其中山地和平原各占三分之一。2014 年末总人口 1.08 亿,粮食总产量 11 529 万吨,占全国 19%;三次产业 GDP 比重 11.2:47.3:41.5,以第二产业为主。东北地区以其丰富的自然资源、独特的地理条件、雄厚的工业基础,成为我国重要的粮食主产区以及林业、牧业和重工业基地。

2 研究方法与指标体系构建

2.1 研究方法及技术路线

土地利用分区要求分区内部各基本单元的土地利用综合特点相对一致,同时又要保持空间的连续性及区划的完整性,与其他聚类法相比,两维图论聚类法可以较好地实现跨行政区域土地利用分区方案的空间连续性和完整性^[15],因此采用两维图论树算法进行分区划定。

设 U 为整个分区区域,有 n 个分区单元 V_i ($V_i \subseteq U; i = 1, 2, \dots, n$),本文中 U 为东北地区, V_i 为

各县级行政单元, $n = 184$, 对 U 进行分区即是求出 U 的一个合理割集 $\{U_j; j = 1, 2, \cdots, m\}$, m 即为分区个数, 该割集需同时满足空间连续性与内部一致性两个条件。运用各分区单元间的邻接关系构造邻接矩阵, 将分区转变为求加权边通图的合理割集, 利用两维图论聚类法得到最小生成树, 依据分区内相似性、分区间差异性的原则, 选择合理的分割变量 A , 将最小生成树切分成 m 个子树, 得到的每个子树便是一个分区^[15]。

技术路线如图 1 所示, 首先构建“本底-现状-潜力”三维土地利用分区评价指标体系, 采用 Min -

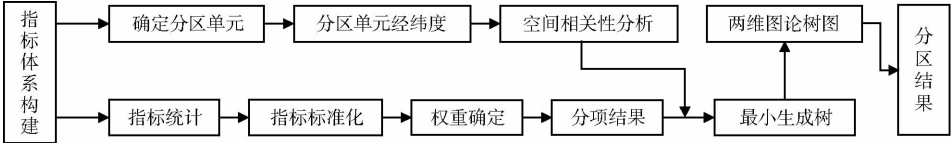


图 1 两维图论聚类法分区技术路线图

Fig. 1 Technology roadmap of two-dimensional graph clustering method

2.2 指标体系构建

构建评价指标体系是决定最终得到的土地利用分区方案是否科学合理的关键, 因此, 本文依据指标的综合性、代表性、科学性和数据的可获得性等原则, 借鉴国家主体功能区的分区评价指标体系, 并充分考虑东北地区的粮食主产区特征和土地利用特点, 选取 18 个决策指标构建“本底-现状-潜力”三维土地利用分区评价指标体系(表 1)。评价指标的选取主要遵循以下思路和原则:

max 标准化方法将全部指标进行标准化处理; 其次利用熵权法 + 层次分析法综合分析模型确定各指标权重, 得到东北地区土地利用条件、土地开发程度、土地发展潜力状况图; 然后提取东北地区 184 个行政单元的中心经纬度作为分区单元的坐标, 进行 GIS 空间相关性分析; 将土地利用条件、开发程度、发展潜力作为评价因子, 利用两维图论聚类法得到最小生成树, 对其进行合理切分得到两维图论树图, 最终确定东北地区土地利用分区方案, 并分别制定各分区未来不同的发展方向和差别化的土地利用调控措施。

(1) 本底指的是土地利用条件, 反映土地资源的自然本底情况, 从地形地貌、气候条件、土壤质量、水资源、森林资源等方面选取 6 个指标。其中, 地形位指数综合反映地形起伏情况, 虽然高程和坡度均能在一定程度上反映土地利用格局, 但实际中地形因素往往共同作用于土地利用变化过程, 综合二者的地形位指数可以更准确的反映区域地形地貌条件^[16]; 选取影响东北粮食主产区农业生产的关键因素——平均年降水量和年平均气温综合反映区域水

表 1 东北地区土地利用分区评价指标体系及权重

Tab. 1 Evaluation index system of land use zoning in Northeast China

准则层	指标	计算公式	相关性	权重
土地利用条件 (X_1)	地形位指数	$\ln((\text{高程}/\text{平均高程} + 1)(\text{坡度}/\text{平均坡度} + 1))$	负	0.27
	平均年降水量/mm	多年年降水量/年数	正	0.18
	年平均气温/ $^{\circ}\text{C}$	多年平均气温/年数	正	0.22
	土壤侵蚀综合指数	$\Sigma(\text{侵蚀强度分级值} \times \text{面积比重})$	负	0.11
	河网密度/ $(\text{km} \cdot \text{km}^{-2})$	河流长度/土地总面积	正	0.16
	森林覆盖率/%	林地面积/土地总面积 $\times 100\%$	正	0.06
土地开发程度 (X_2)	人口密度/ $(\text{个} \cdot \text{km}^{-2})$	人口/土地总面积	正	0.16
	城镇化率/%	城镇人口/总人口 $\times 100\%$	正	0.15
	复种指数	播种面积/耕地面积	正	0.10
	地均 GDP/ $(\text{万元} \cdot \text{km}^{-2})$	GDP 总量/土地总面积	正	0.26
	土地利用效率/%	已利用土地面积/土地总面积 $\times 100\%$	正	0.06
	土地开发强度/%	建设用地面积/土地总面积 $\times 100\%$	正	0.27
土地发展潜力 (X_3)	人均粮食产量/kg	粮食总产量/总人口	正	0.14
	生态系统服务价值/万元	$\Sigma(\text{各地类单位面积生态系统服务价值} \times \text{各地类面积})$	正	0.09
	第二、三产业占 GDP 比例/%	第二、三产业 GDP/GDP 总量 $\times 100\%$	正	0.25
	固定资产投资增长率/%	$(2014 \text{ 年固定资产投资额}/2009 \text{ 年固定资产投资额} - 1) \times 100\%$	正	0.19
	公路密度/ $(\text{km} \cdot \text{km}^{-2})$	公路总里程/土地总面积	正	0.27
	科教文卫支出增长率/%	$(2014 \text{ 年科教文卫支出}/2009 \text{ 年科教文卫支出} - 1) \times 100\%$	正	0.06

注: 表中未说明具体年份的指标均为 2014 年数据。

热条件;土壤侵蚀综合指数反映土壤受侵蚀的严重程度,土壤侵蚀已成为影响东北地区土壤质量的重要因素,东北地区最主要的侵蚀类型是水力侵蚀,占比为 87.25%,风力侵蚀和冻融侵蚀占比较小,将土壤侵蚀按照侵蚀程度划分成微度、轻度、中度、强度、极强和剧烈 6 个级别,分级值分别划定为 0、2、4、6、8、10。土壤侵蚀综合指数变化区间为 $[0,10]$,土壤侵蚀综合指数越高表明土壤受水力、风力和冻融侵蚀影响程度越高^[17];河网密度反映区域水资源的丰缺程度,是表征土地利用条件的一个重要因子;森林覆盖率反映区域森林资源丰缺程度,东北地区作为重要的林业基地,拥有全国最大的天然林区,森林资源的丰缺程度深刻影响着当地土地利用结构、生态环境质量和林业经济发展水平。

(2)现状指的是土地开发程度,反映土地资源的开发利用现状,从人口分布和结构、经济发展、土地利用方面选取 6 个指标。其中,选取人口密度反映人类生产活动分布情况;城镇化率反映城市化进程情况;复种指数反映耕地利用程度,耕地作为粮食主产区最重要的地类之一,其利用程度的高低直接影响着粮食产量,是反映东北地区土地开发程度的重要指标;地均 GDP 反映现阶段土地使用效率;土地利用率指已利用土地总面积占土地总面积的比例;土地开发强度指建设用地占土地总面积的比重,二者综合反映土地开发利用情况。

(3)潜力指的是土地发展潜力,本文将土地发展潜力界定为土地资源在实现经济效益、社会效益和生态效益等方面潜在的发展能力,反映土地资源的可提升潜力^[18]。作为我国传统的老工业基地和最重要的粮食生产基地,目前影响东北地区经济发展的主要问题在于产业结构单一且转型困难、投资吸引力下降、经济缺乏活力、人才流失严重、生态环境恶化、基础设施投资建设进展相对落后等。因此,综合考虑东北地区经济发展的特点,从经济、生态、产业结构、交通、粮食生产方面选取 6 个动态、静态指标,多层次综合评价东北地区区域土地发展潜力。其中,第二、三产业占 GDP 比例反映地区产业结构;公路密度反映交通便捷程度;2009—2014 年固定资产投资增长率反映经济发展潜力;科教文卫支出增长率反映 2009—2014 年当地财政对科学、教育、文化和医疗卫生的投入增长情况;生态环境作为影响经济发展的重要条件,是影响区域土地发展潜力的重要因素,利用生态系统服务价值将土地利用生态效益转化成货币形式,清晰明确地反映区域生态环境质量;选取人均粮食产量反映粮食生产能力,耕地既是推动东北地区经济发展

的重要地类,同时又是实现全国粮食安全的保障,将人均粮食产量列入土地发展潜力指标体系当中,以重点突出耕地资源在东北粮食主产区经济发展中的重要性。

3 数据处理与权重确定

3.1 数据来源与处理

采用的数据包括地形、土壤、气象、水文、土地利用结构以及社会经济统计数据 6 大类共 23 个基础数据(表 2),其中:①高程数据是对 11 幅 DEM 数据(精度 90 m)进行拼接和裁剪得到,坡度数据则通过 ArcGIS 10.2 对 DEM 进行坡度计算获得。②土壤侵蚀数据分类标准为 SL190—96《土壤侵蚀分类分级标准》。③气象数据基于各气象站点的原始气象数据利用反向距离加权平均法内插得到,为减少地形因素造成的影响,原始气温数据均经过 DEM 校正。④河流数据基于获得的 DEM 数据通过 ArcGIS 10.2 的水文模块计算得到。⑤土地利用结构数据来自黑龙江省、辽宁省和吉林省土地利用变更调查数据,土地利用类型分为耕地、林地、草地、水域、建设用地、未利用地 6 类。⑥生态系统服务价值的计算采用单位面积土地利用生态系统价值当量方法,其中耕地、草地和水域以谢高地等^[19]确定的中国不同陆地生态系统的单位面积生态服务价值为依据,利用谢高地等^[20]提出的全国各省份生物量因子进行修正;林地借鉴王兵等^[21]的研究成果;建设用地参考 COSTANZA 等^[22]的研究成果,不计算其生态服务价值。⑦部分行政单元的“公路里程”和“科教文卫支出”数据,来自各地市 2010 年、2015 年的统计年鉴。⑧为便于数据统计和分析,将各地级市的市辖区分别进行合并,各视作一个行政单元;其中哈尔滨市阿城区、双城区、呼兰区单独视作一个行政单元。⑨采用 Min-max 标准化法对各指标的原始数值进行无量纲化处理^[8],使结果落在 $[0,1]$ 区间,以消除由于各种类型指标具有不同的单位和数量级而无法相互比较带来的影响。

3.2 指标权重确定

指标权重的确定应避免片面性和主观性,因此,采用兼顾主客观的熵权法+层次分析法综合分析模型确定指标权重^[23],即首先用层次分析法和熵权法分别确定各指标的主观权重、客观权重,然后用得到的客观权重对主观权重进行修正,最终得到各指标权重(表 1)。可以看出,作为全国重要的粮食主产区,土地利用条件中地形位指数的权重最大,其次是平均年降水量和年平均气温,表明地形和气候是影响东北地区土地利用条件高低的关键因素;土地开

表 2 东北地区土地利用分区数据来源

Tab.2 Data sources of land use zoning in Northeast China

类别	序号	基础数据	数据来源
地形数据	1	高程	国际农业研究咨询顾问集团空间信息协会 (http://srtm.csi.cgiar.org/)
	2	坡度	
土壤数据	3	土壤侵蚀强度	中国科学院资源环境科学数据中心 (http://www.resdc.cn)
气象数据	4	年降水量	
	5	年平均气温	
水文数据	6	河流长度	
土地利用结构数据	7	耕地面积	2014 年黑龙江省、吉林省、辽宁省 土地利用变更调查数据表
	8	林地面积	
	9	草地面积	
	10	水域面积	
	11	未利用地面积	
	12	建设用地面积	
	13	土地总面积	
社会经济统计数据	14	年末总人口	2010、2015 年《黑龙江统计年鉴》、《辽宁统计年鉴》、 《吉林统计年鉴》、《中国农村统计年鉴》、 《中国县域统计年鉴》、《中国城市统计年鉴》
	15	城镇人口	
	16	农作物播种面积	
	17	粮食总产量	
	18	GDP	
	19	第二产业 GDP	
	20	第三产业 GDP	
	21	公路里程	
	22	固定资产投资额	
	23	科学教育文化卫生支出	

发程度中土地开发强度和地均 GDP 比重最大；土地发展潜力中公路密度最大，其次为第二、三产业占 GDP 比例，表明区域交通通达程度和产业结构对东北地区社会经济发展影响深远。

4 结果与分析

4.1 分项评价结果

在 ArcGIS 10.2 中，利用自然断点法将土地利用条件、开发程度和发展潜力的评价结果划分为高、中高、中、中低和低 5 个等级，进而得到 2014 年东北

地区土地利用条件、土地开发程度、土地发展潜力的状况图（图 2）。

4.1.1 土地利用条件

2014 年，东北地区土地利用条件为 0.24 ~ 0.68，均值为 0.46，整体处于中等水平；空间格局基本表现出南高北低的分布特点，南部土地利用的自然本底条件明显高于北部（图 2a）。辽宁省土地利用条件明显高于吉林省和黑龙江省，整体属于中高水平；吉林省为中等水平，黑龙江省仅为中低水平。土地利用条件的高值地区（ $X_1 > 0.58$ ）仅有 16 个县

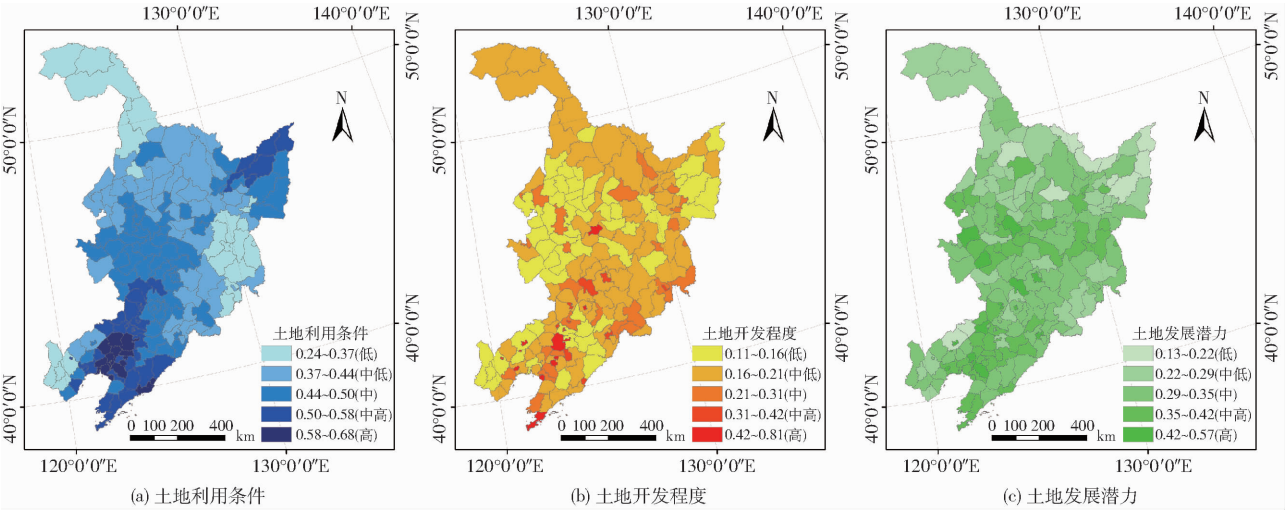


图 2 东北地区土地利用分项状况图

Fig.2 Situation maps of land use in Northeast China

(区),主要分布于辽河平原,该地区地形平缓、气候适宜、降雨充足、河网密布。大兴安岭、小兴安岭、张广才岭-老爷岭、长白山、努鲁尔虎山等地区 73 个县(区)的土地利用条件处于中低和低水平($X_1 \leq 0.44$),该地区分布着大量的山地和丘陵,土地利用难度较大。184 个基本行政单元中,土地利用条件最好的是辽宁省东港市,最差的是黑龙江省漠河县。

4.1.2 土地开发程度

2014 年,东北地区土地开发程度为 0.11 ~ 0.81,平均土地开发程度仅为 0.21,整体处于较低水平(图 2b)。三省之中,辽宁省土地开发程度最高,均值为 0.26;黑龙江省开发程度最低,均值仅为 0.18。土地开发程度的高值区($X_2 > 0.42$)仅包括 10 个县(区),分布较为分散,主要为辽河平原 8 个市辖区,以及松嫩平原的辽源市辖区和哈尔滨市辖区。大中型城市的市辖区由于地处市中心,土地开发强度高,产业和人口较为集中,经济发达,土地开发程度普遍较高。135 个县(区)的土地开发程度处于中低和低水平($X_2 \leq 0.21$),占东北地区土地总面积的 88.18%,表明东北地区大部分土地仍处于低效粗放利用阶段。东北地区各县(区)中,辽宁省鞍山市辖区土地开发程度最高,辽宁省抚顺县最低。

4.1.3 土地发展潜力

2014 年,东北地区土地发展潜力为 0.13 ~ 0.57,均值为 0.32,整体处于中等水平,空间格局基本表现出西低东高、北低南高的分布特点(图 2c)。三省之中,辽宁省土地发展潜力最高,黑龙江省发展潜力最低。土地发展潜力的高值区($X_3 > 0.42$)包括 14 个县(区),主要分布在辽河平原和松嫩平原南部,该地区

交通便利,二三产业发达,投资吸引力和粮食生产能力比较突出,土地发展潜力普遍较高。三江平原、松嫩平原北部、大兴安岭、小兴安岭、吉林哈达岭、长白山、努鲁尔虎山等地区 50 个县(区)的土地发展潜力处于中低和低水平($X_3 \leq 0.29$),占土地总面积的 37.25%。184 个基本单元中,土地发展潜力最高的是辽宁省辽源市辖区,最低的是辽宁省彰武县。

4.2 综合分区结果

运用两维图论聚类法将土地利用条件 X_1 、土地开发程度 X_2 、土地发展潜力 X_3 3 个指标进行聚类分析,生成东北地区土地利用分区两维图论树图,图中以分析线直接相连的 2 个行政单元在各指标综合性方面具有一定的相似性(图 3)。两维图论树图的主干线为塔河县—漠河县—呼玛县—黑河市辖区—孙吴县—北安市—绥化县—庆安县—巴彦县—宾县—阿城市—榆树市—德惠市—农安县—公主岭市—梨树县—昌图县—康平县—法库县—新民市—黑山县—北镇市—凌海市—义县—北票市—朝阳市辖区—葫芦岛市辖区—兴城市—朝阳县—喀喇沁左翼蒙古族自治县—建昌县—凌源市,根据分区内部一致性、各分区间差异性的原则进行分割,在主干线两侧同一分支线上的行政单元即视为同一分区,得到两维图论树分区结果(图 3)。根据各分区的实际情况、地形地貌特点、土地利用结构特征进行命名,最终确定东北地区土地利用分区方案(表 3 和图 4)。

4.3 土地利用各分区特征分析

东北地区可分为 3 种类型共 12 个分区,包括 3 个城市综合发展区(Ⅲ区、Ⅷ区、Ⅻ区)、4 个土地利用区(Ⅱ区、Ⅴ区、Ⅶ区、Ⅸ区)、5 个林农生态区

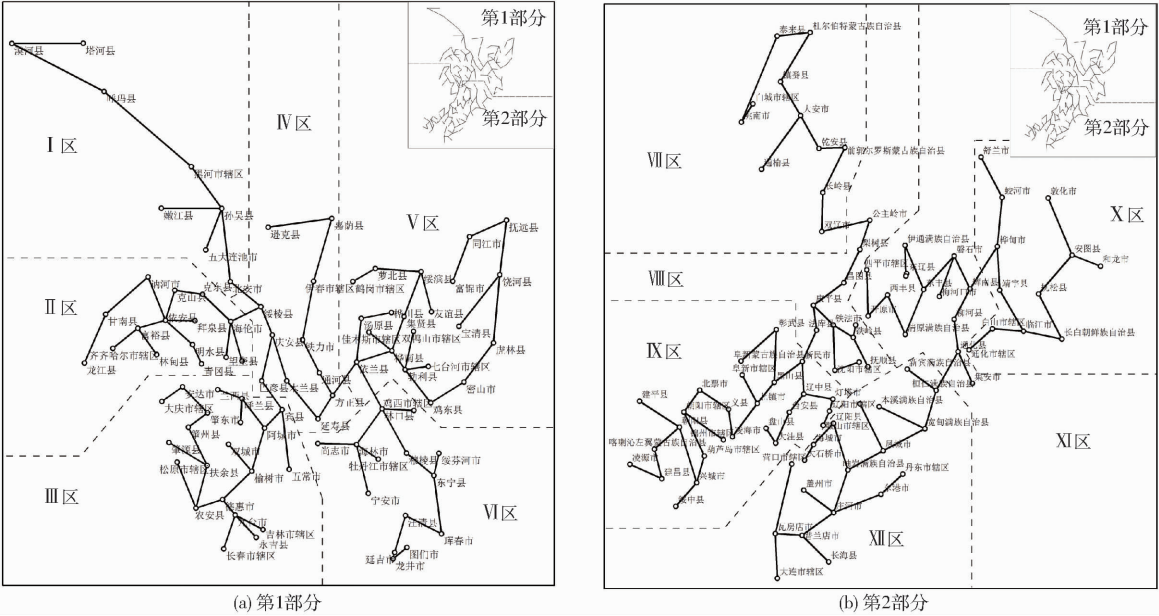


图 3 东北地区土地利用分区两维图论树图

Fig. 3 Two-dimension optimal tree cluster of land use zoning in Northeast China

表 3 东北地区土地利用各分区属性

Tab.3 Properties of land use zoning in Northeast China

序号	土地利用分区	包含的行政单元	基本特征
I 区	大兴安岭丘陵台地林农生态区	塔河县、漠河县、呼玛县、黑河市辖区、孙吴县、五大连池市、北安市、嫩江县	黑龙江省西北部,林地面积 $8.07\times10^4\text{ km}^2$,少量耕地集中分布于南部,气温偏低,土地利用条件、开发程度、发展潜力(0.36,0.17,0.27)分别处于低、中低、中低水平,土地利用综合水平较低
II 区	松嫩平原北部农牧土地利用区	海伦市、绥化市辖区、望奎县、克东县、克山县、依安县、拜泉县、明水县、青冈县、富裕县、齐齐哈尔市辖区、讷河市、甘南县、龙江县、林甸县	黑龙江省西南部,地形以平原、台地为主,粮食主产区、黑土主要分布区,森林资源匮乏,土地利用条件、开发程度、发展潜力(0.41,0.16,0.30)分别处于中低、低、中水平,土地利用综合水平较低
III 区	松嫩平原中部城市综合发展区	五常市、兰西县、双城市、呼兰县、哈尔滨市辖区、大庆市辖区、安达市、宾县、肇东市、肇州县、肇源县、阿城市、九台市、农安县、吉林市辖区、松原市辖区、德惠市、扶余县、榆树市、永吉县、长春市辖区	黑龙江省南部和吉林省中部,东北地区北部经济发展中心、粮食主产区、黑土主要分布区,粮食产量、GDP 分别占东北地区 24%、29%,土地利用条件、开发程度、发展潜力(0.47,0.22,0.36)分别为中、中、中高水平,土地利用综合水平中等
IV 区	小兴安岭台地丘陵林农生态区	伊春市辖区、嘉荫县、巴彦县、庆安县、延寿县、方正县、木兰县、绥棱县、逊克县、通河县、铁力市	黑龙江省北部,森林覆盖率 68%,松嫩平原和三江平原的天然屏障,土地利用条件、开发程度、发展潜力(0.42,0.17,0.29)均处于中低水平,土地利用综合水平较低
V 区	三江平原农林土地利用区	七台河市辖区、佳木斯市辖区、依兰县、勃利县、友谊县、双鸭山市辖区、同江市、宝清县、密山市、富锦市、抚远县、桦南县、桦川县、汤原县、绥滨县、萝北县、虎林县、饶河县、集贤县、鸡东县、鹤岗市辖区	黑龙江省东部,耕地面积 $5.26\times10^4\text{ km}^2$,分布有大量的未利用地,粮食主产区、能源生产基地、湿地保护区、土地整理重点区域,土地利用条件、开发程度、发展潜力(0.46,0.18,0.27)分别处于中、中低、中低水平,土地利用综合水平较低
VI 区	张广才岭—老岭山地丘陵林农生态区	东宁县、宁安市、尚志市、林口县、海林市、牡丹江市辖区、穆棱县、绥芬河市、鸡西市辖区、图们市、延吉市、汪清县、珲春市、龙井市	黑龙江省东南部、吉林省东北部,森林覆盖率 72%,土地利用条件、开发程度、发展潜力(0.37,0.21,0.34)分别处于低、中、中水平,土地利用综合水平较低
VII 区	松嫩平原南部农牧土地利用区	杜尔伯特蒙古族自治县、泰来县、乾安县、前郭尔罗斯蒙古族自治县、双辽市、大安市、洮南市、白城市辖区、通榆县、镇赉县、长岭县	黑龙江省西南部、吉林省西部,紧邻科尔沁草原,黑土主要分布区、粮食主产区、畜牧业基地,年平均降雨量仅为 445 mm,固定资产投资增长速度较快,土地利用条件、开发程度、发展潜力(0.45,0.15,0.35)分别处于中、低、中高水平,土地利用综合水平较低
VIII 区	辽河平原中部城市综合发展区	康平县、开原市、抚顺县、抚顺市辖区、昌图县、沈阳市辖区、法库县、铁岭县、铁岭市辖区、铁法市、公主岭市、四平市辖区、梨树县	吉林省南部、辽宁省北部,东北地区中部经济发展中心、粮食主产区,地均 GDP 为 3 048 万元/ km^2 ,土地利用条件、开发程度、发展潜力(0.55,0.29,0.36)分别处于中高、中、中高水平,土地利用综合水平较高
IX 区	辽河平原西部农林牧土地利用区	义县、兴城市、凌海市、凌源市、北票市、北镇市、台安县、喀喇沁左翼蒙古族自治县、大洼县、建平县、建昌县、彰武县、新民市、朝阳县、朝阳市辖区、灯塔市、盘山县、盘锦市辖区、绥中县、辽中县、辽阳市辖区、锦州市辖区、葫芦岛市辖区、阜新市辖区、阜新蒙古族自治县、黑山县	辽宁省西部,以平原、丘陵为主,矿产资源基地、畜牧业基地,降水少、气温高、水资源匮乏、土壤侵蚀现象严重,耕地数量较多但粮食生产能力偏低,土地利用条件、开发程度、发展潜力(0.50,0.23,0.33)处于中高、中、中水平,土地利用综合水平中等
X 区	吉林哈达岭—龙岗山地台地林农生态区	临江市、和龙市、安图县、抚松县、敦化市、桦甸市、白山市辖区、舒兰市、蛟河市、长白朝鲜族自治县、靖宇县	吉林省东部,林地分布广泛,森林覆盖率 78%,土地利用条件、开发程度、发展潜力(0.42,0.20,0.30)处于中低、中低、中水平,土地利用综合水平较低
XI 区	千山山地丘陵林农生态区	清原满族自治县、西丰县、东丰县、东辽县、伊通满族自治县、柳河县、梅河口市、磐石市、辉南县、辽源市辖区、通化县、通化市辖区、集安市	吉林省南部、辽宁省北部,土地利用结构以林地、耕地为主,土地利用条件、开发程度、发展潜力(0.46,0.23,0.34)均处于中等水平,土地利用综合水平中等
XII 区	辽东半岛城市综合发展区	东港市、丹东市辖区、凤城市、大石桥市、大连市辖区、宽甸满族自治县、岫岩满族自治县、庄河市、新宾满族自治县、普兰店市、本溪市辖区、本溪满族自治县、桓仁满族自治县、海城市、瓦房店市、盖州市、营口市辖区、辽阳县、长海县、鞍山市辖区	辽宁省东南部,以山地、丘陵为主,属于环渤海经济区,东北地区南部经济发展中心,区域渔业、旅游业资源丰富,GDP 总额占东北地区 21%,土地利用条件、开发程度、发展潜力(0.56,0.29,0.36)处于中高、中、中高水平,土地利用综合水平较高

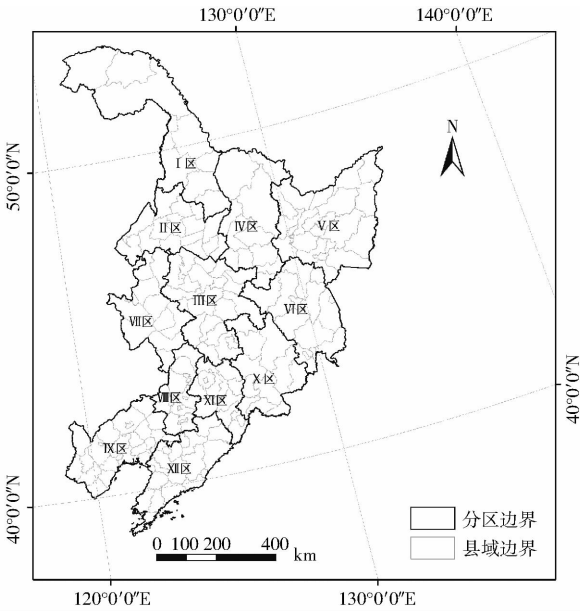


图 4 东北地区土地利用分区图

Fig. 4 Land use zoning map in Northeast China

(I 区、Ⅳ区、Ⅵ区、Ⅹ区、Ⅺ区)(表 3)。

城市综合发展区是东北地区社会经济发展的中心地区,土地总面积仅占东北地区 21%,但分布着 44% 的建设用地,集聚 49% 的人口,贡献 66% 的 GDP。54 个行政单元主要分布在松嫩平原中部、辽河平原中部和辽东半岛,该区域地势较为平坦、降雨充沛、气候适宜,土地利用条件处于中高水平;哈尔滨、大庆、吉林、长春、沈阳、大连、营口等大中型经济发达城市的市辖区均分布在此,人口集中、经济发达、城市化水平高,土地开发程度处于中等水平;交通便利、工业和服务业比较发达、二三产业 GDP 比例均值为 83%,土地发展潜力处于中高水平,是东北地区的重点发展潜力区。城市综合发展区的土地利用条件、开发程度和发展潜力均值(0.52,0.26,0.36)均高于农牧、农林、农林牧土地利用区和林农生态区,土地利用综合水平整体较高。

农牧、农林、农林牧土地利用区是东北地区农业生产集中区域,以第一产业为主,包括 73 个行政单元,土地总面积 $2.693 \times 10^5 \text{ km}^2$ 。作为粮食主产区,集中了东北地区 50% 的耕地和 45% 的粮食产量,该类型区主要分布在松嫩平原南部、辽河平原西部和三江平原,地形位指数均值 0.74,地势平坦、水资源丰富、土壤肥沃,但土壤侵蚀问题突出(土壤侵蚀指数 0.95),耕地和草地“三化”、水土流失现象较为严重,生态环境恶劣,土地利用条件处于中等水平。区域土地开发程度和土地发展潜力均值均低于城市综合发展区和林农生态区,拥有数量众多的未利用地和水域,土地利用综合水平整体处于中低水平。

东北地区其它 57 个行政单元划分为林农生态区,作为天然林重点保护区、生态环境保护区、木材生产基地,该区域生态环境优异,森林资源丰富,分布着东北地区 72% 的林地、40% 的草地。大兴安岭、小兴安岭、长白山脉共同构成了该区域基本的地形地貌,较高的地势、相对偏远的区位、较低的气温均不利于土地资源的大规模开发利用(地形位指数均值 1.63),交通不便、人口稀少、二三产业比例偏低,地均 GDP 仅为 213.18 万元/ km^2 ,土地利用效率较低,区域经济发展较为滞后;与此同时,高达 11 293.32 亿元的生态系统服务价值总额使得该区域在东北地区以及全国生态系统中均占有至关重要的地位。区域土地利用条件、开发程度、发展潜力平均数值为(0.41,0.20,0.31),分别处于中低、中低、中水平,土地利用综合水平整体处于中低水平。

在空间分布方面,各分区土地利用条件、开发程度、发展潜力和综合水平等方面均存在明显地域差异,由北向南基本上呈现逐渐递增的趋势,各分区内部行政单元之间特征较为一致,各分区之间特征差异性较为显著。省级第三轮土地利用总体规划(2006—2020 年)将东北地区划分成 12 个土地利用分区(黑龙江省划分为大兴安岭、小兴安岭、松嫩平原、三江平原和张广才岭、老岭 5 个分区;吉林省划分为东部、中部和西部 3 个分区;辽宁省划分为沿海、中部、东部、西北 4 个分区),与之相比,本研究的分区方案在遵循各地区土地利用综合要素基本一致的前提下,打破了省级行政区划界线,统一了分区单元、分区依据、分区方法和命名原则,更为突出体现各分区之间土地利用条件、开发程度和发展潜力的区域差异,拥有更好的区域协调性和可实施性。通过以上分析可以发现,结合两维图论聚类法和 GIS 空间分析法得到的东北地区土地利用分区方案较为科学合理。

4.4 土地利用各分区调控措施建议

4.4.1 城市综合发展区

该区土地利用方式应以耕地为主,部分坡耕地实施退耕还林还草,改善生态环境,促进工业转型升级,大力发展服务业,推动区域经济发展振兴。土地利用指标调整应为适度增加建设用地面积,减少耕地面积,增加林地面积。其中松嫩平原中部城市综合发展区应侧重耕地保护,建设用地方面应优先保障工业用地;辽河平原中部城市综合发展区应侧重基本农田建设,加大矿区土地复垦力度;辽东半岛城市综合发展区应侧重旅游、交通、物流等体系建设,加快沿海港口群、工业区建设,适度开发沿海滩涂资源,构建沿海防护林体系。

4.4.2 农牧土地利用区

该区地处松嫩平原北部、南部,土地利用方式应以耕地和草地为主,农牧结合,通过土地开发整理和退耕还林还草实现耕地面积动态平衡,治理土地“三化”,建设防护林体系。土地利用指标调整应为保持耕地面积稳定,适度增加草地、林地等生态用地面积,少量分配新增建设用地指标,保障交通、水利、能源等基础设施建设需要。其中松嫩平原北部农牧土地利用区应侧重耕地保护和基本农田建设,松嫩平原南部农牧土地利用区应侧重生态恢复。

4.4.3 农林土地利用区

三江平原农林土地利用区作为粮食主产区,土地利用方式应以耕地和林地为主,将部分不稳定耕地进行退耕还林还湿,改善生态环境,同时加大矿区土地复垦力度。土地利用指标调整应适度增加林地面积、减少耕地面积,少量分配新增建设用地指标。

4.4.4 农林牧土地利用区

辽河平原西部农林牧土地利用区位于干旱半干旱地区,生态环境破坏较为严重。土地利用方式应以耕地、林地和草地为主,推动资源型城市经济转型,加强“三化”土地治理和“三北”防护林建设,促进生态系统恢复和重建。土地利用指标调整应为适度增加林地、草地面积,减少耕地面积,小幅增加建设用地面积,保障水利、交通等基础设施建设需要。

4.4.5 林农生态区

该区是松嫩平原、三江平原、辽河平原重要的天然屏障,东北地区重要的生态保护区,高程和坡度较高,不宜进行大规模的开发建设活动。土地利用方式应以林地和耕地为主,林农结合,保护天然林、建设人工林,将部分坡耕地退耕还林还草,提高土地利用综合效益。土地利用指标调整应为适度增加林地面积,保持耕地面积稳定,少量分配新增建设用地指

标,严格控制建设用地规模。

5 结论

(1)基于多源数据,借鉴相关研究成果,从土地利用“本底-现状-潜力”三维结构出发选取相关指标,构建东北粮食主产区土地利用分区的综合评价指标体系,将土地利用条件、开发程度和发展潜力作为分区因子,采用两维图论聚类法和 GIS 空间分析法对东北地区(184 个行政单元)进行土地利用分区研究。

(2)构建的土地利用“本底-现状-潜力”三维分区评价指标体系可以清晰地反映粮食主产区土地利用的自然本底条件、开发现状和未来发展潜力特征,其中土地发展潜力相关指标的选取不应只单纯反映经济效益,应将社会效益、生态效益也考虑在内,综合反映土地资源在实现经济、社会和生态效益等方面潜在的发展潜力。

(3)两维图论聚类法在保证各分区内部特征一致性和分区之间特征差异性前提下,可以较好地兼顾分区空间的连续性和行政区划的完整性,提高了土地利用分区的可实施性和科学性。

(4)东北地区可划分成 3 种类型共 12 个分区,各分区之间土地利用条件、开发程度、发展潜力均存在明显地域差异,由北向南基本上呈现逐渐递增的趋势;城市综合发展区是东北地区社会经济发展的中心地区,土地利用条件、开发程度和发展潜力均高于其他类型区,土地利用综合水平整体较高;农牧、农林、农林牧土地利用区是农业生产集中区域,林农生态区是生态环境保护重点地区,土地利用综合水平整体较低;针对不同类型区的区域特点制定了差异化的土地利用方式和土地利用指标调控措施,以指导区域未来发展。

参 考 文 献

- 1 冯红燕,谭永忠,王庆日,等. 中国土地利用分区研究综述[J]. 中国土地科学, 2010, 24(8):71-76.
FENG Hongyan, TAN Yongzhong, WANG Qingri, et al. Review of the research on land use zoning in China [J]. China Land Science, 2010, 24(8):71-76. (in Chinese)
- 2 赵荣钦,黄贤金,钟太洋,等. 聚类分析在江苏沿海地区土地利用分区中的应用[J]. 农业工程学报, 2010, 26(6):310-314.
ZHAO Rongqin, HUANG Xianjin, ZHONG Taiyang, et al. Application of clustering analysis to land use zoning of coastal region in Jiangsu Province[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(6): 310-314. (in Chinese)
- 3 张洁瑕,陈佑启. 中国土地利用区划研究概况与展望[J]. 中国土地科学, 2008, 22(5):62-68.
ZHANG Jiexia, CHEN Youqi. Review and outlook of the research on land use regionalization in China [J]. China Land Science, 2008, 22(5):62-68. (in Chinese)
- 4 牛继强,徐丰,李卓凡,等. 顾及地理实体语义相似度的土地用途分区模型[J]. 武汉大学学报:信息科学版, 2015, 40(6):816-822.
NIU Jiqiang, XU Feng, LI Zhuofan, et al. A land use zoning model taking into account the semantic similarity of geographic entities [J]. Journal of Wuhan University: Information Science Edition, 2015, 40 (6): 816-822. (in Chinese)
- 5 周生路,傅重林,王铁成,等. 土地利用地域分区方法研究——以桂林市为例[J]. 土壤, 2000, 32(1):6-10.
- 6 RAO Y X, HU B Q. Functional zoning of land use in Karst region based on neural network [C]//International Symposium on

- Geomatics for Integrated Water Resources Management. IEEE, 2012:1 – 5.
- 7 林锦耀, 黎夏. 基于空间自相关的东莞市主体功能区划分[J]. 地理研究, 2014, 33(2):349 – 357.
LIN Jinyao, LI Xia. MFOZ planning of Dongguan based on spatial autocorrelation by using genetic algorithms [J]. Geographical Research, 2014, 33(2):349 – 357. (in Chinese)
- 8 杨勇, 任志远. 关中地区土地利用综合分区及对策研究[J]. 地理研究, 2010, 29(1):154 – 162.
YANG Yong, REN Zhiyuan. Land use regionalization and countermeasures in Guanzhong region [J]. Geographical Research, 2010, 29(1):154 – 162. (in Chinese)
- 9 王炯, 许月明, 郭庆. 基于聚类分析法的保定市土地利用分区及建议[J]. 中国农业资源与区划, 2011, 32(2):63 – 67.
WANG Jiong, XU Yueming, GUO Qing. Land-use regionalization of Baoding and suggestion based on cluster analysis method [J]. Journal of China Agricultural Resources and Regional Planning, 2011, 32(2):63 – 67. (in Chinese)
- 10 蒲欣冬, 刘兰涛, 陈怀录, 等. 甘肃省广河县土地利用分区研究[J]. 干旱区资源与环境, 2013, 27(2):64 – 68.
PU Xindong, LIU Lantao, CHEN Huailu, et al. The zoning of land utilization division in Guanghe, Gansu [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2013, 27(2):64 – 68. (in Chinese)
- 11 丛明珠, 欧向军, 赵清, 等. 基于主成分分析法的江苏省土地利用综合分区研究[J]. 地理研究, 2008, 27(3):574 – 582.
CONG Mingzhu, OU Xiangjun, ZHAO Qing, et al. Division of land use degree in Jiangsu Province based on principle analysis [J]. Geographical Research, 2008, 27(3):574 – 582. (in Chinese)
- 12 张诗杨, 潘洪义, 蒋贵国. 基于 LUCC 的土地利用功能分区研究——以新津县为例[J]. 四川师范大学学报:自然科学版, 2015, 38(4):568 – 575.
ZHANG Shiyang, PAN Hongyi, JIANG Guiguo. Analysis of the land use / cover change based on RS & GIS: a case study of Xinjin County [J]. Journal of Sichuan Normal University: Natural Science, 2015, 38(4):568 – 575. (in Chinese)
- 13 周浩, 雷国平, 杨雪昕, 等. 基于二维图论的县域尺度耕地后备资源利用分区研究[J/OL]. 农业机械学报, 2017, 48(6):116 – 124. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?flag=1&file_no=20170615&journal_id=jcsam. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2017.06.015.
ZHOU Hao, LEI Guoping, YANG Xuexin, et al. Utilization zoning of reserve resources for cultivated land based on two-dimensional graph theory clustering method at county scale [J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2017, 48(6):116 – 124. (in Chinese)
- 14 刘宝元, 阎百兴, 沈波, 等. 东北黑土区农地水土流失现状与综合治理对策[J]. 中国水土保持科学, 2008, 6(1):1 – 8.
LIU Baoyuan, YAN Baixing, SHEN Bo, et al. Current status and comprehensive control strategies of soil erosion for cultivated land in the Northeastern black soil area of China [J]. Science of Soil and Water Conservation, 2008, 6(1):1 – 8. (in Chinese)
- 15 彭代亮, 黄敬峰, 王福民, 等. 基于空间分析与二维图论树聚类的湖南水稻遥感估产分区[J]. 农业工程学报, 2010, 26(增刊1):156 – 161.
PENG Dailiang, HUANG Jingfeng, WANG Fumin, et al. Division of rice yield estimation by remote sensing in Hunan Province based on spatial analysis and two-dimension graphics cluster methods [J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(Suppl. 1):156 – 161. (in Chinese)
- 16 李京京, 吕哲敏, 石小平, 等. 基于地形梯度的汾河流域土地利用时空变化分析[J]. 农业工程学报, 2016, 32(7):230 – 236.
LI Jingjing, LÜ Zhemín, SHI Xiaoping, et al. Spatiotemporal variations analysis for land use in Fen River Basin based on terrain gradient [J]. Transactions of the CSAE, 2016, 32(7):230 – 236. (in Chinese)
- 17 王星, 李占斌, 李鹏, 等. 宁强县土壤侵蚀的地貌分布特征[J]. 农业工程学报, 2012, 28(11):132 – 137.
WANG Xing, LI Zhanbin, LI Peng, et al. Landform distribution features of soil erosion in Ningqiang County [J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(11):132 – 137. (in Chinese)
- 18 李伟芳, 陈阳, 马仁锋, 等. 发展潜力视角的海岸带土地利用模式——以杭州湾南岸为例[J]. 地理研究, 2016, 35(6):1061 – 1073.
LI Weifang, CHEN Yang, MA Renfeng, et al. Land-use pattern in coastal zone from the perspective of development potentiality: a case study of the southern bank of Hangzhou Bay [J]. Geographical Research, 2016, 35(6):1061 – 1073. (in Chinese)
- 19 谢高地, 鲁春霞, 冷允法, 等. 青藏高原生态资产的价值评估[J]. 自然资源学报, 2003, 18(2):189 – 196.
XIE Gao-di, LU Chunxia, LENG Yunfa, et al. Ecological assets valuation of the Tibetan Plateau [J]. Journal of Natural Resources, 2003, 18(2):189 – 196. (in Chinese)
- 20 谢高地, 肖玉, 甄霖, 等. 我国粮食生产的生态服务价值研究[J]. 中国生态农业学报, 2005, 13(3):10 – 13.
XIE Gao-di, XIAO Yu, ZHEN Lin, et al. Study on ecosystem services value of food production in China [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2005, 13(3):10 – 13. (in Chinese)
- 21 王兵, 任晓旭, 胡文. 中国森林生态系统服务功能及其价值评估[J]. 林业科学, 2011, 47(2):145 – 153.
WANG Bing, REN Xiaoxu, HU Wen. Assessment of forest ecosystem services value in China [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2011, 47(2):145 – 153. (in Chinese)
- 22 COSTANZA R, D'ARCE R, GROOT R D, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. Nature, 1997, 387(6630):253 – 260.
- 23 张忠, 雷国平, 张慧, 等. 黑龙江省八五三农场高标准基本农田建设时序分析[J]. 经济地理, 2014, 34(6):155 – 161.
ZHANG Zhong, LEI Guoping, ZHANG Hui, et al. Time sequence analysis of high-standard basic farmland construction in 853 Farm of Heilongjiang Province [J]. Economic Geography, 2014, 34(6):155 – 161. (in Chinese)