

眉县“三生用地”分类及其空间结构分析

吴宇鑫¹, 赵牡丹^{1*}, 刘婷²

(1. 西北大学城市与环境学院, 西安 710127; 2. 武警工程大学信息工程学院, 西安 710086)

摘要: 以土地的生态、生产和生活功能为导向, 将土地划分为生产生态用地、生态生产用地、生活生产用地和生态用地4类, 并与土地利用现状分类进行了衔接, 构建了眉县的“三生用地”分类体系。然后采取雷达图、信息熵、空间洛伦兹曲线和基尼系数的方法, 分析了眉县“三生用地”分布的空间结构, 结果表明: (1) 眉县各镇(街办)的生态生产用地和生态用地的数量差异较大; (2) 眉县南北部镇(街办)的“三生用地”结构均衡性较高, 信息熵水平高于中部镇(街办); (3) 眉县生产生态用地在全县分布相对平均, 生态生产用地和生态用地的分布相对合理, 生活生产用地在全县分布差距较大。根据眉县“三生用地”的空间分布提出了结构优化的建议, 旨在为规划工作提供科学参考。

关键词: 土地利用; 三生用地; 信息熵; 洛伦兹曲线; 基尼系数

中图分类号: F301.2

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X(2019)03-0478-06

The ecological-living-industrial land classification and analysis of its spatial structure in Mei county

WU Yuxin¹, ZHAO Mudan¹, LIU Ting²

(1. College of Urban and Environmental Science, Northwest University, Xi'an 710127;

2. Department of Information Engineering, Engineering University of the Chinese Armed Police Force, Xi'an 710086)

Abstract: Guided by the ecology, industrial and living functions of the land, this paper built the classification system of "ecological-living-industrial land" in Mei county by linking up with the Current Land Use Classification and dividing the land into four categories: industrial-ecological land, ecological-industrial land, living-industrial land and ecological land. Then, the spatial structure pattern of "ecological-living-industrial land" in Mei county was analyzed by means of the radar chart, entropy of information, Lorenz curve and Gene coefficient. The following conclusions are obtained: (1)The number of ecological industrial land and ecological land in Mei county was quite different. (2)In the north and south of Mei county, the structure of "ecological-living-industrial land" is relatively balanced, and the level of information entropy is higher than the midtown of Mei county; (3)The distribution of industrial-ecological land in Mei county is relatively average, as well as the distribution of ecological-industrial land and ecological land are relatively reasonable, but the distribution gap of living-industrial land in the whole county is large. According to the spatial distribution of "ecological-living-industrial land" in Mei county, some suggestions for structural optimization were put forward. The purpose is to provide scientific references for urban planning.

Key words: land use; ecological-living-industrial land; information entropy; Lorenz curve; Gink coefficient

土地资源是一切生命体存在和发展的根本保障^[1-2], 发挥着人类生活的物质基础、社会生产的劳动资料和生态保护等多种功能。人类与土地资源交互关系的核心即在于对土地资源的利用^[3]。对于土地利用的分类是进行土地状态检测、土地资源管理

和土地规划工作开展的前提^[4]。在不同的社会发展时期, 具有不同分类理念和目的的分类体系不尽相同, 而我国开展土地相关工作中采用的《土地利用现状分类》^[5]标准综合了土地的用途、经营特点、利用方式等多因素, 具有相当高的真实性和科学性,

收稿日期: 2018-10-30

基金项目: 国家自然科学基金(41271284)资助。

作者简介: 吴宇鑫, 硕士研究生。E-mail: 806731476@qq.com

* 通信作者: 赵牡丹, 副教授。E-mail: zmudan@nwu.edu.cn

但缺乏一定的功能性。随着人口数量的持续增长和人类社会的飞速发展,土地资源系统的有序性遭到了破坏,很多具有较高生态价值的土地被侵占和毁坏。在如此严峻的形势之下,对生态环境保护越来越重要。中共十八大会议上初次明确提出了国土生态—生产—生活空间(简称“三生”)的发展目标后^[6],以土地利用的生态、生产、生活三大功能为导向的研究成为了土地利用研究的热点。

学者们对于土地利用的功能分类进行了诸多研究:周宝同^[7]认为土地具有生态、社会、经济、生产和负向五类功能;姚咏涵^[8]认为土地功能体现为经济和非经济两种;Gebhard 和 Reinfried^[9]提出土地功能应为经济、社会和生态 3 种;De Groot^[10]认为土地具有四大功能,即调节、生产、生境和信息;易秋圆^[11]、刘沛等^[12]、梁小英等^[13]的观点为土地功能应划分为生态、社会、生产 3 类;陈婧和史培军^[14]研究认为土地功能应分为生态、生产和生活,其中生态功能是生产和生活功能实现的必要条件;张红旗等^[15]、刘继来等^[16]和于莉等^[17]将土地细分为生产生态用地、生活生产用地、生态生产用地和生态用地等。对于土地功能的划分研究数量众多,但与实践应用结合的较少,其中张红旗等人的分类体系是与土地利用现状分类进行了衔接,实用性较强。而针对“三生用地”空间结构的研究较少,且仅涉及到空间洛伦兹曲线^[17]、空间结构法^[18]等少量研究方法。故本研究借鉴张红旗等^[15]的分类理念,将《土地利用现状分类》标准(2007 版)^[5]中的二级地类进行重分类,构建了眉县“三生用地”分类体系。然后从数量特征、均匀程度以及有序程度 3 个角度出发,采用雷达图、土地利用信息熵、空间洛伦兹曲线和基尼系数多种方法对眉县“三生用地”的空间分布结构进行了分析,以期能为规划工作提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

眉县位于关中西部、宝鸡市东界,位处 $33^{\circ}59'00''\sim 34^{\circ}19'28''N$, $107^{\circ}39'08''\sim 108^{\circ}00'51''E$ 之间。东邻周至县,西接岐山县,北连扶风县,南与太白县相邻,为三秦要地。全县地形地貌复杂,呈南北高、中部低的 U 型,属暖温带大陆性半湿润气候,年平均气温 $12.9^{\circ}C$,全县辖 8 个镇(街办),土地总面积 $85\ 714.24\ \text{hm}^2$,占宝鸡市的 4.7%。眉县中北部台塬区与阶地区地势平台水源丰富,人口密度大,是全县主要粮油果品生产区;南部浅山丘陵区是全县杂果和畜牧业基地;南部秦岭山区林、草、

药材资源丰富,建设发展了太白山国家自然保护区、太白山国家森林公园等旅游胜地。近些年来,由于眉县人口总量的持续增长,社会发展用地需求与供给矛盾突出,对耕地的压占致使耕地保护压力越来越大,且耕地后备资源越来越少,使得补充耕地变得十分困难,保障社会发展的同时对于生态和生产空间的保护变得尤为迫切。

1.2 数据来源与处理

数据来源于眉县 2015 年土地利用变更调查成果。在国土空间“三生”功能的理论基础上,参考张红旗等^[15]对“三生用地”的分类理念,以生态、生产、生活三大土地功能为主导,与《土地利用现状分类》标准(2007 版)^[5]中的地类进行衔接,构建了眉县“三生用地”分类体系,见表 1。

随着人类社会的发展,土地的“三生”功能之间的关系变得更加密不可分:生产功能为生活和生态功能提供物质保证;生态功能是生活和生产功能的天然基础;生活功能是生产和生态功能实现的最终意义。土地的“三生”功能彼此交融,故本研究将眉县土地利用现状地类重分类为四大类型:生产生态用地、生活生产用地、生态生产用地和生态用地,其中林地重新划分为商品林和公益林,前者主导功能为经营生产,后者主导水源涵养、水土保持等生态功能。

(1)生产生态用地是以获得农业产品为主要目的,兼具备一定生态功能的土地,包括旱地、水田、水浇地、果园、其他园地和林地中的商品林等。

(2)生活生产用地指具有农村、城镇生活用途和为人类生活提供交通、生产、运输、休闲娱乐等功能的土地,这类用地的生活和生产功能相互交织难以区分,包括村庄、建制镇、公路和铁路用地、农村道路、风景名胜及特殊用地等。

(3)生态生产用地兼具有生态功能和生产功能,但其生态作用大于生产用途,包括的现状地类有天然和人工牧草地、坑塘水面、水库水面等。

(4)生态用地具有不可或缺的维护生态安全的功能,是生命存在和繁衍的必要环境,包括内陆滩涂、裸地、其他草地和林地中的公益林等土地。

1.3 研究方法

为了全面地反映眉县“三生用地”分布的空间结构,采用雷达图表示眉县“三生用地”的数量分布,然后利用信息熵从整体上反映不同镇(街办)“三生用地”分布的有序程度,用空间洛伦兹曲线和基尼系数定性和定量地表征眉县不同“三生用地”类型分布的均匀程度。

表 1 眉县“三生用地”分类体系

Table 1 The ecological-living-industrial land classification of Mei county

“三生用地”分类 The ecological-living-industrial land classification	分类说明 Description of the classification	现状分类（二级类） Status Classification (Class II)
生产生态用地	农业生产为主要功能，同时具有一定的生态功能	旱地 水浇地 水田 其他园地 果园
生活生产用地	具有生活用途或者生产用途且与生活空难以区分	林地（商品林） 采矿用地 村庄 建制镇 公路用地 铁路用地
生态生产用地	兼具生态功能和生产功能，但生态功能强于生产功能	风景名胜及特殊用地 农村道路 设施农用地 管道运输用地 天然牧草地 人工牧草地 坑塘水面 水工建筑用地 水库水面 沟渠
生态用地	具有不可或缺的维护生态安全的功能	林地（公益林） 内陆滩涂 其他草地 裸地 河流水面

1.3.1 信息熵 “熵”值是热力学中的概念，用来统计分子不规则运动程度^[19]。在地理学中，为了定量地剖析城市土地利用类型，用“熵”来度量土地利用的均质性。土地利用信息熵可以宏观上反映出某区域土地利用结构特征。在信息熵这个物理学概念的基础上可以构建出了土地利用结构信息熵的计算模型^[20]：

$$P_i = \frac{A_i}{A} \quad (1)$$

$$H = -\sum P_i \ln P_i \quad (2)$$

式中：A 为某地区土地面积的总和； A_i 为第 i 种土地利用类型的面积 ($i=1,2,\dots,n$)； P_i 为第 i 种土地利用类型面积占土地总面积的百分比； H 为信息熵。当区域土地利用处于未开发时 $H_{\min}=0$ ；当各类土地利用面积相等时，即 $A_1=A_2=\dots=A_n$ 时， $H_{\min}=\ln n$ 。从公式中可以看出，土地利用类型越多，各种土地利用类型面积越接近，熵值越大，土地利用越趋于

无序性。

学者们根据信息熵提出了均衡度 J 和优势度 I 的概念，相比于信息熵，均衡度和优势度增加了数值的可比较性和指标性，即数值范围都为 $[0,1]$ 。均衡度值越大，土地利用的均衡性越强，而优势度与均衡度的意义相反，反映一种或多种类型对于区域土地利用类型的支配程度^[20]。计算公式^[21]为：

$$J = \frac{H}{H_{\max}} = -\frac{\sum P_i \ln P_i}{n} \quad (3)$$

$$I = 1 - J \quad (4)$$

1.3.2 空间洛伦兹曲线 经济学家 M.Lorenz 提出的洛伦兹曲线 (Lorenz curves)，用来反映经济收入分配在区域内的分布均匀程度^[22]。如图 1 所示，洛伦兹曲线 L 是一条内凹的曲线，X 坐标为某一百分比的人口，Y 为 X 对应的收入百分比，绝对平均线 M 是洛伦兹曲线与坐标轴呈 45 度夹角时的理想状态，实际情况下，洛伦兹曲线 L 均在绝对平均线右下位置，且距绝对平均线越近，下凹程度越低，反映出收入分配越均等；反之，洛伦兹曲线距绝对平均线越远，越向内凹，分配越不均等。

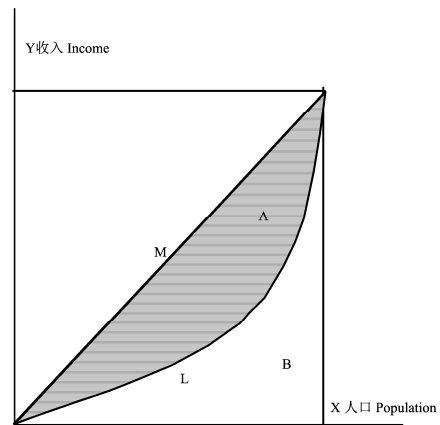


图 1 洛伦兹曲线示意图

Figure 1 Diagrammatic sketch of Lorenz Curve

借用经济学中的洛伦兹曲线方法，绘制出眉县“三生用地”的洛伦兹曲线。具体步骤为：①求取各镇（街办）某地类的区位熵，区位熵用于反映某一地类在该镇（街办）分布的专门化程度，亦称专门化率。计算公式^[22]为：

$$Q = \frac{A_1 / A_2}{A_4 / A_4} \quad (5)$$

式中 Q 为某类“三生用地”的区位熵； A_1 为某镇（街办）该类“三生用地”的面积； A_2 为该类“三生用地”的总面积； A_3 为某镇（街办）土地总面积； A_n 为全县土地总面积。②将该类“三生用地”区位熵数值按照升序排列，然后计算各镇（街办）土地

总面积累计百分比和该类“三生用地”的累计百分比,③将各镇(街办)土地总面积累计百分比作为 X 轴,该类“三生用地”的累计百分比 Y 轴,绘制出“三生用地”的洛伦兹曲线。

根据曲线的弯曲程度和距绝对平均线的远近可以直观地看出眉县“三生用地”的分布的均匀程度:洛伦兹曲线与绝对平均线间距越小说明该类“三生用地”的分布越均匀,反之,说明眉县“三生用地”的分布平均性越差。

1.3.3 基尼系数 基尼系数,又叫作洛伦兹系数,是由经济学家 Gini 提出用来揭示收入分配均匀程度的指标^[23]。基尼系数是在洛伦兹曲线的基础上提出的,在图 1 中,其内涵为:洛伦兹曲线 L 与绝对平均线 M 之间的面积和绝对平均线一下的面积之比,基尼系数(G)公式表达为:

$$G = \frac{A}{A+B} \quad (6)$$

基尼系数 G 值域为[0,1],G 越大,收入分配的空间分布差距越大;反之,G 越小,收入分配均匀程度更高。

洛伦兹曲线仅能通过曲线图定性地表现出眉县“三生用地”分布的均匀程度,无法定量分析。故借用经济学中的基尼系数,解决了洛伦兹曲线无法定量分析的问题即采用施卫国关于基尼系数的计算方法,“三生用地”结构的基尼系数的计算公式^[24]如下:

$$G = \sum_{i=1}^{n-1} (M_i Q_{i+1} - M_{i+1} Q_i) \quad (7)$$

式中 G 是“三生用地”结构的基尼系数;Mi 是某镇(街办)某类“三生用地”面积的百分比累计值;Qi 是某镇(街办)总面积占全县土地面积的百分比累计值。G 越大,说明该“三生用地”类别在全县的分布不平均。

2 结果与分析

2.1 数量分布特征

根据表 1 的“三生用地”分类体系对眉县 2015 年土地利用现状数据重新分类,分类后的“三生用地”中生产生态用地、生活生产用地、生态生产用地和生态用地面积分别约 45 483、7 568、802 和 31 862 km²,占土地总面积的比例约为 53%、9%、1%和 37%。眉县“三生用地”类型主要为生态用地和生产生态用地,总比例高达 90%。

图 2 为眉县“三生用地”在各镇(街办)的数量分布雷达图,眉县生产生态用地和生活生产用地在各镇(街办)的数量雷达分布较为平均;生态生产用地在常兴镇和汤峪镇的数量明显高于其他镇(街办);生态用地的雷达图更是集中指向汤峪镇和营头镇。这是由于眉县地势南北高,而常兴镇、营头镇和汤峪镇正位于地势较高的区域,地形多为丘陵和山区,且常兴镇南邻渭河,故对应的生态生产用地或生态用地数量较多。

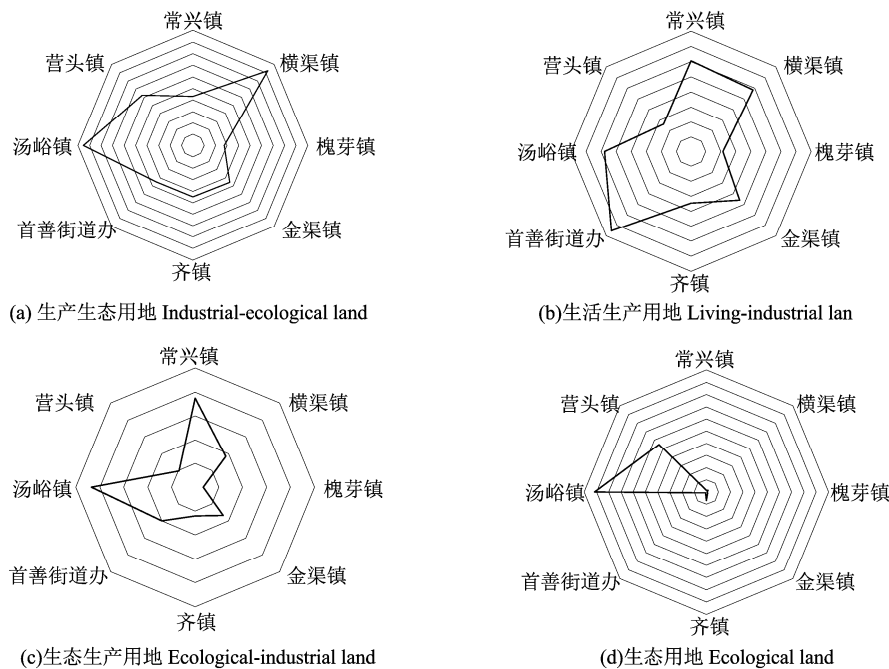


图 2 眉县“三生用地”数量分布雷达图

Figure 2 Radar chart of quantitative distribution of the ecological-living-industrial land in Mei county

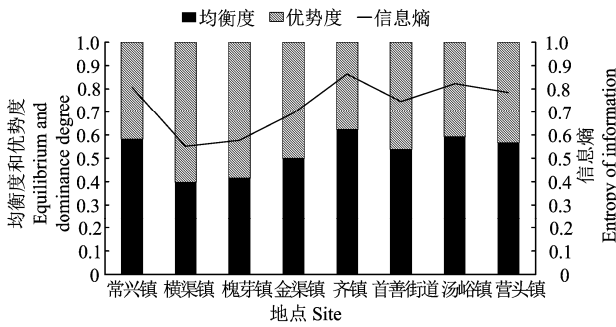


图3 眉县各镇(街办)“三生用地”信息熵

Figure 3 Information entropy of the ecological-living-industrial land of townships in Mei county

2.2 “三生用地”结构信息熵

图3是对2015年眉县各镇(街办)“三生用地”结构信息熵进行了计算从而绘制的直方图。眉县“三生用地”结构信息熵值平均值为0.73。全县8个镇(街办)信息熵差距较大,其中横渠镇、槐芽镇和金渠镇3个镇的熵值低于全县平均水平,属于为熵值较低区域,最低为横渠镇(0.55);其他5个镇(街办)的信息熵值均处于全县平均值以上,属于较高熵值区,最高为齐镇(0.86)。均衡度的分布与信息熵基本一致,优势度的分布却截然相反:优势度最高的是横渠镇,最低的是齐镇。

从眉县整体上看,南北部比中部镇(街办)信息熵水平高,说明眉县南北部镇(街办)“三生用地”结构较均衡,而中部是眉县县中心所在区域,地形条件、经济结构和行政地位决定了该区域偏重社会生产生活功能发展,故“三生用地”结构性较弱。

2.3 “三生用地”洛伦兹曲线

图4为眉县各类型“三生用地”的空间洛伦兹曲线,可以看出眉县“三生用地”各类型的洛伦兹曲线中距离绝对平均线的距离:生产生态用地<生态生产用地<生态用地≈生活生产用地,说明生产生态用地在眉县各镇(街办)的分布最均匀,生态用地和生活生产用地的分布最不均衡。

各类型“三生用地”洛伦兹曲线上的点的前后顺序与区位熵的顺序一致,因此根据洛伦兹曲线的拐点的位置和斜率大小,还可以判断各镇(街办)“三生用地”的专门化程度:斜率即区位熵数值大于1表明该镇(街办)的某类“三生用地”的比例大于该镇(街办)土地总面积占全县总面积的比例,即认定专门化程度较高,具有一定区域优势;相反,则是区域劣势。综合分析情况如下:

(1) 生产生态用地:斜率横渠镇>槐芽镇>金渠镇>首善街道办>常兴镇>齐镇>1,汤峪镇<营头镇<1。眉县大部分镇(街办)生产生态用地专门化程

度最高;汤峪镇和营头镇专门化程度低。

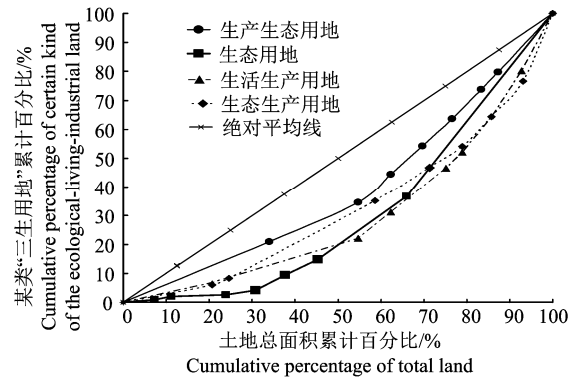


图4 眉县“三生用地”空间洛伦兹曲线

Figure 4 Lorenz curve of the ecological-living-industrial land in Mei county

(2) 生活生产用地:斜率首善街道办>常兴镇>2;金渠镇>槐芽镇>横渠镇>齐镇>1;营头镇<汤峪镇<1。首善街道办和常兴镇土地总面积面积分别占全县土地总面积仅7.3%和6.9%,但生活生产用地比例却分别达到了约20%和16%,专门化程度最高;营头镇和汤峪镇生活生产用地分布较少,专门化程度低。

(3) 生态生产用地:斜率常兴镇>3;首善街道办>金渠镇斜率>1;营头镇<槐芽镇<汤峪镇<横渠镇<齐镇<1。常兴镇土地面积仅6.9%却占约全县生态生产用地的24%,专门化程度最大。

(4) 生态用地:斜率汤峪镇>营头镇>1,其他镇(街办)的斜率均小于1。说明营头镇和汤峪镇生态用地分布的专门化程度高,分布有全县85%的生态用地。

2.4 “三生用地”结构基尼系数

为了能够定量眉县不同“三生用地”类型分布的均匀度和合理性,分别计算了基尼系数:生活生产用地(0.42)>生态用地(0.39)>生态生产用地(0.35)>生产生态用地(0.22)。

基尼系数数量的含义标准为:基尼系数<0.2时,表明分布的绝对平均;在0.2~0.3之间,表明分布相对平均;若基尼系数在0.3~0.4之间表示分布相对合理;0.4~0.5表明分布的差距较大;当基尼系数>0.5时,表明分布的差距悬殊。

眉县“三生用地”的结构基尼系数中,0.2<生产生态用地<0.3,0.3<生态生产用地<生态用地<0.4,0.4<生活生产用地<0.5,说明生产生态用地分布相对平均,生态生产用地和生态用地的分布相对合理,而生活生产用地的基尼系数达到了0.42,表明其在眉县各镇(街办)的分布差距较大。

3 结论

从土地利用的“三生”功能角度为着眼点,参考众学者对“三生用地”的划分原则,与土地利用二调分类衔接,构建了眉县的“三生用地”分类体系。然后利用雷达图、土地利用信息熵、空间洛伦兹曲线和基尼系数等方法对眉县“三生用地”的空间结构进行了分析,得到结果:

(1)眉县生产生态用地和生活生产用地在各镇(街办)的数量较为平均;生态生产用地和生态用地在不同镇(街办)的数量差异较大,其中生态生产用地集中分布在常兴镇和汤峪镇,生态用地集中分布在汤峪镇和营头镇。

(2)眉县8个镇(街办)之间“三生用地”结构信息熵差距较大,南北部镇(街办)的均衡性较高,信息熵水平高于中部镇(街办)。

(3)眉县生产生态用地在全县分布相对平均;生态生产用地和生态用地的分布相对合理;生活生产用地在全县分布差距较大,较为不均匀。

针对上述研究结果,为眉县土地利用规划的调整和优化提出如下建议:①维持生产生态用地在眉县较为均衡的分布态势,保证全县农产品的生产和供给;②不同的地理环境和经济发展水平使得眉县生活生产用地在全县分布差异较大,因此要通过加强公共基础设施建设、合理布局等手段逐步缩小各镇(街办)间的差距;③进一步平衡生态生活用地在全县的分布,并通过建立河流廊道、道路廊道、农田防护林廊道等人工措施,促进生态生产用地质量和生产性能的提高;④加强对现有生态用地数量和质量管控,为眉县社会的持续发展建立坚实的生态屏障。⑤不同镇(街办)自然社会经济的发展使得镇(街办)间存在各自土地职能的不同,应充分考虑具有优势的“三生用地”类型,因地制宜的调整和完善土地利用结构。

由于对于“三生用地”体系的划分受不同地区土地利用特点和人为认知不足的干扰,本研究的“三生用地”分类体系一定存在某些不足,故值得进一步完善研究。

参考文献:

[1] VERBURG P H, VAN DE STEEG J, VELDKAMP A, et al. From land cover change to land function dynamics: A major challenge to improve land characterization[J]. *J Environ Manage*, 2009, 90(3): 1327-1335.

[2] PÉREZ-SOBA M, PETIT S, JONES L, et al. Land use functions -a multifunctionality approach to assess the impact of land use changes on land use sustainability[M]// PÉREZ-SOBA M, PETIT S, JONES L, et al. *Sustainability Impact*

Assessment of Land Use Changes. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008: 375-404.

- [3] 张新长, 潘琼, 赵元, 等. 土地利用的时空结构分异研究[J]. *经济地理*, 2005, 25(2): 189-193.
- [4] 于莉, 宋安安, 郑宇, 等. “三生用地”分类及其空间格局分析:以昌黎县为例[J]. *中国农业资源与区划*, 2017, 38(2): 89-96.
- [5] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 土地利用现状分类:GB/T 21010-2007 [S]. 北京:中国标准出版社, 2007.
- [6] 中国共产党第十八届中央委员会第三次全体会议公报[J]. *新长征*, 2013(12): 4-6.
- [7] 周宝同. 土地资源可持续利用基本理论探讨[J]. *西南师范大学学报(自然科学版)*, 2004, 29(2): 310-314.
- [8] 姚咏涵. 家庭承包制下土地功能的实证考察与农地经营制度创新[J]. *农业经济*, 2002(3): 11-13.
- [9] GEBHARD BANKO D, MANSBERGER R. Assessment of " Non-Monetary Values of Land" for Natural Resources Management Using Spatial Indicators[C]//Proc. international conference on spatial information for sustainable development. Nairobi, 2001.
- [10] DE GROOT R. Function-analysis and valuation as a tool to assess land use conflicts in planning for sustainable, multi-functional landscapes[J]. *Landscape Urban Plan*, 2006, 75(3/4): 175-186.
- [11] 易秋圆. 县域城市土地利用功能分类与评价[D]. 长沙:湖南农业大学, 2013.
- [12] 刘沛, 段建南, 王伟, 等. 土地利用系统功能分类与评价体系研究[J]. *湖南农业大学学报(自然科学版)*, 2010, 36(1): 113-118.
- [13] 梁小英, 顾铮鸣, 雷敏, 等. 土地功能与土地利用表征土地系统和景观格局的差异研究:以陕西省蓝田县为例[J]. *自然资源学报*, 2014, 29(7): 1127-1135.
- [14] 陈婧, 史培军. 土地利用功能分类探讨[J]. *北京师范大学学报(自然科学版)*, 2005, 41(5): 536-540.
- [15] 张红旗, 许尔琪, 朱会义, 等. 中国“三生用地”分类及其空间格局[J]. *资源科学*, 2015, 37(7): 1332-1338.
- [16] 刘继来, 刘彦随, 李裕瑞, 等. 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.
- [17] 于莉, 宋安安, 郑宇, 等. “三生用地”分类及其空间格局分析:以昌黎县为例[J]. *中国农业资源与区划*, 2017, 38(2): 89-96.
- [18] 党丽娟, 徐勇, 高雅, 等. 土地利用功能分类及空间结构评价方法:以燕沟流域为例[J]. *水土保持研究*, 2014, 21(5): 193-197.
- [19] 黄虹, 邹长伟, 陈新庚, 等. 广州市荔湾区土地利用结构信息熵分析研究[J]. *江西农业大学学报*, 2005, 27(1): 139-142.
- [20] 陈彦光, 刘继生. 城市土地利用结构和形态的定量描述:从信息熵到分数维[J]. *地理研究*, 2001, 20(2): 146-152.
- [21] 陈荣蓉, 宋光煜, 信桂新, 等. 土地利用结构熵特征与社会经济发展关联分析:以重庆市荣昌县为例[J]. *西南大学学报(自然科学版)*, 2008, 30(7): 138-144.
- [22] 张晶, 封志明, 杨艳昭, 等. 洛伦兹曲线及其在中国耕地、粮食、人口时空演变格局研究中的应用[J]. *干旱区资源与环境*, 2007, 21(11): 63-67.
- [23] 马建辉, 吴克宁, 雒振军, 等. 基于基尼系数的农用地等别差异程度分析[J]. *中国农业资源与区划*, 2013, 34(1): 53-57.
- [24] 施卫国. 一种简易的基尼系数计算方法[J]. *江苏统计*, 1997(2): 16-18.