

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2022.05.011

# 基于物元模型的炎陵县土地利用适宜性评价

田一豆, 赵先超

(湖南工业大学 城市与环境学院, 湖南 株洲 412007)

**摘要:** 以湖南省株洲市炎陵县作为研究区域, 构建了“三生空间”评价指标体系, 运用物元模型和GIS空间分析从“三生空间”视角对土地利用适宜性进行了评价。结果表明: 炎陵县85%的村镇用地处于适宜状态(包括最适宜、高适宜), 但策源乡和垄溪乡土地利用不合理的现象相对突出, 其中策源乡生活适宜性较低, 垄溪乡生态适宜性较低; 炎陵县“三生空间”土地利用适宜性分布存在空间差异, 生活、生产适宜性较高的区域主要集中在炎陵县西北部, 生态适宜性较高的区域主要集中在炎陵县东北部; 影响炎陵县“三生空间”土地利用适宜性的因素具有差异性。其中, 中心城区可达性( $B_1$ )和交通干线可达性( $B_2$ )是影响生活适宜性评价的两个主要因素; 耕作收益率( $B_7$ )是影响生产适宜性评价的主要因素; 影响生产适宜性评价的主要因素是生态不适宜面积( $B_{10}$ )和坡度大于 $25^\circ$ 的用地比例( $B_{11}$ )。

**关键词:** 土地利用; 适宜性评价; “三生空间”; 物元可拓模型; 炎陵县

**中图分类号:** F301

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1673-9833(2022)05-0079-09

**引文格式:** 田一豆, 赵先超. 基于物元模型的炎陵县土地利用适宜性评价[J]. 湖南工业大学学报, 2022, 36(5): 79-87.

## Evaluation of Land Resources Utilization Suitability in Yanling County Based on Matter Element Extension Model

TIAN Yidou, ZHAO Xianchao

(College of City and Environment, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

**Abstract:** Taking Yanling County of Zhuzhou City in Hunan Province as the research target, a construction of the evaluation index system has thus been made of the “three-livable space”, followed by an evaluation of the land use suitability from the perspective of the “three-livable space” by using matter-element model and GIS spatial analysis. The results show that 85% of the rural land in Yanling County is in a suitable state (including the most suitable and highly suitable), yet with a relatively unreasonable land use in Ceyuan Town and Longxi Town, with a low level of both the living suitability of the former one and the ecological suitability of the latter one. There is a spatial discrepancy in the land use suitability distribution of the “three-livable space” in Yanling County, the areas with high living suitability and high production suitability mainly concentrated in the northwest of Yanling County, and the areas with high ecological suitability mainly concentrated in the northeast of Yanling County. There are different factors affecting the land use suitability of the “three-livable space” in Yanling County, among which are the accessibility of central urban area ( $B_1$ ) and traffic trunk line ( $B_2$ ), two main affecting factors of the evaluation of living suitability. The yield of tillage ( $B_7$ ) is the main factor affecting the evaluation of production suitability, meanwhile the main factors affecting production

收稿日期: 2021-06-24

基金项目: 国家重点研发计划基金资助项目(2019YFD1101300-02)

作者简介: 田一豆(1997-), 女, 山西长治人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为城乡发展与区域规划,

E-mail: 1842988374@qq.com

suitability evaluation are ecological unsuitable area ( $B_{10}$ ) and the proportion of land with a slope greater than  $25^\circ$  ( $B_{11}$ ).

**Keywords:** land use; suitability evaluation; three-livable space; matter element model; Yanling County

## 1 研究背景

目前,我国乡镇仍存在一定程度的居民点散乱、集约利用效率较低等问题,导致乡镇地区生活、生产、生态空间相互冲突,影响经济发展<sup>[1]</sup>,在一定程度上阻碍了乡村振兴的步伐。在这种背景下对乡镇“三生空间”进行合理布局已成为我国生态文明和可持续发展战略的核心之一<sup>[2]</sup>,对城乡均衡发展、协调空间秩序等乡村振兴战略的实施有着重要意义,而较为直接有效的方法是转变土地利用方式。县域尺度下乡镇土地利用适宜性评价作为国土空间规划“双评价”的基础,可为土地规划与利用提供有力支撑和科学指导。

运用科学的指标进行系统计算,并用量化方式反映土地不同特征的空间差异,与现状对比可判断区域内用地的合理性,有利于提高土地利用效率,有效缓解城乡之间的用地矛盾,是协调引导“三生空间”和谐发展的桥梁<sup>[3]</sup>。国外早在19世纪30年代便开始科学地探索土地评价,土地评价经历了从分类定级、潜力评价、适宜性评价到土地可持续利用4个阶段<sup>[5]</sup>。21世纪以来,土地适宜性分析在各个方面都有广泛的应用,不同用地类型方面:如农用地、建设用地等;土壤地质方面:如地质适宜性评价等;景观生态方面:如景观生态评价、环境影响评价等。其土地适宜性评价大多是“GIS+”的形式,如GIS+多指标决策、GIS+人工智能、GIS+计算机辅助制图等<sup>[4]</sup>。在我国,土地质量评价最早出现于2500多年以前的《周礼·地官篇》,但我国现代的土地适宜性评价起步较晚,20世纪50年代到70年代中期才逐渐展开以专业人士为主的土地评价分析<sup>[3]</sup>,发展到现在,土地适宜性评价在各种用地类型、各种环境区域有着广泛的应用,也取得了丰富成果。在研究区域方面,学者按照地理位置和用地类型等进行了细分<sup>[5-9]</sup>;在研究方法方面,主要采用了3S(RS、GIS、GPS)技术<sup>[10]</sup>、最小阻力模型<sup>[11]</sup>、层次分析法<sup>[12]</sup>、模糊数学法<sup>[13]</sup>、多因素分析决策<sup>[14]</sup>、BP神经网络<sup>[15]</sup>、灰色关联度分析法<sup>[16]</sup>等方法,其中3S技术运用较为广泛。然而,这些研究方法多数会受到主观因素影响,从而影响结果的准确性<sup>[17]</sup>,而物元模型可以较大程度地降低主观因素的影响,使评价结果更加科学准确,能够更加准确地反映土地利用适宜性情况,进而促进土地的合理

利用与科学规划。因此本文主要采用物元模型与GIS技术进行土地利用适宜性评价。

从“三生空间”角度进行土地利用适宜性评价可以清晰地识别乡村各类土地及其适宜的功能,与现状用途进行对比就可得出现状土地利用适宜水平。从土地资源本底出发,先识别其单空间适宜性进而分析多空间适宜性,从而科学指导乡村土地利用开发,调整不适宜用地,合理发展适宜用地。在“三生空间”与土地利用适宜性评价方面,张云路等<sup>[1]</sup>提出了乡村空间适宜性评价的思路和策略,并以雄安新区北沙口为例进行了技术实证;李欣等<sup>[17]</sup>以江苏省55个县域为研究对象,通过构建国土空间“三生”功能识别体系,探析了县域“三生”功能的格局特征,并根据主导功能差异提出优化对策。周书宏等<sup>[3]</sup>采用物元模型,从“三生空间”角度对重庆市永川区进行了土地利用适宜性评价;农宵宵等<sup>[18]</sup>基于“三生”功能对柳州市国土空间适宜性进行了评价。在三生空间的评价方法方面,运用较多的主要有GIS空间分析<sup>[19-20]</sup>、最小阻力模型<sup>[21]</sup>、数据包络分析法<sup>[22]</sup>、空间计量模型<sup>[17]</sup>等。然而,目前部分研究的评价指标体系选取还不够完善,土地利用“三生”功能的载体涉及较少。此外,鲜有成果从“三生空间”角度出发在乡镇尺度上进行土地利用适宜性评价。

基于此,为积极响应乡村振兴战略,提升乡镇地区土地的合理利用,协调乡镇地区生活、生产、生态空间三者之间的关系,本文选取湖南省株洲市炎陵县作为研究区域,构建“三生空间”评价指标体系,运用物元模型和GIS技术从“三生空间”视角进行土地利用适宜性评价,旨在准确反映乡镇地区土地利用适宜性情况,为县域尺度下的乡村国土空间规划编制提供科学指导。

## 2 研究数据

### 2.1 研究区概况

炎陵县区位图如图1所示。炎陵县( $113^\circ34'E\sim 114^\circ07'E$ ,  $26^\circ03'N\sim 26^\circ29'N$ )地处湖南省东南边缘,罗霄山脉中段,井冈山西麓,洣水上游。境内交通便利,全县地貌以山地为主,山地、丘陵、岗地、平原分别占炎陵县土地总面积的86.8%, 7.7%,

1.5%, 4.0%。

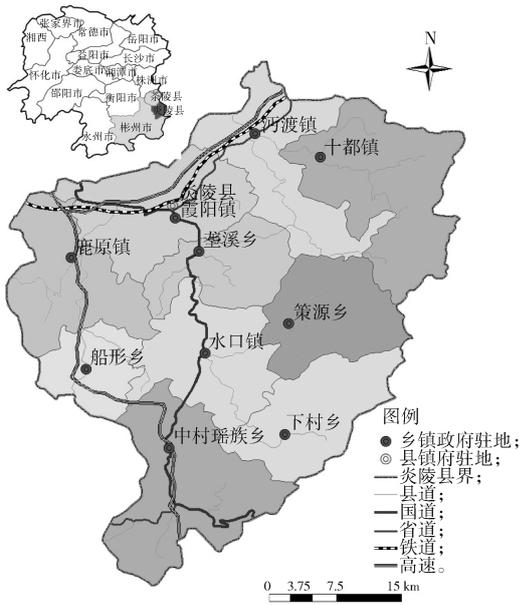


图1 炎陵县区位图

Fig. 1 Location map of Yanling County  
2020年末, 炎陵县土地总面积为 202 979.85

ha。其中农用地面积为 190 203.48 hm<sup>2</sup>, 占土地总面积的 93.71%; 建设用地面积为 6 129.70 hm<sup>2</sup>, 占土地总面积的 3.02%; 其他土地面积为 6 646.67 hm<sup>2</sup>, 占土地总面积的 3.27%。炎陵县的土地利用现状以农用地为主, 且农用地破碎化程度较高, 建设用地所占比例较少, 其中主要是农村居民建设用地, 城镇建设用地较少; 产业方面以第一产业为主, 第二产业和第三产业发展相对较弱, 总体上看, 生活、生产、生态空间相互重叠, 存在相互影响、相互制约等问题。

### 2.2 数据来源及处理

研究数据的来源及用途如表 1 所示。首先对研究区的 Landsat8 遥感影像运用 Arcgis 软件进行几何校正和多光谱融合, 利用炎陵县行政区划边界进行图像裁剪, 然后通过 ENVI 5.3 软件解译得到研究区的土地利用现状图; 将获取的 DEM 数据进行拼接, 以研究区面状数据作为掩膜进行提取, 得到研究区的 DEM 数据; 在此基础上进行坡度、坡向分析, 分别得到研究区坡度、坡向分布图。

表 1 数据来源及用途

Table 1 Data sources with its application

数据名称	数据来源	数据用途
炎陵县土地利用总体规划(2006—2020)2016 修订版	炎陵县人民政府部门	土地利用总体规划情况分析
炎陵县国民经济与社会发展统计公报(2020)	株洲市统计局	炎陵县社会经济发展情况分析
炎陵县乡镇行政区划及村点数据(2020)	国家统计局	炎陵县乡镇农村居民点布局情况分析
炎陵县 ASTER30 m 数字高程数据(DEM)	地理空间数据云	炎陵县坡度、坡向、高程等地理条件分析
炎陵县交通道路网相关数据	炎陵县交通运输局	炎陵县交通道路属性分析
炎陵县 2020 年 Landsat8OLT 栅格影像	地理空间数据云	炎陵县生态发展分析、现状用地类型提取
炎陵县 2020 年地质灾害数据	炎陵县国土资源局	炎陵县地质灾害影响分析

## 3 研究方法

### 3.1 土地适宜性评价指标体系构建

参考已有相关研究成果<sup>[3, 23-25]</sup>, 综合考虑炎陵县实际情况, 并在数据可获取的基础上, 以乡村聚落为评价单元, 以农村居民点作为评价对象, 从生活适宜度(A<sub>1</sub>)、生产适宜度(A<sub>2</sub>)、生态适宜度(A<sub>3</sub>)3个层面遴选了12个指标<sup>[3]</sup>, 建立如下评价指标体系, 从“三生空间”角度对炎陵县用地适宜性进行综合评价。

1) 生活适宜度(A<sub>1</sub>), 衡量炎陵县各村镇村民生活及出行便利程度, 包括空间格局是否合理、对外交通是否便捷等。其中中心城区可达性(B<sub>1</sub>)表示村镇距中心城区距离, 村镇越远离中心城区便捷性越低; 交通干线可达性(B<sub>2</sub>)表示村镇距交通干线距离, 并划分等级, 村镇距交通干线越近等级越高, 出行便捷度越高; 道路结构指数(B<sub>3</sub>)反映村镇道路通达程度, 数值越大表示交通网络通达性越高; 交通质量指数(B<sub>4</sub>)表示村镇外出交通方式的种类及质量等级。

2) 生产适宜度(A<sub>2</sub>), 主要判断村镇土地利用合理程度及村镇生产的经济效益。其中, 人均农村居民点(B<sub>5</sub>)和人均村镇工矿用地(B<sub>6</sub>)用于衡量村镇土地利用现状及合理性; 耕作收益率(B<sub>7</sub>), 通过计算农村居民点合理耕作半径内的耕地面积占总耕地面积的比例, 来判断农业生产现状的合理程度以及发达程度; 城镇用地面积比例(B<sub>8</sub>)值越高说明村镇经济发展越快, 村镇生产适宜度越高。

3) 生态适宜度(A<sub>3</sub>), 主要衡量村镇发展过程中与生态环境的协调程度。其中, 村镇绿化率(B<sub>9</sub>)反映村镇的生态环境质量; 生态不适宜面积(B<sub>10</sub>)为村镇中交通水利及其他建设用地等所占比例, 这两个指标综合反映村镇生产与生态的协调程度; 坡度大于25°的用地比例(B<sub>11</sub>)从坡度值和高程值等方面来衡量村镇用地受到自然灾害的影响; 水域面积比例(B<sub>12</sub>)用于衡量村镇的滨水环境质量。根据炎陵县相关资料并结合实地调查数据, 采用熵值法和 AHP 层次分析法综合确定各个指标的权重值(见表2)。

表2 炎陵县“三生空间”土地适宜性评价指标体系框架表

Table 2 Framework of land suitability evaluation index system of “three-livable space” in Yanling County

评价因素	评价指标	获取方法	单位	权重系数
生活适宜度 (A <sub>1</sub> )	中心城区可达性 B <sub>1</sub>	按照村镇距中心城区距离划分等级	km	0.10
	交通干线可达性 B <sub>2</sub>	按照村镇距交通干线距离划分等级, 并给出评分	-	0.11
	道路结构指数 B <sub>3</sub>	R=e/v, e为道路条数, v为道路节点	-	0.03
	交通质量指数 B <sub>4</sub>	按照区域内公路、铁路的等级属性分级赋值	-	0.12
生产适宜度 (A <sub>2</sub> )	人均农村居民点 B <sub>5</sub>	农村居民点总面积 / 村镇人口	m <sup>2</sup> /人	0.18
	人均村镇工矿用地 B <sub>6</sub>	村镇工矿面积 / 村镇人口	m <sup>2</sup> /人	0.18
	耕作收益率 B <sub>7</sub>	根据耕地面积在村镇合理半径内的比例进行评分赋值	-	0.08
	城镇用地比例 B <sub>8</sub>	城镇用地面积 / 村镇总面积	%	0.12
	村镇绿化率 B <sub>9</sub>	绿地面积 / 村镇用地面积	%	0.02
生态适宜度 (A <sub>3</sub> )	生态不适宜面积 B <sub>10</sub>	交通水利及其他建设用地面积 / 建设用地面积	%	0.02
	坡度大于 25°的用地比例 B <sub>11</sub>	坡度大于 25°的用地面积 / 村镇总面积	%	0.02
	水域面积比例 B <sub>12</sub>	水域面积 / 村镇总面积	%	0.02

3.2 物元模型构建

本研究主要采用物元模型对炎陵县进行土地利用适宜性评价。通过确定经典域和节域划定不同等级, 并判定各指标在不同等级的关联度, 进而用量化的方式直观地表达各指标要素对土地利用适宜性的影响及程度, 在此基础上, 计算得到村镇的综合关联度, 以此表示土地的适宜性评价等级。

1) 确定评判等级的物元集合。

①确定待评物元 R<sub>0</sub>,

$$R_0 = \begin{bmatrix} P_0, & c_1, & x_1 \\ & c_2, & x_2 \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n, & x_n \end{bmatrix}。$$

式中: P<sub>0</sub>为炎陵县各待评价村镇; c<sub>i</sub>为具体评价指标; x<sub>i</sub>为 P<sub>0</sub>在指标 c<sub>i</sub>上的具体取值; i=1, 2, …, n。

以乡镇为单位选取了炎陵县下辖的 10 个村镇为待评价物元。计算各待评价物元在 12 个指标上的取值, 最终得到 10 个待评价物元矩阵, 其中霞阳镇、沔渡镇、十都镇、茱溪乡、水口镇、策源乡、鹿原镇、船形乡、下村镇、中村瑶族乡分别用 R<sub>01</sub>~R<sub>010</sub> 表示, 以 R<sub>01</sub> 霞阳镇为例, 其计算方式见式 (2)。

$$R_{01} = \begin{bmatrix} P, & c_1, & x_1 \\ & c_2, & x_2 \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n, & x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P, & B_1, & 0 \text{ km} \\ & B_2, & 5 \\ & B_3, & 1 \\ & B_4, & 5 \\ & B_5, & 89.40 \text{ m}^2/\text{人} \\ & B_6, & 16.83 \text{ m}^2/\text{人} \\ & B_7, & 4 \\ & B_8, & 4.83\% \\ & B_9, & 75.36\% \\ & B_{10}, & 30.46\% \\ & B_{11}, & 32.30\% \\ & B_{12}, & 1.60\% \end{bmatrix}。$$

②确定经典域 R<sub>0j</sub>,

$$R_{0j} = (N_{0j}, c_i, x_{0ji}) = \begin{bmatrix} N_{0j}, & c_1, & x_{0j1} \\ & c_2, & x_{0j2} \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n, & x_{0jn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N_{0j}, & c_1, & \langle a_{0j1}, b_{0j1} \rangle \\ & c_2, & \langle a_{0j2}, b_{0j2} \rangle \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n, & \langle a_{0jn}, b_{0jn} \rangle \end{bmatrix}。$$

式中: N<sub>0j</sub>为土地适宜性等级; c<sub>i</sub>为该等级下所选取的对应指标; x<sub>0ji</sub>为对应指标的取值范围, 即经典域; a、b 分别为取值范围的下限值和上限值 (下同)。

③确定节域 R<sub>p</sub>,

$$R_p = (P, c_p, x_{pi}) = \begin{bmatrix} P, & c_1, & x_{p1} \\ & c_2, & x_{p2} \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n, & x_{pn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N_{0j}, & c_1, & \langle a_{p1}, b_{p1} \rangle \\ & c_2, & \langle a_{p2}, b_{p2} \rangle \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n, & \langle a_{pn}, b_{pn} \rangle \end{bmatrix}，$$

式中: P 为炎陵县全部待评村镇; x<sub>pi</sub>为全部待评村镇 P 关于指标 c<sub>i</sub>的取值范围, 即节域。

通过参考已有相关研究, 将评价体系中的各个指标划分为 5 个等级, 分别为最适宜、高适宜、中适宜、低适宜和不适宜<sup>[3]</sup>。因各指标性质与取值区间不同, 分级标准也有所差异, 其中, B<sub>11</sub>和 B<sub>12</sub>评价指标值越小土地适宜性等级越高, 其余指标的评价指标数值越大土地适宜性等级越高 (见表 3)。

2) 确定评价指标关于各等级的关联度:

$$K_j(x_i) = \begin{cases} \frac{-\rho(x_i, x_{0ji})}{|x_{0ji}|}, & x_i \in x_{0ji}; \\ \frac{\rho(x_i, x_{0ji})}{\rho(x_i, x_{pj}) - \rho(x_i, x_{0ji})}, & x_i \notin x_{0ji}。 \end{cases} \quad (5)$$

式中:  $|x_{0ji}| = |b - a|$ ;

$$\rho(x_i, x_{0ji}) = \left| x_i - \frac{1}{2}(a+b) \right| - \frac{1}{2}(b-a)$$

3) 确定待评价对象关于各等级的关联度。

$$K_j(P_0) = \sum_{i=1}^n a_i K_j(x_i)$$

式中:  $K_j(P_0)$  为待评价对象  $P_0$  关于等级  $j$  的关联度;  $a_i$  为每个特征  $c_i$  对应的权系数。

表3 炎陵县“三生空间”土地适宜性评价的经典域量、节域值

Table 3 Classical domain quantity and node domain value table of land suitability evaluation of “three-livable space” in Yanling County

评价指标	经典域					节域 $R_p$	单位
	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R_4$	$R_5$		
$B_1$	0~10	10~20	20~30	30~40	40~50	0~50	km
$B_2$	4~5	3~4	2~3	1~2	0~1	1~5	-
$B_3$	2~2.5	1.5~2	1~1.5	0.5~1	0~0.5	0~2.5	-
$B_4$	4~5	3~4	2~3	1~2	0~1	1~5	-
$B_5$	400~500	300~400	200~300	100~200	0~100	0~300	m <sup>2</sup> /人
$B_6$	20~25	15~20	10~15	5~10	0~5	0~15	m <sup>2</sup> /人
$B_7$	4~5	3~4	2~3	1~2	0~1	1~5	-
$B_8$	4~5	3~4	2~3	1~2	0~1	0~5	%
$B_9$	40~70	20~40	10~20	5~10	0~5	70~91	%
$B_{10}$	0~15	15~25	25~30	30~35	35~55	0~55	%
$B_{11}$	0~20	20~30	30~40	40~50	50~60	30~60	%
$B_{12}$	2~2.5	1.5~2	1~1.5	0.5~1	0~0.5	0~2.5	%

4) 确定评价等级。

$$K_{j_0} = \max\{K_1(P_0), K_2(P_0), \dots, K_m(P_0)\}$$

若  $K_j(P_0) \leq 0$ , 表示  $P_0$  的等级已不在所划分的各等级之内, 应舍去。

## 4 结果与分析

### 4.1 物元模型综合分析

限于篇幅, 本文仅列出了炎陵县 10 个乡镇各评价指标关于等级  $R_1$  (最适宜) 的关联函数值 (见表 4)。

表4 各乡镇关于  $R_1$  的关联函数值

Table 4 Correlation function values of  $R_1$  for each township

乡镇	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$B_6$	$B_7$	$B_8$	$B_9$	$B_{10}$	$B_{11}$	$B_{12}$
霞阳镇	0.000	0.000	-0.500	0.000	-0.777	-2.366	0.000	-0.988	-0.500	-0.387	-0.842	-0.308
垄溪乡	0.200	0.000	-0.368	-0.667	-0.683	-0.670	-0.333	-1.000	-0.738	-0.234	-0.663	-0.530
十都镇	-0.400	-0.667	-0.333	-1.000	-0.757	-0.706	-0.333	-1.000	-0.847	-0.516	-0.641	-0.525
沔渡镇	-0.250	0.000	-0.375	0.000	-0.668	-0.646	0.000	-1.000	-0.500	-0.983	-0.731	-0.530
鹿原镇	-0.308	0.000	-0.600	-0.667	-0.639	-0.935	0.000	-0.999	-0.500	-0.391	-0.956	-0.363
船形乡	-0.675	-0.333	-0.333	-0.667	-0.640	-0.903	-0.333	-1.000	-0.670	-0.528	-0.751	-0.316
水口镇	-0.450	-0.333	-0.500	-0.667	-0.632	-0.735	-0.667	-0.999	-0.862	-0.447	-0.663	-0.269
中村瑶族乡	-0.525	0.000	-0.400	0.000	-0.649	-0.681	-0.667	-1.000	-0.985	-0.978	-0.801	-0.455
下村乡	-0.550	-1.000	-0.500	-1.000	-0.632	-0.704	-0.667	-1.000	-0.543	-0.359	-0.714	-0.660
策源乡	-0.800	-1.000	-0.333	-1.000	-0.726	-0.932	-0.333	-1.000	-0.819	-0.686	-0.817	-0.635

基于上述计算的各村镇关于各等级的关联函数值, 计算得到炎陵县各村镇在 5 个等级上的综合关联函数值, 其中最大值所对应的等级即为村镇“三生空间”土地利用适宜度的评价等级 (见表 5)。最终评价结果为, 沔渡镇、鹿原镇、船形乡、水口镇的综合关联函数值分别为 -0.448, -0.576, -0.664, -0.641, 评价结果为最适宜; 霞阳镇、十都镇、中村瑶族乡、下

村乡的综合关联函数值分别为 -0.438, -0.704, -0.542, -0.759, 评价结果为高适宜; 策源乡的综合关联函数值为 -0.824, 评价结果为低适宜; 垄溪乡的综合关联函数值为 -0.491, 评价结果为不适宜。炎陵县“三生空间”土地利用处于适宜状态的 (包括最适宜、高适宜) 的占 85%, 剩余 15% 适宜性较低。

表5 各乡镇综合关联函数值及评价等级

Table 5 Comprehensive correlation function value and evaluation grade of each township

乡镇	评价单元级					评价等级
	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R_4$	$R_5$	
霞阳镇	-0.740	-0.438	-0.735	-0.798	-1.515	$R_2$ 高适宜
垄溪乡	-0.504	-0.495	-0.789	-1.052	-0.491	$R_5$ 不适宜
十都镇	-0.705	-0.704	-1.208	-0.892	-1.321	$R_2$ 高适宜
沔渡镇	-0.448	-0.473	-0.720	-0.761	-0.840	$R_1$ 最适宜
鹿原镇	-0.576	-0.625	-0.587	-1.101	-1.440	$R_1$ 最适宜
船形乡	-0.664	-0.675	-0.811	-1.372	-1.184	$R_1$ 最适宜
水口镇	-0.641	-0.647	-0.849	-1.695	-1.000	$R_1$ 最适宜
中村瑶族乡	-0.543	-0.542	-0.821	-1.081	-0.590	$R_2$ 高适宜
下村乡	-0.760	-0.759	-0.955	-1.447	-0.999	$R_2$ 高适宜
策源乡	-0.862	-0.825	-1.056	-0.824	-1.847	$R_4$ 低适宜

4.2 土地利用适宜性分析

根据综合关联函数值得到“三生空间”视角下炎陵县10个村镇土地利用适宜性评价结果，如图2所示。

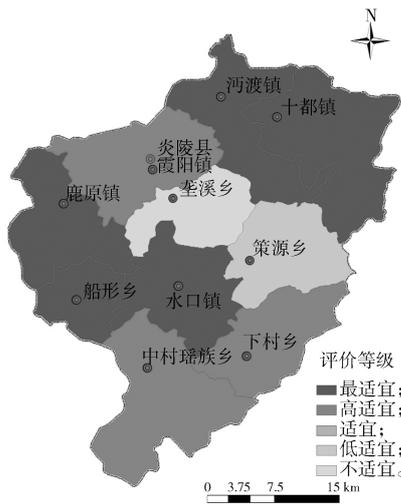


图2 炎陵县用地适宜性评价图

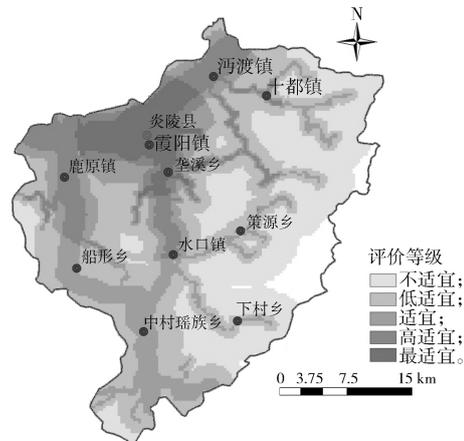
Fig. 2 Land suitability evaluation map of Yanling County

从图2可以得出，总体来看，炎陵县各村镇土地利用适宜性情况存在差异，但大部分区域处于适宜状态。具体分析如下：炎陵县村镇土地利用综合评价85%处于适宜状态（包括最适宜、高适宜）。其中，处于最适宜状态的占总面积的50%，主要分布在炎陵县西部交通发达区域和东北部森林覆盖率高、环境良好区域。该区域应当充分利用自身资源条件发展适宜产业，如：可在西部地形平坦区域发展现代化农业以及食品加工工业等，形成现代农业产业链；在东北部区域发展旅游业等。处于高适宜状态的用地占总面积的35%，主要分布在炎陵县北部和南部区域。其中，北部的霞阳镇经济发展较为迅速，但生态不适

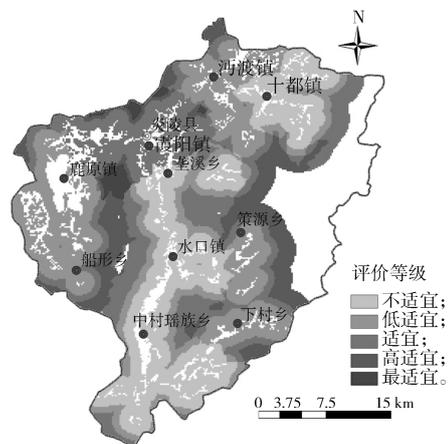
宜面积比例较高，应当在发展经济的同时注重生态环境的保护与修复，协调人地关系，适当增加生态用地，提高绿化面积；南部区域受区位条件制约，中心城区可达性较差，生活便捷度不高，应当着重提升配套设施水平。处于低适宜状态的用地占总面积的9%，主要位于炎陵县西部。该区域交通条件较差，应当加强基础设施建设，促进区域经济增长。处于不适宜状态的用地占总用地的6%，主要位于炎陵县中部地区。该区域受地质灾害的影响较大，之后的发展应当注意地质灾害的预防与监测，建设和发展应避开灾害易发地，同时适当增加灾害防护设施。

为进一步揭示炎陵县“三生空间”土地利用适宜性的空间分布情况，运用 Arcgis 软件分别将生活、生产、生态3个层面的指标值进行叠加分析，得到炎陵县生活适宜性评价图、生产适宜性评价图、生态适宜性评价图（见图3）。

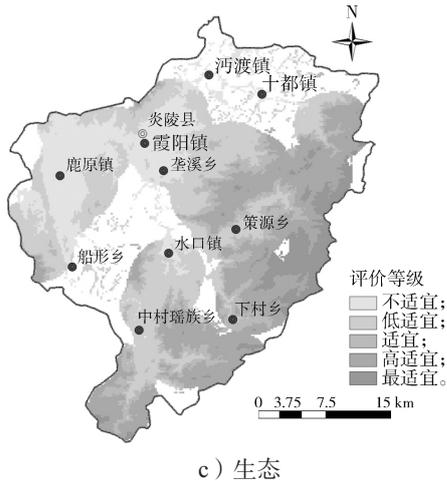
由图3可得出，总体来看，炎陵县的“三生空间”土地利用适宜性分布存在空间差异，生活和生产空间适宜性较高的区域重叠度较高，二者与生态空间适宜性较高的区域重合度较低。



a) 生活



b) 生产



c) 生态

图3 炎陵县“三生空间”用地适宜性评价图

Fig. 3 Land suitability evaluation map of “three living spaces” in Yanling County

具体分析如下：生活空间方面，炎陵县生活适宜性较高的区域主要集中在炎陵县西北部，即霞阳镇、鹿原镇、沔渡镇，该区域交通发达，对外出行便捷合理；其中霞阳镇的生活适宜性最高，这可能是由于霞阳镇经济发展水平较高，交通可达性良好，出行方式多样；下村乡生活适宜性最低，主要受城镇重心度和地形因素影响，导致居民生活便捷度低。中心城区可达性 ( $B_1$ ) 和交通干线可达性 ( $B_2$ ) 是影响生活适宜性评价的两个主要因素。生产空间方面，生产适宜性较高的区域主要集中在炎陵县西北部即霞阳镇、鹿原镇，该区域地势平坦、经济发展水平较高，生产效益高；其中鹿原镇的生产适宜性最高，这与鹿原镇耕作收益率和人均农村居民点面积较高、生产效益良好有密切联系；水口镇的生产适宜性最低，主要原因是水口镇的耕作收益率和人均工矿面积较低，生产效益较差。耕作收益率 ( $B_7$ ) 是影响生产适宜性评价的主要因素。生态空间方面，生态适宜性较高区域主要集中在炎陵县东北部，即策源乡、下村乡、水口镇、中村瑶族乡，该区域森林覆盖率高，人地关系较为和谐。其中策源乡生态适宜性最高，这可能是由于策源乡村镇绿化率较高，生态不适宜面积较低，生态环境质量良好；垄溪乡的生态适宜性最低，主要原因是垄溪乡坡度大于  $25^\circ$  的面积比例和生态不适宜面积比例较高，地质灾害风险较大，生态环境质量较差。影响生产适宜性评价的主要因素是生态不适宜面积 ( $B_{10}$ ) 和坡度大于  $25^\circ$  的用地比例 ( $B_{11}$ )。

综上，采用物元模型不仅可以表示出具体村镇土地利用在“三生”视角各指标下的适宜程度以及综合的适宜程度，还可以反映出各个指标对最终评价结果的影响及其程度，全面考虑部分与整体的关系，

增强结果的科学性和说服力。

## 5 结论与讨论

### 5.1 结论

基于炎陵县 2020 年现状土地利用数据，从生活、生产、生态 3 个方面选取指标，构建“三生空间”评价指标体系，综合运用物元模型、GIS 空间分析方法对炎陵县土地利用适宜性进行了评价，结果表明：

1) 炎陵县 85% 的村镇用地处于适宜状态（包括最适宜 50%、高适宜 35%），说明目前大部分村镇的土地利用较为合理，这与国家大力推进国土空间规划以及政府的积极调控有关；而策源乡和垄溪乡土地利用的合理性有待提高。

2) 炎陵县“三生空间”土地利用适宜性分布存在空间差异。生活适宜性较高的区域主要集中在炎陵县西北部，其中霞阳镇的生活适宜性最高，下村乡生活适宜性最低；生产适宜性较高的区域主要集中在炎陵县西北部，其中鹿原镇的生产适宜性最高，水口镇的生产适宜性最低；生态适宜性较高区域主要集中在炎陵县东北部，其中策源乡生态适宜性最高，垄溪乡的生态适宜性最低。

3) 炎陵县“三生空间”土地利用适宜性评价的影响因素具有差异性。影响生活适宜性评价的主要因素是中心城区可达性 ( $B_1$ ) 和交通干线可达性 ( $B_2$ )；影响生产适宜性评价的主要因素是耕作收益率 ( $B_7$ )；影响生产适宜性评价的主要因素是生态不适宜面积 ( $B_{10}$ ) 和坡度大于  $25^\circ$  的用地比例 ( $B_{11}$ )。

### 5.2 讨论

与传统的土地利用适宜性评价相比，从“三生空间”视角进行乡镇土地利用适宜性评价。一方面，能够从土地自然本底出发，通过对生活、生产、生态要素的识别，更为直观地揭示研究区域的“三生”适宜性，为县域尺度下的国土空间规划提供具体参考，可以作为“双评价”的基础，与其很好地衔接。因此，炎陵县应当从“三生空间”的角度综合考虑县域各村镇的土地利用适宜程度，识别对土地适宜性影响较大的因素，趋利避害，才能实现更好的发展。另一方面，可以很好地评估现行规划效果，从而制定更合理的规划设计。因此，炎陵县应当针对适宜性评价的主要影响因素，开展重点专题研究，从“三生空间”角度的适宜性评价结果出发，围绕村庄空间优化调整、乡村产业发展谋划、生态环境保护提升等重要方面开展因地制宜的国土空间开发规划。研究发现，炎陵县西北部的生活适宜性和生产适宜性均较高，应当着重提高

其生态适宜性,增加森林覆盖率,改善生态环境质量,充分利用其区位优势制定产业规划,促进经济发展;此外,东北部的生态适宜性较高,应当注重对交通等基础设施的完善,灾害易发点应注意防灾减灾和应急设施建设,利用生态优势发展生态相关产业。

值得注意的是,物元模型与传统的评价方法相比,得到的评价结果更加客观准确,不仅能得到最终评价结果,更能用定量表达方式揭示各单个因子与评价结果的关系,从而为村镇的发展建设提供优化改进方向。然而,采用物元模型对村镇“三生空间”方面的土地适宜性进行评价的案例较少,节域和经典域的范围选取不够精确,研究结果可能与现实存在局部误差,有待进一步提升其取值范围的精确性。

#### 参考文献:

- [1] 张云路,李雄,孙松林.基于“三生”空间协调的乡村空间适宜性评价与优化:以雄安新区北沙口乡为例[J].城市发展研究,2019,26(1):116-124.  
ZHANG Yunlu, LI Xiong, SUN Songlin. Evaluation and Optimization of Rural Space Suitability Based on “the Production, Living and Ecological Space Coordination” Take Beishakou Township, the Xiongan New Area as an Example[J]. Urban Development Studies, 2019, 26(1): 116-124.
- [2] YANG Y Y, BAO W K, LIU Y S. Coupling Coordination Analysis of Rural Production-Living-Ecological Space in the Beijing-Tianjin-Hebei Region[J]. Ecological Indicators, 2020, 117: 106512.
- [3] 周书宏,李锋,陈春.基于“三生空间”的村镇土地利用适宜性评价研究:以重庆市永川区为例[J].小城镇建设,2020,38(5):85-91.  
ZHOU Shuhong, LI Feng, CHEN Chun. Research on the Land Use Suitability Evaluation of Villages and Towns Based on Ecological Production-Living Space: a Case Study of Yongchuan District in Chongqing City[J]. Development of Small Cities & Towns, 2020, 38(5): 85-91.
- [4] 王沈佳.国内外土地复垦适宜性评价的研究综述[J].科技广场,2013(4):123-127.  
WANG Shenjia. Review of Suitability Evaluation of Land Reclamation[J]. Science Mosaic, 2013(4): 123-127.
- [5] 谢树春,赵玲.基于GIS的湘中紫色土丘陵地区土地适宜性评价:以衡南县谭子山镇紫色土综合治理试验区为例[J].经济地理,2005,25(1):101-105.  
XIE Shuchun, ZHAO Ling. Land Suitability Evaluation Based on GIS for the Purple Soil Upland Region in the Middle Part of Hunan Province[J]. Economic Geography, 2005, 25(1): 101-105.
- [6] 崔维佳,李立平,刘永兵,等.松嫩草原西部土地资源适宜性评价:以杜尔伯特县为例[J].水土保持研究,2007,14(3):124-127.  
CUI Weijia, LI Liping, LIU Yongbing, et al. The Evaluation of Suitability of Land Resources in West Songnen Grasslands: A Case Study of Duerbote County[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2007, 14(3): 124-127.
- [7] 薛大川,孙希华,陈君,等.基于GIS的邢家渡废弃沉沙池土地利用适宜性评价研究[J].绿色科技,2013(11):173-176.  
XUE Dachuan, SUN Xihua, CHEN Jun, et al. Study on Land Use Suitability Evaluation of Abandoned Sediment Basin in Xingjiadu Based on GIS[J]. Journal of Green Science and Technology, 2013(11): 173-176.
- [8] 胡学东,王占岐,邹利林.基于贝叶斯概率模型的鄂西北山地区耕地整治适宜性评价[J].资源科学,2016,38(1):83-92.  
HU Xuedong, WANG Zhanqi, ZOU Lilin. Suitability Evaluation of Arable Land Consolidation in Mountain Areas of Northwestern Hubei Based on Bayesian Probability Modeling[J]. Resources Science, 2016, 38(1): 83-92.
- [9] 孙云华,郭涛,崔希民,等.基于行为聚类算法的土地利用聚类适宜性分析研究[J].地球信息科学学报,2016,18(3):396-405.  
SUN Yunhua, GUO Tao, CUI Ximin, et al. Suitability Analysis on Behavior-Based Aggregation of Land Use Classification in Yunnan Province[J]. Journal of Geo-Information Science, 2016, 18(3): 396-405.
- [10] 江晓龙.基于GIS的永安市农业用地适宜性评价[J].安徽农业科学,2019,47(17):58-60.  
JIANG Xiaolong. Suitability Assessment of Agricultural Land in Yong'an City Based on GIS[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2019, 47(17): 58-60.
- [11] 付野,艾东,王数,等.基于反规划和最小累积阻力模型的土地生态适宜性评价:以昆明市为例[J].中国农业大学学报,2019,24(12):136-144.  
FU Ye, AI Dong, WANG Shu, et al. Ecological Suitability of Land Based on the Model of Anti-Planning and Minimum Cumulative Resistance: a Case Study of Kunming City[J]. Journal of China Agricultural University, 2019, 24(12): 136-144.
- [12] 马东辉,郭小东,苏经宇,等.层次分析法逆序问题及其在土地利用适宜性评价中的应用[J].系统工程理论与实践,2007,27(6):124-135,165.  
MA Donghui, GUO Xiaodong, SU Jingyu, et al. Inverted-Order Problem and Application in Suitability Assessment of Land Use for AHP[J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 2007, 27(6): 124-135, 165.

- [13] 于 婧, 周 勇, 周清波, 等. 基于 GIS 和模糊数学方法的多方案下农用地多适宜性评价 [J]. 农业工程学报, 2005, 21 (增刊 1): 183-187.  
YU Jing, ZHOU Yong, ZHOU Qingbo, et al. Land Suitability Evaluation Under Different Scenarios Based on GIS and Fuzzy Mathematic Methods[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2005, 21(S1): 183-187.
- [14] 杨 勇, 任志远. 基于多因素分析决策的关中地区土地适宜性评价 [J]. 测绘科学, 2013, 38(4): 37-39.  
YANG Yong, REN Zhiyuan. Land Suitability Evaluation Based on Multi-Factors Analysis Decision-Making[J]. Science of Surveying and Mapping, 2013, 38(4): 37-39.
- [15] 罗玮祥, 张廷玉. 基于 BP 神经网络的土地适宜性评价研究 [J]. 绿色科技, 2016(16): 232-234.  
LUO Weixiang, ZHANG Tingyu. Land Suitability Evaluation Based on BP Neural Network[J]. Journal of Green Science and Technology, 2016(16): 232-234.
- [16] 刘 昭, 高敏华. 灰色关联分析在吐鲁番市农用地适宜性评价中的应用 [J]. 安徽农学通报 (上半月刊), 2009, 15(13): 201-202.  
LIU Zhao, GAO Minhua. Application of Gray Connection Analysis in Suitable Evaluation of Cultivated Land in Turpan[J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2009, 15(13): 201-202.
- [17] 李 欣, 殷如梦, 方 斌, 等. 基于“三生”功能的江苏省国土空间特征及分区调控 [J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(8): 1833-1846.  
LI Xin, YIN Rumeng, FANG Bin, et al. Research on the Functional Zoning and Regulation of Jiangsu Province's Territorial Space Based on the "Production-Living-Ecological" Function[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2019, 28(8): 1833-1846.
- [18] 农宵宵, 吴 彬, 陈铁中, 等. 基于“三生”功能的柳州市国土空间适宜性评价 [J]. 规划师, 2020, 36(6): 26-32.  
NONG Xiaoxiao, WU Bin, CHEN Tiezhong, et al. Evaluation of National Land Use and Space for Functions of "Production, Life, Ecology", Liuzhou[J]. Planners, 2020, 36(6): 26-32.
- [19] 赖国华, 胡宝清, 李 敏, 等. 桂西南-北部湾地区“三生”空间适宜性评价 [J]. 水土保持通报, 2020, 40(6): 221-227, 331.  
LAI Guohua, HU Baoqing, LI Min, et al. Evaluation on Spatial Suitability of Ecological-Living-Industrial in Southwestern Guangxi-Beibu Gulf Region[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2020, 40(6): 221-227, 331.
- [20] 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.
- [21] 姜晓丽, 杨 伟. 基于“三生”空间视角的城市建设用地拓展适宜性 [J]. 江苏农业科学, 2019, 47(16): 282-285.  
JIANG Xiaoli, YANG Wei. Suitability Evaluation of Urban Construction Land Exploitation Based on Production-Living-Ecology Space[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2019, 47(16): 282-285.
- [22] 荣丽华, 李伊彤, 王彦开. 基于数据包络分析 (DEA) 模型的牧业旗县三生空间结构绩效评价方法与实证 [J]. 小城镇建设, 2019, 37(11): 89-95.  
RONG Lihua, LI Yitong, WANG Yankai. DEA Model Based Ecological-Production-Living Space Performance Evaluation Method and Empirical Study in Animal Husbandry Area[J]. Development of Small Cities & Towns, 2019, 37(11): 89-95.
- [23] 胡 伟, 李满春, 符海月, 等. 土地利用适宜性评价物元模型研究 [J]. 测绘科学, 2009, 34(5): 126-129.  
HU Wei, LI Manchun, FU Haiyue, et al. Research of Matter-Element Model About Land-Use Suitability Evaluation[J]. Science of Surveying and Mapping, 2009, 34(5): 126-129.
- [24] FU Haiyue, LI Manchun, CHEN Zhenjie, et al. Land Use Suitability Evaluation Based on GIS and Matter-Element Model[EB/OL]. [2021-06-17]. <https://dx.doi.org/10.1117/12.812987>.
- [25] 陈 超. 基于可拓物元模型的雄安新区土地集约利用潜力评价研究 [J]. 价值工程, 2019, 38(6): 22-25.  
CHEN Chao. Evaluation of Intensive Land Use Potential of Xiongan New Area Based on Extension Matter-Element Model[J]. Value Engineering, 2019, 38(6): 22-25.

(责任编辑: 申 剑)