

基于适宜性评价的土地利用分区研究

——以山西省汾阳市为例

原文超,徐明德,杨 晨,常慧琳

(太原理工大学环境科学与工程学院,山西 太原 030024)

摘 要:从农业、生态以及建设用地三方面入手建立了土地适宜性评价指标体系,采用层次分析法(AHP)确定各指标权重,运用 RS 和 GIS 技术及单因子评价法、综合指数评价法等方法建立各级指标的评价模型,并采用“三维魔方”矩阵组合法对适宜性评价结果进行综合分析,最后基于网格系统实现评价结果的可视化空间表达。以山西省汾阳市为例,对所建立的模型与相应的技术方法进行验证性分析。结果表明:该市土地划分为生态林业用地区、生态农业用地区、基本农田保护区、一般农业生产区和经济发展建设区 5 个区域,占地面积分别为 345.26、219.50、396.52、80.52、136.68 km²,占全市比例为 29.3%、18.6%、33.7%、6.8%、11.6%。结果与该县实际情况基本吻合,表明所建立的指标体系与模型是可行的,为土地资源的合理开发利用提供了科学的依据,具有一定的理论价值和现实意义。

关键词:土地利用分区;适宜性评价;指标体系;GIS;汾阳市

中图分类号: F311 **文献标志码:** A

Research on land use zoning based on suitability evaluation

——A case study of Fenyang, Shanxi Province

YUAN Wen-chao, XU Ming-de, YANG Chen, CHANG Hui-lin

(College of Environmental Sciences and Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan, Shanxi 030024, China)

Abstract: The land suitability evaluation index system was established from three aspects: the agricultural land, the ecological land and the construction land. Applying analytic hierarchy process(AHP) to obtain the index weights; By using RS and GIS technology and the approaches of single-factor evaluation, comprehensive index evaluation and other methods, the land suitability evaluation index model was established. A comprehensive analysis of suitability evaluation results was made by the “three – dimensional cube” matrix combination method. Finally, the visualization of spatial expression of the evaluation results was made possible. Taking Fenyang for example, the established model and the technical method was verified. The results were consistent with the actual situation of the city which showed that the established index systems and models were feasible. The result shows that the land is divided into five zones, they are eco-forestal area, eco-agricultural area, prime farmland protection area, ordinary agricultural area and economic development area, covering an area of 345.26, 219.50, 396.52, 80.52 km² and 136.68 km² respectively, and accounting for 29.3%, 18.6%, 33.7%, 6.8% and 11.6% of total area of the city respectively. The results were agreed well with the actual situation of the city, which showed that the established index systems and models were feasible. The results providing a scientific basis for reasonable exploitation and utilization of the land resources and show certain theoretical value and practical significance.

Keywords: land use zoning; suitability evaluation; index system; GIS; Fenyang

土地适宜性评价指在考虑人类一些未来活动、需求或者规划而确定的最适合的土地利用空间模式,即土地对某种用途的适应情况^[1-2]。目前基于 GIS 技术的土地适宜性评价应用领域主要包括动植物的栖息地^[3-4]、农业种植类型^[5-6]、景观评价及规划^[7]、区域规划^[8]和环境影响评价^[9]等。

收稿日期:2016-10-17 修回日期:2016-11-30
基金项目:山西省自然科学基金项目(2012011033-1)
作者简介:原文超(1992—),男,山西运城人,硕士,研究方向为空间信息技术与污染控制系统工程。E-mail: 464534151@qq.com。
通信作者:徐明德(1958—),男,山西应县人,教授,博士,主要从事污染控制系统工程与环境规划研究。E-mail: mingdexu@126.com。

GIS技术的广泛运用为土地适宜性评价提供了一个有力的工具,其强大的空间分析功能使土地适宜性评价变得更易于实现,随着RS技术的发展,多源多时相的遥感数据源也为土地适宜性评价提供了丰富的数据源^[10]。国内外不少学者尝试运用不同方法^[11-15]进行土地适宜性评价,目前常用的土地适宜性评价方法^[16-17]主要是多因子综合权重叠加分析法,多指标决策模型和人工智能^[18-19]的方法,多因子综合权重叠加分析法是目前最常用的土地适宜性评价方法。因子权重大小的确定方法常用的有专家打分法、主成分分析法、层次分析法(AHP)等。其中AHP相比其他方法可以有效的减少人为主观因素的影响,提高决策过程的客观性和科学性。

虽然过去的土地适宜性评价中尝试过将定性与定量相结合,但评价过程并没有充分考虑土地的农业生产功能、生态功能及社会功能。此外,适宜性评价研究的热点大多集中于经济社会发展较好的沿海城市,因区域自然地理条件较好,较少考虑地形地貌的影响。黄土丘陵沟壑区是我国资源、环境、人口矛盾最为突出的地区之一,自然地理条件约束大,生态环境敏感脆弱,对区域土地资源开发利用影响深刻。

鉴于此,本文引入土地适宜性评价综合模型,以土地可持续利用与区域协调发展为目标,以农业生产为向导构建评价指标体系,建立土地适宜性评价模型,实现土地利用分区的定量化研究^[20]。通过山西省汾阳市的案例研究探讨模型的可行性和准确性,为优化用地空间布局,实行土地用途空间管制提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

汾阳市位于山西省腹地偏西,太原盆地西缘,吕梁山东麓,地理坐标东经111°26′~112°00′22″,北纬37°08′44″~37°29′10″。全市下辖5个街道、9个镇和2个乡,市境总面积1 179 km²,总人口42.45万。汾阳市属于温带季风气候区,冬夏风向更替明显,冬季寒冷干燥,夏季炎热多雨,春秋短暂凉爽。汾阳市地处黄土高原,地势西北高、东南低,由西北向东南逐渐倾斜,平均海拔1 414 m,自然地形可分为山地、丘陵、平原三部分,各占1/3左右。中部和西南部为黄土丘陵区,沟壑纵横,水土流失较为严重。

1.2 数据资料

遥感数据:选取国际科学数据服务平台上的Landsat(美国陆地资源卫星系统)数据作为遥感解译的数据源。选取2014年的汾阳市遥感影像数据,数

据的季相为6—9月,空间分辨率为30 m,云量为0%。

非遥感数据:主要包括自然、社会、经济方面的文字资料和图件资料。

采用ERDAS图像处理系统对各单波段进行融合,采用监督分类工具对融合后的影像进行分类并辅以目视纠正获得土地利用类型图;利用ArcGIS相关工具得到行政区划及道路分布等矢量数据。

1.3 评价指标体系的建立及标准化

对不同的土地系统而言,其土地利用适宜性显著不同,为全面反映研究区域土地利用状况,若选取指标过多则工作量过大且不利于综合分析,因此本文以综合性、代表性、相对独立性为原则^[21],从众多土地利用指标体系中选择最具代表性的指标来评价区域土地利用的各个侧面及整体发展水平。

本研究参考前人研究成果^[22-23],结合汾阳市实际特点,采用范围法和目标法,建立汾阳市土地适宜性评价指标体系。其中包括目标层即土地适宜性综合评价指标,反映评价单元内土地适宜性结果,便于可视化表达;准则层包括农业用地适宜性、生态用地适宜性及建设用地适宜性;指标层包括17项基础指标。

生态用地对于区域生态系统维持其生态功能和服务价值具有重要作用,不仅有利于地区环境条件的改善,也有利于保护生物多样性。应充分考虑植被、生物、土壤等自然资源,此处选取5个指标:植被覆盖指数、生物丰度指数、土壤侵蚀敏感度指数、自然保护区范围与水源地保护区范围。

农业用地适宜性应将自然因素作为评价土地进行农作物种植适宜程度的重要考察因素,自然因素主要是指土壤的理化性状和生态性状,对土地的生产力大小具有较大影响。土地的农业用地中,人类因素的影响较为显著,各项社会经济要素和生产技术要素对土地在农业方面的适宜性具有较大影响。根据土壤学知识和生产经验,选取在时间序列上具有相对稳定性的指标,使评价结果相对稳定且在较长时间内都具有应用价值。共选取6个指标:坡度、灌溉条件、土地生产率、农用地占地率、土壤有机质和土壤质地。

建设用地适宜性的影响因素不仅包括自然因素,还包括土地的社会经济因素和区位条件因素。自然条件为建设用地的基本限制因素,汾阳市地形起伏较大,地质灾害多发,因此选取6个指标:地形起伏度、人口密度、建设用地占地率、交通密度、地质灾害危险性和与城市中心距离。

所用指标数据均直接或间接选自《汾阳市统计年鉴 2015》及 2015 年汾阳市土地利用变更调查数据。土地适宜性评价指标体系见表 1。对各指标采用极差标准化处理,形成无量纲的数据。

表 1 土地适宜性评价指标体系
Table 1 The evaluation system of land suitability

目标层 Object	准则层 Rule	指标层 Index	权重 Weight
土地适宜性 综合评价 Land suitability evaluation	生态用地适宜性 Ecological land suitability	植被覆盖指数 Vegetative cover index	0.390
		生物丰度指数 Biological abundance index	0.315
		土壤侵蚀敏感性 Soil erosion sensitivity	0.295
		坡度 Slope	0.119
	农业用地适宜性 Agricultural land suitability	土壤有机质 Soil organic matter	0.421
		土壤质地 Soil texture	0.065
		灌溉条件 Irrigation conditions	0.224
		土地生产率 Land productivity	0.128
		农用地占地率 Agricultural land covering rate	0.043
		土地起伏度 Land fluctuation degree	0.142
	建设用地适宜性 Construction land suitability	地质灾害 Geological disasters	0.083
		人口密度 Population density	0.224
		建设用地占地率 Construction land covering rate	0.106
		交通密度 Traffic density	0.278
		与城市中心距离 Distance from city center	0.167

1.4 评价单元的确定

评价单元是土地适宜性评价的最基本单元^[24],此处以 30 m×30 m 网格单元为主、以行政单元和矢量单元为辅,其中 DEM 数据、覆盖数据和土地利用数据等采用网格单元;人口、土地类型占地率等数据均以行政区为基本单元;河流、道路分布等线型资料采用矢量单元。

1.5 指标权重的确定

采用“三标度 AHP 法^[25]”进行权重分析。通过对同一个层次的 n 个元素进行两两比较后,采用三标度(0,1,2)数值来直观表现相互比较的元素之间的相对重要性。比较矩阵如下:

$$C = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} & \cdots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \cdots & c_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ c_{n1} & c_{n2} & \cdots & c_{nn} \end{pmatrix}$$

其中:
 $C_{ij} = \begin{cases} 2 & \text{第 } i \text{ 元素比第 } j \text{ 元素重要} \\ 1 & \text{第 } i \text{ 元素与第 } j \text{ 元素同等重要} \\ 0 & \text{第 } i \text{ 元素没有第 } j \text{ 元素重要} \end{cases} \quad (i, j = 1, 2, \cdots, n)$

通过计算各元素的排序指数,对各指标元素之间的重要性进行排序。排序指数计算见下式:

$$r_i = \sum_{j=1}^n c_{ij} \quad (i = 1, 2, \cdots, n)$$

其中 $r_{\min}$ 表示最小的排序指数, $r_{\max}$ 表示最大的排序指数,采用 $A_{\min}$ 表示排序指数最小的元素, $A_{\max}$ 表示排序指数最大的元素。提取排序指数最大和最小两个元素作为基点比较元素,用某一标度代表这两个基点元素之间的相对重要性程度,通过下式的变换,得到其他元素之间的相对重要程度。

$$b_{ij} = \begin{cases} \frac{r_i - r_j}{r_{\max} - r_{\min}}(b_m - 1) + 1 & r_i - r_j \geq 0 \\ 1 / \left[\frac{r_j - r_i}{r_{\max} - r_{\min}}(b_m - 1) + 1 \right] + 1 & r_i - r_j < 0 \end{cases}$$

其中, $i = 1, 2, \cdots, n$ 。

通过以上变换建立反映各评价元素之间相对重要程度的判断矩阵 b_{ij} 。计算特征向量并进行归一化处理,即得到该层次上各个评价指标的权重值。

各指标因子的权重见表 1。

1.6 土地适宜性评价模型

1.6.1 生态用地适宜性评价 将植被覆盖度指数、生物丰度指数和土壤侵蚀敏感度分级值进行归一化处理,采用加权指数法进行综合并结合自然保护区范围和水源地保护区范围进行微调,得到生态用地适宜性评价价值,其计算模型见式(1):

$$ELS = \sum_{k=1}^3 w_k \cdot y_k = w_1 \times NDVI + w_2 \times BD + w_3 \times$$

SE (1)
式中, ELS 表示生态用地适宜性评价价值; $NDVI$ 、 BD 、 SE 分别表示植被覆盖度指数、生物丰度指数和土壤侵蚀敏感度的标准化值; w_1 、 w_2 、 w_3 分别表示各因子的权重。

BD 表示评价范围内生物数量的丰贫程度, 此处以土地类型作为评价指标, 分级表见表 2。

SE 受地貌、土壤、气候、水文和植被等诸多因素影响^[26], 此处选取土壤质地、地形起伏度、植被覆盖作为评价指标, 分级赋值后利用 GIS 空间分析功能计算出结果后得到土壤侵蚀敏感度评价状况。其分级标准见表 3。

表 3 土壤侵蚀敏感度分级表
Table 3 Classification table of Sensitivity classification to soil erosion

分级 Classification	一般敏感 General sensitive	轻度敏感 Slightly sensitive	中度敏感 Moderately susceptible	高度敏感 Highly sensitive
土壤质地 Soil texture	石砾、砂 Boulder, sand	粗砂土、细砂土、 粘土 coarse sand, fine sand, clay	壤土、粉砂质壤土、 砂质粘壤土、粘壤土 Loam, silty loam, sandy clay loam, clay loam	砂质壤土、粉砂质粘壤土、 砂质粘土、壤质粘土 Sandy loam, silty clay loam, sandy clay, loamy clay
地形起伏度/m Land fluctuation degree	< 40	40 ~ 117	117 ~ 200	> 200
植被类型 Vegetational form	水体 Water body	有林地 Wood	灌木林、草地 Bush and greeland	耕地、居民点及工矿用地、未利用地 Arable land, settlement, industrial and mining land, unused land
分级赋值(C) Grading assignment	10	30	50	70

采用指数计算方法评价土壤侵蚀敏感度, 其模型见式(2):

$$SS_j = \sqrt[3]{\sum_{i=1}^3 C_i}$$

(2)

式中: SS_j 为 j 空间单元土壤侵蚀敏感度指数; C_i 为 i 因素敏感度等级值。

1.6.2 农业用地适宜性评价 将坡度、灌溉条件、农业用地占地率、土地生产率、土壤有机质和土壤质地六项指标归一化处理, 利用 GIS 栅格计算工具加权叠加, 得农业用地适宜性评价价值, 其模型:

$$ALS = \sum_{k=1}^6 w_k \cdot y_k = w_1 \times LS + w_2 \times IRC + w_3 \times LRR + w_4 \times LP + w_5 \times SOM + w_6 \times ST$$

(3)

式中, ALS 表示农业用地适宜性评价价值; LS 、 IRC 、 LRR 、 LP 、 SOM 、 ST 分别表示坡度、灌溉条件、农业用地占地率、土地生产率、土壤有机质和土壤质地的标准化值; w_1 、 w_2 、 w_3 、 w_4 、 w_5 、 w_6 分别表示各因子的权重。

LS 采用分段函数量化处理, 评价模型:

表 2 生物丰度指数评价分级表

Table 2 Classifications of conservation of biological diversity

土地利用类型 Land use type	重要性 Importance	分级赋值 Grading assignment
林地 Woodland	一级 Level 1	90
灌木林 Bush	二级 Level 2	70
草地、水体 Greeland and water body	三级 Level 3	50
耕地 Arable land	四级 Level 4	30
建设用地、未利用土地 Construction land and unused land	五级 Level 5	10

$$N_1 = \begin{cases} 0, x_{1i} \geq 26 \\ \frac{25 - x_{1i}}{25 - x_{1\min}}, x_{1i} \leq 25 \end{cases}$$

(4)

式中, N_1 为坡度的适宜度值, x_{1i} 为坡度的实际值, $x_{1\min}$ 为坡度的实际最低值, 25 为坡度限制临界值。

SOM 和 ST 采用分级赋值, 标准见表 4。根据汾阳市土壤有机质和土壤质地图经数字化提取矢量文件, 分级赋值得到土壤有机质和土壤质地分布状况。

1.6.3 建设用地适宜性评价 将地形起伏度、人口密度、建设用地占地率、交通密度、地质灾害危险性和与城市中心距离值归一化处理集成, 建立建设用地适宜性评价模型(5):

$$CLS = \sum_{k=1}^6 w_k \cdot y_k = w_1 \times RDLS + w_2 \times PD + w_3 \times PI + w_4 \times TD + w_5 \times GDR + w_6 \times DFCC$$

(5)

式中, CLS 表示建设用地适宜性评价价值; $RDLS$ 、 PD 、 PI 、 TD 、 GDR 和 $DFCC$ 分别表示地形起伏度、人口密度、建设用地占地率、交通密度、地质灾害危险性和与城市中心距离标准化值; w_1 、 w_2 、 w_3 、 w_4 、 w_5 、 w_6 分

别表示各因子的权重。

GDR 采用人工赋值和模型计算法,分级标准见表 5。根据 DEM 图、矿产资源分布图及相关数据,在 GIS 中建立矢量文件,通过缓冲区分析、重分类、空间叠置等功能生成汾阳市地质灾害危险性评价图。

地质灾害危险性模型如下:

$$GH_j = \sum_{i=1}^6 C_{ij}W_{ij} \tag{6}$$

式中, GH_j 为 j 计算单元地质灾害危险性加权指数; C_{ij} 为 j 计算单元第 i 因子危险性分级值; W_{ij} 为 j 空间单元第 i 因子权重,由层次分析法确定。

DFCC 采用分级赋值法,其分级标准见表 6。

表 4 土壤有机质及土壤质地分级赋分标准

Table 4 The score of the soil organic matter and soil texture

有机质含量/(g·kg ⁻¹) Organic content	> 25	20 ~ 25	15 ~ 20	10 ~ 15	< 10
分值 Score	90	70	50	30	10
土壤质地 Soil texture	壤土 Loam	粘土、沙壤 Clay, sand soil	沙土、粘土 Sand, clay	沙、砾石 Sand, gravel	砾石 Gravel
分值 Score	90	70	50	25	5

表 5 地质灾害危险性分级标准

Table 5 Geological hazard classification criteria

各指标因子 Index factor	河流缓冲带 Stream buffer zones/m		0 ~ 200			
	赋值 Score		30			
	自然因素 Natural factors	断层缓冲带 Fault buffer/m		0 ~ 50		50 ~ 100
		赋值 Score		50		30
		坡度 Slope/(°)		0 ~ 10	10 ~ 15	15 ~ 20
		赋值 Score		10	30	50
	人为因素 Human factors	道路缓冲带 Road buffer/m		0 ~ 200		
		赋值 Score		30		
		土地利用 Land use	林地 Woodland	耕地、草地 Arable land, grassland		城乡用地 Urban-rural land
			10	30		50
		单位面积矿产量 Output per unit area/10 ⁴ t		< 100	100 ~ 300	300 ~ 500
		赋值 Score		10	30	50

表 6 与城市中心距离分级赋分标准

Table 6 The score of the distance from city center

类型 Type	缓冲距离 Buffer distance					权重 Weight
行政中心 Administrative centre	200	500	1000	2000	> 2000	0.3
商业文化中心 Commercial cultural center	100	400	1000	1500	> 1500	0.3
主干道 Main road	100	400	1000	1500	> 1500	0.4
赋值 Score	70	50	30	10	0	

1.6.4 土地适宜性评价综合分析模型 将农业、生态和建设用地适宜性指标加权叠加得到土地适宜性综合评价模型。其模型见式(7)。

$$E_i = \sum_{k=1}^n W_k \cdot Y_k \tag{7}$$

式中, E_i 为第 i 个单元的土地适宜性综合评价指数; W_k 为该单元的第 k 个指标的权重; Y_k 为该单元对应第 k 个指标的指标分值。

1.7 三维魔方土地利用分类法

三维魔方空间分类法是矩阵分类组合法^[27-28]从二维向三维的拓展。分别以生态用地适宜性、农业用地适宜性、建设用地适宜性作为 X 、 Y 、 Z 轴,构建三维坐标体系(图 1)。将生态用地、农业用地和建设用地按适宜度从高到低划分为适宜、较适宜及不适宜三级,形成一个 $3 \times 3 \times 3$ 共 27 个单元的三维魔方,每个单元按照高级优先,同级以生态最优、农

业次之的原则确定土地利用方式。

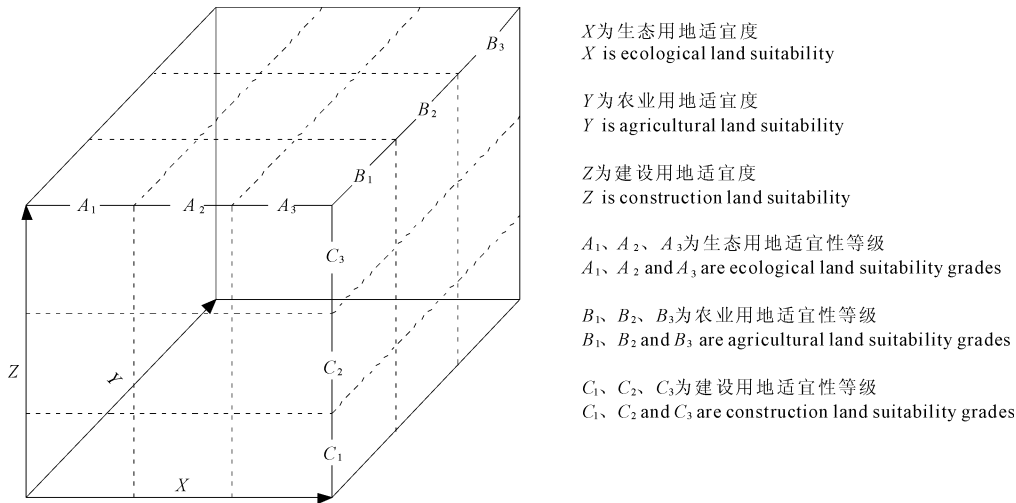


图 1 土地利用分区三维魔方图

Fig.1 The three-dementional cube of land-use zoning

2 结果与分析

2.1 土地利用分区综合划分结果

运用各指标的计算方法,在 GIS 中分别绘制出各指标的分布图,进而将各指标加权叠加,根据适宜度评价结果的数据分布特点,采用自然间断点分类法,将不同类型的土地利用方式分别划分为适宜、较适宜和不适宜 3 个等级,分别得到汾阳市的生态用地适宜性、农业用地适宜性和建设用地适宜性的评价图,见图 2、图 3 和图 4。

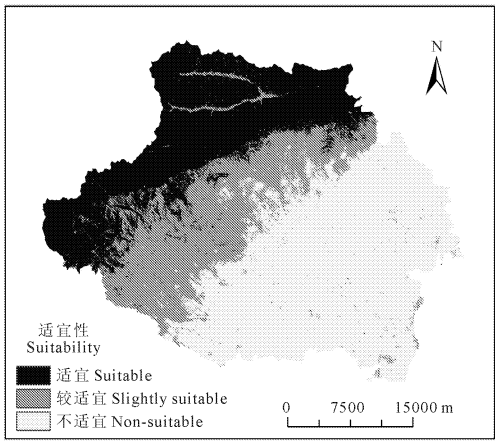


图 2 生态用地适宜性分级图

Fig.2 The classification map of ecological land suitability

在 ArcGIS 软件平台中对适宜性等级进行重分类,再将分级后的土地利用类型评价图进行叠加,最后依据三维魔方空间分区划分规则对叠加结果进行分类。在初步分区的基础上,结合汾阳市其他规划成果和相关资料,按照相似性、因地制宜、层次性和

完整性原则,对分区结果进一步细化,最终得出汾阳市综合土地利用分区结果见图 5。土地利用综合分区结果见表 7。

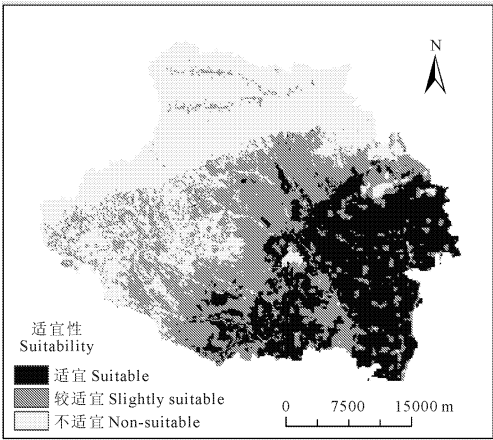


图 3 农业用地适宜性分级图

Fig.3 The classification map of agricultural land suitability

2.2 各区土地利用特征及发展建议

根据表 7 可知,汾阳市综合土地利用类型共分为五类:① 生态林业区位于汾阳市北部大部分地区,主要包括峪道河镇北部、栗家庄北部、杨家庄北部和石庄镇北部地区,占地总面积约为 345.26 km²,占全市土地面积的 29.3%。该区绝大部分区域为中山地貌,地形由北向南倾斜,土地起伏度较大,地表植被覆盖度较高,生态环境质量较好。由于林业生态建设发展不够平衡,边治理边破坏的现象还时有发生,加之生态林与经济林比例不合理,使该区林业生态功能不强,部分地区存在土壤侵蚀;区域内牲畜一般采取传统散养方式,规模化、标准化程度较

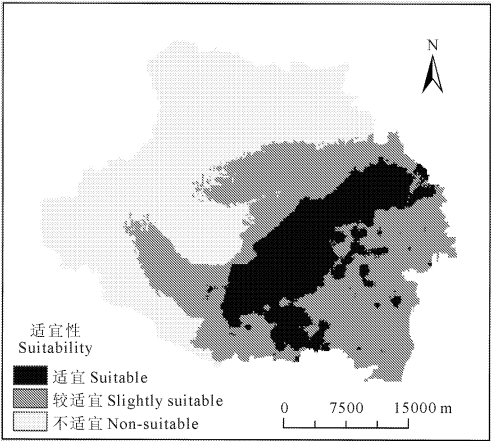


图 4 建设用地适宜性分级图

Fig.4 The classification map of construction land suitability

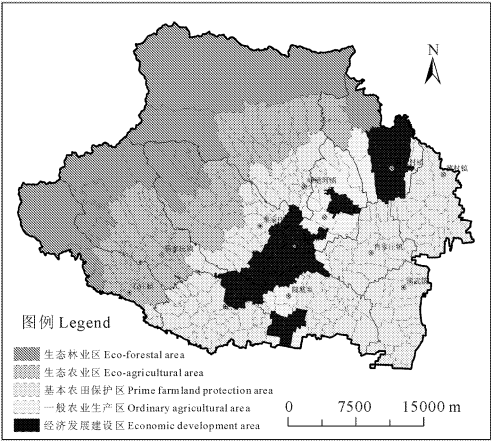


图 5 汾阳市土地利用分区图

Fig.5 The map of land-use zoning

表 7 土地利用综合分区结果

Table 7 The graph of integrated land-use zoning results

类型 Type	分区 Partition	面积 Area/km ²	比例 Proportion/%
生态用地 Ecological land	生态林业区 Eco-forestal area	345.26	29.3
	生态农业区 Eco-agricultural area	219.50	18.6
农业用地 Agricultural land	基本农田保护区 Prime famland protection area	396.52	33.7
	一般农业生产区 Ordinary agricultural area	80.25	6.8
建设用地 Construction land	经济发展建设区 Economic development area	136.68	11.6

低,更加剧了生态环境的破坏。

区域土地发展方向:该区域土地利用以林业为主,森林资源较为丰富,人为影响较小,适宜生态林业建设。应当加强林地的管理与保护,严禁乱砍滥伐行为;对于区域内非农建设用地应逐步调整为林业用地;对于零星分布的耕地由于生态建设和区域环境保护的需要,可逐步转化为林地。可以适度的发展旅游业,用以增加区域林业的经济效益。该区作为汾阳市重要的水源涵养和生物多样性保护区,对于全市的生态环境保护具有重要作用,也是实现“绿色汾阳”发展目标的关键环节。

② 生态农业区位于汾阳市中北部区域,属于林业区与农业区的过渡地区。主要包括峪道河镇和栗家庄镇中部、杨家庄和石庄镇南部地区,占地面积约为 219.5 km²,占全市土地面积的 18.6%。该区地貌主要以低山丘陵区为主,属于森林生态系统、草地生态系统和农田生态系统的复合生态系统。由于该区地表植被覆盖率不高,地形起伏较大,且存在工矿企业造成的破坏,区域土壤侵蚀较为严重,水土和营养保持能力较弱。

区域发展方向:该区域土地的主要利用方向应当是农业、林业以及畜牧业并重。利用当地天然优势,大力发展以核桃和水果种植为主的成片经济林

建设,形成绿色农副产品生产、加工基地。还应加强林业和草地的建设工作,为畜牧养殖业提供良好的环境条件,使生态环境效益与经济效益相结合,逐步向生态型农业和观光型农业的方向发展。对于土壤侵蚀严重区域,实施绿化造林工程,宜林宜草土地积极退耕还林还草,提高区域生态环境水平。

③ 基本农田保护区主要位于汾阳市南部及中部地区,主要包括冀村镇、肖家庄、贾家庄、演武镇、阳城乡、三泉镇的大部分地区和峪道河镇、栗家庄等小部分地区。区域面积为 396.52 km²,占全市总面积的 33.7%。该区土地平坦、土壤肥力高、水利灌溉条件好、交通较为便捷,适宜发展现代化农业。适宜发展的农作物包主要括:小麦、高粱、棉花、玉米、油类作物和蔬菜。由于农业现代化水平低,化肥农药使用量大,土地污染较重,造成农田生态系统退化。

区域发展方向:结合该区域范围内土地相对肥沃,集中连片的耕地集中分布,农业生产条件优越的特点,运用市场经济理念,在保证粮食产量的前提下,逐步增加经济作物的种植面积,进一步调整农业经济结构向“高产、优质、高效”农业的方向发展。严格遵照《基本农田保护条例》相关规定,保证农业健康发展。

④ 一般农田生产区位于汾阳市中部地区,主要分布于城市周边地区,面积为 80.25 km^2 ,占全市土地面积的 6.8% 。由于城市辐射的影响,该区域农田分布较为零散,无法集中大规模生产,多为一些面积较小的耕地、园地和养殖用地。

该区发展方向:根据区域内耕地分布零散的特点,该区对零星农用地应当优先整理,减少田坎等非耕地,对小块的农田进行归并,同时还要做好废弃土地的复垦工作,扩大耕地的有效面积。由于受城市影响,该区交通建设情况较为完善,为农业生产服务产业的提供了有利前提条件。

⑤ 经济发展建设区位于汾阳市的中心地带,沿汾阳—贾家庄—城区—阳城乡呈带状分布,是汾阳市经济发展的大动脉。该区占地面积 136.68 km^2 ,占全市总面积的 11.6% 。该区主要以城镇居民建设用地和项目建设用地为主,是全市人口的主要聚集区。区内交通便捷,基础设施完善,经济发达,有广阔的发展前景。

区域发展方向:在产业结构方面,应逐渐形成以城区为中心,以杏花镇、贾家庄镇、三泉镇、阳城乡为依托,形成“一城四星”格局。其中,贾家庄镇内重点加强和完善农业生态园建设,积极发展生态农业,打造农业品牌,促进农业向产业化进步。在土地利用方面,应优先利用现有低效建设用地、闲置地以及废弃地,以提高土地集约化利用程度,还要降低建设用地的扩张速度,尽量减少占用农用地。

根据现场勘探和相关资料可知,评价结果与汾阳市实际情况基本相符。

3 结论与讨论

1) 本研究主要得出以下几点结论:① 指标体系的构建对土地适宜性评价至关重要。本文根据土地对生态用地、农业用地和建设用地的适宜性程度不同,按照指标选取原则,从生态用地、农业用地和建设用地三大典型土地利用类型着手,从众多影响因素中筛选确定了具有代表性、独立性的 17 项评价指标,建立了完整的评价指标体系。② 应用“三标度 AHP 法”,在一定程度上克服了传统 AHP 法在确定指标权重过程中的模糊性、主观性和复杂性,使权重确定过程更为客观和简捷。③ 在适宜性评价结果基础上,引入“三维魔方”空间分类法进行土地利用类型划分,以汾阳市作为研究对象,对该方法和所建立的模型用 GIS 技术进行了实例研究,其研究结果与实际情况基本吻合,证明了文中方法的可行性,有一定参考价值。④ 汾阳市作为研究对象,进行了实例分析。通过分析汾阳市自然环境、社会经济及

土地利用的实际情况,剖析研究区土地利用结构中存在的问题,按照土地利用分区模型,将汾阳市划分为生态林业用地区、生态农业用地区、基本农田保护区、一般农业生产区和经济发展建设区 5 个区域,为汾阳市土地利用发展提供了方向和指导。

2) 本研究从不同的土地利用方式入手,通过评价土地的生态用地适宜性、农业用地适宜性和建设用地适宜性,经过三维矩阵组合,得到综合土地利用分区结果。打破了单一类型土地利用分区的局限性,有利于综合决策的制定。本研究着重研究土地利用分区模型的建立,将土地利用分区过程定量化,增加了分区结果的客观性。在实例研究过程中,结合对当地其他规划和资料的分析,对量化结果进行一定程度的完善和细化,又增加了分区的灵活性。通过定量划分与定性调整相结合的方法,使分区结果更加客观、合理。上述特点决定了上述方法对区域土地利用分区和规划都具有参考价值。

参考文献:

- [1] Hopkins L D. Methods for generating land suitability maps: a comparative evaluation[J]. Journal of the American Institute of Planners, 1977,43(4):386-400.
- [2] Collins M G, Steiner F R, Rushman M J. Land usesuitability analysis in the United States: historical development and promising technological achievements[J]. Environmental Management, 2001,28(5):611-621.
- [3] Pereira J M C, Duckstein L. A multiple criteria decision - making approach to GIS - based land suitability evaluation[J]. International Journal of Geographical Information Science, 1993,7(5):407-424.
- [4] Store R, Kangas J. Integrating spatial multicriteria evaluation and knowledge for GIS - based habitat suitability modelling[J]. Landscape and Urban Planning, 2001,55(2):79-93.
- [5] Cambell J C, Radke J, Gless J T, et al. An application of linear programming allocation - in antique[J]. Environment and Planning A, 1992,24(4):535-549.
- [6] Kalogirou S. Expert systems and GIS: an application of land suitability evaluation[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2002,26(2):89-112.
- [7] Miller W, Collins M G, Steiner F R, et al. An approach for greenway suitability analysis[J]. Landscape and Urban Planning, 1998,42(2):91-105.
- [8] Klopatek J M. Some thoughts on using a landscape framework to address cumulative impacts on wetland food chain support[J]. Environmental Management, 1988,12(5):703-711.
- [9] Dong J, Zhang D, Xu X, et al. Integrated evaluation of urban development suitability based on remote sensing and GIS techniques: a case study in Jingjinji Area, China[J]. Sensors, 2008,8(9):5975-5986.
- [10] Kalogirou S. Expert systems and GIS: an application of land suitability evaluation[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2002,26(2):89-112.

致,另一方面,部分数据如农药使用量存在缺失情况,无法纳入指标体系。其次,劳动力数据不够精确。本文用乡村从业人员数代表劳动力的投入,忽视了劳动力素质的差异,同时在农村地区,许多劳动力在非农忙时间在附近打零工,只在农忙时回家从事农业生产,单纯的用乡村从业人员数来衡量不够科学。今后的研究中,如果能充分考虑以上因素,结论将更加真实可信,具有更高的实用价值。

参 考 文 献:

[1] Helfand S M, Levine E S. Farm size and the determinants of productive efficiency in the Brazilian center-west [J]. *Agricultural Economics*, 2004, 31(2): 241-249.

[2] Bjurek H H, Forsund L. Deterministic parametric and nonparametric estimation of efficiency in service production[J]. *Journal of Econometrics*, 1990, 46: 213-227.

[3] Vicente J R. Economic efficiency of agricultural production in Brazil [J]. *Rio de Janeiro*, 2004, 42(2): 201-222.

[4] Ramanathan R. An introduction to data envelopment analysis: A tool for performance measurement[M]. Thousand Oaks: Sage Publication, 2003.

[5] Dubey A, Lal R. Carbon footprint and sustainability of agricultural production systems in Punjab, India, and Ohio, USA[J]. *Journal of Crop Improvement*, 2009, 23(4): 332-350.

[6] 贺正楚,吴 艳,周震虹.我国各省市农业投入与产出的效率评价[J].*经济地理*, 2011, 31(6): 999-1002.

[7] 董洪清,李 思.基于 DEA 模型的中国农业生产效率实证研究[J].*前沿*, 2010, (17): 98-102.

[8] 裴亚平,张世强. 2001—2010 年河南省县域农业生产效率动态分析[J].*中国农学通报*, 2014, 30(29): 87-94.

[9] 赵俊华,董 平,范业龙. 山西省县域农业生产效率时空演化[J].*南京师范大学学报(自然科学版)*, 2015, 38(1): 154-160.

[10] 焦 源.山东省农业生产效率评价研究[J].*中国人口·资源与环境*, 2013, 23(12): 105-110.

[11] 张青峰,吴发启.黄土高原生态经济分区的研究[J].*中国生态农业学报*, 2009, 17(5): 1023-1028.

[12] Chamea A, Cooper W W, Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units[J]. *European Journal of Operational Research*, 1978, 2(6): 429-444.

[13] 王文刚,李汝资,宋玉祥,等.吉林省区域农地生产效率及其变动特征研究[J].*地理科学*, 2012, 32(2): 225-231.

[14] 魏权龄.数据包络分析[M].北京:科学出版社, 2004.

[15] 罗刚平,祝志勇.重庆市农业生产效率评价——基于 DEA 方法分析[J].*重庆邮电大学学报(社会科学版)*, 2009, 21(1): 104-110.

[16] 徐建华.现代地理学中的数学方法[M].北京:高等教育出版社, 2006.

[17] 王 飞,李 锐,温仲明.退耕还林生态环境效益发挥的影响因素调查研究——以安塞县退耕还林(草)试点为例[J].*水土保持通报*, 2002, 22(3): 1-4.

[18] 杜习乐,吕昌河.黄土高原区县域发展指数综合评价[J].*经济地理*, 2016, 36(6): 34-41.

[19] 朱纪广,李二玲,李小建,等.黄淮海平原农业综合效率及其分解的时空格局[J].*地理科学*, 2013, 33(12): 1458-1466.

(上接第 217 页)

[11] Chen Y, Yu J, Khan S. Spatial sensitivity analysis of multi-criteria weights in GIS-based land suitability evaluation[J]. *Environmental Modelling & Software*, 2010, 25(12): 1582-1591.

[12] Joerin F, Thériault M, Musy A. Using GIS and out-ranking multi-criteria analysis for land use suitability assessment[J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2001, 15(2): 153-174.

[13] Banai-Kashani R. A new method for site suitability analysis: The analysis hierarchy process[J]. *Environmental Management*, 1989, 13(6): 685-693.

[14] Malczewski J. Ordered weighted averaging with fuzzy quantifiers: GIS-based multicriteria evaluation for landuse suitability analysis[J]. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2006, 8(4): 270-277.

[15] 邱炳文,池天河,王钦敏,等. GIS 在土地适宜性评价中的应用与展望[J].*地理与地理信息科学*, 2004, 2(5): 20-23.

[16] 史同广,郑国强,王智勇,等.中国土地适宜性评价研究进展[J].*地理与地理信息科学*, 2007, 26(2): 106-115.

[17] 刘耀林,焦利民.基于计算智能的土地适宜性评价模型[J].*武汉大学学报:信息科学版*, 2005, 30(4): 283-287.

[18] 焦利民,刘耀林.土地适宜性评价的模糊神经网络模型[J].*武汉大学学报:信息科学版*, 2004, 29(6): 513-516.

[19] 汪成刚,宗跃光.基于 GIS 的大连市建设用地生态适宜性评价

[J].*浙江师范大学学报:自然科学版*, 2007, 30(1): 109-115.

[20] 庞 莎,刘 康.基于 GIS 的延安市城郊区土地利用格局优化研究[J].*干旱地区农业研究*, 2011, 29(5): 230-234.

[21] 吕昌河,贾克敬,冉圣宏,等.土地利用规划环境影响评价指标与案例[J].*地理研究*, 2007, 26(2): 249-257.

[22] 曲衍波,张凤荣,姜广辉,等.基于生态位的农村居民点用地适宜性评价与分区调控[J].*农业工程学报*, 2010, 26(11): 290-296.

[23] 刘瑞卿,朱伟亚,许 皞.基于主体功能区的土地规划新增建设用地指标调控研究——以河北省卢龙县为例[J].*中国生态农业学报*, 2012, 20(4): 507-512.

[24] 杨育武,汤 洁,麻素挺.脆弱生态环境指标库的建立及其定量评价[J].*环境科学研究*, 2002, 15(4): 46-49.

[25] 齐 济,李 岩,李德峰.基于改进 AHP 法定权的模糊优选模型在地下水水质评价中的应用[J].*华北水利水电学院学报*, 2002, 23(2): 4-7.

[26] 陈学华,周建中.基于 GIS 和 RS 的四川省彭州市土壤侵蚀敏感性评价[J].*山地学报*, 2011, 29(6): 707-712.

[27] 王筱明.生态位适宜度评价模型在退耕还林决策中的应用[J].*农业工程学报*, 2007, 23(8): 113-116.

[28] 郑 宇,胡业翠,刘彦随,等.山东省土地适宜性空间分析及其优化配置研究[J].*农业工程学报*, 2005, 21(2): 60-65.