

基于 GIS 技术的杨陵区居民点用地适宜性评价

晋蓓, 陈琼, 张颖, 赵凯

(西北农林科技大学 经管学院, 陕西 杨陵 712100)

摘要:居民点的空间布局是新型城镇化研究中首要厘清的问题之一。以陕西省新型城镇化试点——杨陵区为研究对象,通过遥感影像解译获取居民点的空间布局形态,基于层次分析法(AHP)构建相应评价体系和模型,并结合景观格局分析方法和 GIS 技术,研究了居民点用地适宜性。评价结果表明:(1) 杨陵区居民点布局总体较好,现有居民点布局表现出规模集中化和局部分散化并存现象;(2) 区内居民点分布受海拔、坡度等自然因素以及道路通达性等社会因素的影响明显,居民点主要集中分布于相对海拔较低、坡度较平缓、离公路较近的区域内,而与渭河的距离影响不敏感。研究结果对后续杨陵区居民点整理和土地资源的规划与利用提供了参考,采用的方法具有可行性和一定的科学性,为不同区域居民点用地适宜性的评价提供了定量的分析方法。

关键词:杨陵区;居民点;适宜性评价;GIS

中图分类号:F301.24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2018)01-0397-06

Study on Suitability Evaluation of Residential Area in Yangling District Based on GIS Technology

JIN Bei, CHEN Qiong, ZHANG Ying, ZHAO Kai

(College of Economics & Management, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Clarifying the layout of residential area is one of the main issues in research of new pattern urbanization. This article takes Yangling District as the case of study, which is a pilot city of new pattern urbanization. Firstly, we obtained the spatial distribution of settlements with the remote sensing technology. Secondly, we established an evaluation system by analytic hierarchy process. Finally, we used the method of landscape pattern analysis and GIS technology to study the suitability evaluation of residential area. The results show that: (1) spatial distributions of settlements in Yangling District are basically favorable, the layout of the present settlement displays a mainly central tendency and the scattered pattern in part; (2) natural factors such as altitude and slope and social factors such as accessibility to roads have great effects on the layout of settlement, while distance from Wei River has little influence. The residential area is mainly located in areas of the low altitudes, gentle slope and near road. The results can provide the reference for the follow-up works that include consolidation of residential area and land resources planning. This method is scientific and applicable in this field, and shares the quantitative analysis method for the suitability evaluation of residential area in different regions.

Keywords: Yangling District; residential area; suitability evaluation; GIS

十八大提出构建新型城镇化建设任务,而居民点布局是城镇建设体系中非常重要的组成部分。目前,我国城镇化率年均增加 1.3 个百分点^[1],国家统计局最新公布 2016 年我国城镇化率达到 57.35%^[2]。由

于快速的城镇化,我国城镇居民点的聚集规模和分布形态发生着巨大的变化,使得农村转型为城镇的新型城镇居民点空间分布形态的研究成为新一轮土地整治规划中的重点问题。近年来,居民点用地适宜性评

收稿日期:2016-12-06

修回日期:2017-03-01

资助项目:国家自然科学基金重点项目“我国土地资源效率提升能力与系统建设研究——基于转变经济发展方式的视角”(71233004);陕西省引进人才科研基金“GIS 支持下农村居民点的空间格局演变与驱动力研究——以杨凌示范区为例”(Z109021401);西北农林科技大学博士科研启动基金“基于遥感和 GIS 的杨陵区农村居民点的空间格局演变与驱动力研究”(Z111021312)

第一作者:晋蓓(1985—),女,陕西韩城人,博士,讲师,研究方向为土地利用变化及 GIS 应用研究。E-mail:jinbei@nwsuaf.edu.cn

价的研究对象不断丰富,半城市化地区、城乡结合部、旅游地以及生态脆弱地区已引起越来越多学者的关注^[3-4],且对于不同的空间尺度出现了省域^[5]、市域^[6-7]、县域^[8]、镇域^[9-10]、村域^[11]的研究成果。在评价方法上,采用了定性和定量相结合的方法:专家打分和层次分析法结合^[3-4,7,10,12]、单因素量化分析和多因素综合评价^[8]、压力论^[13]和生态位适宜度模型^[14-15]应用广泛。由于 GIS 技术能够对空间数据进行获取、存储、编辑、显示、分析处理,并输出应用,实现了空间位置数据和属性数据的集成,因此在居民点用地适宜性评价的研究中表现出强劲的发展力^[8]。

杨陵区作为面向以农业为核心产业的新型城镇,从 2010 年开始城乡统筹试点,属于农村转城镇的典型,具有特殊性,并且于 2016 年入选陕西省新型城镇化综合试点,有必要且亟需进行居民点空间布局适宜性的评价。本文从遥感影像和 DEM 数据入手,结合高新农业技术产业社会经济指标,以 GIS 技术实现对杨陵区居民点空间分布适宜性的评价,从而为杨陵的居民点布局和整理提供参考依据。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

杨陵区地处关中平原腹地,东经 107°59′—108°07′,北纬 34°16′—34°18′。东以漆水河与武功县为界,南以渭河与周至县相望,北以河与扶风县毗邻,西与扶风县接壤。东、西各距西安、宝鸡 90 km。区内地势南低北高,依次形成三道塬坡,海拔 435~563 m。三面环水,宝鸡峡二支渠、渭惠渠、渭高干渠等人工渠系越境而过,水资源丰富、水利条件优越。杨陵区共辖 2 个街道、3 个镇、69 个行政村,辖区总面积 134 km²。其中,杨陵街道办事处辖区面积 26 km²,辖 20 个行政村;李台街道办事处总面积 21 km²,辖 13 个社区居委会;五泉镇总面积 28.1 km²,辖 19 个行政村;大寨镇总面积 18.9 km²,辖 14 个行政村;揉谷镇总面积 40 km²,辖 16 个行政村。

1.2 数据来源与处理

研究所采用的数据来源于中国资源 3 号卫星,获取了 2012 年 4 月西安市全色影像和多光谱遥感影像,地面分辨率分别为 2.1 m 和 5.8 m,数据格式为 TIF 格式,云量<15%,影像质量合格。由于研究区总面积不够一景图像面积,以杨陵区行政界线矢量图为掩膜裁剪得到研究区遥感影像。之后,基于 EN-VI5.1 软件平台,分别提取居民点、道路和河流信息。

坡度、坡向等地形要素数据由 1:10 000 地形图内插得到的 DEM 生成。

居民点的社会经济统计数据以行政村为最小单元,现有的基础图件数据也划分到行政村,因此,选择行政村作为社会经济数据获取单元,基本保证了统计资料的完整性和独立性;由图像获取的自然指标则以栅格作为指标获取单元。同时,不同主题的空间数据不能直接用于量化计算,本研究先将矢量数据转换为栅格数据,栅格单元的尺寸以不丢失最小同质图斑的原则来确定。

2 评价体系的构建

2.1 评价因子确定

结合评价体系构建的原则,同时顾及数据的可获得性、获取的难易程度和可操作性的原则,分析自然环境、社会及经济等多方面因素对居民点布局的影响程度,区分出主要的和次要的因子,最终构建两个层次的评价指标体系:第一层次包括自然因素、社会经济因素两方面;第二层次为第一层次对应的 6 项具体指标。杨陵区是围绕高新农业技术进行发展的,海拔、坡度坡向等自然因素是影响农业发展的重要因素,而该区居民点布局受到农业发展的影响,使居民点向不同的地域性演变;社会经济条件的不同,即道路通达性、距水源距离和居民点密度等因子,使居民点布局表现出不同的方向性。

2.2 基于 AHP 法的因子权重确定

AHP(Analytic Hierarchy Process)法因其定性和定量相结合处理问题的特点得到了广泛应用和重视。方法为建立一种排序,在排序计算中,下层因素相对上层某一因素形成一系列判断来比较因素权值大小。

2.2.1 建立评价因子权重的判断矩阵 居民点综合发展实力指标包含的评价因子很多,很难确定各因子的影响程度确切的数值。因此,通过指标(准则)重要性二元对比原理,建立关于函数的矩阵。对应“同等重要”、“稍微重要”、“明显重要”、“十分重要”及“极其重要”定性的语言,用以说明两两因子对总体的重要程度差异;如果重要程度处于上述各情况中间,则赋予相应的函数值为 2,4,6,8;根据函数的取值法两个因子的相对重要程度,建立判断矩阵,确定判断矩阵的最大特征值的特征向量和重要性权重。

计算矩阵每一列元素的累加和,其计算公式为:

$$\alpha_j = \sum d_{ij} \quad (j=1,2,\dots,n) \quad (1)$$

计算重要性权重,其计算公式为:

$$W_i = \frac{\sum d_{ij} / \alpha_j}{j} \quad (i=1,2,\dots,n) \quad (2)$$

式中: α_j 表示判断矩阵列向量和; d_{ij} 表示判断矩阵 j 列的所有元素; W_i 表示该因子对应的重要性权重。

$$AW\lambda_{\max}W$$

(3)

$$\lambda_{\max}=\sum\frac{(AW)_i}{W_i}/n$$

(4)

式中: λ_{\max} 表示判断矩阵 A 的最大特征根; W 表示对应 λ_{\max} 的特征向量。

2.2.2 判断矩阵一致性检验 根据判断矩阵计算得到的特征向量 W 及矩阵的最大特征根 λ_{\max} ,利用一致性指标和随机一致性指标进行一致性检验。若检

表 1 平均随机一致性指标 RI

矩阵阶数 n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

2.2.3 构建分布指标权重集 基于以上方法,构建影响杨陵区居民点分布各指标权重集: $W_i(i=1,2,3,\cdots,6)$ 。根据层次分析法计算权重并通过对判断矩阵的计算得到:指标层 A 的权重为 0.667,0.33, λ_{\max} 为 3.001 2,CR 为 0.000 6<0.10;因子层 B_1 的权重为 0.334,0.591,0.075,为 3.014, λ_{\max} 为 0.013 6<0.10;因子层 B_2 的权重 0.500,0.250,0.250, λ_{\max} 为 3.000,CR 为 0.0<0.10。判断矩阵一致性比率 CR 均小于 0.1,即均具有满意的一致性。

按照上述三步进行层级分析,完成各指标层及因子层的权重值的确定,总权重 W_m 为指标层权重和因子层权重的乘积。故运算得到各因子的最终权重为: $W(C_1,C_2,C_3,C_4,C_5,C_6)=0.2228,0.3942,0.0500,0.1655,0.0832,0.0833$ 。

2.3 评价等级与评价标准

居民点适宜性评价模型采用了多指标综合评价法,以累加型公式(加权分值和公式)进行指标的得分计算,其综合的适宜性评价公式为:

$$S_{ij}=\sum W_m\cdot g_{ij}(m),\quad(m=1,2,\cdots,n)$$

(6)

式中: S_{ij} 为第 i 行第 j 列格网的综合适宜性分值(等级); g_{ij} 表示第 m 个评价因子在第 i 行第 j 列格网的适宜性分值(等级); W_m 表示第 m 个评价因子的权重。各因子分类标准及权重见表 2。

3 结果与分析

3.1 单因子评价

3.1.1 高程影响下的居民点分布 根据高程数据分析杨陵区的高程最低为 434 m,最高为 564 m。杨陵区居民点在不同高程区间的分布情况见表 3。

随高程的增大,居民点斑块分布数量、居民点斑块面积和分布密度呈现两次先增加后减小的分布态势。从统计数据来看,440~480 m,500~540 m 两个

验通过,则特征向量 W 为权向量;若未通过检验,则需重新构建判断矩阵。为满足检验的一致性,需要对检验的一致性指标 CI 满足以下要求:

$$CI=\frac{\lambda_{\max}-n}{n-1}$$

(5)

当 $CI=0$ 时,判断矩阵具有完全一致性。 $\lambda_{\max}-n$ 愈大,一致性指标 CI 就愈大,即判断矩阵的一致性效果愈差。为了检验判断矩阵是否具有满意的一致性,需要将 CI 与平均随机一致性指标 RI 进行比较(即 $CR=CI/BI$),BI 的取值见表 1。

高程带分布了数量最多和累计面积最大的居民点斑块,结合杨陵区的三级塄塄地形特征可得 480~500 m 高程带恰为一二级塄塄的过渡,即杨陵区居民点集中分布在一级和二级塄塄上。440~500 m 此高程带居民点斑块占景观面积比例相对较高,表明杨陵区 58.06%的居民点分布在该高程带,反映了地势平坦的一级塄塄地区人口的集中分布;而 500~540 m 高程带之间居民点斑块数量较多但密度较低,反映了较高海拔的二级塄塄地区居民点分布呈较明显的分散性,这种分布特征十分不利于所在地区基础设施建设、社会公共资源的利用以及农业生产的规模化发展。

表 2 杨陵区居民点空间布局适宜性评价指标体系与分类标准

目标层	指标层 (权重)	因子层 (权重 W_m)	分类 标准	评价分值 S_{ij}
居民点 布局影 响因素 的评价 指标 A	自然因素 (0.667)	B_1 高程/m (0.2228)	C_1 <480	5
			480~520	3
			>520	1
		C_2 坡度/(°) (0.3942)	<5	5
			5~10	3
			>10	1
	社会经济因素 (0.333)	C_3 坡向 (0.0500)	南,西南,东南	5
			东,西,东北	3
		C_4 道路通达度/m (0.1665)	北,西北	1
			<200	5
居民点 布局影 响因素 的评价 指标 A	社会经济因素 (0.333)	B_2 C_5 距水源距离/m (0.0832)	200~500	3
			>500	1
			<1000	5
			1000~2000	3
			>2000	1
居民点 布局影 响因素 的评价 指标 A	社会经济因素 (0.333)	C_6 居民点分布密度/个 /hm ² (0.0833)	>0.15	5
			0.10~0.15	3
居民点 布局影 响因素 的评价 指标 A	社会经济因素 (0.333)	C_6 居民点分布密度/个 /hm ² (0.0833)	<0.10	1

表 3 高程对居民点分布影响的景观格局指数统计

分带	高程/ m	斑块 数目/个	斑块 面积/m ²	占景观面积 比例/%	平均斑块 面积/m ²	斑块面积 标准差	斑块密度/ (个·hm ⁻²)
1	<440	80	863094.00	12.35	10788.68	21638.47	0.1144
2	[440,460)	596	8601835.45	18.220	14432.61	69612.09	0.1261
3	[460,480)	262	3604521.67	20.83	13757.72	90253.38	0.1514
4	[480,500)	114	1047875.09	19.03	9191.89	41895.65	0.2070
5	[500,520)	251	1704823.63	13.04	6792.13	37512.37	0.1921
6	[520,540)	349	2594659.54	9.73	7434.55	19403.29	0.1309
7	>540	140	985432.72	6.43	7038.81	11370.99	0.0914

另外,各高程带居民点平均面积、面积标准差随着高程的增大呈现出较明显的垂直递减规律,如 440~520 m 高程分布带居民点分布比重占 83.84%,而>540 m 高程分布带居民点分布比重仅占到 6.43%。地势平坦地区,居民点无论是平均规模还是总规模都相对较大,这是因为平原地区的耕地面积分布广阔,具备较高的人口承载力。随着高程的增加,尤其在靠近山区

一带,生产条件和居住环境条件都比平原地区差,居民点分布零散、规模小。

3.1.2 坡度影响下的居民点分布 杨陵区属于陕西关中平原的腹地,整个杨陵区坡度变化不明显,均处在低缓坡水平(一般定义 20°以上为陡坡)。根据 DEM 数据可得,杨陵区的最大坡度为 17.8°。杨陵区居民点在不同坡度带的分布情况见表 4。

表 4 坡度对居民点分布影响的景观格局指数统计

分带	坡度/(°)	斑块 数目/个	斑块 面积/m ²	占景观面积 比例/%	平均斑块 面积/m ²	斑块面积 标准差	斑块密度/ (个·hm ⁻²)
1	[0,5]	1548	18736973.19	15.106	12643.03	99343.54	0.1195
2	(5,10]	123	515461.83	8.603	4190.75	10723.80	0.2053
3	(10,15]	35	72859.84	3.969	2081.71	3337.89	0.1907
4	>15	1	4315.82	2.864	4315.82	—	0.0664

随着坡度的不断增加,居民点分布总面积、平均规模、分布比重呈递减趋势。动力学、重力学和农业生产实践证明,0°~7°坡度为平缓地,水流运动较平缓,水土流失微弱,是农业生产最理想的坡度条件。结合数据分析发现,在农业生产最理想的坡度带,居民点的总面积、平均规模也相对较高;而随着坡度的进一步增加,在 15°以上分布区域,居民点面积比重仅分别占到 2.864%。这也说明人们对居住地的选择仍倾向自然位置较好、农业耕作条件较好的区域。由于坡度大小与地区农业耕作基础条件的优劣有着很大关系,因此进一步对民点的分布规模造成一定影响。

3.1.3 道路影响下的居民点分布 区域的道路分布,直接关系到居民点分布的空间格局,居民点最初形成的重要条件之一。运用景观生态学的研究方法,分析杨陵道路通达性对居民点分布的影响程度。

从表 5 可看出,距离道路 200 m 以内分布的居民点斑块最多,斑块面积最大超过 50%,表明居民点接近道路的分布是十分明显的。随着距离的增加,居民点的斑块数和斑块面积都表现出下降的趋势,从 51.21%下降至21.68%,11.25%,每增加 100 m 降低近一半,说

明距离道路越远,居民点的分布越少。从斑块密度的数据来看,距离道路 200~300 m 的斑块密度最大,为 1.68,距离道路 500 m 以上的斑块密度最小,为 0.62,因此在距离道路 200~300 m 处的居民点斑块较为破碎,以此为中心,破碎度逐渐变小。以上综合说明了杨陵区居民点的分布与道路的分布有很大的关系,距离道路越远居民点越少,在集聚度上,除了城区集聚度较高,周围的居民点集聚度不高,有待进一步改善居民点的分布情况,提高道路通达性。

3.1.4 渭河影响下的居民点分布 由表 6 可知,距离河流 500 m 以内的居民点斑块数最少,斑块面积也最小,距离河流 1 500~2 000 m 的居民点斑块数最多,斑块面积也最多,即距离河流越远,其居民点斑块数越少和面积越小;从平均斑块面积来看,离河流 500 m 以内的平均斑块面积仅为 0.46,而随着距离增加面积增大;从斑块密度的数据可以看出,距离河流越近,密度是越大的,说明在河流附近的居民点分布是越分散的,距离河流越远居民点越集聚。该分析结果与已有部分研究的成果不一致,主要是因为:首先本文研究范围较小,杨陵区面积不大,分布在渭河边、受渭河影响的区域较小,导致选取的缓冲区半径的矛盾性,没

有表现出明显的规律;其次杨陵区位于渭河的北岸,料和数据的有限性,没有考虑如水库、沟渠、湖泊、池塘等对居民点分布的影响。与主城区距离较远;最后在选取水系时,由于手中资

表 5 道路对居民点分布影响的景观格局指数统计

距离/m	斑块数/ 个	占斑块总数的 比重/%	斑块 面积/hm ²	占斑块总面积 的比重/%	平均斑块 面积/hm ²	斑块密度/ (个·hm ⁻²)
(0,200]	1143	51.21	1038.22	53.50	0.91	1.10
(200,300]	484	21.68	286.94	14.79	0.59	1.69
(300,400]	251	11.25	174.19	8.98	0.69	1.44
(400,500]	178	7.97	155.85	8.03	0.88	1.14
>500	176	7.89	285.55	14.71	1.62	0.62

表 6 渭河对居民点分布影响的景观格局指数统计

距离/m	斑块数/ 个	占斑块总数 的比重/%	斑块 面积/hm ²	占斑块总面积 的比重/%	平均斑块 面积/hm ²	斑块密度/ (个·hm ⁻²)
<500	12	5.50	5.56	2.28	0.46	2.16
[500,1000)	47	21.56	50.84	20.85	1.08	0.92
[1000,1500)	67	30.73	68.35	28.04	1.02	0.98
[1500,2000)	92	42.20	119.05	48.83	1.29	0.77

3.2 综合评价

运用 GIS 工具将各个单要素图层叠加分析,通过 ArcGIS 的统计分析功能进行计算和统计。当一个评价单元包括某一评价因子的不同级别时,以面积占优法确定该评价单元的等级。根据因素不同分值和对应权重的运算,得到杨陵区居民点布局的综合分

值分布图。在空间布局综合分值图的基础上以标准差(Standard Deviation)为分类标准,把数据重新进行分类,按分值将适宜性划分为 5 个等级:最适宜、高适宜、中适宜、低适宜、不适宜,分别对应为 I 型、II 型、III 型、IV 型和 V 型,分类分值见表 7,得到居民点用地适宜性评价的最终结果。

表 7 杨陵区居民点分布适宜性统计

居民点 分布等级	适宜性 等级	分值区间	居民点 面积/m ²	面积比/ %	区域面积/ m ²	面积比/ %
I 型	最适宜	4.7454~4.8334	273751	1.42	2327086	1.78
II 型	高适宜	4.1707~4.7454	6417450	33.22	46794529	35.78
III 型	中适宜	3.5960~4.1707	7517369	38.91	31293425	23.93
IV 型	低适宜	3.0213~3.5960	4843563	25.07	44103601	33.72
V 型	不适宜	0~3.0213	265989	1.38	6275565	4.80
总计	—	—	19318122	100.00	130794206	100.00

根据居民点适宜性分布数据统计表(表 7)可以得出以下结论:

(1) 最适宜分布区:杨陵区最适宜居民点布局区域为 2.33 km²,多分布在渭河沿岸的低海拔坡度小于 5°的区域内,占杨陵区总面积的 1.78%。居民点实际最适宜布局面积为 0.27 km²,占居民点总面积的 1.42%;其中大多居民点布局在杨凌城区南部靠近渭河处,零星分布在揉谷乡渔场附近的秦丰村、白龙村、田西村。该区域自然条件优越,适合各项基础设施的建设;地势平坦,土质疏松,适合居民点聚集;水资源充沛利于农业灌溉的需要;交通便利,人口密集经济水平较高。

(2) 高适宜分布区、中适宜分布区:杨陵区高、中

适宜分布区域广泛,其面积分别为 46.79 km²,31.29 km²,占全区面积 35.78%,23.93%;居民点实际布局面积分别为 6.42 km²,7.52 km²,占全部居民点布局面积的 33.22%和 38.91%。高适宜分布区和中适宜分布区都处在杨陵区海拔三阶平原的低海拔区域,高程的优势较为明显,为居民点聚集创造条件,满足现代人生活的基本要求;交通要道布局紧密,高适宜区居民点布局更靠近交通便利的区域,交通布局是高适宜、中适宜区布局的关键要素。

(3) 低适宜分布区:该区域面积 44.10 km²,实际居民点布局占 4.84 km²,占居民点面积的 25.07%。该区域分布在靠近北部的三阶平原的第二阶,自然本底条件一般;水资源欠缺,具有一定的限制;交通可达性一般,

基本能够满足居民出行需求;经济水平一般,高海拔、低交通便捷性成为居民点布局的限制性因素。

(4) 不适宜分布区:杨陵区居民点不适宜分布区的面积为 6.28 km²,仅占杨陵区面积的 4.80%,其中居民点布局的面积为 0.27 km²,占居民点总面积的 1.38%。不适宜布局区域面积较小,布局的居民点面积也较少。主要分布在杨陵区三阶平原的海波陡升的边缘地带,坡度较大,基础设施难以布设,交通不便,不利于居民的生产生活,不适合居民点的布局。

4 结论

本文以陕西省杨陵区为研究对象,从新型城镇居民点布局现状评价出发,以 ZY3 遥感影像为基础,运用 ENVI5.2 遥感影像处理软件进行数据预处理,提取出杨陵区居民点的空间位置等信息。以此为基础,构建合理科学的居民点用地适宜性评价指标体系和权重,分别采用单因子和多因子综合两种方法进行研究,以 ArcGIS 9.3 平台实现居民点适宜性等级的空间位置展布。研究成果表明:随着高程的增大杨陵区居民点分布面积呈递减趋势,其中 440~520 m 高程分布带居民点分布比重最大为 83.84%;杨陵区的地形起伏不大,居民点集中在坡度 7°以内;居民点聚集在杨陵主城区周围,道路对居民点的分布影响尤为明显。综合多因素分析,杨陵区居民点布局较适宜,超过 70%的居民点布局在高适宜、中适宜区,仅有 1.38%的居民点布局在不适宜区域内,但布局在最适宜区域的居民点数量占比仅为 1.42%。这一结论对于后续的居民点整理等工作提供了参考依据。

参考文献:

- [1] 王婧,李裕瑞.中国县域城镇化发展格局及其影响因素:基于 2000 年,2010 年全国人口普查分县数据[J].地理学报,2016,71(4):621-636.
- [2] 国家统计局.2016 年国民经济实现“十三五”良好开局[EB/OL]. http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/201701/t20170120_1455942.html,2017-1-20.
- [3] 郭月婷,廖和平,徐建刚.三峡库区农村居民点用地适宜性评价[J].农业工程学报,2012,28(5):252-259.
- [4] 马恩朴,李同昇,卫倩茹.中国半城市化地区乡村聚落空间格局演化机制探索:以西安市南郊大学城康杜村为例[J].地理科学进展,2016,35(7):816-828.
- [5] 石诗源,张小林.江苏省农村居民点用地现状分析与整理潜力测算[J].中国土地科学,2009,23(9):52-58.
- [6] 沈陈华.丹阳市农村居民点空间分布尺度特征及影响因素分析[J].农业工程学报,2012,28(22):261-268.
- [7] 文博,刘友兆,夏敏,等.基于灰靶模型的宜兴市农村居民点布局适宜性评价及分类调控研究[J].地域研究与开发,2016,35(5):153-157.
- [8] 张道龙.基于 GIS 技术的长兴县农村居民点用地适宜性评价[D].天津:天津大学,2013.
- [9] 贺贤华,杨昕,毛熙彦,等.基于加权 Voronoi 多边形的山区农村居民点优化布局:以重庆市崇龛镇与石龙镇为例[J].中国农业资源与区划,2016,37(1):80-89.
- [10] 魏玉强.面向生态安全的农村居民点布局优化研究:以常州市武进区嘉泽镇为例[D].南京:南京大学,2016.
- [11] 徐保根,赵建强,薛继斌,等.村级土地规划中的农村居民点用地方式适宜性评价[J].中国土地科学,2012,26(1):27-31.
- [12] 鄯瑞卿,刘富民,刘洪,等.吉林省磐石市农村居民点用地空间布局优化模式研究[J].水土保持研究,2013,20(1):197-201.
- [13] 双文元,郝晋珉,余述琼,等.基于压力论的农村居民点用地适宜性评价与空间格局优化模式[J].中国农业大学学报,2013,18(5):146-155.
- [14] 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.
- [15] 卢晓明.基于生态位的农村居民点用地适宜性评价与整理模式研究:以仪征市为例[D].南京:南京农业大学,2014.

(上接第 396 页)

- [35] 包玉斌,李婷,柳辉,等.基于 InVEST 模型的陕北黄土高原水源涵养功能时空变化[J].地理研究,2016,35(4):664-676.
- [36] 傅斌,徐佩,王玉宽,等.都江堰市水源涵养功能空间格局[J].生态学报,2013,33(3):789-797.
- [37] 戴德艺,饶映雪,刘殿锋,等.1989—2015 年武汉市城市格局时空演变分析[J].长江流域资源与环境,2016,25(10):1545-1554.
- [38] Droogers P, Allen R G. Estimating reference evapotranspiration under inaccurate data conditions[J]. Irrigation and Drainage Systems, 2002,16(1):33-45.
- [39] 周文佐.基于 GIS 的我国主要土壤类型土壤有效含水量研究[D].南京:南京农业大学,2003.
- [40] 张微微,李晶.关中—天水经济区农田生态系统涵养水源价值量时空变化[C]//全国地理学研究生学术年会,2012:52-57.