

# 基于主成分分析法和 GIS 的土地利用综合分区研究

——以黑龙江省红兴隆垦区五九七农场为例

徐 博, 雷国平, 张 慧, 汤思阳, 周晓飞, 张冰洁

(东北农业大学 资源与环境学院, 哈尔滨 150030)

**摘 要:**对黑龙江省农垦总局五九七农场进行土地利用综合分区研究,旨在为土地规划、农业区域规划提供依据,实现土地资源的可持续利用。利用综合评价法从土地资源利用的结构、投入、产出、生态和动态 5 个方面对土地综合利用程度进行评价,并结合空间聚类分析对研究区进行管制分区。结果表明:五九七农场土地利用的综合水平在空间上存在明显差异。按照研究区域土地利用综合水平的空间分异特征将其划分为 4 个综合分区,分别为:西南城镇发展区、完达山北麓林牧业土地利用区、三江平原中部农业土地利用区、三江平原南缘湿地土地利用区,并根据分区结果制定差别化土地管理方案。

**关键词:**土地利用; 综合分区; 主成分分析; GIS 空间分析; 红兴隆垦区五九七农场

中图分类号: F301.2

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2013)02-0186-05

## Study of Comprehensive Zoning for Land Utilization Based on Principal Component Analysis and GIS

—A Case Study of No. 597 Farm of Hongxinglong Reclamation in Heilongjiang Province

XU Bo, LEI Guo-ping, ZHANG Hui, TANG Si-yang, ZHOU Xiao-fei, ZHANG Bing-jie

(College of Resources and Environment, Northeast Agriculture University, Harbin 150030, China)

**Abstract:** In order to provide evidences for land planning, agricultural and realize sustainable utilization of agricultural resources, land utilization comprehensive analysis was taken in No. 597 Farm of Heilongjiang Land Reclamation Bureau. The degree of land comprehensive utilization was evaluated from the aspects of structure, input, output, change and dynamic of agricultural resource utilization by comprehensive evaluation method and the research area was use regionalized using spatial clustering analysis method. Results showed that the comprehensive level of land utilization of No. 597 Farm has geographical differences. The research area should be divided into 4 comprehensive regions according to the spatial differential features of the comprehensive level of land utilization of which were: the development zone of southwest urban, the land utilization region of forestry and animal husbandry of northern foot of Wandashan, the agriculture land utilization region of the middle of Sanjiang Plain, the wetland land utilization region of south margin of Sanjiang Plain. The differential land management method was developed according to the zoning results.

**Key words:** land utilization; comprehensive partition; principal component analysis; GIS spatial analysis; No. 597 Farm of Hongxinglong Reclamation Area

土地资源综合分区是土地利用研究的重要方法<sup>[1]</sup>。它不仅可以揭示和分析区域土地利用中存在的问题,还是区域土地管理和经济发展规划的重要基础和依据。土地利用功能分区的目的是为了协调各类土地利用结构之间的关系,限制不合理的土地利用

方式,做到因地制宜、地尽其用,实现土地资源的可持续利用。

土地利用区划思想始于世界范围内土地利用调查、分类等一系列研究工作的展开<sup>[1]</sup>,受近年来可持续发展思想的影响,国外学者开始借助新的技术手段与

区划思想对土地利用区划进行研究。我国在借鉴国外研究的基础上,在土地利用分区理论研究、实证研究和研究方法方面均获得了大量成果<sup>[2-6]</sup>。但是统筹自然生态环境和社会经济发展格局的分区研究不多;且以常规手段为主,GIS 空间分析方法少。此外,土地利用分区研究的热点主要集中于经济发展较快的东南沿海及大都市,研究尺度大多是在县域、市域乃至省域<sup>[7-14]</sup>,而对于垦区的研究相对较少。鉴于此,本文运用主成分分析方法和 GIS 空间分析方法,从土地利用的结构、投入、产出、生态和动态变化方面出发,对五九七农场土地资源综合利用进行分区,探讨统筹该区域土地利用分区方法和区域土地利用战略对策,以期为土地利用总体规划修编提供理论借鉴。

# 1 研究区概况

五九七农场隶属黑龙江省农垦总局红兴隆管理局,位于完达山北麓、三江平原南缘的宝清县境内,处于东经 131°47′—132°45′,北纬 46°23′—46°49′,其中场部地区为东经 132°00′,北纬 46°26′。农场地势自西南向东北倾斜,西南高、东北低,呈长条形分布。全场下辖 6 个管理区、52 个作业站。2005 年末,五九七农场总人口 3.02 万人,土地总面积 96 372.58 hm<sup>2</sup>,为黑龙江垦区第七大场,耕地面积 57 739.78 hm<sup>2</sup>,土地垦殖率高。五九七农场地势平坦,耕地分布相对集中,土质

优良,肥力较高,日照时间长且雨量充沛,机械化水平高,灌溉条件较好,适合规模经营。

# 2 数据获取与研究方法

## 2.1 数据来源

本研究中的土地资源数据主要来自黑龙江省国土资源厅提供的 1996 年和 2005 五九七农场地籍调查统计数据;社会经济方面的数据主要取自《红兴隆分局经济与社会发展统计资料 1996》、《红兴隆分局经济与社会发展统计资料 2005》以及《五九七年鉴 2006》,部分指标数据经原始数据整理计算得到。

## 2.2 指标体系构建

为综合反映区域土地利用状况,需考虑众多指标数据,若使用指标过多则工作量过大且不利于综合分析,因而要构建一个综合而简明的评价指标体系,即从众多的土地利用指标体系中选择具有代表性的、由重要指标组成的、用科学的计算方法来评价区域土地利用的各个侧面及整体发展水平的指标体系。本文遵循科学性、代表性和简明性、系统性和综合性、可操作性、易懂并能适应一定变化的弹性等特点,从土地资源利用的结构、投入、产出、生态和动态 5 个方面,筛选出具有良好反映能力、可以量化、可比较、数据获取便利的 20 个指标,建立区域土地利用分区的综合指标评价体系(表 1)。

表 1 五九七农场土地利用综合分区评价指标体系

类型	指标	单位	指标说明
结构	垦殖率(C <sub>1</sub> )	%	耕地面积与土地总面积的比值
	园地比重(C <sub>2</sub> )	%	园地面积占区域土地总面积的比重
	农用地比重(C <sub>3</sub> )	%	农用地面积占区域土地总面积的比重
	生态用地比重(C <sub>4</sub> )	%	林地、牧草地、水域面积之和占区域土地总面积的比重
	土地利用率(C <sub>5</sub> )	%	已利用的土地与土地总面积的比值
	建设用地比重(C <sub>6</sub> )	%	建设用地面积与土地总面积的比值
投入	单位建设用地固定资产投资(C <sub>7</sub> )	元/hm <sup>2</sup>	每 1 hm <sup>2</sup> 建设用地固定资产投资量
	单位耕园地从业人员(C <sub>8</sub> )	人/hm <sup>2</sup>	每 1 hm <sup>2</sup> 耕园地从业人员数量
	单位耕地的化肥施用量(C <sub>9</sub> )	t/hm <sup>2</sup>	每 1 hm <sup>2</sup> 耕地施用化肥量
	单位耕地的农业机械总动力(C <sub>10</sub> )	kW/hm <sup>2</sup>	每 1 hm <sup>2</sup> 耕地农业机械总动力
产出	单位土地的地区生产总值(C <sub>11</sub> )	元/hm <sup>2</sup>	每 1 hm <sup>2</sup> 土地面积的地区生产总值
	人均纯收入(C <sub>12</sub> )	元	人口平均的纯收入水平
	人均粮食产出(C <sub>13</sub> )	kg/人	人均粮食生产重量
	单位农业用地农林牧渔业总产值(C <sub>14</sub> )	元/hm <sup>2</sup>	每 1 hm <sup>2</sup> 耕地建设机械动力
	人口密度(C <sub>15</sub> )	人/km <sup>2</sup>	每 1 km <sup>2</sup> 人口数
生态	森林覆盖率(C <sub>16</sub> )	%	林地面积占区域土地总面积的比重
	水域占区域比重(C <sub>17</sub> )	%	水域面积占区域土地总面积的比重
动态	综合土地利用动态度(C <sub>18</sub> )	%	区域各类型土地在在研究期内的变化率
	耕地土地利用动态度(C <sub>19</sub> )	%	耕地在研究期末的变化率
	建设用地土地利用动态度(C <sub>20</sub> )	%	建设用地在研究期末的变化率

2.3 分析方法

主成分分析法是解决区域土地利用综合分区问题的理想工具之一。其步骤如下:(1) 建立  $n$  个区域  $p$  个指标的原始数据矩阵  $M_{ij}(i=1,2,\cdots,n;j=1,2,\cdots,p)$ ;(2) 计算指标的相关系数矩阵  $R_{jk}$ ;(3) 求特征值  $\lambda_k(k=1,2,\cdots,p)$  和特征向量  $L_k(k=1,2,\cdots,p)$ ;(4) 计算贡献率和累积贡献率;(5) 计算主成分指标的权重  $W_j$ ;(6) 计算主成分得分矩阵  $Y_{ij}(i=1,2,\cdots,n;j=1,2,\cdots,m)$ ;(7) 根据多指标加权综合评价模型  $F_i=\sum p_j=W_j\times Y_{ij}(i=1,2,\cdots,n;j=1,2,\cdots,p)$ , 计算综合评价值。

表 2 旋转后的主成分载荷矩阵

评价指标	因子 1	因子 2	因子 3	因子 4	因子 5	因子 6	因子 7
垦殖率	0.600	-0.347	-0.534	0.190	-0.255	-0.207	-0.012
园地比重	0.008	0.412	0.033	-0.038	0.706	0.103	0.053
农用地比重	0.942	-0.132	0.076	0.142	0.072	-0.207	-0.017
建设用地比重	-0.159	0.450	-0.161	-0.050	-0.124	0.801	0.036
生态用地比重	-0.061	0.022	0.988	-0.006	-0.019	-0.010	0.042
土地利用率	0.934	0.111	-0.009	0.126	0.008	0.228	0.002
单位建设用地固定资产投资	0.039	-0.079	-0.091	-0.159	0.826	-0.039	-0.164
单位耕园地从业人员	-0.084	0.922	-0.032	0.060	0.113	0.040	-0.002
单位耕地的化肥施用量	-0.482	0.229	-0.258	0.210	-0.310	0.004	-0.152
单位耕地的农业机械总动力	-0.106	0.250	-0.041	0.863	0.008	0.007	0.090
单位土地的地区生产总值	0.944	-0.134	0.076	0.138	0.073	-0.208	-0.018
人均纯收入	0.086	0.367	0.007	0.244	0.472	0.060	0.313
人均粮食产出	0.170	-0.243	-0.178	0.740	-0.252	-0.060	-0.267
单位农用地农林牧渔业总产值	-0.556	0.257	-0.243	-0.342	-0.237	0.453	-0.144
人口密度	0.029	0.918	0.177	-0.014	0.085	0.047	-0.097
森林覆盖率	0.164	0.069	0.947	-0.104	-0.069	-0.002	-0.017
水域占区域比重	-0.708	-0.144	0.216	0.307	0.151	-0.025	0.187
综合土地利用动态度	-0.678	-0.098	-0.032	0.364	-0.046	-0.114	-0.003
耕地土地利用动态度	-0.046	-0.077	0.013	-0.061	-0.059	-0.040	0.934
建设用地土地利用动态度	-0.100	0.297	-0.269	-0.033	-0.315	-0.716	0.069
特征值	40.980	30.162	20.481	10.883	10.575	10.233	10.084
贡献率	240.898	150.808	120.403	90.417	70.873	60.167	50.421
累积贡献率	240.898	400.705	530.108	620.525	700.399	760.566	810.987

从因子载荷上分析,单位土地的地区生产总值、农用地比重、土地利用率、垦殖率在因子 1 上载荷量绝对值均大于 0.6,它们主要反映了单位土地利用的效益状况和区域土地利用的结构状况,可称之为土地利用的效益与结构因子。且因子 1 的特征值为 4.980、贡献率为 24.898%,均高于其他主因子的相应值。说明五九七农场区域土地利用的效益与土地利用结构在综合分区中占有主要地位,即土地利用综合分区中土地利用效益与结构的特征最为明显。单位耕园地从业人员、人口密度在因子 2 上有较大载荷,它们主要表示的是区域耕地投入和人口承载状况,反映了区域土地利用的投入水平和承载能力,可称之为耕地投入及人口承载因子。生态用地比重、森

3 数据分析处理

3.1 主因子分析

以五九七农场的 52 个作业站(镇、街道)为基本单元,根据主成分分析法的原理和步骤,运用 SPSS 17.0 软件进行统计处理,发现其 KMO 检验值为 0.703>0.7,表明能够进行主成分分析。为使主因子能更好地解释原始变量,采用方差极大法进行旋转。根据特征值>1 和累积贡献率≥80%的原则<sup>[14]</sup>,提取出前 7 个主因子,其载荷系数、特征值、贡献率及累积贡献率见表 2。

林覆盖率在因子 3 上有较大载荷,反映了区域土地生态环境状况,可称之为土地利用生态因子。人均粮食产出、单位耕地的农业机械总动力在因子 4 上有较大载荷,主要反映区域土地利用的投入产出水平。因子 5 只在园地比重指标上有较大载荷,主要反映区域园地利用情况。因子 6 在建设用地比重、建设用地土地利用动态度上有较大载荷,主要反映区域建设用地开发利用情况及动态变化程度。因子 7 只在耕地土地利用动态度上有较大载荷,主要反映区域耕地利用动态变化程度和耕地资源的安全程度。

3.2 综合水平分析

对 7 个主因子的特征值进行归一化处理,得到的权重值分别为 0.304,0.193,0.151,0.115,0.096,

0.075,0.066。对各评价单元的主因子得分加权求和,得到五九七农场各作业站土地利用综合水平的评价值。五九七农场各作业站土地利用的综合水平受多种因素的影响,如土地利用的结构、投入、产出、生态和动态等。而这些因素在地域上的分布往往不均,组合有别,使五九七农场土地利用的综合水平在地域空间上存在明显差异。土地利用的综合评价价值介于-0.773~3.373(图 1),最高的是五九七农场场直,最低的是四分场二十六队。西南地区大部分作业站的综合评价价值在 0.124 以上;中部平原地区只有二分场一队、三队和五分场四队的综合评价价值大于 1.560,其余大部分作业站的综合评价价值为-0.172~1.560;东北地区除四分场二十四队和二十七队外,其余大部分作业站均小于-0.172。

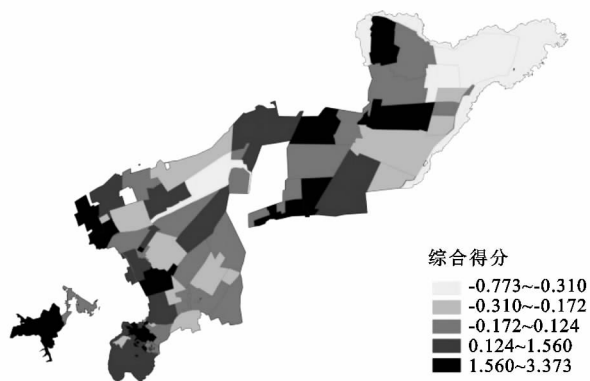


图 1 五九七农场土地利用水平综合评价价值空间聚类

综合分区要求将研究区域按差异进行分类,因此将各作业站综合评价价值作为新的样本数据,将 GIS 方法与空间聚类分析法相结合,利用 ArcView GIS 软件的自然断点(natural break)法进行空间聚类,结果如图 1 所示。根据分区指标体系数据聚类的结果,综合五九七农场“十一五”发展规划、生态规划、产业布局区划等相关规划,统筹考虑未来耕地保护、生态建设、人口分布、经济布局和土地利用,参考综合自然条件、土地利用特点和区划单元空间位置的连续性,尽量使区划单元内自然条件与土地利用特点具有一致性,按照乡级土地利用规划编制规程,将五九七农场现有的 52 个作业站的土地利用状况划分为 4 个土地利用区域(图 2)。

## 4 结果与分析

### 4.1 土地利用综合分区

(1) 西南城镇发展区。土地面积 2 589.81 hm<sup>2</sup>,占全市土地面积的 2.69%。该区主要为五九七农场场直和各分场场部。结合新农村建设的要 求,通过增减挂钩项目,使土地利用布局结构更加合理,建设用

地集约水平进一步提高,大幅提高农业生产率,实现以城带乡、以工促农,提高农业发展质量,率先建设现代化大农业,提高城镇建设水平,完善现代城镇体系,改善民生,保障社会经济发展必要的用地。

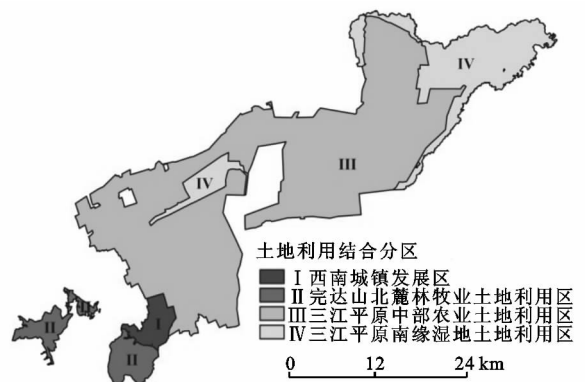


图 2 五九七农场土地利用综合分区结果

(2) 完达山北麓林牧业土地利用区。该区土地面积 5 937.79 hm<sup>2</sup>,占全市土地面积的 6.16%。主要包括六分场园艺场和六分场林管站等,土地利用以林为主,支持天然林保护、防护林营造等工程;应对该区林地加强统筹管理,优化林种、林龄结构,提高其经济、社会、生态效益。

(3) 三江平原中部农业土地利用区。土地面积 70 442.84 hm<sup>2</sup>,占全市土地面积的 73.14%。该区位于三江平原中部,主要包括一分场、二分场、三分场、五分场的全部和四分场的大部分区域。地势平坦,耕地分布相对集中,土质优良且肥力较高,气候温暖,阳光条件和灌溉条件较好,机械化水平高,适合规模经营。应稳定耕地面积,提高耕地利用集约程度,强化耕地保护尤其是基本农田的保护。

(4) 三江平原南缘湿地土地利用区。土地面积 17 346.38 hm<sup>2</sup>,占全市土地面积的 18.01%。该区主要为国家级自然保护区——长林岛自然保护区。包括四分场二十六队和四分场三十一队等。长林岛自然保护区对土地生态建设和环境保护有很大的作用。湿地对涵养水源,调节水量,改善小气候,抑制风沙干旱等自然灾害起到重要的作用,为保护和改善生态环境,应保持湿地面积的稳定,严禁开垦湿地,并做好湿地补水,改善湿地状况,提高生态功能,促进垦区经济持续稳定发展。

### 4.2 土地利用管制分区

(1) 分区标准与结果。五九七农场土地用途管制分区类型划分是依据土地用途管制的需要和土地保护、利用、开发、整治措施的不同而进行的分区。本研究采用 GIS 辅助下的多指标模糊综合评判法,首先将参与分区的各栅格图层统一投影到 Albers 投影系

下,依据 DEM(数字高程模型)和坡度分布图,进行单要素区域划分,做局部调整后,生成地貌控制区。在此基础上,根据土壤类型图、气温图、降雨量图、积温图进行生态要素区划界线的叠置,取重合最多处为界线,进行必要的修正。最后,依据五九七农场土地利用现状图,结合五九七农场生态功能区划、以及重点土地开发整理项目规划,按主导管制功能或主导因子划分界线,进一步调整分区方案。最终分区结果如图3所示。

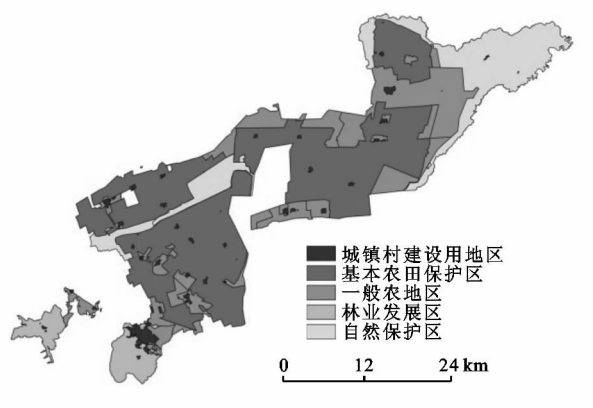


图3 五九七农场土地利用用途管制分区

(2) 差别化的土地利用政策。基本农田保护区。总面积 62 125.66  $\text{hm}^2$ , 占土地总面积的 64.46%。应严格落实基本农田保护目标, 确保耕地数量不减少, 质量不降低。加强基本农田基础设施建设, 加大基本农田集中区的整治力度, 推进规模化、集约化、产业化利用土地。

一般农地区。总面积 16 997.29  $\text{hm}^2$ 。占土地总面积的 17.64%。主要包括现有成片的果园、桑园、茶园、橡胶园等种植园用地; 城镇绿化隔离带用地; 规划期间通过土地整理、复垦、开发等活动增加的集中连片成耕地和园地; 为农业生产和生态建设服务的农田防护林、农村道路、农田水利等其他农业设施, 以及农田之间的零星土地。这一地区应巩固提高粮食生产能力, 实施优质农产品产业工程, 积极推动农业产业化经营; 合理扩大果园发展规模。

城镇村建设用地。面积 1 422.72  $\text{hm}^2$ 。主要包括五九七农场场直和各分场场部。针对这一地区, 应提高区内土地集约利用水平, 保护和改善村镇生态环境; 整合区域用地空间, 完善建设用地合理布局。

自然保护区。长林岛保护区地处祖国东北边陲, 位于世界三大湿地之一的三江平原湿地西部, 行政区在黑龙江省宝清县五九七农场境内。该保护区在五九七农场所占面积为 12 726.82  $\text{hm}^2$ , 占土地总面积的 13.21%。该区应严格执行保护区内的总体规划和相关法律法规, 加强对禁止开发区域的土地利用调

控, 对自禁止开发区域要依法实行强制性保护, 控制人为因素对自然生态的干扰和破坏。

林业用地区。面积为 2 770.67  $\text{hm}^2$ , 占土地总面积的 2.87%。主要分布在场部西南侧、二十八队北侧。该区应根据林业用地发展需要, 将林地分布集中, 林业发展条件比较好的区域划定林业用地区, 严禁各类建设占用名、特、优、新种植园地; 优化果树结构, 改造低产果园, 提高土地利用效率; 严禁各类建设占用水土保持林、水源涵养和防护林等用地; 加强林地集约化管理, 扩大林地面积。

## 5 讨论

(1) 土地利用分区是实现统筹区域土地利用的重要手段, 也是土地利用规划研究的重点内容之一。数值分区与地理区划相结合, 能够增强土地分区的可信度, 使分区结果更为接近现实。而基于主成分分析方法的土地利用分区, 是在综合分析主要因子评价和地理区划相对一致性的基础上, 进一步增加了土地利用分区研究的科学性和定量化水平。

(2) 通过土地资源利用的结构、投入、产出、生态和动态 5 个方面, 从中遴选出 20 个指标组成区域土地资源利用分区的综合指标评价体系, 能够反映土地利用原始信息的代表性和准确性。

(3) 采用主成分分析法对各评价单元的土地利用程度进行综合评价, 采用空间聚类法进行综合分区, 采用 GIS 空间分析法进行管制分区, 将五九七农场划分为 4 个土地利用区和 5 个管制区, 提出各分区内土地利用方向、战略对策和管制措施, 为区域土地利用规划、生态环境保护与建设规划的编制提供科学依据。

另外, 本文只是对土地利用的综合水平进行了分析和区划, 没有对各个主因子的空间分异情况进行详细研究, 而且对土地利用变化的驱动力没有进行分析, 这些问题还需在今后的研究中继续探索。

### 参考文献:

- [1] 吴传钧. 中国土地利用[M]. 北京: 科学出版社, 1994.
- [2] 林霞, 任学慧, 张海静. 统筹县域土地利用及其分区研究[J]. 资源与产业, 2008, 10(2): 31-34.
- [3] 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.
- [4] 乔蕪强, 刘秀华, 李让恩. 农村居民点用地整理现实潜力测算及分区: 以重庆市丰都县为例[J]. 水土保持研究, 2012, 19(2): 222-225.

块所占景观面积比例、平均斑块面积、最大斑块指数、斑块密度五个方面对农村居民点用地规模和密度进行分析,得出农村居民点用地规模和密度在地域分布上存在明显的差别,集聚度较高。

(2) 农村居民点空间扩展表现出较为明显的区位集中指向。71.72%以上的农村居民点都分布在距离公路 1 000 m 以内的区域,只有少数居民点远离公路。居民点区位变化由地理位置偏僻、居住环境条件差、交通不便利的区域向公路附近交通便利、经济发展环境较好的地方集中发展。同时,在一定距离以外,距离河流越远,农村居民点的个数逐渐减少。在未来布局农村居民点用地时,要考虑农业产业结构和布局的调整,使农村居民点更有利于农民的劳作。

#### 参考文献:

- [1] 金其铭.我国农村聚落地理研究历史及近期趋向[J].地理学报,1998,43(4):311-317.
- [2] 刘雪,刁承泰,张景芬,等.农村居民点空间分布与土地整理研究:以重庆江津市为例[J].安徽农业科学,2006,

(上接第 190 页)

- [5] 葛浩,周生路,吴绍华.当前形势下土地利用总体规划中功能分区方法研究[J].土壤,2008,40(4):534-539.
- [6] 刘帅,牛彦斌,李新旺,等.冀东山地丘陵区内小城镇发展分析:以卢龙县为例[J].水土保持研究,2010,17(6):246-251.
- [7] 吴彦山,廖和平,王生,等.土地利用分区研究:以重庆市开县为例[J].西南大学学报,2007,29(12):151-155.
- [8] 高志昊,宋戈,张远景.石油城市经济转型背景下土地利用模式研究:以黑龙江省大庆市为例[J].水土保持研究,2011,18(3):162-167.
- [9] 吴萍,吴克宁,汤怀志.区域土地利用分区与调控研究:

(上接第 195 页)

- [3] 游黎,周犹猫,邓京虎,等.基于物元可拓法的土地整治项目综合评价[J].安徽农业科学,2011,39(32):20167-20169.
- [4] 蓝盛芳,钦佩,陆宏芳.生态经济系统能值分析[M].北京:化学工业出版社,2002.
- [5] 许璐璐.基于能值分析方法的土地整理生态效益研究

34(12):2834-2836.

- [3] 张强.农村居民点布局合理性辨析:以北京市郊区为例[J].中国农村经济,2007,23(3):65-72.
- [4] 陈振杰,李满春,刘永学.基于 GIS 的桐庐县农村居民点空间格局研究[J].长江流域资源与环境,2008,17(2):180-184.
- [5] 田光进,刘纪远,庄大方.近 10 年来中国农村居民点用地时空特征[J].地理学报,2003,58(5):651-658.
- [6] 张红,王新生,余瑞林.基于 Voronoi 图的测度点状目标空间分布特征的方法[J].华中师范大学学报:自然科学版,2005,39(3):422-426.
- [7] 陈军,李志林,蒋捷,等.多维动态 GIS 空间数据模型与方法的研究[J].武汉大学学报:信息科学版,2004,29(10):858-862.
- [8] 蔡为民,张凤荣,张佑启,等.近二十年黄河三角洲典型地区农村居民点景观格局[J].资源科学,2004,2(5):89-96.
- [9] 李俊祥,王玉洁,沈晓虹,等.上海市城乡梯度景观格局分析[J].生态学报,2004,24(9):1973-1980.
- [10] 谷晓坤,卢新海,陈百明.大城市郊区农村居民点整理效果分析:基于典型案例的比较研究[J].自然资源学报,2010,25(10):1649-1656.

以太原市为例[J].资源与产业,2011,13(1):6-11.

- [10] 张微微,侯立白,刘喜波.兴城市土地利用功能分区研究[J].湖北农业科学,2010,49(3):563-566.
- [11] 陈云川,朱明苍,罗永明.区域土地利用综合分区研究:以四川省为例[J].软科学,2007,21(1):92-95.
- [12] 刘忠秀,谢爱良.区域多目标土地适宜性评价研究:以临沂市为例[J].水土保持研究,2008,15(1):176-181.
- [13] 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.
- [14] 潘竟虎,石培基,孙鹏举.统筹甘肃省土地利用分区研究[J].中国土地科学,2009,23(9):9-14.

[D].南京:南京农业大学,2007.

- [6] 赵俊锐,朱道林.基于能值分析的土地开发整理后效益评价[J].农业工程学报,2010,26(10):337-344.
- [7] 邹栋.基于生态服务价值的绿色 GDP 核算[D].武汉:武汉理工大学,2006.
- [8] 薛达元,包浩生.长白山自然保护区森林生态系统间接经济价值评估[J].中国环境科学,1999,19(3):247-252.