

基于 GIS 技术的县域耕地地力评价 ——以云南省寻甸县为例

王静宇¹, 袁希平², 甘 淑³

(1. 昆明理工大学 国土资源工程学院, 云南 昆明 650093;

2 昆明理工大学 成人教育学院, 云南 昆明 650051; 3 云南大学 亚洲国际河流中心, 云南 昆明 650091)

摘要: 研究利用 GIS 技术, 结合传统耕地地力评价方法, 提出一种基于 GIS 技术的县域耕地地力评价方法. 针对寻甸县耕地资源现状, 综合分析影响耕地地力的各种因素, 包括养分状况、土壤理化性状、成土母质、灌溉条件等, 对基于 GIS 技术的耕地地力评价的过程和方法进行了讨论: 介绍了耕地资源基础信息库的建立, 评价单元的划分, 参评因素的选择及其权重的确定; 重点对利用层次分析法 (AHP) 建立耕地地力评价体系及其评价模型进行了论述; 并总结了利用该方法进行耕地地力评价时存在的问题; 最后得到一些有益的结论.

关键词: GIS 技术; 耕地资源; 耕地地力

中图分类号: P208 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007 - 855X (2008) 03 - 0001 - 06

Evaluation of Farmland Productivity Based on GIS Technology ——A Case Study of Xundian County, Yunnan Province

WANG Jing-yu¹, YUAN Xi-ping², GAN Shu³

(1. Faculty of Land Resource Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China;

2 Faculty of Continuing Education, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650051, China;

3. Asian International River Center, Yunnan University, Kunming 650091, China)

Abstract: The aim of this paper is to study how to evaluate farmland productivity through the combination of GIS technology with traditional methods of evaluating soil productivity. An evaluation method based on GIS is then put forward. In allusion to the actuality of the farmland resources in Xundian County, important influencing factors such as nutrient condition, soil physical and chemical character, parent material and irrigation condition are analyzed thereafter. The process and the method which are used to evaluate farmland productivity based on GIS are then introduced, such as how to establish the farmland resources information database and compartmentalize the evaluation units, and how to select the evaluation factors and decide their weights. The discussion is made mainly on how to establish the farmland productivity evaluation systems and models using analytical hierarchy process (AHP). Some problems in the evaluation are also made clear. Beneficial conclusions are finally reached.

Key words: GIS technology; farmland resources; farmland productivity

0 引言

我国是一个农业大国, 农业是我国的三大产业之一. 而耕地是农业生产的重要生产资料, 是其它任何生产资料都无法替代的, 它是保持社会经济可持续发展必不可少的资源.

收稿日期: 2007 - 09 - 28 基金项目: 农业部和财政部办公厅“测土配方施肥项目”(2007 - 25); 云南省土壤肥料工作站“测土配方施肥项目”资助; 云南省自然科学基金重点项目 (项目编号: 2003C002Z).

第一作者简介: 王静宇 (1979 -), 男, 在读硕士研究生. 主要研究方向: 土地资源评价与 3S 技术应用.

E - mail: wangjingyu6111@yahoo.com.cn

然而,随着我国人口不断增加和社会快速发展,土地退化日趋严重,滥垦滥用造成耕地浪费的现象随处可见.通过耕地地力评价,摸清区域耕地地力状况,对提高耕地保护与管理,促进农业结构调整和农业可持续发展具有重要的现实意义.同时为开展土壤改良,合理布局种植业结构,发展有机农业、无公害农产品生产等现代科技农业提供科学依据^[1].目前快速发展并日臻成熟和完善的 3S 技术(全球定位系统 GPS、遥感 RS、地理信息系统 GIS)中,GPS 具有快速准确定位的特点,RS 具有宏观性强、信息量丰富的特点,而 GIS 具有强大的空间信息和属性信息分析的功能.它们的应用非常广泛,并已深入到各行各业中.我国的 3S 技术虽与世界先进国家尚有一定差距,但已经在测绘、国土资源、环境保护、灾害预测预报等行业取得了令人瞩目的进展^[2].因而运用 GIS 技术,结合传统耕地地力评价方法,开展耕地地力评价成为当前的重要研究课题.如张海涛等利用 GIS,引入层次分析法来确定参评因子的权重,快速准确地对江汉平原后湖区的耕地地力进行了综合评价^[3].周红芝等以 SORER 数据库为基础,对长江上游彭州的部分地区进行了地力等级评价^[4].由此可见,运用 GIS 技术与传统耕地地力评价方法相结合,分析耕地地力与土壤各肥力因子的时空变化特征,及时掌握耕地资源的数量、质量及其分布,对于合理利用耕地,切实保护和提高耕地地力具有十分重要的现实意义.

1 研究区自然地理概况

寻甸县地处滇东北高原,位于东经 102°41'~103°33',北纬 25°20'~26°01'之间,金沙江和南盘江从县域穿过.根据土地利用现状详查与变更调查结果,全县土地面积 35.98 万 hm^2 ,耕地面积 3.59 万 hm^2 ,占全县土地总面积的 9.97%.

寻甸县地形地貌复杂,有高山、丘陵、坡地、坝子、河谷等多种地貌.中、北部偏高,东、西部偏低.山脉属乌蒙山系,多呈南北走向.最高海拔在金源乡花石头梁子 3 294 m,最低海拔在金源乡小树棵 1 480 m,相对高差 1 814 m,分为高寒山区、山区、半山区、坝区、河谷槽区.全县具有低纬高原季风气候特点,冬无严寒,夏无酷暑,冬春日照充足,气候温暖,干旱少雨;夏秋多雨,凉爽潮湿.平均降雨量为 1 045 mm,但年际间及年内各月降雨量分布不均.年平均日照时数 2 079.3 h,年平均温度 14~15.2℃,年无霜期 229 天.土壤有 10 个土类,15 个亚类,36 个土属,71 个土种.其中红壤面积占总土地面积的 62.9%,棕壤面积占 17.3%,其他土类面积占 19.8%.

2 耕地地力评价方法

以云南省寻甸县为例,应用地理信息系统相关软件,建立耕地地力评价基础数据库,综合分析影响耕地地力的各种因素,包括土壤养分、土壤理化性状、成土母质、灌溉条件、地貌类型等等,建立耕地地力评价体系及其评价模型.其技术流程如图 1 所示.

2.1 资料收集整理及建立耕地资源基础信息库

2.1.1 资料的收集及其处理收集获取的资料主要有:

1)基础及专题地图资料,包括 1:50 000 比例尺的寻甸县地形图、行政区划图、土地利用现状图、土壤图、道路交通图、水系图、居民点分布图.这些图件资料采用地理信息系统软件 Arc/Info 或 MapGIS6.5 进行数字化、图形编辑、图幅误差校正、拓扑查错等处理.

2) TM 遥感影像,运用 Erdas Imagine 8.7

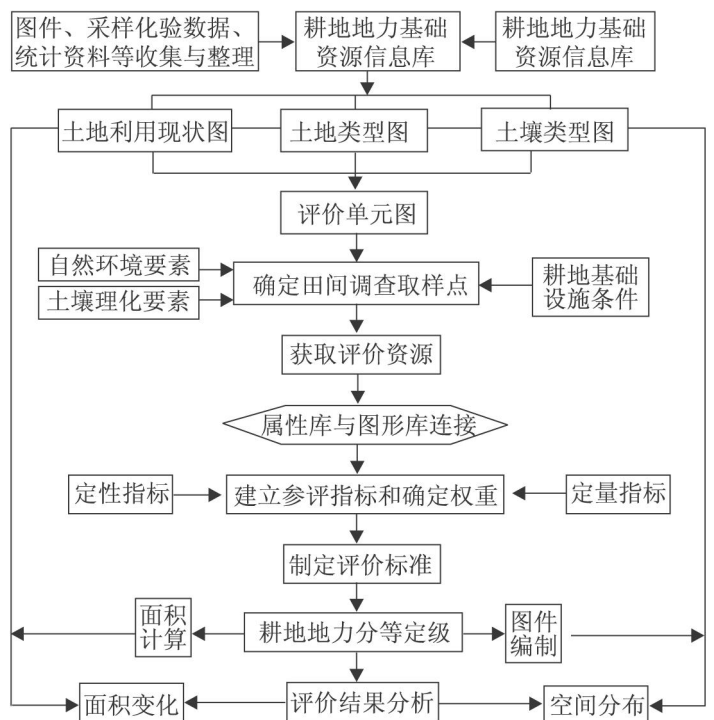


图1 耕地地力评价技术流程

Fig.1 Process of evaluating farmland productivity

进行几何校正、图像处理并进行信息提取。

3)土壤属性资料,采用野外 GPS定点采样,室内测试分析处理获取,包括 pH值、有机质、全氮、速效钾、有效磷等 10余种。在寻甸全县范围内共获取了 300个采样点。并将采样点位图与分析数据库进行连接,再运用 Arc/Info中的 Kriging插值法对各属性数据进行最优化插值,从而自动生成各土壤养分属性专题图。

4)野外调查资料及与评价相关的社会经济统计资料,进行归类、分析、处理,采用微软 Access进行录入建立 mdb格式属性数据库。

2.1.2 建立耕地资源基础信息库

首先建立耕地地力评价的空间数据库和属性数据库。空间数据库 (Geodatabase)是指描述空间数据的结构化的数据库,一般来说,图件经过数字化后建立的数据系统均可成为空间数据库,但严格意义上的空间数据库是指在地理信息系统 (GIS)平台上建立的描述空间数据的集合。如地形数据库、地名数据库、数字栅格地图数据库、数字正射影像数据库、数字高程模型 (DEM)等。属性数据库在 GIS中是空间实体不可分割的组成部分,通常独立于空间数据库和 GIS系统。通过对数据的分类编码、建立数据字典,在 Access或 Excel中分要素类将属性数据批量录入。然后再使用关键字将属性记录与图形对象联接,从而完成空间数据库与属性数据库的关联,建立耕地资源基础信息库。本研究中空间数据库由上一步中得到的数字化图件、经信息提取的遥感影像和自动生成的土壤属性专题图建立;属性数据库也是由上一步中采用 Access建立的 mdb格式文件建立。耕地资源基础信息库建立流程如图 2

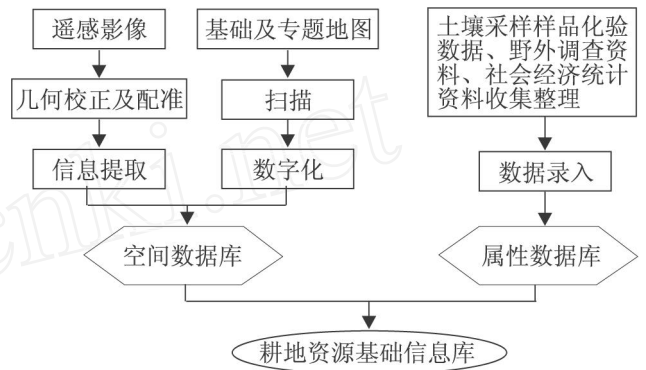


图2 耕地资源基础信息库建立流程
Fig.2 Process of establishing farmland resources information database

2.2 耕地地力评价

2.2.1 耕地地力评价的基本原理

耕地地力是指耕地作为农业生产中一种最基本的生产资料,其自然要素在农产品生产中所表现出来的潜在生产能力。耕地地力评价大体可分为以气候要素为主的潜力评价和以土壤要素为主的潜力评价。在一个较小范围 (如县域)内气候要素变化不明显,处于相对一致的状态,耕地地力评价可以根据所在地的土壤养分、土壤理化性状、成土母质、灌溉条件、地貌类型等要素相互作用表现出来的综合特征,研究耕地潜在生物生产力的高低。

用耕地自然要素评价的指数来表示耕地地力,则耕地地力评价的关系式为:

$$IFI = \sum_{i=1}^n F_i C_i \tag{1}$$

式中:IFI为耕地地力指数;Fi为耕地自然属性 (参评因素);Ci为该参评因素对耕地地力的贡献率,也即权重,可采用层次分析法或专家评估法求得。根据耕地地力指数IFI的大小及其组成,不仅可以了解耕地地力的高低,而且可以揭示影响耕地地力的障碍因素及其影响程度。也可以将IFI值转换为单位面积产量,从而更直观地反映耕地的真实地力水平。本论文就是采用这种耕地自然要素评价的指数来表示耕地地力。

2.2.2 耕地地力评价的评价单元及其评价单元图的建立

耕地地力评价单元是评价的基本工作单位,它是由耕地构成因素组成的综合体,是性质均一的单元。同一评价单元的内部质量均一,不同单元之间既有差异性,又有可比性。耕地地力评价就是要通过对每个评价单元的评价,确定其地力级别,把评价结果落实到实地,并绘制耕地地力等级图。

目前,对土地评价单元的划分尚无统一方法,本文采用综合法确定评价单元。运用 Arc/Info中空间分析的叠加功能,将土地类型图、土壤图、土地利用现状图进行叠加从而获得评价单元图。寻甸全县共分为 17 903个评价单元。这种方法以土地类型图为基础,参考土壤图和土地利用现状图来综合确定评价单元。

其优点是考虑全面,综合性强.把土地类型图、土壤图、土地利用现状图叠加在一起,形成一个个封闭的图斑,一个封闭图斑即为一个评价单元,同一评价单元内土壤种类相同,土地利用类型相同,区位、交通、水利条件、经营集约程度等基本一致,耕作地块界线及权属界线均由评价单元界线围成.这样使评价结果容易落实到地面上,便于土地的科学管理.

2.2.3 参评因素的选择及其权重的确定

层次分析法是美国运筹学家 Saaty 于 20 世纪 70 年代提出的,是一种定性与定量相结合的决策分析方法.它是一种将决策者对复杂系统的决策思维过程模型化、数量化的过程.应用这种方法,决策者通过将复杂问题分解为若干层次和若干因素,在各因素之间进行简单的比较和计算,就可以得出不同方案的权重,为最佳方案的选择提供依据.耕地地力评价是多种因素综合作用的结果,不仅每一种因素对地力的影响是复杂的,而且因素之间是相互制约影响的,为了增加赋值的科学性,降低主观性,层次分析法是一种较为合理的方法^[5,6].影响耕地地力的因素多种多样,如地形地貌、气候、排涝能力、耕层厚度、障碍因素等等,选择的参评因素要能充分代表耕地地力.本文根据全国耕地地力调查与质量评价指标体系总集,结合云南省及寻甸县的具体实际,遵循稳定性、主导性、综合性、差异性、定量性和现实性原则,采用专家打分法选取养分状况、土壤理化性状、剖面性状、立地条件、土地管理等 5 个方面 17 个对耕地地力影响比较大、区域内变异明显、具有相对稳定性、且与农业生产有密切联系的因素建立评价指标体系.

采用层次分析法来确定各参评因素的权重.基本思路是将问题分解为若干层次,在比原问题简单得多的层次上进行分析、比较、量化、排序,再比较各因素之间的重要性,并将其数量化后构造判断矩阵,根据判断矩阵计算矩阵的最大特征根与特征向量,并进行一致性检验,当一致性系数小于 0.1 时,说明一致性较好,权重匹配合理.通过层次单元排序及其一致性检验、层次性总排序及其一致性检验得出各因子的组合权重.在 Arc/Info 中,利用分析模块中“权重”功能,计算出各指标的权重^[7].寻甸县耕地地力评价各参评因素的权重,参见表 1.

表 1 寻甸县耕地地力评价参评因素权重表

Tab. 1 Factors and weights of farmland productivity evaluation in Xundian county

目标 (A)		特征向量				组合权重
准则层 (B)		B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B _j C _i
		0.18	0.24	0.16	0.42	
土地管理	灌溉能力 C ₁	0.652 17				0.117 39
	排涝能力 C ₂	0.217 39				0.039 13
	轮作制度 C ₃	0.130 43				0.023 48
立地条件	成土母质 C ₄		0.491 80			0.118 03
	坡度 C ₅		0.245 90			0.059 02
	高程 C ₆		0.163 93			0.039 34
	坡向 C ₇		0.098 36			0.023 61
剖面形态	耕层厚度 C ₈			0.521 74		0.083 48
	障碍层类型 C ₉			0.173 91		0.027 83
	障碍层出现位置 C ₁₀			0.130 43		0.020 87
	剖面构型 C ₁₁			0.173 91		0.027 83
理化性状	有机质 C ₁₂				0.375 00	0.157 50
	质地 C ₁₃				0.187 50	0.078 75
	pH C ₁₄				0.125 00	0.052 50
	全氮 C ₁₅				0.125 00	0.052 50
	有效磷 C ₁₆				0.093 75	0.039 38
	速效钾 C ₁₇				0.093 75	0.039 37

2.2.4 参评因素隶属函数的建立及隶属度的确定

土地是一个灰色系统,系统内部各要素之间与耕地地力之间关系十分复杂,因此采用模糊数学方法,根据各因素对土壤质量影响特点和各因素鉴定指标建立隶属函数,然后再根据各因素实际值求得隶属度.

对于定性描述型评价因素和概念型评价因素,如剖面构型、成土母质、土壤质地等,以特定的值表示其优劣度,即以特征函数作为其隶属函数,参见表 2

表 2 概念型评价因素隶属度

Tab. 2 The evaluation standard of conceptual factor

评价因素	描述	专家评估值				
		指标	良好	个别年份沥涝	短期积水	季节性积水
排涝能力	隶属度	1	0.85	0.7	0.2	
	指标	稳定	不稳定	困难	无灌溉水源	
灌溉能力	隶属度	1	0.75	0.6	0.3	
	指标	无	粘土层	砂层	砂姜层	
障碍层类型	隶属度	1	0.75	0.5	0.3	
	指标	通体轻壤、中壤	蒙金土	粘质底沙	通体沙壤	
剖面构型	隶属度	1	0.75	0.5	0.3	
	指标	冲积物	粘质冲积	坡积物	泥岩残积、残积物	滨海沉积
成土母质	隶属度	0.9	0.7	0.6	0.4	0.2
	描述 /cm	<12	12~14	14~16	16~18	>18
耕层厚度	隶属度	0.5	0.7	0.8	0.9	1
	描述 /cm	无	60~80	40~60	<40	
障碍层出现位置	隶属度	1	0.8	0.7	0.5	
	指标	多年生	1年 1熟	1年 2熟	1年 3熟	
轮作制度	隶属度	0.5	0.6	0.8	0.9	
	指标 / (°)	≤5	5-10	10-15	15-20	≥20
坡度	隶属度	1	0.8	0.6	0.4	0.2
	指标	北、东北、西北	西	西南	东南、东	南
坡向	隶属度	0.4	0.6	0.7	0.8	1
	指标 /m	≤1700	1700~1800	1800~1900	1900~2000	≥2000
高程	隶属度	1	0.9	0.8	0.7	0.5
	指标	轻、中壤土	重壤土	粘质	沙壤土	砂质
耕层质地	隶属度	1	0.9	0.8	0.6	0.3

而对于定量因素与土地质量的关系比较复杂,根据前人研究成果,有机质、有效磷、速效钾等与土地质量表现为戒上型函数,全氮表现为直线型函数,pH值表现为峰值型函数^[8-10]参见表 3

表 3 定量型评价因素及其隶属函数

Tab. 3 Evaluation factors and their functions

评价因素	函数类型	隶属函数	c	U _t
有机质	戒上型	$1/(1+3.974(u-c)(u-c))$	2	0.5
速效钾	戒上型	$1/(1+0.000064(u-c)(u-c))$	190	40
有效磷	戒上型	$1/(1+0.00653(u-c)(u-c))$	20	3
pH	峰值型	$1/(1+0.265(u-c)(u-c))$	7	4
全氮	直线型	$1/(1+4.56(u-c)(u-c))$	0.8	

2.2.5 耕地地力综合评价

利用累加模型计算耕地地力综合指数 (IFI),即对应于每个图斑的综合地力指数:

$$IFI = \sum_{i=1}^n FiCi \tag{2}$$

式中:IFI代表耕地地力综合指数;Fi表示第i个因素隶属度;Ci表示第i个因素的权重。

2.2.6 耕地地力的等级划分

耕地地力等级的划分方法很多,一般采用的有等间距法、数轴法、总分频率曲线法.根据《全国耕地类型区、耕地地力等级划分》(NY/T309—199),选用等间距法,应用加法模型计算耕地生产性能综合指数 (IFI),将寻甸县耕地地力分为 6 个等级,参见表 4

表 4 寻甸县耕地地力等级划分

Tab. 4 Xundian County's farmland productivity grade standard

耕地地力等级	1等地	2等地	3等地	4等地	5等地	6等地
地力综合指数 (IFI)	>0.86	0.76~0.85	0.66~0.75	0.56~0.65	0.46~0.55	<0.45

用图形来表现耕地地力的等级划分成果更为直观、更便于管理和应用。寻甸县耕地地力等级划分的成果见图 3。

3 研究中存在的问题

1) 地图资料的现势性不够好: 研究中所用的土壤图、土地类型图、土地利用现状图均是国家第 2 次土壤普查的资料, 经过 20 多年的经济建设, 土地利用现状变化较大, 导致土壤图与现势性较强的现状图不匹配。

2) 空间插值中的问题: 各评价单元的土壤养分数据(全氮、pH 值、有机质、速效钾、有效磷等)是利用 Arc/Info 插值功能对采样点测试分析处理结果进行插值而得。这种空间插值法适用于地势较平坦的地区, 而对于云南尤其是寻甸县这样的多山地区, 其准确性还有待进一步改善和提高。

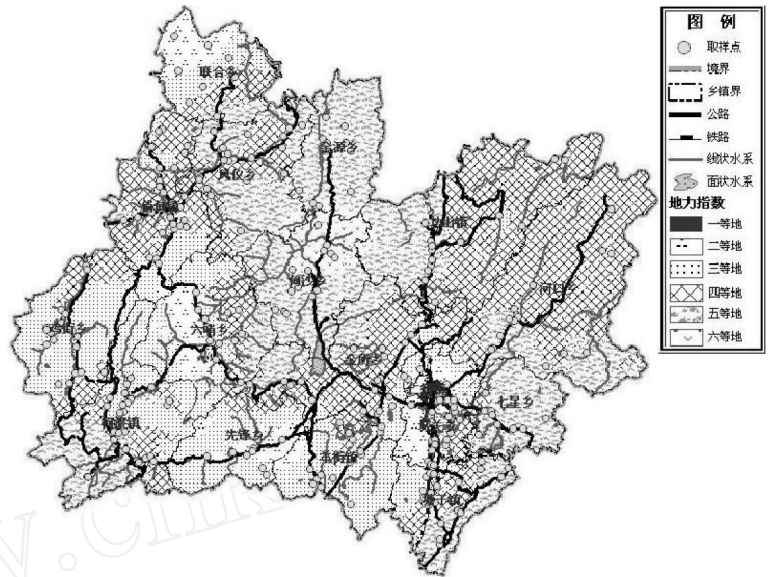


图3 寻甸县耕地地力等级划分图

Fig.3 Map of farmland productivity grade in Xundian county

4 结论

1) 研究表明, 利用 GIS 可以快速有效地对耕地地力及其空间分布特征进行科学评价, 既比传统方法省时省力, 又提高了评价的科学性和准确性。通过 GIS 强大的数据处理和分析功能, 统一管理耕地地力等级划分过程中的空间数据和属性数据, 实现评价单元的自动划分, 自动批量数值计算, 提高了工作效率。同时, 还可以方便快捷地更新耕地资源信息库。

2) 利用层次分析法和模糊综合评价法, 减少了评价中的主观因素, 提高了评价结果的科学性。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国. 全国耕地地力调查与质量评价技术规程 [S]. 北京: 农业部种植业管理司, 全国农业技术推广服务中心, 2003.
- [2] 邬伦, 刘瑜. 地理信息系统原理、方法和应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [3] 张海涛, 周勇, 汪善勤, 等. 利用 GIS 和 RS 资料及层次分析法综合评价江汉平原后湖地区耕地自然地力 [J]. 农业工程学报, 2003, 19(2): 219 - 223.
- [4] 何毓蓉, 周红艺, 张保华, 等. 长江上游典型区的耕地地力与农业结构调整——以川江流域及其周边地区为例 [J]. 水土保持学报, 2003, 17(3): 86 - 88, 92.
- [5] Saaty T L. The Analytical Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation [M]. New York: McGraw Hill, 1980.
- [6] 庄锁法. 基于层次分析法的综合评价模型 [J]. 合肥工业大学学报, 2000, 23(4): 582 - 590.
- [7] 石常蕴, 周慧珍. GIS 技术在土地质量评价中的应用——以苏州市水田为例 [J]. 土壤学报, 2001, 38(3): 248 - 255.
- [8] 倪绍祥. 土地类型与土地评价 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1992: 177 - 189.
- [9] 王建国, 单艳红, 杨林章. 我国农用地分等定级理论与方法探讨 [J]. 农业系统科学与研究, 2002, 189(2): 84 - 88.
- [10] 陈建飞, 刘卫民. Fuzzy 综合评价在土地适宜性评价中的应用 [J]. 资源科学, 1999, 21(4): 71 - 74.