

属性层次模型在乡级基本农田保护区布局优化中的应用

石 英¹, 朱德举^{1*}, 程 锋², 付海英¹

(1. 中国农业大学土地资源管理系, 北京 100094; 2. 国土资源部土地整理中心, 北京 100035)

摘 要: 基本农田保护区布局优化包括耕地综合质量排序和耕地入选两个决策过程。该文根据这两个决策过程的特点, 相应建立了基于属性测度的属性层次排序模型和 0-1 整数规划入选模型。在此基础上, 以 MAPGIS 为二次开发平台, 编制了基本农田保护区布局优化决策系统。并利用该模型和系统对山西省太原市万柏林区东社乡的基本农田保护区布局优化进行了实证。结果表明, 该模型有效地解决了乡级基本农田保护区布局优化的决策问题, 同时也为区域土地利用优化提供了一种新方法。

关键词: 布局优化; 属性层次模型; 0-1 整数规划; 基本农田保护区

中图分类号: F301.24

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2006)03-0027-05

石 英, 朱德举, 程 锋, 等. 属性层次模型在乡级基本农田保护区布局优化中的应用[J]. 农业工程学报, 2006, 22(3): 27-31.

Shi Ying, Zhu Deju, Cheng Feng, et al. Attribute hierarchical model and its application to the optimal allocation of prime farmland protection areas at local level[J]. Transactions of the CSAE, 2006, 22(3): 27-31. (in Chinese with English abstract)

0 引 言

基本农田是指按照一定时期人口和社会经济发展对农产品的需求, 依据土地利用总体规划确定的不得占用的耕地^[1]。基本农田保护区布局就是对基本农田实行特殊保护, 而将基本农田保护数量具体落实到土地利用总体规划图上的过程, 其实质就是在耕地分布图上按照一定的原则和依据选择出一定面积的耕地作为基本农田。科学合理布局基本农田保护区, 对于保护耕地、稳定农业生产, 促进区域社会经济的可持续发展起到十分重要的作用。

合理进行基本农田保护区布局优化并非一个简单随意的过程, 除受多种自然经济因素, 如耕地自身质量状况的高低、区位条件的好坏等制约外, 还受人为因素的影响, 如行政干预、政策限制等, 而这些因素之间又相互影响、相互交叉, 甚至相互排斥, 必须经过一个综合评判的过程, 才能作出科学的决策, 因此基本农田保护区布局优化实质上是一个受多因素影响的复杂的决策过程。在计算机技术的支持下, 可根据基本农田保护区的内在要求^[2], 对区域内的耕地图斑按综合质量进行排序, 并按照优化布局基本农田保护区的耕地条件将耕地图斑逐个选入基本农田^[1]。但目前, 在实际的布局中, 仅局限在基本农田需求预测和指标分解等数量决策方面, 没有涉及到空间布局的决策过程, 而且主观随意性太强, 缺乏一定的科学决策, 片面追求数量而忽视耕地的

质量要求, 使基本农田保护最终流于形式^[3-6]。另外, 在优化布局的技术方法上, 虽然计算机的应用已逐步代替了传统的手工方法, 但布局中的决策过程仍以人工为主, 不能有效地实现基本农田保护区布局的科学性。因此, 有必要对如何科学地进行基本农田空间布局作进一步研究, 使基本农田保护区布局能更加合理、高效、自动地进行, 从而提高基本农田保护区布局的整体科学性。

属性层次模型^[7,8] AHM (Attribute Hierarchical Model) 与一般决策方法相比, 是一种新的无结构决策方法, 该方法在属性测度的基础上, 依据属性识别的准则, 建立属性识别模型。由于该模型能充分利用原始数据中的信息, 可操作性强, 在对多因素的复杂问题进行评判时效果好, 能在较大程度上减少评判结果的主观性, 有较好的实用价值, 因此已成功被运用到多个领域中^[9-11]。

为此, 本文将属性层次模型法、0-1 整数规划法应用于基本农田保护区布局优化中, 建立了适用于该布局优化问题的属性层次排序模型和 0-1 整数规划入选模型, 并结合 GIS 技术, 进行基本农田保护区布局优化的系统模拟, 以期科学合理、快速优化地布局基本农田保护区提供有效的方法和手段, 同时试图为解决该类问题提供一条新的途径。

1 基本农田保护区布局优化决策模型

基本农田保护区布局优化的实质是在一定方法和原则指导下, 按耕地综合质量的高低, 对区域内耕地地块进行优选。因此可分解为耕地综合质量排序和耕地入选两个过程, 针对这两个过程的特点, 在合理选取一定的决策指标基础上, 本文分别用属性层次模型法和 0-1 整数规划法建立相应的决策模型, 建立过程和步骤如下。

收稿日期: 2005-06-29

作者简介: 石 英, 女, 江西九江人, 博士生, 主要从事土地评价、规划及资源环境建模研究。北京市海淀区圆明园西路 2 号 中国农业大学土地资源管理系, 100094。Email: yuer815@126.com

*通讯作者: 朱德举, 教授, 主要从事土地资源管理领域的科研与教学工作。北京市海淀区圆明园西路 2 号 中国农业大学土地资源管理系, 100094

1.1 属性层次排序模型

1) 耕地入选基本农田保护区的原则

根据国内外基本农田的定义^[1,12],基本农田内涵体现在两个方面:一是强调基本农田与一般农田的内在肥力差异,即土地自然生产力高低;二是明确基本农田与一般农田所处地段不同,即农田立地条件优劣。因此,耕地入选基本农田保护区的原则主要包括:

质量优选。即质量综合最优的耕地优先入选基本农田保护区,这里的质量除了包括耕地的自然质量外,还包括耕地的生态质量。

区位优势。即区位条件综合最优的耕地优先入选基本农田保护区,如铁路、公路等交通沿线,城市和村庄、集镇建设用地区周边的耕地,应优先划为基本农田保护区。

政策优选。在耕地入选基本农田保护区的过程中,除遵循以上基本原则外,还应按照《基本农田保护条例》中的规定,将经国务院有关主管部门或者县级以上地方人民政府批准确定的粮、棉、油生产基地内的耕地,有良好的水利与水土保持设施的耕地,正在实施改造计划以及可以改造的中、低产田,蔬菜生产基地,以及农业科研、教学试验田优先入选。

行政指导。即行政领导指定一些耕地必须划为或不能划为基本农田保护区。行政干预虽带有一定的主观性,但主要从经济建设的角度考虑。所以,为协调好经济建设与基本农田保护的关系,需要在一定程度上考虑行政干预的影响。

2) 确定决策对象,建立递阶层次结构

设决策对象由区域内所有耕地组成,为 a_1, a_2, \dots, a_n , 每个决策对象有 m 个决策指标 f_1, f_2, \dots, f_m 。决策对象 $a_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 在决策指标 $f_j (j = 1, 2, \dots, m)$ 下的取值为 a_{ij} , 由 a_{ij} 组成了决策矩阵 $A = (a_{ij})_{n \times m}$ 。由于实际问题中各种属性值的背景和量纲往往不一致,从而导致各决策对象之间的优劣难以比较,所以要将各属性值规范化,通常限制在 $[0, 1]$ 内^[13]。

在此基础上,建立的递阶层次结构分为 3 层。最高层为目标层,也就是优选耕地;最低层为评价对象,即区域内所有的耕地;中间层为准则(属性)层,是决定耕地优选的各决策指标。在层次结构中,目标、每一块耕地和每一个准则,皆称为元素。每一个元素作为准则支配着与它有关的下一层元素。

3) 构造属性判断矩阵并计算相对属性值

即确定所有对象对于每一个属性的重要性程度。此时,规范化后的指标值 a_{ij} 被称为属性测度,即耕地 a_i 具有属性 f_j 程度^[14]。为比较两个不同的耕地 a_k 和 $a_l (k \neq l)$ 在属性 $f_j (j = 1, 2, \dots, m)$ 上的重要性差别,令

$$\begin{cases} b_{kl}^j = \frac{a_{kj}}{a_{kj} + a_{lj}} \\ b_{lk}^j = \frac{a_{lj}}{a_{kj} + a_{lj}} \end{cases} \quad (k \neq l) \quad (1)$$

式中 b_{kl}^j, b_{lk}^j ——分别表示耕地 a_k 和 a_l 对属性 f_j 的重要性比较,称为相对属性测度,很显然, b_{kl}^j 和 b_{lk}^j 满足 $b_{kl}^j + b_{lk}^j = 1$ 。当 $k = l$ 时,即耕地自身相比是没有意义的,因此规定

$$b_{kk}^j = 0, \quad 1 \leq k \leq n \quad (2)$$

由 b_{kl}^j 组成的矩阵 $B^j = \{b_{kl}^j\} (1 \leq k, l \leq n)$ 称为属性 f_j 的判断矩阵,所以有 m 个属性就可组成 m 个属性判断矩阵。为求各耕地对于属性 f_j 的相对属性值,令

$$D_k^j = \frac{2}{n(n-1)} \sum_{l=1}^n b_{kl}^j \quad (3)$$

式中 D_k^j ——耕地 a_k 对属性 f_j 的相对属性值; n ——耕地个数。在属性 f_j 下所计算的相对属性测度和属性值见表 1。

表 1 属性 f_j 下的相对属性测度和属性值

属性 f_j	相对属性测度				相对属性值
	a_1	a_2	...	a_n	D^j
a_1	b_{11}^j	b_{12}^j	...	b_{1n}^j	D_1^j
a_2	b_{21}^j	b_{22}^j	...	b_{2n}^j	D_2^j
a_n	b_{n1}^j	b_{n2}^j	...	b_{nn}^j	D_n^j

4) 计算合成相对属性值,进行耕地排序

设 m 项指标的权重为 $W = (w_1, w_2, \dots, w_m)^T$, 则可由此下式计算求得各耕地的综合属性值 D_i 。

$$D = \begin{pmatrix} D_1^1 & \dots & D_1^m \\ \vdots & & \vdots \\ D_n^1 & \dots & D_n^m \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} D_1 \\ \vdots \\ D_m \end{pmatrix} \quad (4)$$

D_i 值的大小,表明了耕地综合质量的高低。因此根据 $D_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 值的大小可确定各块耕地入选基本农田保护区的优先次序, D_i 值越大,越优先入选基本农田保护区。

1.2 0-1 整数规划入选模型

在耕地按综合质量进行排序的基础上,要确定最终入选为基本农田保护区的耕地,还需考虑基本农田保护面积的约束。为此,建立如下的 0-1 整数规划模型^[15]。

首先引入变量 x_i , 并定义

$$x_i = \begin{cases} 0 & \text{第 } i \text{ 块耕地未被入选为基本农田} \\ 1 & \text{第 } i \text{ 块耕地被入选为基本农田} \end{cases} \quad (5)$$

为确保耕地入选的顺序完全按照排序结果进行,以 D_i 作为目标函数的系数,使 $(1 - D_i)$ 与 x_i 的乘积加和最小,在此目标下,应满足被入选耕地的面积之和等于基本农田保护面积,但实际操作中为了不破坏耕地地块的完整性,通常只能保证被入选耕地面积之和与基本农田保护面积接近,一般是略大于,以确保指标的完成。因此,该过程的 0-1 整数规划入选模型为

$$\begin{cases} Z_{1\min} = \sum_{i=1}^n (1 - D_i) x_i \\ Z_{2\min} = \sum_{i=1}^n s_i x_i - s_0 \\ \text{s. t. } \sum_{i=1}^n s_i x_i - s_0 \geq 0 \\ x_i = 0 \text{ 或 } 1 \end{cases} \quad (6)$$

式中 s_i ——第 i 块耕地的面积; s_0 ——基本农田保护面积。

2 模型实现与集成

为了实现以上模型和方法, 本文采用可视化基于类库的技术, 建立了基本农田保护区布局优化决策系统。系统是布局优化模型和 GIS 的结合, 采用一体化的集成方式。利用可视化的通用开发语言 Visual C++ 建立应用系统框架, 以 Mapgis6.5 为二次开发平台, 通过继承其二次函数开发库提供的 CGisEditView 类库^[16], 来完成空间数据的查询、分析和可视化。系统中的布局优化模型则是通过 Visual C++ 类来实现。为了实现系统数据的统一管理, 系统采用数据库组件来完成系统数据库的操作和管理, 系统的其余功能则由其它模块完成。

3 应用与结果分析

根据乡级基本农田保护区布局优化的要求, 同时为了验证所建模型及系统的可行性, 本文选取山西省太原市万柏林区东社乡的基本农田保护区布局优化问题作为验证材料。

东社乡地处河流洪冲积平原与黄土浅山丘陵区的交接地带, 以平原为主, 共有耕地面积 538.12 hm², 质量好, 分布集中, 上级下达给该村的基本农田保护指标为 435.00 hm², 可见是基本农田保护的重点区域。所以, 将系统应用于该区域可以较好地检验模型的科学与实用性。

3.1 决策指标及其特征值的确定

遵照上文所述的耕地入选基本农田保护区的原则, 及东社乡耕地资源的实际特点, 并参考相关资料, 首先用经验法初步选出质量状况、区位条件、政策因素及行政因素作为影响耕地入选基本农田的主要决策因素; 其

次, 在有关专家、以及当地的技术人员、行政领导等共同参与下进一步对各主要决策因素进行细化分析, 确定各主要决策因素下的具体决策指标; 最后, 通过室内分析和实地调查相结合的方式, 获取各决策指标的特征值, 并在统计分析软件 SPSS10.0 的支持下^[17], 进一步对各决策指标先后进行相关性分析和主成份分析^[18, 19], 最终选择确定的各决策指标及其相应特征值见表 2。

3.2 权重值的确定

因素的权重是该因素对研究对象影响程度的体现, 一般根据计算权重时原始数据的来源不同, 将权重的确定方法分为主观赋权法和客观赋权法。本文采用综合权重法来分别确定各决策因素和各决策指标的权重值, 即将主观赋权法和客观赋权法相结合。

首先, 采用层次分析法^[20], 通过熟悉情况的专家分别对各因素及其相应指标进行两两比较判断, 分别求出各因素及其相应指标的单权重, 再进行综合求得各指标的总权重, 即主观权重; 其次, 根据熵及熵权的定义^[21, 22], 计算得到各指标的熵权, 即客观权重; 最后, 将求得的主观权重值和客观权重值相结合, 计算得到各指标的综合权重。各权重值见表 2。

3.3 结果分析

在实际应用中, 运行依据模型所建立的系统, 各个耕地在各属性下的相对属性测度和属性值、各相对属性值的合成以及各耕地的综合属性值的计算、0-1 整数规划模型的求解均由软件系统自动完成, 最后直接输出基本农田保护区布局优化结果。

在本文的实例应用中, 以决策指标“坡度”为例, 按公式(1)、(2)、(3) 计算出的各个耕地在该指标下的相对属性测度和属性值见表 3, 最终的东社乡各耕地的综合属性值见表 4。

表 2 决策指标特征值及权重
Table 2 Value and weight of indicators

决策因素	决策指标	决策指标权重	决策对象										
			a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_{140}	a_{141}
质量状况	坡度 $f_1/(\circ)$	0.052	0.0	7.4	7.9	0.0	1.0	2.3	0.8	1.1		3.5	4.6
	土壤质地 f_2	0.101	2	4	3	3	1	1	1	2		2	1
	土层厚度 f_3/cm	0.035	100	65	70	90	95	100	95	100		100	95
	土壤有机质 $f_4/\%$	0.088	1.7	1.4	1.1	1.8	1.1	1.9	1.1	2.1		2.2	1.5
	灌溉保证率 $f_5/\%$	0.052	70	70	45	85	60	72	60	80		100	75
区位条件	到最近交通线路距离 f_6/m	0.101	130.7	70.6	33.6	46.2	30.0	40.4	94.2	476.1		503.8	88.7
	到最近村庄距离 f_7/m	0.080	84.0	92.1	27.4	220.0	255.9	237.1	118.1	157.8		156.2	94.4
政策因素	是否属粮棉油基地内的耕地 f_8	0.135	0	0	0	0	0	0	0	0		1	0
	是否属蔬菜生产基地内的耕地 f_9	0.135	1	0	0	0	0	0	0	0		0	0
	是否属改造的中、低产田 f_{10}	0.135	0	0	1	0	0	0	1	0		0	0
行政因素	是否被指定为基本农田 f_{11}	0.052	0	1	0	1	0	0	0	1		0	0
	是否被指定为一般农田 f_{12}	0.034	0	0	1	0	0	0	0	0		0	1

注: ①土壤质地中 1 表示“砾质”、2 表示“砂质”、3 表示“粘质”、4 表示“壤质”;

②行政干预指标和政策属性指标中 1 表示“是”、0 表示“否”。

表3 属性 f_1 下的相对属性测度和属性值
Table 3 Relative attribute measure and value of f_1

属性 f_1	相对属性测度										相对属性 值 D_i^1	
	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	...	a_{140}		a_{141}
a_1	0.00	0.94	1.00	0.50	0.53	0.59	0.52	0.54		0.64	0.70	0.13
a_2	0.06	0.00	1.00	0.06	0.20	0.08	0.06	0.07		0.10	0.13	0.04
a_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
a_4	0.50	0.94	1.00	0.00	0.53	0.59	0.53	0.54		0.64	0.70	0.13
a_5	0.47	0.80	1.00	0.47	0.00	0.55	0.49	0.50		0.61	0.67	0.12
a_6	0.41	0.92	1.00	0.41	0.45	0.00	0.44	0.45		0.56	0.63	0.12
a_7	0.48	0.94	1.00	0.47	0.51	0.56	0.00	0.51		0.62	0.68	0.07
a_8	0.46	0.93	1.00	0.46	0.50	0.55	0.49	0.00		0.61	0.67	0.14
...
a_{140}	0.36	0.90	1.00	0.36	0.39	0.44	0.38	0.39		0.00	0.57	0.11
a_{141}	0.30	0.87	1.00	0.30	0.33	0.37	0.32	0.33		0.43	0.00	0.09

表4 耕地综合属性值及排序结果
Table 4 Compositive attribute value and sequence

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	...	a_{140}	a_{141}
D_i	0.640	0.475	0.606	0.474	0.199	0.233	0.514	0.886	...	0.519	0.243

由系统中其它模块统计分析可知:东社乡141块耕地中有102块耕地入选为基本农田保护区,面积为435.60 hm²,占耕地总面积的80.9%。其基本农田保护区布局优化结果见图1。该结果与本土已有的以人工为主的基本农田保护区布局图相比,存在少部分地块的不一致,其主要原因是原布局受行政干预的影响过大,忽视了耕地的质量状况和区位条件,致使一些边角的零散地块均被划为基本农田保护区,而位于村庄、公路周围的一些好地却未被划入。可见,基于属性测度的属性层次模型的建立及应用不仅大大提高了工作效率,更重要的是使基本农田保护区布局过程更加优化合理,较好地避免了人为划定中的主观随意性。

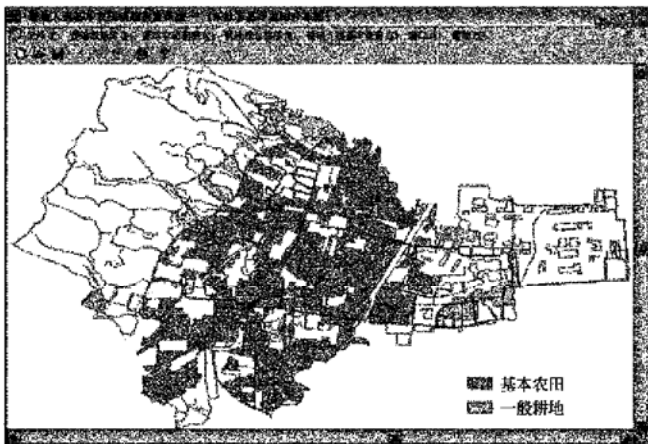


图1 系统用户界面与东社乡基本农田保护区布局优化结果
Fig. 1 System user interface and result of optimal allocation for prime farmland protection area of Dongshe County

4 结论

1) 基本农田保护区布局优化是基本农田保护规划

的一个重要环节。本文提出的基于属性测度的属性层次排序模型和0-1整数规划入选模型,有效地解决了基本农田保护区布局优化中的决策问题,同时为解决基本农田保护区布局优化问题提供了一种新的方法。

2) 基于属性测度的属性层次排序模型将属性识别理论和层次分析方法结合在一起,是一种新的无结构决策方法,该决策模型充分利用了原始数据中的信息,在一定程度上减少了布局优化结果的主观性,使得结果客观、合理,且模型实现、计算简便,具有一定的推广应用价值。

3) 该方法灵活性强,适用于不同类型区域的基本农田保护布局优化,在实际中还可根据需要增加决策层的参数,同时也可根据具体情况,在不同地区改变各决策层参数的权重。

[参考文献]

- [1] 基本农田保护条例[Z]. 1999.
- [2] 中华人民共和国土地管理法[Z]. 1998. 08. 29.
- [3] 展瑰琦, 郑伟元. 关于基本农田保护区规划与划定的几个问题[J]. 中国土地科学, 1997, 11(1): 12-14.
- [4] 邓红蒂. 有关基本农田保护的几点思考[J]. 中国土地科学, 1997, 11(2): 12-14.
- [5] 聂庆华, 包浩生. 中国基本农田保护的回顾与展望[J]. 中国. 人口. 资源与环境, 1999, 9(2): 31-35.
- [6] 唐景新, 范雪蓉. 当前基本农田保护区规划中若干问题之浅见[J]. 国土经济, 1999(1): 45-46.
- [7] 程乾生. 属性识别理论模型及其应用[J]. 北京大学学报(自然科学版), 1997, 33(1): 12-19.
- [8] 程乾生. 属性层次模型 AHM——一种新的无结构决策方法[J]. 北京大学学报(自然科学版), 1998, 34(1): 10-13.
- [9] 袁英贤, 陈寒玉. 属性识别理论模型在环境质量评价中的应用[J]. 四川环境, 2002, 21(1): 76-79.
- [10] 门宝辉, 梁川. 属性识别方法在水资源系统可持续发展

- 程度综合评价中的应用[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2002, 28(6): 675- 678.
- [11] 马细霞, 马巧花, 张坤业. 属性识别模型在水利水电规划方案综合优选中的应用[J]. 中国农村水利水电, 2004(7): 86- 90.
- [12] Raup P M. What is Prime Land?[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 1976, 31(5): 180- 181.
- [13] 邱菀华. 管理决策与应用熵学[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002: 224- 225.
- [14] 毕雪亮, 阎 铁, 张书瑞, 等. 钻头优选的属性层次模型及应用[J]. 石油学报, 2001, 22(6): 82- 85.
- [15] 钱颂迪. 运筹学[M]. 北京: 清华大学出版社, 1990: 116 - 134.
- [16] MAPGIS 二次开发培训教程(C+ + 版)[M]. 武汉: 武汉中地资讯工程有限公司, 2001: 54- 57.
- [17] 卢纹岱. SPSS for Windows 统计分析[M]. 北京: 电子工业出版社, 2000: 341- 348.
- [18] 丁生喜. 农用耕地分等定级的评价指标选取及其量化处理[J]. 青海师范大学学报(自然科学版), 2000(2): 54 - 57.
- [19] 夏建国, 李廷轩, 邓良基, 等. 主成分分析法在耕地质量评价中的应用[J]. 西南农业学报, 2000(2): 51- 55.
- [20] 徐建华. 现代地理学中的数学方法[M]. 北京: 高等教育出版社, 1996: 115- 120.
- [21] 张文泉, 张世英, 江立勤. 基于熵的决策评价模型及应用[J]. 系统工程学报, 1995, 10(3): 69- 74.
- [22] 邱菀华. 管理决策与应用熵学[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002: 224- 225.

Attribute hierarchical model and its application to the optimal allocation of prime farmland protection areas at local level

Shi Ying¹, Zhu Deju^{1*}, Cheng Feng², Fu Haiying¹

(1. Department of Land Resources Management, China Agricultural University, Beijing 100094, China;

2. The Center of Land Consolidation & Rehabilitation, Ministry of Territory Resources, Beijing 100035, China)

Abstract: Optimal allocation for prime farmland protection area is a decision-making process. Ranking cultivated land synthetically and selecting cultivated land into prime farmland protection area are the two logical correlated parts of the process. Based on the characteristics of the two processes, this paper presents an attribute hierarchical ranking model what based on attribute measure and a zero-one integer programming selecting model. And a decision-making system of optimal allocation for prime farmland protection area was integrated by applying the second-developed technology of MAPGIS. The system was demonstrated in Dongshe Country, Wanbolin District, Taiyuan City. The results showed that the decision-making models can solve the decision-making problem of optimal allocation for prime farmland protection area at local level effectively, and the research also provides a new method for the optimal allocation of territorial land use.

Key words: optimal allocation; attribute hierarchical model; zero-one integer programming; prime farmland protection area