

基于 GIS 与耕地质量组合评价模型划定基本农田整备区

涂建军, 卢德彬

(西南大学地理科学学院, 重庆 400715)

摘要: 针对划定基本农田有质量、数量和空间的多重要求, 该文从耕地的自然条件、质量条件、灌溉条件、区位条件、规划用途等 5 个层面选取 16 个指标建立了一般农田入选基本农田整备区的指标体系, 并运用 GIS 技术提取各评价指标的空间属性数据; 然后根据耕地质量模糊优选模型和属性层次模型 2 个模型评价结果的平均值对候选耕地进行质量和区位优势排序; 最后根据排序结果, 通过 GIS 空间分析功能, 以重庆市秀山县梅江镇为例, 划定基本农田整备区的空间分布范围。组合评价模型可形成多角度评价结果的综合平衡, 提高评价结果的科学性。

关键词: 地理信息系统 (GIS), 模型, 土地利用, 基本农田, 基本农田整备区

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2012.02.040

中图分类号: S282

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2012)-02-0234-05

涂建军, 卢德彬. 基于 GIS 与耕地质量组合评价模型划定基本农田整备区[J]. 农业工程学报, 2012, 28(2): 234-238.
Tu Jianjun, Lu Debin. Consolidation area delimitation for supplemental prime farmland based on GIS and combined quality assessment model[J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(2): 234-238. (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]。土地利用总体规划的规划期通常为 10~15 a^[2], 在实施过程中, 由于不可预知因素, 可能会占用部分基本农田, 这必然会威胁到基本农田保护目标的实现。根据“占一补一”原则, 必须补划质量相当、数量相等的一般农田为基本农田, 这也是规划“弹性”理念的体现^[3]。本轮土地利用总体规划专门提出“基本农田整备区”的概念, 是指: 在规划实施期间可以调整补充为基本农田的耕地集中分布区域, 主要由一般农田中相对优质的耕地、改造后的中低产田以及经土地整治新增的优质耕地组成^[4]。基本农田整备区在性质上不属于土地用途区, 而是一类土地功能区, 即承担着补充基本农田的重要功能^[5]。划定基本农田整备区的主要目的是在土地规划实施过程中, 由于某些不可预知的原因 (如国家能源、交通、水利、军事设施等重点建设项目选址确实无法避开基本农田保护区) 而占用基本农田的情况下, 能及时调整补充基本农田, 确保基本农田保护目标的实现^[6]。科学合理划定基本农田整备区对于保护耕地、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, 也是本轮乡 (镇) 级土地利用总体规划的一项重要规划要素。目前, 基本农田整备区的划定不论是在理论研究方面, 还是在实际操作层面, 都尚处在探索阶段^[7]。由于基

本农田补划有“质量”、“数量”和“空间”的多重要求, 因此在实际补划过程中, 首先需要筛选出符合基本农田质量要求的耕地, 然后根据数量需要, 确定补划基本农田的空间分布。基于这一思路, 本文建立了耕地入选基本农田整备区的指标体系, 以重庆市秀山县梅江镇为例, 通过耕地模糊优选模型和属性层次模型的组合对候选耕地进行质量优劣排序, 最后在 GIS 技术支持下, 根据排序结果确定基本农田整备区的空间分布。

1 决策指标体系与数据制备

1.1 指标体系

根据基本农田的定义和基本农田内涵的要求, 质量和区位条件综合最优的耕地应该优先划定为基本农田, 《基本农田保护条例》第 10 条规定了 5 类耕地应划入基本农田^[6]。为了协调经济建设和基本农田保护的关系, 基本农田的划定在一定程度上还受地方行政干预的影响^[8]。整备区内的耕地在规划期内作为基本农田的一种调整补充, 应具有相当于基本农田的质量水平^[9]。根据上述规定以及具体情况, 建立了一般农田入选基本农田整备区的指标体系, 并通过层次分析法^[10]和熵权法^[11], 分别确定其主观权重和客观权重, 然后将求得的主观权重值和客观权重值相结合, 得到各指标权重 (见表 1)。

表 1 一般农田入选基本农田整备区指标体系
Table 1 Indicator system on selecting ordinary farmland as consolidation area for supplementing prime farmland

决策因素	评价指标	权重
耕地自然条件	坡度	0.12
	海拔高度	0.07
	连片性	0.12

收稿日期: 2011-06-07 修订日期: 2011-12-01

基金项目: 国家自然科学基金项目 (40701179), 中央高校基本科研业务费专项资金项目 (XDJK2009C102) 联合资助。

作者简介: 涂建军 (1973-), 男, 四川金堂县人, 副教授, 博士; 主要从事土地利用规划与土地整治研究。重庆 西南大学地理科学学院, 400715。

Email: tujianjun81@yahoo.com.cn

续表

决策因素	评价指标	权重
耕地质量条件	表层土壤质地	0.07
	耕作层厚度	0.07
	土壤有机质含量	0.07
	土壤污染状况	0.04
	土壤养分状况	0.04
水利设施条件	灌溉保证率	0.06
	排水条件	0.06
	灌溉水质	0.04
耕地区位条件	至交通干线距离	0.06
	至城镇距离	0.04
	至农村居民点距离	0.06
规划用途	是否是中低产田改造、土地整治项目	0.04
	规划期是否改变土地用途	0.04

1.2 数据制备

研究基础数据包括重庆市秀山县第 2 次土地利用现

状调查数据(2009 年)、秀山县农用地分等定级成果(2006 年)、秀山县土地利用总体规划图(2006—2020 年)、秀山县梅江镇基本农田保护图、秀山县 DEM 数据等。其中,耕地土壤质地、土壤养分状况、土壤有机质、灌溉保证率、排水条件等反映耕地质量的矢量数据可利用 MapGIS6.7 的图形处理模块的文件转换功能和库管理模块下的属性库管理-属性导出功能,从农用地分等定级图上直接提取;一般认为,耕地地块的面积越大其连片性越好,越应划入基本农田整备区,因此耕地地块面积大小可以反映连片性特征,该数据可直接从土地利用现状数据库中提取;海拔和坡度指标可利用 ArcGIS9.3 软件从 DEM 图上提取;对于耕地距交通干线、城镇和农村居民点的距离数据采用空间插值法计算获得。本次研究评价单元采用地面 5 m² 网格,所有数据统一量纲、转换或重采样后,在评价模型下进行空间叠加分析,最后通过分区统计得到每一块耕地图斑的评价结果平均值。规划因素由土地利用总体规划图提取。各指标值提取的具体流程见图 1。

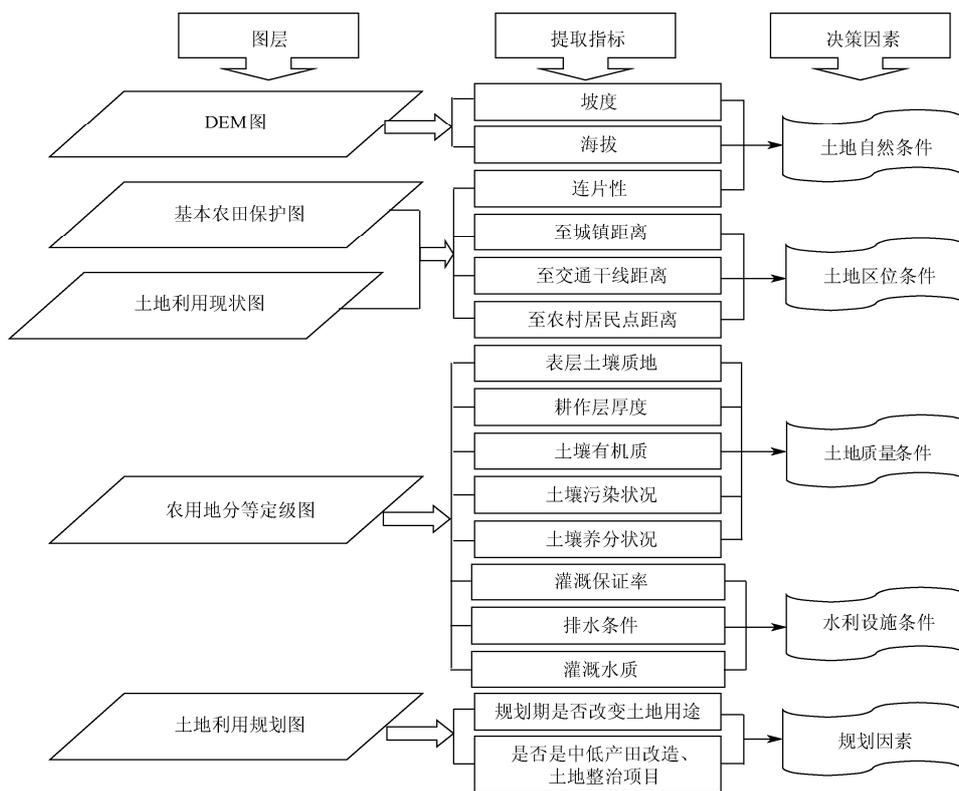


图 1 获取评价指标基本流程
Fig.1 Flow chart of extracting evaluation indices

1.3 数据标准化

由于各指标值的取值范围和量纲往往不一致,难以直接进行比较分析,所以要将各指标值进行规范化,以消除量纲的影响。本文采用以下方法对指标进行标准化^[12-13]

$$r_{ij} = \frac{|C_i^0 - C_{ij}|}{C_{i\max} - C_{i\min}} \quad \begin{matrix} i = 1, 2, 3, \dots, n \\ j = 1, 2, 3, \dots, m \end{matrix} \quad (1)$$

$$r_{ij} = 1 - \frac{|C_{ij} - C_j|}{\max_i |C_{ij} - C_j|} \quad \begin{matrix} i = 1, 2, 3, \dots, n \\ j = 1, 2, 3, \dots, m \end{matrix} \quad (2)$$

式中, r_{ij} 为实际指标值标准化后的数值, C_{ij} 为第 j 个耕地地块在第 i 项指标下的实际值, $C_{i\max}$ 为第 i 项指标中的最大指标值, $C_{i\min}$ 为其最小值。当指标为“成本型”指标时,即属性值越小越好, $C_i^0 = C_{i\min}$; 当指标为“效益型”

时, 即属性值越大越好, $C_i^0 = C_{i_{\max}}$; 而当属性值为接近某个固定值越好, 即“固定型”时, 采用公式 2 计算, 其中 C_j 表示某个固定值或者稳定值。本文中固定型指标的取值有“0”和“1”2种, “0”表示“否”, “1”表示“是”, 涉及“规划用途”下 2 个指标。当标准化“是否是中低产田改造、土地整治项目”指标时: $C_j=1$, 意即中低产田改造、土地整治项目涉及的耕地就直接划入基本农田整备区; 而当标准化“规划期是否改变土地用途”指标时: $C_j=0$, 意即规划期改变土地用途的不划入基本农田整备区。反之亦然。

2 耕地质量组合评价模型

选用不同的评价方法实际上是从不同角度对备选方案进行的综合评价, 而后将几种评价结果进行组合, 形成多角度评价后的综合平衡。本文所谓的耕地质量组合评价模型即为耕地模糊优选模型与属性层次模型的组合。

2.1 模糊优选模型

模糊性是人类思维和客观事物普遍存在的属性之一^[14], 一般农田入选基本农田整备区的决策行为具有决策模糊性的特性, 因此基于这一客观事实, 应用模糊数学隶属度的概念来定量描述复杂的一般农地入选基本农田整备区的决策行为。采用模糊优选模型^[15]进行耕地质量排序的关键在于确定每个耕地地块 $a_j(j=1,2,3,\dots,n)$ 对于模糊概念“优”的隶属度。对于所有的耕地用 U 表示, 对于 U 中的任意一个元素 x_j 与集合 A 来讲, 它们之间的关系只有 x_j 属于 A 或者 x_j 不属于 A , 用函数表达则有

$$X_A(x_j) = \begin{cases} 1 & x_j \in A \\ 0 & x_j \notin A \end{cases}$$

式中, 函数 X 称为集合 A 的特征函数, 它刻画集合 A 的元素的隶属情况, X_A 为 A 的隶属函数, X_A 在 x_j 处的值 $X_A(x_j)$ 称为 x_j 对 A 的隶属度。这样, 劣与优分别处于参考连续的 2 个极点, 则劣、优决策的目标对劣隶属度与优隶属度向量分别为 $\bar{g} = (0,0,\dots,0)^T$ 和 $\bar{y} = (1,1,\dots,1)^T$ ^[16], 各评价对象与 2 个极点的差异分别用加权广义距离表示。为了确定 $X_A(x_j)$, 建立目标函数如下式

$$\min F(X_A(x_j)) = D_{y_j}^2 + D_{g_j}^2$$

令 $F(X_A(x_j))$ 对 $X_A(x_j)$ 的导数为 0, 解得评价对象 x_j 的隶属度, 计算公式如下

$$X_A(x_j) = \frac{1}{1 + \frac{\sum_{i=1}^m [w_i(r_{ji} - 1)]^p}{\sum_{i=1}^m (w_i r_{ji})^p}}^{2/p}$$

式中, $D_{y_j}^2$ 是耕地 a_j 优决策间的加权广义权距离 (距优距离); $D_{g_j}^2$ 是耕地 a_j 与劣决策间的加权广义权距离 (距劣距离), w_i 是第 i 个指标的权重, r_{ji} 是耕地 a_j 的相对优隶属度; p 是距离参数, 取值为 2 (欧氏距离) 或 1 (海明距离), 本文采用欧式距离, 即 $p=2$ 。该模型可用于确定耕

地入选基本农田整备区的优先顺序, $X_A(x_j)$ 越大的耕地越优先入选基本农田整备区。

2.2 属性层次模型

属性层次模型与一般决策方法相比, 是一种新的无结构决策方法^[17], 该方法在属性测度空间和有序分隔类的基础上, 依据属性识别的准则, 建立属性识别模型。本文在指标标准化的基础上, 建立 3 层递阶层次结构, 最高层为目标层, 也就是优选耕地, 中间层为准则层, 是决定耕地优选的各决策指标, 最低层为评价对象。在层次结构中, 每个元素作为准则支配着与它有关的下一层元素。此时规范化后的指标值 r_{ij} 被称为属性测度值, 即耕地地块 a_j 具有属性 f_j 的程度^[18]。为了比较 2 块不同的耕地 a_k 和 a_l ($k \neq l$) 在属性 $f_j(j=1,2,3,\dots,m)$ 上的重要性差别, 令

$$\begin{cases} b_{kl}^i = \frac{a_{ki}}{a_{ki} + a_{li}} \\ b_{lk}^i = \frac{a_{li}}{a_{ki} + a_{li}} \end{cases} \quad (k \neq l)$$

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

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

由 b_{kl}^i 组成的矩阵 $B^i = \{b_{kl}^i\} (i \leq k, l \leq n)$ 称为 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的相对属性值, 令

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

式中, D_k^j 为耕地 a_k 对属性 f_j 的相对属性值; n 为耕地地块数。

设 m 项指标的权重为 $W = (w_1, w_2, w_3, \dots, w_m)^T$, 则可由下式计算求得各耕地的综合属性值 D_i :

$$D = \begin{bmatrix} D_1^1 & \dots & D_1^m \\ \vdots & & \vdots \\ D_n^1 & \dots & D_n^m \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D_1 \\ \vdots \\ D_m \end{bmatrix}$$

根据 D_i 值的大小便可对一般农地入选基本农田整备区进行优先排序, D_i 值越大的耕地, 越优先入选基本农田整备区。

2.3 综合排序结果

根据组合决策方法的基本原理, 分别对耕地模糊优选模型和属性层次模型的排序结果进行由大到小排序, 排序第一的记作“1”, 依次类推。记耕地模糊优选模型的排序结果存于数组 $X_{1j} (j=1,2,3,\dots,n)$, 属性层次模型排序结果为 $X_{2j} (j=1,2,3,\dots,n)$, 利用平均值法集结这 2 种排序结果^[19], 即为

$$X_j = \frac{x_{1j} + x_{2j}}{2}$$

因此, X_j 越小的耕地越优先入选基本农田整备区。

3 基本农田整备区空间定位

重庆市秀山县地处渝、湘、黔三省市交界处，是重庆市最边远的一个县，也是“山城”重庆平坝面积最大的区县之一，担负着重庆市基本农田保护的重要职责。研究区梅江镇距县城 30 km，土地总面积 142.2 km²，耕地 4 652.02 hm²，其中基本农田面积 3 862.47 hm²，占全镇耕地的 83%。

在综合考虑梅江镇的耕地质量、分布及规划期间建设项目布局的情况下，本文确定的梅江镇基本农田整备区面积为 178.86 hm²。全镇土地整治项目预计新增耕地 68.24 hm²，则还需要从一般农田中选取 110.62 hm²划入基本农田整备区。

本文基于 ArcGIS9.3 软件平台对基本农田整备区的空间分布范围进行空间定位。首先在属性表中通过“Add Field”工具，建立“基本农田整备区”字段；然后根据耕地地块的综合排序结果，即 X_i ，把排序名次靠前且总面积之和为 110.62 hm²的一般农田图斑通过“Field Calculator”工具标记为“基本农田整备区”；最后结合全镇土地整治区范围，通过属性字段的区分显示功能(Symbology)得到梅江镇基本农田整备区分布图(见图 2)。

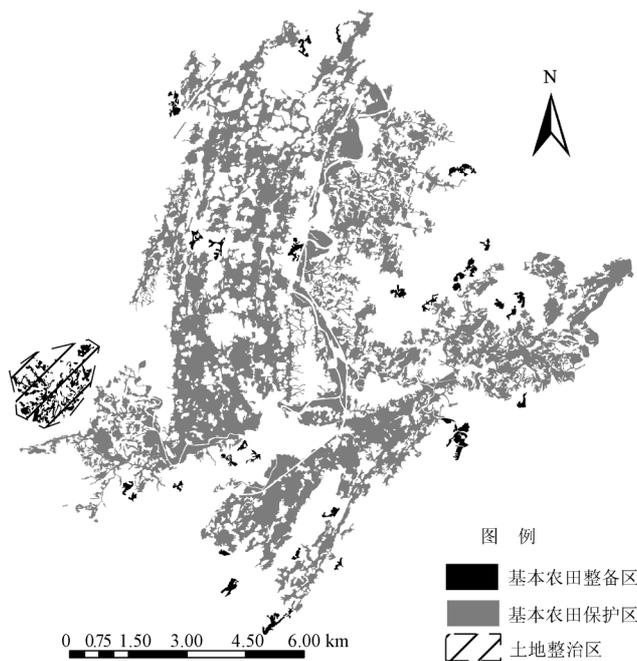


图 2 梅江镇基本农田整备区分布图

Fig.2 Distribution map of consolidation area for supplementing prime farmland in Meijiang town

4 结 论

1) 划定基本农田整备区是确保基本农田保护目标实现的重要保障。入选基本农田整备区的耕地必须符合基本农田的质量要求，因此建立一般农田入选基本农田整备区的评价指标必须能反映耕地质量和区位条件的优劣，以期切实评价基本农田整备区的分布潜力。

2) 评价指标的获取应充分继承和运用本轮土地利用

总体规划已有成果，如第 2 次土地调查成果、农用地分等定级成果以及土地利用总体规划修编的前期成果等，这样有助于提高评价结果的科学性和实用性。

3) 本文提出的基于耕地模糊优选模型与属性层次模型相结合的耕地质量组合评价模型，避免了单一评价方法的局限性；先分别根据 2 种评价模型对备选耕地按质量优劣进行排序，然后利用算术平均值法综合 2 种排序结果，形成综合排序，再把综合排序结果中名次靠前的一般农田入选为基本农田整备区，最后在 GIS 技术支持下划定基本农田整备区的分布范围。

4) 划定基本农田整备区是本轮乡(镇)土地利用总体规划的一项新内容，它是确保基本农田保护目标实现的“弹性”手段，承担着在规划期间补划基本农田的重要功能。建议不仅要在土地利用总体规划方案中切实落实基本农田整备区的分布范围，也应在划定永久性基本农田时确定其空间分布，从而使基本农田整备区更具有规划效力。

[参 考 文 献]

- [1] 法律出版社法规中心. 中华人民共和国土地管理法(注释本)[M]. 北京: 法律出版社, 2007: 6—8.
- [2] TD/T 1024-2010, 县级土地利用总体规划编制规程[S].
- [3] 贝华, 黄建武, 吴文媛, 等. 土地的弹性规划[J]. 规划师, 2005, 21(4): 46—50.
Bei Hua, Huang Jianwu, Wu Wenyuan, et al. Land use flexible planning[J]. Planners, 2005, 21(4): 46—50. (in Chinese with English abstract)
- [4] TD/T 1025-2010, 乡(镇)级土地利用总体规划编制规程[S].
- [5] 杨乐, 涂建军, 王小飞, 等. GIS 技术在基本农田整备区划定中的应用-以重庆秀山县中和镇为例[J]. 农机化研究, 2010, 33(5): 178—181.
Yang Le, Tu Jianjun, Wang Xiaofei, et al. Application research on the designation of basic farmland readiness district based on GIS—case of Zhonghe Town of Xiushan County in Chongqing[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2010, 33(5): 178—181. (in Chinese with English abstract)
- [6] 基本农田保护条例[M]. 北京: 法律出版社, 2003: 10—11.
- [7] 郇文聚, 张蕾娜, 程锋. 基本农田保护 20 年[J]. 中国土地, 2009(11): 51—53.
Yun Wenju, Zhang Leina, Cheng Feng. Prime farmland protection in 20 years[J]. China Land, 2009(11): 51—53. (in Chinese with English abstract)
- [8] 程锋, 石英, 朱德举. 耕地入选基本农田决策模型研究[J]. 地理与地理信息科学, 2003, 19(3): 50—53.
Cheng Feng, Shi Ying, Zhu Deju. Study on decision-making models of selecting cultivated land into prime farmland[J]. Geography and Geo-Information Science, 2003, 19(3): 50—53. (in Chinese with English abstract)
- [9] 李赓, 吴次芳, 曹顺爱. 划定基本农田指标体系的研究[J]. 农机化研究, 2006(8): 46—48.

- Li Geng, Wu Cifang, Cao Shunai. Study on indicators system of selecting cultivated land into prime farmland[J]. *Journal of Agricultural Mechanization Research*, 2006(8): 46–48. (in Chinese with English abstract)
- [10] 侯景新, 尹卫红. 区域经济分析方法[M]. 北京: 商务印书馆, 2004: 225–245.
- [11] 尚天成, 高彬彬, 李翔鹏, 等. 基于层次分析法和熵权法的城市土地集约利用评价[J]. *电子科技大学学报: 社科版*, 2009, 11(6): 6–9.
- Shang Tiancheng, Gao Binbin, Li Xiangpeng, et al. Urban land intensive utilization evaluation based on AHP and entropy method[J]. *Journal of University of Electronic Science and Technology of China: Social Sciences Edition*, 2009, 11(6): 6–9. (in Chinese with English abstract)
- [12] 邱苑华. 管理决策与应用熵学[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002: 224–225.
- [13] 刘树林, 邱苑华. 多属性决策基础理论研究[J]. *系统工程理论与实践*, 1998, 18(1): 38–43.
- Liu Shulin, Qiu Wanhua. Studies on the basic theories for MADM[J]. *Systems Engineering – Theory and Practice*, 1998, 18(1): 38–43. (in Chinese with English abstract)
- [14] 赵南元. 人事科学与广义进化论[M]. 北京: 清华大学出版社, 1998: 13–26.
- [15] 陈守煜, 赵瑛琪. 模糊优选理论与模型[J]. *模糊系统与数学*, 1990, 4(2): 87–91.
- Chen Shouyu, Zhao Yingqi. Fuzzy optimum theory and model[J]. *Fuzzy Systems and Mathematics*, 1990, 4(2): 87–91. (in Chinese with English abstract)
- [16] 王宏伟, 朱德威. 城市主导产业选择的模糊优选模型方法[J]. *经济地理*, 1994, 14(3): 15–19.
- Wang Hongwei, Zhu Dewei. Fuzzy optimum model on selecting leading industry of city[J]. *Economic Geography*, 1994, 14(3): 15–19. (in Chinese with English abstract)
- [17] 程乾生. 层次分析法 AHP 和属性层次模型 AHM[J]. *系统工程理论与实践*, 1997, 17(11): 25–28.
- Cheng Qiansheng. Analytic hierarchy process (AHP) and Attribute hierarchical model (AHM)[J]. *Systems Engineering – Theory and Practice*, 1997, 17(11): 25–28. (in Chinese with English abstract)
- [18] 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 Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2006, 22(3): 27–31. (in Chinese with English abstract)
- [19] 钱鑫, 宋光兴. 用多属性组合决策法对选矿厂进行技术经济评价[J]. *中国矿业*, 2001, 10(3): 53–56.
- Qian Xin, Song Guangxing. Comprehensive techno-economic evaluation of ore dressing plant by means of multi-attributes combination decision making[J]. *China Mining Magazine*, 2001, 10(3): 53–56. (in Chinese with English abstract)

Consolidation area delimitation for supplemental prime farmland based on GIS and combined quality assessment model

Tu Jianjun, Lu Debin

(School of Geographical Sciences, Southwest University, Chongqing 400715, China)

Abstract: The Consolidation Area for Supplemental Prime Farmland (CASPF) is a new concept in the current round of revising general land use planning, which is the concentrated cultivated land area where ordinary farmland can be adjusted to and can supplement basic farmland during the implementation of land use planning. Delimitation of the CASPF is very important for achieving the goal of protecting prime farmland. According to the features of CASPF, this paper established a comprehensive evaluation indicator system for choosing ordinary farmland as CASPF, which consists of 16 indicators. Considering the multiple requirements of quality, quantity and space distribution for basic farmland delimitation as CASPF, there are two steps in the ordinary farmland screening procedure, namely sorting and selecting the farmland plots by their quality order and locating the selected plots. In this study, according to the characteristics of these two steps, GIS technology was used to extract the quality data of farmland plots, and Fuzzy Optimization Model and Hierarchical Attribute Model were used in the screening of candidate plots for prime farmland. The average values of plots evaluation results calculated with the two models were taken as the basis for quality ordering. Finally, taking Meijiang town, Xiushan county, Chongqing city as examples, the specific locations of CASPF were determined with the help of GIS spatial analysis function. This combined assessment model can avoid the limitations of single evaluation method and obtain more scientific results.

Key words: geographic information system (GIS), models, land uses, prime farmland, consolidation area for supplementing prime farmland (CASPF)