

# 基于五元组的耕地补偿模型研究

刘艳芳<sup>1</sup> 任周桥<sup>1</sup>

(1 武汉大学资源与环境科学学院, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)

**摘要:** 从耕地占补平衡的内在实质要求出发, 在对耕地补偿过程进行定性、定量、定位分析的基础上, 提出基于五元组的耕地补偿模型, 开发了相应的程序, 并在 GIS 环境下进行了实例分析, 为在土地利用规划框架下实现耕地供需动态平衡提供了重要的技术方法。

**关键词:** 耕地补偿; 五元组模型; GIS; 耕地供需动态平衡

**中图法分类号:** P271; P273

中国是人口大国, 土地的紧缺已成为国家极大的隐忧。在城市化和经济发展过程中, 占用耕地在所难免, 但必须有效利用, 同时必须采取积极措施, 补偿占用的耕地, 实施耕地占补平衡制度。

耕地总量动态平衡制度, 即实现耕地总量不减少是根据我国的基本情况和社会经济可持续发展的要求提出的, 它包含了耕地数量、耕地质量、人均耕地占有量以及耕地在时间、空间上(区域)的表现。但在目前耕地总量动态平衡战略的实施过程中, 往往仅仅是数量上的平衡, 而忽视了补偿耕地的质量及空间位置等要求, 扭曲了平衡的真正内涵, 导致耕地存量隐性减少, 违背了该战略使存量耕地的产出能力总量及其人均水平只能增加不能下降的实施初衷, 无法达到保障粮食安全的目的。随着耕地问题的日益严峻, 很多学者也对耕地平衡包括耕地占补平衡进行了一些研究探讨, 但普遍缺乏对耕地质量及其空间分布的考虑, 特别是缺乏从数量、质量、空间位置及规划要求等这一整体出发来研究耕地占补平衡问题。当前, 耕地占补平衡制度实际操作中还缺乏科学可行的方法手段。

本文针对耕地占补平衡现有方法的不足, 提出基于五元组并以未利用地、园地、林地为目标对象类, 在 GIS 环境下进行了实例分析, 为国家落实占用耕地补偿制度提供了一个重要的技术支持。

## 1 五元组耕地补偿模型设计

耕地占补平衡, 其实质是要求补偿与所占耕地相当的耕地, 不但要具有相当的产出能力的耕地, 而且要具有相当的经济效益、社会效益、生态效益, 不是简单数量上的占一补一, 而是在一定空间尺度下的“占一补几”问题, 这个“几”主要由耕地的质量、位置等相关因素决定, 存在较大的不确定性, 而这也正是在占补平衡中的操作难题。

实施耕地补偿的目的是促进耕地总量动态平衡, 实质是保证人口对耕地产出农产品需求相对应的耕地需求与耕地供给之间的平衡, 在需求一定的情况下, 维持相应的供给量。耕地的供给主要取决于耕地的数量和质量以及耕地的利用效率和利用水平, 相同数量、质量的耕地在不同的空间位置上(往往具有不同的社会经济发展水平), 其利用效率、利用水平具有较大差别, 因此对耕地补偿的研究就必须考虑数量、质量及空间问题。此外, 补偿占用耕地必然导致相应的用地变化, 用地的变化则受区域土地利用现状、土地利用规划以及生态环境要求等约束。由此可见, 耕地补偿的核心是要在空间上寻找在数量和质量上与已占耕地相当的潜在耕地, 而又不会对规划造成负面影响。潜在耕地的状态是由其所在的空间位置、数量大小、土地质量好坏、土地利用现状类型和土地

利用规划的要求(包括生态环境要求)来决定的。潜在耕地自身的状态及所占耕地对补偿的要求,决定了补偿的可能性。据此,可以建立潜在补偿耕地五元组模型,即

$$CLCM = \{L, N, T, Q, P\}$$

式中, CLCM 是耕地补偿模型(cultivated land compensation model); *L* 为土地位置(location), 是对空间位置的分析, 主要含邻近性、连片度以及与居民点的距离、交通便利度等信息; *N* 为土地数量(number), 以其与所需补偿耕地面积差量、比值来衡量; *T* 为土地利用现状(type), 是对可能的耕地补偿单元的现状条件约束, 一般优先考虑未利用地, 然后考虑园地、林地; *Q* 为土地质量(quality), 它包含两个层面的含义: ① 从土地利用现状考虑其自身质量状况, 按土地宜耕适宜性评价结果高低为优先级; ② 从规划角度来看, 分析影响土地质量的那些可变因素, 比如排灌条件、交通条件、土层厚度等, 进而分析其作为耕地需要达到的水平, 以及进行土地质量改良的成本问题; *P* 为土地利用规划(planning), 是从规划控制要求方面对可能的耕地补偿单元的约束, 涉及规划控制指标、补偿单元在规划中所设计的用途, 以及从生态环境影响评价着手分析规划对生态环境质量的要求。

通过综合分值模型, 计算目标补偿地块综合分值 *S*:

$$S = \sum_{i=1}^n S_i \cdot W_i$$

式中, *n* 为 5; *S<sub>i</sub>* 为各元分值; *W<sub>i</sub>* 为各元权值。分值的大小反映了其作为补偿单元的优劣程度。

模型能较好地体现耕地占补平衡的内涵所在, 把用地现状、规划要求、数量、质量、空间位置抽象为五元组, 通过对五元组的综合评价, 判断目标作为耕地补偿对象的优劣。各组元自身也有相应的一套指标体系来衡量其状态, 它是土地自然属性条件(有效土层厚度、PH 值、剖面构型、有机质含量、地形坡度)以及社会经济因素影响的综合反映。整个模型通过多层次结构来综合反映补偿对象的状态, 其实现的关键在于建立一套综合的转换规则及多层次影响因素指标体系。

根据这一模型, 耕地补偿的实现就是根据对所占耕地数量和质量的分析, 提出补偿耕地的要求, 通过空间分析和处理, 以土地利用现状和土地利用规划为约束条件, 在土地数据库中, 查找出若干满足条件的地块, 并对这些地块进行模型优选分析, 最终确定潜在补偿耕地的位置。

## 2 耕地补偿流程

空间具有多尺度性, 对于耕地补偿来说, 也是在多尺度空间范围内实现的。一般情况下, 耕地占补平衡首先是在同一尺度范围内考虑平衡问题, 若在当前尺度范围内无法落实占用补偿、实现耕地动态平衡, 则在更高层次的尺度范围内搜寻潜在耕地补偿对象, 实现占补平衡。

在一定空间范围内, 对被占耕地实施占用补偿, 其过程分为数据准备和控制指标的确定, 通过五元组模型两层作用, 确定候选补偿耕地地块的状态, 依据综合分值或某些特定要求从候选补偿耕地地块中选出最终的补偿耕地地块。

耕地补偿处理的流程如图 1。其中, 数据准备

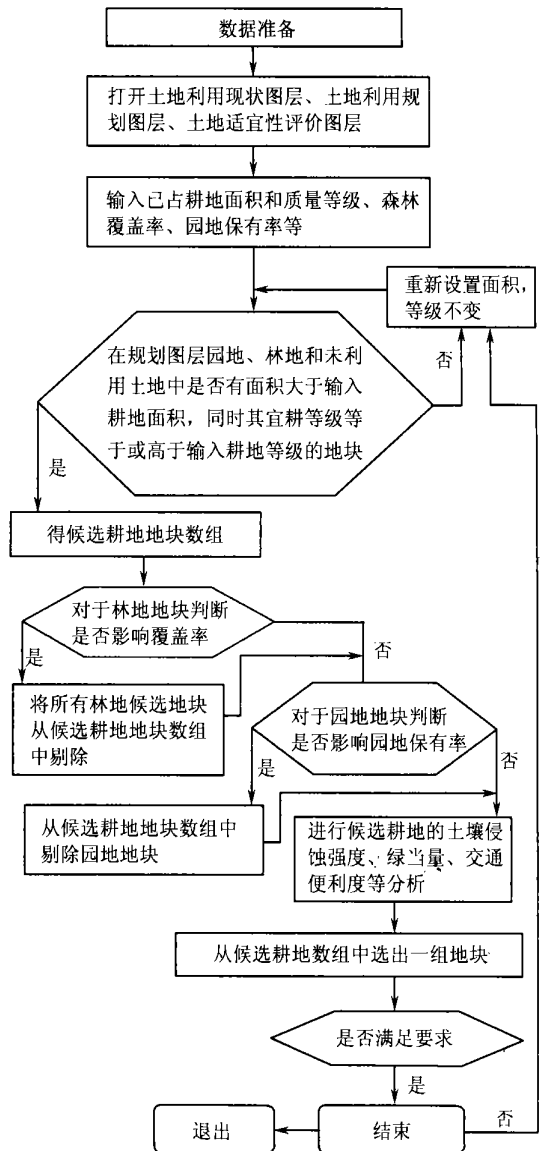


图 1 耕地补偿流程图

Fig. 1 Flow Chart of Cultivated Land Compensation

主要包括详细准确的土地利用现状信息、土地利用规划信息以及土地质量(土地适宜性评价结果)信息,这三者既是模型实施的第一层次约束因子,也是模型实施下一层次的参评因子;另外还需要道路网等空间信息。控制指标主要是指区域森林覆盖率及园地保有率等指标量。

一旦占用耕地情况发生,或即将发生,首先是对所占耕地从数量、质量上进行分析,并明确占地位置;然后,在一定尺度下,对土地利用现状图、土地评价结果图、土地利用规划图作叠加分析,通过五元组模型的第一层次的筛选,即提取出所有可能的补偿地块形成候选耕地地块集。建立第一层约束的目的是为了剔除不存在补偿可能性的对象,比如现状用地类型为建设用地的,或者该单元规划用地类型为耕地的就不存在作为耕地补偿对象的可能性。因此,通过第一层次的粗筛选,可大大减少模型下一层的运算量,提高有效运算率。对于林地地块和园地地块,再分别通过判读其用途的改变是否会影响到区域森林覆盖率要求和园地保有率作进一步的筛选。在候选的耕地地块集中,进一步运用五元组模型的第二层次运算,即通过综合分值模型计算各补偿对象分值,以分值来衡量各补偿对象的优劣。另外,根据区域特点和耕地补偿的一些特定要求,比如可以再对土壤侵蚀强度、绿当量、灌溉条件等特定因素作单一比较分析。

最后,根据补偿要求比较综合分值或再结合单一因子分析结果,找出最佳候选地块。

### 3 模型的实现

GIS技术的发展为处理复杂的空间数据操作提供了方便,组件式GIS能方便地集成到一般的应用系统。对于空间上的邻近性和交通条件便利度等这些复杂系数的求解都可以通过组件GIS提供的功能,利用高级语言进行适当的应用扩充来实现。笔者设计开发了耕地总量动态平衡调控系统,为模型指标体系的确定和规则表的建立提供了工具,通过利用高级语言来建立五元组耕地补偿模型,借助组件GIS中的MapObjects2.0实现地图数据的可视化操作。通过把土地数量、质量、现状用地类型及规划要求等信息定义为对应空间位置上地块对象的属性来管理,GIS的这种图形属性一体化特性,能够方便地为模型提供数据基础(包括空间的、非空间的),地图形式的表达使得模型的处理过程更为直观明了。

模型的指标体系及记分规则框架定义如下。

土地利用现状:目标对象为未利用地、林地、园地,其分值分别以 $a_{11}$ 、 $a_{12}$ 、 $a_{13}$ 表示。

土地利用规划:目标对象为规划未利用地、林地、园地、建设用地、其他农用地,其分值分别以 $a_{21}$ 、 $a_{22}$ 、 $a_{23}$ 、 $a_{24}$ 、 $a_{25}$ 表示(如果规划地类为耕地,则在模型第一层次就把它剔除掉,所以这里不包含耕地)。

土地质量:以土地宜耕评价结果表示为高度适宜、较适宜、勉强适宜、不适宜,其分值分别以 $a_{31}$ 、 $a_{32}$ 、 $a_{33}$ 、 $a_{34}$ 表示。

土地数量:以接近、稍大于、远大于表示,其分值分别以 $a_{41}$ 、 $a_{42}$ 、 $a_{43}$ 表示。

土地位置:以好、较好、一般、差表示,其分值分别以 $a_{51}$ 、 $a_{52}$ 、 $a_{53}$ 、 $a_{54}$ 表示。

其组元权重通过特尔斐法测定,记为 $w_1$ 、 $w_2$ 、 $w_3$ 、 $w_4$ 、 $w_5$ 。综合分值记为 $S = \sum_{i=1}^n a_{ij} \cdot w_i$

,其中土地位置元和邻近性通过计算补偿单元到所占单元的距离来表示,分值与距离成反比;连片度是指与现有耕地在空间上的关联程度,通过缓冲区分析计算其分值;交通便利度则通过候选地块层与交通道路数据层以及居民点分布图层进行空间邻近分析,计算离交通线路(按等级分)、居民点中心的距离以及区域交通网密度,给出各地块的交通便利度分值。综合以上各单因子分值,通过加权平均确定土地位置元的状态。

### 4 实例分析

本文以海南省琼海某镇的数据作实例分析,由地块权属来控制耕地占补平衡的空间尺度。按照琼海市中长期规划要求,森林覆盖率要达到56.5%,该镇园地要达到2200ha的要求作为控制指标。各土地利用单元的土地质量指标值是进行统一宜耕评价后得到的适宜性评价结果,土地位置指标值事先通过GIS空间分析确定,两者都以定性的方式来描述。本实例建立的指标体系及记分规则如表1。表1中, $S$ 为被占耕地面积, $0.8S \sim 1.5S$ 等表示面积区间;土地质量为土地宜耕评价结果;土地位置为通过与道路层、居民点层进行叠加分析后确定的定性值。

被占地块与土地利用规划图层进行叠加,可以清楚地了解占地情况及其与规划之间是否存在矛盾。通过与土地利用现状图层的叠加分析,可以按土地利用类型给出被占地块在现状用地中的结构;通过与土地利用现状图层、土地利用规划

表1 指标体系及记分规则示例

Tab. 1 The Example of Elements and Rule System

土地利用现状	未利用地	园地	林地	—	权重
分值	100	80	60	—	0.15
土地利用规划	未利用地	园地	林地	其他农用地	
分值	100	80	60	—	0.15
土地数量	0.8S ~ 1.5S	0.5S ~ 0.8S, 1.5S ~ 3S	> 3S	< 0.5S	
分值	100	80	50	20	0.20
土地质量	高度适宜	适宜	勉强适宜	—	
分值	100	80	60	—	0.40
土地位置	好	较好	一般	差	
分值	100	80	60	30	0.10

图层和土地适宜性评价图层的综合分析,可确定出候选补偿地块集。

图2是系统中耕地补偿优选的最后一个运行状态,其中单斜线填充(浅色)的表示可能补偿单元,交叉线填充(深色)的表示目标补偿单元,提示框中是经模型综合分析后,按总分值大小对评判所确定出的补偿地块的排序情况。

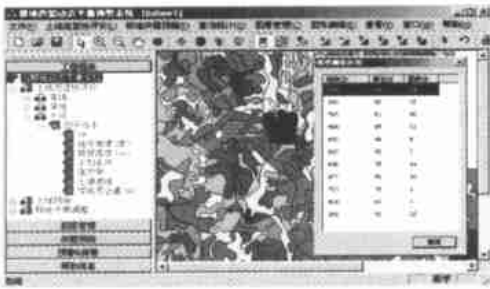


图2 耕地补偿优选

Fig. 2 Generation of Cultivated Land Compensation

## 5 结语

本文通过对耕地补偿内涵的分析研究,从技术实现手段上,针对耕地补偿实施提出基于五元组的耕地补偿模型,并对模型在GIS环境下实现软件化,具有较强的可操作性,为实现耕地总量动态平衡,在

具体的占补平衡实施方法上提出了解决方案。

当前,我国实行严格的耕地保护制度,确保耕地总量动态平衡,但有很多地方确因土地后备资源匮乏等原因无法在本地区实现耕地占补平衡,特别是东部经济发达地区。对此,国家规定可以采取易地补偿,这对本文提出的模型来说,补偿的区域对象就不是简单的其自身所在的区域,而是事先确定的某一区域。另外,对于退耕还林、还牧引起的“耕地占用”不在本模型考虑范围,本模型主要研究建设占用耕地补偿。

## 参 考 文 献

- 1 葛向东. 耕地总量动态平衡的监测与预警研究. 自然资源学报, 2002, 17(1): 35 ~ 41
- 2 王人潮, 蒋亨显. 论耕地总量动态平衡及其实施的技术基础. 浙江农业大学学报, 1998, 24(6): 567 ~ 571
- 3 王万茂. 土地利用规划学. 北京: 中国大地出版社, 2000
- 4 龚敏霞. 智能化空间决策支持模型库及其支持下GIS与应用分析模型的集成. 地理信息科学, 2002(1): 91 ~ 97

第一作者简介: 刘艳芳, 教授, 博士. 现主要从事城市环境分析、土地评价、土地利用规划和经济地理学的研究和教学工作。

E-mail: yflu610@sohu.com

## Cultivated Land Compensation Model Based on Five-Tuple Array

LIU Yanfang<sup>1</sup> REN Zhouqiao<sup>1</sup>

(1 School of Resource and Environment Science, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

**Abstract:** This paper discusses the essence of balance between the cultivated land occupying and compensation. Then, qualitatively, quantitatively and spatially analyzing the compensation process for occupied cultivated land, this paper puts forward a compensation model for occupied cultivated land which is based on Five-Tuple Array model and gives the correspond-

(下转第 487 页)

- 12 Oberholzer C, Hurni L. Visualization of Change in the Interactive Multimedia Atlas of Switzerland. *Computers & Geoscience*, 2000, 26: 37~43
- 13 Hornsby K, Egenhofer M J. Qualitative Representation of Change. In: Hirtle S C, Frank A U, eds. *Spatial Information Theory: a Theoretical Basis for GIS*. Berlin: Springer, 1997. 15~33
- 14 Blok C. Monitoring of Spatio-temporal Changes: Characteristics of Dynamics for Visual Exploration. ICA99, Ottawa, Canada, 1999
- 15 Eschenbach C. Research Abstract on Dynamic Phenomena in Space and Their Representation. NCGIA's Varenus Project Meeting on Cognitive Models of Dynamic Phenomena and Their Representations, Pittsburgh, 1998
- 16 Yattaw N J. Conceptualizing Space and Time: a Classification of Geographic Movement. *Cartography and Geographic Information Systems* 1999, 26(2)
- 17 Harrower M. Visualization Change: Using Cartographic Animation to Explore Remotely-Sensed Data. *Cartographic Perspectives* 2002 (39): 30~42

第一作者简介: 李霖, 教授, 博士生导师。研究方向为地理信息系统、地理信息可视化与数字地图制图知识工程等。

E-mail: lilin@telecarto.com

## Models of Temporal Dynamic Map

LI Lin<sup>1</sup> MIAO Lei<sup>1</sup>

(1 School of Resource and Environment Science, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

**Abstract:** The model of temporal dynamic map is researched. In dynamic map, the numbers of representation space dimension increase. So this theory is improved that a map is regarded as a concept model of the real world. And as the physical models, the visualization of dynamic map should be merged tightly with the structured data. Every visual variable's power for dynamic representation is different. It should be selected according to the characteristics of spatial-temporal phenomena.

**Key words:** temporal dynamic map; cartographic model theory; characteristics of spatial-temporal phenomenon; visual variable

**About the first author:** LI Lin professor, Ph. D supervisor. His main research orientations are GIS, geographical visualization and knowledge engineering of digital cartography, etc.

E-mail: lilin@telecarto.com

(责任编辑: 晓平)

(上接第 478 页)

ing programmer. An experiment is taken under GIS environment. It provides an important technique supporting for the implementation of dynamic balance between cultivated land demands and supplies under land use planning.

**Key words:** cultivated land compensation; five-tuple array model; GIS; dynamic balance between cultivated land demands and supplies

**About the first author:** LIU Yanfang, professor, Ph. D. Her research interests include urban environment studies, land evaluation, land use planning and economic geography.

E-mail: yfliu610@sohu.com

(责任编辑: 涓涓)