

基本农田空间配置的自动化研究^{*}

黄丽梅¹, 刘廷祥¹, 鲍文东², 吴泉源¹

(1. 山东师范大学 人口·资源与环境学院, 济南 250014; 2. 山东省国土资源厅, 济南 250014)

摘 要:耕地入选基本农田就是将总体规划确定的耕地按一定的面积指标有选择地划为基本农田的过程。科学、合理地划定基本农田对于正确处理和协调农用地的农业利用与非农业利用之间的关系、严格控制非农业建设占用耕地的规模和速度、促进区域社会经济的可持续发展将起到十分重要的作用。以龙口市为例,在建立耕地入选基本农田指标体系的基础上,生成决策矩阵,采用理想点法对耕地入选基本农田进行排序,得到龙口市基本农田保护区规划图,实现了基本农田的空间定位,从而为土地整理规划提供依据,为基本农田保护规划的科学化、标准化奠定基础。

关键词:基本农田;理想点法;空间定位

中图分类号:S344

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2008)05-0112-04

Automatizaion Research of Spatial Allocation of Basic Farmland

HUANG Li-mei¹, LIU Ting-xiang¹, BAO Wen-dong², WU Quan-yuan¹

(1. College of Population, Resources and Environment, Shandong Normal University, Ji'nan 250014, China;

2. Department of Land and Resources Shandong, Jinan 250014, China)

Abstract: Selecting cultivated land as basic farmland is the process of dividing the cultivated land that has been planned generally into basic farmland according to the certain area target. It is of great importance for dividing the basic farmland scientifically and reasonably to handle and coordinate the relationship between the agricultural using and the non-agricultural using of farmland. It is also very important for strictly controlling the scale and speed of the non-agricultural construction which occupy the farmland and promoting the sustainable development of region social economy. This article take the Longkou city as an example, based on the establishment of farmland target system, the decision-making matrix is formed. Then, there comes the planning map of the reserved basic farmland in Longkou after taking the synthesis appraisal method. Thus, the basic farmland space orientation is realized and it has provided the basis for the land arrangements plan and laid the foundation for the standardization and the scientific formation of the basic farmland protection plan.

Key words: basic farmland; ideal point method; space orientation

1 研究区概况

龙口市位于 120°13'20" - 120°44'45" E, 37°27'45" - 37°47'30" N。西部、北部濒临渤海湾,东部与蓬莱市接壤,南部与栖霞市、招远市毗邻。其地形总的趋势是东南高,西北低。南部为低山丘陵区,占全市总面积的 42.5%,海拔 500 m 以上的山峰 13 座。北部为平原区,占总面积的 56.9%,地势比较平缓,平均比降 2‰~5‰,另外岛屿占总面积的 0.6%。属暖温带半湿润气候,四季变化和季风进退较明显,湿热同季。年平均气温 11.7℃,年平均降水量 599.3 mm,主要集中在汛期,形成春旱、夏涝、秋又旱的特点。年平均蒸发量(水面)1 903 mm;市内有大中 23 条季节性河流,多发源于南部、东部低山丘陵区,由南向北或向西注入渤海。除黄水河外,其它河流皆为间歇性季节河流,海岸线长 68.38 km。

2 耕地入选基本农田指标的标准化

2.1 耕地质量状况

2.1.1 耕地分等评价利用等指数

耕地利用等指数是按照标准耕地制度所确定的各种指定作物,在耕地自然质量条件和耕地所在土地利用分区的平均利用条件下,所能获得的按产量比系数折算的基准作物产量指数^[1-3]。标准化过程采用极差标准化,具体算法为

$$Q_i = (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}) \quad (1)$$

式中: Q_i ——耕地质量的指标分值; X_i ——耕地分等评价利用等指数; X_{\min} ——耕地分等评价利用等指数中的极小值; X_{\max} ——耕地分等评价利用等指数中的极大值。

2.1.2 坡度

根据国家有关“退耕还林”政策的规定,25°以上的坡地

* 收稿日期:2007-12-19

作者简介:黄丽梅(1980-),女,山东济南人,硕士研究生,主要从事遥感资源开发与环境整治方面的研究。E-mail: Xinqing100@163.com

将全部退耕还林;而对于小于 5° 的农田,一般都要作为基本农田;介于 5~25° 之间的坡地,可根据坡度大小的实际情况 $(1 - X/25)$ 来确定基分值。坡度指标分值的计算公式为

$$Q_2 = \begin{cases} 0 & X > 25^\circ \\ 1 - X/25 & 5^\circ < X \leq 25^\circ \\ 1 & 0^\circ < X \leq 5^\circ \end{cases} \quad (2)$$

式中: Q_2 ——坡度指标分值; X ——耕地的坡度。

2.1.3 连片程度

基本农田除了以上的条件外,需要有一定的经营规模。土地经营规模程度主要指耕地的连片程度 Q_3 。其指标分值计算为

$$Q_3 = \begin{cases} 1 & X \geq 3333 \text{ hm}^2 \\ 1 - 0.9(3333 - X)/3267 & 67 \text{ hm}^2 < X < 3333 \text{ hm}^2 \\ 0.1 & X < 67 \text{ hm}^2 \end{cases} \quad (3)$$

式中: Q_3 ——连片程度指标分值; X ——耕地的面积。

2.2 水利基础设施水平

水利基础设施评价指标 (Q_4) 选取了灌溉保证率和排水条件健全度两项指标因子。前者反映的是利用水资源的集约化程度,后者则反映抗御自然灾害的能力。灌溉保证率 (b_1) 和排水条件健全度 (b_2) 可通过调查获得。对于两项指标因子的权重,应根据不同地域特征来确定。如对于干旱地区,其灌溉保证率的权重要大一些,其渍涝危险少得多,权重应小一些。本文确定灌溉保证率权重为 $W_1 = 0.6$,排水条件健全度权重为 $W_2 = 0.4$,即

$$Q_4 = b_1 \cdot W_1 + b_2 \cdot W_2 \quad (4)$$

式中: Q_4 ——水利基础设施评价指标分值; b_i ——每块耕地的灌溉保证率 (b_1) 和排水条件健全度 (b_2) 两个因子的调查值; W_i ——每块耕地灌溉保证率 (W_1) 和排水条件健全度 (W_2) 的权重。

2.3 交通区位条件和城镇辐射影响

本研究中农田区位条件 (Q_5) 主要是根据离铁路、公路等交通沿线,城市、集镇和村庄的距离来赋值。

相关调查表明:离交通主干线在 1 km 以下时,被调查人认为其区位条件非常好;而大于 5 km 以上时,认为其区域条件非常差。因此,农田区位条件指标分值的计算可按下式进行计算:

$$Q_5 = \begin{cases} 0.1 & X \geq 5 \text{ km} \\ 1 - 0.9(X - 1)/4 & 1 \text{ km} < X < 5 \text{ km} \\ 1 & X < 1 \text{ km} \end{cases} \quad (5)$$

式中: Q_5 ——离交通主干线的指标分值; X ——耕地离交通主干线的距离。

离城镇的距离在 4 km 以下时,被调查人认为其区位条件非常好;而大于 18 km 以上时,认为其区域条件非常差。因此,农田区位条件指标分值的计算可按下式进行计算,

$$Q_6 = \begin{cases} 0.1 & X \geq 18 \text{ km} \\ 1 - 0.9(X - 4)/14 & 4 \text{ km} < X < 18 \text{ km} \\ 1 & X < 4 \text{ km} \end{cases} \quad (6)$$

式中: Q_6 ——离城镇距离的指标分值; X ——耕地离城镇的

距离。

离村庄的距离在 2 km 以下时,被调查人认为其区位条件非常好;而大于 10 km 以上时,认为其区域条件非常差。因此,农田区位条件指标分值的计算可按下式进行计算^[4-6]:

$$Q_7 = \begin{cases} 0.1 & X \geq 10 \text{ km} \\ 1 - 0.9(X - 2)/8 & 2 \text{ km} < X < 10 \text{ km} \\ 1 & X < 2 \text{ km} \end{cases} \quad (7)$$

式中: Q_7 ——离村庄距离的指标分值; X ——耕地离村庄的距离。

3 指标权重的确定及分值的计算

指标的权重是指在相同目标的约束下,各指标间的重要性关系。该文主要应用层次分析法确定评价指标的权重。层次分析法(The Analytic Hierarchy Process)简称 AHP 法,是一种系统分析法,它为分析由相互关联、相互制约的众多因素构成的复杂系统问题提供简便而实用的决策方法^[7]。层次分析法是将土地利用系统分解为不同层次的指标,通过对层次内和层次间指标的关系分析,借助一定的数学模型确定各指标相对于总目标的权数。层次分析法的基本步骤如下:

(1) 建立层次结构模型。首先从影响因素中筛选出评价指标,并根据它们之间的关系构成多层指标体系,按层次划分出层次分析图,建立层次结构模型。

(2) 构造判断矩阵。构造判断矩阵是层次分析法的关键一步。假定 A 层中指标 A_k 与下层 P 中指标 $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ 有联系,则将 P 中指标两两比较,可构成如下判断矩阵;其中 $P_{ij} = W_i/W_j$,表示对 A_k 而言,第 i 个指标与第 j 个指标重要程度之比。通常 P_{ij} 的取值是:当第 i 个指标与第 j 个指标一样重要时 $P_{ij} = 1$,稍微重要时填 3,明显重要填 5,重要填 7,极为重要填 9。反之, $P_{ij} = W_j/W_i$,分别填写 $1/3, 1/5, 1/7, 1/9$ 。

$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nn} \end{bmatrix} \quad (8)$$

(3) 层次单排序。层次单排序就是求单目标判断矩阵的权数,即根据专家填写的判断矩阵,计算对于上一层某指标而言,本层次与其有关指标的重要性次序的权数。判断矩阵的权数,可以通过解特征值问题求出特征向量而得到。特征值与特征向量的计算方法可采用近似算法,该方法包括几何平均法和算术平均法两种。

(4) 一致性检验。从理论上讲,判断矩阵满足完全一致性条件 $P_{ik} = P_{ij} \cdot P_{jk}$,此时 $\lambda_{\max} = n$ 。实际上,由于人们认识上的多样性,一般来说,专家填写的判断矩阵不可能完全满足一致性条件,此时, $\lambda_{\max} > n$ 。为了检验一致性,需要计算判断矩阵的一致性指标 CI [$CI = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1)$]。显然,当判断矩阵满足完全一致性时, $CI = 0$, λ_{\max} 愈大,则 $\lambda_{\max} - n$ 愈大,从而 CI 就愈大,矩阵的一致性愈差。将 CI 与平均随机一致性指标 RI 进行比较,其比值称为判断矩阵的一致性比例,记作: $CR = CI/RI$ 。当 $CR < 0.1$ 时,则认为判断矩阵具

有满意的一致性,否则需要把判断矩阵表反馈到专家手里重新调整。

根据前面确定的评价指标,运用层次分析法,设计一种表格,由专家按递阶层次结构对每一个上级指标,按其所辖的下级指标两两比较其重要程度,得出判断矩阵,进行计算。具体计算过程如上所述,构造判断矩阵,根据层次分析法所得到的特征向量就是确定的权重。

4 耕地入选基本农田排序方法的确定

常用的耕地入选基本农田排序方法主要有因子分析法、主成分分析法、综合评价法、理想点法。该文采用理想点法排序。理想点法的大致思路是:构造每一块耕地和对应指标的决策矩阵,每一块耕地对应 7 个指标值,将 7 个指标值分别进行标准化,生成新的决策矩阵。将该矩阵作为基础,进行运算。分别寻找每一个指标中的最大值,得到一个向量 $M_1 = (P_1, P_2, \dots, P_m)$, 定义为理想点,在寻找每一个指标中的最小值,得到向量 $M_2 = (P_1, P_2, \dots, P_m)$, 定义为反理想点。计算每一块耕地到理想点 M_1 的距离 S_1 , 根据公式:

$S_{1j} = \sqrt{\sum_{i=1}^m (P_{ij} - P_i)^2}$, 其中 P_{ij} 表示第 j 块耕地对应的第 i 项指标的值;同样的计算每一块耕地到反理想点 M_2 的距离

S_2 , 公式为: $S_{2j} = \sqrt{\sum_{i=1}^m (P_{ij} - P_i)^2}$, P_{ij} 表示第 j 块耕地对应的第 i 项指标的值。计算每一块耕地的粮店贴进度 T_j , $T_j = \frac{S_{2j}}{S_{1j} + S_{2j}}$ 。对贴进度 T 进行由大到小排序, T 值大的优先入选基本农田。

基于以上分析,该文采用理想点法,对龙口市待选基本农田的耕地进行排序。

4.1 构造规范化的决策矩阵

区域内 n 块耕地组成决策对象集 $A = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_n\}$, 决策者根据区域实际情况以及耕地入选基本农田的决策指标体系,确定一组决策指标 $F = \{f_1, f_2, \dots, f_m\}$ 。决策对象 $a_j (j = 1, 2, \dots, n)$ 在决策指标 $f_i (i = 1, 2, \dots, m)$ 下的取值为 x_{ij} , 由 x_{ij} 组成决策矩阵 X :

$$X = (x_{ij})_{mn} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nn} \end{bmatrix} \quad (9)$$

由前面已经得出的指标体系的决策指标的综合权重表示为

$$W = [w_1, w_2, \dots, w_m]^T \quad (10)$$

乘以权重,决策矩阵 X 就转化为一个规范化的决策矩阵 R 。

$$R = (r_{ij})_{mn} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nn} \end{bmatrix} \quad (11)$$

这里 $r_j = (r_{1j}, r_{2j}, \dots, r_{mj}) (j = 1, 2, \dots, n)$ 可看作欧氏空间里的一个“决策点”。

4.2 用理想点法排序

4.2.1 确定理想点和反理想点

通常将所遇到的指标分为收益型指标 E_1 和损失型指标 E_2 两大类。收益型指标 E_1 是指标数值越大对于评估结果越有利的指标,即指标值越大越好,如耕地利用等指数;损失型指标 E_2 是指标数值越大对于评估结果越有害的指标,即指标值越小越好,如耕地距道路和城镇的距离。

假定指标单调变化,从而定义理想点 M_1 与反理想点 M_2 如下:

当指标属于收益型指标集 E_1 时

$$M_{1i} = (\max P_{ij} | i \in E_1, j = 1, 2, \dots, n) = (P_1, P_2, \dots, P_m) \quad (12)$$

$$M_{2i} = (\min P_{ij} | i \in E_1, j = 1, 2, \dots, n) = (P_1, P_2, \dots, P_m) \quad (13)$$

当指标属于损失型指标集 E_2 时

$$M_{1i} = (\min P_{ij} | i \in E_2, j = 1, 2, \dots, n) = (P_1, P_2, \dots, P_m) \quad (14)$$

$$M_{2i} = (\max P_{ij} | i \in E_2, j = 1, 2, \dots, n) = (P_1, P_2, \dots, P_m) \quad (15)$$

上述理想点和反理想点的含义是:当指标属于 E_1 时,理想点为矩阵 R 的列向量最大值,反理想点为最小值;当指标属于 E_2 时,理想点为矩阵 R 的列向量最小值,反理想点为最大值。

4.2.2 理想点评价函数

即计算指标到理想点 M_1 和反理想点 M_2 的“距离”,第 i 块耕地 ($i = 1, 2, \dots, n$) 到 M_1 和 M_2 两点的“距离”分别用 S_{1j} 和 S_{2j} 表示。

$$S_{1j} = \sqrt{\sum_{i=1}^m (P_{ij} - P_i)^2} \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (16)$$

$$S_{2j} = \sqrt{\sum_{i=1}^m (P_{ij} - P_i)^2} \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (17)$$

显然用 S_1 和 S_2 进行评判时,得出的 S_1 值最小, S_2 值最大的为最优规划耕地。

4.2.3 计算理想点的贴进度 T_j

$$T_j = \frac{S_{2j}}{S_{1j} + S_{2j}} \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (18)$$

显然 $T_j \in [0, 1]$, 用指标 T_j 评价时, T_j 值最大的规划方案是最佳规划方案。

4.2.4 根据贴进度 T_j 的大小排序

对 n 个耕地进行评价,可以得 n 个 T_j 值的大小对它们排序, T_j 大的是评价认为优先入选基本农田的耕地。若算出两 T_j 值相同,则以与理想点的“距离”值较小者为优选耕地^[8-9]。

5 研究区基本农田空间自动化配置

根据以上方法,在 Excel 2003 中通过 VBA 编程实现耕地入选基本农田理想点评价系数的计算,再将数据导入至 ArcGIS 的矢量数据库中,增加排序字段,对其进行空间排序。如图 11 所示,得出每个地块的 T_j 后,将 T_j 值的值域范围分为 3 个区间,每一个区间内的地块用一种颜色表示, T_j 值颜色从高值区间到低值区间依次变浅^[10-13]。为了保证基本农田保护率不降低,本文参照土地利用规划保护指标,确定研究区

基本农田保护率为 86%,然后依据理想点贴近度的排序结果,进行基本农田的划分,配置结果如附图 12 所示。其中,依据理想点贴近度排序划定的基本农田实际保护率为 86.02%。

6 结 论

实现耕地入选基本农田的空间定位是实现基本农田保护规划标准化、科学化的一个重要环节,本文借助 GIS 技术,以龙口市为例,在建立了耕地入选基本农田的指标体系的基础上,通过建立决策矩阵,采用综合评价法对耕地入选基本农田进行排序,生成龙口市基本农田保护区规划图,从而为土地整理规划提供依据,为基本农田保护规划的科学化、标准化奠定了基础。

参考文献:

[1] 山东省国土资源厅. 山东省农用地分等技术报告[R]. 2006.
[2] 于朝升. 山东省土地利用总体规划研究[M]. 山东:中国农业科技出版社,2000.
[3] 中华人民共和国国土资源部. 农用地分等规程[S]. 北京:中国标准出版社,2003.
[4] 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.
[5] 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.
[6] 陈文波,赵丽红,叶明珠,等. 省级基本农田数量确定与指标分解方法初探[J]. 中国土地科学,2006,20(6):47-48.
[7] 徐建华. 计量地理学[M]. 北京:高等教育出版社,2006.
[8] 汤江龙,赵小敏,师学义. 理想点法在土地利用规划方案评价中的应用[J]. 农业工程学报,2005,21(2):56-59.
[9] 郑新奇,杨树佳,象伟宁,等. 基于农用地分等的基本农田保护空间规划方法的研究[J]. 农业工程学报,2007,23(1):68-69.
[10] 汤国安,陈正江,赵牡丹. ArcView 地理信息系统空间分析方法[M]. 北京:科学技术出版社,2002.
[11] 党安荣,贾海峰. ArcGIS 8 Desktop 地理信息系统应用指南[M]. 北京:清华大学出版社,2003.
[12] 宋小东,钮心毅. 地理信息系统实习教程[M]. 北京:科学出版社,2004.
[13] 汤国安,刘学军. 数字高程模型及地学分析的原理与方法[M]. 北京:科学出版社,2006.

(上接第 111 页)

参考文献:

[1] Li Wenlong, Li Weide, Li Zizhen. Irrigation and fertilizer effects on water use and yield of spring wheat in semiarid regions[J]. Agricultural Water Management, 2004,67:35-46.
[2] 王夏晖,刘军,刘益全. 不同施肥方式下土壤氮素的运移转化特征研究[J]. 土壤通报,2002,33(3):202-206.
[3] 中国农业年鉴农业编辑委员会. 中国农业年鉴[Z]. 北京:中国农业出版社,1999.
[4] 赵允格,邵明安. 不同施肥条件下农田硝态氮迁移的试验研究[J]. 农业工程学报,2002,18(4):37-40.
[5] 崔玉亭. 化肥与生态环境保护[M]. 北京:化学工业出版社,2000:5-10.
[6] 刘敏超,温小乐. 氮肥施用量对冬小麦氮肥利用率及土壤剖面 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 动态分布的影响[J]. 湛江海洋大学学报,2000,20(2):36-39.
[7] 张玉良. 农业化学与生物圈[M]. 北京:中国环境科学出版社,1987:151-175.
[8] 朱济成. 关于氮肥地下流失率初步研究[J]. 环境科学,1983(5):35-39.
[9] 杨学云,张树兰,袁新民,等. 长期施肥对姜土硝态氮分布、累积和移动的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2001,7(2):134-158.

[10] 范丙全,胡春芳,平建立. 灌溉施肥对壤质潮土硝态氮淋溶的影响[J]. 植物营养与肥料学报,1998,4(1):16-21.
[11] 马耀光,郭大勇,许永功,等. 黄土层中灌溉对尿素淋失特征的影响[J]. 水土保持学报,2003,17(4):30-34.
[12] 康银红,马耀光,王巧焕. 灌溉条件下包气带黄土中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的深部运移[J]. 干旱地区农业研究,2006(6):147-150.
[13] Van Genuchten M T H, Parker J C. Boundary Conditions for Displacement Experiments through Short Laboratory Soil Columns[J]. Soil Sci. Soc. Am. J. 1984,48:403-708.
[14] Jury W A. Solute Travel-Time Estimates for Tile-Drained Field: I. Theory[J]. Soil Sci. Amer. Proc. 1975,39:1020-1024.
[15] 鲁如坤. 土壤植株营养学原理和施肥[M]. 化学工业出版社,1998:121-123.
[16] 张思聪,吕贤粥,黄永刚. 灌溉施肥条件下氮素在土壤中迁移转化的研究[J]. 水利水电技术,1999,30(5):6-8.
[17] 李世清,卜彤英,李生秀. 石灰性土壤中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的硝化与 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的粘土矿物固定[J]. 干旱地区农业研究,1993,11(增刊):99-106.