

# 耕地入选基本农田评价与决策

吴 飞<sup>1,2</sup>, 濮励杰<sup>1,3\*</sup>, 许 艳<sup>1</sup>, 朱 明<sup>1</sup>

(1. 南京大学地理与海洋科学学院, 南京 210093; 2. 江苏省国土资源厅, 南京 210029;  
3. 国土资源部土地利用重点实验室, 北京 100029)

**摘 要:** 针对当前耕地入选基本农田评价缺乏系统性和基本农田指标分解决策导向性不强等问题, 该文在系统考虑耕地土壤生态质量、生产能力、利用状况以及地区经济发展等因素基础上, 构建了耕地入选基本农田综合评价指标体系, 并以粮食安全为导向, 基于组合评价法及其组合评价结果进行基本农田指标分解决策。江苏省耕地入选基本农田评价结果表明, 社会经济发展对耕地入选基本农田的影响远大于土壤质量与粮食产量等; 同时, 基本农田分解决策表明, 江苏省大部分县市城市化、工业化侵占耕地已基本达到极限, 亟需尽快转型为集约化内涵挖潜发展模式。该文研究成果对于省域尺度新一轮土地利用总体规划的基本农田划定研究, 具有重要的理论和实践意义。

**关键词:** 土地利用, 指标化, 区域规划, 基本农田保护, 评价指标体系, 指标分解, 江苏省

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2009.12.048

中图分类号: F301.24

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2009)-12-0270-08

吴 飞, 濮励杰, 许 艳, 等. 耕地入选基本农田评价与决策[J]. 农业工程学报, 2009, 25(12): 270—277.

Wu Fei, Pu Lijie, Xu Yan, et al. Evaluation and decision-making for selecting cultivated land into prime farmland[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(12): 270—277. (in Chinese with English abstract)

## 0 引 言

基本农田是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<sup>[1]</sup>。随着人口的持续增长和经济的快速发展, 人类对耕地的压力日益剧增, 区域耕地资源数量急剧下降、质量明显减退, 粮食安全和耕地资源安全已经成为学术界讨论的热点话题。作为最基本的农业生产资料和耕地中的精华, 一定质量和数量的基本农田既是实现区域粮食安全的坚实基础, 也是中国国民经济和社会可持续发展的重要保障。

与国外诸如美国、加拿大、英国、法国、日本相比, 中国耕地保护呈现出耕地保护政策体系初步建立、服从于国家重大战略、实施手段多样性、被地方政府严重曲解等特点<sup>[2]</sup>, 尚未形成一套比较完善的农地保护体系。近阶段虽然诸多学者已致力于基本农田的内涵界定<sup>[3]</sup>、数量确定<sup>[4-5]</sup>、质量评价<sup>[6-7]</sup>以及从耕地质量、区位、政策以及耕地生产能力等因素对基本农田空间布局的研究<sup>[8-10]</sup>, 但中宏观层面上耕地入选基本农田的研究还较少<sup>[11-12]</sup>, 尤其是评价指标尚过于简单, 区域耕地入选基本农田的潜力评价尚缺乏系统性, 基本农田指标分解只是简单采用比例类推方法, 缺乏合理性和科学性。

为解决上述问题, 本文在对耕地土壤生态质量、生产能力、利用状况以及地区经济社会发展等因素予以系统性考虑的基础上, 拟构建耕地入选基本农田综合评价指标体系, 运用组合评价法进行评价后, 以粮食安全为导向建立基本农田保护指标分解决策模型, 并应用该方法对江苏省耕地入选基本农田进行评价与决策, 以期对江苏省新一轮土地利用总体规划修编中基本农田指标分解和划定的研究提供科学依据。

## 1 研究方法

### 1.1 耕地入选基本农田综合评价指标体系

耕地入选基本农田是将耕地有选择地划定为基本农田的过程<sup>[13]</sup>。综合评价指标体系所包含的指标既要能够反映评价目标, 又要尽量少而精, 以免增加评价的难度和复杂性, 否则不利于模型的推广使用。本文以评价耕地综合质量为目的, 以遴选土壤质量好、区位条件优、粮食产量高的耕地为基础, 以改善耕地保护与经济发展关系为导向, 系统性地考虑了耕地基础地力、粮食生产能力、耕地利用状况以及经济发展环境等准则层, 按照一致性原则、全面性原则、层次性原则、可行性原则、可比性原则、导向性原则<sup>[14]</sup>筛选评价指标, 构建耕地入选基本农田综合评价指标体系, 对区域耕地入选基本农田的潜力予以评价, 具体指标见表1。其中, 耕作层土壤肥力丰缺程度通过土壤中 N、P、K、有机质含量, 反映耕地粮食产量的基础地力情况; 耕作层土壤综合污染程度通过土壤中 As、Cd、Hg、Pb、Cu、Cr、Ni、Zn 8 项重金属的含量, 反映耕作层土壤受工业化影响的程度; 光温生产潜力是耕地粮食产量在理想环境下的最大值, 反映粮食生产能力的基础; 耕地连片集中程度则表示各评价单元耕地连片集中程度, 程度越高越有利于进行农

收稿日期: 2009-03-01 修订日期: 2009-05-01

基金项目: 国家自然科学基金(40871255); 国家“十一五”科技支撑项目(2006BAJ05A02、2006BAJ05A08)

作者简介: 吴 飞(1975—), 男, 江苏南京人, 研究员, 高级工程师、经济师, 博士生, 研究方向为土地规划与土地评价。南京 南京大学地理与海洋科学学院, 210093。Email: jsjgtwf@sohu.com

\*通信作者: 濮励杰(1965—), 男, 江苏吴江人, 教授, 博士, 博士生导师, 主要从事土地利用与土地规划研究。南京 南京大学地理与海洋科学学院, 210093。Email: ljpu@nju.edu.cn

业规模经营; 农村劳动力非农化程度和第二产业产值, 通过农村投入非农生产的劳动力人数水平和工业化水平, 分别反映经济发展与耕地保护的关系及其对耕地侵占的压力; 人口密度和农村恩格尔系数反映了地区人口承载压力以及农村居民消费结构, 影响对粮食的需求, 从而直接影响区域耕地保有的数量要求。

表 1 耕地入选基本农田综合评价指标体系

Table 1 Comprehensive evaluation index system of selecting farmland into prime farmland

目标层	准则层	指标层	相关关系
耕地综合质量	基础地力	耕作层土壤肥力丰缺程度	P
		耕作层土壤综合污染程度	N
		耕作层土壤酸碱度适宜度	P
	粮食生产能力及农业投入	光温生产潜力系数	P
		粮食单产	P
		灌溉保证率	P
		复种指数	P
		公路密度	P
		单位面积化肥使用量	P
		单位面积农业机械总动力	P
	耕地利用	耕地面积	P
		粮食作物播种面积占比	P
		新增耕地潜力系数	P
		耕地连片集中程度	P
	社会经济发展	人口密度	P
		第二产业产值	N
		农村劳动力非农化	N
		农村恩格尔系数	P

注: P 代表正相关, 反应指标值越大, 耕地质量越高; N 代表负相关, 反映指标值越大, 耕地质量越小。

## 1.2 组合评价法

### 1.2.1 熵权法

熵权法是多因素综合评价的常用方法之一, 通过分析数据之间的信息熵确定各评价指标的权重, 从而得出各评价单元的综合评价价值, 具体方法如下:

首先, 采用极差法对评价指标做标准化处理, 根据熵定义, 确定第  $j$  个评价指标的熵

$$s_j = -k \sum_{i=1}^n g_{ij} \ln g_{ij} \quad (i=1, 2, \dots, n; \quad j=1, 2, \dots, m) \quad (1)$$

式中:  $g_{ij} = r_{ij} / \sum_{i=1}^n r_{ij}$ ,  $k=1/\ln n$ , 并设  $g_{ij}=0$  时,  $g_{ij} \ln g_{ij}=0$ , 选择  $k$  使得  $0 \leq s_j \leq 1$ ,  $r_{ij}$  ——第  $i$  个评价单元第  $j$  个评价指标标准化后的值。熵权的表达式为

$$w_j = (1 - s_j) / (m - \sum_{j=1}^m s_j) \quad (2)$$

从上式中可以看出, 熵的大小与熵权成反比, 熵的值越大, 熵权就越小; 相反, 熵的值越小, 熵权就越大<sup>[14]</sup>。

设  $m$  个评价指标的权重为  $W=(w_1, w_2, \dots, w_m)^T$ , 则各评价单元的综合属性值  $D_i$  计算公式见式 (3)。

$$D_i = \sum_{j=1}^m w_j \times r_i^j \quad (3)$$

### 1.2.2 基于熵权的属性层次模型

Saaty 在 1977 年提出了层次分析法 AHP<sup>[15]</sup>; 而属性

层次模型 AHM<sup>[8]</sup>是一种为了解决无结构决策问题的模型。具体原理如下: 设评价对象  $a_i (i=1, 2, \dots, n)$  在评价指标  $f_j (j=1, 2, \dots, m)$  下的取值为  $a_{ij}$ , 由  $a_{ij}$  建立评价矩阵  $A=(a_{ij})_{n \times m}$ ; 由于实际问题中各种属性值的背景和量纲不尽相同, 从而导致各优选对象之间的优劣难以比较, 因此运用极差法将各属性值归一化, 限制在  $[0, 1]$  内。已经归一化后的指标值  $a_{ij}$  称为属性测度, 即评价单元  $a_i$  具有属性  $f_j$  程度。为比较两个不同评价单元的  $a_k$  和  $a_l (k \neq l)$ , 在评价指标  $f_j$  上的重要性差别, 令

$$\begin{cases} b_{kl}^j = \frac{a_{kj}}{a_{kj} + a_{lj}} \\ b_{lk}^j = \frac{a_{lj}}{a_{kj} + a_{lj}} \end{cases} \quad (k \neq l) \quad (4)$$

式中:  $b_{kl}^j$ 、 $b_{lk}^j$  ——分别表示不同评价单元  $a_k$  和  $a_l$  对属性  $f_j$  的重要性比较, 成为相对属性测度。很显然,  $b_{kl}^j$  和  $b_{lk}^j$  满足  $b_{kl}^j + b_{lk}^j = 1$ , 当  $k=l$  时, 即评价单元自身相比是没有意义的, 因此规定  $b_{kk}^j = 0, 1 \leq k \leq n$ 。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  $m$  个属性就可组成  $m$  个属性判断矩阵。为求各评价单元对于属性  $f_j$  的相对属性值, 令

$$D_k^j = \frac{2}{n(n-1)} \sum_{l=1}^n b_{kl}^j \quad (5)$$

式中:  $D_k^j$  ——评价单元  $a_k$  对属性  $f_j$  的相对属性值;  $n$  ——评价单元的个数;

本文中采用熵权法计算各属性权重  $w_j$  的确定, 各评价单元综合评价价值。

$$D_k = \sum_{j=1}^m w_j \times D_k^j \quad (6)$$

### 1.2.3 基于熵权的理想点逼近法

理想点法对数据没有特殊的要求, 依照理想点法的基本步骤, 对各个评价单元进行综合评价, 首先需要对指标进行正向化以及归一化处理<sup>[16]</sup>, 其第  $i$  个评价单元第  $j$  个评价指标, 归一化后的标准化值为  $A_{ij}$ , 其具体公式如下。

$$A_{ij} = \pm x_{ij} / \left( \sum_{i=1}^n x_{ij}^2 \right)^{1/2} \quad (i=1, 2, \dots, n; \quad j=1, 2, \dots, m) \quad (7)$$

根据各个评价指标确定最优方案  $A_i^+$  和最劣方案  $A_i^-$ , 计算诸评价对象与最优方案及最劣方案的距离  $d_i^+$  与  $d_i^-$ 。

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m w_j \times (A_{ij} - A_i^+)^2} \quad (8)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m w_j \times (A_{ij} - A_i^-)^2} \quad (9)$$

计算诸评价对象与最优方案的接近程度  $c_i$  的计算公式见式 (10)。

$$c_i = d_i^- / (d_i^+ + d_i^-) \quad (10)$$

式中  $w_j$  ——第  $j$  个评价指标的权重, 本方法采用熵权法计算。式 (10) 中  $c$  值越接近于 1, 表示该评价对象越接近最优水平;  $c$  值越接近 0, 表示该评价对象越接近最劣水平<sup>[17]</sup>。

### 1.2.4 组合评价法

在评价过程中,如果只用1种方法进行评价,不仅其结果很难令人信服,而且目前尚没有评价方法是十全十美的,而且选用不同的评价方法实际上就是从不同的角度进行的综合评价,因此有必要选用多种方法进行评价,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,这种方法本文称之为组合评价法<sup>[17-19]</sup>。在组合之前,需要采用 spearman 等级相关系数检验,判别所选取评价方法得出的评价价值之间的密切程度。由于本研究综合评价的目的不仅是要得到各评价单元的优先次序,而且需要运用组合评价价值进行决策,因此对各评价方法的综合评价价值归一化后,运用平均值法计算组合评价价值。

### 1.3 多目标规划决策模型

在现有耕地保有面积和国家新一轮土地利用总体规划纲要中下达基本农田指标的基础上,本研究以产量最大化来保证一定粮食安全水平为前提,兼顾土地管理法中省级基本农田保护率必须不小于80%的规定以及非负条件的限制,构建多目标耕地入选基本农田优化决策模型<sup>[20]</sup>如式(11)。

$$\begin{aligned} \max \quad & f_1 = \sum_{i=1}^n ev_i x_i \quad f_2 = \sum_{i=1}^n gp_i x_i \\ \text{s.t.} \quad & \begin{cases} -x_i \geq -fl_i & (i=1,2,\dots,n) \\ \sum_{i=1}^n x_i \geq T & (i=1,2,\dots,n) \\ \sum_{i=1}^n x_i \geq \sum_{i=1}^n fl_i \times 80\% & (i=1,2,\dots,n) \\ x_i \geq 0 & (i=1,2,\dots,n) \end{cases} \end{aligned} \quad (11)$$

式中:  $f_1$ ——研究区域耕地入选基本农田组合评价总值;  $f_2$ ——研究区域粮食生产总量;  $x_i$ ——第  $i$  个评价单元所分配到的基本农田指标;  $ev_i$ ——第  $i$  个评价单元耕地入选基本农田组合评价价值;  $gp_i$ ——第  $i$  个评价单元规划基期年粮食单产(已考虑复种指数以及耕地中农作物的结构比例);  $fl_i$ ——第  $i$  个评价单元规划基期年耕地保有面积(2005年);  $T$ ——《全国土地利用总体规划纲要(2006—2020年)》中,国家下达给的基本农田指标。本研究采用目标到达法求解,并运用软件 matlab7.0 中 fgoalattain 函数,设置相关参数(即界定目标函数的权重),定义目标粮食产量和组合评价总值。如果计算结果显示其最优解对应的目标值并未溢出所定目标,其结果即为基本农田保护面积指标分解结果。

## 2 应用实例

### 2.1 研究区域概况

江苏省位于东经  $116^{\circ}18' \sim 121^{\circ}57'$ , 北纬  $30^{\circ}45' \sim 35^{\circ}20'$ , 处于中国大陆东部沿海中心(见图1), 境内主要有苏南平原、江淮平原、黄淮平原和东部滨海平原, 气候具有明显的季风特征, 处于亚热带向暖温带过渡地带, 自然条件优越。2007年末江苏省的农林牧渔业总产值3 064.72亿元, 占全国的6.85%; 全省常住总人口为7 624.50万人, 占全国总人口5.77%, 农业的发展虽为全省经济发展提供了坚实的基础, 但人均农业资源处于全国平均水平以下, 自20世纪90年代以来, 粮食产量一度出现徘徊局面。江苏省作为资源约束型省份, 如何调整和完善经济发展与粮食安全关系, 是耕地和基本农田保护研究中尤为紧迫和重要的任务。



图1 研究区域位置示意图

Fig.1 Location of study region

2.2 数据来源及处理

本研究有关耕作层土壤数据来源于“江苏省国土生态地球化学调查”项目(20031230008、200312300009-03)完成的江苏省耕作层土壤 1:250 000 地球化学调查成果;经济社会数据来源于《江苏省统计年鉴(2006)》,农业相关数据来源于《江苏省统计年鉴(2006)》、《江苏省农村统计年鉴(2006)》;土地后备资源和开发复垦整理数据来源于《江苏省土地开发整理规划(2005—2010 年)》;现有基本农田分布数据来源于 2005 年江苏省基本农田大检查结果。

江苏省国土生态地球化学调查中,通过 24 186 个土壤调查样点完成的江苏省耕作层土壤 1:250 000 地球化学调查成果,提供了有关评价单元 N、P、K、有机质、As、Cd、Hg、Pb、Cu、Cr、Ni、Zn 8 种重金属含量和土壤环境酸碱度的数据。考虑到各个评价单元内部之间的差异,为了避免各评价单元内部采样点土壤肥力的分布不均的影响,本研究按照《中国土壤普查技术》(1992)有关指标等级划分标准,取 N、P、K、有机质的前 3 个等级所占比例作为评价指标,并用反映评价单元离散程度的方差对其指标值进行修正;土壤综合污染指数采用内梅罗法分析 As、Cd、Hg、Pb、Cu、Cr、Ni、Zn 8 项重金属得出,考虑土壤污染存在着最小生物因子定律,故也用方差对指标进行修正;土壤环境酸碱度处理方法同于对土壤肥力因素处理方法,得出粮食作物土壤酸碱度适宜度。

2.3 组合评价价值计算及其分析

根据上述耕地入选基本农田综合评价指标体系,用 SPSS 软件进行统计分析得到江苏省各评价指标之间的相关性均低于 0.6,同时通过主成分分析中的 KMO 检验,其值为  $0.606<0.7$ ,说明指标之间的自相关性很小,可以运用基于熵权法的属性层次模型、熵权法以及基于熵权的理想点逼近法的“组合评价法”;结合获取的数据,测算 3 种方法模型下耕地入选基本农田的综合评价价值,所得综合评价价值之间的 spearman 等级相关检验系数见表 2。

表 2 Spearman 等级相关系数

Table 2 Spearman rank correlation coefficients

方法	属性层次模型(方法 1)	熵权法(方法 2)	topsis 法(方法 3)
属性层次模型	1		
熵权法	0.83**	1	
topsis 法	0.729**	0.666**	1

注: \*\* 表示显著性水平为 0.01。

由表 2 可知,相关系数检验的概率  $p$  值均近似为 0,且其相关性均大于 0.6,可知 3 种方法模型之间具有较强正相关性,综合评价价值之间的密切程度较高。对综合评价价值分别归一化处理后,取其平均值作为江苏省 65 个评价单元耕地入选基本农田的组合评价价值,见表 3。

从表 3 可知,各评价单元耕地入选基本农田组合评价价值介于 0.1122~0.9018 之间,最高的是连云港市辖区,最低的是启东市,同时除溧阳市、江阴市、镇江市辖区

和吴江市外,苏南地区介于 0.1122~0.3803,苏中地区介于 0.3000~0.5500,苏北地区除了盐城市以及各市辖区以外介于 0.4200~0.9018;组合评价价值总体呈现苏北>苏中>苏南,由北向南逐步递减特征;此外,市辖区的组合评价价值也呈现由北向南递减现象。总体来看,社会发展水平较高的评价单元,由于耕地侵占压力较大其耕地入选基本农田组合评价价值相应较小。由此可见,相对于其他因素,社会经济发展水平的差异程度对确定耕地入选基本农田的影响作用较大。

表 3 模型综合评价价值及组合评价价值

Table 3 Comprehensive evaluation values and combination evaluation values of models

单元名称	方法 1	方法 2	方法 3	组合值
南京市辖区	0.0074	0.2437	0.1028	0.1617
溧水县	0.0076	0.2712	0.3536	0.3249
高淳县	0.0079	0.3580	0.3628	0.4298
无锡市辖区	0.0086	0.2846	0.1348	0.2862
江阴市	0.0089	0.3241	0.3587	0.4555
宜兴市	0.0077	0.2716	0.3243	0.3183
徐州市辖区	0.0076	0.3629	0.3013	0.3816
丰县	0.0099	0.4637	0.4425	0.6907
沛县	0.0096	0.4104	0.4589	0.6296
铜山县	0.0078	0.3507	0.3699	0.4209
睢宁县	0.0089	0.3862	0.3956	0.5311
新沂市	0.0092	0.4088	0.3874	0.5659
邳州市	0.0100	0.4520	0.4473	0.6892
常州市辖区	0.0083	0.2817	0.2049	0.3016
溧阳市	0.0085	0.3265	0.3817	0.4474
金坛市	0.0081	0.3048	0.3801	0.4013
苏州市辖区	0.0073	0.2402	0.1415	0.1704
常熟市	0.0085	0.2729	0.3891	0.3998
张家港市	0.0085	0.2652	0.3066	0.3540
昆山市	0.0083	0.3236	0.2704	0.3744
吴江市	0.0085	0.3247	0.4466	0.4774
太仓市	0.0077	0.2480	0.3552	0.3126
南通市辖区	0.0062	0.2508	0.3332	0.2135
海安县	0.0077	0.3010	0.3923	0.3803
如东县	0.0080	0.2777	0.3832	0.3726
启东市	0.0063	0.1463	0.3163	0.1122
如皋市	0.0077	0.2549	0.3740	0.3269
通州市	0.0069	0.2288	0.3448	0.2392
海门市	0.0071	0.2303	0.3662	0.2631
连云港市辖区	0.0103	0.5130	0.7166	0.9018
赣榆县	0.0106	0.4464	0.4927	0.7394
东海县	0.0108	0.4448	0.4813	0.7486
灌云县	0.0119	0.4858	0.4811	0.8548
灌南县	0.0104	0.4252	0.4978	0.7158
淮安市辖区	0.0078	0.3131	0.3486	0.3747
涟水县	0.0082	0.2907	0.3771	0.3943
洪泽县	0.0100	0.4478	0.4541	0.6866

接上页

盱眙县	0.0090	0.3132	0.3896	0.4719
金湖县	0.0102	0.4088	0.4399	0.6569
盐城市辖区	0.0079	0.3263	0.3608	0.3993
响水县	0.0079	0.3066	0.3378	0.3689
滨海县	0.0074	0.2520	0.3429	0.2909
阜宁县	0.0088	0.3236	0.3815	0.4599
射阳县	0.0083	0.2826	0.4238	0.4169
建湖县	0.0086	0.3358	0.3994	0.4732
东台市	0.0071	0.2113	0.3372	0.2311
大丰市	0.0078	0.2284	0.4719	0.3591
扬州市辖区	0.0080	0.3156	0.3279	0.3786
宝应县	0.0082	0.2981	0.3719	0.4006
仪征市	0.0084	0.3129	0.3761	0.4242
高邮市	0.0087	0.3177	0.3982	0.4573
江都市	0.0082	0.3372	0.3730	0.4355
镇江市辖区	0.0087	0.3464	0.3538	0.4626
丹阳市	0.0093	0.3322	0.4274	0.5227
扬中市	0.0080	0.2984	0.4182	0.4097
句容市	0.0091	0.3546	0.4034	0.5215

泰州市辖区	0.0074	0.2731	0.3549	0.3189
兴化市	0.0082	0.3666	0.3916	0.4690
靖江市	0.0091	0.3660	0.4307	0.5474
泰兴市	0.0070	0.2765	0.3830	0.3087
姜堰市	0.0079	0.3252	0.3731	0.4021
宿迁市辖区	0.0092	0.3892	0.3960	0.5521
沭阳县	0.0100	0.4110	0.4188	0.6364
泗阳县	0.0094	0.3578	0.3976	0.5408
泗洪县	0.0106	0.4432	0.4749	0.7301

注：方法 1 表示基于熵权的属性层次模型；方法 2 表示熵权法；方法 3 表示基于熵权的理想点逼近法。

运用 ARCGIS9.2 中 natural breaks 对各评价单元耕地入选基本农田组合评价价值、粮食单产、耕地面积以及基本农田指标的分解方案进行分级。如图 2 所示，组合评价价值表现为苏北>苏中>苏南的空间分布特征，而粮食单产呈现苏南>苏中>苏北的空间分布特征；组合评价价值与粮食单产一致性较低，但与各评价单元内耕地现状保有面积的分布一致性较高。

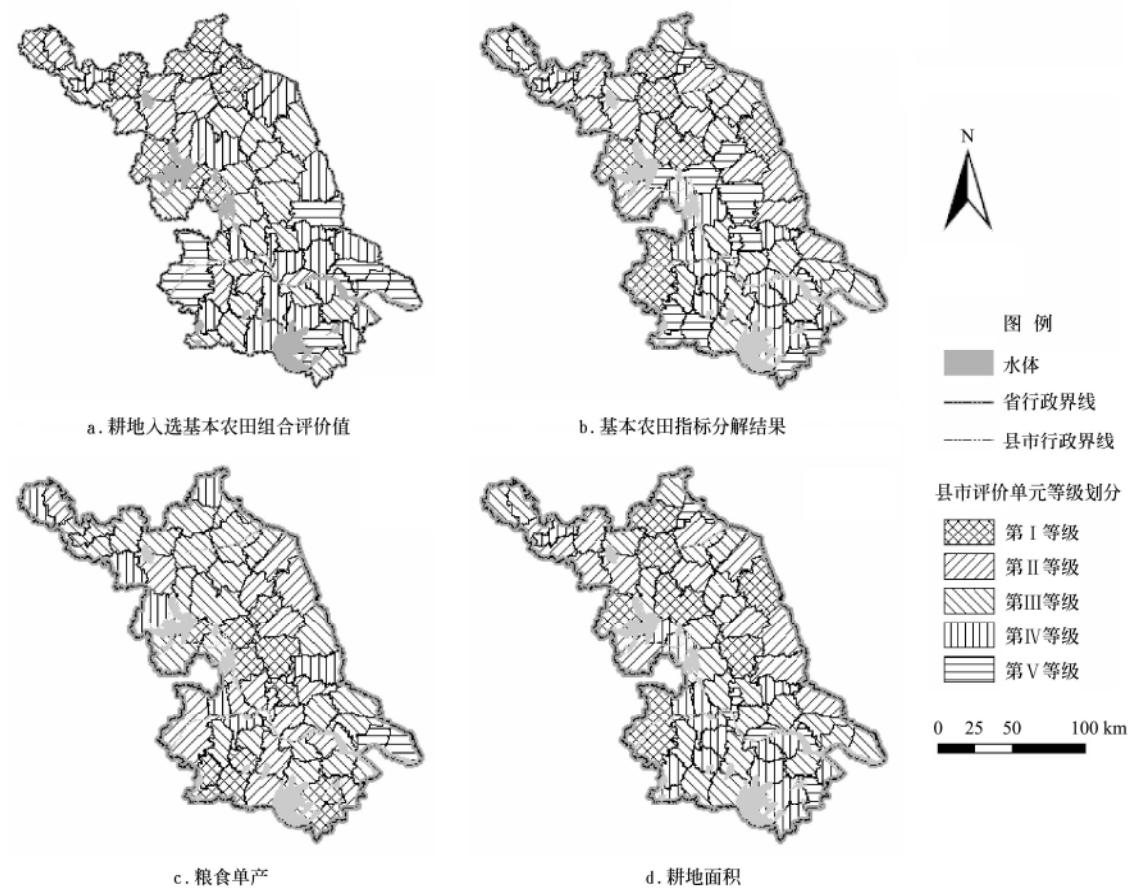


图 2 耕地入选基本农田组合评价价值以及有关指标分布

Fig.2 Spatial distribution of combination evaluation values of selecting farmland into prime farmland and some other indexes

2.4 基本农田保护面积分解

《全国土地利用总体规划纲要（2006—2020 年）》分配江苏省基本农田面积为  $421.53 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。运用上述多目标优化决策模型，对 65 个县市评价单元分配基本农田保护指标。运用软件 matlab7.0 中 fgoalattain 函数（其中

目标函数的权重界定为 0.5 和 0.5）予以验证，定义目标为粮食产量  $5 \times 10^8 \text{ t}$  和组合评价总值 2 000 000。验证结果显示其最优解对应的目标值并未溢出所定目标，故该省基本农田指标分解结果如表 4，通过该分解结果得到的基本农田保护率如图 3。

表 4 基本农田保护指标分解  
Table 4 Indexes decomposition of prime farmland protection

单元名称	分配指标/ $10^3\text{ hm}^2$	单元名称	分配指标/ $10^3\text{ hm}^2$	单元名称	分配指标/ $10^3\text{ hm}^2$	单元名称	分配指标/ $10^3\text{ hm}^2$
南京市辖区	102.41	常熟市	58.53	淮安市辖区	96.08	江都市	69.18
溧水县	43.84	张家港市	38.57	涟水县	90.65	镇江市辖区	41.79
高淳县	37.06	昆山市	21.06	洪泽县	35.63	丹阳市	55.01
无锡市辖区	44.20	吴江市	43.23	盱眙县	93.15	扬中市	10.97
江阴市	41.76	太仓市	35.06	金湖县	49.78	句容市	66.63
宜兴市	65.24	南通市辖区	16.59	盐城市辖区	100.47	泰州市辖区	21.09
徐州市辖区	46.65	海安县	55.23	响水县	61.78	兴化市	109.25
丰县	73.14	如东县	94.18	滨海县	95.34	靖江市	29.74
沛县	76.44	启东市	40.41	阜宁县	86.60	泰兴市	73.50
铜山县	93.13	如皋市	81.71	射阳县	98.24	姜堰市	63.53
睢宁县	79.06	通州市	80.29	建湖县	64.88	宿迁市辖区	93.96
新沂市	79.37	海门市	52.21	东台市	83.73	沐阳县	90.09
邳州市	90.06	连云港市辖区	13.77	大丰市	94.80	泗阳县	70.32
常州市辖区	79.17	赣榆县	67.86	扬州市辖区	34.42	泗洪县	70.85
溧阳市	68.44	东海县	91.40	宝应县	76.65		
金坛市	45.33	灌云县	94.58	仪征市	49.61		
苏州市辖区	51.35	灌南县	59.33	高邮市	76.93		

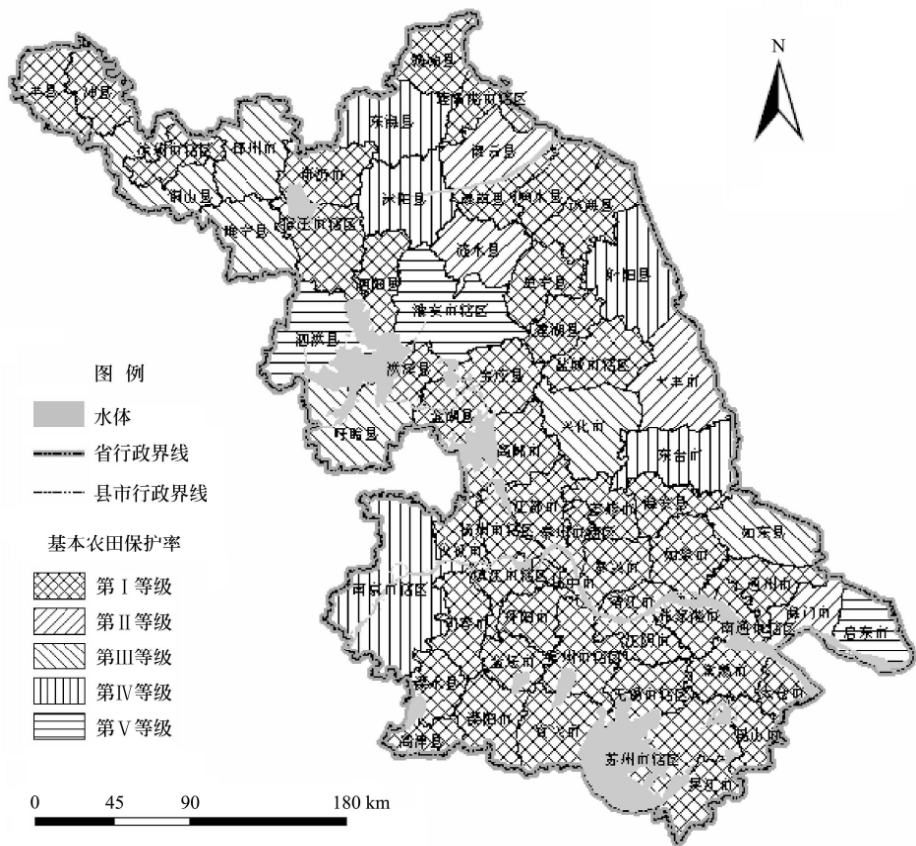


图 3 基本农田保护率空间分布  
Fig.3 Spatial distribution of prime farmland protection ratio

3 结 论

1) 基本农田保护是保证中国粮食安全的重要手段，考虑到耕地土壤生态质量、生产能力、利用状况以及地

区经济社会发展等因素，构建耕地入选基本农田综合评价指标体系，以期切实评价耕地入选基本农田的潜力，为基本农田数量分解和空间分布提供了科学依据。  
2) 运用“熵权法”进行耕地入选基本农田评价指标

权重的确定,大大减少了专家确定权重中的人为影响;采用“组合评价法”形成多角度评价后的综合平衡,削弱了评价方法异常评价结果的影响,可以使耕地入选基本农田评价结果更加科学与合理。

3) 本研究在综合评价耕地入选基本农田潜力的基础上,以保证粮食安全为导向,采用多目标规划模型,使基本农田指标分解结果尽可能与各评价单元耕地入选基本农田潜力组合评价价值相匹配,并保证粮食产量的最大化来保障区域粮食安全,优化了现有基本农田指标分解决策方法。

4) 江苏省耕地入选基本农田评价与决策研究结果表明:与土壤质量与粮食产量等因素相比,社会经济发展是江苏省耕地入选基本农田的主导影响因素;同时,根据基本农田分解决策结果,江苏省 69.23% 的评价单元基本农田保护率达到了 100%,表明该省大部分县市城市化、工业化侵占耕地已基本达到极限,急需尽快转型为集约化内涵挖潜发展模式。

#### [参 考 文 献]

- [1] 孔祥斌,靳京,刘怡,等. 基于农用地利用等别的基本农田保护区划定[J]. 农业工程学报, 2008, 24(10): 45—51.  
Kong Xiangbin, Jin Jing, Liu Yi, et al. Planning method of the prime farmland protection zone based on farmland utilization grade[J]. Transactions of the CASE, 2008, 24(10): 46—51. (in Chinese with English abstract)
- [2] 刘新卫. 中国耕地保护政策回顾(二) [EB/OL]. [2008-06-25] [http://www.lrn.cn/zjtg/academicpaper/200806/t20080625\\_246022.htm](http://www.lrn.cn/zjtg/academicpaper/200806/t20080625_246022.htm).
- [3] 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.  
Nie Qinghua, Bao Haosheng. A review and preview of prime farmland protection in P. R. China[J]. China Population, Resources and Environment, 1999, 9(2): 31—35. (in Chinese with English abstract)
- [4] 钟太洋,黄贤金,马其芳,等. 区域人均基本农田需求面积测算模型及应用: 以江苏省为例[J]. 自然资源学报, 2006, 21(5): 717—725.  
Zhong Taiyang, Huang Xianjin, Ma Qifang, et al. Theoretical model and its application of regional per capita basic farmland area: A case study of Jiangsu province[J]. Journal of Natural Resources, 2006, 21(5): 717—725. (in Chinese with English abstract)
- [5] 常茂德,严国民. 甘肃省黄河流域实现粮食基本自给基本农田建设规模研究[J]. 中国水土保持, 1999, (12): 31—32.
- [6] 张蕾娜,刘晓燕. 农用地分等定级成果在基本农田保护中的应用研究[J]. 地域研究与开发, 2007, 26(4): 87—88, 115.  
Zhang Leina, Liu Xiaoyan. Outcome application of agriculture land classification and graduation on the protection of prime farmland[J]. Areal Research and Development, 2007, 26(4): 87—88, 115. (in Chinese with English abstract)
- [7] 樊闽. 农用地分等定级成果在规划修编中的应用[J]. 中国土地, 2006, (10): 15—16.
- [8] 石英,朱德举,程峰,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 CASE, 2006, 22(3): 27—31. (in Chinese with English abstract)
- [9] 程峰,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)
- [10] 王红梅,廖丽君,杜国明,等. 基于农用地分等的基本农田补划案例分析[J]. 农业工程学报, 2008, 24(10): 52—55.  
Wang Hongmei, Liao Lijun, Du Guoming, et al. Case analysis of basic farmland addition based on the classification of agriculture land[J]. Transactions of the CASE, 2008, 24(10): 52—55. (in Chinese with English abstract)
- [11] 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): 45—51.  
Chen Wenbo, Zhao Lihong, Ye Mingzhu, et al. Approach to determination and allocation of prime farmland in provincial land use planning[J]. China Land Science, 2006, 20(6): 45—51. (in Chinese with English abstract)
- [12] 柯新利. 改进熵权系数法在基本农田指标分解中的应用[J]. 湖北农业科学, 2008, 47(7): 779—781.  
Ke Xinli. Application of advanced entropic coefficient method to distribute basic farmland guideline[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2008, 47(7): 779—781. (in Chinese with English abstract)
- [13] 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)
- [14] 彭志群,杨承新. 基于熵权系数法的产业集群演化能力评价[J]. 生产力研究, 2008, (9): 119—120.
- [15] 彭国甫,李树丞,盛明科. 应用层次分析法确定政府绩效评估指标权重研究[J]. 中国软科学, 2004, (6): 136—139.  
Peng Guopu, Li Shucheng, Sheng Mingke. AHP in evaluating government performance: Determining indicator weight[J]. China Soft Science, 2004, (6): 136—139. (in Chinese with English abstract)
- [16] 王文娟,王子彦,陈延斌. 基于密切值法的组合赋权多属性决策方法研究[J]. 数学的实践与认识, 2008, 38(13): 32—38.  
Wang Wenjuan, Wang Ziyang, Chen Yanbin. Study on method of combination weighting in multiple attribute decision



- making based on association value method[J]. *Mathematics in Practice and Theory*, 2008, 38(13): 32—38. (in Chinese with English abstract)
- [17] 王芳. 社区卫生服务绩效评价指标体系研究[D]. 湖北: 华中科技大学同济医学院, 2006.
- Wang Fang. Study on performance assessment indicator system of community health service[D]. Hubei: Department of Social Medicine School of Public Health Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, 2006. (in Chinese with English abstract)
- [18] 姚纪明, 于炳松, 车长波, 等. 组合法在塔里木盆地石油产量预测中的应用[J]. *自然资源学报*, 2009, 24(5): 905—914.
- Yao Jiming, Yu Bingsong, Che Changbo, et al. Application of a combination forecast model in the trend forecast of oil production in the Tarim Basin[J]. *Journal of natural resources*, 2009, 24(5): 905—914. (in Chinese with English abstract)
- [19] 郭显光. 一种新的综合评价方法: 组合评价法[J]. *统计研究*, 1995, (5): 56—59.
- [20] Ignizio J P. 单目标和多目标系统线性规划[M]. 上海: 同济大学出版社, 1986.

## Evaluation and decision-making for selecting cultivated land into prime farmland

Wu Fei<sup>1,2</sup>, Pu Lijie<sup>1,3\*</sup>, Xu Yan<sup>1</sup>, Zhu Ming<sup>1</sup>

(1. School of Geography and Ocean Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China;

2. Territorial Resources Department of Jiangsu, Nanjing 210029, China;

3. Key Laboratory of Land Use Ministry of Land and Reasources, Beijing 100029, China)

**Abstract:** Considering that there is not a systematic evaluation method for prime farmland selection and assignation, an evaluation index system was built up including soil quality, grain production, land use status and regional economic level. Aiming at food security, prime farmland protection target of Jiangsu Province was assigned to each county based on a combinatorial evaluation method. The results showed that social and economic factors weighted much more than soil quality and grain production in the assignation. With rapid urbanization and industrialization, most of the counties in Jiangsu Province had reached a precipice of farmland lost and desiderated a transformation of development model to an intensive one. The research would contribute to prime farmland planning in the new run of the land use comprehensive planning.

**Key words:** land use, indexing, regional planning, prime farmland protection, evaluation index system, target assignation, Jiangsu Province