

· 农业区划 ·

江苏省耕地保护区划研究

付光辉^{1,2}, 刘友兆²

(1. 南京工业大学管理科学与工程学院, 南京 210009; 2. 南京农业大学土地管理学院, 南京 210095)

摘要 文章以江苏省58个县级行政区为区划单元,应用主成分分析法得出影响耕地保护的4个主成分,在此基础上应用聚类分析法初步得出耕地保护区,再结合定性分析最后确定六大耕地保护区。从区划结果看,与江苏省综合农业区划相一致,与客观实际能很好地吻合,说明应用综合数值分析模型研究耕地保护区划是成功的。最后,对得出的六大耕地保护区进行了简要的分析,为有计划分区制定耕地保护政策、措施提供了理论基础。

关键词 江苏省 主成分分析 聚类分析 耕地保护区

由于社会经济发展、人口增长和非农业建设等占用大量耕地,致使耕地日益减少,耕地保护形势日益严峻。不同地区由于其自然条件和社会经济发展水平等存在差异,影响着耕地数量、耕地质量以及粮食产量等,使每一地区的耕地保护形势、任务及目标有所不同。因此,有必要对耕地进行区域划分,根据各个地区经济发展的实际合理规划用地,制定适合当地情况的区域性耕地保护政策,使耕地保护和经济发展能够协调。

江苏省作为中国一个经济发展较快的省份,其经济发展与耕地保护和利用之间存在的问题在全国具有一定的超前性和代表性。该文以江苏省为例,用定性与定量相结合的方法,对省内58个县级行政区进行耕地保护类型区划,旨在摸清全省耕地保护的现状,为分区制定耕地保护政策、措施提供理论基础。

一、耕地保护区划原则和依据

(一) 耕地保护区划原则

1. 地域分异原则。地域分异规律是区划的理论基础。应根据耕地的自然特征、耕地经营利用方式以及当地经济发展条件的差异性,进行区域的划分。江苏省地域差异非常明显,淮河横穿苏北,成为自然地理的分界线,淮河以北属于暖温带季风气候;以南属于北亚热带季风气候。江苏省经济发展水平可分为苏南、苏中、苏北三个等级,苏南经济条件最好,农业投入大,收益高,但耕地减少数量大、速度快;苏北经济相对落后,农业投入相对少,耕地面积减少速度最慢;苏中经济介于两者之间,耕地减少的速度亦大体介于两者之间^[1]。

2. 综合分析原则。运用地域分异因素和地域分异规律进行分区时,存在着两种不同的区划原则:综合分析原则和主导因素原则^[2]。综合分析原则强调在进行某一级区划时,必须全面考虑构成环境的各组成成分和其自身综合特征的相似和差别,挑选具有相互联系的指标作为确定区界的根据。这要求耕地保护区的划分,必须从系统分析的原理和方法出发,强调耕地保护目标与区域发展目标相协调,以便将来实施具体的措施时,能兼顾到社会、经济和生态的整体效益。耕地本身是一个处于复杂的社会、经济、生态系统的动态子系统。

3. 主导因素原则。主导因素原则强调选取反映区域分异的主导因素的某一主导指标作为确定区界的主要根据,并特别强调按统一指标进行分区。要求把系统的主导因素的一致性作为划区的重要依据。根据耕地自身特征和耕地保护措施的一致性,考虑区域内主要解决的耕地保护和经济发展问题,协调两者之间

的关系，达到两者的平衡。

4. 行政区域完整性原则。保持一定级别行政区（如县、市级）的一致性，便于采取行政的、法规的和其他调控措施^[3]。该文以县级行政区为区划单元。

(二) 耕地保护区划依据

该文以江苏省 58 个县级行政区为区划单元，如果把每个县、市作为一种类型的耕地保护区对待，把耕地保护类型相似的县、市，通过构建综合数值分析模型则可合并为耕地保护区。为了使合并的耕地保护区具有科学性，采取定性和定量相结合的方法，在区划原则上仍将考虑耕地的自然特征、耕地经营利用方式以及当地经济发展条件的相似性，耕地利用存在问题、利用方向、改造与利用措施的类似性。

二、耕地保护区划指标体系

耕地本身是一个处于复杂的社会、经济、生态系统的动态子系统，即社会、经济、生态等子系统对耕地数量、质量的变化起着重要作用。因此，按照系统性原则、科学性原则、可操作性原则，从社会可接受性、经济可行性和生态合理性等方面构建耕地保护区划指标体系（表 1）。这个体系由一系列反映和影响耕地数量、质量的指标来确定，体现了耕地保护的社会效益、经济效益、生态效益的统一。

表 1 耕地保护区划指标体系

准 则	指 标	作 用
生态合理性	耕地绝对数量(x ₁)、人均耕地面积(x ₂)、占全省耕地面积的比重(x ₃)、复种指数(x ₄)、有效灌溉面积(x ₅)、水田面积(x ₆)、农户经营耕地面积(x ₇)	反映耕地数量的多少
经济可行性	粮食总产量(x ₈)、粮食单产(x ₉)、人均粮食占有量(x ₁₀)、粮食播种面积(x ₁₁)	反映耕地产出水平的高低
社会可接受性	人口总量(x ₁₂)、人口密度(x ₁₃)、人口自然增长率(x ₁₄)、城市化水平(x ₁₅)、GDP 总量(x ₁₆)、人均 GDP(x ₁₇)、GDP 增长率(x ₁₈)、农村人均收入(x ₁₉)、基本建设投资额(x ₂₀)	反映耕地保护面临压力的大小

三、综合数值分析法的方法和步骤

(一) 用主成分分析法建立综合指标

耕地保护区划指标体系含有大量指标，直接用此进行区划研究，不仅增加了分析难度，同时也存在着部分指标间信息重叠，干扰区划结果等问题。主成分分析（Principle Component Analysis，简称 PCA）是研究如何将多指标问题化为较少的综合指标问题的一种多元统计方法，该方法通过对原始变量相关矩阵内部结构关系的研究，找出影响某一变化过程的几个综合指标，不仅保留了原始的主要信息，又使其彼此之间互不相关，比原始变量具有某些更优越的性质，能在研究复杂问题时容易抓住主要矛盾^[4-6]。所以可以用主成分分析法对原始数据进行一些必要的筛选。

1. 主成分分析法原理和计算步骤：设有 n 个区域，每个区域测得 p 个指标，总共有 np 个观测数据（n=58，p=20，np=1 160，下同），把单项指标记为 x₁，x₂，…，x_p；综合指标记为 Z₁，Z₂，…，Z_m（m≤p）。则有 $Z_k = \sum_{j=1}^p l_{kj} \times X_j$ ，k=1，2，3，…m；j=1，2，3，…p，其中，系数由下列原则来决定：（1）Z_i 与 Z_j（i≠j，i，j=1，2，3，…，m）相互无关；（2）Z₁ 是 X₁，X₂，X₃，…X_p 的一切线性组合中方差最大的；Z₂ 是与 Z₁ 不相关的所有线性组合中方差最大的；…；Z_m 是 Z₁，Z₂，…，Z_{m-1} 与多不相关的所有线性组合中方差最大的。这样决定的综合指标 Z_k（k=1，2，3，…，m）分别称作原始指标的第一，第二，…，第 m 主成分。

具体计算步骤如下：

第一步，将原始数据标准化，计算指标间的相关系统，构成相关系数矩阵 R=（r_{ij}）p×p。

第二步，计算特征值和特征向量。根据特征方程 |R-λ I|=0 计算特征值，即解 r_nλ^p+r_{n-1}λ^{p-1}+Δ+…+r₀=0 的特征多项式，求 λ₁，λ₂，…λ_p 并按大小顺序列出关于特征值 λ_k 的特征向量 l_k=[l_{k1}，l_{k2}，…，l_{kp}]^T，Rl_k=λ_kl_k。

第三步，计算贡献率 λ_k/∑_{i=1}^pλ_i 和累积贡献率 ∑_{i=1}^p（λ_i/∑_{i=1}^pλ_i）。一般取累积贡献率达 75% 以上的特征值 λ₁，

$\lambda_2, \Delta \lambda_m (m \leq p)$ 对应的主成分即可。

第四步, 计算主成分得分 $Z_k = \sum_{i=1}^p l_{ki} \times x_{ij}^*$ 。

表 2 主成分特征值及其贡献率

主成分	特征值	贡献率(%)	累计贡献率(%)
I	7.265	36.326	36.326
II	4.008	20.042	56.368
III	2.188	10.924	67.310
IV	1.088	8.216	75.526

2. 计算结果分析。根据 2002 年江苏统计年鉴数据, 经主成分分析获知: 前 4 个主成分的累计贡献率可达 75.526% (表 2), 超过一般标准 (75%), 故可将 20 个原始指标综合成 4 个新的综合变量。

根据计算得到的特征值和特征向量 (表 2、表 3), 一般选取其中相关系数绝对值较大的作为代表主成分分析提取因子的综合指标。从而, 这 4 个主成分的含义如下: ①主成分 I 与 x_1 、 x_3 、 x_8 、 x_{11} 有较大的相关性, 是耕地数量多少和耕地产出水平的综合指标。②主成分 II 与 x_{12} 、 x_{13} 相关性较强, 集中体现影响耕地保护的人口压力。③主成分 III 是复种指数 (x_4)、水田面积 (x_6) 和粮食单产 (x_9) 的线性组合, 体现了耕地状况和粮食生产情况。④主成分 IV 与 x_2 、 x_{18} 即人均耕地和 GDP 增长率相关性显著, 体现社会经济状况对耕地保护的影响。

(二) 利用综合指标对区域进行聚类

- (1) 利用主成分分析得到的 4 个主成分得分代替原始指标。
- (2) 建立聚类距离矩阵

$$D_{ij} = \sum_{k=1}^m (Z_{ik} - \bar{Z}_i) \cdot (Z_{jk} - \bar{Z}_j);$$
 D 代表距离, n_j 为 G_j 类的样本个数。

- (3) 对距离矩阵进行变换, 由维希特 (Wishart) 公式

$$D_{kr}^2 = \alpha_p D_{kp}^2 + \alpha_q D_{kq}^2 + \beta D_{pq}^2 + \gamma |D_{kp}^2 - D_{kq}^2|$$

将 G_p 和 G_q 归为 G_r 类。 D_{kr} 是新类 G_r 与其他各类的相似矩阵。系数取:

$$\alpha_p = \frac{n_k + n_p}{n_k + n_r}; \alpha_q = \frac{n_k + n_q}{n_k + n_r}; \beta = -\frac{n_k}{n_k + n_r}; \gamma = 0;$$

利用离差平方和法 (Ward method) 进行 n-1 次变换得出聚类结果。

- (4) 绘制聚类谱系图, 如图 1。



图 1 江苏省 58 个县 (市) 聚类谱系图

(三) 划分耕地保护类型区

根据上述聚类分析得出的耕地保护聚类谱系图, 取 $D=7.190$ 可将江苏省 58 个县、市分为六种类型区 (图 1)。定量分析法划分的耕地保护类型区, 反映了各类型区耕地保护形势的相似性及其亲疏程度。

但还存在着如下问题：如不少县、市归属不当，在地理空间上不能与邻近县、市连成一片，有鉴于此，根据耕地保护区域的联系性和相似性，对初步区划结果进行调整，涉及 10 个县市，最终形成了江苏省耕地保护区划方案（图 2）。这一结果与江苏省综合农业区划相一致，能与客观实际很好的吻合，说明应用综合数值分析模型研究耕地保护区划是成功的。

表 3 主成分特征向量

变量	主成份			
	I	II	III	IV
X ₁	0.887	0.329	0.160	0.001
X ₂	0.070	-0.301	0.025	0.835
X ₃	0.887	0.329	0.160	0.001
X ₄	0.164	0.435	-0.506	-0.215
X ₅	0.681	0.370	0.161	0.009
X ₆	0.465	0.344	0.544	0.088
X ₇	0.507	-0.585	0.392	0.008
X ₈	0.867	0.402	0.194	-0.017
X ₉	-0.327	-0.270	0.564	-0.327
X ₁₀	0.635	-0.343	0.468	0.001
X ₁₁	0.877	0.425	0.054	0.034
X ₁₂	0.554	0.749	-0.202	-0.025
X ₁₃	-0.362	0.713	-0.439	0.053
X ₁₄	0.359	-0.411	-0.264	-0.014
X ₁₅	-0.574	0.150	0.310	0.137
X ₁₆	-0.546	0.690	0.292	0.076
X ₁₇	-0.789	0.341	0.366	0.103
X ₁₈	-0.184	0.073	0.173	-0.826
X ₁₉	-0.781	0.404	0.344	-0.012
X ₂₀	-0.481	0.600	0.247	0.251

比重大，仅丰县就有中低产田 4.39 万 hm^2 ，占该市总耕地面积的 57.53%。培肥养田，提高耕地生产力，该区耕地保护的重要举措。依靠科技与投入，改善农田生态环境，走生态农业道路；实行农林牧结合，发展食草畜养，增辟肥源；大力推广秸秆还田新技术，提高耕地土壤有机质含量；以田养田，不搞掠夺性经营，逐步提高耕地肥力。

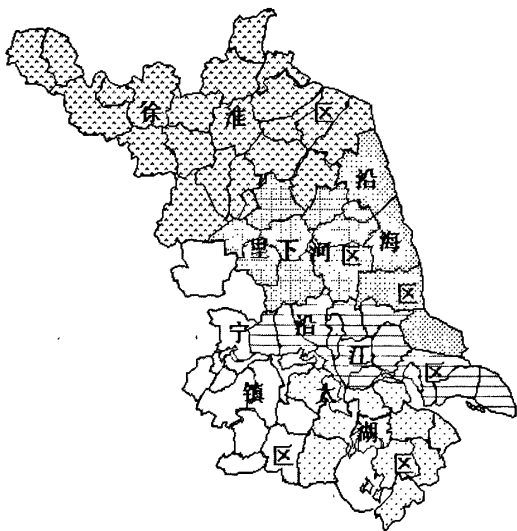


图 2 江苏省耕地保护区划

四、江苏省六大耕地保护类型区简析

(一) 徐淮区

位于淮河和苏北灌溉总渠一线以北，包括丰县、沛县、睢宁、灌云、滨海、新沂、泗阳、赣榆、灌南、铜山、宿豫、沐阳、东海、泗洪、响水、邳州、阜宁、涟水等 18 县、市，属暖温带暖湿季风气候，地貌以黄泛平原为主。全区土地总面积 3.09 万 km^2 ，2001 年耕地总面积 163.89 万 hm^2 ，占全省耕地总面积的 32.95%，旱作比重较大，水田少，人均耕地面积 0.091 hm^2 ，农户经营耕地面积在 0.30 hm^2 以上，粮食单产略低。该区各县、市人口密度除盱眙、泗洪和响水略低外，其余均在 750 人/ km^2 左右，人口自然增长率较高，在 4.52‰ 左右，城市化水平在 14%~20% 之间。

该区尚有较多半利用半闲置的耕地资源可供开发，主要分布在海州湾、洪泽湖、骆马湖和黄河故道等地区，仅灌云县就有 0.26 万 hm^2 荒地^[7]，但分布零散，开发难度较大。该区粮食单产较低，中低产田

(二) 里下河区

包括建湖、宝应、盐都、高邮、兴化、洪泽、金湖等位于江苏省中部，处于江淮之间，地势低洼平坦，河湖纵横，水网密布，气候温和，雨量充沛，土壤以水稻土为主，保水保肥力强，耕地质量较好，粮食单产较高。土地总面积 1.14 万 km^2 ，2001 年耕地总面积 62.32 万 hm^2 ，占全省耕地总面积的 12.53%。各县、市垦殖系数较高，耕地占土地面积的比重较大，约在 50% 以上，是全省耕地比重较高的类型区，而且水田较多，约占耕地面积的 90% 以上，有效灌溉率较高，是重要的优质稻米生产基地。各县、市人均耕地面积在 0.090~0.100 hm^2 之间，农户

经营耕地面积在 0.33hm^2 以上,人均粮食占有量为 637kg 。各县、市人口密度除高邮略低外,其余为 $600\sim 700$ 人/ km^2 ,人口自然增长率约为 2.33% ,经济增长速度较快,达 8.69% 。

该区河流湖泊众多,近几年来水产养殖业发展迅速,由于该业比较利益远远大于种植业,因此,大量耕地被挖做鱼塘,据统计,仅 2001 年高邮挖鱼塘就占用耕地 $3\,360\text{hm}^2$,可见,在农业结构调整中保护耕地形势更加严峻。该区耕地后备资源不足,分布零星,中低产田分布区域性强,主要集中在丘陵、沿湖地区,其中丘陵地区中低产比重高达 92.2% ,沿湖地区为 80.3% 。以市场为导向,合理调整种植业结构,提高复种指数,生产名特优农产品;变粗放经营为集约化经营,充分挖掘耕地潜力。同时,加强土地复垦和土地整理,提高土地使用效率,同时努力降低农业生产成本,提高粮食单产,以保证粮食总产量的稳定增加。

(三) 沿海区

位于江苏省东部沿海,苏北灌溉总渠一线以南,由东台、如东、射阳、大丰四县、市组成,属亚热带湿润季风气候,因滨临黄海,又具有比较典型的沿海气候特征,地貌以滨海平原为主,地势低平。该区土地总面积 $9\,162\text{km}^2$,2001 年耕地总面积 47.41 万 hm^2 ,占全省耕地总面积的 9.53% ,人均耕地数量较多,在 0.10hm^2 以上,是全省人均占有耕地最多的类型区,而且后备耕地资源丰富,垦殖指数低,耕地生产潜力较大。各县、市农户经营耕地面积在 $0.35\sim 0.53\text{hm}^2$ 之间,粮食单产约为 $6\,166\text{kg}/\text{hm}^2$,人均占有粮食较多,约 712kg ,复种指数较高,达 1.83 。该区四县市人口密度较低,人口增长慢,如东和东台人口都是负增长,城市化水平约为 26.61% 。

该区沿海滩涂广阔,资源丰富,开发好这部分土地资源对于增加耕地有重要的意义。从滩涂类型上看,以射阳港为界,以北是侵蚀性海岸,开发潜力小;以南是淤长型海岸,每年以 0.13 万 ~ 0.20 万 hm^2 的速度向海淤长,滩面宽,宜于发展种植业,可以采取集中连片、规模开发,在不影响生态环境前提下围垦部分地势高、土质好的滩涂,兴修水利,引淡淋盐,改良盐碱土,建立机械化小农场,实行集约化经营,提高规模效益。

(四) 沿江区

范围涉及海安、姜堰、江都、如皋、通州、泰兴、启东、海门、扬中、靖江、仪征等 11 县、市,位于长江两岸,但大部分面积在江北,光热资源条件好,农业气候优越,土壤主要是潮土和水稻土,有利于粮食生产和农业深度经营。该区土地总面积 $9\,073\text{km}^2$,其中耕地 65.07 万 hm^2 ,占全省耕地总面积的 13.08% ,人均耕地数量较少,仅有 0.058hm^2 ,而且,该区后备耕地资源甚少,这将成为该区耕地保护和可持续发展的一个制约因素。该区各县、市农户经营耕地面积仅为 0.23hm^2 ,粮食单产约为 $6\,025\text{kg}/\text{hm}^2$,农业用地集约化程度较高,复种指数高,一般在 2.0 以上。该区人多地少,人口密度大,除仪征略低,为 654 人/ km^2 外,其余各县、市均达 800 人/ km^2 以上,人口压力较大。

该区是江苏省沿江开发战略实施的前沿,耕地非农化现象严重。一方面,通过加强规划管理,尽量不占或少占耕地;另一方面,通过提高耕地非农化的成本,阻止大量耕地被占用。另外,针对有些地方出现的粮食增产不增收,而导致抛荒、撂荒现象,应该采取措施提高农民的种粮积极性。

(五) 宁镇区

位于江苏省西南部,包括南京市全部、丹徒、金坛、溧阳和盱眙等 9 县、市。该区地貌以低山丘陵为主,农业生产条件较差,中低产田较多。全区土地总面积 1.14 万 km^2 ,2001 年耕地总面积 50.48 万 hm^2 ,占全省耕地总面积的 10.15% ,人均耕地数量较多,在 0.106hm^2 左右,而且后备耕地资源丰富,粮食单产较高,但复种指数较低,仅有 1.34 。该区各县市人口规模不大,一般在 50 万人,人口密度较低,城市化水平中约为 26.26% 。

该区后备耕地资源分布零星分散,而且,大多是经开垦利用后,因收益较差而成荒的。这类土地虽自然条件尚好,但由于不具备相对独立的规模开发,只能逐步进行复垦,列入周围耕地中统筹考虑进行开发,可见,该区后备耕地资源开发潜力优势和开发难度并存。同时,该区还应加强土地整理,增加农业投

人,加强面广量大的低产耕地改良,防止水土流失,提高粮食单产,以保证粮食总产量的稳定增加。

(六) 太湖区

位于江苏省东南部,包括江阴、张家港、常熟、昆山、吴江、太仓、宜兴、丹阳、武进 10 县、市,农业气候温和湿润,四季分明,光热水同步协调,地势平坦,土壤肥沃。全区土地总面积 1.01km²,其中耕地 50.04 万 hm²,占全省耕地总面积的 10.06%,该区农业生态环境良好,旱涝保收农田面积比重大,农村经济实力雄厚,农业机械化和电气化水平较高,农业用地集约化程度较高。该区各县、市人口数量大,人均耕地数量甚少,仅有 0.064hm²,人均粮食占有量仅为 379kg。人口密度高,各县、市均达 700 人/km² 以上,人多地少,农地非农化严重,人地关系矛盾比较突出。

提高耕地非农化的成本,防止大量耕地被占用,促进土地的节约、合理利用是本区耕地保护的良策。很多地区、部门觉得占用耕地有利可图,于是肆意占用耕地,尤其是城郊结合部的优质良田。而一旦提高了耕地非农化的成本,就迫使转向利用闲置土地、开发利用废弃地、进行内部拆迁改造等,这样就促进了土地的节约、合理利用,保护了耕地。同时应转变土地利用方式,走内部挖潜的道路,加强内部拆迁改造和土地整理的力度,耕地向规模经营集中,工业向园区集中,居民向城镇集中,以提高土地配置和利用效率。另外,该区耕地污染现象也较严重,工业“三废”是其主要原因。目前,治理耕地污染还是一个世界性的难题,至今还没有令人满意的净化措施,现有的治理方法代价高昂,净化周期长,效果也不理想,因此,预防耕地污染就显得尤为重要。

参考文献

- 1 王飞,邢世和.作物种植区划研究进展.中国农业资源与区划,2007,(5)
- 2 潘树荣,伍光平等.自然地理学.北京:高等教育出版社,1996
- 3 周灵霞,谢俊奇.西部地区土地生态建设与保护区划.中国农业资源与区划,2002,2(1):1~5
- 4 袁志发,周静宇.多元统计分析.科学出版社,2002
- 5 康锡言,马辉杰.因子分析在农业气候区划建立模型中的应用.中国农业资源与区划,2007,(4)
- 6 张超,杨秉庚.计量地理学.北京:高等教育出版社,1996
- 7 江苏省农业资源开发局,江苏省农业资源区划办公室.江苏省农业后备资源调查与评价.北京:中国农业出版社,2001

STUDIES ON REGIONAL PLANNING FOR ARABLE LAND PROTECTION BY APPLYING COMPREHENSIVE NUMERICAL VALUE ANALYSIS METHOD IN JIANGSU PROVINCE

Fu Guanghui^{1,2}, Liu Youzhao²

(1. Management Science and Engineering College, Nanjing Industry University, Nanjing 210009;

2. Land Management College, Nanjing Agriculture University, Nanjing 210095)

Abstract This paper takes 58 districts of county level in Jiangsu province as unit for regional planning, adopts major element analysis method and gains 4 main elements which will influence arable land protection. On this basis, it applies clustering analytical method and gains regions for arable land protection. Then combining qualitative analysis, 6 big arable land protection regions were confirmed at last. From the results of regional planning, it is identical with the comprehensive agriculture regional planning of Jiangsu Province and can inosculate with the subjective reality. This indicates that using comprehensive numerical value analysis model to study regional planning of arable land protection is successful. Before ending this paper conducts simple analysis on 6 arable land protection regions, so as to provide theoretical basis for developing arable land protection policies and measures according to different regions and in a planned way.

Keywords major element analysis; clustering analysis; arable land protection region; Jiangsu Province