

农用地分等指标区与参评因素定量确定*

李如海 周生路 宋佳波 叶方 朱青

(南京大学城市与资源学系, 南京 210093)

摘要 指标区及参评因素的科学确定是农用地分等结果准确的前提和基础。本文在分析农用地分等指标区和参评因素确定的目的、原则和要求的基础上,以江苏省宜兴市为例,尝试采用聚类分析和主成分分析方法定量划分农用地分等指标区,并确定各指标区分等的主导参评因素。结果表明,定量方法能够客观科学地进行分等指标区的划分及各区分等主导参评因素的确定,并促使分等结果更为准确。

关键词 农用地分等; 指标区; 定量方法; 宜兴市

中图分类号 F062.1 文献标识码 A

农用地分等是国家进行农用地土地资源质量核查、实施耕地占补平衡、确定农用地征地补偿标准、促进农村土地市场发展的重要基础性工作。其中分等指标区及分等参评因素的科学确定是农用地分等结果准确的前提和基础^[1,2]。目前农用地分等指标区主要按照农业区划结果划分,分等参评因素则根据控制区内农业生产的限制性确定^[3,4]。这种方法不仅带有较强的主观性,而且两者在目的、依据、方法等方面均存在很大差异,因此划分结果并不一定能满足农用地分等的要求。为此,本文拟以江苏省宜兴市为例,根据农用地分等指标区及分等参评因素确定的目的、原则和要求等,尝试采用聚类分析^[5]和主成分分析^[6,7]等定量方法来划分农用地分等指标区,确定各指标区分等主导参评因素。

1 分等指标区划分的目的、原则和要求

1.1 指标区划分的目的

农用地分等旨在反映构成农用地质量相对稳定的自然和经济因素的差异,而这些因素在研究区内往往存在一定差异。因此,计算农用地等别指数时,首先应进行分等指标区划分,即根据农用地等别影响因素空间及组合差异,将研究区细分成若干个区域,从而更加准确地确定各细分区域的分等参照作物(即指定作物),以及进行水、土资源质量订正的参评因素,把握各细分区域分等参评因素指标数值的空间

变化及其对农业生产的影响性,更加科学合理地确定分等参评因素质量优劣的标准和影响作用权重。

1.2 指标区划分的主要原则

除一般区划和分区原则^[8,9]外,农用地分等指标区划分应特别遵循以下原则:

(1) 地域分异原则。指标区划分时应考虑研究区内农用地等别影响因素及其指标数值的地域相似性与差异性,挑选地域上具有相互联系的因素及指标数据作为指标区区界划分的依据。

(2) 主导和统一性原则。应选取反映农用地等别区域差异的主导性因素及其主导、标志性指标数据作为指标区区界划分的依据,并按统一的指标体系(包括因素及其指标数据)进行分区。

(3) 关联分析原则。一个地区土地利用类型和方式是在该地区自然和经济诸多因素条件下长期实践的结果,并能一定程度上反映农用地等别影响因素的地域差异性。因此,应充分考虑土地利用类型和方式与指标区划分之间的关联性。

1.3 指标区划分的要求

分等指标区是每套分等参评因素及其评价指标体系的适用区,每个指标区均可建立一套经过科学分析论证的分等因素和指标体系,被选因素对农用地等别影响显著,未选因素则影响很小或不明显;各指标区农用地分等时将只采用该指标区对应的分等因素体系;不同指标区之间虽然分等指定作物可能一样,但分等参评因素及其影响作用权重、指标一分值量化标准和方法等均可能会有所差异。

* 国土资源大调查“江苏省农用地分等研究”(批准号 2001133)的部分内容

作者简介:李如海(1964~),男,江苏兴化人,在读博士研究生,研究方向为土地资源与管理。E-mail: lirh@jsmnr.gov.cn

收稿日期:2003-06-04;收到修改稿日期:2004-01-10

2 主要步骤和方法

2.1 指标区划分参比因素的初步选取

根据农用地分等指标区划分的目的、原则和要求, 指标区划分的参比因素可分为三大类, 即自然条件、区域土地利用结构和区域耕地种植结构。就江苏省宜兴市而言, 其中自然条件因素主要包括地形条件(主要为地形坡度和地形高程)、土壤条件(包括土壤 pH 值、有机质含量、耕层厚度、表土质地、障碍层深度)、灌溉排水条件(包括灌溉保证率、排水条件)、生态环境状况(主要为水土流失程度)等; 区域土地利用结构和区域耕地种植结构为农用地等别的相关因素, 前者包括水田、旱地、园地、林地、草地、工矿居民点用地、交通用地、水域和未利用地面积比例, 后者包括水稻、小麦和油菜播种面积比例。

2.2 聚类分析划分指标区

根据研究区分等单元上述参比因素因子数据, 采用系统聚类法对各分等单元进行归类, 得出指标区划分结果。主要步骤和处理方法如下:

(1) 采用标准差法进行参比因素因子指标原始数据标准化, 公式为:

$$Y_{(i,j)} = [X_{(i,j)} - \bar{X}_{(j)}] / S_{(j)}$$

式中, $Y_{(i,j)}$ — i 单元 j 因子标准化指标值; $X_{(i,j)}$ — i 单元 j 因子指标原始数据; $\bar{X}_{(j)}$ —研究区各单元 j 因子指标平均值; $S_{(j)}$ —研究区各单元 j 因子指标值标准差。

(2) 采用欧氏距离法计算各单元参比因素的相似性系数, 并按一定阈值标准, 以相似性系数最大化为原则将参比因素最为相似的两个单元归为一指标区。相似性系数的计算公式为:

$$F_{(i,j)} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n [X_{(i,k)} - X_{(j,k)}]^2}$$

式中, $R_{(i,j)}$ — i 单元与 j 单元参比因素相似性系数; $X_{(i,k)}$ — i 单元 k 因子标准化指标值; $X_{(j,k)}$ — j 单元 k 因子标准化指标值; n —指标区划分参比因子总数。

(3) 参比因素最为相似的两单元归为同一指标区后, 计算该指标区与(2)中其它尚未归并单元或指标区间参比因素相似性系数, 并按(2)中方法进行类群归并。设最为相似两单元 U_a 、 U_b 归并的指标区为 U_d , 则 U_d 与其它单元或指标区 U_k 参比因素相似性系数 $R_{(d,k)}$ 计算公式为:

$$R_{(d,k)} = \sqrt{\frac{n_1 [R_{(a,k)}]^2 + n_2 [R_{(b,k)}]^2}{n_3}}$$

式中, $R_{(a,k)}$ — U_a 单元与 U_k 单元或指标区相似性系数; $R_{(b,k)}$ — U_b 单元与 U_k 单元或指标区相似性系数; n_1 、 n_2 、 n_3 —分别为 U_a 、 U_b 、 U_k 所含单元数。

(4) 按(3)方法进一步进行分等单元的指标区归并, 直至将研究区所有分等单元归并为同一指标区。

(5) 按照相似性系数的一定阈值标准, 并进行实地校核及必要的地域综合与调整, 最终确定指标区划分结果。

2.3 主成分分析确定各指标区分等参评因素

对指标区内农用地分等参评因素因子进行主成分分析, 从而筛选出分等的主要参评因素因子。主要步骤和处理方法如下:

(1) 计算各因素因子指标值的相关系数矩阵

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mm} \end{bmatrix}$$

式中, r_{ij} ($i, j = 1, 2, \dots, m$) 为参评因素因子 x_i 与 x_j 的相关系数, 其计算公式为

$$r_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n (x_{ki} - \bar{x}_i) \cdot (x_{kj} - \bar{x}_j)}{\sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{ki} - \bar{x}_i)^2} \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{kj} - \bar{x}_j)^2}}$$

(2) 计算 R 的特征值(从大到小排列)和特征向量。首先解特征方程 $|R - \lambda I| = 0$ 求出特征值 λ_i ($i = 1, 2, \dots, m$), 并使其按大小顺序排列, 即 $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_m \geq 0$; 然后分别求出对应于特征值 λ_i 的特征向量 e_i ($i = 1, 2, \dots, m$)。

(3) 计算主成分的贡献率和累积贡献率。主成分 z_i 的贡献率 = $\lambda_i / \sum_{k=1}^m \lambda_k$ ($i = 1, 2, \dots, m$); 累计贡献率 = $\sum_{k=1}^p \lambda_k / \sum_{k=1}^m \lambda_k$ 。一般取累计贡献率达 85% ~ 95% 的特征值 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p$ 所对应的第一, 第二, \dots , 第 p ($p \leq m$) 个主成分。

(4) 计算主成分载荷 $\alpha_{ij} = \sqrt{\lambda_i} \cdot e_{ji}$ ($i, j = 1, 2, \dots, m$)。

式中, α_{ij} 为主成分 z_i 在因子 x_j 上的载荷, 它的大小反映了因子 x_j 对主成分 z_i 的影响程度。由此可以进一步计算主成分载荷矩阵

$$Z = \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \cdots & \alpha_{1m} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \cdots & \alpha_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \alpha_{n1} & \alpha_{n2} & \cdots & \alpha_{nm} \end{bmatrix}$$

3 研究实例

3.1 研究区概况

宜兴市地处江苏省南端与浙、皖两省交界,东濒太湖,西邻溧阳,南交浙江长兴,北接武进;全市辖 29 个镇,面积 2 083.7 km²,其中农用地 65 393.5 hm²;气候属北亚热带南部季风区,四季分明,温和湿润,雨量充沛。全市地势南高北低,南部为丘陵山区,属天目山余脉,土壤类型以黄棕壤、红壤为主;北部为太湖平原区,土壤类型以水稻土为主;东部为太湖滨湖区,土壤类型以湖成白土、夜潮土为主;西部为低洼圩区,土壤类型以水稻土为主。农业区划上,南部丘陵山地地区属于宁镇扬丘陵区,区内多山少地,农业用地面积所占比例小;其余地区都属于太湖平原区,区内自然、经济条件优越,农业利用历史悠久,土地集约经营化、开发程度较高。

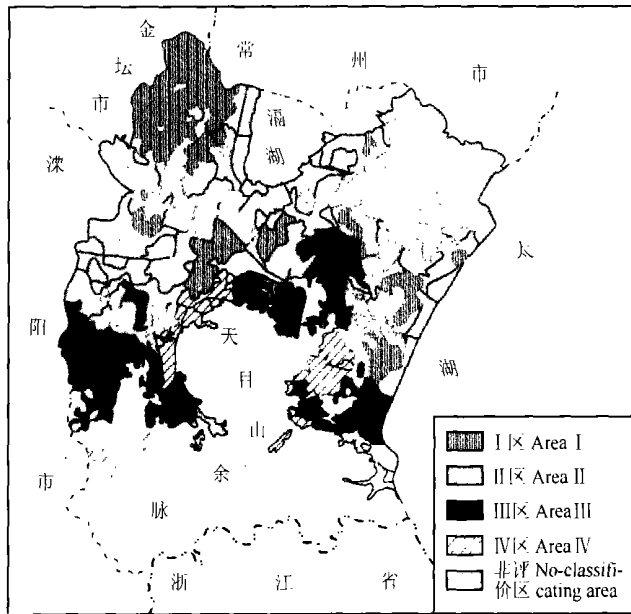


图 1 宜兴市农用地分等指标区划分结果

Fig 1 Results of division of farmland grading index area in Yixing City

I 区主要分布于市域的东北和西北部,部分位于市域中部,区内地形主要为平田,地势平坦,土壤肥力较高,灌排条件好;II 区主要分布于市域中西部、湖两侧以及太湖西岸,地形主要为圩田区和滨湖区,地势比较低洼,土壤质地粘重,地下水位较高;III 区大部分分布于市域西南部、少量在市域东南部沿太湖分布,地形以丘陵为主;IV 区位于市域南部,地形以低山为主。这种分区结果体现了该市农业生产和土地利用结构的差异,揭示了地形、土壤、水文

3.2 分等指标区单元聚类分析的主要过程、结果和分析

首先,采用 MapInfo 软件将宜兴市 1:5 万土地利用现状图、地形图、土壤类型图分别进行数字化,并叠加处理得出宜兴市农用地分等的评价单元,共计 2 110 个单元,建立相应的图形数据库;其次,根据第二次土壤普查并经动态监测校正的 2001 年土种属性、1999~2001 年水利调查资料获取各单元自然条件数据,根据 2001 年土地利用现状图获取各单元区域土地利用结构数据,根据 1999~2001 年各主要作物播种统计面积获取各单元区域耕地种植结构数据,建立相应的分区参比因素因子属性数据库;然后,根据各因素因子属性数据,按照前述 2.2 方法步骤,采用 SPSS 统计软件对各评价单元进行聚类运算;最后,将单元聚类结果与图形数据库链接,进行必要综合和处理,得出宜兴市农用地分等指标区的划分结果(图 1)。

等土地构成要素亦即农用地等别影响因素的空间变化与组合状况。

3.3 各指标区分等参评因素主成分分析的主要过程与结果

首先,分别从上述分区参比因素因子属性数据库中提取各指标区所有单元自然条件因子数据;然后,按照前述 2.3 方法步骤,采用 SPSS 统计软件进行主成分分析运算,得出各因子与各主成分之间相关系数、各主成分的贡献率与载荷矩阵(表 1、表 2);

表1 各指标区主成分贡献率
Table 1 Contribution of principal components to every index area (%)

分区 Area division	第一主成分		第二主成分		第三主成分		第四主成分		第五主成分	
	First principal component		Second principal component		Third principal component		Fourth principal component		Fifth principal component	
	贡献率 Contribution ratio	累积贡献率 Cumulative contribution	贡献率 Contribution ratio	累积贡献率 Cumulative contribution	贡献率 Contribution ratio	累积贡献率 Cumulative contribution	贡献率 Contribution ratio	累积贡献率 Cumulative contribution	贡献率 Contribution ratio	累积贡献率 Cumulative contribution
I	56.41	56.41	23.72	80.13	15.02	95.15	—	—	—	—
II	35.61	35.61	21.86	57.47	18.28	75.75	14.29	90.04	—	—
III	26.19	26.19	23.98	50.17	17.04	67.21	12.32	79.53	10.24	89.77
IV	32.57	32.57	23.68	56.25	19.17	75.42	12.53	87.95	—	—

表2 各指标区主成分载荷矩阵
Table 2 Principal component matrix for every index controlling area

分等参评因素 Gradation participating factors	I 区 Area I			II 区 Area II			
	第一主成分	第二主成分	第三主成分	第一主成分	第二主成分	第三主成分	第四主成分
	First principal component	Second principal component	Third principal component	First principal component	Second principal component	Third principal component	Fourth principal component
土壤 pH 值 ^①	0.961	0.001	0.253	0.733	0.285	0.563	0.041
表土质地 ^②	0.913	-0.150	-0.340	0.894	0.280	-0.091	-0.190
土壤有机质含量 ^③	0.867	0.104	0.461	0.804	0.310	-0.043	0.446
耕层厚度 ^④	-0.988	0.014	-0.137	-0.170	-0.100	0.606	-0.345
障碍层深度 ^⑤	-0.673	0.078	0.714	-0.462	0.033	0.359	0.782
灌溉保证率 ^⑥	0.104	0.618	0.148	-0.396	0.605	-0.001	-0.069
排水条件 ^⑦	0.010	0.582	-0.330	-0.334	0.815	-0.060	-0.171
地形高度 ^⑧	0.125	0.023	-0.652	-0.256	0.424	0.235	0.230
地形坡度 ^⑨	-0.206	-0.051	0.547	0.278	0.489	-0.421	0.019
水土流失程度 ^⑩	0.142	0.231	0.745	0.157	-0.568	0.145	0.410

分等参评因素 Gradation participating factors	III 区 Area III					IV 区 Area IV			
	第一主成分	第二主成分	第三主成分	第四主成分	第五主成分	第一主成分	第二主成分	第三主成分	第四主成分
	First principal component	Second principal component	Third principal component	Fourth principal component	Fifth principal component	First principal component	Second principal component	Third principal component	Fourth principal component
土壤 pH 值 ^①	0.348	0.784	0.173	-0.018	0.211	0.693	0.540	0.293	0.046
表土质地 ^②	-0.628	0.466	0.409	0.001	0.187	0.189	0.854	-0.089	0.335
土壤有机质含量 ^③	0.609	0.365	0.475	-0.404	-0.076	0.875	-0.165	-0.044	-0.001
耕层厚度 ^④	-0.274	0.686	-0.479	0.330	0.164	-0.729	0.124	0.499	0.460
障碍层深度 ^⑤	0.557	0.363	-0.571	-0.051	-0.338	0.199	-0.184	0.597	-0.191
灌溉保证率 ^⑥	0.426	-0.029	0.438	0.761	-0.207	0.487	-0.569	-0.025	0.624
排水条件 ^⑦	0.617	-0.331	-0.150	0.086	0.668	0.235	0.456	0.078	0.594
地形高度 ^⑧	0.478	0.369	-0.064	0.128	0.679	-0.456	0.284	-0.715	0.015
地形坡度 ^⑨	0.679	-0.486	0.329	0.089	0.179	0.759	-0.217	0.489	0.001
水土流失程度 ^⑩	0.325	0.601	0.127	0.423	0.256	0.459	0.397	0.078	0.552

①Soil pH value; ②Texture of top soil; ③Soil organic matter content; ④Thickness of cultivated layer; ⑤Depth of barrier layer; ⑥Irrigation ensuring rate; ⑦Drainage condition; ⑧Terrain height; ⑨Terrain slope; ⑩Soil erosion density

最后, 根据相关系数和贡献率的大小, 确定各指标区农用地分等的主要参评因素。其中, I 区主要为耕层厚度、土壤有机质含量、表土质地和土壤 pH 值; II 区主要为表土质地、土壤有机质含量、排水条件和土壤 pH 值; III 区主要为土壤有机质含量、耕层厚度、地形坡度和排水条件; IV 区主要为土壤 pH 值、地形坡度、耕层厚度和土壤有机质含量。这些因素揭示了决定研究区农用地等别高低因素的空间差异, 根据这些主导因素分等不仅可大大减少工作量, 而且可提高结果的准确性。

4 结 语

1) 从分等单元划分入手, 根据自然条件、区域土地利用结构和区域耕地种植结构等因素因子数据, 采用聚类分析方法对各单元进行类群归并所得分等指标区, 更为客观、科学, 更能体现农用地分等的目的和要求。

2) 对各指标区分等单元农地因素因子数据进行主成分分析, 能够从中提取农用地分等的主导参评因素, 揭示决定农用地等别高低因素的空间差异, 促使结果更为准确。

3) 运用聚类分析和主成分分析方法, 只能得出农用地分等指标区及分等主导参评因素, 而各因素的影响作用权重还需进一步通过 Delphy 或 AHP 等方法确定。

参 考 文 献

[1] 王建国, 单艳红, 杨林章. 我国农用地分等定级理论与方法探讨. 农业系统科学与综合研究, 2002, 5(2): 84~ 88. Wang J G, Shan Y H, Yang L Z. Theory and method of classification and gradation for farming land in China (In Chinese). System Science and

Comprehensive Studies in Agriculture, 2002, 5(2): 84~ 88

- [2] 陈敬雄, 黄劲松, 周生路. 我国农用地分等定级和估价研究的近今发展. 土壤, 2003, 34(2): 107~ 111. Chen J X, Huang J S, Zhou S L. Recent progress in the study of gradation, classification and evaluation of agricultural land in China (In Chinese). Soils, 2003, 34(2): 107~ 111
- [3] 单胜道, 俞劲炎, 叶晓朋, 等. 农业用地评估方法研究. 资源科学, 2000, 22(1): 45~ 49. Shan S D, Yu J Y, Ye X P, et al. Appraisal methods of agricultural land(In Chinese). Resources Science, 2000, 22(1): 45~ 49
- [4] 丁生喜. 农用地分等定级的评价指标选取及其定量化处理. 青海师范大学学报(自然科学版), 2000, (2): 54~ 57. Ding S X. Selection and quantification of indexes of cultivated land appraisal(In Chinese). Journal of Qinghai Normal University (Natural Science), 2000, (2): 54~ 57
- [5] 田纪春. 系统聚类方法及其计算机程序在农业生产中的应用. 农业系统科学与综合研究, 1994, 10(2): 142~ 144. Tian J C. Application of system clustering method and its computer program (In Chinese). System Science and Comprehensive Studies in Agriculture, 1994, 10(2): 142~ 144
- [6] 方开泰. 实用多元统计分析. 上海: 华东师范大学出版社, 1989. 88~ 100. Fang K T. Practical Multivariate Statistical Analysis (In Chinese). Shanghai: East China Normal University Press, 1989. 88~ 100
- [7] 何晓群. 现代统计分析方法与应用. 北京: 中国人民大学出版社, 1998. 36~ 45. He X Q. Method and Application of Modern Statistic Analysis (In Chinese). Beijing: China Renmin University Press, 1998. 36~ 45
- [8] 任美镔, 包浩生. 中国自然区域及开发整治. 北京: 科学出版社, 1992. 55~ 65. Ren M E, Bao H S. China Natural Regions and Their Exploitation and Regulation (In Chinese). Beijing: Science Press, 1992. 55~ 56
- [9] 周生路, 傅重林, 王铁成. 土地利用地域分区方法研究——以桂林市为例. 土壤, 2000, 32(1): 6~ 10. Zhou S L, Fu C L, Wang T C. Land-use terrain zoning method——Taking Guilin City as study case (In Chinese). Soils, 2000, 32(1): 6~ 10

QUANTITATIVE DETERMINATION OF INDEX AREAS AND PARTICIPATING FACTORS FOR FARMLAND GRADATION

Li Ruhai Zhou Shenglu Song Jiabo Ye Fang Zhu Qing

(Department of Urban and Resources Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract Scientific determination of index areas and participating factors is the premise and foundation for accurate farmland gradation. On the basis of the analysis of the purposes, principles and requirements of the determination of index areas and participating factors for farmland gradation, Yixing County of Jiangsu Province was cited as a case study. Division of index areas for farmland gradation and determination of the principal gradation participating factors for every index area were attempted by the cluster analysis method and the principal component analysis method. The results indicated that with the quantitative analysis method, gradation index areas could be divided and their gradation principal participating factors determined objectively and scientifically, which made the final gradation more accurate.

Key words Farmland gradation; Index areas; Quantitative method; Yixing County