

基于模糊聚类的区域主体功能分区研究 ——以江苏省为例

赵亚莉, 吴群, 龙开胜

(南京农业大学 土地管理学院, 江苏 南京 210095)

摘要: 主体功能区是对区域土地的自然、经济和生态属性进行综合鉴定, 并加以分类的过程; 模糊聚类分析是根据研究对象本身的属性来构造模糊矩阵, 并在此基础上根据一定的隶属度来确定聚类关系的方法。结合模糊聚类分析的特点, 以区域土地利用为研究对象, 将模糊聚类的思想引入主体功能区中, 建立了基于“社会—经济—生态”为一体的指标体系。然后以江苏省为例, 将其划分为优化开发区、重点开发区、限制开发区。结果表明, 用模糊聚类分区法对区域土地资源主体功能区划分, 能够取得较好地分类结果, 对今后区域更好的协调发展有一定的推动作用。

关键词: 主体功能区; 模糊聚类; 分区方法

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2009)05-0127-04

中图分类号: F301.2

Regional Land Main-function Division Based on Fuzzy Cluster Analysis —A Case Study of Jiangsu Province

ZHAO Ya-li, WU Qun, LONG Kai-sheng

(College of Land Management, Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu 210095, China)

Abstract: The main-function regionalization is a course of judging the properties of nature and economy and then classifying them. Fuzzy clustering method is the optimization technology that may be used to create fuzzy matrix and ensure clustering relation by subjection according to the properties. The idea of fuzzy clustering is introduced in the land classification based on the regional landuse and nature-economic-society indexes. By taking Jiangsu Province for an example, the main functions of the region are divided into priority development zone, key development zone, and restricted development. Result from the study shows that the method is practical and effective.

Key words: land main-function division; fuzzy cluster analysis; division method

国家“十一五”规划纲要中首次提出推进形成主体功能区, 按照区域的主体功能定位来调整完善分类政策和绩效评价, 形成合理的空间开发结构, 这是一项开拓性工作。目前, 学术界对于主体功能区划的理论研究正处于探索阶段, 国际、国内也没有现成的理论和方法体系^[1]。但也有学者进行了相关研究, 对主体功能区方法提出了不同的观点, 其中最为普遍的观点就是“先分后总”, 即先分别从土地利用的经济、社会及土地生态环境等方面划分单个功能区, 再结合单个功能区确定综合功能区, 其中划分和组合方法各有差异。有学者直接采用系统聚类方法完成由分到总的划分^[2]; 也有学者为了避免指标综合在一起聚类分析会淡化一些指标的作用, 运用列联表互斥的矩阵分类方法完成整个划分^[3]; 朱传耿等学者先采用矩阵分

类方法, 再使用空间聚类分析方法, 将各评价单元依据主体功能的相似性逐次归并完成地域主体功能区划^[4]; 与之相反, 金志丰学者先采用收敛分析法、特尔菲或层次分析法确定指标权重, 再用互斥性矩阵分类法确定分区^[5]。事实上, 在主体功能区中, 各个功能区之间无明显的划分, 比如说优化发展区、重点发展区、限制发展区。它们之间的范围界线不是很严格的区分, 相互之间的关系更多的是模糊关系, 用普通关系的定量方法不宜对具有模糊关系的事物进行严密精确的分类。为此, 本文选用模糊聚类方法进行主体功能区的划分。

1 区域主体功能区方法的建立

模糊聚类是数理统计中研究多元统计分析方法, 它

可根据样本的属性或特征,用数学方法定量确定样本之间的类同关系,从而客观的分型划类,具体过程如下:

(1) 数据的标准化处理。假设被分类对象有 n 个,每个对象有 m 个特性指标,于是可以得到原始数据矩阵 X :

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix}$$

由于 n 个对象的 m 个特性指标的量和数量级不同,不能直接使用原始数据进行分类。必须首先对原始数据进行无量纲化处理,使每一类指标值统一到共同的数据范围内,这个过程就是数量的标准化。首先按下式对原始数据矩阵 X 进行变换。

$$x_{ik} = \frac{x_{ik} - \bar{x}_k}{s_k} \quad (i = 1, \dots, n; k = 1, \dots, m) \quad (1)$$

式中: \bar{x}_k —— n 个对象的第 k 个指标的平均值;
 s_k —— n 个对象的第 k 个指标的均方差,其计算公式分别如下:

$$\bar{x}_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ik}, \quad s_k = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{ik} - \bar{x}_k)^2}$$

通过上述变换之后,每个指标的均值为 0,均方差为 1,且消除了量纲的影响。但是,不一定在区间 $[0, 1]$ 上。此时,可以通过下面的极差变换使其满足要求:

$$x_{ik} = \frac{x_{ik} - \min \{x_{i'k}\}}{\max \{x_{i'k}\} - \min \{x_{i'k}\}} \quad (k = 1, \dots, m) \quad (2)$$

(2) 建立模糊相似矩阵。在有限论域上,一个模糊关系和一个模糊矩阵的建立一一对应关系^[6]。设所建立的模糊相似矩阵 $R = (r_{ij})_{n \times n}$, 统计量 r_{ij} 是分类对象间相似程度的定量描述。确定 r_{ij} 的方法很多,比如距离法、相似系数法等,每一类方法又分为很多具体方法。针对主体功能区的实际要求,本文选用相似系数法中的数量积法建立模糊相似矩阵。

由标准矩阵 $X = (x_{ij})_{n \times m}$ 建立相似矩阵的数量积法的公式如下:

$$r_{ij} = \begin{cases} 1 & (i = j) \\ \frac{1}{M} \sum_{k=1}^m x_{ik} \times x_{jk} & (i \neq j) \end{cases} \quad (3)$$

式中: $M = \max_{i, j} \sum_{k=1}^m x_{ik} \times x_{jk}$

(3) 建立模糊等价矩阵。实际上,利用标准化值和式(3)所建立的矩阵,只是一个模糊相似矩阵,通常不满足传递性,为了进行分类,需要采用矩阵理论中的传递闭包法,运用“min-max”运算法则进行合成运算,将 R 改造成模糊等价矩阵 R^* 。在实际应用中,一般采用平均法计算传递闭包,即 $R, R^2, R^4, \dots, R^{2^k}, \dots$

经过有限次运算后存在 k 使得 $R^{2^k} = R^{2^{(k+1)}}$, 于是 $R^* = R^{2^k}$, $R^k = tr(R)$ 即为所求的模糊等价矩阵。模糊矩阵的乘法与普通矩阵的乘法相比较,运算过程一样,只不过是把普通加法改成(逻辑加,二者取较大者),把普通乘法改成(逻辑乘,二者取较小者)。其中元素 R^2 中的元素 $r_{ij}^{(2)}$ 由下式确定。

$$r_{ij}^{(2)} = \bigwedge_{k=1}^m (r_{ik} \vee r_{kj}) \quad (4)$$

(4) 聚类动态分析。根据上述的模糊等价矩阵 R^* , 利用“ α -水平截集法”从高到低取不同 ($\alpha \in [0, 1]$) 值,在适当的阈值 α 上进行截取,每取一个 α 值,对矩阵 R^* 中的元素按下式进行一次代换。

$$r_{ij}^* (\alpha) = \begin{cases} 0, & \text{当 } r_{ij} < \alpha \\ 1, & \text{当 } r_{ij} \geq \alpha \end{cases} \quad (5)$$

设一个 α , 对比模糊等价矩阵,在 R^* 中,凡是大于 α 的都记为 1,小于 α 的都记为 0,得到一个新的模糊截矩阵,将其中元素相同的行可聚成一类,依次取不同的 α 值,可以逐步实现由细分到粗分的聚类,再依据聚类的结果进行主体功能区的划分。不得不说明的是,通过模糊聚类法只能定量的划分出 3 种功能区,即优化开发区、重点开发区和限制开发区。由于禁止开发区主要包括基本农田和自然保护区,这是经过国家政策确定的“刚性”区域,不能用相关指标来衡量。

2 主体功能区的指标体系构建

我国“十一五”规划纲要提出,主体功能区是根据不同区域的资源环境承载能力、现有开发密度和发展潜力,在统筹考虑未来我国人口分布、经济布局、国土利用和城镇化格局的基础上,以自然环境要素、社会发展水平、生态系统特征以及人类活动形式的空间分异为依据,划分出的具有某种特定主体功能的地域空间单元。主体功能区划分的本质是以一套科学的指标体系来综合评价一个地方的社会、经济、生态的价值,评价一个地方的发展能力的差异。因此,主体功能区指标体系的构建,要根据特定地区的自然、经济、社会特征,在以人口、经济、资源、环境等各方面协调发展思想的主导下,选取能表征社会—生态—经济系统的最为灵敏、最便于度量、最具有代表性的众多指标。

根据科学性、代表性、综合性、差异性以及可获性等原则,结合国务院关于编制全国主体功能区规划的意见,在借鉴相关研究的基础上,将其分区指标体系分为 3 层,一是目标层,即主体功能优化分区;二是准则层,它直接决定着分区结果的科学性,其包括经济发展、环境承载力、资源承载力、土地利用状况、人口这 5 个因素;三是指标层,根据目标层和准则层,设定 15 个具体指标,分别反映了经济、环境、资源、土地利用和人口状况(见图 1)。

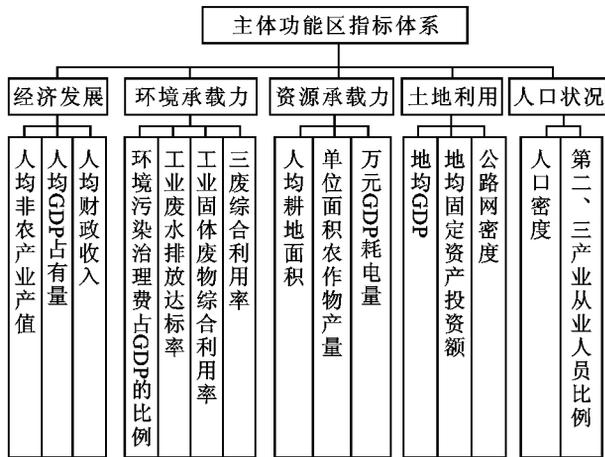


图 1 主体功能区指标体系

3 主体功能分区方法应用

3.1 研究区概况

江苏省地处我国东部沿海,介于东经 116°18'—121°57',北纬 30°45'—35°20' 之间。全省现设 13 个省辖市,下辖 106 个县(市、区),其中 27 个县级市,25 个县,54 个市辖区。全省面积 $1.026 \times 10^5 \text{ km}^2$,共有耕地面积 $4.45 \times 10^6 \text{ hm}^2$,其水田约占 60%,旱地约占 40%。2007 年实现地区生产总值 25 560.1 亿元,总人口 7 624.5 万人。在经济快速发展的同时,土地利用方面也出现了一系列问题。比如经济发展的区域不均衡,导致了南北经济发展的巨大差异,经济发

展与建设开发没有很好的考虑资源环境特点,土地利用的空间优势缺少很好的组合发挥,土地利用效率不高。

3.2 分区单元的选择与划分

分区单元的选择有自然边界、行政边界和网格等多种方法^[5]。虽然行政单元难以划分同一单元内不同的利用类型,但为便于主体功能分区的规划与管理,必须使主体功能区界线尽量与一定级别的行政区划界线相吻合。这不仅有利于各类资料的收集、整理以及统计分析,也有利于实施对各级政府的责任目标管理。县级区域是中国分部最为广泛的基本行政单元,占全国土地面积的 90% 以上,同时也是资源开发、环境污染和生态退化的主要载体^[7]。因此,在对江苏省主体功能分区中,选择以县、市为单位,将其划分为 65 个分区单元(与统计年鉴中的统计相吻合)。

3.3 分区过程

根据 2008 年江苏省统计年鉴的数据,给相应单元的指标赋值,65 个分区单元,15 个分区指标,构成一个 65×65 的初始矩阵,用式(1),(2)对该矩阵中的数据进行标准化处理,用式(3)建立模糊相似矩阵,其计算所得 $M = 9.57$,最终得到一个 65×65 的模糊相似矩阵 R 。在聚类之前需要将相似矩阵转换为模糊等价矩阵,转换方法使用平方法求矩阵的传递闭包。经计算所得: $R^2 = R$,说明矩阵 R 本身具有传递性,即 R 的模糊等价矩阵 $tr(R) = R$ 。

R =	1																		
	0.32	1																	
	0.38	0.36	1																
	0.56	0.43	0.44	1															
	0.61	0.48	0.49	0.83	1														
	1													
	0.54	0.51	0.50	0.77	0.90	...	1												
	0.47	0.47	0.48	0.66	0.76	...	0.86	1											
	0.46	0.45	0.47	0.61	0.71	...	0.75	0.67	1										
	0.47	0.46	0.46	0.67	0.77	...	0.88	0.79	0.68	1									
	0.31	0.41	0.41	0.45	0.50	...	0.58	0.54	0.51	0.51	1								

3.4 分区结果与分析

对于不同的 λ ,当 λ 从 1 变化到 0 时的水平截集形成动态聚类,聚类过程随 λ 的取值从大到小变化,聚类类别越来越少。本文中通过 λ 的不同取值可将区域内 65 个单元分成了 3 个类别(见表 1)。

当 $0.8 < \lambda < 1$ 时,其所得类中包括南京市区、无锡市区、江阴市、常熟市等;当 $0.7 < \lambda < 0.8$ 时,徐州市区、金坛市、海安县等区域被归为一类;当 $0 < \lambda < 0.7$ 时,分类中包括丰县、沛县、睢宁等区域。其中,第一类都属于经济高度发达地区,第二类主要为经济

发展中等水平区域,第三类区域属于苏北、沿江生态脆弱区域。根据“十一五”规划纲要关于各个功能区的界定,将第一分类区域归为优化开发区,第二分类区域归为重点开发区,第三分类区域归为限制开发区。由于禁止开发区主要包括那些生态保护区和基本农田保护区等“刚性”区域,每个分区单元内都或多或少的存在,无法用具体的指标来量化,也很难在图上详细、具体地表示出来。所以本文只分为 3 个功能区(如图 2 所示),但这些功能区之间并没有严格的区域界限。

表 1 江苏省主体功能区结果

0.8 < < 1	优化开发区	南京市市区、无锡市市区、江阴市区、常州市市区、苏州市市区、常熟市、张家港市、昆山市、吴江市、太仓市、南通市区、如皋市、通州市、扬州市区、靖江市
0.7 < 0.8	重点开发区	溧水县、高淳县、徐州市区、溧阳市、金坛市、海安县、如东县、连云港市区、赣榆县、东海县、灌云县、灌南县、淮安市区、涟水县、洪泽县、盱眙县、金湖县、滨海县、阜宁县、建湖县、盐城市区、宝应县、仪征市、高邮市、江都市、镇江市区、丹阳市、扬中市、句容市、宜兴市、泰州市区、兴化市、泰兴市、姜堰市、宿迁市区、沐阳县、泗阳县、泗洪县、启东市、海门市
0 < < 0.7	限制开发区	丰县、沛县、铜山县、睢宁县、新沂市、邳州市、响水县、射阳县、东台市、大丰市

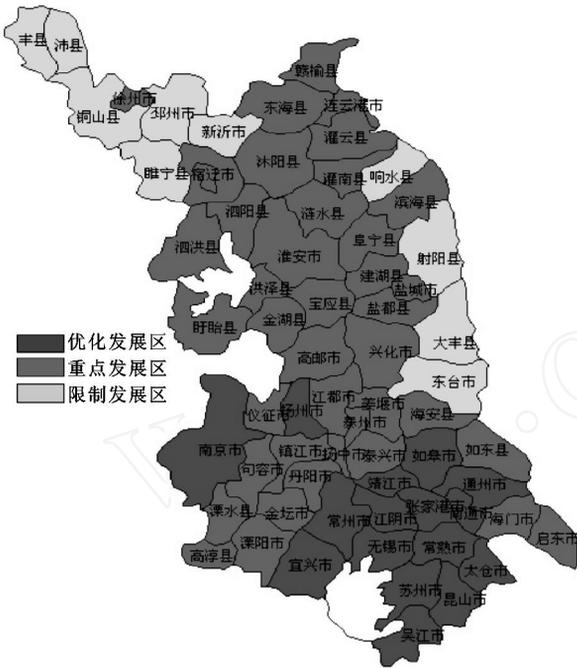


图 2 主体功能区图

4 结论

江苏省主体功能区结果大致与各区区的经济发展、土地资源及生态环境状况相一致,基本与客观实际符合。就实际而言,像沿江地区的一些大城市及苏锡常等区域,经济基础都比较好,人们对土地的开发利用程度大,资源环境承载力已经达到最大饱和度,该区域确定为优化发展区是合理的;而沿江的一些中小城市地区及沿东陇海线、沿海区域的大部分地区,经济

发展不是很好,但是其有利的区位及较大的资源环境承载力使该区域有较大的发展潜力,在以后的发展中应作为江苏省重点开发区;而那些作为江苏省重点农业发展的区域,为全省的粮食安全提供有力保障,但是总体来看,这些区域经济发展很不景气,生态环境比较脆弱,应限制不符合主体功能定位的产业扩张,加强对土地用途的管制,同时该区域应制定相应的扶持政策。由此可见,模糊聚类分区方法在主体功能区中是有效的。

[参 考 文 献]

- [1] 金巨刚,周生路. 主体功能区土地协调性空间差异研究:以江苏省为例[D]. 南京:土地学会年会论文,2008.
- [2] 葛浩,周生路,吴绍华. 当前形势下土地利用总体规划中功能分区方法研究:以宜兴市为例[J]. 土壤,2008,40(4):534-539.
- [3] 张洁瑕,陈佑启,姚艳敏,等. 基于土地利用功能的土地利用分区研究:以吉林省为例[J]. 中国农业大学学报,2008,13(3):29-35.
- [4] 朱传耿,仇方道,马晓冬,等. 地域主体功能区划理论与方法的初步研究[J]. 地理科学,2007,27(2):136-141.
- [5] 金志丰,陈雯,孙伟,等. 基于土地开发适宜性分区的土地空间配置:以宿迁市区为例[J]. 中国土地科学,2008,22(9):43-50.
- [6] 李相镐,李洪兴,陈世权,等. 模糊聚类分析及其应用[M]. 贵州:贵州科技出版社,1994,15.
- [7] 曹卫东,曹有挥,吴威登. 县域尺度的空间主体功能区划分初探[J]. 水土保持通报,2008,28(2):93-97.