

基于县域耕地地力评价的耕地管理分区研究——以山东省青州市为例

姜纯¹, 董超^{1*}, 李百红², 周光建², 苏诗雅³ (1. 山东农业大学信息科学与工程学院, 山东泰安 271018; 2. 山东肥城市国土资源局, 山东肥城 271600; 3. 聊城市南水北调工程建设管理局, 山东聊城 252000)

摘要 基于 GIS 技术选取合适评价因子, 运用层次分析、模糊评价等方法对青州市耕地进行定量化评价。利用模糊 C 均值聚类法对评价结果进行分区研究, 揭示该市耕地质量整体较好; 依据 FPI 和 NCE 指数确定最佳分区数目为 3 个, 由北向南耕地地力依次降低, 受地形因素影响较大; 利用模糊聚类方法进一步对分区 I 进行划分, 分为 6 个管理子区, 得到了内部更为均衡的分区管理单元, 为统一采取管理措施提供了有益的参考。

关键词 地力评价; 管理分区; 模糊 C 均值聚类; GIS

中图分类号 S127; F301.2 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)17-227-03

Research of Cultivated Land Management Zones Based on the Evaluation of Farmland Productivity—Taking Qingzhou City, Shandong Province as an Example

JIANG Chun¹, DONG Chao^{1*}, LI Bai-hong² et al (1. College of Information Science and Engineering, Shandong Agricultural University, Taian, Shandong 271018; 2. Feicheng Land Resources Bureau, Feicheng, Shandong 271600)

Abstract Based on the GIS technology, appropriate evaluation factors were selected and the cultivated land in Qingzhou City was evaluated by the analytical hierarchy process, fuzzy evaluation and other methods. Using fuzzy C-means clustering method, study on delineation of management zones was performed, and the result showed that the overall quality of the cultivated land in the study area is high. Moreover, three optimal zones were determined according to the FPI and NCE index, the result showed that the cultivated land fertility decreased from north to south, greatly influenced by terrain factors. Further delineation for subdistrict I was carried out by using fuzzy clustering method, giving six management zones. Therefore, more uniform internal partition management unit was obtained. The research provides a rational reference for management and utilization of the cultivated land.

Key words Cultivated land fertility evaluation; Management zones; Fuzzy C-means clustering; GIS

耕地是人类赖以生存的基本资源, 耕地地力评价对国家粮食安全和农业可持续发展有重要意义。1984 年至今, 农业部在全国 200 个点上持续开展耕地地力监测和评价工作, 并建立了数据库^[1], 但对不同地形形态的区域评价方法没有科学的界定^[2]。1995 年中国农科院以县级为单位对耕地进行了分区评价, 并给出了每个县级单位的耕地质量指数^[3]。近年来, 随着 GIS 技术的发展, 不少学者借助地理信息系统, 采用系统聚类法、层次分析法、模糊评价法等开展了土地分等定级的研究^[4-7], 陈彦等^[8]基于模糊 C 均值聚类法对绿洲农田精确管理分区进行研究, Rahul Tripathi 等^[9]利用主成份分析与模糊聚类确定耕地最佳分区。通过选取影响耕地地力的相关因子, 客观综合分析, 其评价结果可较好地反映耕地的生产水平, 但如何进一步利用其评价结果进行管理应用的研究较少。笔者以山东青州市耕地为研究对象, 选择具有针对性的耕地定级因子, 借助 GIS 技术对研究区耕地进行评价, 进而利用分区管理技术将耕地划分为具有相似属性的分区, 以便有效指导耕地管理与农业生产。

1 数据来源与研究方法

1.1 研究区概况 青州市位于山东半岛中部、鲁中山区和鲁北平原结合部, 地理坐标为 118°10′~118°46′E、36°24′~36°56′N, 总面积 1 564 km²。该市西南部为山峦起伏的低山丘陵, 东北部为山前洪积平原, 地势由西南向东北呈缓坡倾斜。青州地处暖温带, 气候适宜, 年平均气温在 13℃左右,

年降雨量约 1 000 mm, 水、土、热等自然资源条件优越, 适宜于多种农作物生长, 具有悠久的农业生产历史。

1.2 数据的收集与预处理 收集青州市的土壤图、现状图、养分样点等相关数据, 在中国科学院数据云平台上下载研究区数字高程数据。利用 ArcGIS 软件对收集的数据进行矢量化、属性编辑、配准矫正等处理, 将数据按设计的模式录入到耕地评价空间数据库中。

1.3 研究方法

1.3.1 评价单元的划分。通过研究青州市土地利用现状图提取耕地图斑, 与土壤图进行空间叠加生成内部土壤属性和利用情况一致的基本单元, 进一步对结果进行综合取舍, 形成评价单元。研究区共确定评价单元图斑 15 104 个。

1.3.2 评价因素权重与隶属函数的确定。考虑青州市的实际情况, 参考国家耕地地力评价指标体系, 选取立地条件、物理性状和化学性状为准则层, 坡度、坡向等 12 个因子, 构成评价指标体系。通过专家赋分, 构建判断矩阵, 利用层次分析法, 得出各因子的组合权重^[10], 耕地地力评价各参评因素权重见表 1。采用模糊数学方法, 对各因素实测数据评估出一组隶属度, 利用 SPSS 软件将 2 组数据拟合隶属函数, 然后再根据各因素实际值得隶属度。根据前人研究成果^[11], 化学性状选用戒上型函数, 而坡度、海拔选择直线型函数, 其余定性描述的因子采用概念型函数。

1.3.3 综合评价指数计算。利用累加模型计算耕地综合指数, 对应于每个图斑的综合指数 (IFI) 计算方法如下:

$$IFI = \sum_{i=1}^n F_i \times C_i \quad (1)$$

式中, F_i 表示第 i 个因子隶属度; C_i 表示第 i 个因素的组合权重值。

基金项目 山东省自主创新专项(2012CX90202)。

作者简介 姜纯(1994-), 男, 山东曲阜人, 本科生, 专业: 测绘工程。

* 通讯作者, 讲师, 硕士, 从事土地资源信息技术研究。

收稿日期 2016-05-15

1.3.4 管理分区方法。模糊 C 均值聚类 (Fuzzy c - means, FCM) 是一种允许数据属于两类或以上的聚类方法,该法基于以下最小化的目标函数:

$$J_m = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^c (u_{ij})^m \|x_i - c_j\| \quad (2)$$

式中, m 模糊加权指数为大于 1 的任意实数; u_{ij} 是 x_i 在 j 类中的隶属度; u 为隶属度矩阵。 x_i 是第 i 个测量数据; c 是类别数; $\| \cdot \|$ 是任意一个测量值和中心之间的相似度基准。模糊分区通过更新的隶属度 u_{ij} 和聚类中心 c_j 将上面目标函数

迭代到最优。

聚类时,通过聚类算法中模糊性能指数 (FPI) 和归一化分类熵 (NCE) 来作为确定最适宜分类数的指标。2 个聚类有效性函数如下:

$$FPI = 1 - \frac{c}{c-1} \left[1 - \frac{\sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^c (u_{ik})^2 / n}{c-1} \right] \quad (3)$$

$$NCE = \frac{n}{n-c} \left[- \frac{\sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^c u_{ik} \log_a (u_{ik})}{n} \right] \quad (4)$$

表 1 青州市耕地地力评价因子组合权重

Table 1 The combination weight of farmland productivity evaluation factors in Qingzhou City

目标层 A Target layer A	准则层 B Criterion layer B	指标层 C Index layer C	指标层权重 Index layer weight	组合权重 Combination weight
耕地地力 Farmland productivity	立地条件 B_1	坡度 C_1	0.531 8	0.170 3
		坡向 C_2	0.112 4	0.036 0
		海拔 C_3	0.067 8	0.021 7
	物理性状 B_2	灌溉 C_4	0.288 0	0.092 3
		耕层质地 C_5	0.633 3	0.077 7
		土体构型 C_6	0.106 2	0.013 0
		障碍层 C_7	0.260 5	0.031 9
	化学性状 B_3	有机质 C_8	0.503 6	0.280 6
		有效磷 C_9	0.230 8	0.128 6
		速效钾 C_{10}	0.152 6	0.085 0
		有效锌 C_{11}	0.063 8	0.035 5
		有效硼 C_{12}	0.049 2	0.027 4

利用 FuzME 软件分类,取 FPI 和 NCE 指数最小时的分类数为分区个数,此时分区间有最少的成员数据共享和最大的 c 分区分解量^[12]。先将 IFI 结果导出,导入到模糊 C 均值聚类算法中,算法设置为模糊加权指数取 1.2,最多迭代次数设 300,停止准则的收敛值为 0.000 1,执行算法对数据进行聚类。设置最小分类类别为 2,最大分类类别为 7,对结果的 FPI 值与 NCE 值进行比较,选出最佳分区数目。

2 结果与分析

2.1 耕地评价结果 基于以上建立的评价指标体系与评价模型,应用 GIS 技术得到研究区耕地综合指数分值。 IFI 最小值是 0.49,最大值是 0.92,平均值为 0.81,标准差为 0.08。由此可见研究区耕地质量情况较好,总体水平较高。

2.2 分区数目的确定及分区的生成 将聚类结果进行比较,不同分区下 FPI 与 NCE 值见图 1。由图 1 可知, FPI 值随分区数目增加而逐渐增大,而 NCE 值在分区数为 3 时最小。为便于研究区的管理,同时让分区分解量最大,分类效果最好,故选取 3 作为最佳分区数。其中,分区 1~3 的聚类中心值分别为 0.873 3、0.758 1 和 0.665 8。可见分区 1 耕地地力状况最好,分区 2 次之,分区 3 耕地地力状况最差。

2.3 耕地管理分区特征 通过对耕地的综合评价,得到每个评价单元图斑的综合分值,利用模糊聚类分析,对聚类结果进行评价,将研究区评价结果分成 3 个等级分区,见表 2 和图 2。对分区结果进行面积统计可得,分区 1 所占面积为总面积的 65.88%,分区 2 为 25.22%,分区 3 为 8.90%,可见研究区总体耕地质量情况良好。分区 1 耕地主要分布在东北部地区,该地区地势平坦,成土母质主要是洪积物和冲积物,土壤养分含量高。分区 2 耕地主要分布与研究区中部地

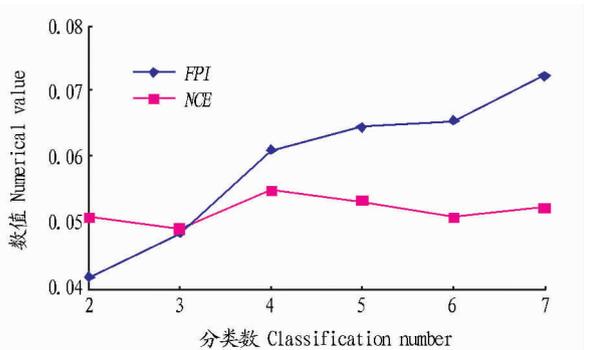


图 1 不同分区下 FPI 与 NCE 值

Fig. 1 The NCE and FPI values of different zones

区和南部地区地势较低的位置,在东南角也有少量分布。这一区域主要以坡积洪积褐土为主,部分养分含量与分区 3 相比较低,海拔变高,坡度开始变陡。分区 3 主要位于研究区南部,南部山区较多,耕地间插分布,比较零散。这一地区灌溉没有保障,土壤较为贫瘠,地势陡峭,质量较差。

各分区内地力影响因子统计结果见表 2。可以看出,整个研究区分区综合指数的变异系数由 9.87% 下降到了 3.94% 和 2.29%;其他因子也有降低,但并不是特别明显。其原因可能是评价较为综合,每个因子的权重都不是很大,所以全区统一的分区处理能够反映整体耕地地力的情况,适合作为统一的管理单元进行管理。

由于研究区为山区,地形因子影响较大,聚类分为 3 个区能够较好地体现不同区域间的地形差别。为了进一步研究区域内其他因子的差别,对分区 1 利用模糊聚类进行分析,将分区 1 评价结果分成 6 个子区,见图 3。结果表明,前 3

表 2 分区地力影响因子统计

Table 2 Influencing factors of the management zones

因子 Factors	全区 Whole region		分区 1 Zone 1		分区 2 Zone 2		分区 3 Zone 3	
	均值 Mean	变异系数 Variation coefficient // %	均值 Mean	变异系数 Variation coefficient // %	均值 Mean	变异系数 Variation coefficient // %	均值 Mean	变异系数 Variation coefficient // %
有机质 Organic matter	14.80	7.56	14.94	6.89	14.70	7.75	14.43	8.80
有效磷 Available phosphorus	42.35	71.14	61.62	42.95	19.10	50.52	14.14	25.67
速效钾 Quick acting potassium	231.79	27.20	267.74	21.90	187.65	16.18	180.51	13.65
高程 Elevation	138.14	101.00	47.94	47.55	196.37	53.65	363.47	36.65
坡度 Slope degree	3.91	134.78	1.00	49.00	4.56	76.09	13.40	44.85
综合指数 Comprehensive index	0.67	5.97	0.81	9.87	0.76	3.94	0.87	2.29

个区主要分布在北部和中部地区,养分条件较好,农业基础设施完善。而后 3 个区主要分布在南部和整个分区边缘地带,其中南部地区海拔较高,养分水平降低。

3 结论与讨论

该研究以山东省青州市为研究区为研究对象,通过 GIS 对空间数据和属性数据处理,采用层次分析法和模糊评价的方法进行耕地地力评价。然后利用模糊 C 均值聚类分析的方法对评价结果进行分区管理,划分为 3 个管理分区。对分区 1 进行进一步划分,分为 6 个管理子区,得到了内部更为均衡的分区管理单元。耕地评价结果可以反映研究区耕地的综合状况,能够比较科学地找出需要进一步改进的区域,而模糊 C 均值聚类可以帮助确定具体的管理分区单元,使同一管理分区内部差异性达到最小,方便采取统一的管理措施。

在精准农业中对于管理分区的划分已有很多相关研究,管理分区划分往往利用主成分分析的方法,在对遥感数据、土壤数据和作物产量等数据进行分析的基础上,对其进行分区管理。耕地评价中采用的养分数据一般通过插值得到,在采用插值时模型的选择和数据本身的空间之相关性都会影响最终结果精度,进而影响管理分区的划分。在各项因子水平较低地区,由于复杂多变的情况影响,依据单一因子并不能较好地划分,这些地区一般是更需要进行改造管理的地方,需要在下一步研究中提出更好的分区方法。

参考文献

- [1] 辛景树,田有国,任意. 耕地地力调查与质量评价[M]. 全国农业技术推广服务中心,2005.
- [2] 朱海舟,陈培森. 土壤测试技术与配方施肥[M]. 北京: 科学技术出版社,1993.
- [3] 王秀,苗孝可,孟志军,等. 插值方法对 GIS 土壤养分插值结果的影响[J]. 土壤通报,2005,36(6):826-830.
- [4] 龙慧芳,郭熙,赵小敏,等. 基于 GIS 的县域耕地地力评价研究:以江西省乐平市为例[J]. 江西农业大学学报,2009,31(2):360-363.
- [5] 王瑞燕,赵庚星,李涛,等. GIS 支持下的耕地地力等级评价[J]. 农业工程学报,2004,20(1):307-310.
- [6] 刘京,常庆瑞,陈涛,等. 黄土高原南缘土石山区耕地地力评价研究[J]. 中国生态农业学报,2010,18(2):229-234.
- [7] 李丽,尚庆文. 基于 GIS 的淄博市淄川区耕地地力评价[J]. 山东农业科学,2013,45(11):87-90.
- [8] 陈彦,吕新. 基于模糊 C 均值聚类法的绿洲农田精准管理分区研究[J]. 生态学报,2008,28(7):3067-3074.
- [9] TRIPATHIA R, NAYAKA A K, SHAHID M. Delineation of soil management zones for a rice cultivated area in eastern India using fuzzy clustering[J]. Catena, 2015, 126: 128-136.
- [10] 郭旭东,付博杰,陈立顶,等. 河北省遵化平原土壤养分的时空变异特征-变异函数与 Kriging 插值分析[J]. 地理学报,2000,55(5):555-566.
- [11] 王瑞燕. 基于 GIS 和 RS 技术的耕地地力评价研究[D]. 泰安: 山东农业大学,2004.
- [12] GORSEVSKI P V, JANKOWSKI P, GESSLER P E. Gessler spatial prediction of landslide hazard using fuzzy k-means and dempster-shafer theory[J]. Transactions in GIS, 2005, 9(4): 455-474.

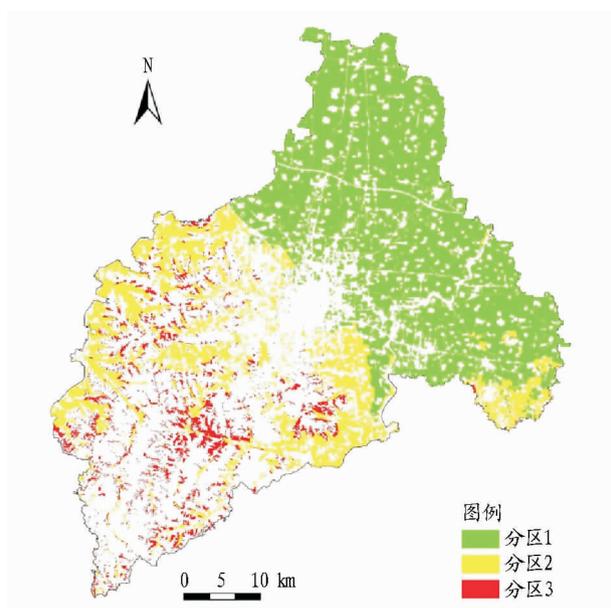


图 2 全区评价结果管理分区

Fig. 2 The management zones of total evaluation result

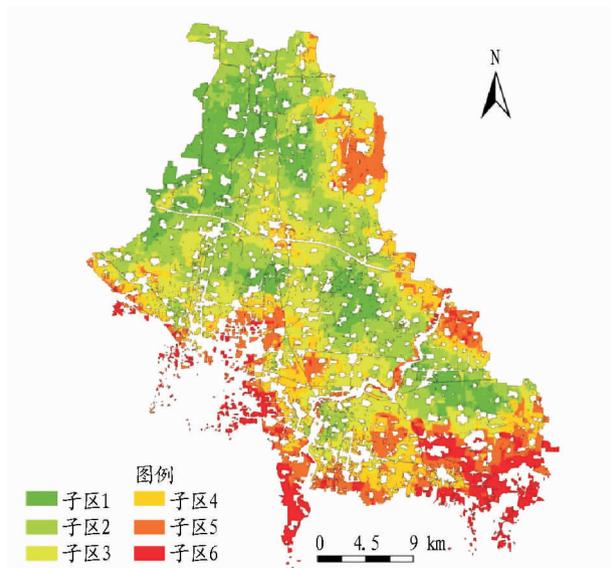


图 3 分区 1 的管理子区

Fig. 3 The management zones for subdistrict 1