

农用地分等中土地经济系数计算方法的探讨

——以江西省玉山县为例

赵丽红，郭熙，陈文波*

(江西农业大学国土资源与环境学院，南昌 330045)

摘要：土地经济系数是农用地分等中重要的修正参数。本文以玉山县为例，应用地统计学的原理与方法，对土地经济系数的计算方法进行了探讨。通过对样点数据的半方差函数模型的分析，结果表明土地经济系数具有很强的空间相关性。在结构分析基础上，本文采用空间插值 Kriging 法，计算出每个分等单元的土地经济系数。经过样点验证，结果表明利用空间插值 Kriging 法计算出的土地经济系数与实测值的平均 RMSE 为 0.88%，这表明 Kriging 空间插值法计算的土地经济系数比较精确，为农用地分等规律中经济系数的确定提供了新思路。

关键词：土地经济系数；农用地分等；规程法；地统计法；Kriging

中图分类号：F301

农用地分等是在全国范围内，按照标准耕作制度，在自然质量条件、平均土地利用条件、平均土地经济条件下，按规定的办法和程序进行的农用地质量综合评定，为合理利用和科学管理土地提供科学依据^[1]。农用地等别侧重于反映农用地潜在的自然质量、利用水平、经济效益水平不同而造成的生产率水平的差异。经济效益水平的影响通过土地经济系数来表示^[2]。土地经济系数的确定直接影响分等指数的计算和等别的划分，关系到农用地土地经济评价与分等定级的成败，关系到农用地土地经济评价结果与分等定级成果能否真正、恰当地服务于农用地的经营和管理。虽然国土资源部所颁布的《农用地分等规程》提出了基于产量-成本指数的经济系数的计算方法，但在实际操作过程中存在缺点，如规程法采用等值区内调查样点土地经济系数的平均值作为该区的土地经济系数，这没有考虑到区内所有农田之间的差异，然而在实际调查中又不可能调查到研究区范围内所有土地的投入产出情况。为此，本文以江西省玉山县为例，采用地统计学的原理与方法，对土地经济系数的计算方法进行探讨，旨在提供农用地经济系数确定的新思路。

1 研究区概况

玉山县位于江西省东部，总的地势是北高南低，中部平坦，由北向南缓缓倾斜。玉山县土地总面积为

170960 hm²，其中耕地面积 24713 hm²，占土地总面积的 14%；全县总人口 545155 人，其中非农业人口为 77085 人。全县 18 个乡镇，有 220 个村民委员会，25 个居委会。农业生产平稳发展，农业产业结构进一步调整后，耕地面积和粮田面积减少较快，早稻种植面积继续压缩，传统农作物播种面积减少，增加了经济价值较高的作物种植。玉山县农用分等指标区为赣东部丘陵山地区，指定作物为早稻，晚稻、油菜、花生，基准作物为早稻。

2 土地经济系数的计算

2.1 规程法

在玉山县 245 个行政村内设置好、中、差不同产量水平的样点进行实地调查。根据所搜集的统计资料，以村为单位计算“产量成本指数”，按照各村“产量成本指数”初步划分土地经济系数等值区。然后再依据初步划分的等值区，在所有的行政村内分不同产量水平，分层设置一定数量的样点^[1]。用按规定获取的投入-产出数据，分样点计算，计算公式如下：

$$a_j = Y_j/C_j$$

式中， a_j 为样点“产量-成本”指数； Y_j 为样点第 j 种指定作物实际单产； C_j 为样点第 j 种指定作物实际成本。

再计算样点指定作物土地经济系数，公式为：

$$K_{cij} = a_{ij}/A_j$$

* 通讯作者 (cwb1974@hotmail.com)

作者简介：赵丽红（1982—），女，江西上高人，硕士研究生，研究方向为土地遥感与地理信息系统。E-mail: lihongzhao_1018@163.com

式中, K_{cij} 为第 i 个样点第 j 种指定作物土地经济系数; a_{ij} 为第 i 个样点第 j 种指定作物“产量-成本”指数; A_j 为第 j 种指定作物“产量-成本”指数的省级二级区内最大值。

利用以上公式, 计算出样点各指定作物的经济系数, 再加权平均得出等值区的各作物土地经济系数, 计算结果如图 1~4。

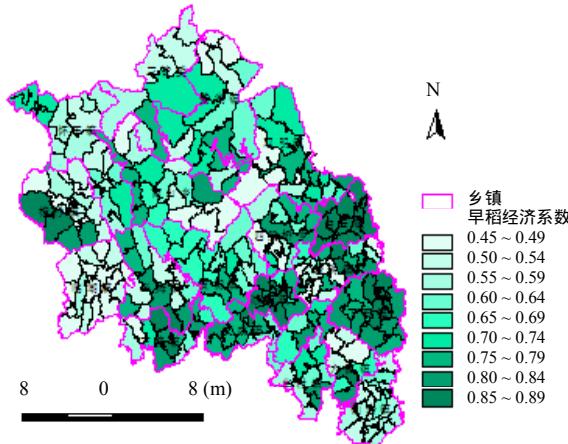


图 1 规程法 - 早稻土地经济系数分布图

Fig. 1 Distribution of early rice land economic coefficient by rubrics

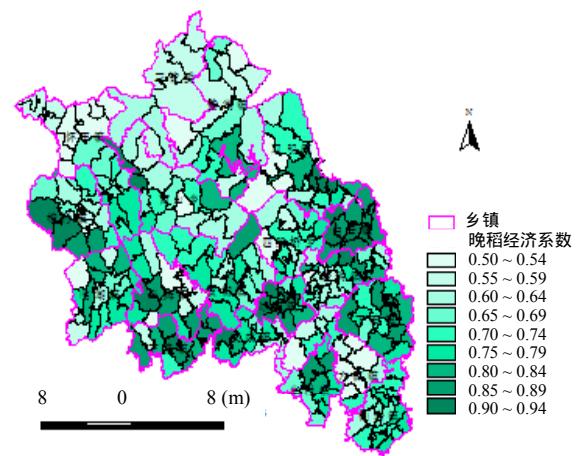


图 2 规程法 - 晚稻土地经济系数分布图

Fig. 2 Distribution of late rice land economic coefficient by rubrics

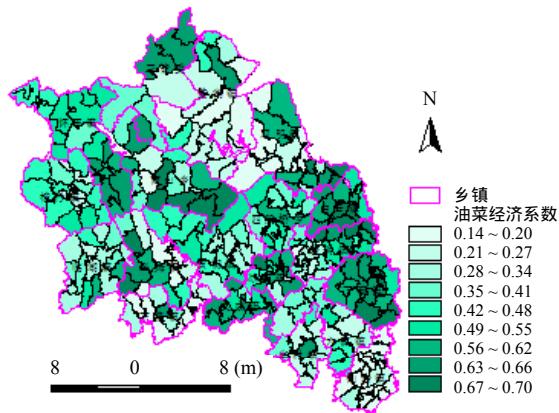


图 3 规程法 - 油菜土地经济系数分布图

Fig. 3 Distribution of cole land economic coefficient by rubrics

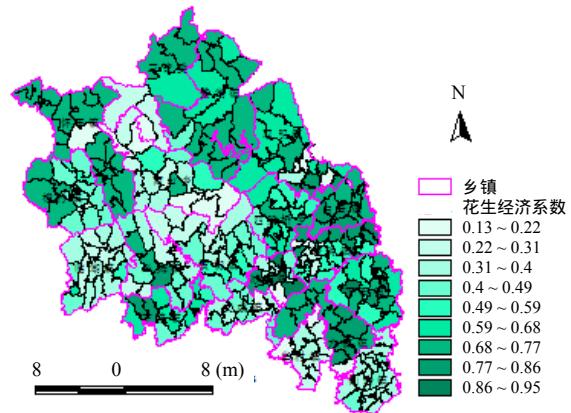


图 4 规程法 - 花生土地经济系数分布图

Fig. 4 Distribution peanut land economic coefficient by rubrics

从各作物的土地经济系数分布图可以得出, 相邻区域间土地经济系数差异的变化过大。这是因为规程法只是采用区域的平均值反映区域的平均水平, 而实际上, 农户在土地上投入资金和劳动力是不相同的, 土地的产出和投入成本也就不相同。土地的质量和资金投入与土地的自然属性、水利灌溉设施、以及农户的耕作经验和习惯有关系。规程法采用平均值, 没有考虑到村内农田间的差异性, 而在实际工作调查中, 也不可能调查到研究区范围内所有土地的投入产出情况。

2.2 地统计学法

2.2.1 样点的来源与修正 在玉山县 245 个行政村内随机选择样点进行实地调查, 总共获取 700 多个样点(图 5)。正确获得土地经济系数的前提条件是, 在不受比较利益影响的情况下, 农户愿意在土地上投入资金和劳动力来发掘土地生产潜力^[2]。那么通过实地调查的作物实际“产量-成本”指数就要求能够反映当地现实经济发展水平下所能发掘农用地生产潜力的能力。

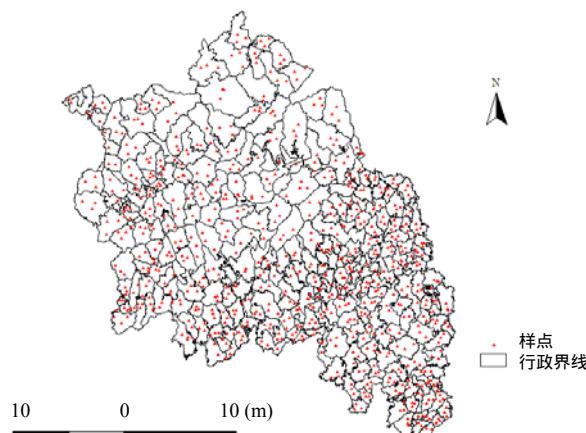


图5 玉山县土地经济系数样点分布图

Fig. 5 Distribution of sampling sites for land economic coefficient of Yushan County

在样点调查过程中，可能会存在一些被调查对象填写数据的不真实性。从农户的意愿上看，一些农户由于缺乏对农田的管理，经营管理水平低，导致物化投入和劳动投入低下，因此要对异常数据进行剔除，使样本能从总体上反映农用地投入-产出的差异^[3]。

2.2.2 样点的地统计学分析 地统计学是一种空间分析方法，主要用来研究那些在空间分布上既有随

机性又有结构性，或者空间相关和依赖性的现象。它的研究变量呈空间分布，常反映某种空间现象的特征，为区域变量^[4]。

半方差函数是描述区域化变量空间结构的基本工具，用来表示区域化变量在一定尺度上的空间变异和相关程度。它有3个参数：块金值，基台值，范围值。其计算公式如下^[5]：

$$r(h) = 1/2E[Z(x)-Z(h)]^2$$

式中， h 为间距； $r(h)$ 为半方差函数； r 为位置； $Z(x)$ 为区域化变量。

土地经济系数在空间上的分布具有空间相关性，原因为同一行政村内某些因素具有相似性，如水利灌溉设施，耕作习惯等，而另一些因素则存在差异性，如农田的质量和产量，农户的生产经验和劳动投入等。

要研究土地经济系数的空间相关性大小，必须对样点进行空间相关性分析。为了在建立半方差函数之前对数据的统计学特征有一个初步了解，需要对样本数据进行统计特征值分析^[4-5]。

数据统计特征见表1，各作物经济系数的分布较集中，早稻经济系数的变异系数为0.30，晚稻为0.21，油菜为0.32，花生为0.37，依据文献[6]得出，属于中等变异强度。在了解样本数据统计参数值的基础上，进行地统计分析。通过比较分析，选择拟合度较好的球状模型进行半方差函数分析（表2）。

表1 调查样本数据统计特征值

Table 1 Statistics value of the samples

作物经济系数	特征值				
	最小值	最大值	平均值	标准差	变异系数
早稻经济系数	0.45	0.89	0.68	0.20	0.30
晚稻经济系数	0.50	0.94	0.71	0.15	0.22
油菜经济系数	0.14	0.70	0.43	0.14	0.32
花生经济系数	0.13	0.94	0.54	0.20	0.37

表2 调查样本数据地统计半方差函数参数值

Table 2 Geostatistics semivariogram Parameter of the samples

作物经济系数	特征值				
	块金值 (C_0)	基台值 ($C + C_0$)	变程 (m)	$C / C + C_0$	R^2
早稻经济系数	0.053	0.972	5500	0.946	0.601
晚稻经济系数	0.141	0.998	5400	0.859	0.723
油菜经济系数	0.195	1.014	5800		0.797
花生经济系数	0.005	1.021	5700	0.995	0.654

块金方差值 (C_0) 是由数据的内部随机性带来的差异，结构方差 (C) 是由变量的空间相关性带来的差异，二者构成了总方差 ($C + C_0$)，即基台值 (Sill)。结

构方差与基台值比值的大小反映空间相关性大小。 $C / C + C_0 < 25\%$ ，反映空间相关性弱， $25\% < C / C + C_0 < 75\%$ 时，反映空间相关性中等， $C / C + C_0 > 75\%$ ，反

映空间相关性强^[7-11]。从表2可以得出，各作物C/C₀值皆>75%，说明各作物在空间分布上具有很大的相关性。通过对半方差方程的分析，早稻的土地经济系数变程为5.5 km，晚稻为5.4 km，油菜为5.8 km，花生为5.7 km。随着距离的增大，半方差函数逐渐增大，表明作物的经济系数空间相关性减弱；当变程达到最大值，靠近基台值时，半方差函数达到最大；当超过变程范围时，结构方差趋于0，半方差函数趋于稳定，空间相关性消失^[9-10]。

2.2.3 空间插值 Kriging 法计算土地经济系数 克里格法(Kriging)是在充分考虑变量的空间变化特征(相关性或随机性)的情况下，以半方差函数理论和结构分析为基础，对具有空间相关性的变量的取值在

有限区域内进行无偏最优估计。Kriging 算法突破了经典插值与统计学的限制，综合考虑了变量的结构性和随机性，与经典插值算法比较，它具有算法灵活，可获得估计方差等优点^[12]。

玉山县样点数据量大，共有700多个样点。对样点进行了空间相关性分析，得出半方差函数。结果表明各作物的土地经济系数在<6 km的范围内存在比较强的空间相关性，可运用空间插值 Kriging 法计算研究区域每个像元的土地经济系数。

运用 ARCGIS 软件，对700多个投入产出样点分作物进行 Kriging 插值。运用空间统计功能，对每个分等单元进行统计，得出每个分等单元指定作物的土地经济系数，结果如图6~9所示。

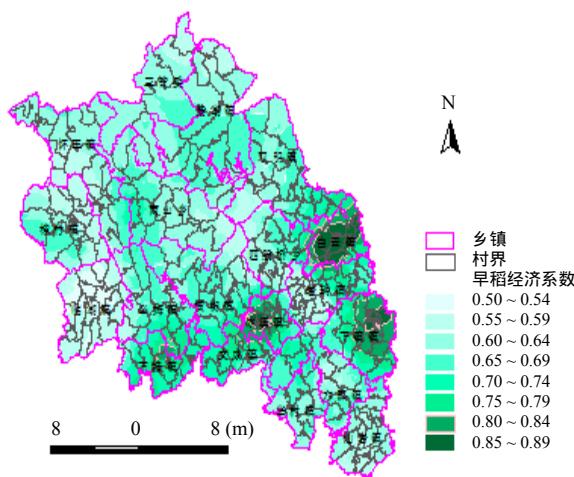


图6 Kriging 空间插值法-早稻土地经济系数分布图

Fig. 6 Distribution of early rice land economic coefficient by Kriging method

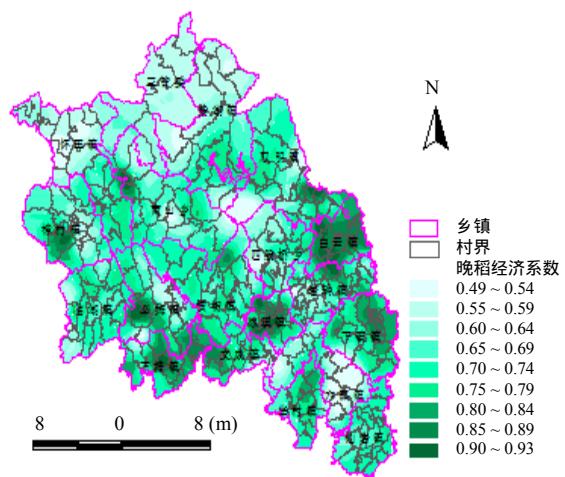


图7 Kriging 空间插值法-晚稻土地经济系数分布图

Fig. 7 Distribution late rice land economic coefficient by Kriging method

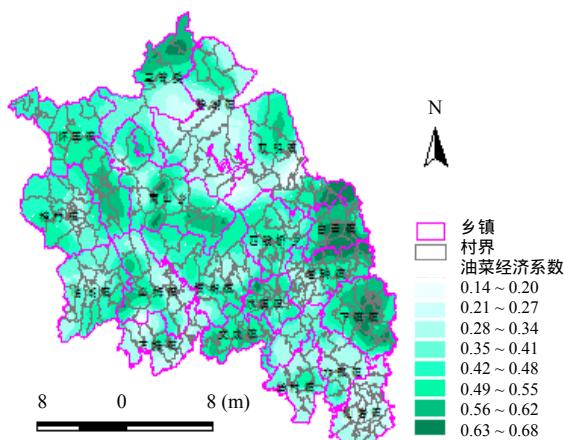


图8 Kriging 空间插值法-油菜土地经济系数分布图

Fig. 8 Distribution of cole land economic coefficient by Kriging method

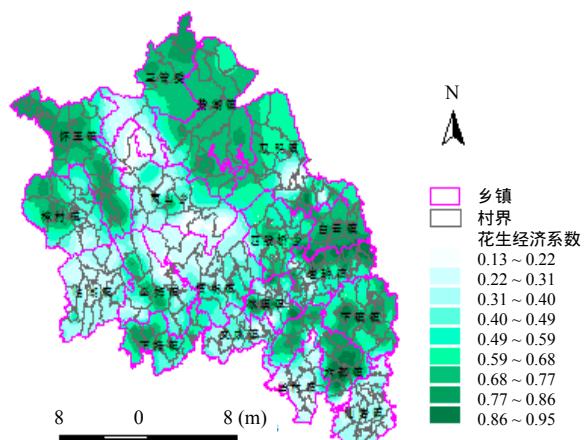


图9 Kriging 空间插值法-花生土地经济系数分布图

Fig. 9 Distribution of peanut land economic coefficient by Kriging method

从分布图可以看出，土地经济系数的变化在相邻区域间比较缓和，这是因为相邻区域范围内的灌溉水利设施，耕作习惯具有相似性，因此变化缓和。受土地质量，地形条件和区位条件的影响，南部和东南部的一些乡镇的土地经济系数偏高，其中白云镇，下镇镇，文成镇，岩瑞镇的各作物的土地经济系数比较高；位于西南和西北的一些乡镇，如南山乡，樟村镇，怀玉镇的土地经济系数偏低，该区为山地丘陵区，土壤质量较差。

2.3 样点验证

在玉山县所有耕地中随机抽取 2%^[1]的耕地进行野外实测，采集样点水田 30 个，旱地 30 个，用 GPS 进行定位。对实测数据（实测值）和插值方法计算的数据（简称插值值），规程法计算得出的数据（简称规程值）进行比较分析，计算均方根误差（RMSE），进行数据的验证。

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n [Z(x_i) - Z \times (x_i)]^2 / n}$$

式中： $Z(x_i)$ 和 $Z \times (x_i)$ 分别为在 x_i 处的实际测量值和预测值。在此处， $Z \times (x_i)$ 为插值值和规程值。

样点实测值与插值值的 RMSE 分别为：早稻为 1.42%，晚稻为 1.02%，油菜为 0.07%，花生为 1.02%，样点实测值与插值值的 RMSE 的平均误差为 0.88%。实测值和规程值 RMSE 分别为：早稻为 4.40%，晚稻为 3.16%，油菜为 4.68%，花生为 7.79%。很显然，实测值与插值值的 RMSE 比与规程值的 RMSE 小得多。因此可以得出运用地统计学法得出的土地经济系数比规程法计算的结果更精确，也更符合实际，为农用地分等土地经济系数的计算提供了新思路。

3 结论

(1) 运用地统计学原理与方法研究土地经济系数的空间相关性和依赖性，对样本数据进行了空间相关性分析，早稻、晚稻、油菜、花生各作物的 $C / C + C_0$ 分别为 0.946，0.859，0.823，0.995，由结构性带来的变异占总变异的比值都 $> 75\%$ ，土地经济系数间存在很大的空间相关性。在半方差函数分析基础上，采用空间插值 Kriging 法对具有空间相关性的样点取值在

研究区域内进行无偏最优估计，得出研究区每个象元的土地经济系数，再用分区统计功能得出研究区内每块耕地图斑的土地经济系数。

(2) 为验证地统计方法得出结果的准确性，比较两种方法得出结果的精确度，进行了实地采集样点验证，计算实测值、插值值、规程值间的 RMSE。计算结果为样点实测值与插值值的平均 RMSE 为 0.88%，实测值与规程值的平均 RMSE 为 5.01%。显然，地统计学法得到的土地经济系数比较精确，这为土地经济系数的确定提供了新的方法。

参考文献：

- [1] 中华人民共和国国土资源部. 农用地分等规程. 北京: 中国标准出版社, 2003
- [2] 姚慧敏, 张莉琴. 农用地分等中的土地利用系数计算. 资源科学, 2004, 26 (4): 89-95
- [3] 冯蓉晔, 谈志浩. 农用地分等中土地经济系数与经济系数计算方法改进探讨. 经济地理, 2004, 24 (2): 246-249
- [4] 王政权. 地统计学及在生态学中的应用. 北京: 科学出版社, 1999
- [5] 尚兴甲, 王梅芳, 孔繁华, 周全奎, 王翠霞. 冀州市土壤有机质和速效氮磷钾的分布状况. 土壤, 2005, 37(3): 334-337
- [6] 赵军, 张久明, 孟凯, 隋跃宇. 地统计学及 GIS 在黑土区域土壤养分空间异质性分析中的应用. 水土保持通报, 2004, 24 (6): 53-57
- [7] 王霞, 朱道林. 地统计学在都市房价空间分布规律研究中的应用. 中国软科学, 2004 (8): 152-156
- [8] 高义民, 同延安. 陕西省农田土壤硫含量空间变异特征及亏缺评价. 土壤学报, 2004, 41(6): 938-944
- [9] 曹尧东, 孙波. 丘陵红壤重金属复合污染的空间变异分析. 土壤, 2005, 37 (2): 140-146
- [10] 刘付程, 史学正, 于东升, 潘贤章. 基于地统计学和 GIS 的太湖典型地区土壤属性制图研究--以土壤全氮制图为例. 土壤学报, 2004, 41 (1): 20-27
- [11] Liang WJ, Li Q, Jiang Y, Chen WB, Wen DZ . Effect of cultivation on spatial distribution of nematode trophic groups in black soil. Pedosphere, 2003, 13 (2): 97-102
- [12] 宗耀光, 彭萍. 空间插值法在地价梯度场分析中的运用. 评估理论研究, 2003

Calculation Methods of Land Economic Coefficient in Farmland Classification

——A Case Study of Yushan County, Jiangxi Province

ZHAO Li-hong, GUO Xi, CHEN Wen-bo

(College of Land Resources and Environment, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China)

Abstract: Land economic coefficient is an important corrective coefficient in farmland classification. With Yushan County cited for case study, theories and methods of Geostatistics was applied to explore calculation methods of land economic coefficient. Semivariance of data of the soil samples from the country was analyzed. Results indicated that spatial correlation existed between land economic coefficients. To calculate economic coefficient of each land unit, the Kriging method was adopted. Results of sampling verification indicated that it is feasible to use the Kriging method in calculating land economic coefficients, which opens up a train of thoughts for determining land economic coefficients in classification of farmland.

Key words: Land economic coefficient, The farmland classification, Rubrics, Geostatistics, Kriging