

基于 GIS 和地质统计学的水稻灌溉 用水定额等值线图*

王 龙¹, 王 琳², 李 靖^{1,3**}, 刘 涛¹

(1. 云南农业大学水资源与节水灌溉重点实验室, 云南 昆明 650201;

2. 云南林业职业技术学院, 云南 昆明 650224;

3. 云南省环境科学与工程创新基地, 云南 昆明 650224)

摘要: 在 ARCGIS 支持下, 将 GIS 空间数据管理功能和地质统计学的空间分析功能相结合, 利用云南省 30 个典型县水稻灌溉用水定额数, 进行空间插值精度比较。交叉验证结果表明: 地质统计学方法优于常规的距离反比法、径向基函数法、多项式插值方法; 地质统计学方法中, 普通克里金球状模型插值精度较高。

关键词: GIS; 地质统计学; 灌溉用水定额; 等值线图

中图分类号: S 274.4 文献标识码: A 文章编号: 1004-390X(2005)06-0863-04

Irrigation Water Qutoa Isoline of Rice Based on GIS and Geostatitics

WANG Long¹, WANG Lin², LI Jing^{1,3}, LIU Tao¹

(1. Key Laboratory for Water Resource and Water-saving Irrigation ,YAU, Kunming 650201 ,China;

2. Yunnan Forestry Vocational Technology Academy, Kunming 650224 ,China;

3. Innovation Center of Environment Science and Engineering of Yunnan Province, Kunming 650201 ,China)

Abstract: ARCGIS was employed to combine the space data management in GIS with the space analysis in Geostatitics, and the precision of different interpolations based on the irrigation water qutoa of 30 typical counties in Yunnan was compared; the results of cross validation indicate that the methods of Geostatitics are better than the conventional inverse distance weighting, the polynomial and the radial basis function; The precision of the Ordinary Kriging spherical model was more precise than other methods of interploation in Geostatitics.

Key words: GIS; geostatitics; irrigation water qutoa; isoline

灌溉用水定额是灌溉管理中重要的基础数据, 它包括作物种植各个环节的用水标准, 从便于考核的要求考虑, 井灌区以井口为核算点, 渠灌区以斗口为核算点, 确定的井口、斗口以下的作物亩均用水量, 它具有统一核算点, 与一般意义上的毛灌溉定额相比, 可比性较强。灌溉用水定额的确定是在用水调查的基础上, 结合灌溉试验资料分析得到, 通过调查和试验资料分析只能得到个别点上的灌

溉用水定额, 某点上的数据难以直接用于其它地域, 因此, 常借助空间插值手段确定其它地域的灌溉用水定额。

地质统计学方法是以反映空间结构特征的结构函数为基础, 以取得估计方差最小为目标, 在无偏性约束条件下求优的一种估计方法^[1,2]。与常规的插值方法不同, 它考虑了样本点的方向、位置和彼此间的距离, 测定和分析空间依赖性, 常用于

收稿日期: 2005-03-24

* 基金项目: 云南省十五科技重点攻关课题(2002NG14); 云南省自然科学基金(99E0015Q); 云南省高校学术带头人基金项目 ** 通讯作者

作者简介: 王龙(1975-), 男, 汉族, 四川射洪人, 讲师, 在读研究生, 主要从事水资源与节水灌溉研究。

研究有一定随机性和结构性的变量空间分布规律。近年来,地质统计学不仅广泛应用于土壤、环境等领域,为研究土壤水、盐,以及污染物浓度的空间迁移、扩散和分布关系提供了强有力的工具^[3,4],且在作物需水量的估值和空间结构分析方面也得到了初步应用。

GIS 可以把空间和属性信息有机地结合,通过地理数据能够比较容易地确定样本点之间的距离,进而根据同性数据可以计算出变量之间的差异,从而得到地统计学所需要的步长和半方差的函数关系,使分析大尺度下灌溉用水定额的变异规律较为方便,因此,GIS 与地统计学的空间分析功能的结

合,为大尺度下进行灌溉用水定额插值提供了技术支持和条件。

1 方法

1.1 数据基础

水稻灌溉用水定额是在进行灌溉用水定额分区的基础上,选取典型县进行水稻灌溉用水定额的调查和灌溉试验数据分析计算,并最终确定各典型县水稻灌溉用水定额。云南省灌溉用水定额分为 6 个区^[5],选取了 30 个典型县进行灌溉用水定额的分析计算,各典型县水稻灌溉用水定额见表 1。

表 1 典型县水稻灌溉用水定额成果表

Tab. 1 Irrigation water quota of typical counties

地名	灌溉用水定额/m ³	地名	灌溉用水定额/m ³	地名	灌溉用水定额/m ³	地名	灌溉用水定额/m ³	地名	灌溉用水定额/m ³
宾川	545	普洱	608	玉龙	550	嵩明	450	瑞丽	800
大理	462	邱北	703	元江	434	弥勒	448	耿马	540
广南	612	威信	800	昭阳	470	沾益	510	景东	480
红塔	379	姚安	414	师宗	560	个旧	450	宣威	535
蒙自	382	永德	566	临沧	515	勐海	440	兰坪	590
								巧家	570
								元谋	610
								罗平	520
								隆阳	750
								永胜	730

为了进行地质统计学空间插值,还收集了各典型县的经度、纬度及云南省行政区划图等基础数据。

1.2 软件工具

本次研究选用的软件工具包括:美国环境研究所(ERSI)的 ARCGIS 8.1 和微软的 EXCEL 电子表格工具。其中,EXCEL 用于原始数据的输入和基本计算,ARCGIS 8.1 用于地统计学分析和等值线图的生成。

1.3 地质统计学插值方法

克里金法是地质统计学的主要内容之一,它是根据待估样本点有限邻域内若干已知样本点数据,在考虑了样本点的形状、大小和空间相互位置关系,与待估样本点的相互空间位置关系,以及变异函数的结构信息之后,对样本点值进行的一种无偏估计。在数据点较多时,其内插的结果可信度较高^[6,7]。克里金法包括多种类型,但最常用的是普通克里金法,用公式表示普通克里金插值,即:

$$Q^*(x_0) = \sum_{i=1}^n \beta_i Q(x_i) \quad (1)$$

式中: $Q^*(x_0)$ 及 $Q(x_i)$ 分别为待估值点和已知样本点的灌溉用水定额;

β_i 为各样本点的权系数;

n 为样本点个数;

β_i 必须使估计值满足如下两个条件:① 线性无偏(即无系统误差);② 估计最优(即有最小的估计方差。用公式表达为:

$$\text{线性无偏: } \sum_{i=1}^n \beta_i = 1 \quad (2)$$

$$\text{满足最优: } \min \sigma_E^2 = \text{var}(Q^* - Q) = 2 \sum_{i=1}^n \beta_i \bar{\gamma}(x_i, D) - \bar{\gamma}(D, D) - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \beta_i \beta_j \bar{\gamma}(x_i, x_j) \quad (3)$$

式中: D 代表所研究的区域; $\text{var}()$ 为方差符号,即 σ_E^2 ; $\bar{\gamma}(x_i, D)$ 代表 $\gamma(h)$ 在向量 \bar{h} 的一段固定在 x_i ,另一端独立扫过区域 $D(x)$ 时求得的 $\gamma(h)$ 均值,其余的 $\bar{\gamma}()$ 意义类推; $\gamma(h)$ 为描述空间变量之间变异的量,称为变异函数,表示研究区域内变量的相关关系和空间结构,可由样本实测点 $Q(x_i)$ 分析确定^[8]。

2 等值线图的生成及结果分析

2.1 数据预处理

克里金插值要求数据服从正态分布,因此需对数据进行预处理,本次研究采用偏度峰度检验法分

析数据的分布状态。

$$\text{偏度} \quad R = m_3/S^3 \quad (4)$$

$$\text{峰值} \quad P = m_4/S^4 - 3 \quad (5)$$

式中 标准方差 $S = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})^2}$;

$$m_3 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})^3 \quad (\text{样本 3 阶中心矩})$$

$$m_4 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})^4 \quad (\text{样本 4 阶中心矩}).$$

如果 $|R| < 2\sqrt{6/n}$ 且 $|P| < 2\sqrt{24/n}$, 则样本可认为是正态分布。

云南省水稻灌溉用水定额样本数据共 30 个, 统计分析结果见表 2, 统计结果表明云南水稻灌溉用水定额服从正态分布, 可以利用克里金方法进行插值。

表 2 水稻灌溉用水定额统计分析结果

Tab. 2 Stastical results of the irrigation water quota

样本数目	最大值/ m^3	最小值/ m^3	平均值/ m^3	中值/ m^3	标准方差	偏度	峰值	$2\sqrt{6/n}$	$2\sqrt{24/n}$
30	800	379	547.4	537.5	115.8	0.773	-0.003	26.83	1.79

2.2 插值方法比较

插值方法拟选: 克里金插值和常规插值方法。其中克里金法采用普通克里金法和简单克里金法, 两种克里金法分别采用球状模型和指数模型拟合, 常规插值选用了距离反比法、径向基函数法和多项式插值 3 种方法; 利用上述插值方法分别对云南省水稻灌溉用水定额进行空间插值, 并进行插值精度评价, 选择最优者作为插值方法。

拟选插值方法的插值精度采用交叉验证进行评价^[9], 所谓交叉验证是假设研究变量为 $z(x)$, 依次删去 $z(x)$ 在采样点 $x_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 处的属性值 $z(x_i) (i = 1, 2, \dots, n)$, 其它点的属性值保持不变, 利用剩下的 $(n - 1)$ 个点的属性值, 插值计算被删除的采样点上的属性值 $z^*(x_i)$, 并对 n 个插值计算结果与实际的结果作比较, 进行误差的统计学分

析, 以进行插值精度评价。

交叉验证结果统计学指标选用平均误差 (Mean)、误差均方根 (Root-Mean-Square)、平均预测标准差 (Average-Standard-Error)、平均标准差 (Mean-Standardized) 及标准均方根预测误差 (Root-Mean-Square-Standardized), 其中前 4 项指标越小插值精度越高, 第 5 项指标越大越好; 常规插值方法与克里金插值比较选用平均误差和误差均方根进行比较, 不同的克里金插值模型选用 5 项指标进行比较。

2.2.1 克里金插值与常规插值方法比较

克里金插值与常规方法插值的交叉验证统计结果见表 3。从表 3 中统计结果可以看出, 克里金插值方法总体上优于常规插值方法。

表 3 克里金插值与常规插值方法交叉验证结果比较

Tab. 3 The comparison of cross validation between conventional interpolation and kriging

插值方法	模型参数	平均误差	误差均方根	
常规方法	距离反比法	指数为 1.740 7	-20.17	111.7
	多项式插值	指数为 2	-0.395 8	148.4
	径向基函数插值	完全规则样条函数参数为 39.238	-11.86	111.1
克里金法	简单克里金法	指数模型	-7.873	109.3
		球状模型	-7.49	109.7
	普通克里金法	指数模型	-9.403	110.6
		球状模型	-5.93	111.6

2.2.2 不同克里金插值方法的比较

不同的克里金插值方法交叉验证统计结果见表 4, 从表中统计结果可以看出, 克里金插值方法中, 以普通克里金球状模型插值精度最高, 并且优于常规插值方法, 普通克里金球状模型插值结果见

图 1。

3 结论

通过对云南省水稻灌溉用水定额数据分析表明: 云南省典型县水稻灌溉用水定额数据符合正态

分布,可以利用克里金法进行空间插值;经过交叉验证的误差统计分析可知,克里金空间插值精度总体上高于常规插值方法,克里金插值模型中,又以普通克里金球状插值模型精度较高;从普通克里金球状模型插值结果可以看出:云南水稻灌溉用水定额以云南中部地区较低,而四周区域的水稻灌溉用水定额较高;出现这一现象的原因,与云南中部地

区灌溉农业较为发达,农田水利设施配套较之于其它地区较好,灌溉用水利用系数较高等因素有关。

研究表明:在 ARCGIS 平台下,将地质统计学的空间分析功能与 GIS 的空间数据管理功能相结合,用于在大尺度下分析水稻灌溉用水定额空间插值是可行的,同时也为其它作物灌溉用水定额的空间插值提供了方法和例证。

表 4 不同克里金法的交叉验证结果比较

Tab. 4 The comparison of cross validation between the Ordinary Kriging and the Simple Kriging

统计指标	普通克里金		简单克里金	
	球状模型	指数模型	球状模型	指数模型
平均误差	-5.93	-9.403	-7.49	-7.873
误差均方根	111.6	110.6	109.7	109.3
平均预测标准差	96.48	95.73	111.3	111.3
平均标准差	-0.02899	-0.05788	-0.06343	-0.06537
标准均方根预测误差	1.103	1.092	0.9799	0.9736

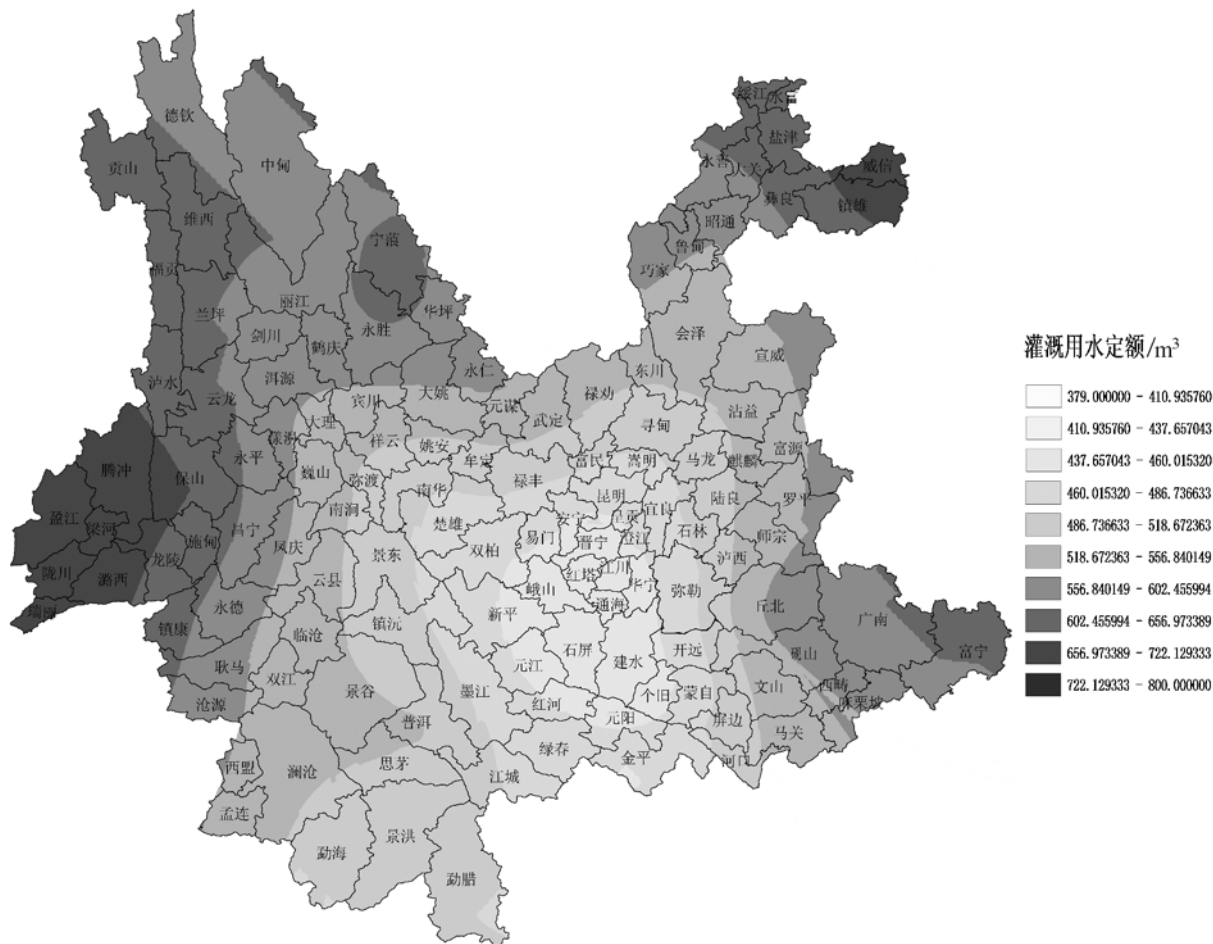


图 1 普通克里金法云南水稻灌溉用水定额等值线图(球状模型)

Fig. 1 Irrigation water quota isoline of rice with Ordinary Kriging in Yunnan (spherical model)

定,因此棉花抗病育种工作还有待加强。

[参考文献]

[1] 杨家荣,商鸿生,高立强.土壤环境因素对棉花黄萎病菌微生物核存活的影响[J].植物病理学报,2004,34(2):180-183.

[2] DELMOTIEF, BUCHELIE, SHYKOFF J A A. Host and parasite population structures in a natural pathogen system[J]. Heridity, 1999, 82:300-308.

[3] 喻树讯,王坤波,郭香墨.棉花育种材料与方法研究的现状与发展方向[J].中国棉花,1999,26(12):6-8.

[4] 马存,简桂良.我国棉花抗黄萎病育种现状、问题及对策[J].中国农业科学,1997,30(2):58-64.

[5] 吴征彬,李冬波,余敦智,等.棉花对枯黄萎病的抗性

鉴定及病害对产量的影响[J].作物学报,2003,29(6):947-950.

[6] 李雪玲,厉云,张天宇.抗棉花黄萎病种质资源的筛选与鉴定[J].植物保护,2003,29(3):18-20.

[7] 房慧勇,马峙英.棉花抗黄萎病机制及抗病性鉴定研究进展[J].河北农业科学,2002,6(2):1-7.

[8] 崔瑞敏,刘素恩,刘存敬.河北省区试棉花品种的枯黄萎病抗性评价[J].河北农业科学,2004,8(4):86-88.

[9] 曾华兰,叶鹏盛,李琼芳,等.四川棉花品种抗枯、黄萎病性鉴定研究[J].云南农业大学学报,2002,17(4):380-382.

[10] 朱荷琴,宋晓轩,郭金城.棉花区试品种抗病性鉴定与评价研究[J].中国棉花,1993,20(6):29-30.

[11] 姜占发,刘大群.棉花黄萎病菌鉴定技术现状及展望[J].河北农业大学学报,2002,25(1):95-98.



(上接第 866 页)

[参考文献]

[1] 袁新,李恩羊.参照作物需水量的空间变异性[J].水利学报,1990,(2):33-37.

[2] 李恩羊.地质统计学在作物需水量研究中的应用[J].武汉水利电力学院学报,1991,(1):1-9.

[3] 李艳,史舟,徐建明,等.地统计学在土壤科学中的应用及展望[J].水土保持学报,2003,17(1):178-182.

[4] 杨卫华.基于 MapInfo 和 Surfer 的大气污染物等值线绘制分析[J].能源环境保护,2003,17(3):59-60.

[5] 王龙,李靖.云南省灌溉用水定额分区研究[J].水利科技与经济,2005,11(1):35-37.

[6] 邬伦,刘瑜,张晶.地理信息系统原理,方法和应用[M].北京:科学出版社,2001.

[7] 陈述彭,鲁学军,周成虎.地理信息系统导论[M].北京:科学出版社,2001.

[8] 王仁铎,胡光道.线性地质统计学[M].北京:地质出版社,1988.

[9] 王建,白世彪,陈晔. Surfer 8 地理信息制图[M].北京:中国地图出版社,2004.