

# 运用空间局部内插研究海南省疟疾空间分布特征

苏永强 张治英 徐德忠 席云珍 王善青 李才旭

**【摘要】** 目的 研究海南省疟疾空间分布特征。方法 收集1995~1999年海南省各市(县)疟疾发病率资料,在 ArcGIS 8.1 软件支持下,建立海南省疟疾发病的地理信息系统,并以此为基础利用空间局部内插分析建立海南省疟疾空间分布图,以交叉评价指标为依据选择无偏最优的空间分布图。结果 1995~1999年海南省疟疾空间分布图显示,南部疟疾发病率显著高于北部,南部地区发病主要集中于五指山、鹦哥岭山脉为中心的地区,且东部沿海的发病率普遍高于西部沿海。交叉评价指标显示,建立的海南省疟疾空间分布图是对海南省疟疾分布的无偏最优估计。结论 空间局部内插法能很好估计海南省疟疾的空间分布特征,可指导相应防治措施的实施。

**【关键词】** 疟疾;地理信息系统;空间局部内插

**Study on the distribution of malaria in Hainan province through spatial local interpolation technique** SU Yong-qiang\*, ZHANG Zhi-ying, XU De-zhong, XI Yun-zhen, WANG Shan-qing, LI Cai-xu. \*Department of Epidemiology, Faculty of Preventive Medicine, Fourth Military Medical University, Xi'an 710032, China

**【Abstract】 Objective** To explore the spatial distribution of malaria in Hainan province. **Methods** Maps of spatial distribution on malaria incidence in Hainan province from 1995 to 1999 were produced using a spatial local interpolation technique in the ArcGIS 8.1 software. Cross-validation techniques were used to evaluate the fitness of the distribution maps. **Results** The spatial distribution of malaria in Hainan province from 1995 to 1999 showed that the incidence of malaria in the southern part of Hainan province were higher than that in the north. In the south, the incidence of malaria in east coastal areas were higher than that of other parts, especially in Wuzhi and Yingge mountains. The prediction error of the cross-validation indicated that the spatial distribution maps of malaria in Hainan had good fitness of malaria incidence of Hainan province. **Conclusion** Spatial local interpolation technique seemed to be promising in describing the spatial distribution of malaria.

**【Key words】** Malaria; Geographic information systems; Spatial local interpolation

海南省是我国疟疾流行最严重,也是疫情波动最频繁的地区之一。如何及时掌握流行的态势,并对其分布状况进行空间描述,对于疟疾流行的监测和控制有积极的意义。地理信息系统(Geographic Information Systems, GIS)以其独特的数据管理、分析、显示、交流以及地理模型分析方法,为疟疾监测和控制计划的制定和实施提供了新的方法<sup>[1,2]</sup>。我们利用 ArcGIS 8.1 软件集成的空间局部内插方法分析海南省1995~1999年疟疾流行期疟疾流行的趋势变化和分布特征,以期为卫生防疫部门配置防

疫资源,制定防疫策略,确定防疫监测的重点地区等提供决策依据。

## 资料与方法

1. 疟疾流行资料:收集1995~1999年海南省19个市(县)历年逐月疟疾发病率资料,按5~10月疟疾流行季节计算平均发病率,以此作为年度疟疾流行强度指标,建立疟疾发病率数据库。

2. GIS的建立:以海南省1:100万县界电子地图为基础地图,建立的疟疾发病率数据库作为属性数据库,在 ArcGIS 8.1 软件支持下,建立1995~1999年海南省流行季节疟疾发病的 GIS。

3. 局部内插方法:以建立的海南省1995~1999年疟疾发病 GIS 为基础,在 ArcGIS 8.1 软件及其地统

基金项目 全军“十五”指令性课题资助项目(01L078)

作者单位:710032 西安,第四军医大学流行病学教研室(苏永强、张治英、徐德忠);广州军区联勤部防疫队(席云珍);海南省热带病防治研究所(王善青、李才旭)

计学分析扩展模块的支持下,分析海南省疟疾发病的空间分布特征。

(1)空间数据分析(exploratory spatial data analysis,ESDA):主要研究海南省各市(县)疟疾发病有无空间自相关性,以确定这些数据是否符合空间统计的本征假设(intrinsic assumption),即区域化变量的增量的方差函数对相同距离、相同方向的任意两点间都一样,而与它们的绝对位置无关。

(2)空间局部内插(spatial local interpolation technique)完成空间数据分析后,就可以进行空间局部内插分析。在地学统计分析(geostatistical analyst)功能支持下,以1995~1999年海南省疟疾发病GIS为基础,用克里格(Kriging)法建立疟疾发病空间分布图,并通过交叉检验(cross-validation)对建立的分布图进行评价,使分布图对海南省疟疾的分布达到无偏最优估计,常用估计偏差(prediction error)来评价,指标包括估计偏差的均数(MPE),反映估计值的偏性,越接近0偏性越小;估计偏差均方根(root-mean-square prediction error,RMS-PE)与估计偏差平均标准误(average standard error,ASE-PE),反映了估计值与实测数据的一致性,要求应尽可能小,且二者要尽可能相等。估计偏差标准化均方根(root-mean-square standardized,RMSS-PE),它是对估计偏差的变异程度进行评价,其值越接近于1表示变异越小。

## 结 果

1.疟疾发病率的空间数据分析:半方差云图(semivariogram cloud)显示距离越近的点半方差函数值越小,随距离的变大函数值也增大,当距离增大到某一特定值后,半方差函数值不再增大而是在某一个极限值附近摆动,说明发病率数据存在空间自相关性,即距离相近的点比距离较远的点更相近,并且符合空间统计分析的本征假设前提。该结果表明对疟疾流行分布进行空间内插分析是可行的。

2.海南省疟疾流行的空间局部内插分布图:图1是用克里格法建立的1995~1999年海南省疟疾空间分布图。可见,海南省南部山地和丘陵地带的发病率显著高于以台地和平原为主的北部( $P < 0.01$ ),大致以图中亮黄色线为分界线,两边所示地区疟疾发病的空间分布呈现出迥异的特征。北部低流行区的发病在空间和时间的分布上呈现出较低水平的波动态势,而高流行区的发病在时间维上表现

为高水平的持续状态,在空间上维持着相对恒定的区域分布。另外高流行区内的发病呈现出多层次的特点,历年的疟疾高发区都集中于以五指山、鹦哥岭山脉为中心的地区,即图中红线区(为显示各年度的流行特征,以各年度的发病率进行高发区分类,而不是按统一的发病率值),可以看到近2年该区域有扩大的趋势并呈现向中部和东部发展的势头。在南部疟疾高流行区,东部沿海部分的发病率普遍高于西部沿海。

3.分布图的交叉评价结果:表1所列是克里格空间内插分析产生的疟疾分布图的交叉评价指标,是评价分布图优度的依据。交叉评价首先利用全部数据资料估计自相关模型,然后移走其中一个采样点,使用剩余数据估算该采样点的取值,并比较前后的差异,对每一个采样点均执行该程序。继而发现并舍弃异常采样点,重新拟合自相关模型,保证了建立的模型以及各参数指标是合理可信的。本研究采用海南省19个市(县)的疟疾发病资料建立海南省疟疾分布图,在分析的过程中,调整运算参数的取值,以使分布图的估计偏差尽可能小,由表1可见1995~1999年各年度评价指标MPE均比较小,基本接近于0;同时RMSS-PE均接近于1;说明生成的分布图的估计偏差较小。虽然RMS-PE和ASE-PE值各年度波动较大,且1995和1998年的取值较高,但可以看出,各年度RMS-PE和ASE-PE基本接近,说明分布图的估计效果还是很好的。

表1 1995~1999年海南省疟疾流行期空间局部内插分布图交叉评价指标

年份	MPE	RMS-PE	ASE-PE	RMSS-PE
1995	0.017 4	1.086	1.137	1.004
1996	0.048 8	0.686	0.736	0.958
1997	0.036 5	0.589	0.650	1.003
1998	-0.001 8	1.577	1.573	1.042
1999	-0.009 4	0.629	0.704	1.019

图2为1999年海南省疟疾流行季节空间局部内插分析的估计误差图,图中的等值线表示空间局部内插误差的大小,从图中可以看到哪些地方的估计误差较大,提示应该重新选择采样点或配置新的采样点以降低当地的估计误差,从而在整体上降低交叉评价各指标的评价误差,最终优化空间局部内插结果。

## 讨 论

疟疾的传播和流行具有明显的空间地理异质性

特点,如何凭借有限的监测点了解全地域的疟疾分布特点以及如何优化监测点的配置,对于疟疾防治控制计划是非常有用的,以地理空间数据库为基础的 GIS 及其空间局部内插分析、多要素综合分析、动态监测和决策服务的能力为疟疾监测控制计划的实施提供了良好的工作框架<sup>[3-5]</sup>。空间局部内插分析是在有限区域内利用现有数据以了解整体特性的无偏最优估计方法<sup>[6]</sup>。该方法强调了疾病在不同地理环境分布间的差异,能使卫生管理工作以一种全局宏观的视角管理疾病防治工作。空间内插方法为研究疾病的空间分布特性提供了新的手段,在流行病学领域的应用方兴未艾<sup>[7-8]</sup>。关于流行病学资料在空间局部内插方法中的适用性问题,有学者认为<sup>[7]</sup>,即使流行病学资料不是非常符合本征假设,但是只要选择合适的采样点以及适宜的采样间隔,也是可以应用该方法的,因为空间内插分析能够估计插值的误差。

本研究对 1995~1999 年海南省疟疾发病流行资料进行了空间局部内插分析。结果显示,海南省疟疾流行的空间分布特性,与硬性的疟疾管理行政区划分类管理有一定的差距,表明按流行强度分区管理对疟疾防治工作的必要性。江苏省的相关研究也指出利用 GIS 的空间分析功能可以为强化疟疾分类指导策略,进一步控制疟疾的传播提供科学的依据<sup>[9]</sup>。图 1 显示的亮黄色分界线两边的疟疾发病呈现出很不同的空间和时间特征。提示我们在制定防治措施、配置防疫资源和进行区域卫生规划调整时则应该采取有针对性的适应性方案,才能在有限的卫生物力、财力和人力保证的情况下取得有效的防治效果。自 1995 年以来,以疟疾流行高危村和高危人群为重点,并结合健康教育和行为干预的新综合性防治对策的探索和实施<sup>[10]</sup>,乡镇卫生院的设置变动以及其预防职能的转变等措施极大地改变着疟疾流行的分布特征,全省疟疾发病率逐年下降,如何结合本研究揭示的流行分区特点制定疟疾分类管理的指导措施,应该是下一步疟防工作的重点。本方法优于利用统计学进行的疟疾流行分层研究<sup>[11]</sup>,它不仅提供了疟疾流行地理分布的视觉化呈现工具,而且能够结合环境因素、生态学因素和经济条件等进行防治措施制定和疟疾危险预测的研究<sup>[12,13]</sup>。

本研究提出了县级水平疟疾的分布特征,如果我们有更细的乡镇水平的疟疾资料就能够进行重点流行区内疟疾分布状况的研究,以发现重点防治地域,提示可疑地域等,这样就可以在宏观和微观上进行疟疾流行和防治的分类指导和分层管理。为了进一步探索分布特征深层的机理,有必要考虑媒介种群、地理环境、气象条件以及社会特征等的综合影响,而建立疟疾监测和控制的 GIS 是值得考虑的方法。

(本文图 1 2 见插图第 4-4 页)

#### 参 考 文 献

- 1 胡晓抒,周晓农,孙宁生. 地理信息系统在疾病控制中的应用. 中华流行病学杂志, 1998, 19(2-A): 415-418.
- 2 彭斌,王润华. 地理信息系统(GIS)与卫生决策. 预防医学情报杂志, 2001, 17: 249-251.
- 3 Kitron U. Landscape ecology and epidemiology of vector-borne diseases: tools for spatial analysis. J Med Entomol, 1998, 35: 435-445.
- 4 Adjuik M, Bagayoko M, Binka F, et al. Towards an atlas of malaria risk in Africa. First technical report of the MARA/ARMA collaboration. MARA/ARMA, Durban, 1998.
- 5 Booman M, Durrheim DN, Grange KL, et al. Using a geographical information system to plan a malaria control programme in South Africa. Bull WHO, 2000, 78: 1438-1444.
- 6 王政权. 统计学及在生态学中的应用. 北京: 科学出版社, 1999.
- 7 Carrat F, Valleron AJ. Epidemiologic mapping using the "Kriging" method. Application to an influenza-like illness epidemic in France. Am J Epidemiol, 1992, 135: 1293-1300.
- 8 Kleinschmidt I, Bagayoko M, Clarke GP, et al. A spatial statistical approach to malaria mapping. Int J Epidemiol, 2000, 29: 355-361.
- 9 张小萍,金小林,杨国静,等. 江苏省疟疾流行态势的空间分析. 中国人兽共患病杂志, 2002, 18: 120-121.
- 10 陈文江,吴开琛,林明和,等. 采用加强传染源防治结合健康教育的新对策控制海南山区疟疾的试点研究. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志, 1999, 17: 1-4.
- 11 汪丽波,张再兴. 1999 年云南省疟疾流行分层探讨. 实用寄生虫病杂志, 2001, 9: 85-87.
- 12 Ribeiro JM, Seulu F, Abose T, et al. Temporal and spatial distribution of anopheline mosquitos in an Ethiopian village: implications for malaria control strategies. Bull WHO, 1996, 74: 299-305.
- 13 Hu H, Singhasivanon P, Salazar NP, et al. Factors influencing malaria endemicity in Yunnan province, PR China (analysis of spatial pattern by GIS). Southeast Asian J Trop Med Public Health, 1998, 29: 191-200.

(收稿日期: 2002-12-23)

(本文编辑: 张林东)

# 运用空间局部内插研究海南省疟疾空间分布特征

(正文见第 269 页)

0 15 30 60 90 120 km

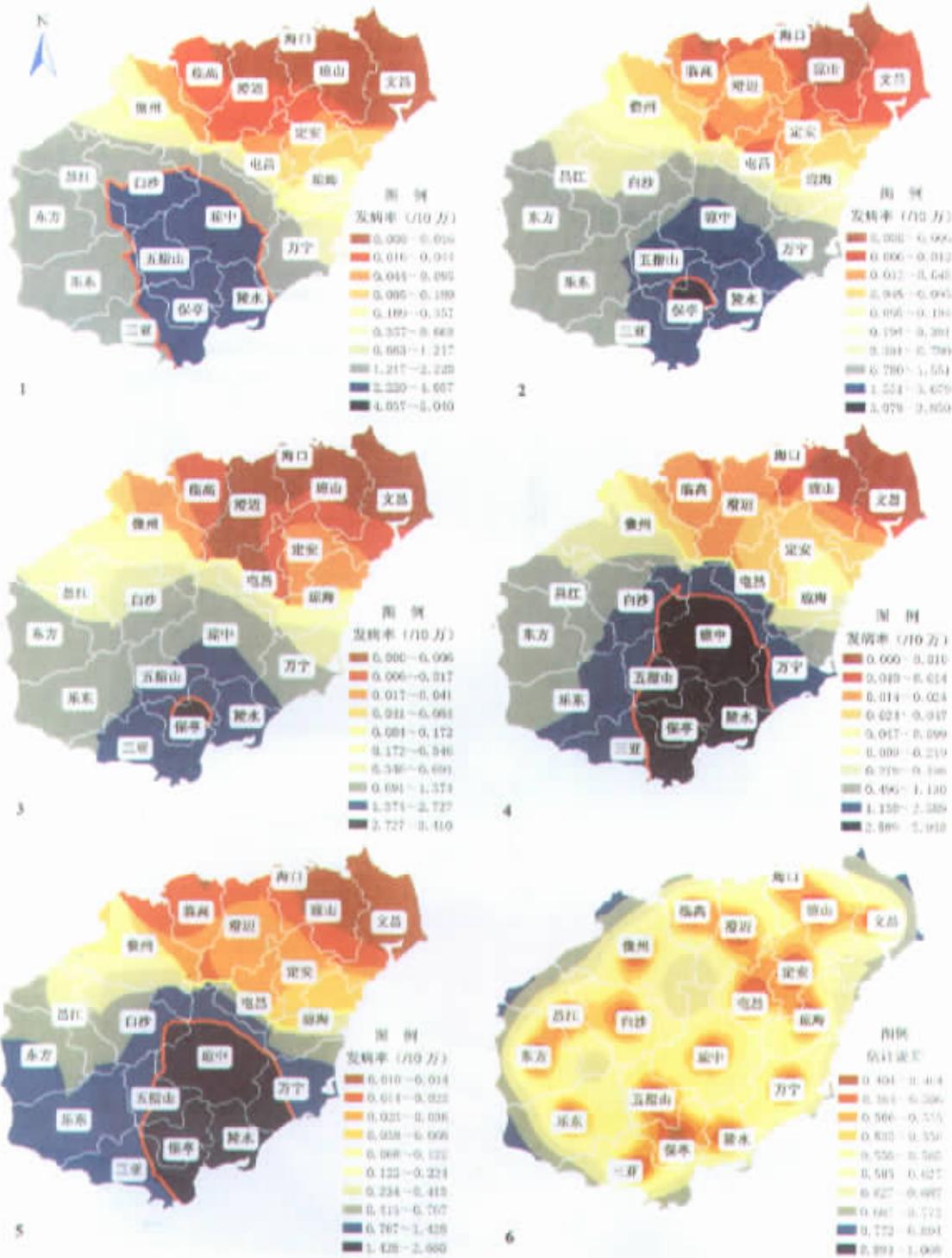


图1-5 1995-1999年海南省疟疾流行季节发病率分布

图6 1999年海南省疟疾流行季节估计误差