

广东省潮州市伊蚊媒介的地理信息系统建立与应用

易彬樨 徐德忠 张治英 张波 席云珍 傅建国 罗军 袁明辉 刘少群

【摘要】 目的 探索登革热流行和媒介伊蚊种群的空间分布特征。方法 (1)搜集广东省潮州市的登革热发病资料及同期的媒介种群监测资料 (2)制作潮州市的1:5万的数字化地图,包括了边界、居民点、道路交通、海拔高度、水系等要素;(3)现场测定各监测点中心位置的经纬度(4)在ArcGIS 8.5专用软件上进行空间分析。结果 潮州市的伊蚊分布具有空间聚集性,伊蚊密度与水系的距离有关,且与水系距离越近,伊蚊密度越高。空间分布图显示,潮州市每年的伊蚊疫情虽有变化,但基本上保持高、中、低三类分布区域,且分布图的评价效果良好。结论 地理信息系统用于登革热媒介监测分析是可行的,并具有常规研究方法不可替代的作用。

【关键词】 地理信息系统;伊蚊属;空间分布;克立格

Development and application of geographic information system of *Aedes* vector in Chaozhou city, Guangdong province YI Bin-tang*, XU De-zhong, ZHANG Zhi-ying, ZHANG Bo, XI Yun-zhen, FU Jian-guo, LUO Jun, YUAN Ming-hui, LIU Shao-qun. *Department of Epidemiology, Faculty of Preventive Medicine, Fourth Military Medical University, Xi'an 710032, China

【Abstract】 Objective To explore the spatial distribution character of dengue fever and the change of *Aedes* population, so as to provide macroscopical decision-making evidences of prevention and supervision on dengue fever. **Methods** (1)Collecting data on morbidity of dengue and supervision on vector's population in the corresponding period. (2)Drawing digitized map of Chaozhou in scale of 1:50 000, including elements of boundary, residential areas, road and traffic, altitude, water systems etc. (3)Measuring the latitude and longitude of center position of surveillance safes on the scene. (4)Processing spatial analysis by the ArcGIS 8.5 software. **Results** Distribution of *Aedes* showed spatial cluster in Chaozhou, while its density was related to the distance to the watersides. The closer to the watersides, the higher the density was. Map on spatial distribution showed that although the *Aedes* epidemic situation changed yearly, but primarily be kept in high, middle, low regions. Cross-validation effects of the distribution maps were satisfactory. **Conclusion** Geographic information system was promising in analyzing data on dengue fever, and better than other routine research methods.

【Key words】 Geographic information systems; *Aedes*; Spatial distribution; Kriging

登革热(dengue fever, DF)是由伊蚊(*Aedes*)引起的一种急性烈性传染病,主要在热带、亚热带地区流行。最近10年已广泛分布于100多个国家和地区,对25亿人的健康构成威胁^[1,2]。中国东南沿海是伊蚊的主要分布区,也是登革热流行区,现已被我国列为新增的重要传染病。为探索登革热流行和媒介种群的空间分布特征,从而为登革热的防治和监

测提供宏观的决策依据。我们搜集了潮州市的登革热发病资料及同期的媒介种群监测资料,建立潮州市的伊蚊媒介的地理信息系统(geographic information systems, GIS),探讨了其空间自相关性和空间分布特征。

资料与方法

1. 资料来源:从潮州市疾病预防控制中心收集各区(县)的伊蚊媒介种群密度布雷图指数(Breteau index, BI)监测资料。选取登革热高发和监测资料较全的1997年和2000年各监测点的伊蚊密度(包括所查户数与有伊蚊幼虫孳生的容器数)。用手持型(GPS12)全球卫星定位仪现场测定各伊蚊监测点的

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,第四军医大学预防医学系流行病学教研室(易彬樨、徐德忠、张治英、张波);广州军区联勤部卫生防疫队(席云珍、傅建国);广东省潮州市第一八八医院(罗军、袁明辉);潮州市疾病预防控制中心(刘少群)

经纬度,由解放军总参谋部测绘技术总站制作的潮州市1:50 000数字化地图,包括居民点、道路、水系、海拔高度等空间资料。

2. 方法:

(1) 统计学分析 将发病、监测资料输入计算机,用 SPSS 11.0 统计软件建立数据库。计算收集到的发病资料、人口数计算各区(县)的年发病率和流行季节媒介伊蚊密度 BI。在 ArcGIS 8.5 软件的 ArcCatalog 功能模块下将发病率数据、媒介监测数据作为属性数据根据地理坐标以点数据输入电子地图用于空间分析。

(2) 聚集性分析 运用空间聚集性分析专用软件 SaTScan 对潮州市 1997 年和 2000 年的伊蚊分布进行空间聚集性分析。

(3) Kriging 方法:Kriging 最早由南非矿山工程师克立格(Kriging DG)和统计学家西舍尔(Sichel HS)在 20 世纪 50 年代根据样品空间位置不同和样品间的相关程度的不同,给每个样品赋予一定的权重,进行滑动加权平均,来估计未知样点上样品平均值的一种方法^[3]。

结 果

1. 地理信息系统的建立:以潮州市 1:50 000 的数字化地图,在 ArcGIS 8.5 软件支持下,将媒介监测资料的属性数据,添加上监测点的中心位置的经纬度,建立潮州市的伊蚊媒介的地理信息系统。

2. 潮州市伊蚊分布的聚集性分析:以实地测量的潮州市各伊蚊监测点的中心位置的经纬度为结构数据库,在 SaTScan 支持下,对潮州市的伊蚊分布作空间聚集性分析,结果显示:在潮州市各监测点的伊蚊分布不是随机分布的,而是存在一定的空间聚集性,如图 1 中 A 点代表以东经 116.6453°、北纬 23.6755°为中心,半径 4.5 km 的范围内,其伊蚊密度是周围的 6.75 倍 ($P < 0.001$),其余各点意同(表 1, 图 1 2)。

3. 伊蚊分布与水系距离的关系:依据潮州市的 GIS,利用 ArcGIS 8.5 的分析功能,分析统计各监测点距水系的距离得到,距离水系越近,伊蚊密度越高,所包含的监测点也越多(表 2)。方差分析表明,500 m 与 1000 m 范围内的伊蚊密度没有区别 ($F = 3.550, P > 0.05$),而 1000 m 以内的监测点的伊蚊密度明显高于 > 1000 m 范围以外的 ($F = 25.354, P < 0.01$)。

表1 潮州市各监测点伊蚊分布的空间聚集性分析

年份	标志点	中心点位置		半径 (km)	RR	似然比	P 值
		经度	纬度				
1997	A	116.6453	23.6755	4.5	6.75	15 620.54	0.001
	B	116.6389	23.6442	2.0	4.62	7 783.65	0.001
	C	116.6531	23.5885	1.0	3.25	6 653.41	0.001
	D	116.7351	23.6223	1.5	4.56	8 863.52	0.001
	E	116.6453	23.5885	1.0	2.24	3 325.47	0.001
2000	A	116.7465	23.6058	3.5	10.64	17 023.45	0.001
	B	116.6827	23.5967	2.0	6.84	8 978.26	0.001
	C	116.6456	23.6491	1.0	5.26	7 732.15	0.001
	D	116.6443	23.6686	2.5	4.63	683.69	0.001
	E	116.6863	23.5716	1.5	3.62	981.64	0.001

表2 潮州市监测点与水系不同距离的伊蚊密度比较

与水系距离(m)	监测点个数	伊蚊密度($\bar{x} \pm s$)
500	45	20 ± 2.5
1000	34	18 ± 1.6
> 1000	25	10 ± 3.5



图1 1997 年潮州市伊蚊分布聚集性



图2 2000 年潮州市伊蚊分布聚集性

4. 媒介伊蚊空间分布特征：

(1)媒介伊蚊空间分布图：从图 3、4 的 1997 年和 2000 年的潮州市媒介伊蚊的空间分布图可以看到，每年的伊蚊疫情虽有变化，但基本上仍保持高、中、低三类分布区域（图为显示各年度的流行特征的变化，按统一的标准来划分流行区域）。伊蚊高密度区主要集中于韩江三角的潮州市区湘桥区、潮安县的官塘和铁铺等沿江地区，图中颜色最淡区为高密度区。伊蚊密度低的区域为潮州地区的北部，如深色区。而中间区为伊蚊中密度区。

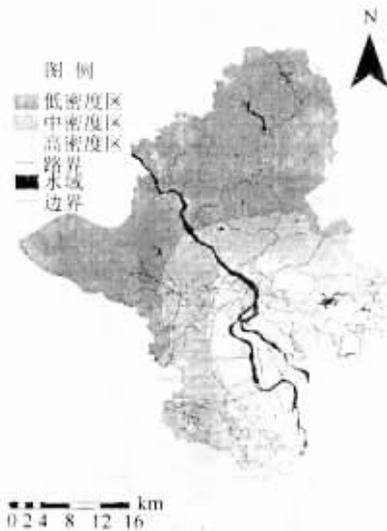


图3 1997 年潮州市伊蚊媒介空间分布图



图4 2000 年潮州市伊蚊媒介空间分布图

(2)分布图的评价：Geostatistical Analyst 分析最后产生四个评价指标（表 3），即预期误差（MPE）反映预期值的偏性；估计的方差（RMSE）；平均标准误

（ASE）反映了预期值与实测数据的一致性；预期误差变异度（RMSSE）则是对预期误差的变异程度进行评价。

表3 潮州市媒介伊蚊的空间分布图评价

年份	伊蚊媒介			
	MPE	RMSE	ASE	RMSSE
1997	0.0106	0.0481	0.0508	0.9793
2000	0.0116	0.0308	0.0412	0.9869
平均	0.0111	0.0394	0.0460	0.9831

讨 论

GIS 就是能够输入、存储、管理并处理分析地理空间数据的信息系统，是最近发展起来并已被成功地运用到上百个领域。它区别于其他管理系统的最主要的特征，是其具有管理地理空间数据，并能按照其在实际空间的相对位置关系对之进行处理分析的能力。它在流行病学中的昆虫种群时空动态研究取得了突出成就^[4]。目前，GIS 和地统计学（geostatistics）相结合，更显示出巨大的优势。本研究正是基于这点，对 GIS 运用到登革热的伊蚊媒介分布作一个率先有益的探索。

我们以潮州市 1:50 000 的数字化图为框架，以道路、海拔高度、水系、居民点和监测点的伊蚊密度和实际监测点现场测得的经纬度等属性数据和空间数据建立起来的 GIS。

用 SaTScan 空间聚集性专用分析软件对潮州市的伊蚊密度分布作了分析，结果显示，伊蚊的分布并非是随机的，而是有空间聚集性的。这可能是于局部的地理环境、地形地貌等小环境适宜于伊蚊的孳生繁殖，从而有利于流行病学工作者寻找和确定危险因素指明的方向，有利于区别于随机因素和某些潜在的相关因素在疾病发生、分布中的作用^[5-8]。

用 ArcGIS 软件的距离分析功能对各监测点与水系的距离进行分析，结果表明，与水系的距离不同，其监测点的伊蚊密度是不同的，且与水系的距离越近，其伊蚊密度越大，1000 m 范围内的伊蚊密度要明显高于 > 1000 m 范围以外的（ $F = 25.354, P < 0.01$ ）。与水系的距离越近，越能提供更多的孳生场所，植被覆盖率就越高，这可能在潮州炎热的夏秋季时更能提供伊蚊孳生繁育时适宜的小气候环境，这也与伊蚊生长的生态规律是相符的，关于这一方面在国内外尚未见报道。

摸清一种疾病的空间分布特征对于该病的监测

和控制计划的制订和实施有很好的指导作用。在一个研究区域内,由于工作量的关系,研究者往往不能抽取太多的样点,从而想从抽取部分样点去估计未知样点成为急需^[9-11]。在此我们运用了 ArcGIS 软件空间分析功能对伊蚊的分布进行了 Kriging 分析,并以 Kriging 预测图的方式体现。

Kriging 制图是克立格法的重要应用,它给我们提供了更为直观的视图,借助于 Kriging 制图可以了解疾病的空间分布的格局,这对疾病的防治是有重要意义的。图 3 A 显示的是潮州市的媒介伊蚊的空间分布图,分布图显示潮州地区的高、中、低的三类不同密度、不同区域的空间分布,且与空间聚集性分析一样,高发区集中在韩江流域沿河两侧,这除了与水网地区有较多的伊蚊孳生地数量、适宜的气候(如温度、湿度)有利于蚊虫繁殖、越冬有关外^[12],是否还与其他因素有关,如方向位影响有待进一步研究。

Kriging 法已用于多种疾病防治、研究工作中^[13,14],但用于登革热的研究中还未见同类报道。媒介伊蚊的 Kriging 研究结果表明:分布图评价指标中的所有的 MPE 都很小, RMSE 和 ASE 都很较小,且二者比较接近,大部分标化的 RMSSE 都接近 1,说明这样的插值与实际情况较为一致。

本研究中 Kriging 是基于潮州市各区(县)的实测数据作出的,因而在这种范畴广、数据点较少的条件下,但我们在制作分布图时,尽力通过参数的选择使 RMSS 接近于 1,这样我们就可以使预期误差的变异尽可能的小,以保证得到的分布图是我们现有数据资料的最佳和最有效的预期结果。从表 3 中四项指标看,分布图四个评价指标都在理论范围内,说明其分布图特征与实际较为一致。

本研究首次将登革热的疫情以图示的方式展示,给我们揭示出了以前被隐藏在统计数据中的发病等方面复杂的异质性特点,提示今后的登革热的卫生防疫应兼顾重点分配防疫资源。Kiging 虽有弥补监测数据点不足的问题,但不可轻视传统的实地

监测。只有建立完善的(包括建立媒介种群、地理环境、气象条件、人口流动、居民生活习惯、卫生干预等自然和社会特征等的综合影响因素)GIS,才能把登革热的监控工作做好。

参 考 文 献

- 1 Halsetead SB. Dengue haemorrhagic fever — a public health problem and a field for research. *Bull World Health Organ*, 1999, 58:1-22.
- 2 许龙善. 中国登革热的流行和控制. *中国媒介生物学及控制杂志*, 2001, 12:152-154.
- 3 王政权. 地图统计学及在生态学中的应用. 北京: 科学出版社, 1999. 102.
- 4 Wang ZJ, Zhang AB, Cheng JA. The development of spatio-temporal analysis and simulation of population dynamics based on GIS. *Acta Ecological Sinica*, 2002, 22:104-110.
- 5 Munasinghe RL, Morris RD. Localization of disease clusters using regional measures of spatial autocorrelation. *Statistics in Medicine*, 1996, 15:893-905.
- 6 Kulldorff M, Nagarwalla N. Spatial disease clusters: Detection and inference. *Statistics in Medicine*, 1995, 14:799-810.
- 7 Hjalmars U, Kulldorff M, Gustafsson G, et al. Childhood leukaemia in Sweden: Using GIS and a spatial scan statistic for cluster detection. *Statistics in Medicine*, 1999, 15:707-715.
- 8 Kulldorff M, Feuer EJ, Miller B, et al. Breast cancer cluster in the Northeast United States: a geographic analysis. *Am J Epidemiol*, 2000, 146:161-170.
- 9 Legendre P. Spatial pattern and ecological analysis. *Vegentatio*, 1999, 80:107-138.
- 10 Sharma VP, Srivastava A. Role of geographic information system in malaria control. *Indian J Med Res*, 1997, 106:198-204.
- 11 Kitron U. Landscape ecology and epidemiology of vector-borne diseases: tools for spatial analysis. *J Med Entomol*, 1998, 35:435-445.
- 12 易彬樾, 张治英, 徐德忠. 广东省登革热流行与气候因素变化的相关性. *第四军医大学学报*, 2003, 24:143-146.
- 13 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 World Health Organ*, 1999, 74:299-305.
- 14 Kleinschmidt I, Bagayoko M, Clarke GP, et al. A spatial statistical approach to malaria mapping. *Int J Epidemiol*, 2000, 29:355-361.

(收稿日期:2003-04-10)

(本文编辑:尹廉)