

文章编号: 1000-7423(2002)-03-0145-03

多因素空间复合模型预测我国疟疾流行区分布态势

杨国静^{1,2} 周晓农^{1,3} J. B. Malone⁴ J. C. McCarroll⁴ 汪天平⁵ 刘建翔⁶

【摘要】 目的 应用地理信息系统(GIS)对全国疟疾流行区分布态势进行预测。 **方法** 在 ArcView 3.0a 软件及 spatial analyst 模块的支持下, 分别对疟原虫年生长发育累积度日(TGDD)、降雨、相对湿度进行单因素的表面趋势空间分析, 并根据 Delphi 法咨询结果, 按上述 3 种气象因素的 5:3:2 比例进行空间叠加分析, 以建立 GIS 复合模型。 **结果** 获多层 GIS 空间复合模型, 在此基础上获 TGDD、降雨、相对湿度的全国疟疾影响因素多层分布图, 预测了全国疟疾流行地区分布态势。 **结论** 多因素 GIS 复合模型预测的全国疟疾流行区域分布与以往的文献报道结果基本相似, 因此, 本法可供疟疾传播区进行大范围、多因素预测作参考。

【关键词】 多因素空间复合模型; 疟疾; 地理信息系统

中图分类号: R531.3

文献标识码: A

Application of Multifactor Spatial Composite Model to Predict Transmission Tendency of Malaria at National Level

YANG Guo-jing^{1,2}, ZHOU Xiao-nong^{1,3}, J. B. Malone⁴, J. C. McCarroll⁴,
WANG Tian-ping⁵, LIU Jian-xiang⁶

(1 Jiangsu Institute of Parasitic Diseases, Wuxi 214064; 2 Department of Epidemiology, Fourth Military University, Xi'an 710032; 3 Institute of Parasitic Diseases, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Shanghai 200025; 4 School of Veterinary Medicine, LSU, LA 70805, USA; 5 Anhui Institute of Parasitic Diseases, Wuhu 241000; 6 School of Public Health, Fudan University, Shanghai 200032)

【Abstract】 Objectives To predict the transmission tendency of malaria at national level by application of geographic information system(GIS) technique. **Methods** With the assistance of ArcView 3.0a software and its spatial analyst extension, the surface spatial analysis on three natural factors, namely, total growing degree days(TGDD), precipitation and relative humidity, were conducted individually. The map calculation was performed based on the three factors' ratio of 5:3:2 resulted from the Delphi investigation. **Results** The individual maps and composition map of TGDD, precipitation and relative humidity were created, respectively, based on the spatial composite model, which were used to predict the transmission tendency of malaria at national level. **Conclusion** The high risk areas for malaria transmission, predicted by the spatial composite model based on the multilayers of environmental factors, are correlated with the previous reports. This will, therefore, provide information for predicting malaria transmission by multiple factors in a larger area.

【Key words】 multifactor spatial composition model, malaria, geographic information system

Supported by the UNDP/World Bank/WHO Special Programme on Research and Training in Tropical Diseases (ID: No. 970978)

我国位于亚洲东部,太平洋西岸,跨越寒温带、中温带、暖温带、亚热带和热带等五个热量带。境内北纬 45 度以南的大部分地区,历史上曾有过疟疾流行,是全球性疟疾地方性流行区的一个组成部分^[1]。我国疟疾流行的历史久远,云贵等南方地带,自古称为瘴疔

之地。解放初十年,由于大力开展疟防工作,疫情得到一定程度的控制。但由于疟疾是一种传播快、易反复的传染病,在 20 世纪 60 年代初和 70 年代初曾发生大范围的暴发流行,1960 年和 1970 年疟疾发病人数分别为 1 023 万和 2 411 万,全国平均发病率高达 1 554/10 万和 2 961/10 万。经过持续不断的积极防治,1970~1990 年的 20 年内每年发病人数平均以 23.37% 的幅度递减,至 1990 年发病人数已降至 11.74 万例。由于经济开发和边境地区流动人口逐年增多,重要传播媒介按蚊的防制尚有困难,疟防经费普遍紧缺,专业队伍不稳定、基层卫生组织不健全等原因,再加上受社会经济因素及气候变化的影响,1994 年全国疟疾疫情略

基金项目: 本文受联合国开发署/世界银行/世界卫生组织热带病研究与培训特别规划署的资助(ID No. 970978)

作者单位: 1 江苏省血吸虫病防治研究所,无锡 214064; 2 第四军医大学流行病学教研室,西安 710032; 3 中国疾病预防控制中心寄生虫病预防控制所,上海 200025; 4 School of Veterinary Medicine, Louisiana State University, LA 70805, USA; 5 安徽省寄生虫病防治研究所,芜湖 241000; 6 复旦大学公共卫生学院,上海 200032

有回升,疟疾流行也出现了一些新特点^[2]。

为掌握我国疟疾的流行范围及流行趋势,针对目前全国疟疾流行的新特点,本文试图应用 GIS 复合模型分析方法预测全国疟疾流行区分布态势,找出疟疾流行的相对危险地带,为现场防治工作提供参考。

材料与方法

1 材料

1.1 基础地图 购置中国地图出版社出版、中华人民共和国国家测绘局制作的 1:1 000 000 中国数字化地图(DMDC,国际版)^[3],产品包括中、英文说明和较详细的地名等文化地理要素信息等。

1.2 气象数据库 收集世界粮农组织出版的 FAO-CLIM 30 年(1941~1970)气象数据^[4],从中提取全国各气象站点的综合数据建立气象数据库。

1.3 软、硬件设备 采用 ArcView 3.0 a 操作软件及 spatial analyst 模块进行 GIS 建模和空间分析。所有分析在 PC 计算机上进行,由彩喷打印机制图。

2 方法

2.1 TGDD 的计算 在 FAOCLIM 数据库中,选择中国 145 个地区气象观察点资料,参照杨国静方法^[5],以月平均温度和疟原虫在蚊体内发育的最低温度(14.9℃)^[6]计算 TGDD。计算公式如下:

$$TGDD = \sum_{n=1}^{12} (T_n - 14.9^{\circ}\text{C}) \times D_n$$

其中, T_n 为月平均温度, D_n 为该月天数。

2.2 表面趋势空间分析 在 ArcView 3.0a 软件及其 spatial analyst 模块支持下^[7],将全国 145 个气象观察点按地理坐标值加载到中国县界地图,对各观察点的 TGDD、相对湿度及降雨量值分别进行表面趋势空间分析,并根据 TGDD、相对湿度及降雨量值的大小分别划分不同区域并赋予不同颜色,获表面趋势分布地图。

2.3 Delphi 法专家咨询 通过设计咨询表、选择专家、信函咨询、咨询表汇总、统计分析等步骤,获得预测疾病的流行模型中各变量的复合比例参数^[8]。Delphi 法专家咨询共进行两轮,第一轮咨询表请专家列出疟疾流行的主要环境影响因素及其权重,第二轮咨询表则列出第一轮咨询结果中前 5 位的环境影响因素,供专家修正影响因素的权重。

2.4 图层叠加计算 根据 Delphi 法专家咨询统计分析结果,利用 GIS 的空间分析功能对 TGDD、相对湿度及降雨量 3 幅表面趋势图按一定比例进行图形计算和叠加,获 3 因素 GIS 复合模型。由该复合模型生成

疟疾流行趋势预测地图。

结 果

1 气象观察点数据库

气象观察点数据库包括了以下数据:各站点的经度、纬度,年平均温度,月平均温度,月平均最高温度,月平均最低温度,年平均降雨量,月平均降雨量,月平均相对湿度,月平均降雨天数,海拔高度等。

2 表面趋势分布地图

2.1 TGDD 表面趋势分布地图 通过对中国 145 个气象观察点的 TGDD 资料的空间分析,获 TGDD 表面趋势分布地图, TGDD 值低于 105 仅零星分布于少数地区,全国大部分地区的 TGDD 值高于 105,东南部地区的 TGDD 值最高,高原地区的 TGDD 值则较低。

2.2 降雨表面趋势分布地图 通过对中国 145 个气象观察点的年降雨量资料的空间分析,我国大致可分为 5 个地带,由东南向西北逐渐降低,其中海南、台湾、广东等地区的年降雨量约在 2 000 mm 左右,而内蒙古、西藏、青海等地的年降雨量则低于 500 mm。

2.3 相对湿度表面趋势分布地图 通过对中国 138 个气象观察点的相对湿度资料的空间分析,并赋予不同的颜色显示结果,可见相对湿度由沿海地区向内陆逐渐降低,其中中国南部、东南部及东北部地区的相对湿度值较高,高于 60%,西部青藏高原地区则相对湿度偏低。

3 变量的复合比例

3.1 Delphi 法咨询 第一轮咨询共发出咨询表 39 份,回收 23 份,回收率为 59.0%,涉及 13 个省 16 个单位的 23 位专家,其中,具有正高职称的占 65.2%,副高职称的占 34.8%,年龄大于 60 岁的占 56.5%,工作年限在 30 年以上者占 74.0%。第二轮咨询共发出咨询表 31 份,回收 20 份,回收率 64.5%,涉及 12 个省 14 个单位的 20 位专家,其中,具有正高职称的专家占 55%,副高职称的专家占 45%,年龄大于 60 岁的专家占 40%,工作年限在 30 年以上者占 55%。

3.2 比例参数 首轮 Delphi 法咨询统计结果显示,影响疟疾流行的主要自然因素中,温度的影响程度为 41.6%,降雨量占 21.1%,相对湿度为 15.1%,海拔高度为 8.0%,风速为 2.7%,其它(包括地形、土质、植被、生态、土壤、水体等)为 11.2%。;第二轮 Delphi 法咨询统计结果显示,温度的影响程度为 43.3%,降雨量占 20.8%,相对湿度为 15.6%,海拔高度为

7.1%, 风速为 2.4%, 其它(包括地形、土质、植被、生态、土壤、水体等)为 10.8%, 前 3 项主要影响因素占总影响因素的 80.0%, 三者的构成比约为 5:3:2。

4 图层叠加分析

根据 Delphi 法结果, 将 TGDD、降雨及相对湿度的空间分布图按权重大小(5:3:2)建立 GIS 复合模型, 结果可见, 全国疟疾流行区按流行因素的适宜程度可分为 7 层, 除西北角小片地区外, 全国的疟疾流行因素强度基本为由西北向东南方向逐渐加大, 西北高原地区及干旱地区疟疾流行因素近于零, 即该类地区几乎无疟疾流行。

讨 论

疟疾是在特定的环境条件下, 以按蚊为媒介将病原体传播给人而引起流行的, 疟疾流行病学中应考虑的 3 个主要环境因素是温度、湿度和降雨量, 这些因素均影响蚊虫的繁殖和寿命, 前两种因素还影响疟原虫的外周期。温度不仅影响蚊虫的生存与寿命, 也影响疟原虫在蚊体内的发育, 一般气温低于 16℃ 及高于 30℃ 均不利于媒介蚊虫生长, 并能抑制蚊体内疟原虫孢子增殖速度。间日疟原虫在蚊体内发育的最低温度为 14.5℃, 那些达不到外周期容许的最低温度的地带即为非疟区, 海拔高度超过 3 000 m 的地区, 因平均温度较低, 亦无疟疾发生; 相对湿度对疟原虫无直接作用, 但它对媒介的活动及寿命的长短有影响, 相对湿度低则蚊虫寿命缩短, 如果每月平均相对湿度低于 60%, 就没有疟疾传播; 雨量对疟疾流行的影响较为复杂, 降雨量不仅改变温度和增加相对湿度, 并且也常常扩大媒介孳生面积, 一些地区多雨成灾, 可引起疟疾暴发流行, 而在另一些地区, 少雨干旱亦可造成暴发流行。降雨季节的分布也左右着疟疾流行的年内季节变动。温带地区的低洼易涝地带, 疟疾流行高峰季节多在雨季之后, 而热带雨林区, 疟疾流行高峰是在雨季到来之时。掌握媒介种类生态学的知识, 找出其生态的弱点, 制定相应对策, 从而把蚊群数量抑制到不足为患的水平, 制止疟疾的传播^[1,2]。

GIS 具有反映人们赖以生存的现实世界(资源与环境)的现势和变迁的各类空间数据及描述这些空间数据特征的属性, 是在计算机软件 and 硬件支持下, 以一定的格式输入、存贮、检索、显示和综合分析应用的技术系统。GIS 对图形的处理、管理和空间分析功能很强, 使用统计和图形分析方法, GIS 可以对多层次数据形式的地图进行电脑分析^[9]。目前, GIS 已被广泛应

用于多种媒传寄生虫病和其他与地理因素有关的疾病, 但以往的 GIS 应用研究主要局限在单因素分析, 本次研究为充分发挥 GIS 多因素空间分析特长, 欲将影响疟疾传播的多项环境因素进行叠加分析。叠加分析中涉及各因素的权重, 为此, 我们采用了 Delphi 法专家咨询, 预测各环境因素在疟疾流行中影响程度的大小, 通过两轮咨询, 专家的意见比较集中, 即在众多环境因素中, 温度、降雨、相对湿度为疟疾传播的主要影响因素(80%), 其权重比值约为 5:3:2, 因此, 本文仅对该 3 项因素作了重点分析。本研究采用 TGDD 值替代温度, 是因为 TGDD 值源于温度, 可综合反映出疟原虫经蚊虫发育成熟所需的累积度日数, 只有当 TGDD 值高于 105 度日时, 才满足疟原虫生长发育的需要^[3]。

应用 GIS 复合模型预测全国疟疾流行区域分布结果显示: 除西北角小片地区外, 全国的疟疾流行强度由西北向东南方向逐渐加大, 西北高原地区及干旱地区几乎无疟疾流行。这一预测结果与以往的文献报道结果相似。由此可见, 应用该模型对疟疾的传播进行大范围、多因素的预测分析可行, 同时为该项技术应用于其他媒传寄生虫病的研究打下了基础。当然, 影响疟疾传播的因素很多, 本次研究仅对重要环境因素进行分析, 同时, 本文应用的是 30 年的平均气象数据, 如要开展对每一时段(年度)的疟疾流行态势进行预测, 则可应用本文建立的 GIS 复合模型对相应时段的气象资料进行分析和预测。如能结合更多的环境因素及社会因素等进行研究, 则 GIS 这一流行病学新工具亦将成为卫生领域内广泛应用的工具, 有利于卫生决策与规划的制订。

参 考 文 献

- [1] 周祖杰主编. 中国疟疾的防治与研究[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1991: 1-85.
- [2] 徐肇珩, 陈兴保, 徐麟鹤主编. 虫媒传染病学[M]. 宁夏人民出版社, 1989: 1-432.
- [3] 中华人民共和国国家测绘局. 1: 1, 000, 000 中国数字化地图(DMDC)国际版[M]. 北京: 中国地图出版社, 1996: 1-129.
- [4] FAO. FAOCLIM 1.2A CD-ROM with worldwide agroclimatic data. User's Manual. Agrometeorology Working Paper Series No. 11, FAO, Rome, Italy + 1 CD-ROM[CD], 1995: 1-66.
- [5] 杨国静, 周晓农, Malone JB, 等. 江苏省疟疾流行地理信息系统预测模型的研究[J]. 中华预防医学杂志, 2002, 36: 103-105.
- [6] 邓绪礼, 任正轩, 孙传红, 等. 山东中华按蚊传播间日疟的研究[J]. 中国寄生虫病防治杂志, 1997, 10: 250-255.
- [7] ESRI: Introduction to ArcView GIS. USA: Environmental Systems Research, Inc[M]. 1998: 1-168.
- [8] 曾光主编. 现代流行病学方法与应用[M]. 北京: 北京医科大学中国协和医科大学联合出版社, 1994: 250-270.
- [9] 边馥蓉主编. GIS 地理信息系统原理和方法[M]. 北京: 测绘出版社, 1996: 1-283.