地理信息系统应用于血吸虫病的监测*
Ⅱ. 流行程度的预测

周晓农[1]　胡晓抒[2]　孙宁生[2]　洪青标[1]　孙乐平[1]　闾国年[4]　M. Fuentes[3]　J. B. Malone[3]

【摘要】目的　探索应用GIS预测模型来预测不同区域血吸虫病流行程度的可能性和正确性。**方法**　在FAOCLIM数据库中，选择江苏省境内及边缘地区的气象观察点资料，以改良Malone公式计算血吸虫传播指数值。以1995年AVHRR遥感资料4个季度及流行季节(3～10月)的复合图为背景得出不同季节的流行强度预测图。以Logistic回归方程分析各观察点的传播指数值与现场血吸虫病流行率的关系，并判别预测正确率。**结果**　18个气象观察点资料分析结果显示：所有血吸虫流行区的观察点传播指数值均在900以上。空间分析所得的血吸虫传播区域分布图与江苏省血吸虫病流行区吻合，可划分出不同区域的流行强度。一月份平均最低气温为-4℃的恒值线与传播区域的北边界相吻合。AVHRR卫片图叠加分析后，得出不同区域和不同季节的流行强度预测图。预测总正确率为88.89%。**结论**　应用改良Malone模型能预测和划分流行区域和传播强度。当与卫星遥感NDVI资料结合应用时，对现场防治及时掌握流行情况更为实用。-4℃作为流行区临界温度的发现，提出了全球气候变暖能否造成血吸虫病向中国北方扩散的问题值得研究。

【关键词】　血吸虫病　地理信息系统　预测模型　流行强度

APPLICATION OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS ON SCHISTOSOMIASIS SURVEILLANCE Ⅱ. PREDICTING TRANSMISSION INTENSITY

Zhou Xiaonong[1], *Hu Xiaoshu*[2], *Sun Ningsheng*[2], *Hong Qingbiao*[1], *Sun Leping*[1], *Lu Guonian*[4], *M. Fuentes*[3], *J. B. Maone*[3]　1　*Jiangsu Institute of Parasitic Diseases, Wuxi* 214064, *PR China*; 2　*Department of Health, Jiangsu Government, Nanjing*; 3　*School of Veterinary Medicine, Louisiana State University, Baton Rouge*; 4　*Department of Geography, Nanjing Normal University*

【ABSTRACT】　Objective　To improve the utility and accuracy of using GIS forecast model. **Methods**　The climate data covering Jiangsu province and its neighbor areas were derived from FAOCLIM database. The potential evapotraspiration(PET)and transmission risk index were calculated according to Thornthwaite water budget and modified Malone's methods, respectively. The normalized difference vegetation index (NDVI)and the earth surface temperature were extracted from the advanced very high resolution radiometer(AVHRR) sensor on board the NOAA polar-orbiting satellites. **Results**　The composite maps were created based on the composite maps of NDVI in 4 seasons and in transmission season (March～October), combining those data of risk index, NDVI, earth surface temperatrue and mean minimum temperature in January, which displayed the hot spots with higher transmission intensity in different areas or during different transmission seasons. Logistic regression analysis showed that high coincidence exited between prediction and actual prevalence with 88.89% of the general correct classification rate. A unique temperature -4℃ in January to distinguish the endemic areas from non-endemic areas results in a proposal of strengthening researches on impact of globe warming on schistosomiasis. **Conclusion**　It has been improved in the utility and accuracy of GIS and remote sensing prediction based on modified Malone's model.

【Key words】　Schistosomiasis, Geographic information system, Prediction model, Transmission intensity

* 本研究得到UNDP/World Bank/WHO/TDR和江苏省自然科学基金会的资助

作者单位：1　江苏省血吸虫病防治研究所　(无锡　214064)　2　江苏省卫生厅；3　School of Veterinary Medicine, Louisiana State University, Baton Rouge; 4　南京师范大学地理系

江苏省曾是全国血吸虫病最严重的省份之一，最北的宝应县(北纬 33°20′)也是我国血吸虫病流行区的最北点[1]。目前全省大部分地区已得到控制，仅剩的流行区主要分布于南京、镇江、扬州沿长江分布的江滩上，因洪水频发，已成为控制血吸虫病的重点地区[2]。因此，如何利用地理信息系统(GIS)及时掌握流行情况极为重要。

计算机性能的增强使 GIS 功能越来越强，特别是在疾病控制中的应用，不但能直观地描述疾病的发生和发展，而且结合卫星遥感资料后能预测预报疾病的范围和强度[3,4]。我们在探讨了应用 GIS 预测模型可能性的基础上[5]，针对江苏省血吸虫病分布所具有的特殊性，进一步探索应用预测模型来预测江苏省不同区域和季节血吸虫病流行程度的可能性和正确性。

材料和方法

1 地理信息系统和遥感卫星图片

取“世界数字化地图”(1∶100 万)江苏省区域，与高分辨率发射卫星(AVHRR)遥感片重叠组合成直观地图，两层地图均有精确坐标系统标记。AVHRR 卫星图每个网格分辨率在 1.1km，取第 1、2 频道，按公式获得校正植被指数(NDVI)。取卫片的第 4 频道，得土表温度分布图[5]。图象处理在 AreView3.0a 和 ERDAS 8.03 软件支持下进行。

2 预测模型

在 FAOCLIM[6]数据库中，选择江苏省境内及边缘地区的气象观察点资料，血吸虫传播指数值(RI)计算公式以月平均温度和月平均雨量为主要参数的改良 Malone 公式[5]、以血吸虫在螺体内生长发育的最适温度中的最低点 18℃为依据，计算血吸虫生长发育的累积天数(GDD)。土表水平衡系统中的潜在蒸发指数(PET)采用 Thornthwaite 方法计算[7]。

3 GIS 数据分析

传播指数在各个观察站的分布采用 AreView 3.0a 支持软件的空间分析方法进行区域分析的划分，并根据 RI 高低以不同颜色在不同空间位置上表示血吸虫病流行强弱的区域。

分别以 1995 年 AVHRR 卫星遥感片资料的 4 个季度(1～3 月，4～6 月，7～9 月和 10～12 月)复合图及流行季节(3～10 月)的复合图为背景，将各季节的 RI、NDVI、土表温度和 1 月份平均最低温度分布图在 AreView3.0a 软件叠加分析。

4 预测结果判别分析

以 Logistic 回归分析方法[8]统计分析各观察的 RI 与现场血吸虫病流行率的关系，Longistic 回归分析公式为：

$$流行率=\frac{1}{1+e^{-Z}},\quad Z=A\cdot RI-C$$

其中 e 为自然对数的底，RI 为传播指数值，A 为传播指数系数，C 为常数，流行率预测值与实际流行率间用判别分析得出判别正确率。

结　果

在 FAOCLIM 数据库中，共选择了江苏省境内及边缘地区的 18 个气象观察点的 30 年累积平均资料，地理信息系统的传播指数值及有关统计结果见表 1。

根据表 1 中的传播指数值，将不同点的传播指数值在地图上标画出，如图 1。该图显示了江苏省及周边地区所有血吸虫病流行区范围内的观察点传播指数值均在 900 以上，位于流行区北面的非流行区观察点传播指数值小于 900。有一特例是吴县西山岛的指数值小于 900。

空间分析所得的血吸虫传播区域分布图显示，该传播区域与江苏省血吸虫病流行区吻合，特别是流行区的北部边界与区域分析图相一致。这一分析图以传播指数值的大小划分出了不同区域的流行强度，如流行最强的区域范围是以南京为中心，西至安徽的芜湖，东至江苏的镇江和扬州，且基本上是沿长江两岸分布(图 1，见封 4)。

1 月份平均最低气温图与传播区域分析图比较结果发现，1 月份平均最低气温为-4℃的恒值线与传播区域(RI＞900)的北边界相吻合。即恒值线以北为非流行区，恒值线以南为潜在流行区。

1995 年 AVHRR 卫星遥感片资料的 4 个季度复合图及流行季节(3～10 月)复合图与相关参数叠加分析后，得出 5 张不同季节的流行强度预测图(图 2，见封 3)。5 张流行强度预测图显示，第 1 和第 4 季度的传播指数太低，不足以疾病的流行。而第 2、3 季度与 3～10 月的流行季节预测图能清楚地显示出流行程度较强的区域。

表 1　18 个气象观察点的资料统计结果

Table 1　The statistic data in 18 climate stations

气象观察点 Station	观察点号 Code of station	北纬 Longitude N(℃)	东经 Latitude E(℃)	一月平均最低温度 Mean min temp in Jan.(℃)	年平均温度 Annual mean temp(℃)	年平均雨量 Annual mean rainfall mm/gh	年平均潜在蒸发量 Annual mean PET mm/gh	年平均雨天数 Annual mean rain days day	传播指数 RI	血吸虫病流行区 Endemic for Schisto.	Z 值 Z value	流行率预测值 Predicted index
宿县 Suxian	1	117.04	33.41	—	15.5	472	74.84	54	1.07	0	-10.97	0.00
亳县 Boxian	2	115.46	33.51	-6.2	15.4	668	70.64	54	1.39	0	-10.97	0.00
蚌埠 Bengbu	3	117.21	32.54	-3.5	15.6	703	69.41	65	306.90	0	-6.39	0.00
兖州 Yanzhou	4	116.51	35.34	-6.9	13.6	734	86.00	76	597.10	0	-2.03	0.12
合肥 Hefei	5	117.14	31.52	-3.0	15.6	829	80.00	89	806.07	0	1.10	0.75
徐州 Xuzhou	6	117.09	34.17	-5.8	14.0	871	82.00	84	661.74	1	-1.06	0.26
南通 Nantong	7	120.54	32.00	-0.9	14.8	929	63.08	80	1001.02	1	4.02	0.98
南京 Nanjing	8	118.48	32.00	-1.8	15.4	945	75.00	125	1699.66	1	14.50	1.00
赣榆 Ganyu	9	119.08	34.50	—	13.1	955	65.66	125	695.59	1	—0.56	0.36
松江 Songjiang	10	121.10	31.05	—	15.5	975	70.70	125	1326.94	1	8.91	1.00
淮阴 Huaiying	11	119.02	33.36	-4.1	13.9	981	73.00	125	780.40	1	0.72	0.67
镇江 Zhenjiang	12	119.24	32.12	-1.0	15.8	1019	74.26	104	1551.74	1	12.29	1.00
东台 Dongtai	13	120.19	32.52	-3.0	14.2	1080	74.00	104	1183.16	1	6.76	1.00
陆家 Lujia	14	121.01	31.18	—	15.3	1109	70.34	128	1055.50	1	4.84	0.99
上海 Shanghai	15	121.28	31.24	-0.1	15.7	1133	74.00	128	1197.57	1	6.97	1.00
西山 Xishan	16	120.19	31.09	—	115.8	1144	71.77	103	897.04	1	2.46	0.92
芜湖 Wuhu	17	118.21	31.20	-1.1	16.4	1176	81.00	103	1551.54	1	12.28	1.00
孝丰 Xiaofeng	18	119.33	30.35	—	16.00	1307	72.49	103	971.50	1	3.58	0.97

18 个点的的传播指数与现场流行率关系分析结果，两者关系为显著的 Logistic 回归关系（$P<0.05$），现场流行率与 RI 的 Logistic 回归关系可表达为：流行率$=\frac{1}{1+e^{-Z}}$，　$Z=0.015RI-10.991$

应用该 Logistic 回归方程推算出流行率预测值，判别分析结果总正确率为 88.89%，见表 2。18 个观察点的流行率预测值与传播指数值的关系见图 3。

表 2　血吸虫传播指数 Logistic 回归方程的判别分析

Table 2　The classification table for risk index in Logistic regression analysis

观察值 Observed	预测值 Predicted		正确率(%) Precent correct(%)
	0.00	1.00	
0.00	5.00	1.00	83.33
1.00	1.00	11.00	91.67
合计 Overall			88.89

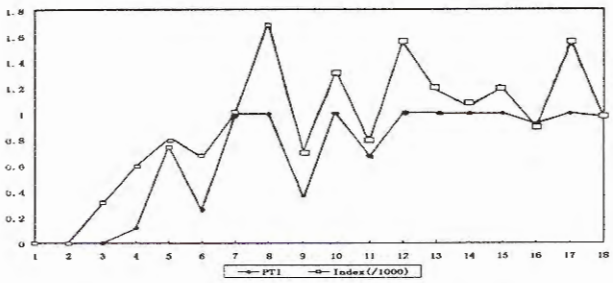

图 3 传播指数值与流行率预测值(PTI)的关系图

Fig 3 Schistosomiasis risk index and predicted transmission intensity(PTI)

讨 论

应用地理信息系统和卫星遥感资料预测预报疾病的流行情况已有较多的报道，为较大范围应用于疾病控制和监察提供了有效的手段[9]。本研究预测区域中流行程度最强的正是目前江苏省沿江地区血吸虫病的重疫区，预测程度次强的区域为原血吸虫病流行区现已被控制的地区，而预测程度弱的区域为非血吸虫病流行区。这与现场实际流行情况吻合程度较高，特别是某些局部地区的预测已收到了较好的效果，如在流行区内位于太湖中的江苏省吴县西山岛观察点，模型计算结果血吸虫传播指数值小于 900，跟踪这点的实际流行类型为有钉螺无血吸虫病人的地区，表明西山岛的自然条件不太适合血吸虫的发育繁殖。另一个安徽省合肥观察点，纬度与南京市相似，直线距离离长江 100km，但模型预测的传播指数值小于 900，与实际为非流行区的情况一致。

早在 1987 年，Malone 提出了以 Thornthwaite 水平衡系统方法来分析气象资料用于预测肝片吸虫的潜在危险度[10]。郑江等(1992)提出以日均温≥10℃积温 4 000 度作为评价血吸虫病能否流行的温度指标[14]，而 Thornthwite 水平衡系统是一种计量土壤水分与地表水量间平衡的统计方法。该方法简便，能利用一般的气象台资料(月平均温度和月降雨量)就能统计出潜在蒸发指数(PET)[7]。这一方法比单纯使用积温的方法更为合理，并能反映出寄生虫向周围扩散的程度。本结果预测较全国范围的预测结果[5]更为精确，总正确率达到 88.89%。分析这一较高正确率的主要原因是：整个江苏省地理环境的差异较全国各地区间的差异小，本研究所收集的气象观察点较多(共 18 个)，计算潜在蒸发指数(PET)的 Thornthwaite 方法可能更适用于中国地区。因而表明，随着观察点数量的增加，应用改良 Malone 模型来预测和划分流行区域的正确性也可随时提高，同时还能正确地表示出传播强度[4]。

当地理信息系统与卫星遥感资料结合应用时，可提高应用的正确性和使用范围[11]。我们利用了 AVHRR 卫星遥感资料计算出 NDVI，并与 RI、土表温度和一月平均最低温度分布图叠加后，显示了不同季节流行区的范围和强度。由于 NDVI 不但是地球表面植被情况的真实反映，而且通过植物的长势能间接地表示出这一地区的降雨量和土地利用情况[11]，同时每一季节 NDVI 的变化，为及时监测不同季节的流行情况提供了可能性。由于 AVHRR 周期短，收集容易，这对现场防治工作需要及时掌握较大范围的血吸虫病流行情况极为重要[4]。

已有研究提出，全球气候变暖能否造成媒介寄生虫病向周边地区扩散[12]。本研究采用了世界粮农组织的 30 年平均资料，分析发现 1 月份的平均最低温度-4℃是划分流行区与非流行区的分界线。为以前提出的 1 月平均气温为 0℃以上地区作为血吸虫病流行区分布[1]提供了另一新指标。这与血吸虫和钉螺在低于-4℃情况下极难生存[1]有关。表明冰冻环境对血吸虫向北迁移起着主要的阻碍作用，与肖荣纬的实验观察结果一致[13]。从而提示，全球气候变暖能否造成血吸虫病向中国的北方扩散值得重视和研究。

参 考 文 献

1 毛守白主编. 血吸虫生物学与血吸虫病的防治. 人民卫生出版社，1990

2 周晓农，蔡 刚，秦时君，等. 江苏省血防维持巩固阶段的特点和策略选择. 中国血吸虫病防治杂志 1998,10(1):43

3 Openshao S. Geographic information systems and tropical diseases. Trans. Roy. Soci. Trop. Med. Hyg. 1996,90：337

4 Malone, J. B., Abdel-Rahman, M. S., EI-Bahy, M. M., et al. Geographic information systems and the distribution of Schistosoma mansoni in the Nile delta. Parasitol. today, 1997, 13(3)：112

5 周晓农，胡晓抒，孙宁生，等. 地理信息系统应用于血吸虫病的监测 I. 应用预测模型的可能性. 中国血吸虫病防治杂志 1998,10(6)：321

6 FAO, FAOCLIM 1.2A CD-ROM with world-wide agroclimatic data. User's Manual. Agrometerorology working paper series No. 11, FAO, Rome, Italy, +1 CD-ROM, 68pp.

7 Thornthwaite, C. W. An approch toward a rational classification of climate. Geographical Review. 1948, 38：55

8 Norusis, M. J. SPSS/PC+Advanced statistics™ 4.0 for the IBM PC/XT/AT and PS/2. SPSS Inc. Chicago

9 Nuttall, I., Rumisha, D., Pilatwe, T., et al. GIS management tools for the control of tropical diseases: Application in Botswana, Senegal, and Morocco. GIS for Health and the Environment. International Development Research Centre, Ottawa. 1995

10 Malone J. B., Williams, T. E. Loyacano, A. F., et al. Fascioliasis

in cattle in Louisiana: Development of a system to predict disease risk by climate, using the Thornthwaite water budget. Am. J. Vet. Res. 1987, 48, 1167

11 Hugh-Jones, M. Application of remote sensing to the identification of habitats of parasites and disease vectors. Parasitology Today. 1989, 5(8): 344

12 Martens, W. J. M. Jetten, T. H., Niessen, L. W. Climate change and vector-born diseases a global modelling perspective. Global Environmental Change, 1995, 5: 195

13 肖荣炜，孙庆祺，陈云庭. 南水北调是否能引起钉螺北移的研究. 地理研究. 北京：科学出版社，1982, 73～79

14 郑　江，邱宗林，张显清. 我国血吸虫病传播与一些环境因素关系. 国际血吸虫病学术讨论会论文集. 北京：1992, 50

1998-09-30 收稿　1999-01-15 修回

（编辑：杨晓希）

南洞庭湖轻疫区血吸虫病流行病学纵向观察

向　钢　陈　杰　崔四平

为掌握血吸虫病流行动态，指导血吸虫病防治工作。根据湖南省血防办制订的《关于建立血吸虫病流行病学纵向观察点的统一方案》要求，于 1997 年～1998 年在血吸虫病流行程度较轻的泽群村进行了血吸虫病流行病学纵向观察，现将观察初步结果报告如下。

1　观察点概况

泽群村位于南洞庭湖的益阳市、资阳区民主垸中部，属湖沼型洲垸亚型血吸虫病轻度流行区。居民居住地距大堤 2500m 以上。垸外为大面积的洲滩易感地带。全村 1 323 人，以种植水稻为主。垸内有大小沟渠 10 条，其中两条通过涵闸与外河相边。1980～1996 年，垸内未发现活螺。1995 年泽群村居民粪检阳性率为 2.5%(11/447)，EPG 为 31.3。

2　观察方法

2.1　病情　以居民户造册，1 人 1 卡。每年全村除长期外出人员外，以 5～65 岁居民为观察对象。方法采用 IHA 血检和 Katz 法粪检，粪检阳性者再作虫卵计数。

2.2　螺情　垸内采用机械抽样结合环境抽样方法以间距 10m 设框查螺。

2.3　家畜查治病　每年到辖区畜牧站了解该村家畜查治的情况，并登记造册。

2.4　人、畜行为观察　每年于 7 月、10 月 2 次逐人询问当年该村人、畜接触疫水情况。

3　结果

3.1　病情　1997～1998 年泽群村居民 IHA 血检阳性率分别为 8.0%(58/727)、11.0%(69/626)。其滴度倒数几何均值(GMRT)分别为 14.48 和 30.50。粪检阳性率分别为 9.5%(4/42)和 9.4%(3/32)。EPG 分别为 64.4 和 54.8，其粪检阳性率显著高于 1995 年的 2.5%(11/447)($\chi^2=5.73, 4.49$，P 值均 <0.05)。

我们对该村 1997～1998 年 IHA 血检阳性结果进一步分析发现，IHA 检出该村患者最小年龄 5 岁，最大 66 岁。IHA 阳性率最高年龄组 1997 年为 15 岁～组，1998 年为 10 岁～组。阳性率分别为 19.2%(5/26)和 13.8%(17/123)。1997～1998 年 IHA 血检阳性率男、女分别为 9.3%(37/396)、13.1%(49/375)和 6.3%(21/331)、8.0%(20/251)。其阳性率男、女之间无显著差异($\chi^2=1.89, 3.22$，P 值均 >0.05)。

3.2　螺情　1997～1998 年垸内分别查螺 2 389 框和 2 274 框。1997 年查到 3 框有活螺，活螺数为 3 只，均为阴性，活螺平均密度(只/框，每框面积 0.11m^2，下同)为 0.0013。1998 年未查到活螺。

3.3　家畜查治　该村 1997～1998 年查耕牛分别为 47 头和 33 头，仅在 1998 年发现耕牛有血吸虫感染 2 头，2 年所查耕牛全部用吡喹酮 30mg/kg 1 次灌服进行化疗。

3.4　人、畜行为　1997～1998 年共询问该村村民 600 人，当年有疫水接触史 171 人。人群活动以非生产性接触疫水为主，占 90.1%(154/171)，生产性接触疫水仅占 9.9%(17/171)。该村耕牛除农忙季节外，余均敞放于垸外洲滩上。

4　讨论

4.1　泽群村 2 年的纵向观察表明，居民粪检阳性率较 1995 年有较大的回升。根据统一方案要求，观察期间每年仅化疗 IHA 阳性病人，不采取其他防治措施。上述措施尚不能控制血吸虫病疫情的发展。

4.2　比较不同性别、不同年龄居民 IHA 阳性率，发现 IHA 阳性检出率男、女之间无显著差异，这个结果与袁鸿昌报道相符[1]。IHA 阳性率最高的年龄组为 15 岁～组，60 岁～组次之，与以前报道[2,3,4]第一高峰期相符，但第二高峰期有向后推趋势。这可能与农村现在大量年青人外出打工，而 40 岁～以上组多留在疫区从事农业活动后接触疫水有关。

4.3　由于当地居民低年龄组 IHA 阳性率较高，因此他们是健康教育的重点对象。建议今后加大健康教育的力度。

参考文献

1 袁鸿昌. 实用血吸虫病学. 人民卫生出版社 1996, 153.

2 袁鸿昌. 实用血吸虫病学. 人民卫生出版社 1996, 152

3 袁鸿昌，卓尚炯，张绍基，等. 江湖洲滩地区血吸虫病流行因素和流行规律的研究. 中国血吸虫病防治杂志 1990, 2(2): 14

4 赵根明，姜庆五，张绍基，等. 血吸虫感染和病情关系的研究. 血吸虫病研究资料汇编(1991～1995)南京大学出版社 1998, 18

1998-11-08 收稿　1998-12-20 修回

（编辑：方洪元）

作者单位：湖南省益阳市血防所　(413001)