

应用遥感资料预测疟疾流行趋势的可行性研究^{*}

杨国静¹, 周晓农¹, J·B·Malone², J·C·McCarroll², 高琪¹, 张小萍¹, 汪天平³, 刘建翔⁴

(1. 江苏省血吸虫病防治研究所, 江苏无锡 214064; 2. School of Veterinary Medicine,

Louisiana State University, USA; 3. 安徽省寄生虫病防治研究所; 4. 复旦大学上海医学院)

【摘要】 目的 探索应用遥感资料预测疟疾流行趋势的可能性。**方法** 分别收集全国气象站和江苏省疟疾监测点的气象资料和疟疾发病率资料, 建成数据库。在 ERDAS Imagine 8. x 软件平台上复合 1995 年 12 个月的 NOAA-AVHRR 卫星资料获 NDVI 复合图, 并分别提取全国气象站和江苏省疟疾监测点的 NDVI 值, 进行相关分析和疟疾流行区域预测分析。**结果** NDVI 值与降雨量和相对湿度呈正相关关系, R^2 分别为 0.301 8 和 0.256 5, 并发现江苏省疟疾流行区的 NDVI 值均 >140 , 以该值为基础提取出卫星遥感资料 NDVI 值 >140 的区域, 得出了全国疟疾流行范围预测地图。**结论** 为应用 NOAA-AVHRR 卫星遥感资料的 NDVI 值预测疟疾流行奠定了理论基础, 应用卫星遥感资料分析技术预测疟疾分布与流行趋势是可行的。

【关键词】 遥感资料; 疟疾; 预测

【中图分类号】 R382.31

【文献标识码】 A

【文章编号】 1001-6627(2002)06-0339-03

疟疾的流行是在特定的环境条件下, 靠按蚊为媒介于人与人之间传输病原体而引起的。而蚊媒的孳生与繁殖与自然因素密切相关, 其中气温、降雨量、相对湿度为主要影响因素^[1,2]。卫星平台上的各种传感器所收集的遥感数据被分析后产生具有代表性的生态学变量^[3]可应用于建立疾病流行预测模型, 这些生态学变量代表着不同自然资源, 包括降雨[应用冷云持续时间技术(CCD)]^[4]、植被状态[应用植被指数, 如植被校正指数(Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)^[5,6]]和地面湿度(包括土壤和植被湿度成分)。1971年, 美国国家宇航局 NASA 的科学家们使用彩色和红外彩色空中图像, 制作出与烦扰伊蚊(*Aedes sollicitans*) 幼虫生活习性相关的植被群地图^[7]; Beck 等^[8]应用遥感数据来区分疟疾传播的高危险性村庄和低危险性村庄的分布, 将墨西哥南部 Chiapas 地区的卫星数据数字化产生一张地形元素地图。国内现已将卫星遥感资料中的 NDVI 值用来建立血吸虫病的预测模型^[9,10], 但尚未见应用于预测疟疾流行的报道。本研究试图采用来自美国海洋气象局-超高分辨率卫星(NOAA-AVHRR)的 NDVI 遥感图像资料, 分析 NDVI 与影响疟疾传播的环境因素的关系, 探讨应用 NDVI 遥感卫星遥感片预测疟疾传播的可行性, 为今后开发应用遥感技术提供新的依据。

材料与方法

1 遥感资料

收集 1995 年全年 36 张来自 NOAA-AVHRR 的 NDVI 卫星图像(每 10 d 一张复合图像), 在 ERDAS Imagine 8. x 软件中借助模型生成器, 将所有 AVHRR 卫星图像进行复合, 并以中国地图出版社出版、中华人

民共和国国家测绘局制作的 1:500 000 中国数字化地图(DMDC)^[11]为标准坐标对复合后的 AVHRR 卫星图像进行校正, 并对校正后的图像进行伪彩加色。卫片覆盖范围为北纬 $36.50^{\circ} \sim 26.00^{\circ}$; 东经 $111.07^{\circ} \sim 122.87^{\circ}$, 包括全国大部分地区(图 4)。

2 气象资料

世界粮农组织出版的 FAOCLIM(1940~1970)气象数据库^[12]包括了世界各地 30 年平均气象资料。从该数据库中提取中国各气象站点的综合数据, 包括各站点的年平均降雨量、月平均降雨量、月平均蒸发量(PET)、月平均降雨天数和月平均相对湿度值。在 Excel 97 软件中, 将从 FAOCLIM 30 年气象数据中提取出的包括经度、纬度值的中国 94 个气象站点综合数据输入, 并转化为 DBF 文件形式输出。

3 疾病数据

在 Excel 97 软件中, 将江苏省各疟疾监测点近 20 年的疟疾发病率数据进行 GIS 图形加载, 在 ArcView 平台上将 94 个气象站点及江苏省 14 个疟疾监测点^[13]的地理位置按经度、纬度加载在校正好的卫星遥感片上。

4 缓冲区分析

在 ArcView 3. x 软件支持下, 以加载在卫星遥感片上的各气象站点及江苏省疟疾监测点为中心, 创建半径为 3 km 的圆形缓冲区, 提取缓冲区范围内的 NDVI 值^[14]。

^{*} **【基金项目】** 本研究得到世界卫生组织热带病研究与培训特别

规划处的资助(TDR)(ID No. 970978)

【作者简介】 杨国静(1973-)女, 硕士。研究方向: 寄生虫病流

行病学。

结 果

1 全国气象点 NDVI 值与降雨及相对湿度的相关关系

从全国 94 个气象站的缓冲区内提取 NDVI 值, 分别与其相对应的降雨和相对湿度做相关分析, 结果显示, NDVI 值与降雨和相对湿度均具有正相关关系($P < 0.01$), 其中, NDVI 与降雨量回归曲线方程为 $y = 4.2327e^{0.0369x}$ ($R^2 = 0.3018$), NDVI 与相对湿度回归曲线方程为 $y = 16.896e^{0.0097x}$ ($R^2 = 0.2565$)。降雨或相对湿度值越高, 所对应的 NDVI 值也越大(图 1、2)。

2 江苏省疟疾监测点 NDVI 值

将江苏省 14 个疟疾监测点的疟疾发病率与缓冲区内提取的 NDVI 值进行相关分析, $R^2 = 0.2365$, 且所有试点村的 NDVI 值均在 140 以上(表 1、图 3)。

表 1 江苏省疟疾监测点缓冲区 NDVI 提取值、平均发病率
Table 1 The NDVI value and average incidence in observation station of Jiangsu

监测点 Village	纬度 Latitude	经度 Longitude	NDVI value	平均发病率(%) Average incidence(%)
泗港 Sigang	31.8890	120.5050	145	0.406298
三吉 Sanji	33.8667	119.7833	147	0.769231
班庄 Banzhuang	34.8500	118.8500	147	1.072852
海南 Hainan	33.0500	119.9833	147	1.836722
陶庄 Taozhuang	32.5111	119.4667	150	2.039663
桃林 Taolin	34.5128	118.4822	144	2.709490
沙庄 Shazhuang	34.9083	116.6440	144	3.825283
陆吉 Luji	34.1417	119.4667	150	4.276820
岱山 Daishan	34.3250	117.7330	149	6.691425
三灶 Sanzao	33.8667	119.7833	147	7.206709
黄圩 Huangwei	34.0000	119.6167	147	9.873141
炮车 Paoche	33.8667	119.7833	149	10.923494
桂五 Guiwu	32.8667	118.5083	150	11.417022
穿城 Chuanchen	33.9000	118.6167	150	16.602958

3 遥感资料预测疟疾流行态势

从卫星遥感图像的 NDVI 预测图上可见, NDVI 值 > 140 的区域(绿色表示) 主要分布在我国东南部地区, 中西部四川省及云南省的部分地区, 根据图 3 疟疾流行村的 NDVI 值均 > 140 的结果, 可预测该图的所有绿色区域为疟疾流行范围(图 4)。

(本文图见封三)

讨 论

遥感(RS) 技术是在高空和外层空间的各种平台上运用多种传感器(如摄影仪、扫描仪和雷达等等) 获取地表的信息, 通过数据的叠和处理, 从而实现研究地面物体形状、大小、位置、性质与其环境相互关系的一门现代化应用技术科学^[15]。目前常用的遥感数据主要来自 AVHRR、Landsat MSS、Landsat TM 和 SPOT 等卫星, 由这些卫星所收集的数据被运行产生具有代表性的生态学变量^[3], 使研究遥感数据与疾病流行的定量关系成为可能^[16]。本研究应用遥感分析技术, 以美国海洋气象局的 NOAA-AVHRR 的遥感卫片资料对

全国疟疾的流行范围及程度进行预测。应用该 1 km 分辨率卫星图像的优点是: 1) 卫片覆盖范围大; 2) 卫片数量多, 每天均可获得; 3) 价格便宜, 部分卫片甚至可以免费下载。该卫片资料包含 4 个频道, 按照公式 (channel 2 - channel 1) / (channel 2 + channel 1), 可以提取出能反映生长植被覆盖情况的 NDVI 值, 它的主要原理是健康生长的植被对于可见光具有较低的反射(例如: AVHRR channel 1), 因为在植物组织中的光和色素(叶绿素) 吸收这种光且对近红外反射强烈(例如 AVHRR channel 2); 而在其他自然物体中(如土壤背景) 则很少有这种特性。NDVI 值越大, 表示地面的植被生长越活跃^[17]。而本研究结果表明, 疟疾传播中的两个主要因素(降雨、相对湿度) 均与 NDVI 值具有一定的定量关系, 从 NDVI 与全国 94 个气象站的降雨及相对湿度的关系图可见, NDVI 值与两者均具有正相关性, R^2 分别为 0.3018 和 0.2565, 这为进一步应用 NDVI 值及时、快速预测疟疾流行趋势及分布提供了理论基础。同时, 在分析江苏省疟疾监测点时发现, 疟疾的发病率与 NDVI 值也存在正相关性, $R^2 = 0.2365$, 并且所有疟疾流行区的 NDVI 值均 > 140, 在此基础上, 建立了遥感资料预测模型, 并用该模型对全国疟疾流行进行了预测, 发现预测结果与文献报道基本相符^[18,19], 因此, 应用遥感卫片的 NDVI 值进行疟疾流行范围及程度预测是可行的。

但疟疾的流行是受多种复杂因素影响的, 不能单从降雨、相对湿度这二个因素来决定疟疾的流行范围及程度, 还应考虑其它环境因素及社会因素对疟疾的影响^[20]。但从 GIS/RS 技术的应用前景来看, 该技术仍不失为一种快速、简便、可行的预测方法。

【参考文献】

[1] 杨国静, 周晓农, Malone JB, 等. 多因素空间复合模型预测我国疟疾流行态势[J]. 中国预防医学杂志, 2002, 20(3) : 145 - 147.

[2] 周祖杰. 中国疟疾的防治与研究[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1991, 390.

[3] Hay SI, Tucker CJ, Rogers DJ, Remotely sensed surrogates of meteorological data for the study of the distribution and abundance of arthropod vectors of disease[J]. Annals of Trop Med Parasito, 1996, 90: 1 - 19.

[4] Bonifacio R. Sahelian rangeland production in relation to rainfall estimates from Meteosat[J]. Int J Remote Sensing, 1993, 14: 2695 - 2711.

[5] Sellers PJ. Canopy reflectance, photosynthesis and transpiration[J]. Int J Remote Sensing, 1985, 6: 1335 - 1372.

[6] Tucker CJ. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation[J]. Remote Sensing Environ, 1979, 8: 127 - 150.

[7] NASA. The use of remote sensing in mosquito control[Z]. Report No NASA-TM-X-70293, Health Application office, Lyndon B.

Johnson Space Center, NASA, Texas, U.S.A.

- [8] Beck L, Rodriguez M, Dister S, et al. Remote sensing as a landscape epidemiological tool to identify villages at high risk for malaria transmission[J]. Am J Trop Med Hyg, 1994, 51(3):271-280.
- [9] 周晓农, 孙宁生, 胡晓抒, 等. 地理信息系统应用于血吸虫病的监测 III. 遥感监测江滩钉螺孳生地[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 1999, 11(4):199-202.
- [10] 周晓农, 杨国静, 孙乐平, 等. 地理信息系统在血吸虫病研究中的应用[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 1999, 11(6):378-381.
- [11] 中国地图出版社出版中华人民共和国国家测绘局制作. 1:500 000中国数字化地图(DMDC)国际版[M/CD]. 北京, 1996.
- [12] FAO. FAOCLIM 1.2A CD-ROM with world-wide agroclimatic data[M/CD]. User's Manual. Agrometeorology working paper series No. 11, FAO, Rome, Italy +1 CD-ROM, 68pp.
- [13] 杨存性, 金小林, 赵勇进, 等. 江苏省1971~1992年疟疾的流行及控制[J]. 中国寄生虫病防治杂志, 1993, 6(supl):5-8.

- [14] Jensen, John R. Introductory digital image processing: a remote sensing perspective[M]. USA, 1996.
- [15] Lillesand YM, Kiefer RW. Remote sensing and image interpretation[M]. 2nd ed. New York: John Wiley and Sons, 1987.
- [16] 杨国静, 周晓农. GIS/RS 及其在媒传寄生虫病中的应用[J]. 中国寄生虫病防治杂志, 2001, 14(1):64-66.
- [17] Malone JB, Soliman MS, Abdel-Rahman, et al. Geographic information system and the distribution of *Schistosoma mansoni* in Nile delta[J]. Parasitology Today, 1997, 13:112-119.
- [18] 许隆祺, 余森海, 徐淑惠. 中国人体寄生虫分布与危害[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1999. 927.
- [19] 汤林华. 我国疟疾防治研究成就[J]. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志, 1999, 17(5):257-259.
- [20] Lindsay SW, Birley MH. Climate change and malaria transmission [J]. Annals of Trop Med Parasito, 1996, 90(6):573-588.

【收稿日期】 2001-12-27 【修回日期】 2002-07-13

THE POSSIBILITY TO PREDICT TRANSMISSION TENDENCY OF MALARIA BY USING REMOTE SENSING DATA IN CHINA^{*}

YANG Guo-jing¹, ZHOU Xiao-nong¹, J.B. Malone², J.C. McCarroll², GAO Qi¹, WANG Tian-ping³, LIU Jian-xiang⁴

(1. Jiangsu Institute of Parasitic Diseases, Wuxi 214064, China; 2. School of Veterinary Medicine, Louisiana State University, Baton Rouge, USA; 3. Anhui Institute of Parasitic Diseases, Wuhu; 4. Fudan School of Public Health, Shanghai)

[Abstract] **Objective** To explore the possibility for prediction of malaria transmission by using remote sensing data. **Methods** The NDVI value, extracted from the climate observation station in the country and the malaria transmission spots in Jiangsu, was used to analysis and predict the malaria transmission area in China based on the NOAA-AVHRR NDVI images. The correlation analysis was carried out between NDVI values and the precipitation and relative humidity. The processing of remote sensing images includes the following steps: download image data from Internet, georeference and composite images, extract NDVI values which performed in ERDAS Imagine 8. x. **Results** Remote sensing analysis showed that NDVI value was positively correlated with both the precipitation and relative humidity ($R^2=0.3018, 0.2565$ respectively), and the NDVI values covering all epidemic spots in Jiangsu were over ¹⁴⁰. The prediction map on malaria distribution area was created by exacting NDVI value which was over ¹⁴⁰ in AVHRR satellite image. **Conclusion** It provided the theoretical basis for remote sensing data to be used in prediction of malaria transmission. The prediction on distribution of malaria in China by using remote sensing technique is comparatively precise, which provide a novel way to predict the vector-borne parasitic diseases in the future.

[Key words] Remote sensing data; malaria; prediction

^{*} This project was supported by UNDP/World Bank/WHO Special Programme for Research and Training on Tropical Diseases (TDR) (ID No. 970978).

· 书讯 ·

《实用寄生虫病学》即将出版

《实用寄生虫病学》一书是由卫生部寄生虫病专家咨询委员会委员、江苏省寄生虫病防治研究所吴中兴教授和郑蔡阳博士等10多位寄生虫病、寄生虫学、流行病学和健康教育专家积累多年教学、科研和现场实践工作经验及近年国内外寄生虫病防治方面的新进展、新成就编写而成。并承南京医科大学寄生虫学专家叶炳辉教授和传染病临床专家屠聿修教授审阅。全书约40余万字,有健康教育和健康促进、寄生虫病防治的卫生经济学评价等专题;并有彩色插图及国家有关寄生虫病、疟疾等“十·五”防治规划摘要。本书对从事寄生虫学和寄生虫病的研究人员,对临床医师及预防医学医师,特别是从事寄生虫病防治的专业人员有实用价值,也是医学、生物学和动物医学大专院校教师、研究生和学生的参考书。

该书将于2002年第4季度由江苏科学技术出版社出版,新华书店发行。

应用遥感资料预测疟疾流行趋势的可行性研究

THE POSSIBILITY TO PREDICT TRANSMISSION TENDENCY OF MALARIA BY USING REMOTE SENSING DATA IN CHINA

(正文见339页, For text, to see p.339)

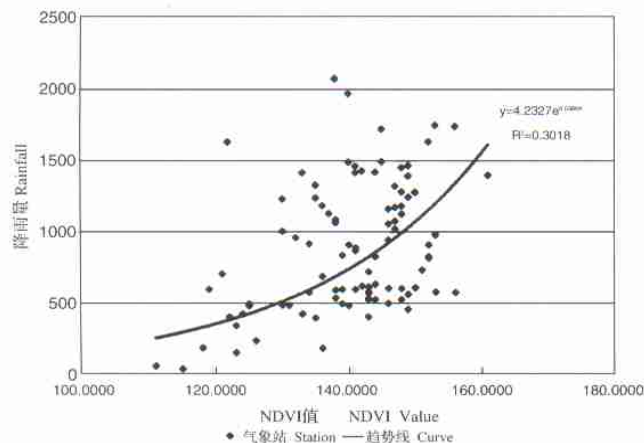


图1 全国94个气象站NDVI值与降雨的相关关系图

Fig.1 The correlation between NDVI and rainfall in 94 climate stations

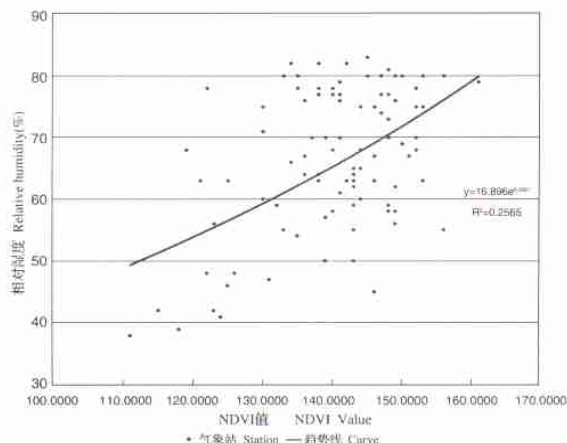


图2 全国94个气象站NDVI值与相对湿度相关关系图

Fig.2 The correlation between NDVI and relative humidity in 94 climate stations

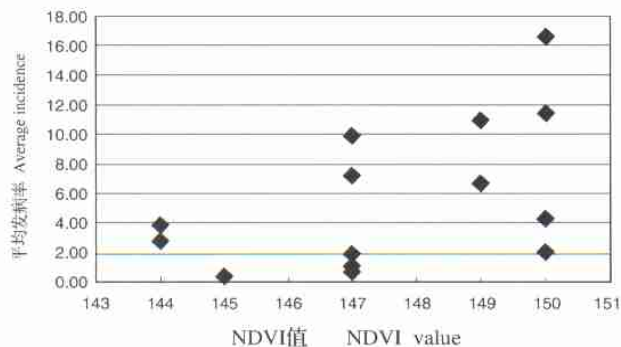


图3 1973~1983年江苏省疟疾监测点平均发病率与NDVI值的关系

Fig.3 The correlation between average incidence and NDVI in observation stations in Jiangsu from 1973 to 1983

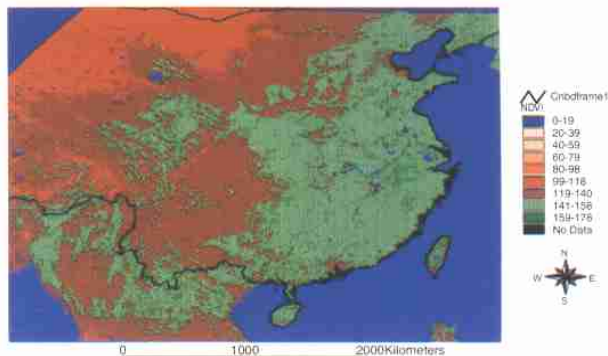


图4 NDVI 卫星遥感图片预测疟疾流行范围分布图

Fig.4 Malaria transmission areas predicted by NDVI value

插页 16 图注 (The illustration for the figures of insert 16)

图1 正常对照组 微毛(↑); 线粒体(mi); 肌层(m); 皮层细胞(i) 3 300 ×

图2~6 为槟榔南瓜子合剂组 (图2 远端胞质表面的微毛及胞质区内的囊泡 16 000 × 图3 远端胞质区内的线粒体(m) 10 000 × 图4 皮层细胞: 核(n), 细胞器(o) 5 000 × 图5 实质肌束: 环肌(c), 纵肌(l) 1 300 × 图6 神经纤维 5 000 ×)

图7~9 阿苯达唑组 (图7 微毛断裂, 脱落, 出现隆起 10 000 × 图8 线粒体肿胀, 嵴消失, 呈空泡样(m) 6 600 × 图9 皮层细胞: 核畸形变, 出现多个切迹(↑); 胞质内出现大量囊泡(v) 8 300 ×

Fig. 1 Control group microchriches (↑); microchriches(mi); muscle bundles(m); the tegument cells(i) 3 300 ×

Fig. 2~6 The group of decoction of areca and pumpkin seeds (Fig. 2 The microchriches and vesicles of the distal cytoplasm zone 16 000 × Fig. 3 The mitochondria of the distal cytoplasm zone 10 000 × Fig. 4 The tegument cells: nucleus(n), organella(o) 5 000 × Fig. 5 The muscle bundles in parenchyma: circular muscles(c), longitudinal muscles(l) 1 300 × Fig. 6 Nerve fibres 5 000 ×)

Fig. 7~9 The group of albendazole (Fig. 7 The microchriches were broken, peels 10 000 × Fig. 8 The mitochondria swollen and vacuolized(m) 6 600 × Fig. 9 The tegument cells were degenerated (v), the nucleus were abnormal and detelated(↑) 8 300 ×)