

文章编号:1000-7423(2005)-02-0121-04

【综述】

血吸虫病环境因素研究中空间变量的选择与分析

陈朝, 周晓农

中图分类号:R532.21 文献标识码:A

血吸虫病是与地理和气候因素密切相关的疾病,其流行与当地自然环境密切相关。找出两者的内在联系是控制血吸虫病流行的关键。遥感(remote sensing, RS)技术和地理信息系统(geographical information system, GIS)的应用提供了新的有效方法,尤其是空间变量的引入,可更迅速方便地揭示血吸虫的分布情况并预测血吸虫病形势,为血吸虫的防治工作提出新的思路和方法。

1 研究现状

卫星保健应用航天航空相关技术中心(CHAART)定义的 16 个物理因素^[1],每个因素是一个必要的环境变量,可以直接或间接的反映病原、媒介、储存宿主和终宿主的情况,这些变量在各种媒介传播的疾病中均被涉及,例如 Cross 等^[2]用陆地卫星 Landsat MSS 数据资料结合气候变量描述了菲律宾岛的地理特征,并结合温度和降水量资料估计疾病发生的可能性,以此计算美军军事演习期间可能由于血吸虫病而致的潜在伤亡数。Lobitz 等^[3]发现孟加拉国霍乱发病的季节分布和海洋表面温度的年周期变化相一致,海洋表面高度也和霍乱的暴发有关联。Dister 等^[4]从 LandsatTM 中提取植被绿度指数、湿度应用于美国东北部莱姆病的研究,发现湿度大,植被覆盖高的地区是莱姆病的高发区。在疟疾的研究中,Beck 等^[5]认为利用 LandsatTM 所提供的植被和湿地类型可以鉴别墨西哥南部地区的蚊虫分布,正确率达 90%。用于血吸虫病研究的空间变量主要涉及到温度、植被、水、土壤等环境因素,通过建立 GIS 模型或者利用统计学方法进行分析,得出空间变量与血吸虫病之间的关系。其中使用最多的是关于土壤湿度和环境温度的空间变量,如归一化差异植被指数(NDVI)、每日温差(dT)和地表温度(LST)等,国内外许多研究者都曾用这些空间变量来进行血吸虫病的分布和预测研究,如:周晓农等^[6]利用气象参数建模后获得 NDVI 和温度指数以及

高程分布图来预测血吸虫病的流行情况;以下对血吸虫病防治研究中涉及到空间变量的应用情况做一回顾。

2 空间变量的选择

目的不同、采用的方法不同,选择的空间变量也不尽相同。在血吸虫病的研究中,用来建模的最常用的空间变量就是 NDVI 和温度,当然,根据不同的情况所用的空间变量也有差异。

2.1 温度 温度是在血吸虫病研究中最常用的重要指标,包括空气、土壤和水表面温度。气温是表示空气冷热程度的物理量,研究表明最适宜钉螺孳生的气温在 15~25 °C,是钉螺的产卵、交配、幼螺孵化和发育最佳的温度范围。周晓农等^[7,8]提出的一月份平均最低气温-4 °C作为划分流行区与非流行区的分界线,并且提出了全球气候变暖对血吸虫病传播的潜在影响。在血吸虫病防治中应用最广的是地表温度(Ts)。地表温度是卫星探测的陆地表层水、植被、土壤、岩石等的表面(通常只有几个微米穿透深度)温度^[9]。虽然单个通道就能够反映地面的温度,但由于某些因素的影响,特别是水汽的影响使探测的温度降低,常用另一红外通道的测量值来提高对表面辐射的估计^[10],这样估计的温度虽然对大气进行了校正,但未考虑到不同地表状况反射率的影响,因而卫星测量值和地面温度不同。因此,Price 等^[11]建议利用分裂窗算法根据 NOAA7 卫星 AVHRR 图像的 4 和 5 波段计算地表温度。

水体表面的温度计算和地面温度相同,也常将多个红外波段结合起来进行估计。

2.2 植被 植被是钉螺生存的必要条件之一。“无草不见螺”,适宜的植被为钉螺提供了适合其生长的微环境。钉螺孳生地往往杂草丛生,没有植被覆盖的区域即使偶然有螺,其密度也非常低。植被可以保持土壤潮湿、调节温度及遮荫,不少植物为钉螺提供了丰富的食物^[12],可以说植被在一定程度上决定着钉螺的分布。植被的反射波谱曲线规律性明显而独特,主要分 3 段:0.4~0.76 μm 有一个小的反射峰,位置在 0.55 μm 处;两侧 0.45 μm 和 0.67 μm 处则有两个吸收带。在近红外波段(0.7~0.8 μm)有一反射的陡坡,至 1.1 μm 附近

基金项目:联合国儿童基金会/世界银行/联合国开发计划署/世界卫生组织热带病研究与培训特别规划(A30298)

作者单位:中国疾病预防控制中心寄生虫病预防控制所,
上海 200025

有一峰值,形成的植被独有特征^[13]。可以利用植被的这种波谱特征分析地表植被信息,常用植被指数作为反映植被信息量的指标,定量表明植被活力,比单波段探测绿色植被更具有灵敏性,已广泛应用于遥感影像的解译中。植被指数按其发展可分为 3 类:第 1 类植被指数基于波段的线性组合(差或和)或原始波段的比值,由经验方法发展而来,没有考虑大气影响、土壤亮度和土壤颜色以及土壤与植被间的相互作用,如比值植被指数(RVI)和 NDVI。第二类植被指数大都基于物理知识,将电磁波辐射、大气、植被覆盖和土壤背景的相互作用结合在一起考虑,并通过数学和物理及逻辑经验以及通过模拟将原植被指数不断改进而发展的,如垂直植被指数 PVI、土壤调整植被指数(SAVI)等。第三类植被指数是针对高光谱遥感及热红外遥感而发展的植被指数,如绿度植被指数 GVI、倒数值植被指数(DVI)等,这些植被指数是近几年来基于遥感技术的发展和应用的深入而产生的新的表现形式。尽管许多新的植被指数考虑了土壤、大气等多种因素并得到发展,但是应用最广的还是 NDVI,并经常用作参考来评价基于遥感影像和地面测量或模拟的新的植被指数,NDVI 是植物生长状态及植被空间分布密度的最佳指示因子,与植被分布呈线性相关。

2.3 水 血吸虫的中间宿主钉螺的分布与水密切相关,干燥无水的地方钉螺不能生存,但水淹时间太长也不利于钉螺的生存和繁殖。钉螺生存所需水的 pH 值在 6.7~7.8 比较适宜^[12]。

2.3.1 地表水 ①水体:各种水体几乎吸收了近红外和中红外波段的全部入射能量,所以水体在近红外和中红外波段的反射能量很少,而植被和土壤却恰恰相反,在这两个波段的吸收能量较少,具有较高的反射特性,这就使水体在这两个波段上与植被和土壤有明显的差别。通过这两个波段的光谱反射差异可以将水体提取出来。②降雨量:天空中云顶温度和降雨有关。对云层温度进行监测,就可监测降雨量的分布及变化。Hay 等^[14]研究表明通过遥感监测某地区在一段时间内的冷云期(CCD)可用来预测降雨量的变化,用于建立肯尼亚疟疾流行季节的遥感预测模型。③洪水:洪水与血吸虫病传播之间的关系许多研究者做过研究^[15,16],最常用的方法是相差法,将洪水期和常年水位的遥感图片进行叠加,建立湿地变化的模型,可以准确的测算出钉螺的潜在分布面积。④土壤湿度:遥感卫星图片对土壤湿度的提取常用的方法是缨帽转换法。缨帽变换的应用主要是针对 TM 数据和曾经广泛使用的 MSS 数据。多光谱遥感图像经过转换后获得的前 3 项正交特征中,其第 3 个特征分量即反映植被叶盖及地表土

壤的湿度。

2.3.2 地下水 钉螺的分布与地下水位密切相关。通过卫星遥感图像可间接有效的宏观估算出某地区的地下水的分布情况,可以利用地表反射率和地表温度来估算区域地表蒸发情况,进而可推算地下含水量的分布情况。

2.4 土壤 土壤特征反映了各种因素共同作用的结果。在遥感图像上,不同类型土壤的特征不如水体、植被的差别那么大,同时,由于土壤性状主要表现在剖面上,而不是表面,因此仅靠土壤表面电磁波谱的辐射特性来判别土壤类型,并不直接。但由于土壤与上述成土因子关系密切,特别是受主导因素的影响较大,因此仍有规律可循。通过遥感影响综合分析,可以取得较好的判别效果。目前多采用对地面分辨率较高的多光谱图像,主要是以遥感图像中各像素的光谱反射值为基础,通过统计、计算反射率的均值、方差、协方差等特征参数进行分类,常用的方法有监督分类和非监督分类,二者的根本区别在于是否利用训练场地来获取先验的类别知识。

3 空间变量的分析

3.1 单变量分析模型

3.1.1 水 周晓农等^[15]利用 Landsat MSS 遥感片和 1980~1989 年江苏省钉螺面积数,对 Landsat MSS 的 4 个波段的数据进行缨帽变换 Tasseled Cap 主成分分析模型分类提取湿地地物特征,反映了特大洪水位与丰水位间、丰水位与枯水位间的湿地变化,得出钉螺孳生地分布与钉螺扩散的两个空间模型,可直接正确计算出钉螺孳生地分布面积数和钉螺扩散潜在面积数。张旭东等^[17]发现,长江中下游滩地钉螺的分布与滩地的地下水位关系显著,地下水位为 32 cm 时钉螺密度和有螺框出现率分别达到其最大值。郑英杰等^[18]探讨了洲滩钉螺分布与水位的关系,根据活螺密度和感染螺密度将洲滩分类。结果提示全年淹水天数在钉螺分布中起重要作用。葛继华等^[19]研究了三峡建坝后长江安徽段水位变化对钉螺及植被分布影响,认为水位变化对钉螺分布范围及滩貌结构影响可能较小,但人畜上滩活动机会和受血吸虫感染的危险均有一定机会的增加。蔡凯平等^[20]采用现场调查和资料对比的方法,进行了三峡建坝后对洞庭湖区血吸虫病传播影响的预测研究,结果表明三峡建坝后长江入湖量虽有变化,但对洞庭湖钉螺分布影响不大。Lwambo 等^[21]建立了坦桑尼亚小学生同时发生钩虫和血吸虫感染的模型。徐兴建等^[22]研究了修建三峡大坝对江汉平原日本血吸虫病传播可能的影响,通过对江汉平原的现场调查和历史资料,发现

长江水位和地下水位密切相关。

3.1.2 植被 姜庆五等^[23]利用陆地卫星 Landsat TM 遥感图像对植被的中间宿主钉螺孳生地洲滩植被进行了分类,在得出的 8 个地表分类中,第 2 类苔草为钉螺的孳生地。张波等^[24]分析了 MODIS 遥感卫星图像中 NDVI 与江宁县洲滩各钉螺孳生地钉螺分布之间的关系,结果发现江滩钉螺孳生地的螺密度与 4 月份下旬各钉螺孳生地平均 NDVI 及 5 月份下旬各钉螺孳生地最大 NDVI 呈正相关;张治英等^[25]对遥感图像非监督分类分析江宁县江滩钉螺孳生地植被特征,并分析钉螺在各植被中的分布。

3.1.3 温度 周晓农等^[26]研究了气候变暖对中国大陆钉螺分布的潜在影响,实验测定了钉螺适应性中的重要因子冬眠温度和越冬致死温度。Malone 等^[27]利用 NOAA 卫星的 AVHRR 传感器获得了尼罗河下游河谷的 dT 图,用它作为曼氏血吸虫的中间宿主双脐螺分布情况的替代指标,通过 Spearman 相关矩阵分析发现 dT 值和双脐螺的分布呈负相关,即 dT 值越低,在湿地和水流缓慢的地方相应的双脐螺的分布聚集性越高,反映出了血吸虫病的流行状况。

3.2 多变量分析模型

3.2.1 温度和植被 Bavia 等^[28]用地表温度和植被指数结合曼氏血吸虫的流行资料,创建 NDVI 图和每日平均温差(dT)图,研究巴西 Bahia 地区曼氏血吸虫感染的空间和时间动力学并探讨影响血吸虫病分布的环境因子。Kristensen 等^[29]用 RS/GIS 建立了埃塞俄比亚曼氏血吸虫的中间宿主双脐螺的分布和聚集情况,揭示出 NDVI 和地表温度与双脐螺分布和聚集之间的关系,从侧面反映出血吸虫病的分布情况。Malone 等^[30]利用 1 km 的 AVHRR 数据来探讨在埃塞俄比亚和东非曼氏血吸虫病的气候和环境危险因素,并用地表温度和 NDVI 这两个变量来预测曼氏血吸虫病的流行情况。而在这以前 Malone 等^[31]利用 dT 和 NDVI 图研究了尼罗河三角洲地区的曼氏血吸虫病的分布,探讨了地下水位对血吸虫病分布的影响,表明在尼罗河三角洲地区,地下水和地表水是曼氏血吸虫病感染的重要危险因素。

3.2.2 其他 郭家钢等^[32]应用遥感技术对鄱阳湖区钉螺孳生地进行了非监督分类,并计算了 NDVI 和缨帽湿度变化指数,结果发现鄱阳湖区钉螺分布和孳生与洲滩湖草的生长状况和湿度密切相关,有螺点主要分布在 NDVI>110 和 TC 在-10~3 之间,其准确率达到 95%以上。Abdel-Rahman 等^[33]用 dT 以及经缨帽转换后的几个分类值建立了一个 GIS 危险模型并用实地考察数据对此模型进行了评估,可以解释血吸虫发病地

区变异的 74%。

4 存在的问题

空间变量的应用为探讨血吸虫病和环境因素的关系开辟了新的途径,而且也取得了很好的效果,但还存在一些问题需要完善;①卫星图片:所应用的空间变量基本上来源于限定的几种卫片,得出的结果可能会有局限性,应尝试应用多源的卫星图片来获得空间变量,而且目前应用的卫星图片的空间分辨率比较低,在 30 m 或者更小的分辨率内用得很少(30 是能将各种植被分开的临界值),如果条件允许可以应用高分辨率的卫片,如 QuickBird 和 SPOT5 等;②空间模型:遥感数据资料贫乏,资料库不全,对用空间变量建立的模型进行评价比较困难;由于环境不一,在结论的外推时得出的结论会有偏差甚至是完全相反的;大多数模型对局部地区的血吸虫病进行了研究,对于全国乃至全球的血吸虫病研究工作很少;③空间变量:所应用的空间变量单一,多因素综合分析还不成熟,而且大多是宏观上、定性或半定量的研究,微观和定量研究做的不够。许多变量例如温度和植被等做得比较成熟,但有些变量例如地下水等研究的不是很多,有待于进一步探讨。通过不断解决上述问题,相信空间变量在血防工作中的应用会再上一个新的台阶。

5 小结

空间变量的应用为寻求血吸虫病和环境因素的关系提供了一种新的有效的方法,它与遥感系统、地理信息系统、全球定位系统和计算机处理能力密切相关,通过不断改进技术,克服其应用的局限性,空间变量的应用在血吸虫的防治方面必然会起到举足轻重的作用。

参 考 文 献

- [1] Beck LR, Lobitz BM, Wood BL. Remote Sensing and Human Health: New Sensors and New Opportunities[J]. Emerging Infectious Disease, 2000, 6: 217-227.
- [2] Cross ER, Perrine C, Sheffield C, et al. Predicting areas endemic for schistosomiasis using weather variables and a Landsat data base[J]. Military Medicine, 1984, 149:542-544.
- [3] Lobitz BM, Beck LR, Haq A, et al. Climate and infectious disease: Use of remote sensing for detection of *Vibrio cholerae* by indirect measurement[J]. PNAS, 2000, 97: 1438-1443.
- [4] Dister SW, Fish D, Bros S, et al. Landscape characterization of peridomestic risk for Lyme disease using satellite imagery[J]. Am J Trop Med Hyg, 1997, 57: 687-692.
- [5] Beck LA, Rodriguez MH, Dister SW, et al. Assessing of a remote sensing based model for predicting malaria transmission risk in villages of Chiapas, Mexico[J]. AM J Trop Med Hyg, 1997, 56(1): 99-106.
- [6] 周晓农,洪青标,孙乐平,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[J].中国血吸虫病防治杂志,1998,

- 10: 321-324.
- [7] 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 II 流行程度的预测[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 1999, 11: 66-70.
- [8] 周晓农, 杨国静, 孙乐平, 等. 全球气候变暖对血吸虫病传播的潜在影响[J]. 中华流行病学杂志, 2002, 23: 83-86.
- [9] 延昊, 王长耀, 牛铮, 等. 利用遥感和常规资料对比研究中国地面温度变化[J]. 气候与环境研究, 2001, 6: 448-455.
- [10] ACR Gleason, SD Prince, SJ Goetz, *et al.* Effects of orbital drift on land surface temperature measured by AVHRR thermal sensors[J]. Remote Sensing of Environment, 2002, 79: 147-165.
- [11] Price JC. Land surface temperature measurement for the split window channels of the NOAA-7 AVHRR[J]. J Geophys Res, 1984, 89: 7231-7237.
- [12] Parada M, Canton M. The spatial and temporal evolution of thermal structures in the Alboran Sea Mediterranean basin[J]. Int Remote Sens, 1998, 19: 2119-2131.
- [13] 中华人民共和国疾病控制司. 血吸虫病防治手册[M]. 第 3 版. 上海: 上海科技出版社, 2000. 14-19
- [14] Hay SI, Snow RW, Rogers DJ, *et al.* Predicting malaria seasons in Kenya using multi-temporal meteorology satellite sensor data [J]. Trans R Soc Trop Med Hyg, 1997, 57: 687-92.
- [15] 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 II 长江洲滩钉螺孳生地的监测[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 1999, 11: 199-202.
- [16] Zhou X, Dandan L, Huiming Y, *et al.* Use of Landsat TM satellite surveillance data to measure the impact of the 1998 flood on snail intermediate host dispersal in the lower Yangtze River Basin[J]. Acta Tropica, 2002, 82: 199-205.
- [17] 张旭东, 杨晓春, 彭真华, 等. 钉螺分布与滩地环境因子的关系[J]. 生态学报, 1999, 2: 265-268.
- [18] 郑英杰, 钟久河, 刘志德, 等. 应用地理信息系统分析洲滩钉螺的分布[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 1998, 10: 69-71.
- [19] 葛继华, 何家昶, 汪天平, 等. 三峡建坝后长江安徽段水位变换对钉螺及植被分布影响的研究[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 1998, 10: 193-197.
- [20] 蔡凯平, 左家铮, 贺宏斌, 等. 三峡建坝后对洞庭湖区血吸虫病传播影响的研究[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 1998, 10: 257-261.
- [21] Lwambo NJ, Siza JE, Brooker S, *et al.* Patterns of concurrent hookworm infection and schistosomiasis in schoolchildren in Tanzania[J]. Trans R Soc Trop Med Hyg, 1999, 93: 497-502.
- [22] Xu XJ, Wei FH, Yang XX, *et al.* Possible effects of the Three Gorges dam on the transmission of schistosomiasis japonicum on the Jiang Han plain[J]. Ann Trop Med Parasitol, 2000, 94: 333-341.
- [23] 姜庆五, 林丹丹, 刘建翔, 等. 应用卫星图像对江西省蚌湖钉螺孳生草洲植被的分类研究[J]. 中华流行病学杂志, 2001, 22: 114-115.
- [24] 张波, 张治英, 徐德忠, 等. MODIS 遥感图像在江宁县江滩钉螺分布研究中的应用[J]. 中华流行病学杂志, 2003, 24: 257-260.
- [25] 张治英, 徐德忠, 周晓农, 等. 遥感图像非监督分类分析江宁县江滩钉螺孳生地植被特征[J]. 中华流行病学杂志, 2003, 24: 261-264.
- [26] 周晓农, 洪青标, 孙乐平, 等. 全球气候变暖对中国血吸虫病传播影响的研究 I 钉螺冬眠温度与越冬致死温度的测定[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2002, 14: 192-195.
- [27] Malone JB, Yilma JM, McCarroll JC, *et al.* Satellite climatology and the environmental risk of *Schistosoma mansoni* in Ethiopia and east Africa[J]. Acta Tropica, 2001, 79: 59-72.
- [28] Bavia ME, Malone JB, Hale L, *et al.* Use of thermal and vegetation index data from earth observing satellites to evaluate the risk of schistosomiasis in Bahia, Brazil[J]. Acta Tropica, 2001, 79: 79-85.
- [29] Kristensen TK, Malone JB, McCarroll JC. Use of satellite remote sensing and geographic information systems to model the distribution and abundance of snail intermediate in Africa: a preliminary model for *Biomphalaria pfeifferi* in Ethiopia[J]. Acta Tropica, 2001, 79: 73-78.
- [30] Malone JB, Huh OK, Fehler DP, *et al.* Temperature data from satellite imagery and the distribution of schistosomiasis in Egypt [J]. AM J Trop Med Hyg, 1994, 50: 714-722.
- [31] Malone, JB, Abdel Rahman, MS El Bahy MM, *et al.* Geographic Information Systems and the distribution of schistosomiasis mansoni in the Nile Delta[J]. Parasitol Today, 1997, 13: 112-118.
- [32] 郭家钢, 林丹丹, 吴晓华, 等. 应用遥感技术快速确定鄱阳湖区钉螺孳生地的研究[J]. 中华流行病学杂志, 2002, 23: 99-101.
- [33] Abdel-Rahman MS, El-Bahy MM, Malone JB, *et al.* Geographic information systems as a tool for control program management for schistosomiasis in Egypt[J]. Acta Tropica, 2001, 79: 49-57.

(收稿日期: 2004-04-28 编辑: 伯韦)

《国外医学寄生虫病分册》征稿启事

中华医学会系列杂志《国外医学寄生虫病分册》是由中华人民共和国卫生部主管, 中华医学会、中国疾病预防控制中心寄生虫预防控制所主办的全国性专业学术期刊。设有综述、国外学者专栏、文摘等栏目。主要报道危害人类健康的各种寄生虫病-疟疾、血吸虫病、利什曼病、丝虫病、棘球蚴病、囊尾蚴病、并殖吸虫病、华支睾吸虫病、弓形虫病、肺孢子虫病、贾第虫病、阿米巴病、隐孢子虫病、微孢子虫病等疾病的病原及钉螺、蚊虫、白蛉、螨类等中间宿主/媒介生物的基础研究、病因研究、流行病学、临床、防治成果等方面的综述性论著, 介绍国内、外寄生虫学研究领域的新成果、新经验、新进展和新动态。

本刊为双月刊, 刊号 ISSN1001-1072, CN31-1249/R。近年已在万方数据-数字化期刊群, 中文科技期刊数据库, 中国期刊网、中国学术期刊(光盘版)全文上风, 被《中国核心期刊(遴选)数据库》收录, 是中国学术期刊综合评价数据库来源期刊。

本刊自 2004 年由中华医学会主办后, 增加了综述文章的版面, 缩短了刊出周期。2005 年本刊将继续加快综述文章的刊出速度, 提高编校质量和印刷质量, 提高办刊水平, 热心细致为作者和读者服务。

本刊常年征集与医学寄生虫或其媒介相关的综述类稿件; 在 2~6 个月内刊出, 如你要求更快, 也可向编辑部申请加快稿件处理速度。

欢迎您投稿!

投稿请寄: 上海市瑞金二路 207 号《国外医学寄生虫病分册》编辑部

邮政编码: 200025

联系电话: 021-64451195 021-64377008-1304

E-mail: gjyxjsb@vip.citiz.net jscbfc2002@yahoo.com.cn