

地理信息系统在血吸虫病研究中的应用

周晓农 杨国静 孙乐平 洪青标 (综述)

地理信息系统(GIS)是集计算机科学、地理学、测绘学、空间科学、信息科学等为一体的新兴科学^[1],并已逐渐应用于卫生管理决策和疾病监测中^[15]。GIS 结合遥感技术也将是血吸虫病防治研究的实用工具之一^[2,3,4]。因此,本文针对血吸虫病流行特征,就 GIS 及相关技术,如遥感、全球定位系统等技术应用于血吸虫病防治工作的范围、前景作一综述。

1 GIS 概述

1.1 GIS 基本概念及应用范围

GIS 是地理信息学方法的一种实现手段,是多学科集成并应用于各领域的基础平台^[1]。Aronoff 将 GIS 定义为“任何用于贮存和处理与地理位置有关的数据信息的人工或计算机系统”^[5]。GIS 主要包括专业人员、计算机硬件、GIS 软件和 GIS 数据。其基本功能主要是:① 数据输入、存贮、编辑。② 操作运算。③ 数据查询、检索。④ 应用分析。⑤ 数据显示、结果输出。⑥ 数据更新^[1]。

进入 90 年代,随着地理信息产业的建立和数字化信息产品在全世界的普及,GIS 已被广泛应用,应用领域包括城市和地区规划、设施管理、土地评价、环境资源控制、紧急事件处理和生态模型建立^[6,7,8]。由于它具有获取空间信息的能力,因此它可以被应用于任何地理数据被存贮、操作的地方。GIS 已从单纯的清单目录发展为管理工具。它已成为决策支持系统的组成部分或者作为“智能地理信息系统”模拟模型和专家系统相结合^[9]。

1.2 GIS 与相关技术的关系

与 GIS 关系最为密切的技术是遥感技术、全球定位系统和数据管理系统。

遥感(RS)是指在高空和外层空间的各平台上,运用多种传感器获取地表的信息,通过数据的叠合处理,从而实

现研究地面物体形状、大小、位置、性质及其环境的相互关系的一门现代化应用技术科学。GIS 的发展和应用,使遥感技术的潜力得到进一步的发挥,GIS 支持遥感图像处理,大大提高了遥感图像的识别能力和可信度。GIS 已成为遥感探测成果的评价和空间分析的一种有效工具,而 RS 则视为 GIS 最重要的数据源及 GIS 数据库更新的主要手段之一^[10,11]。

全球定位系统(GPS)使用卫星和计算机来确定地球上任何地点的精确位置。最初是美国国防部开发用来为航海提供精确位点的一种工具,后被广泛应用到各行各业^[12]。目前 GPS 已与 GIS、RS 集成使用,它为遥感图像提供精确的实时定位数据,使得遥感图像的实时几何校正处理和遥感图像与 GIS 数据的精确配准成为可能。

数据库管理系统(DBMS)是在文件处理系统的基础上进一步发展的系统,在用户应用程序和数据文件之间起到了桥梁作用。过去通用的 DBMS 不支持二维或三维空间信息的管理。而 GIS 则可通过图形数据的文件管理方式,结合属性数据的关系数据库管理方式,通过图表环境,对数据进行可视化的查询、分析和总结。近年来 GIS 的发展大都表现为商用关系数据库同时管理图形数据和属性数据,即关系数据拓展存贮简单空间类型数据,而 GIS 的数据模型发展为对象关系模型。

1.3 GIS 在疾病防治中的应用

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计算机分析。这些数据包括卫星数据、气象气候数据、土壤植被数据、地形地貌数据、宿主媒介分布和疾病流行率分布。各种空间分布数据标定后,就可以进行信息复合、查询检索和数学建模。一旦建立,GIS 就提供了一个动态的、定量的、可视的空间分析系统,可被用来筹划和开展疾病防治计划^[14,15]。

早在 1854 年,世界上第一次用多幅

地图来演示 Soho 地区霍乱死亡与污染源间的空间相互关系,这种方式当时让人惊讶不已^[15]。Scholten 和 Lepper 研究了爱滋病的空间分布,认为爱滋病的空间分布模型及爱滋病分布有助于健康教育和爱滋病防治计划的制定^[16]。Cibula 利用遥感图像分类分析,区分和识别滩地植被和蚊虫孳生地^[17],Pope 等发现能用遥感技术进行监测 Rift 流域发热病毒媒介孳生地,既能监测到洪水变化又能鉴定媒介繁殖地点,然后对这些监测到的媒介孳生地用杀幼剂处理^[18]。Zukowski 等利用 GIS 技术对 Louisiana 平原地区肝片吸虫的螺中间宿主和土壤类型关系进行分析,证实了其正相关关系,研究表明如果结合土地复盖和地形坡度等资料,效果更佳^[19,20]。Malone 等通过 GIS 模型来预测肝片吸虫的流行程度和趋势及指导肝吸虫病的现场防治^[21,22,23]。

2 GIS 在血吸虫病研究中的应用:

2.1 应用现状

血吸虫病是与地理因素有着密切相关的疾病,血吸虫病的流行与当地自然、社会环境密切相关,找出血吸虫病流行与自然社会环境的内在联系正是控制血吸虫病流行的关键。

GIS 应用于血吸虫病的研究开展已久。1984 年,Cross 等已应用气象资料和卫星遥感资料在菲律宾预测血吸虫病的流行区域,从而计算出军事演习期间由于血吸虫病而导致的潜在疾病伤亡率^[25]。Malone 等在埃及尼罗河利用 NOAA—AVHRR 气温资料确定了曼氏血吸虫病和双脐螺相对危害性^[14,24,26]。最近,Bavia 等在巴西的巴依尔省的 30 个区建立了血吸虫病 GIS 系统,并分析了血吸虫感染空间动力学和影响血吸虫病分布的环境因素,发现人口密度和旱季时间与血吸虫病的分布有关^[13]。在中国,GIS 亦于 80 年代后期应用到公共卫生上,90 年代后逐渐应用于血吸虫病研究中。四川省在大山区开始了 GIS 应用

作者单位:江苏省血吸虫病防治研究所(无锡 214064)

于血吸虫病流行研究,建立了纵向观察点和相应的 GIS 数据库。梁松等应用 GIS 缓冲区分析法初步分析了大山区河谷地型血吸虫病流行区危险环境的影响范围及相互影响^[27]。唐超等、孙乐平等应用地图或航测片来观察洲滩变化与血吸虫病的关系^[28,29]。郑英杰等综合应用 GIS 面一面叠加技术和流行病学方法,从专题地图获取环境信息,用于血吸虫病的宏观研究^[30],并应用 GIS 探讨洲滩钉螺分布与水位的关系^[31]。周晓农等应用 GIS 数据空间分析和地图重叠分析,显示血吸虫传播指数(指数值大于 900)的分布基本上与中国南部地区的血吸虫病流行区相吻合,并得出结论,血吸虫病的流行范围与温度、高程、雨量等因素密切相关,利用气象资料和卫星遥感资料对预测血吸虫病的潜在流行区具有可能^[32]。同时选用地理信息系统和遥感技术建立气象—水文平衡数学模型对中国南京和江苏省周围地区血吸虫病流行进行了预测,并在洪水后利用 TM 遥感卫片监测江滩变化以了解钉螺孳生地的变化^[33,34]。利用已有的钉螺种群遗传学数据库结合相关环境资料进行了 GIS 分析,得出直观而正确的中国大陆钉螺种群分布区域^[35]。

因此,利用血吸虫的传播与温度、水文、植被、高程、土壤受冻情况、土壤种类及人群动物活动范围的密切相关关系,应用 GIS 这一工具,通过特定尺度的土地坐标和横截面,可展示和分析各种数据,如雨量、土壤类型、湿度、卫生实施基础结构、疾病媒介分布等等,尤其是结合某些时段的遥感资料后,有可能及时正确地预测、预报血吸虫病流行范围和强度^[3,33]。

2.2 研究方法

根据以往的 GIS 研究方法,结合血吸虫病的流行特点,GIS 的建立和分析应分层逐步地进行,具体步骤可归纳如下:

2.2.1 建立地理信息数据库

GIS 所涉及的数据是多源数据,但均与地理空间位置相联系,以地理坐标的形式进行定位,是一种地理参考(geo-referenced)数据,其表现形式可分为空间数据和非空间数据。空间数据包括几何数据和关系数据两类。前者为点、

线、面,是描述地理实体本身位置和形状大小等的量度信息。后者是描述多个不同地理实体之间的空间关系。非空间数据又叫属性数据,是多个地理单元中的社会、经济或其他专题数据。按特性和功能划分,GIS 包括了地理基础(背景)信息、数字地形模型(DTM)信息、资源与环境信息、社会经济信息。因此,GIS 的数据组成主要体现为以下数据:①以地形图内容为代表的地理基础数据库。②以地理统计数据为代表的专题数据库,它由专题多边形数据库与属性数据库组成。③以遥感图像数据为代表的模拟数据库。④以 DTM 环境监测数据为代表的网络数据库^[36]。

第一类地理背景信息主要来自地形图和航空遥感,包括水网、交通、居住地、行政区划和流域界限等。作用是为专题覆盖层提供定位和控制的基础。DEM 地形模型以表达地面高程、坡度、坡面、地面切割等因子,可以看作是一种特殊的地理基础信息。资源与环境信息主要来自航空和航天遥感与调查统计,并与专题地图和地理信息系统连接,包括土地利用情况、土壤侵蚀、地貌类型、植被类型、森林分布、草场分布和土地资源等。目前常用的遥感数据主要来自 AVHRR、Landsat MSS、Landsat TM、SPOT 和 RADARSAT 等卫星遥感数据^[10,37]。

第二类地理统计数据主要包括具有普遍性的社会经济信息,来自政府统计部门,遥感工程调查结果和科学研究结论,例如人口、人口密度、国民收入、文化程度、土壤占有量、农业机械化程度等^[36,37]。

2.2.2 建立疾病数据库

血吸虫病是螺传的人畜共患病,因此疾病数据库中需包括人群感染率及感染度,家畜动物感染率及感染度,钉螺分布及其感染率,以及与防治措施相关的数据,如查螺面积、灭螺面积、查病人数、治疗人数等。同时还可根据疾病动力学统计某些模型指数,如潜在污染指数、钉螺潜在感染指数等。这些流行病学数据一旦输入数据库与 GIS 连接后,即能直观地在地图上表达出来^[32,35]。

2.2.3 数据空间分析

选择数据空间分析的方法,主要根

据研究目的和数据类型而定。常用的方法有以下几种:

① 图形信息与属性信息的直接匹配:如绘制出全国血吸虫病分布图,以县为单位可查找各县内不同年份中不同疾病指标。

② 叠置分析:把同一地区、同一比例尺的两种以上专题要素进行叠置,获得复合图,适用于以宏观决策为目的的专题区域划分^[38]。如中国钉螺区域分布,在结合了钉螺感染率、钉螺等位基因频率及区域内 NDVI 分布图叠置后制成^[36]。

③ 缓冲区分析:缓冲区的作用是用来限定所需处理的专题数据的空间范围,如 Malone 等报道了埃及曼氏血吸虫病地理信息系统时,所建立的地下水区域分布图,则采用缓冲区分析方法,宏观区划出了地下水的分布与流行区的关系^[10,27]。

④ 网络分析:是一类特殊的赋权图,以求出在某一区域内以完成某一目的的最短路径。如要求了解药物运输的最短路线,居民区离疫源点的距离及与发病关系等,均属这类分析。

⑤ 定位与配置问题:如在满足空间上分散性地点要求的情况下,如何提供服务的问题,即选择该方法。如在宏观控制血吸虫病规划或流行病学研究时,如何确定试区位置及范围,就要采用这一方法。首先是根据疫区的分布特点,选择位置,在选择了位置后,根据疫情的轻、中、重配置不同的防治力量,采用不同的防治策略。

⑥ 模型分析:模型是对所研究的事物的抽象,不同研究目的所采用的模型不同,如周晓农等采用的气象—水文平衡模型,计算出不同区域的血吸虫传播指数,并以此绘制出血吸虫传播指数分布图,与地面疫情资料吻合良好。如 Malone 等在应用 GIS 于埃及血吸虫病防治规划中,采用了温差模型来预测血吸虫病传播,因此,利用模型可有效地将 GIS 应用于血吸虫病的规划、管理和预测预报,为控制血吸虫病提供新的手段^[14,32,33]。

2.2.4 分析结果可视化

显示疾病的分布图形是 GIS 的三大功能之一,一张地图的基本要素包括

标题、图例、方向、比例尺和原始地图。分析结果的制图应根据现有的国家标准进行规范化制图^[39]。作为血吸虫病专题地图,血吸虫病的时空分布特征成为显示地图对象的主体。这些特征的表现方法可归纳为定点符号法、线状符号法、质底法、等值线法、范围法、点值法、分区图表法、分级比值法、分层设色法和动线法。这些方法既可用于显示空间分布特征,也可显示现象在时间系列上的变化,以及现象的数量和质量特征,其中,有些可以直接运用,有些则需要加以组合或配合以图形或颜色的变换。

3 GIS 和 RS 技术应用于血吸虫病防治和监测的前景

应用 GIS 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测提供了有效的手段。我国卫生系统 GIS 应用起步较晚,目前主要应用于流行病、地方病的分布表达、分析应用、防治策略优化等。

血吸虫病是一种地方病,它的分布、发生、流行与其地理环境有着严格的联系,在我国,根据血吸虫病流行类型和中间宿主钉螺孳生地的类型,血吸虫病流行区可分为江湖洲滩型、平原水网型和山丘型^[40],以江湖洲滩型的发病率最高,某些局部村庄可高达 78.0%。目前中国血吸虫病防治工作的重点在该类江湖洲滩地区,包括沿长江的湖北、湖南、江西、安徽、江苏 5 省。每年洲滩的淤涨,白沙滩—草滩—芦苇滩的演替,洲滩即成为钉螺孳生地,导致每年新的有螺区出现。另一影响血吸虫病的自然因素是由于潮汐使江滩水位经常变化,江水冲刷使滩地涨塌显著。这也使钉螺孳生地每年有所变化。我们的研究已显示因滩地涨塌在该类地区可影响钉螺的分布和血吸虫病发病率的高低^[29]。近年来急性血吸虫病例数和耕牛感染率上升在江滩地区已有报道^[41,42],为了掌握高危地带的实际情况,控制沿江地区血吸虫病,每年成千上万的当地干群在江滩上用肉眼手工查螺。除了该方法耗时费力,终因钉螺体小,有时不易被发现,许多钉螺孳生地极易查漏、漏查,造成长江下游血吸虫病的危害持续存在。

对于上述存在的问题,GIS 可以帮

助我们从全新的角度和方式来研究和认识血吸虫病分布规律和发展趋势,并通过 GIS 特有的空间分析法来对血吸虫病流行区进行分类和分析,找出血吸虫和钉螺分布的规律,为血吸虫病防治服务。我国四川省寄生虫病防治研究所、上海医科大学、江苏省寄生虫病防治研究所等单位应用 GIS 对血吸虫病的防治进行了大量的研究工作,并发表了相关文献。但目前应用 GIS 仍存在着许多问题:① GIS 仅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则进行较少,且至今还未建立详细的全国血吸虫病电子分布图和数据库;② 对血吸虫病流行及分布的研究仅限于单因素分析,还未充分利用 GIS 技术的特长从多因素综合分析等方面着手研究。在血吸虫病流行区,该病的发生与发展依赖于中间宿主(钉螺)的地理分布,而中间宿主的分布及血吸虫在螺体内的发育等则需要特定的环境(气候)条件来生存和繁衍。因此,血吸虫的传播与温度、水文、植被、地形、土壤受冻情况、土壤种类及人群动物的活动范围等环境因子和社会因素密切相关^[9]。今后研究的方向应是针对环境因子的影响,开展以下研究:应用 GIS 技术建立血吸虫病分布电子地图和相关数据库,建立血吸虫病流行的动态模型和预测系统,研究洪涝灾害、全球气候变暖和环境改变^[43,44]对钉螺分布和血吸虫病流行的影响,在全国、省级建立不同层次的血吸虫病 GIS 系统,为血吸虫病现场防治决策提供科学的依据。随着科技的不断创新,更多、更新的软件开发,其他相关技术的融入,在血吸虫病的研究和防治中,GIS 也将有着更广阔的应用前景。

作者认为 GIS 是一项新技术,对血吸虫病防治、研究以及预测、预报疾病流行态势极有帮助,尤其是对中国血吸虫病流行覆盖面大、重流行区沿长江分布等特点,应用 GIS 技术对疫区监测具有显著意义,建议尽快开发利用这一新技术。

参考文献

- 1 边馥苓主编. GIS 地理信息系统原理和方法. 测绘出版社,1996. P1.
- 2 Hugh—Jones. M. Application of remote

- sensing to the identification of the habitats of parasites and diseases vectors. *Parasitol. Today* 1989,5:244~251
- 3 Mott KE, Nuttall I. New geographical approaches of control of some parasitic zoonoses. *Bulletin of the WHO*, 1995, 73 (2):247~257
- 4 Nuttall I, Runnisha D, Pilatwe T, et al. GIS management tools for control of tropical diseases; Application in Botswana, Senegal and Morocco. Reprinted from: Wijayarathne P. GIS for health and environment. International Development Research Centre, Ottawa, Canada. 1995
- 5 Aronoff S. Geographic information systems: A management perspective. WDL Publication, Ottawa, Canada. 1989
- 6 Berry H. K. Assessing spatial impacts of land use plans. *J. Environ. Manage*, 1988, 27, 1~9
- 7 Collins N, Simmons M. Application of GIS in habitat management; A SPANS implementation. Applications Research Paper No. 13, TYDAC Technologies Inc, Ottawa, Ontario, 1986. 22pp
- 8 Berke P, Ruch C. Application of a computer system for hurricane emergency response and land use planning. *J. Environ. Manage*, 1985, 21, 117~134
- 9 Coulson RN, Folse LJ, Koh DK. Artificial intelligence and natural resource management. *Science*, 1987, 237:262~267
- 10 John R., Jensen ed. Introductory digital image processing—a remote sensing perspective. Prentice—Hall Inc. U. S. A., 1996
- 11 孙家柄,舒宁,关泽群编著. 遥感原理、方法和应用. 测绘出版社,北京,1997
- 12 Hurn J ed. GPS—A guide to the next utility. Trimble Navigation Ltd. U. S. A., 1989
- 13 Geographic information systems and the environmental risk of schistosomiasis in Bahia, Brazil. *Am. J. Med. Hyg.* 1999, 60(4):566~572
- 14 Malone JB, Soliman MS, Abdel—Rahman, et al. Geographic Information System and the distribution of schistosoma mansoni in Nile delta. *Parasitology Today*. 1997, 13:112~119
- 15 孙宁生,胡晓抒,周晓农. 地理信息系统与卫生管理. *江苏卫生事业管理*, 1999, 10 (48):59~62

- 16 Scholten HJ, de Lepper MJC. The benefits of the application of geographical information systems in public and environmental health. WHO Statistical Quarterly. 1997, 44:3
- 17 Cibula, W. G. Application of remotely sensed multispectral data to automated analysis of marshland vegetation. Inference to the location of breeding habitats of the salt marsh mosquito. NASA Technical Reports D-8139, 1976
- 18 Pope KO, Sheffner EJ, Linthicum K., et al. Identification of central Kenyan Rift Valley fever virus vector habitats with landsat TM and evaluation of their flooding status with airborne imaging radar. Remote sensing of Environment 1992, 40: 185~196
- 19 Zukowski SH, Malone JB, Johns FW. et al. Fascioliasis in cattle in Louisiana. I. Development of a system to use soil maps in a geographical information system to estimate disease risk on Louisiana coastal marsh rangeland. Vet Parasitol 47: 51~65, 1993
- 20 Zukowski SH, Hill JM, Malone JB. et al. Development and validation of a soil-based geographic information system model of habitat of *Fossaria bulimoides*, a snail intermediate host of *Fasciola hepatica*. Prev. Vet. Med. 1991, 11: 221~227
- 21 Malone JB, Fehler DP, Loyacano AF, et al. Use of LANDSAT MSS Imagery and soil type in a Geographic Information System to assess site-specific risk of fascioliasis on Louisiana Coastal Ranges. Veterinary Parasitology 1992, 47: 51~65
- 22 Malone JB, Zukowski SH. Geographic models and control of *Fasciola hepatica* in the southern USA. Parasitology Today. 1992, 8: 266~271
- 23 Malone JB, Gommers R, Hansen J, et al. A geographic information system on the potential distribution and abundance of *Fasciola hepatica* and *F. gigantica* in East Africa based on Food and Agricultural Organization databases. Veterinary Parasitology 1998, 74
- 24 Malone JB. The geographic understanding of snail borne disease in endemic areas using satellite surveillance. Mem Inst Oswaldo Cruz, 1995, 90(2): 205~209
- 25 Cross ER, Perrine R, Sheffield C, et al. Predicting areas endemic for schistosomiasis using weather variables and a landsat database. Military Medicine, 1984, 149, 542~544
- 26 Malone JB, Huh OK, Fehler DP. et al. Temperature data from satellite imagery and the distribution of Schistosomiasis in Egypt. Am. J. Trop. Med. Hyg. 1994, 50(6): 714~722
- 27 梁松, 辜学广, 赵文贤, 等. 大山区血吸虫病流行区危险环境识别及控制策略的研究. 实用寄生虫病杂志, 1996, 4(2): 54~57
- 28 唐超, 何昌浩, 马亮, 等. 武汉天兴洲血吸虫病地理医学研究. 中国血吸虫病防治杂志, 1998, 10(1): 1~6
- 29 孙乐平, 周晓农, 曹奇, 等. 江滩型血吸虫病流行区江滩冲淤变化的定量研究. 中国血吸虫病防治杂志, 1998, 10(4): 212~214
- 30 郑英杰, 姜庆五, 赵根明, 等. 空间叠加技术分析气象条件在钉螺分布中的作用. 中国公共卫生, 1998, 14(12): 724~725
- 31 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. 中国血吸虫病防治杂志, 1998, 10(2): 69~72
- 32 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): 321~324
- 33 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. 流行程度的预测. 中国血吸虫病防治杂志, 1999, 11(2): 66~70
- 34 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. 中国血吸虫病防治杂志, 1999, 11(4): 199~202
- 35 周晓农, TK Kristensen, 洪青标, 等. 利用地理信息系统数据库分析钉螺空间区域的分布. 中华预防医学杂志, 1999 (in press)
- 36 毋河海, 龚健雅主编. 地理信息系统(GIS)空间数据结构与处理技术. 测绘出版社, 1997
- 37 张淑英主编. 遥感技术在水保工作中的应用. 中国水利水电出版社, 1996
- 38 张文庆, 王公昊. GIS 在血吸虫病防治应用中的几种图象分割方法的比较. 实用寄生虫病杂志, 1999, 7(1): 34~36
- 39 阎正主编. 城市地理信息系统标准化指南. 科学出版社, 1998
- 40 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
- 41 杨晓希, 顾伯良, 曹奇. 江苏省近 10 年血吸虫病急性感染情况分析及其防治对策探讨. 中国血吸虫病防治杂志, 1994, 6: 156~158
- 42 何家昶, 王恩木, 汪天平. 安徽省江滩地区耕牛血吸虫病流行现状及其在传播中的意义. 中国血吸虫病防治杂志, 1995, 7: 288~289
- 43 Houghton JT, Meira Filho LG, Callander BA, et al. Climate change 1995. The Science of Climate Change. Contribution of WGI to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. 1996
- 44 Lindsay SW, Birley MH. Climate change and malaria transmission, Annals of Trop. Med. Parasitol. 1996, 90(6): 573~588

1999-07-21 收稿

(编辑: 吴洪初)

欢迎订阅 2000 年《中国血吸虫病防治杂志》