

地理信息系统及其在流行病学研究中的应用

韩光红 张习坦

流行病学研究的重要内容之一是研究疾病的分布,以确定高危人群和高发地区,以及相关的危险因素^[1]。在实际工作中,由于常常难以找到合适的地图,而且只能采用手工方法或使用一些简单的软件^[2,3],很不方便,效率也不高,尤其是数据量很大时,更是难以进行。近年来随着地理信息系统(geographic information systems, GIS)的迅速发展和广泛使用,为流行病学研究提供了新的机遇和挑战,目前 GIS 已成为很多公共卫生和流行病学项目的一个重要组成部分^[1,4]。

一、GIS 的组成和功能

什么是地理信息系统?地理信息系统是以空间数据库为基础,在计算机软硬件的支持下,对空间相关数据进行采集、管理、操作、分析、模拟和显示,采用地理模型分析方法,适时提供多种空间和动态的地理信息,为研究和决策服务而建立起来的计算机系统^[15]。也可简单地定义为用于采集、存储、处理、分析和显示地理空间数据的计算机系统^[1,4]。GIS 萌芽于 20 世纪 60 年代,为了处理大量的土地和环境数据,加拿大的 Roger 和美国的 Duane 从不同角度提出了 GIS,1972 年第一个具有实用价值的 GIS——加拿大地理信息系统(Canada Geographic Information System, CGIS)全面投入运行和使用^[15]。GIS 的产生,不仅为空间数据分析和制图带来了革命,使得该项工作变得比较容易,而且超越了任何一个学科的范围,将空间概念引入到一系列新的研究领域,加深了人们对有关空间问题的分析和理解^[2,3]。在地理信息系统技术取得巨大发展的同时,随着计算机产品性能的不断提高、价格不断下降,加速了 GIS 的发展,并被广泛地应用于土地利用、资源管理、环境监测、交通运输、城市规划、应急救援、市场分析、经济建设以及政府的各个职能部门^[4,15]。

GIS 与其他信息系统类似,都是以计算机系统为基础,并由计算机硬件、软件、数据和用户四大要素组成^[15]。计算机硬件系统包括执行程序的中央处理器(CPU)、保存数据和程序的存储设备、数据输入、显示和输出的外围设备,其中大多数外围设备为计算机技术的通用设备(如显示器、打印机),而有些设备如扫描仪、数字化仪、绘图仪则在 GIS 中应用的更广泛。软件是支持数据信息的采集、管理、再现和回答用户问题的计算机程序系统。数据是系统分析和处理的对象,也是构成系统应用的基础。用户则包括系统的开发、管理和使用人员。另外智能化的信息系统还应包括相关的

知识。

作为信息自动处理和分析系统,GIS 的功能涵盖了数据采集-分析-决策的全部过程^[1,3,4,15],包括:①数据采集:主要用于获取数据,并保证数据在内容和空间上的完整性和一致性;②数据操作:包括数据的格式化、转换等;③存储和组织:即将不同来源、不同属性的数据集成,融合为一体;④分析:包括信息查询、检索、统计、计算以及空间分析、模型分析等,其中空间分析和查询是 GIS 的核心;⑤显示:可以通过屏幕、打印或拷贝显示报告、表格、地图等。能对空间相关数据进行管理和分析是 GIS 的重要标志,并能提供良好的、交互式的制图环境,设计和制作不同类型的专题地图。

二、GIS 的数据准备

GIS 的价值在很大程度上取决于系统内所包含数据内容的数量和质量^[3,4,15]。GIS 中的数据可分为空间数据和属性数据^[1,15]。空间数据(又称地图数据、图形数据、空间信息)描述的是地理空间实体的位置、大小、形状、方向等几何特征,以及与相邻物体的拓扑关系,由点、线、面组成,如地图、工程图、规划图、航空与遥感影像等。属性数据(或称属性信息)是定义空间数据或特征所表示的内容,描述该空间现象的其他特征,如地形地貌、温湿度、降雨量、土地利用、居住人口、动植物种类及其密度等,这类数据也可在其他类型的信息系统中存储和处理。

GIS 的数据源是多种多样的。图形、图标和各类文字数据必须转换成数字化形式,目前很多空间数据以及人口、经济、地形等资料均可以数字化的形式提供给用户,能够很方便地输入 GIS 以供使用。如流行病学研究中经常用到的地图,在很多发达国家以及我国的一些发达地区已被制成不同比例尺的电子地图,可以从商业或政府部门获得。若无电子地图,可通过手工输入普通地图中各实体的地理位置数据(坐标)或用数字化仪将地图数字化,或使用全球定位系统(global positioning system, GPS)^[1,4,15]。属性数据如流行病学调查资料,可直接或编码后输入计算机系统。对与空间有关的缺失资料还可利用 GIS 软件提供的插值方法进行处理^[15]。

所有数据都准备好后,即可利用 GIS 软件将空间数据和属性数据通过空间关系连接起来,然后按不同的要素(如气候、土壤植被类型、高程、发病率、媒介等)进行专题分析或创建专题地图,进行叠加分析。也可结合其他统计软件做进一步地分析^[3,7,11,14]。

三、GIS 在流行病学研究中的应用

流行病学研究中应用地图和空间分析,具有非常悠久的

历史^[2-4,14]。1854 年 John 关于伦敦宽街水井污染引起霍乱暴发的流行病学调查,就是一个最早的范例^[3,4]。据估计,80% 的流行病学研究资料都具有空间属性^[1],如人群和动物的发病感染情况、宿主媒介的分布、温湿度、降雨、土壤、卫生设施等都与地理位置有关,GIS 可以通过空间关系(地理坐标)将这些数据库连接起来,进行交互显示和分析,同时也为以后的统计分析提供了基础,因而可以更好地研究地理、环境与疾病之间的关系^[2,5,14]。目前 GIS 在流行病学研究中多被用来评价危险因素、提供研究线索、制定卫生规划、评价干预措施等方面^[1]。

GIS 最常使用的是其地图创建功能,根据原始数据来制作专题地图^[14],如基础地图、疾病和媒介的图标点地图等,并可根据需要制作全国、省市、地区,甚至一个村庄等不同范围的地图。GIS 也常被用作分析工具^[1,3],例如 GIS 可以很方便地计算任意一个或多个地区的面积、两点间的距离,从而分析该地区的人口密度、病原体的播散范围等;利用空间查询功能,可以确定高危人群,寻找暴露及非暴露区域的所有病例,或根据病例的分布确定暴露区域;疾病暴发流行时,利用缓冲区(buffering)功能可划定隔离区域,确定隔离的人口等。

GIS 能够将多种因素进行叠加分析,确定影响疾病和媒介空间及时间分布模式的因素,如利用地形、植被、土壤以及气象数据可以帮助描述、分析和预测虫媒传染病的地理分布^[14]。Hightower 等^[7]在肯尼亚西部建立了一个覆盖近 70km² 范围的 GIS 系统,包括 15 个村庄、1 169 个住户、15 所学校、4 个卫生所、48 个蚊虫主要繁殖场所、10 口钻井、7 个商业区和主要道路、河溪、湖岸等的经纬度和高程数据,以及其他地理特征资料,以对当地的疟疾进行长期现场研究。Glass 等^[6]利用 GIS 对马里兰州 Baltimore 莱姆病进行研究,发现 50 项环境因素(包括地理、高程、土地利用、土壤类型、森林分布、分界线等)中,有 11 个因素与莱姆病有关,其中住地距森林越近危险性越大,而与公园、河溪的距离无关,适合针叶林的土壤或不适合草本植物的土壤可增加其危险性,有良好灌溉设施的沃土也是危险因素,高度发达、多个居住地相邻可以减少其危险性,结合 logistic 回归分析模型,可以确定哪些地区最易发生莱姆病。对巴西 Bahia 地区血吸虫病的环境影响因素的研究表明,人口密度、每年干旱持续时间是影响血吸虫病发病率最重要的因素^[5]。

GIS 可以实时、动态地显示发病变化情况,基于 GIS 的疾病监测系统可以更好地对靶疾病及相关因素进行监测。据 Kitron 等^[8]报道,1992 年利用 GIS 在以色列建立了包括疟疾输入病例和媒介按蚊繁殖场所的全国监测系统,该系统可以计算各居民点到与按蚊繁殖地之间的距离,根据各种按蚊的媒介效能和活动范围评价疟疾传播的危险性,特别是局部暴发疟疾时,该系统可以很快地判断出可能的传染源、媒介种类及其繁殖场所,从而采取最有效、针对性强的控制措施。

虽然 GIS 自身并不能提出病因假说^[14],但可以非常直观

地确定高危人群,为进一步研究提供线索。如根据美洲国家婴儿死亡率分布图发现,死亡率高的地区与家庭缺少安全饮水的分布一致,提示家庭缺少安全饮水可能是其原因之一,尽管导致婴儿死亡的原因很多^[1]。

利用 GIS 还可以协助制定和评价疾病的控制措施^[1]。例如,一个城市的某个水源受到污染,根据供水管网的分布,可以很快确定受威胁的地区、暴露人口等。在一些疾病控制项目,特别是热带寄生虫病如疟疾、血吸虫病、非洲锥虫病、皮肤和内脏利什曼病、南美锥虫病、食源性吸虫感染等的控制中,已经应用 GIS 并取得了较好的效果^[2,13]。利用 GIS 还可以进行卫生服务需求分析和资源的优化配置。如根据一个地区的人口数、人口密度、交通状况、疾病发生种类及分布、医院的分布等,可以分析该地区病人的就诊距离和路途时间,医院能否满足需要以及如何合理地设置医院、病人的运送路线等。

遥感(remote sensing, RS)和全球定位系统(global positioning systems, GPS)技术与 GIS 的相互渗透,进一步促进了 GIS 的应用,如 GIS 和遥感信息相结合已被用于多种虫媒传染病的研究^[4,9-12,14]。

四、结语

GIS 是具有一定通用性的技术,在很多学科中已被广泛地应用,并取得了很大的成就,特别是在农业、林业、生态学中的应用与流行病学有很多相似之处^[4],很多数据也可共享,流行病学研究可以借鉴其成功经验,进一步提高 GIS 的应用水平。

21 世纪是科学与技术一体化的信息时代,GIS、RS、GPS 以及因特网等现代信息技术的迅速发展,为人类提供了更多的信息获取和处理技术^[15],也为流行病学研究提供了新的手段,这就需要流行病学工作者重新思考和重新组织各种资料的收集、处理和显示的方式^[4]。而随着相关产品价格的不断下降以及空间数据获取日益方便,GIS 在流行病学中的应用也必将随之增多。

参 考 文 献

- 1 Use of geographic information systems in epidemiology (GIS-Epi). Bull PAHO, 1996, 17:1-6.
- 2 Mott KE, Nuttall I, Desjex P, et al. New geograpgic approaches to control of some parasitic zoonoses. WHO Bull, 1995, 73:247-257.
- 3 Briggs DJ, Elliott P. The use of geographic information systems in studies on enviroment and health. Wld Hlth Statist Quart, 1995, 48:85-94.
- 4 Clarke KC, McLafferty SL, Tempalski BJ. On epidemiology and geographic information systems: a review and discussion of future directions. Emerging Infect Dis, 1996, 2:85-92.
- 5 Bavia ME, Hale LE, Malone JB, et al. Geographic information systems and the enviromental risk of schistosomiais in Bahia, Brazil. Am J Trop Med Hyg, 1999, 60:566-572.
- 6 Glass GE, Schwartz BS, Morgan JM, et al. Enviromental risk factors for Lyme disease identified with geographic information systems. Am J Public

- Health , 1995 85:944-948.
- 7 Hightower AW , Ombok M , Otieno R , et al. A geographic information system applied to a malaria field study in western Kenya. Am J Trop Med Hyg , 1998 58:266-272.
- 8 Kitron U , Penter H , Costin C , et al. Geographic information systems in malaria surveillance : mosquito breeding and imported cases in Israel , 1992. Am J Trop Med Hyg , 1994 50:550-556.
- 9 Malon 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 Red River Basin farms in Louisiana. Ann NY Acad Sci , 1992 652:389-397.
- 10 Beck LR , Rodrigues MH , Dister SW , et al. Remote sensing an a landscape epidemiologic tool to identify villages at high risk for malaria transmission. Am J Trop Med Hyg , 1994 51:271-280.
- 11 Estrada-Pena A. Geographic and remote sensing using NOAA-AVHRR satellite imagery as predictive tools in tick distribution and habitat suitability estimations for *Boophilus microplus*(Acari :Ixodidae) in South America. Vet Parasitol , 1999 81:73-82.
- 12 Beck LR , Rodrigues MH , Dister SW , et al. Assessment of a remote sensing-based model for predicting malaria transimision risk in villages of Chiapas , Mexico. Am J Trop Med Hyg , 1997 56:99-106.
- 13 Richards FO , Jr. Use of geographic information systems in control programs for onchocerciasis in Guatemala. Bull PAHO , 1993 27:52-55.
- 14 Kitron U. Landscape ecology and epidemiology of vector-borne diseases : tools for spatial analysis. J Med Entomol , 1998 , 35:435-445.
- 15 陈述彭 ,鲁学军 ,周成虎. 地理信息系统导论. 北京 :科学出版社 ,1999.5.
- (收稿日期 :2000-04-06)