

# 中国空间流行病学的发展历程与发展趋势

周晓农 杨国静 杨坤 李石柱

【关键词】 空间流行病学; 趋势

**Progress and trends of spatial epidemiology in China** ZHOU Xiao-nong<sup>1</sup>, YANG Guo-jing<sup>2</sup>, YANG Kun<sup>2</sup>, LI Shi-zhu<sup>1</sup>. 1 Key Laboratory of Parasites and Vectors Biology, Ministry of Health, China, World Health Organization Collaborating Center for Malaria, Schistosomiasis and Filariasis, National Institute of Parasitic Diseases, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Shanghai 200025, China; 2 Jiangsu Institute of Parasitic Diseases

Corresponding author: ZHOU Xiao-nong, Email: ipdzhouxn@sh163.net

【Key words】 Spatial epidemiology; Trends

空间流行病学是指利用地理信息系统(GIS)和空间分析(spatial analysis)技术,描述与分析人群疾病、健康和卫生事件的空间分布特点及发展变化规律,探索影响特定人群健康状况的决定因素,并为防治疾病、促进健康以及卫生服务提供策略和措施。随着空间分析和GIS这两项核心技术的进步,空间流行病学在病因研究中发挥越来越大的作用;同时,其对于卫生管理特别是公共卫生应急管理的决策辅助功能日益突出<sup>[1-4]</sup>。本文从空间流行病学的发展历史和主要应用领域层面,探讨这门新兴学科的发展前景。

## 一、发展历程

早期的空间流行病学仅作为一种描述数据的辅助手段,为病因学研究提供一些基本的病因线索。19世纪后叶至20世纪初是疾病地图在公共卫生研究中的兴起阶段,当时的研究内容主要是以传染性疾病为主,如霍乱、麻疹和流行性感胃等。虽然有资料显示最早的疾病地图可能是德国医生 Finke 在 1792 年绘制的,但一般认为疾病地图在医学中的应用还是起源于 19 世纪中叶的欧洲<sup>[5,6]</sup>。而早期的空间流行病学以制作疾病分布地图或健康地图为主,探索疾病发生与发展以及健康卫生事件与地理环境因素间的关系<sup>[7]</sup>。

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2011.09.002

作者单位: 200025 上海, 中国疾病预防控制中心寄生虫病预防控制所 卫生部寄生虫病原与媒介生物学重点实验室 世界卫生组织疟疾、血吸虫病和丝虫病合作中心(周晓农、李石柱); 江苏省血吸虫病防治研究所(杨国静、杨坤)

通信作者: 周晓农, Email: ipdzhouxn@sh163.net

1. 古代朴素的空间分析思想: 中国古代地理流行病学的起源较早,其主要指导思想为天人相应的整体观,他们分别是在地域、气候、环境等方面论述与健康的关系。

(1) 地域与健康: 据史籍记载,早在炎帝神农氏所处的时代,中国古代先民们就懂得相土地、察水源、择地而居。《淮南子·修务训》记载:“古者民茹草饮水,采树木之实,食羸蠃之内,时多疾病毒伤之害,于是神农乃教民播种五谷、相土地、宜燥湿肥瘠高下,尝百草之滋味、水泉之甘苦,令民知所避就……”<sup>[8]</sup>。春秋时期,“人与自然统一”已成为朴素唯物哲学,“阴阳”、“五行”、“天人合一”成为中医的基本思辨方法。《内经》一再强调,医家要“上知天文、下知地理、中知人事”<sup>[9]</sup>，“通天之纪，穷地之理”，若“治不法天之纪，不明地之理，则灾害至矣”<sup>[10]</sup>。

(2) 气候与健康: 中医的“三因制宜”原则(因时、因地、因人施治)要求将患者的各种健康状况,与四时阴阳的升降、地域水土的差异等生态环境,看作是一个互动的整体系统。公元 1174 年,南宋医家陈言(字无择)根据《金匱要略》中“千般灾难,不越三条”的理论<sup>[11]</sup>,编写成《三因极一病证方论》医学著作。至于疫病的发生,古人一般认为是由于气候的异常变化,如非时的寒暑、疾风、久旱、淫雨、苦潦以及山嵐瘴气等郁蒸而成。

(3) 环境与健康: 由《周易》发展而来的堪輿学(即风水学)就强调了健康与居所环境的关系。早在周朝时,就有人从环境卫生的角度出发,对城市建设进行科学合理的区划。周朝的城市规划采用“前朝

后市,左宗右社”的制度。晋朝张华(公元232—300年)所著的《博物志》中记载有“居无近绝溪、群塚、狐兔之所,近此则死气阴匿之所也”,说明当时已十分注意建筑基地的选择。古人不仅重视居住环境的选择,还很重视环境卫生对健康的影响,已经认识到环境卫生不良。

2. 近代空间流行病学的应用:近代我国的流行病学和地理科学与西方比较来说相对落后,因而谈不上对空间流行病学学科的开拓与发展。空间流行病学在我国疾病预防控制与公共卫生领域应用中,早期主要进行了地理制图,直观地将疾病的分布展示在纸质地图上。我国医学地理制图始于20世纪70年代初期。到70年代中期,医学工作者与地理、制图工作者密切合作编制了《中华人民共和国恶性肿瘤地图集》,向国内外发行。该图集以地图的形式形象地显示了各种常见恶性肿瘤的地理分布特征,可以看出某些恶性肿瘤有明显的地理分布规律,引起了国内外医学界的极大兴趣和高度的评价。随即掀起了一股医学地理制图的热潮。仅在1980—1991年的10余年间,我国先后出版了6部大中型医学地理图集<sup>[12]</sup>。另外,1980年代出版的《中华人民共和国血吸虫病地图集》、《中华人民共和国老年人口地图集》、《中华人民共和国地方病与环境地图集》等。至1990年代,出版了较多的地图集,包括《中国人口主要死因地图集》、《中国生活饮用水地图集》、《中华人民共和国鼠疫与环境图像》。

3. 现代空间流行病学发展情况:我国较早完成的全国性空间数据库有鼠疫地理信息数据库,随后有血吸虫病空间数据库、肾综合征出血热(HFRS)等20余种重要自然疫源性疾病的空间数据库等。随后,不同尺度、不同地区的疾病空间数据库种类相继建立,种类繁多,与此相应的各种空间数据库也已建立<sup>[1]</sup>。同时,各种技术的发展也使本数据库的开发日臻完善。

(1)中国卫生GIS基础数据库:该项目在国家自然科学基金、UNICEF/UNDP/World Bank/WHO-TDR、洛克菲勒基金资助的“全球螺旋疾病网络(www.genosisGIS.org)”共同资助下,由中国疾病预防控制中心寄生虫病预防控制所以及江苏省寄生虫病防治研究所共同完成<sup>[2]</sup>。该数据库中的GIS数据构建是基于ArcView软件平台,遥感资料基于ERDAS image软件平台,并同时可在ArcView软件平台上使用<sup>[13-19]</sup>。

(2)我国重要自然疫源地地理信息系统:该系统

在收集我国各种自然疫源地及其相关因素资料的基础上,以GIS软件MapInfo为平台,构建了自然疫源地空间数据库,然后将建立的数据库与中国电子地图相链接,并实现用户对信息管理、分析、操作、显示等要求<sup>[20-22]</sup>,为我国自然疫病源地的管理、研究和控制提供了一种新的技术手段。

(3)中国鼠疫医学地理信息系统:该系统基于我国自1840年来以县为单位的鼠疫病情资料、鼠疫自然疫源地资料、全国鼠疫防治机构网络资料,结合现有资源与环境背景资料(省、市县行政划分,土壤、植被、气候等)和社会经济资料(经济、人口等统计资料)<sup>[23,24]</sup>。应用这一系统,作者研究了我国鼠疫150多年来的分布变化规律,完成鼠疫医学地理评价与制图。

(4)全国重大传染病疫情预警系统:传染病疫情监测与疫情报告是传染病预防控制的重要前提。目前我国已经形成了由点到面、由局部到整体、由基层到中央的较为完整的疾病监测网络,已从单一的人群疾病监测发展为综合性的包括社会因素、自然因素的监测,并拥有大疫情报告系统、全国疾病监测系统 and 单病种监测系统三大传染病监测体系<sup>[25-27]</sup>。这一系统是在中国疾病预防控制中心实施了传染病疫情网络直报系统的基础上完成的。

## 二、主要应用领域

空间流行病学技术(包括GIS、遥感和GPS技术等)以其宏观、动态的特点,至今已应用于环境监测、工程卫生学评估、疾病预防控制、卫生应急管理、监测预警等领域中。

1. 环境污染监测的应用:环境污染和各种疾病发病原因的关系错综复杂,应用空间流行病学中的方法与技术,综合对环境污染的点、线源危害程度及影响范围进行监测,可作出有效的评价。这主要用于大气监测、水质监测、生态环境监测、城市热岛效应遥感监测等方面。如辽宁环保所应用红外扫描仪对抚顺露天煤矿进行监测<sup>[28]</sup>,分析了矿坑上空逆温层的形成与大气污染物扩散的关系,分析了矿区产生污染的条件,为露天煤矿的污染防治和环境污染预报提供了科学依据<sup>[29,30]</sup>。利用卫星遥感资料估算了渤海湾表层水体叶绿素的含量,建立了叶绿素含量与海水光谱反射率之间的相关模式。颜维安等<sup>[31]</sup>利用GIS和遥感技术,结合其他水、大气的监测指标,评价了垃圾填埋场的二次污染物对环境产生污染及其对人体健康的危害,因而应用空间分析技术可远期预测填埋场今后长期污染的范围与强度,并提出了相应的对策<sup>[32]</sup>。

有的专家们归纳了基于空间分析及模型可确定污染源及盛行污染路径、确定污染区域面积和污染损失、对污染损失费用进行分摊分析等方面<sup>[33,34]</sup>,为监测和治理环境提供科学依据。

2. 传染病预防控制的应用与研究:在传染病传播趋势的预测方面,我国科学家主要开展了预测疾病发生的趋势、流行强度、疫区特征、疾病或媒介的空间分布特征以及预测卫生事件的空间分布等<sup>[35]</sup>。如周晓农和胡晓抒<sup>[36]</sup>应用GIS预测模型来预测不同血吸虫病流行程度的可能性和正确性。在应用于疾病监测方面,主要开展了展示疾病时空分布、确定疾病的高发地区和高危人群,探索疾病病因或危险因素。方立群等<sup>[37,38]</sup>应用空间聚类分析显示北京市海淀区HFRS病例呈聚集性分布,在建立北京市海淀区HFRS病例空间分布专题地图的基础上,显示HFRS病例的空间分布为非随机分布。Yang等<sup>[1]</sup>对江苏省近10年间以县为单位的日本血吸虫感染率和危险因素资料进行了分析,结果表明植被指数与日本血吸虫感染呈负相关,地表温度与之呈正相关,认为空间自相关的变化与大规模吡喹酮化疗有关。并分析了我国血吸虫病第三次流行病学数据,提出并建立应用血清学阳性率来估算以村为单位的人群感染率贝叶斯模型<sup>[39]</sup>。

3. 非传染病预防控制的应用与研究:在非传染病研究方面,空间流行病学技术已应用于肿瘤、心血管、高血压等方面的研究<sup>[40-43]</sup>。如在肿瘤的空间流行病学方面,应用空间分析方法可掌握恶性肿瘤在人群中的发病情况和地区分布规律,这对探讨肿瘤的病因、正确组织抗癌和评价肿瘤防治研究工作的质量和效果都有很大的作用。我国自20世纪70年代以来进行了大量有关癌症的空间流行病学问题的研究。结果发现胃癌、食管癌、肝癌、鼻咽癌等癌症在我国具有突出的地方性高发的特点。如江苏省扬中县、浙江省仙台县、福建省惠安县、广东省南澳县以及新疆北部等都是食管癌的高发地区。地学工作者还根据各地的环境特征和氟的来源,将我国氟中毒病区分为6个类型,并根据这些类型,有针对性地采取不同的预防措施,取得了较好的效果<sup>[44]</sup>。

4. 公共卫生应急管理的发展和预警技术的应用:公共卫生应急系统应基于信息可视化技术的基础之上,是网络GIS在医疗卫生行业上的一种应用<sup>[45]</sup>。该系统能使用户能够轻而易举地分析与地理位置相关的各种信息,并可一目了然地发现隐藏在他们数据中的解决答案,将数据信息转变为可视化的结论,

从而可帮助用户进行直观快速地决策,以提高工作效率<sup>[46]</sup>。2003年以来,我国经历了SARS和禽流感等重大的突发性公共卫生事件,这些突发公共卫生事件的暴发,给我国公共卫生应急系统敲响了警钟。如2003年3月,北京市暴发SARS后,中国科学院地理科学与资源研究所、北京超图地理信息技术有限公司、北京数字空间科技有限公司等多家单位联合开发多项基于GIS的SARS疫情应急系统。王劲峰等<sup>[27]</sup>则以北京市SARS疫情数据,结合北京市GIS,基于数据驱动和模型驱动的理论和技术,利用热点分析、空间过程分析和因子识别等数据探索分析方法,利用遗传规划和模拟退火相结合的算法对易感-感染-移出(SIR)模型求解,从模型直接求取SARS流行病学参数,结果发现SARS密切接触者在城市内部呈现出大尺度上沿交通线聚集和在小尺度上随机分布态势。

### 三、发展趋势

近20年来,迅速发展的GIS、RS、GPS以及空间分析技术为空间流行病学的理论发展与实践应用提供了支持平台<sup>[47,48]</sup>。因此,空间流行病学在今后发展中,一是在理论层面上,将向完善已有的理论、开创新的理论的方向发展,主要创新与发展的方向是如何将各类技术融入流行病学方法学的研究中,特别是在概念模型的创建、目标数据的实现、结果的敏感性分析等理论<sup>[49-52]</sup>;二是在技术层面上,将向技术的简单化、实用化的方向发展,主要是使数据采集系统标准化、各类技术规范化的方向发展,从而提高各种软件间的兼容性<sup>[52-55]</sup>;三是在应用层面上,结合流行病学的基本原理,融合更多的学科知识,扩大应用领域,从而促进空间流行病学各类技术更为简便、实用,使更多的公共卫生专业人员掌握这门学科的方法应用,推动空间流行病学的发展<sup>[3,56-61]</sup>。在应用层面上,除了传统的应用流行病学数据进行制图和时空分析外,空间流行病学已与遗传学、基因组学相结合,开展空间遗传学理论与方法的研究,解决复杂疾病基因空间定位的问题<sup>[62]</sup>,并应用遗传交互网络模型,构建新的基因组区域多态性分析。特别是全球全基因组关联分析(GWAS)技术的发展,已应用于疾病综合潜在表型的整体基因(whole gene-based)和基因组区域化(genome-wide region-based)关联分析及其交互作用研究中<sup>[50]</sup>。

随着计算机技术的飞速发展和各类空间技术水平的不断提高,同时,这一多学科交叉的空间流行病学发展,推动了公共卫生学、生物学(遗传学)、生态

学、数学、数理统计学、计算机科学、GIS 等专业的发展,并将在医学与公共卫生领域中发挥更大的作用。

### 参 考 文 献

- [1] Yang GJ, Vounatsou P, Zhou XN, et al. A review of geographic information system and remote sensing with applications to the epidemiology and control of schistosomiasis in China. *Acta Trop*, 2005, 96(2-3):117-129.
- [2] Zhou XN, Hu XS, Yang GJ, et al. Establishment of minimum medical geographic information systems database in China. *Chin J Epidemiol*, 2003, 24(4):253-256. (in Chinese)  
周晓农,胡晓抒,杨同静,等. 中国卫生地理信息系统基础数据库的构建. *中华流行病学杂志*, 2003, 24(4):253-256.
- [3] Yang GJ, Gao Q, Zhou SS, et al. Mapping and predicting malaria transmission in the People's Republic of China, using integrated biology-driven and statistical models. *Geospat Health*, 2010, 5(1):11-22.
- [4] Moore DA, Carpenter TE. Spatial analytical methods and geographic information systems: use in health research and epidemiology. *Epidemiol Rev*, 1999, 21:143-161.
- [5] Greenberg RS, Daniels SR, Flanders WD, et al. *Medical epidemiology*, 2<sup>nd</sup> ed. NJ: Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1996.
- [6] Elliott P, Wakefield JC, Best NG, et al. *Spatial epidemiology: methods and applications*. Oxford: Oxford University Press, 2000.
- [7] Tao QS, Li LM. Trends on theory and methodology of epidemiological etiology. *Chin J Epidemiol*, 2001, 22(5):383-385. (in Chinese)  
陶秋山,李立明. 流行病学病因研究中的理论问题与研究方法展望. *中华流行病学杂志*, 2001, 22(5):383-385.
- [8] Liu A. *Yuangnanzhi · Working Training*. Beijing: Yanshan Press, 1995. (in Chinese)  
刘安. 淮南子·修务训. 北京:燕山出版社, 1995.
- [9] Zhang Q. *Shuwen Shiyi*. Beijing: Scientific and Technical Documentation Press, 1998. (in Chinese)  
张琦. 素问释义. 北京:科学文献出版社, 1998.
- [10] Wang HT. *Selected Readings of Huangdi Neijing*. Shanghai: Shanghai Scientific and Technological Press, 2001. (in Chinese)  
王洪图. 内经选读. 上海:上海科学技术出版社, 2001.
- [11] Li KG. *Chin-Kuei Selection*. Shanghai: Shanghai Scientific and Technological Press, 1985. (in Chinese)  
李克光. 金匱要略. 上海:上海科学技术出版社, 1985.
- [12] Lu YS. *Development and Prospect of Disease Mapping in China*. Map, 1991(3):21-23. (in Chinese)  
陆用森. 中国医学地理制图的发展与展望. *地图*, 1991(3):21-23.
- [13] Wen L, Xu DZ, Wang SQ, et al. Epidemic of malaria in Hainan province and modeling malaria incidence with meteorological parameters. *Chin J Dis Control Prev*, 2003, 7(6):520-524. (in Chinese)  
温亮,徐德忠,王善青,等. 海南省疟疾发病情况与利用气象因子进行发病率拟合的研究. *疾病控制杂志*, 2003, 7(6):520-524.
- [14] Zhang SQ, Brooker S, Wang TP, et al. Geographic information systems (GIS) in the application of data management for schistosomiasis control. *J Trop Dis Parasitol*, 2005, 2(2):67-71, F0004. (in Chinese)  
张世清, Brooker S, 汪天平,等. 地理信息系统在血吸虫病防治信息管理中的应用. *热带病与寄生虫学*, 2005(2):67-71, F0004.
- [15] Bi Y, Ji HY. Application of mapping in analysis of malaria transmission trends in Yunnan. *Chin J Parasitic Dis Control*, 2004, 17(6):002-003. (in Chinese)  
毕艳,季惠颖. GIS制图在云南省疟疾流行态势分析中的应用. *中国寄生虫病防治杂志*, 2004, 17(6):插页2-3.
- [16] Yang GJ, Zhou XN, Malone JB, et al. The possibility to predict transmission tendency of malaria by using remote sensing data in China. *Chin J Parasitic Dis Control*, 2002, 15(6):339-341. (in Chinese)  
杨同静,周晓农, Malone JB,等. 应用遥感资料预测疟疾流行趋势的可行性研究. *中国寄生虫病防治杂志*, 2002, 15(6):339-341.
- [17] Yu GW, Tang LH. Application of remote sensing technology in malaria research. *Chin J Parasitol Parasitic Dis*, 2004, 17(2):119-121. (in Chinese)  
于国伟,汤林华. 遥感地理信息系统技术在疟疾研究中的应用. *中国寄生虫学与寄生虫病杂志*, 2004, 17(2):119-121.
- [18] Qin Y, Hu XS, Zhao JK, et al. Regression analysis on liver cancer and geographic factors in Jiangsu province. *Bull Chin Cancer*, 2003, 12(11):630-632. (in Chinese)  
覃玉,胡晓抒,赵金扣,等. 江苏省肝癌与地理因素回归分析. *中国肿瘤*, 2003, 12(11):630-632.
- [19] Hu XS, Zhou XN, Sun NS, et al. Spatial analysis on malignant tumor distribution supported by geographic information systems in Jiangsu. *Chin J Epidemiol*, 2002, 23(1):73-74. (in Chinese)  
胡晓抒,周晓农,孙宁生,等. 江苏省恶性肿瘤分布态势地理信息系统的空间分析. *中华流行病学杂志*, 2002, 23(1):73-74.
- [20] Han GH, Zhang XT, Fang LQ, et al. Establishment of geographic information system of major natural foci in China. *Bull Acad Mil Med Sci*, 2004, 28(2):123-125. (in Chinese)  
韩光红,张习坦,方立群,等. 我国重要自然疫源地地理信息系统的建立. *军事医学科学院院刊*, 2004, 28(2):123-125.
- [21] Han GH, Zhang XT. Establishment and applications of geographic information system of major natural foci in China. *Infect Dis Inform*, 2001, 14(3):127-129. (in Chinese)  
韩光红,张习坦. 我国重要自然疫源地地理信息系统的建立及应用研究. *传染病信息*, 2001, 14(3):127-129.
- [22] Fang LQ, Cao WC. Application and respectives of 3S technology in disease of natural focus. *Chin J Zoonoses*, 2004, 20(9):807-810. (in Chinese)  
方立群,曹务春. 3S技术在自然疫源性疾病中的应用及发展前景. *中国人兽共患病杂志*, 2004, 20(9):807-810.
- [23] Zhou FX, Liu ZC, Fang J, et al. Operation on use of information system in *Spermophilus dauricus* plague focus. *Chin J Control Endemic Dis*, 2003, 18(2):100-102. (in Chinese)  
周方孝,刘振才,房静,等. 建立达乌尔黄鼠疫源地中地理信息系统的操作方法. *中国地方病防治杂志*, 2003, 18(2):100-102.
- [24] Chen RG, Yang LS, Wang WY, et al. The application of GIS in health fields—the design and construction of medical GIS of the plague in China. *Progress in Geography*, 1999, 18(4):368-372. (in Chinese)  
陈如桂,杨林生,王五一,等. GIS在卫生与健康领域的应用探索——中国鼠疫医学地理信息系统的设计与建立. *地理科学进展*, 1999, 18(4):368-372.
- [25] Zhang H, Jia QW, Zhuang HK. Programming and designing of the Emergency Medical Rescue Command Center. *Chin Health Quality Management*, 2005, 12(1):61-64. (in Chinese)  
张桦,贾清旺,庄辉坤. 紧急医疗救援指挥中心规划与设计. *中国卫生质量管理*, 2005, 12(1):61-64.
- [26] Wang Z, Li HQ, Chen JG, et al. Emergency management system based on GIS for SARS prevention in China. *J Safety Environ*, 2005, 5(3):82-86. (in Chinese)  
王铮,黎华群,陈建国,等. SARS疫情应急管理系统研究. *安全与环境学报*, 2005, 5(3):82-86.
- [27] Wang JF, Meng B, Zheng XY, et al. Analysis on the multi-distribution and the major influencing factors on severe acute respiratory syndrome in Beijing. *Chin J Epidemiol*, 2005, 26(3):164-168. (in Chinese)  
王幼峰,孟斌,郑晓瑛,等. 北京市2003年SARS疫情的多维分布及其影响因素分析. *中华流行病学杂志*, 2005, 26(3):164-168.
- [28] Guo ZH. Prospect and application of remote sensing technique in environmental protection. *Environ Sci*, 1993, 14(4):28-33. (in Chinese)  
郭之怀. 遥感技术在环境保护领域中的应用现状. *环境科学*, 1993, 14(4):28-33.
- [29] Wang XQ, Chen CC. Application of remote sensing to environmental monitoring in coastal waters. *Marine Environ Sci*, 2000, 19(4):72-76. (in Chinese)  
汪小钦,陈崇成. 遥感在近岸海洋环境监测中的应用. *海洋环境科学*, 2000, 19(4):72-76.
- [30] Jiao SL. Application of remote sensing in monitoring quality of oceanic water. *Beijing Surveying Mapping*, 1999(4):44-46. (in Chinese)

- 焦守莉. 遥感技术用于监测海水水质. 北京测绘, 1999(4): 44-46.
- [31] Yan WA, Feng JL, Hang DR, et al. Geographical information system for evaluation of landfill hazards of environmental pollution and hazards research. Chin J Public Health Engineering, 2004, 3(3): 130-132. (in Chinese)  
颜维安, 冯建良, 杭德荣, 等. 用地理信息系统评价垃圾填埋场对环境污染及危害的研究. 中国卫生工程学, 2004, 3(3): 130-132.
- [32] Yang K, Hang DR, Yan WA, et al. Study on selection for landfill location with GIS. Adm Tech Environ Monitor, 2007, 19(1): 12-14. (Chinese)  
杨坤, 杭德荣, 颜维安, 等. 应用地理信息系统进行垃圾填埋场选址的初步研究. 环境监测管理与技术, 2007, 19(1): 12-14.
- [33] Nepal SK, Nepal SA, Zhou LZ. Visitor impacts on trails in the Sagarmatha (Mt. Everest) National Park, Nepal. Ambio-A J Human Environ, 2004, 33(6): 312-318. (in Chinese)  
Nepal SK, Nepal SA, Zhou LZ. 旅游对尼泊尔珠穆朗玛峰国家公园步行道的影响. Ambio-人类环境杂志, 2004, 33(6): 312-318.
- [34] Zhou L. Study of applied model of the game theory based on GIS spatial analysis. Bull Survey Map, 2001(12): 7-8. (in Chinese)  
周立. 基于GIS空间分析的对策论应用模型研究. 测绘通报, 2001(12): 7-8.
- [35] Yang GJ, Vounatsou P, Zhou XN, et al. A potential impact of climate change and water resource development on the transmission of *Schistosoma japonicum* in China. Parasitologia, 2005, 47: 127-134.
- [36] Zhou XN, Hu XS. Application of geographic information systems on schistosomiasis surveillance: II. Predicted prevalence. Chin J Schisto Control, 1999, 11(2): 66-70. (in Chinese)  
周晓农, 胡晓抒. 地理信息系统应用于血吸虫病的监测: II. 流行程度的预测. 中国血吸虫病防治杂志, 1999, 11(2): 66-70.
- [37] Fang LQ, Li CY, Yang H, et al. Using geographic information system to study on the association between epidemic areas and main animal hosts of hemorrhagic fever with renal syndrome in China. Chin J Epidemiol, 2004, 25(11): 929-933. (in Chinese)  
方立群, 李承毅, 杨华, 等. 应用地理信息系统研究我国肾综合征出血热疫区类型与主要宿主动物构成的关系. 中华流行病学杂志, 2004, 25(11): 929-933.
- [38] Fang LQ, Cao WC, Chen HX, et al. Study on the application of geographic information system in spatial distribution of hemorrhagic fever with renal syndrome in China. Chin J Epidemiol, 2003, 24(4): 265-268. (in Chinese)  
方立群, 曹务春, 陈化新, 等. 应用地理信息系统分析中国肾综合征出血热的空间分布. 中华流行病学杂志, 2003, 24(4): 265-268.
- [39] Wang XH, Wu XH, Zhou XN. Bayesian estimation of community prevalences of *Schistosoma japonicum* infection in China. Int J Parasitol, 2006, 36: 895-902.
- [40] Wu ZS, Yao CH. Multiprovincial monitoring of the trends and determinants in cardiovascular diseases (sino MONICA project) I. Morbidity and mortality monitoring. Chin J Cardiol, 1997, 25(1): 6-11. (in Chinese)  
吴兆苏, 姚崇华. 我国多省市心血管病趋势及决定因素的人群监测(中国MONICA方案) I. 发病率和死亡率监测结果. 中华心血管病杂志, 1997, 25(1): 6-11.
- [41] Mano JA, Yang JX. Environmental temperature and mortality in acute myocardial infarction. Foreign Medical Science: Sincce Medgeography, 1990(1): 29-31. (in Chinese)  
Ja M, 杨加贤. 环境温度与急性心肌梗塞的病死率. 国外医学: 医学地理分册, 1990(1): 29-31.
- [42] Song GD, Huang HY, Li R, et al. The applications of geographic information systems in cancer epidemiology. Chin J Prev Control Chronic Non-Communicable Dis, 2005, 13(2): 57-59. (in Chinese)  
宋桂德, 黄浩云, 李芮, 等. 地理信息系统在肿瘤流行病学中的应用. 中国慢性病预防与控制, 2005, 13(2): 57-59.
- [43] Peng B. Geographic information systems (GIS) and health decision. J Prev Med Inform, 2001, 17(4): 249-251. (in Chinese)  
彭斌. 地理信息系统(GIS)与卫生决策. 预防医学情报杂志, 2001, 17(4): 249-251.
- [44] Li YH, Wang WY. Safety threshold of fluorine in endemic fluorosis regions in China. Chin J Environ Sci, 2002, 23(4): 118-122. (in Chinese)  
李永华, 王五一. 我国地方性氟中毒病区环境氟的安全阈值. 环境科学, 2002, 23(4): 118-122.
- [45] Sun NS, Hu XS. Geographic information system and health management. Jiangsu Management Health Care, 1999, 10(2): 59-62. (in Chinese)  
孙宁生, 胡晓抒. 地理信息系统与卫生管理. 江苏卫生事业管理, 1999, 10(2): 59-62.
- [46] Tao GF. Promotion of emerging response system in public health due to SARS. Med Inform, 2003, 16(11): 630-631. (in Chinese)  
陶国芳. SARS促进公共卫生应急系统的建设. 医学信息, 2003, 16(11): 630-631.
- [47] Rinaldi L, Musella M, Biggeri A, et al. New insights into the application of geographical information systems and remote sensing in veterinary parasitology. Geospat Health, 2006, 1(1): 33-47.
- [48] Brownstein JS, Cassa CA, Mandl KD. No Place to Hide—Reverse Identification of Patients from Published Maps. New Engl J Med, 2006, 355(16): 1741.
- [49] Mari-Dell' Olmo M, Martinez-Beneito MA, Borrell C, et al. Bayesian factor analysis to calculate a deprivation index and its uncertainty. Epidemiology, 2011, 22(3): 356-364.
- [50] Hicks C, Pannuti A, Miele L. Associating GWAS information with the notch signaling pathway using transcription profiling. Cancer Inform, 2011, 10: 93-108.
- [51] Deltour I, Wiart J, Taki M, et al. Analysis of three-dimensional SAR distributions emitted by mobile phones in an epidemiological perspective. Bioelectromagnetics, 2011. (in press)
- [52] Cohen SA, Chui KK, Naumova EN. Measuring disease burden in the older population using the slope-intercept method for population log-linear estimation (SIMPLE). Stat Med, 2011, 30(5): 480-488.
- [53] Chang HH, Peng RD, Dominici F. Estimating the acute health effects of coarse particulate matter accounting for exposure measurement error. Biostatistics, 2011. (in press)
- [54] Bandyopadhyay D, Reich BJ, Slate EH. A spatial beta-binomial model for clustered count data on dental caries. Stat Methods Med Res, 2011, 20(2): 85-102.
- [55] Chan HP, Tu IP. Log-linear, logistic model fitting and local score statistics for cluster detection with covariate adjustments. Stat Med, 2010, 30(1): 91-100.
- [56] Asimwe JB, Jehopio P, Atuhaire LK, et al. Examining small area estimation techniques for public health intervention: lessons from application to under-5 mortality data in Uganda. J Public Health Policy, 2011, 32(1): 1-14, 15.
- [57] Arroyo M, Perez AM, Rodriguez LL. Characterization of the temporal and spatial distribution and reproductive ratio of vesicular stomatitis outbreaks in Mexico in 2008. Am J Vet Res, 2011, 72(2): 233-238.
- [58] Ahmed S, Hill K. Maternal mortality estimation at the subnational level: a model-based method with an application to Bangladesh. Bull WHO, 2011, 89(1): 12-21.
- [59] Bui HM, Clements AC, Nguyen QT, et al. Social and environmental determinants of malaria in space and time in Viet Nam. Int J Parasitol, 2010, 41(1): 109-116.
- [60] Yang GJ, Bradshaw CJA, Whelan PI, et al. Importance of endogenous feedback controlling the long-term abundance of tropical mosquito species. Popula Ecol, 2008, 50(3): 293-305.
- [61] Yang GJ, Utzinger J, Lv S, et al. The Regional Network for Asian Schistosomiasis and Other Helminth Zoonoses [RNAS<sup>+</sup>] target diseases in face of climate change. Adv Parasitol, 2010, 73: 101-135.
- [62] Li SZ, Wang YX, Yang K, et al. Landscape genetics: the correlation of spatial and genetic distances of *Oncomelania hupensis*, the intermediate host snail of *Schistosoma japonicum* in mainland China. Geospat Health, 2009, 3(2): 221-231.

(收稿日期: 2011-07-16)

(本文编辑: 尹廉)