

空间统计学在浙江省预防接种门诊资源配置中的应用

张兵 胡昱 陈雅萍 李倩 谢淑云

(浙江省疾病预防控制中心 杭州 310051)

摘要: 目的 探讨浙江省预防接种门诊服务量及其空间分布格局,为优化资源配置提供依据。方法 利用空间点格局方法分析浙江省预防接种门诊的全局空间分布特性;利用空间斜决策树模型探讨各预防接种门诊每半日接种疫苗剂次数及每半日每人疫苗接种剂次数的局部空间关系。结果 浙江省平均每 50 km² 内预防接种门诊数为 0.79 个,每万 0~6 岁人口数拥有 15.51 个门诊;平均每个门诊工作 183 半日,平均每个门诊每半日接种疫苗 52.43 剂次,平均每半日每名工作人员接种疫苗 10.17 剂次。当阈值距离从 11.12 km 到 222.24 km 时,预防接种门诊每半日接种疫苗剂次数和每半日每人接种疫苗剂次数的 k_m 值分别由 0.34 和 0.23 下降到 0.07 和 0.00。空间斜决策树模型显示,每半日接种疫苗剂次数的热点区域主要集中在义乌、温州和杭州;每半日每人接种疫苗剂次数的热点区域较分散。结论 浙江省预防接种门诊服务量在空间层面呈现显著聚集,增加接种门诊服务频次和/或工作人员数是降低预防接种门诊日工作量和人均日工作量的有效途径。

关键词: 空间统计;预防接种门诊;空间斜决策树

中图分类号: R186 文献标识码: A 文章编号: 1006-916X(2016) 01-0041-06

Application of Spatial Statistics for Resource Allocation of Immunization Clinics in Zhejiang Province ZHANG Bing, HU Yu, CHEN Ya-ping, et al. (*Zhejiang Provincial Center for Disease Control and Prevention, Hangzhou 310051, Zhejiang, China*)

Abstract: Objective This study was to discuss current service volumes and the spatial distribution of immunization clinics in Zhejiang province for optimizing allocation of resources. **Methods** Spatial pattern methods were used to analyze the characteristics of immunization clinics in Zhejiang. Spatial oblique decision models were used to determine local characteristics including the number of immunization doses per half day (NIDHD) in each clinic and the number of immunization doses per half day per staff (NIDHDS). **Results** The number of immunization clinics per 50km², the number of clinics per 10 000 children aged 0-6 years, the immunization time in half day per clinic, the NIDHD and the NIDHDS were 0.79, 15.51, 183, 52.43 and 10.17, respectively. When the threshold distance was increased from 11.12km to 222.24km, k_m dropped from 0.34 to 0.07 for NIDHD and from 0.23 to 0.00 for NIDHDS, respectively. The hot spots of NIDHD were concentrated in Yiwu, Hangzhou and Wenzhou; NIDHDS's hot spots were more varied. **Conclusions** The service volume of immunization clinics in Zhejiang province was significantly clustered. Increasing the immunization service frequencies and/or number of staff are the effective ways to reduce NIDHD and NIDHDS.

Key words: Spatial Statistics; Immunization Clinics; Spatial Oblique Decision Model

免疫规划作为一项投入少、收益高的工作,在控

制疫苗可预防传染病的流行发挥着巨大作用^[1]。随着国家扩大免疫规划政策的实施,儿童免疫规划疫苗需要接种疫苗剂次数增至 22 剂次。预防接种服务量过大不仅会造成接种门诊过分拥挤,也会增大接种差错事故发生的可能性。如何在保证预防接种服务质量的前提下合理配置预防接种资源,引起了众多学者关注^[2]。随着空间统计技术和空间统计软件的迅速发展,空间统计学在免疫规划领域的应用受到国内外

收稿日期: 2015-09-14; 修回日期: 2016-01-06

作者简介: 张兵(1988-) 男,湖南省武冈人,浙江省疾病预防控制中心医师,硕士,主要从事免疫规划工作。电话: 0571-87115169。
E-mail: bzhang@cdc.zj.cn.

通讯作者: 谢淑云。电话: 0571-87115177。E-mail: shyxie@cdc.zj.cn.

学者的广泛重视^[3,4]。唐继海等^[3]利用地理信息系统建立了预防接种门诊空间信息数据库,为进一步评价预防接种服务可及性和资源利用现状提供了平台。Katia M. Charland 等^[5]利用贝叶斯重心模型探讨了疫苗覆盖率与预防接种门诊可及性、门诊服务水平和社区社会经济水平间的关系,为预防接种门诊的规划选址提供了依据。Tracy A. Lieu 等^[6]利用空间扫描统计量发现 36 月龄儿童麻腮风联合减毒活疫苗和水痘减毒活疫苗在延迟接种和拒绝接种方面存在显著区域聚集,为提高区域疫苗接种率指明了工作方向。但迄今针对省级层面预防接种门诊服务现况的空间统计分析尚不多见。本研究基于空间点格局和空间斜决策树模型来探讨浙江省预防接种门诊资源和服务量的现状及其空间分布特性,以期科学配置全省预防接种卫生资源提供依据。

材料与方法

1 数据资料及处理

本研究选取 2014 年浙江省辖区范围内 1 583 家预防接种门诊,各预防接种门诊的接种时间和工作人员数(包括门诊开诊日负责预检、登记、接种、留观和秩序维持人员)由门诊自行上报,半天接种定义为 0.5,全天接种定义为 1。2014 年各接种门诊的疫苗接种剂次数(包括第一类疫苗和第二类疫苗)来源于中国免疫规划信息管理系统。依据各接种门诊的接种疫苗量和年工作日总数,计算门诊每半日接种疫苗剂次数(Number of Immunization Doses per Half Day, NIDHD)。根据接种门诊的每半日疫苗接种剂次数和工作人员数,计算该门诊每半日每名工作人员接种疫苗剂次数(Number of Immunizations Doses per Half Day per Staff, NIDHDS)。基于预防接种门诊的地址信息,通过百度地图获取其经纬度信息。考虑到统计分析方法的适用性和地图数据的可获得性,西湖风景区和温州经济开发区分别并入西湖区和龙湾区进行处理。

2 数据分析方法

2.1 空间点格局分析 空间点格局分析常用以探讨研究区域内个体或其属性值在特定时间的空间分布形态,已被广泛应用于公共卫生、种群空间分布和区域经济等方面研究^[7,8]。最近邻法、核密度估计和 Ripley's K 函数等是探测空间点全局分布模式的常用方法。相对而言,Ripley's K 函数反映点空间分布格局对尺度的依赖程度,能最大限度地利用空间点的位置信息来描述不同尺度下事件的空间分布格局^[8,9]。在此,用 $\hat{k}_m(r)$ 来表示带有属性值的空间个体在阈值距离为 r 时的 Ripley's K 函数,其计算公式如下:

$$\hat{k}_m(r) = n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}(x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x}) / \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

其中 n 是研究区域内个体的数目; u_{ij} 为点 i 和点 j 间的距离;

W_{ij} 是校正边际效应的权重系数,若 $u_{ij} \leq r$, W_{ij} 是以点 i 和 u_{ij} 为圆心和半径计算研究区域的弧长和圆周长比值;反之, $W_{ij} = 0$; x_i 和 x_j 分别代表样本 i 和 j 的属性值; \bar{x} 为全部样本属性值的平均值。若 $\hat{k}_m(r) > 0$ 该事件在尺度上呈现空间聚集分布; $\hat{k}_m(r) = 0$ 则呈现空间随机分布; $\hat{k}_m(r) < 0$, 则服从空间离散分布。本研究 r 取值范围为 11.12 km ~ 222.4 km (分别是接种门诊两两距离最大值的 0.025 倍和 0.5 倍),同时为保证推断概率的准确性,采用蒙特卡罗模拟获取理论值的区间分布,并比较其与实际观测值间的关系。

2.2 空间斜决策树模型 空间全局分布模式只能反映个体或其属性值在整个研究区域的分布特征,却无法获悉其局部分布特性。空间斜决策树是基于分类和回归树的非参回归模型,其以斜分类的方式使得组内自变量方差或误差平方和达到最大从而将研究区域划分为若干类区域^[10],同时根据划分结果,属性值高的区域则为热点聚集区域,属性值低的区域则为冷点聚集区域。与空间扫描统计量相比,空间斜决策树模型在局部热点探测方面无需依赖于空间体系结构,较好地降低了顶点效应对分析结果的影响^[11]。

总的来说,空间斜决策树模型通过样本点属性值,以递归的方式不断寻找分割方向,并以此生成区域边界和分割结点,直至达到事先设定的分割要求。若分割方向 $s_j(x_i, y_i) < 0$, 则样本点 M_i 属于分割结点下属的左边子区域,若反之,则属于右边子区域。考虑到存在无限个分割方向,可将有限样本点分割为二类,空间斜决策模型基于样本点坐标属性排列秩序,通过比较横坐标轴旋转角度后来确定合适的边际角度,进而选择组内方差达到最大的划分方式^[10],详细原理介绍可参考 Gaudart J 等^[11]。空间斜决策树模型达到结点方差、总方差、树层数、子类样本数和结点数等指标要求时,则自动结束算法;基于 R^2_{global} 来反映组间方差和对总方差解释程度,并通过实际值和蒙特卡罗模拟得到的理论值经验分布相比较,进而评估空间斜决策树模型结果的可靠性。

2.3 分析软件 本研究采用的是 R 软件(3.2.2)^[12],分别利用 ads(1.5-2.2)和 SPODT(0.9-1)程序包进行空间点格局和空间斜决策树分析。

结 果

1 地市预防接种服务现况

2014 年浙江省 1 583 家预防接种门诊共配备 7 243 名工作人员,共接种疫苗 15 499 952 剂次,总工作时间达 286 628 半日。各地方平均每个接种门诊年接种半日数以宁波、温州和嘉兴较大,分别为 234.04、212.58 和 210.54 半日;NIDHD 以金华、台州和嘉兴较多,分别为 73.29、71.15 和 69.68 剂次;全省平均 NIDHDS 为 10.17 剂次,以金华最高、丽水最低,分别为 14.68 剂次、6.00 剂次;平均每个工作

人员年接种疫苗剂次数以金华、嘉兴和宁波较多,分别达2 560.11、2 483.93 和 2 467.57 剂次。每万名0~6 岁儿童拥有的接种门诊数以丽水、舟山和衢州等地区较多,分别为9.64、7.95 和 6.41 个;而每万

名0~6 岁儿童拥有的接种人员数以丽水、湖州和舟山较多,分别达28.81、28.20 和 24.95 名;每50 平方公里(km^2) 区域内接种门诊数以舟山、温州和嘉兴较大,分别为1.76、1.22 和 1.07 个(表1)。

表1 浙江省2014 年各地市预防接种服务基本情况

Table 1 Status of Immunization Services by Region in Zhejiang, 2014

地区 Region	每个门诊接种 半日数 Immunization Time in Half Day per Clinic	NIDHD	NIDHDS	每名工作人员 年接种剂次数 No. of Annual Immunization Doses per Staff	每万名0~6 儿童 拥有门诊数 No. of Clinics per 10 000 Children Aged 0-6 Years	每50 km^2 门诊数 No. of Clinics per 50 km^2	每万名0~6 儿童 拥有工作人员数 No. of Staff per 10 000 Children Aged 0-6 Years
杭州 Hangzhou	198.32	69.19	10.69	2 356.73	3.06	0.60	17.02
宁波 Ningbo	234.04	61.47	9.56	2 467.57	2.35	0.93	13.69
温州 Wenzhou	212.58	45.44	8.84	2 411.27	3.04	1.22	11.83
嘉兴 Jiaxing	210.54	69.68	13.24	2 483.93	2.75	1.07	16.07
湖州 Huzhou	147.26	55.39	8.29	1 424.90	5.04	0.76	28.20
绍兴 Shaoxing	209.40	47.82	9.50	2 088.31	3.69	0.73	17.70
金华 Jinhua	170.64	73.29	14.68	2 560.11	2.87	0.74	12.85
衢州 Quzhou	136.52	32.92	8.98	1 210.56	6.41	0.61	23.80
舟山 Zhoushan	184.67	25.03	6.72	1 437.97	7.95	1.76	24.95
台州 Taizhou	158.43	71.15	14.28	2 355.98	2.50	0.86	11.75
丽水 Lishui	121.34	25.37	6.00	975.92	9.64	0.59	28.81
全省 Total	180.34	52.43	10.17	2 139.99	3.39	0.79	15.51

2 预防接种门诊服务现况

浙江省各预防接种门诊年疫苗接种剂次数的中位数为5 092 剂次(四分位数间距为1 732 剂次~13 674 剂次),年接种半日数的中位数为104 半日(四分位数间距为104 半日~260 半日),NIDHD 中位数为38.50 剂次(四分位数间距为16.75 剂次~66.35 剂次),NIDHDS 中位数为8.53 剂次(四分位数间距为4.93 剂次~13.39 剂次)(图1)。NIDHDS 大于30 剂次的门诊有38 家(台州和金华分别占36.84%和31.58%),76.32%的接种门诊年接种半日数 ≤ 104 半日;31.57%的接种门诊工作人员数 < 4 人。若这38 家门诊的月接种频次增加2 半日或4 半日,则分别有52.63%和71.05%的预防接种门诊NIDHDS < 30 剂次;在服务频次不变的情况下,若接种门诊增加1 名或2 名工作人员,则分别有55.26%和73.68%的预防接种门诊NIDHDS < 30 剂次(图2)。

3 预防接种门诊服务的空间点格局分析

对浙江省预防接种门诊NIDHD 和NIDHDS 进行空间点格局分析(图3),阈值距离(r) 在11.12~222.24km 内时, \hat{k}_m 值范围分别为0.34~0.07、0.23~0.00,且都在95% 置信区间外,说明空间点格局分析结果是显著的($p < 0.01$)。在同一距离标准下,预防接种门诊NIDHD 的空间聚集程度比NIDHDS 要高。总体而言,浙江省预防接种门诊

NIDHD 和NIDHDS 都呈显著空间聚集性,且都随着距离标准的增大,空间聚集性逐步下降。

4 预防接种门诊服务的空间斜决策树模型

对浙江省预防接种门诊服务的空间斜决策树模型分析(图4),NIDHD 和NIDHDS 的空间变异度分别为0.25 和0.20($P < 0.001$),即空间变异成分分别占浙江省NIDHD 和NIDHDS 总变异的25% 和20%。空间斜决策分类结果显示,全省预防接种门诊NIDHD 在杭州市区、温州市区、台州市区和义乌市作为一个子类,这些区域值相对较高,是NIDHD 的热点区域;而预防接种门诊NIDHDS 由于其空间差异较小,区域划分较零散,杭州市区和嘉兴、金华东部区域和台州市区NIDHDS 较其邻近区域要大。

讨 论

空间统计学可充分利用现象的空间属性进而揭示现象的空间分布特征,已成为提高预防接种服务可及性的重要方法^[5]。本研究基于点格局、空间自相关等空间统计方法探讨了浙江省1 584 家预防接种门诊接种服务的空间分布格局,为更好地规划全省预防接种卫生资源配置提供了一定思路。

提高预防接种门诊服务质量,建立强大的免疫屏障,是控制传染病传播的有效途径。浙江省预防接种门诊的空间分布和门诊服务量呈现显著聚集

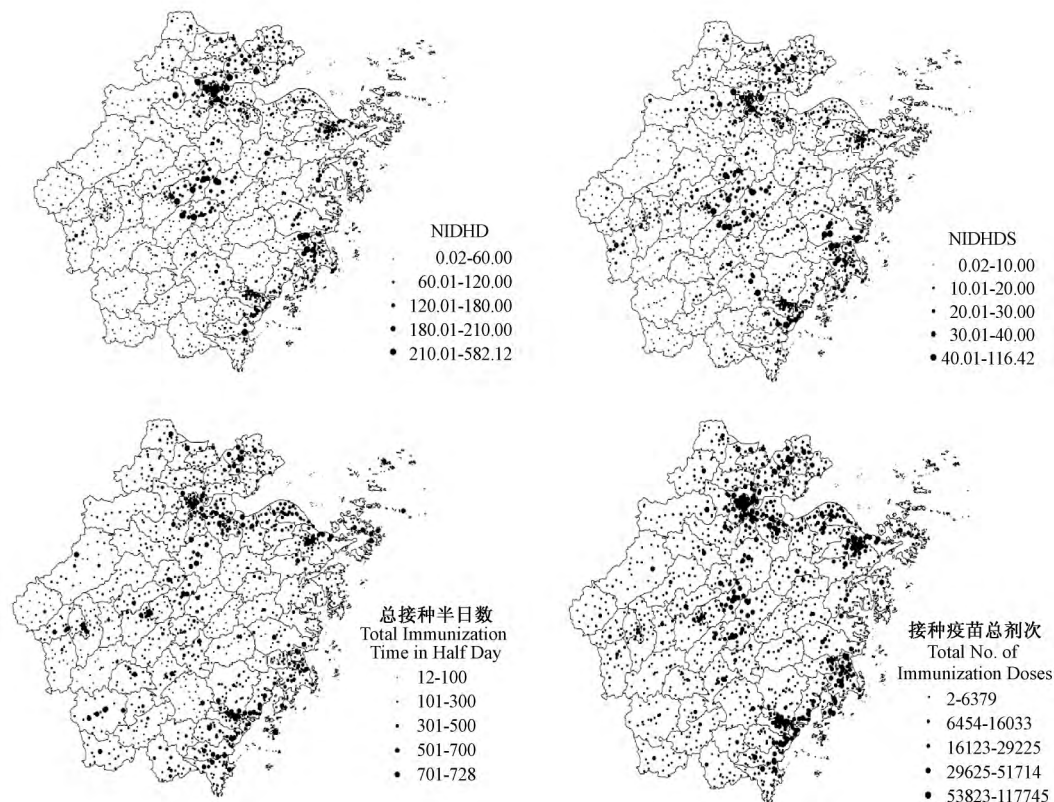


图1 浙江省2014年预防接种门诊接种疫苗总剂次数、总接种半日数、NIDHD和NIDHDS

Figure 1 Total Number of Immunization Doses ,Total Immunization time in Half Day ,NIDHD and NIDHDS among Immunization Clinics in Zhejiang ,2014

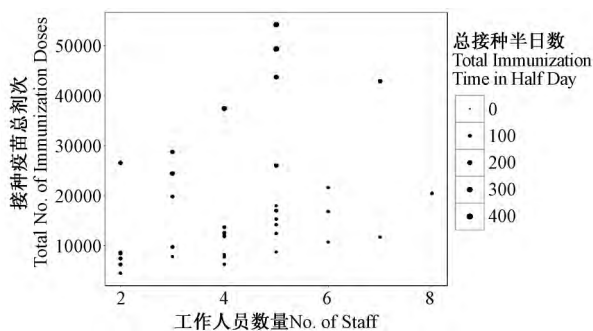


图2 浙江省2014年NIDHDS > 30剂次的38家预防接种门诊分布

Figure 2 Distribution of 38 Immunization Clinics with NIDHDS > 30 Doses in Zhejiang ,2014

性,既受各地人口密度的影响,也与当地政府预防接种资源配置的相关标准有关。目前全省各地市资源配置差异较大,宁波市单位面积内预防接种门诊数较多,但单位人口所占预防接种工作人员数却远低于全省平均水平;杭州市单位面积内门诊数远低于全省平均水平,但单位人口所占接种人员数较大。同时,随着社会经济发展和城市规

划格局变迁,如何在“拆乡并镇”的基础上统筹各地市乃至全省预防接种门诊资源配置,仍需进一步研究。毫无疑问,亟需建立一套兼顾预防接种门诊数、门诊工作人员数、年接种时间、服务人口数和服务面积等指标的体系标准,来评估预防接种资源配置的合理性。

预防接种服务任务是影响基层疫苗覆盖率的重要因素,也是降低预防接种差错事故的重要保证^[2]。杭州和宁波等地市服务人口较多,疫苗接种剂次总量较大,但这两个地市在合理调整预防接种门诊服务频次和工作人员数量的基础上,接种门诊工作人员的日均工作量并不大。同时,本研究发现对于接种服务量较大的部分接种门诊,仅通过增加服务频次就能有效降低接种门诊日均服务量。因此,在人口密度较大和/或外来流动人口较多的区域增设工作人员和/或提高接种频次是提高疫苗接种服务可及性的重要措施。对于个别接种门诊,在场地面积有限、工作人员和服务频次都较大的情况下,则需通过增设接种门诊来减轻门诊接种压力。当然,鉴于半日接种服务量并不能完全反映该门诊接

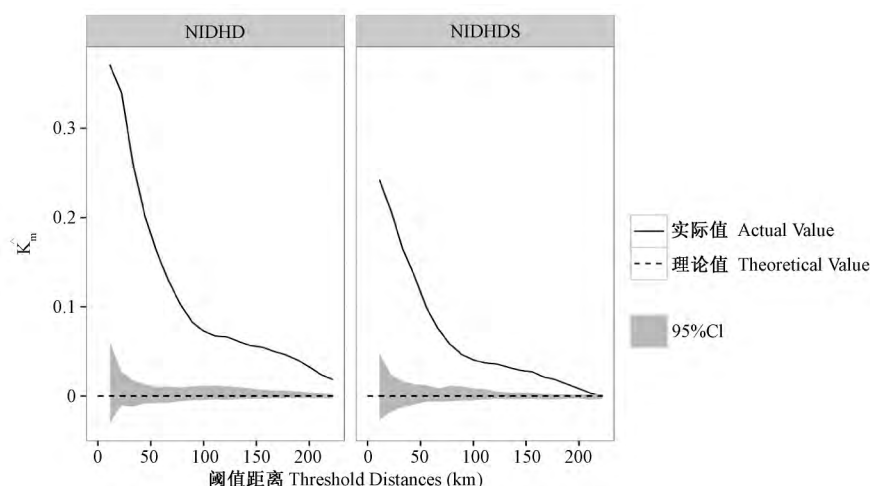


图3 浙江省2014年预防接种门诊NIDHD和NIDHDS的空间点格局分析

Figure 3 Spatial Point Pattern Analyses of NIDHD and NIDHDS in Zhejiang, 2014

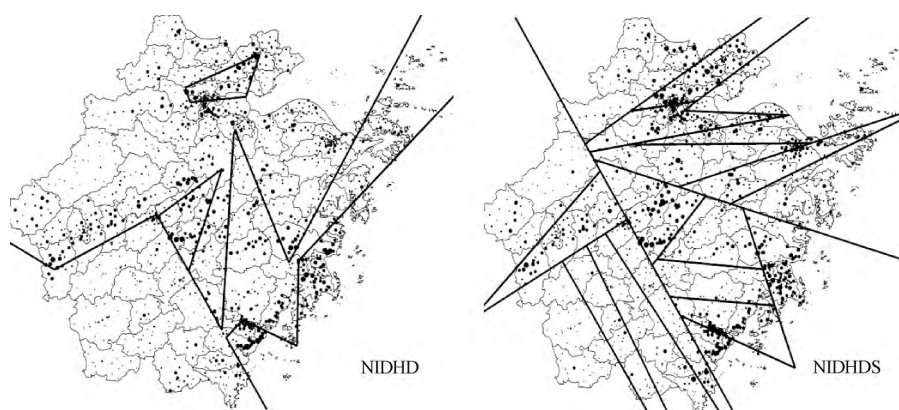


图4 浙江省预防接种门诊NIDHD和NIDHDS的空间斜决策树分类

Figure 4 Spatial Oblique Decision Trees of NIDHD and NIDHDS among Immunization Clinics in Zhejiang, 2014

种服务质量和该门诊拥挤程度,如何结合门诊接种高峰期进而综合评估门诊服务质量仍需进一步研究。

在有限的预防接种服务资源前提下进行资源整合和接种人员分流也是有效控制全省预防接种门诊日工作量和人均日工作量的重要措施。通过搭建预防接种服务地理信息平台,基于缓冲区分析、叠加分析和网络分析,来实现对预防接种门诊服务可及性及资源利用现状的综合评价^[13]。同时将各个门诊的服务信息如接种时间、地址信息及接种量信息展现在地图上,通过网上预约平台,家长可选择最合适的接种时间及接种门诊进行疫苗接种。最后依托产科接种平台,待新生儿接种后根据新生儿住址信息和预防接种门诊位置信息,有所侧重地对新生儿进行门诊分流也是宏观调控全省预防接种门诊服务量的重要方式。

参考文献:

- [1] 何寒青,陈恩富,李倩,等. 浙江省免疫规划服务的成本测算和筹资机制研究[J]. 中国卫生经济, 2010, 29(7): 65-66.
HE Han-qing, CHEN En-fu, LI Qian, et al. Study on the cost management and financing mechanism of expanded programme on immunization services in Zhejiang province [J]. Chinese Health Economics, 2010, 29(7): 65-66.
- [2] 戴秀兰,戚小华,何寒青,等. 浙江省预防接种门诊人力资源现状及配置标准研究[J]. 浙江预防医学, 2014, 26(9): 905-908.
DAI Xiu-lan, QI Xiao-hua, HE Han-qing, et al. A Study on Status and Standards of Human Resources of Vaccination Clinics in Zhejiang Province [J]. Zhejiang Prev Med, 2014, 26(9): 905-908.
- [3] 唐继海. 地理信息系统在免疫规划管理中的应用[J]. 安徽预防医学杂志, 2014, 20(2): 106-109.
TANG Ji-hai. Application of Geographic Information System in the Immunization Management [J]. Anhui J Prev Med, 2014, 20(2): 106-109.

(下转第51页)

参考文献:

- [1] 贵州省人民政府办公厅. 关于建立健全基层医疗卫生机构补偿机制的实施意见[EB/OL]. 2011-03-17. <http://www.lawxp.com/Statute/s1388137.html>.
General Office of Guizhou Province People's Government. Implementation Opinion about Establishing and Perfecting Compensation Mechanism of Basic Medical and Health Institutions [EB/OL]. 2011-03-17. <http://www.lawxp.com/Statute/s1388137.html>.
- [2] 贵州省人民政府. 关于加强乡村医生队伍建设进一步促进农村医疗卫生事业又快又好发展的意见[EB/OL]. 2012-05-09. http://www.gzdp.gov.cn/art/2013/1/5/art_1189_47932.html.
Guizhou Province People's Government. Opinion about Strengthening Construction of Country Doctor Team to Promote Farther a Faster and Better Development of Rural Medical and Health Cause [EB/OL]. 2012-05-09. http://www.gzdp.gov.cn/art/2013/1/5/art_118947932.html.
- [3] 贵州省人民政府办公厅. 关于进一步加强国家免疫规划工作的通知[EB/OL]. 2006-08-18. <http://www.cdpsn.org.cn/policy/dtl04132077.htm>.
General Office of Guizhou Province People's Government. The Notification of Farther Strengthening Expanded Program on Immunizations Work [EB/OL]. 2006-08-18. <http://www.cdpsn.org.cn/policy/dtl04132077.htm>.
- [4] 卓家同. 从广西壮族自治区 123456 工程探索贫困地区计划免疫运作模式[J]. 中国计划免疫, 2005, 11(4): 309-311.
ZHUO Jia-tong. Discovery the Operation Model of EPI's in poor areas in Guangxi [J]. Chinese Journal of Vaccines and Immunization, 2005, 11(4): 309-311.
- [5] 钟革, 卓家同, 黄林, 等. 广西计划免疫黄牌警告机制效果分析[J]. 现代预防医学 2007, 34(6): 1099-1100.
ZHONG Ge, ZHUO Jia-tong, HUANG Li, et al. Analysis on the Effect of EPI Yellow Card Warning System in Guangxi [J]. Modern Preventive Medicine 2007, 34(6): 1099-1100.
- [6] 杜雯, 童亦滨, 朱青, 等. 贵州省免疫规划工作黄牌警告制度实施效果评价[J]. 中国疫苗和免疫 2010, 16(3): 261-264.
DU Wen, TONG Yi-bin, ZHU Qing, et al. Effect Assessment on Implementing Yellow Card System to EPI Work in Guizhou Province [J]. Chinese Journal of Vaccines and Immunization, 2010, 16(3): 261-264.
- [7] Mulatti P, Ferrè N, Patregnani T, et al. Geographical Information Systems in the Management of the 2009-2010 Emergency Oral Anti-rabies Vaccination of Foxes in North-eastern Italy [J]. Geospatial Health, 2011, 5(2): 217-226.
- [8] Charland KM, Montigny L, Brownstein JS, et al. Clinic Accessibility and Clinic-level Predictors of the Geographic Variation in 2009 Pandemic Influenza Vaccine Coverage in Montreal, Canada [J]. Influenza Other Respir Viruses, 2014, 8(3): 317-328.
- [9] Lieu TA, Ray GT, Klein NP, et al. Geographic Clusters in Under-immunization and Vaccine Refusal [J]. Pediatrics, 2015, 135(2): 280-289.
- [10] 迟文学, 王劲峰, 李新虎, 等. 出生缺陷的空间点格局分析[J]. 环境与健康杂志, 2007, 24(4): 238-240, 231.
CHI Wen-xue, WANG Jin-feng, LI Xin-hu, et al. Spatial Point Analysis of Birth Defects [J]. J Environ Health, 2007, 24(4): 231, 238-240, 231.
- [11] 邱海军, 曹明明, 刘闻, 等. 区域地质灾害的空间点格局分析研究—以宁强县为例[J]. 干旱区资源与环境, 2014, 28(3): 107-111.
QIU Hai-jun, CAO Ming-ming, LIU Wen, et al. Research on the Spatial Point Pattern of Geo-hazard — A case of Ningqiang County [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2014, 28(3): 107-111.
- [12] Zhang Z, Xiao R, Shortridge A, et al. Spatial Point Pattern Analysis of Human Settlements and Geographical Associations in Eastern Coastal China — A Case Study [J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2014, 11(3): 2818-2833.
- [13] Gaudart J, Poudiougou B, Ranque S, et al. Oblique Decision Trees for Spatial Pattern Detection: Optimal Algorithm and Application to Malaria Risk [J]. BMC Medical Research Methodology, 2005, 5(22): 1-11.
- [14] Gaudart J, Graffeo N, Coulibaly D, et al. SPODT: An R Package to Perform Spatial Partitioning [J]. Journal of Statistical Software, 2015, 63(16): 1-23.
- [15] R Development Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing [M]. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2015. ISBN 3-900051-07-0.
- [16] 唐继海, 陆志坚, 刘丹青. 地理信息系统和全球卫星定位系统在预防接种门诊空间管理中的应用[J]. 中国疫苗和免疫, 2008, 14(2): 162-164.
TANG Ji-hai, LU Zhi-jian, LIU Dan-qing. Application of GIS and GPS in Spatial Management in Vaccination Clinics [J]. Chinese Journal of Vaccines and Immunization, 2008, 14(2): 162-164.

(上接第 45 页)