

引文格式: 陈孝明,阮玲,陈江平,等. 利用卫星监测热点数据的湖北电网林火灾害时空聚类分析及其应用[J]. 测绘通报, 2015(9): 14-18.  
DOI: 10.13474/j.cnki.11-2246.2015.0268

# 利用卫星监测热点数据的湖北电网林火灾害时空聚类分析及其应用

陈孝明<sup>1,2</sup>, 阮玲<sup>1,2</sup>, 陈江平<sup>3</sup>, 付明花<sup>3</sup>, 黄俊杰<sup>1,2</sup>, 谭波<sup>3</sup>

(1. 国网湖北省电力公司电力科学研究院, 湖北 武汉 430077; 2. 国家电网公司高压电器设备现场实验技术重点实验室, 湖北 武汉 430077; 3. 武汉大学遥感信息工程学院, 湖北 武汉 430079)

## A Temporal and Spatial Clustering Analysis and Its Application with Wildfire Disasters in Hubei Power Grid Based on Satellite Hot Spot Data

CHEN Xiaoming, RUAN Ling, CHEN Jiangping, FU Minghua, HUANG Junjie, TAN Bo

摘要: 使用 DBSCAN 聚类算法对湖北省 2010—2014 年卫星监测热点数据进行了深入分析, 得到湖北电网在不同时间尺度下的林火高峰期, 并以此为基础探索了不同时间尺度的林火高峰期内的林火高密度区域的空间分布规律, 分析了与此相关的自然因素、人为因素, 结合湖北电网输电线路图, 得到不同林火高峰期内的火灾危险路段, 给出了重点时段、重点区域、重点线路段的林火灾害防治建议。

关键词: 卫星监测热点数据; 湖北电网; 林火; DBSCAN 聚类

中图分类号: P237

文献标识码: B

文章编号: 0494-0911(2015)09-0014-05

### 一、引言

近年来, 在影响中国电网正常运行的各类灾害中, 林火灾害的影响范围达到 60%, 林火的覆盖范围一般比较大, 容易引发输电线路群发性跳闸, 其中永久性故障居多; 严重时可导致厂站全停甚至系统解列<sup>[1]</sup>。随着 3S 及自然灾害防御技术的发展, 融合电网信息与自然环境信息以提高电网防御能力的技术受到关注, 利用卫星监测林火具有感测范围大、获取信息快、更新周期短的特点, 可以对林火进行动态监测、实时预警。目前, 林火卫星监测平台应用渐广, 对于林火监测预警起到一定的作用, 然而卫星不能全天候监测同一区域, 部分生命周期短的林火不能被及时监测到, 单纯依赖卫星监测实现电网林火灾害防治还不全面。卫星热点监测数据记录了大量林火信息, 隐含电网林火发生的时空规律, 对电网林火灾害防控具有极大的应用价值, 目前尚未得到深入的挖掘, 利用大数据技术, 结合地理位置数据, 可进行深层次分析和应用<sup>[2]</sup>。数据挖掘<sup>[3]</sup>从大量数据中发现潜在的模式规律, 提供有价值的信息, 近年来在电力系统多个领域都有成功的应用<sup>[4-6]</sup>。本文以湖北 2010—2014 年卫星监测热点数据为例, 运用数据挖掘中的聚类分析方法, 对不同时间维的热点数据进行深入分析, 得到湖北电网林火灾害发生的时空规律, 结合湖北省气象、地形、人文等因素分析

其成因, 为电网日常防治林火提供决策支持。

### 二、研究区域概况

湖北省地跨东经 108°21'42"—116°07'50"、北纬 29°01'53"—33°16'47", 属北亚热带季风气候。秋冬季节干燥少雨, 地貌类型多样, 山地面积比例超过一半, 许多输电线路走廊难免跨越植被茂密的山区和林区, 林火已成为威胁 220 kV 及以上架空输电线路安全运行的重要因素。

### 三、数据及方法

#### 1. 数据源

本文使用的湖北卫星林火监测数据, 时间跨度为 2010—2014 年, 由 NOAA-15、NOAA-16、NOAA-17、NOAA-18、NOAA-19、FY-4D、FY-3A、MODIS 和 Terra 监测获得, 属性包括电力故障点所属行政区划、经纬度、地类、时间等, 共 3378 条记录, 其中 83% 监测点所在地类为林地, 0.98% 为灌木, 1.39% 为草地, 14.36% 为其他用地类型。辅助数据为湖北输电线路图。

#### 2. 方法简介

本文首先逐年统计、分析 2010—2014 年湖北电网在不同时间尺度内的林火数分布, 得到每年、每周及每日的林火高峰期, 以此时间规律为基础, 用 DB-SCAN (density-based spatial clustering of applications

收稿日期: 2015-05-05

作者简介: 陈孝明(1984—), 男, 博士, 工程师, 主要从事输变电设备状态分析及评价工作。E-mail: xmchen\_sgcc@163.com

with noise) 聚类算法找出不同林火高峰期内高密度聚集的林火点, 得到林火点高密度区域, 进一步分析得到湖北电网林火高风险区域及高火险线路段。

本文运用的 DBSCAN 经典聚类算法, 是一种基于密度的空间聚类方法, 它将簇定义为密度相连的点的最大集合, 并且有较强的抗“噪声”能力<sup>[4]</sup>。算法的目的是过滤低密度区域, 发现高密度样本点, 显著特点在于它可以发现任意形状的聚类簇, 而不同于凸形聚类簇, 可以更加客观地反映电网山火点的实际空间分布, 进行更为准确的划分。

#### 四、时空聚类分析

##### 1. 湖北电网山火灾害时间规律分析

湖北电网 2010—2014 林火数不同时间尺度下数量分布统计结果如图 1 所示。

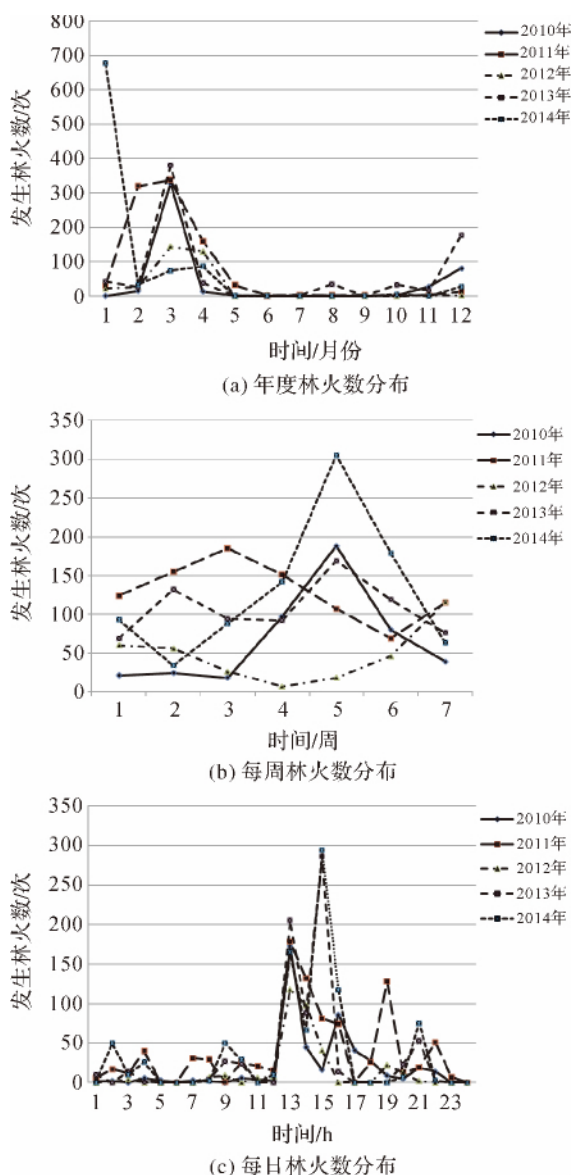


图 1 湖北电网 2010—2014 年不同时间尺度下林火数分布

根据图 1 的统计结果, 2010—2014 年湖北电网林火数在不同的时间尺度上均有明显高峰期。

##### (1) 年度分布规律

每年 12、1、2、3、4 月是林火发生的高峰期, 深入分析与此相关的自然因素和人为因素:

1) 自然因素: 12 月、1 月天气干燥、草木枯萎, 芦苇、茅草等易燃植物易被野火点燃。2—4 月降雨增多, 空气湿度变大, 秋冬累积的落叶枯草特别是含脂量高的针叶, 在潮湿状态下易发生缓慢氧化, 释放热量, 使得温度升高, 进一步加剧氧化发热, 如此循环下去, 容易引发自燃; 特别是在春雨过后, 烈日照射的条件下, 更容易加速自燃过程。且 20 世纪 90 年代特别是 1997 年以来, 湖北省暖干化现象明显<sup>[7]</sup>, 冬春季节趋向于干暖<sup>[8]</sup>, 这种气候变化是不利于林火防控的。

2) 人为因素: 一方面 2—4 月清明时节上坟祭祖烧香是普遍的民风民俗, 冬季过后留下的枯草在上坟期间稍有大意就很容易被点燃; 另一方面, 春耕开始, 人类活动增多, 一些农田靠近林地, 容易为森林带来人为火源。尤其要注意的是, 1、2 月份湖北有过年上坟祭祖的习俗, 小孩防火意识差, 在野外放鞭炮或玩火, 容易将枯叶杂草点燃, 引发林火, 进而影响输电线路。

##### (2) 周分布规律

每周周五林火数显著高于其他时间, 这可能与周五小学生开始放假、精神放松, 容易到农田、林地等易燃物多的地方玩耍, 带来火源, 以及周末休假时人们精神放松, 容易对林火疏忽大意有关。同时说明加强对群众的防火宣传教育工作是很有必要的。

##### (3) 日分布规律

每天 13:00—16:00 是林火发生的高峰期, 该时段环境干燥, 14 点左右是全天温度最高的时刻, 并且正是人们进行户外作业和活动的时段。根据农村习俗, 农民们往往在黄昏期间清理田地, 焚烧秸秆, 形成人为火源; 另外, 16:00 左右正逢小学生放学, 小孩山火防范意识薄弱, 易在农田、林地等易燃物多的地带产生火源危险点。

因此, 需在每年 2—4 月、12、1 月及每周、每日山火频发时间段加强山火监测, 密切关注各重要线路周边情况, 定期清理线路周边积累的落叶枯草和易燃废弃物, 加强对群众进行防火教育, 增强群众自觉保护输电线路的意识。此时间规律可作为进一步探索湖北电网林火空间规律的依据。

##### 2. 不同时间尺度下的湖北电网林火灾害空间规律分析

林火点密度较大的地区, 是林火高发区域, 易给

周围的输电线路走廊带来林火灾害,应当加大监控力度。仅凭感觉划分高密度区域会有较大误差,基于密度的 DBSCAN 聚类算法可以提供更为科学的划分方法。使用基于密度的 DBSCAN 聚类算法,通过多次试验对比,设置聚类半径为 25 km,核心点邻域内最小点数 MinPts 为 25 个时,分类既不过于分散,又可以得到面积合适的高密度区域,因此在后续试验中使用这两个参数对林火点进行空间聚类。

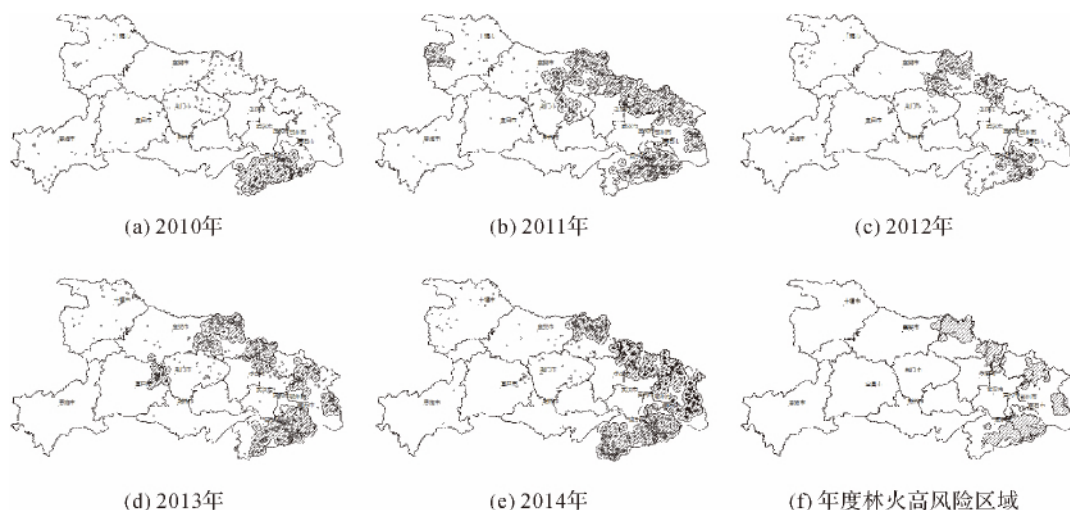


图2 年度高峰期林火点高密度区域

由图2(a) — (e)可以看出,就湖北总体而言,林火高密度区域在湖北环东北-东部-东南边界的几个市常年稳定出现,包括黄石、咸宁、孝感、随州、黄冈,其他地区偶有出现,无明显的增加或减少趋势,其中2011年、2013年和2014年林火高密度区域最符合湖北林火高密度区域的总体分布特征。因此通过空间分析的相交取2011年、2013年、2014年林火高密度区域的交集部分作为林火高风险区域,如图2(f)所示,阴影部分为林火高风险区域,这些区域森林覆盖率很高,如黄石和咸宁交界地带为山地,孝感市东北部属于亚热带常绿—落叶混交地带,桐柏山—大别山山地丘陵马尾松、青冈栎、落叶栎类林区,存在大面积可燃物。这些历年林火频发的区域,恶性循环导致山上长满大量长茅草,这些山体往往与农民田地相连<sup>[9]</sup>,极易引发林火,确定为林火发生的高风险区域,应作为每年12月至第二年4月防治林火的重点区域。气象方面,根据文献[10]中的统计,长期以来湖北环东北-东部-东南一带有气温升高、降水减少的气候变化趋势,这也是促成年度林火高峰期湖北林火高风险区域形成的原因。

划分年度林火高峰期湖北电网林火灾害高风险区域,可以指导开展差异化防林火治理工作,还可

### (1) 林火灾害年度高峰期空间规律分析

对湖北电网2010年至2014年12月、1—4月的林火监测数据逐年使用 DBSCAN 算法聚类,得到高密度聚集的林火点,对高密度聚集的林火点做半径为10 km的缓冲区,得到空间尺度上合适的林火点高密度区域(阴影部分),如图2所示。其中分散于阴影部分外的点是噪声点,即未高密度聚集的林火点。

进一步划分年度林火高峰期林火高风险线路段。通过空间分析,找出林火高风险区域内的线路段,作为林火高风险线路段,结果如图3所示。

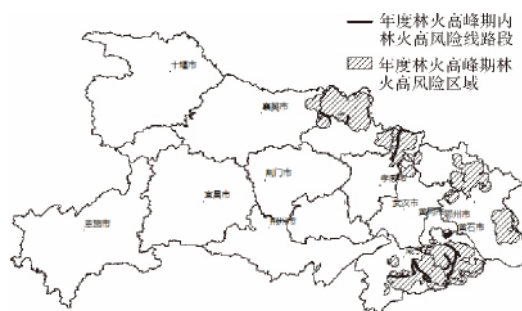


图3 年度林火高风险线路段

图3中黑色线段是林火高风险线路段,这些线路段处在林火高风险区域内,在防林火治理工作中应沿线排查引起林火多发的潜在因素,对周围群众的活动规律、线路段设计的防火水平等应详细了解,制定有针对性的林火预防措施,在年度林火高峰期应当格外重视,加强监控。

### (2) 林火灾害每周高峰期空间规律分析

每周周五是林火高峰期,对2010—2014年周五的林火点进行空间规律分析,方法与林火灾害年度



高峰期空间规律分析类似,如图 4 所示,(a) — (e) 分为林火高风险区域。阴影部分为每年周五林火点高密度区域,(f) 阴影部

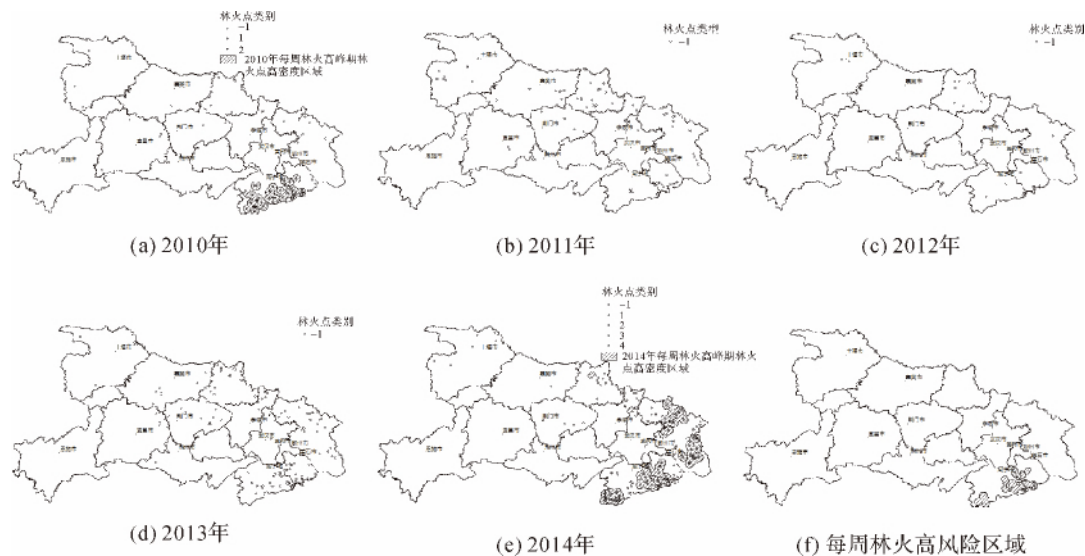


图 4 每周林火高峰期林火点高密度区域及林火高风险区域

由图 4 可知,2010—2014 年每周五累计林火点分布仅在 2010 年和 2014 年有明显聚集,2011—2013 年周五累计林火点经聚类发现均没有达到密度要求的聚类簇。取 2010 年和 2014 年林火高密度区域的交集,如图 4(f) 所示,周五的林火高风险区域集中在湖北省东南角——咸宁与黄石交界线以西、以东部分地区及咸宁西南部通城县的大部分地区。在对年度林火高峰期内林火空间规律进行分析时已经发现,黄石、咸宁交界线处多为山地,有大量可燃物,而年度的高峰期是以冬春季节的气候特征为主导的,周五是人类活动特征更强烈的时间段,因此周五的林火高风险区域的出现更多是由人为因素造成的。在周五的林火高风险区域内要格外注意排查引起林火多发的人为因素,对周边群众特别是小孩进行防火护林宣传教育,每周五对林火高风险区域加强巡视。

结合林火灾害高风险区域及湖北省输电线路图,通过空间分析,得到湖北电网每周林火高峰期内林火高风险线路段,如图 5 所示,黑色部分即为高风险线路段。这些线路段应提高其设备防火水平,在林火多发时期加强线下巡视。

### (3) 林火灾害每日高峰期空间规律分析

每日 13:00—16:00 是全天林火高峰期,2010—2014 年每日林火高峰期内林火点经 DBSCAN 聚类并做缓冲区分析得到林火高密度区域,如图 6(a) — (e) 阴影部分所示,其逐年分布情况类似于图 2。为得到较为全面又具有代表性的频繁性区域,对

2011 年、2013 年和 2014 年的林火高密度区域取其相交部分,得到(f) 所示的每日林火高风险区域。



图 5 每周林火高风险线路段

由图 6(f) 可知,湖北每日林火高风险区域的分布类似于每年林火高风险区域,在环湖北省东北部—东部—东南部集中分布,总体上无明显的增加或减少趋势,局部看集中在咸宁与黄石交界线东西两侧大片区域、黄冈东部偏南及中部偏北部分区域、随州北部大片区域、武汉北部与黄冈交界处小部分地区及黄石北部与鄂州交界处小部分地区。每日林火高风险区域基本包含于每年林火高风险区域中,由对每年林火高风险区域形成原因的分析可知,这些区域多为山地,存在大量可燃物,且每日 13:00—16:00 环境干燥、温度较高,人类活动多,对林火的防控是不利的。

结合林火灾害高风险区域图及湖北省输电线路图,通过空间分析,得到湖北电网每周林火高峰期内林火高风险线路段,如图 7 所示,黑色线段为每日林

火高峰期林火高风险线路段,每日 13:00—16:00 发生。  
应当密切关注这些线路段周边情况,严防林火的

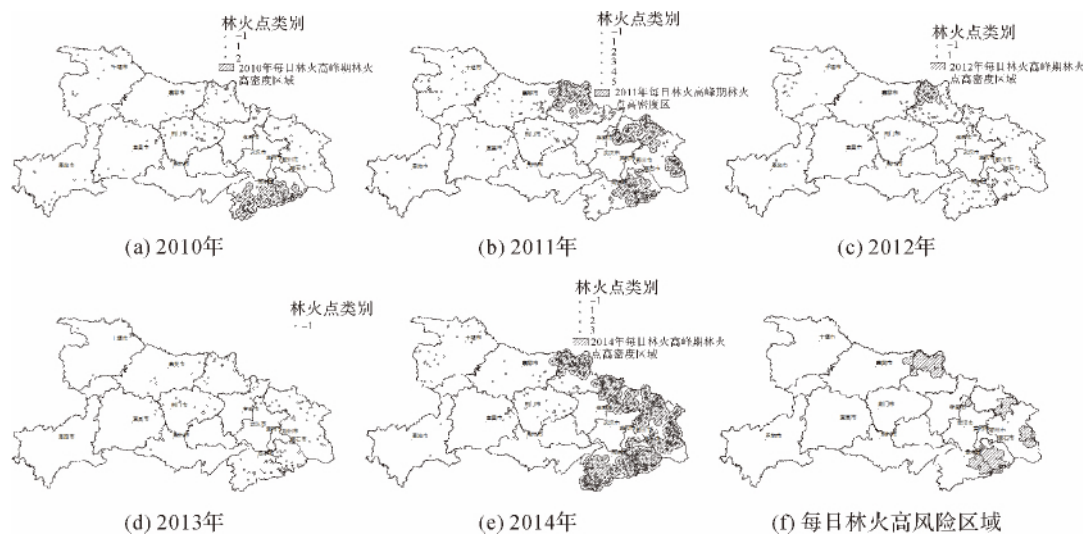


图6 每日林火高峰期林火点高密度区域及林火高风险区域



图7 每日林火高风险线路段

## 五、结束语

本文以 DBSCAN 经典聚类算法为主,对湖北电网林火卫星监测数据在不同时间尺度上进行了时空规律分析,发现了湖北电网林火发生的时空分布特点,发现每年林火高峰期为 1—4 月和 12 月,每周林火高峰期为周五,每日林火高峰期为 13:00—16:00,以及每种林火高峰期对应的林火高风险区域,并结合湖北省输电线路图得到了每种林火高峰期内的林火高风险线路段,为湖北电网防林火工作提供了决策支持,也使历史林火卫星监测数据中潜藏的知识得到了充分挖掘。

## 参考文献:

[1] 王昊昊,罗建裕,徐泰山,等. 中国电网自然灾害防御技术现状调查与分析[J]. 电力系统自动化, 2010, 34

(23): 5-10.

- [2] 乔朝飞. 大数据及其对测绘地理信息工作的启示[J]. 测绘通报, 2013(1): 107-109.
- [3] HAN J, KAMBER M. Data Mining: Concepts and Techniques[M]. San Francisco: Morgan Kaufmann, 2000.
- [4] SFORNA M. Data Mining in a Power Company Customer Database [J]. Electric Power Systems Research, 2000, 55(3): 201-209.
- [5] 王红斌,陈扬,高雅,等. 基于数据挖掘的预警技术在一体化输电设备监测中的应用研究[J]. 电网与清洁能源, 2014, 30(1): 55-58.
- [6] VERDU S V, GARCIA M O, SENABRE C, et al. Classification, Filtering and Identification of Electrical Customer Load Patterns through the Use of Self-organizing Maps [J]. IEEE Transactions on Power Systems, 2006, 21(4): 1672-1682.
- [7] 曹小雪,黄建武,揭毅. 近 52 年来武汉市气候变化特征分析[J]. 江西农业学报, 2014, 26(9): 80-85.
- [8] 汪高明. 湖北省近 47 年气温和降水气候特征分析[D]. 兰州: 兰州大学, 2009.
- [9] 朱昌成,胡丹晖,黄俊杰,等. 山火对湖北电网运行影响及其防治措施探讨[J]. 湖北电力, 2014, 38(8): 27-29.
- [10] 毕旭. 湖北省气温和降水的变化特征及其与地理因子的相关性分析[D]. 武汉: 华中师范大学, 2013.
- [11] 承达瑜. 空间型热点会商系统的动态服务计算研究[J]. 测绘学报, 2014, 43(9): 989.
- [12] 胡庆武,王明,李清泉. 利用位置签到数据探索城市热点与商圈[J]. 测绘学报, 2014, 43(3): 314-321.