

文章编号: 1673-8411(2019)01-0117-04

基于气象大数据的雷电灾害防御重点单位量化方法研究

王亚静¹, 魏映华¹, 王贇², 吴坚铃¹

(1. 广州市气象公共服务中心, 广州 510000; 2. 大连市防雷减灾中心 大连 116001)

摘要: 根据某市近十年闪电定位资料、三十年雷暴观测资料、土地利用类型、人口、经济、地形地貌和历年防雷装置检测情况及爆炸火灾危险场所等气象数据, 采用综合风险评估体系建立评价模型, 利用 AHP 法和特尔菲法结合确定指标权重。使用量化方法对雷电灾害敏感度高的行业和场所进行分类, 将雷电灾害防御重点单位进行量化评估, 按照等间距法划分出灾害防御等级。

关键词: 气象大数据; 雷电灾害防御; 重点单位; 量化方法

中图分类号: P49

文献标识码: A

Research on key unit quantization method of lighting disaster prevention based on meteorological big data

Wang Yajing¹, Wei Yinghua¹, Wang Yun², Wu Jianling¹

(1. Guangzhou Meteorological Public Service Center, Guangzhou Guangdong 510000;

2. Dalian Lighting Protection and Disaster Reduction Center, Dalian Liaoning 116001)

Abstract: According to the lightning location data in recent 10 years, 30-year thunderstorm observation data, land use types, population, economy, terrain, detection of lightning protection device, fire and explosion hazard sites, etc., this paper establishes an evaluation model by comprehensive risk assessment system, then chooses AHP method and Delphi method to determine the weights. The industries and areas with high sensitivity to lightning disaster are classified by quantitative method. In addition, the key units of lightning disaster prevention are evaluated quantitatively, and the disaster prevention levels are divided according to method of equal space.

Keywords: meteorological big data; lightning disaster prevention; key units; quantitative method

1 引言

雷电灾害风险受到土壤结构、地形地貌、产业结构分布、建(构)筑物等等因素影响, 如何划分雷电灾害危险等级, 对雷电灾害敏感度高的行业和场所进行分类评估、量化管理是迫切需要解决的问题。近年来, 个别地区已经开始尝试编制相关规范标准^[1-2], 如安徽省地方标准《雷电灾害风险区划技术规范》。还有一些学者^[3]对雷电灾害分级方法做了研究, 并提出了一些量化研究方法, 这些理论基础都为雷电灾害防御重点单位的量化研究提供了技术支持。但是上述对于雷电灾害风险区划的研究方法中很少见有分析爆炸

火灾危险环境因子和防雷装置检测情况的论述, 仍然缺乏对特殊的气象、气候、地理、地质、人口、经济等情况差异的量化研究。当前, 已经开启了智慧气象的发展, 随着大数据探索研究的深入, 在数据挖掘与应用方面, 使得利用大数据来确定雷电灾害防御重点单位变为可能。未来, 利用物联网、无人机、量子计算机、微小卫星等多种科技手段, 开启智慧防雷新篇章^[4-6]。

2 资料与方法

2.1 资料来源

某市闪电定位系统探测数据(2006-2016年);

收稿日期: 2019-01-12

作者简介: 王亚静(1983-), 女, 硕士, 工程师, 主要从事气象服务及防雷检测工作。

国家基本观测站气象观测数据(1986–2016年);大连市气象局统计灾害数据和《中国雷电灾害实例汇编》(2000–2016年);中国科学院资源环境科学数据中心数据、大连市统计局和《大连市年鉴》(土地利用类型、人口、GDP数据、DEM数据和行政区划资料);防雷装置情况和爆炸火灾危险场所数据来源于现场踏勘。

2.2 使用方法

雷电灾害防御重点单位数学模型采用的是综合风险指数模型^[7-8]指标因素级的风险矩:
$$R = \sum_{i=1}^m W_i F_i$$
。式中 W_i 为指标权重,表示灾害风险发生的后果等级, F_i 为指标特征值,表示该指标风险发生的可能性,且 $\sum_{i=1}^m W_i = 1$ 。由于多层次结构,需要根据评估指标分级层次,把每一类中的因素进行评价,然后逐级求和,最后进行类之间的高层次综合评估。由于各指标之间量纲不同,需要对所有数据进行统一标准化处理,选择极值标准化方法,按照正向指标与逆向指标分别处理。在确定各指标因素权重方面采用层次分析法和特尔菲法^[9-14]。利用 GIS 空间分析法和图层叠法完成各图层叠加与渲染,实现精细化灾害风险的可视

化制图表达,最终形成绘制出雷电灾害防御重点单位分布图。

3 结果与分析

3.1 雷电灾害防御重点单位模型

本文借鉴美洲计划等国内外多种城市灾害风险指标体系^[15-19],建立了基于大数据的雷电灾害防御重点单位确定的指标体系。

雷电灾害防御重点单位风险 = 致灾因子 × 历史灾情 × 承灾体脆弱性 × 抗灾恢复力 × 雷电灾害防御能力 × 历年检测结果评价 × 场所生产经营因子 × 环境修正因子。

3.2 确定指标分级

指标分为定量指标和定性指标两种。定量指标包含地闪密度、闪电强度、雷暴日、灾害频数、伤亡人数、地形、土壤、人口密度、经济密度、周边环境;其余为定性指标。其他指标的分级方法主要是根据灾害评估模型,统计气象大数据,结合专家打分和经验对指标进行了等级划分,其中逆向指标为土壤电阻率和经济密度,其余为正向指标;为了消除各指标间的差异,将其归一化处理,统一到无量纲特征值下,结果如表 1 和表 2 所示:

表 1 雷电灾害定量指标分级体系

分级标准	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
雷电流强度 (kA)	[31.92, 46.08)	[46.08, 63.96)	[63.96, 87.61)	[87.61, 126.45)	[126.45, +∞)
地闪密度 (次/(Km ² ×a))	[0, 0.5)	[0.5, 1.0)	[1.0, 1.5)	[1.5, 2.0)	[2.0, +∞]
雷暴日 (d/a)	[15, 18)	[18, 20)	[20, 22)	[22, 24)	[24, +∞]
雷灾频数 (起/a·Km ²)	[0, 10)	[10, 15)	[15, 20)	[20, 25)	[25, +∞]
灾害伤亡人数 (人/a·Km ²)	[0, 1)	[1, 2)	[2, 3)	[3, 4)	[4, +∞]
土壤电阻率 (Ω·m)	[0, 200)	[200, 500)	[500, 1000)	[1000, 2000)	[2000, +∞]
经济密度 (万元/Km ²)	[0, 500]	[500, 1000]	[1000, 2000]	[2000, 3000]	[3000, +∞]
人口 (百人/Km ²)	[0, 1.0)	[1.0, 2.0]	[2.0, 3.0]	[3.0, 4.0]	[4.0, +∞]
危化场所密集度 (个数)	[0, 1)	[1, 2)	[2, 3)	[3, 5)	[5, ∞]
高程差 (m)	[0, 1)	[1, 3)	[3, 6)	[6, 9)	[9, ∞]

3.3 指标权重的确定

采取层次分析法来确定指标权重,确定雷电灾害风险区划评价体系和雷电灾害防御重点单位评价体系,主要按照以下方法确定:建立层次结构,以框架结构说明各层次之间的从属关系,构造判断矩阵;通过专家打分,将某一层中的要素与高一层要素之间的相对重要程度用矩阵表示;计算层次单排序权重;计算层次总排序权重。以雷电灾害风险因子权重计算为例进行说明,构造判断矩阵为 0.44, 0.22, 0.22, 0.11, 计算相应的权重近似为: 1.78, 0.89, 0.89, 0.44。最后

将其通过一致性检验,计算判断矩阵一致性指标 CI 为 0,判断矩阵的随机一致性指标 RI 为 0.9,则判断矩阵的随机一致性比值 CR=0,满足不大于 0.1 的条件,一致性较好,如表 3。结果表明,雷电灾害风险权重选取合理可靠。使用同样方法计算其他指标权重,得出雷电灾害防御重点单位指标权重集合。

4 雷电灾害防御重点单位风险等级标准

雷电灾害防御重点单位风险等级 R 的划分,主要是根据最终的 R 综合评判值的计算结果转换

表 2 雷电灾害定性指标分级体系

分级标准	I 级	II 级	III级	IV级	V 级
地貌名称	草地、林地、旱地	其他建设用地	农村居民点	城镇用地	湖泊附近, 水田, 水域, 沼泽, 滩地
接闪效果 (保护范围)	[95%, 100%)	[85, 95%)	[70, 85%)	部分设施有接闪功能	无接闪器
引下线 (不合格率)	0	10%	[10%, 20%)	[20%, 30%)	[30, 100%)
接地效果 (接地电阻值)	合格, 且土壤电阻率小于 200 Ω.m	合格, 土壤电阻率介于 200-500 Ω.m 之间	不大于 10%, 或土壤电阻率大于 500 Ω.m	大于 10% 至 20%	大于 50%
屏蔽效果	均有屏蔽层, 且屏蔽层电阻 $RS \leq 1 (\Omega/km)$ 。	均有屏蔽层, 且屏蔽层电	均有屏蔽层, 且屏蔽层	均有屏蔽层, 且屏蔽层	无屏蔽措施
浪涌防护水平	比 LPLI 的要求更好时	LPL 为 I 级的 SPD	LPL 为 II 级的 SPD	LPL 为 III-IV	无匹配的 SPD 保护
等电位连接	措施完善	有少数不合格	部分不合格	大部分不合格	无措施
场所经营类型因子	小型加油、加气站常见危化场所	学校、码头、车站等人员密集场所	化学品仓库	油库、气库	弹药库
雷电监测	专业气象服务对象, 有完	专业服务对象, 预警预	不是专业服务对象,	不是专业服务对象	不是专业服务对象,
预警水平	善的雷电监测预警预报体系	报体系较健全	预警预报体系较健全	预警预报体系较健全	无预警预报体系
检测管理水平	有完善的防雷安全管理制度应急制度	有较完善的防雷安全管理制度和应急制度	有一定的防雷安全管理制	有一定的防雷安全管理制	无防雷安全管理制度和防雷安全责
无量纲特征值	1/5	2/5	3/5	4/5	1

表 3 雷电灾害防御重点单位指标权重

目标层	权重	准则层 1	权重	方案层 1	权重	方案层 2	在本层次中权重	在指标体系中权重
雷电灾害防御重点单位	1	雷电灾害风险	0. 21	至灾因子	0. 55	雷暴日	0. 17	0. 020
						地闪密度	0. 5	0. 058
						雷电流强度	0. 33	0. 038
				历史灾情	0. 27	灾害频数	0. 5	0. 028
						伤亡人数	0. 5	0. 028
						地形数据	0. 1	0. 004
						地貌数据	0. 1	0. 004
				孕灾环境	0. 18	土壤数据	0. 17	0. 006
						周边环境	0. 19	0. 007
						经济密度	0. 23	0. 009
		雷电灾害防御能力	0. 14	直接雷防护	0. 48	人口密度	0. 23	0. 009
						接闪效果	0. 33	0. 022
						引下线情况	0. 33	0. 022
						接地效果	0. 33	0. 022
						屏蔽效果	0. 33	0. 011
				感应雷防护	0. 24	浪涌保护器	0. 33	0. 011
						等电位情况	0. 33	0. 011
		场所经营类型因子	0. 65	雷电监测预警水平		0. 12		0. 017
				检测管理水平		0. 16		0. 022
								0. 650

成百分数, 分为低、较低、中度、高和极高五个风险等级。各等级的危险程度和评分等级如表4。

采取三角函数法和 10 名专家评判打分法相结合, 将所有数据代入评价模型, 将雷电灾害风险

指标代入预设模型, 引入特征变量, 将所有数据处理成 3km×3km 网格数据, 最后通过图层叠至使用 GIS 技术绘制出某市雷电灾害风险区划图, 如图 1。

表 4 雷电灾害风险等级标准

风险级别	风险程度	评分等级 (G)
一级	低	[0, 20]
二级	较低	[20, 40]
三级	中度	[40, 60]
四级	高	[60, 80]
五级	较高	[80, 100]

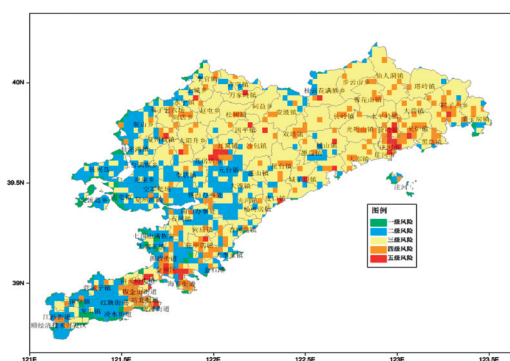


图 1 某市雷电灾害风险区别图

通过引入气象大数据及相关因子, 代入雷电灾害防御重点单位模型, 对全市危化场所进行评估, 得出某市雷电灾害防御重点单位分布矢量图, 如图 2。

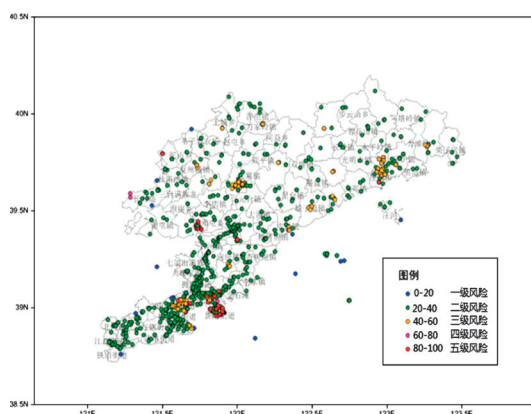


图 2 某市雷电灾害防御重点单位分布图

5 结论

(1) 采用大数据统计分析, 用历史反推法来研究完成某市精细化雷电灾害风险区划, 形成 $3\text{km} \times 3\text{km}$ 矢量网格图, 高风险区域精确至街道。有效解决评估尺度大 (基于行政单元) 的问题, 有利于精细化定位雷电灾害风险。

(2) 打破传统模式采取经验或管理办法来确定雷电灾害重点防御单位的方法, 利用大数据, 采用量化评估方法, 选择多个评估指标, 建立包含气象、气候、地理、地质、人口、经济、行业自身特点和主动防御手段等情况在内的评估体系

和方法得出雷电灾害防御重点单位。

(3) 使用模糊数学与层次分析法确定雷电灾害防御重点单位, 能够解决目标结构较为复杂、界限不分明、且缺乏统计数据的问题, 能够将经验判断转化为量化, 实现量化评估与管理雷电灾害重点防御单位, 增加决策依据。

参考文献:

- [1] 中国气象局. QX/T405-2017, 雷电灾害风险区划技术指南[S]. 北京: 气象出版社, 2017.
- [2] 中国气象局. QX/T336-2016, 气象灾害防御重点单位气象安全保障规范[S]. 北京: 气象出版社, 2017.
- [3] 王赞, 满永恒, 王洪祥. 基于层次分析法的大连区域雷灾易损性评价[J]. 气象科技, 2014, 42(4): 702-706.
- [4] 仲杰. 浅谈如何做好防雷重点单位的安全监管工作[J]. 资源环境, 2017, 34(17): 140.
- [5] 刘敦训, 邱宗旭, 罗意澜, 等. 深圳雷电灾害防护现状及重点单位认证管理机制探索[J]. 山东工业技术, 2015, (7): 280-282.
- [6] 姬丹. 气象大数据结合行业需求精准服务[J]. 气象科技进展, 2017, (1): 56-57.
- [7] 杨超, 赵丽娟. 模糊综合评判法在厦门市雷电灾害风险区划中的应用[J]. 气候与环境研究, 2011, 16(6): 774-778.
- [8] 袁匡晓, 高朋会, 王红娟. 模糊综合评判区域承灾体脆弱性的理论模型[J]. 灾害学, 2003, 18(3): 20-23.
- [9] 林念萍, 吴荣军, 王小英, 等. 基于层次-灰色关联分析法的闪电灾害风险区划[J]. 南京信息工程大学学报, 2014, (2): 169-174.
- [10] 刘平英, 周清倩, 胡颖, 等. 近12年云南省云地闪活动变化及雷电灾害时空分布特征[J]. 气象研究与应用, 2018, 39(3): 86-91.
- [11] 郭媛, 吴量, 何宽, 等. 基于层次分析法的广西雷灾风险区划[J]. 气象研究与应用, 2018, 39(2): 108-113.
- [12] 陈哲, 吴海, 张茂华, 等. 影响海南岛雷电灾害的因素探讨[J]. 气象研究与应用, 2017, 38(2): 81-85.
- [13] 沈海波, 陈贻亮, 罗毅坚, 等. 梧州市雷电灾害变化特征的分析[J]. 气象研究与应用, 2017, 38(3): 125-128.
- [14] 李韬, 奚广平, 黄远盼, 等. 贺州市雷电灾害风险区划及防御研究[J]. 气象研究与应用, 2016, 37(2): 96-99.
- [15] 陈易昕, 殷启元, 戴巍, 等. 2016年广州地区雷灾特征的综合分析[J]. 广东气象, 2018, 40(2): 62-64.
- [16] 张春燕, 黄延刚, 陈易昕. 2008—2012年广东省雷电灾害特征的分析[J]. 广东气象, 2015, 37(3): 63-65.
- [17] 吕海勇, 李文飞, 吴坚. 1995—2014年广东省雷电灾害事故的统计分析[J]. 广东气象, 2015, 37(6): 52-55.
- [18] 曾庆锋, 徐栋璞, 江鉴, 等. 2013—2016年深圳雷电路活动和雷灾特征的分析[J]. 广东气象, 2017, 39(6): 36-39.
- [19] 郑伟杰, 黄晓东, 徐碧裕, 等. 江门市气象灾害特征及影响分析[J]. 广东气象, 2016, 38(2): 46-49.