



# 层次分析法和 GIS 技术在河南省雷电灾害风险区划中的应用

## 摘要

根据自然灾害风险评估理论,利用闪电定位资料、地理信息数据、社会经济数据以及雷电灾情等数据,采用层次分析法(AHP法),从致灾因子的危险性、承灾体的暴露度和承灾体的脆弱性方面,研究雷电灾害风险评估及区划方法,建立起评价指标与风险评估的定量关系,形成了河南省雷电灾害风险评估的方法。同时,结合GIS技术,形成了致灾因子危险性分布图、承灾体的暴露度分布图和承灾体的脆弱性分布图,最终叠加形成河南省雷电灾害综合风险区划图。区划结果表明:高风险区主要位于豫东和豫西北大部分地区,低风险区主要位于豫北和豫西南部分地区。

## 关键词

层次分析法;GIS技术;雷电灾害;风险区划

中图分类号 P429

文献标志码 A

收稿日期 2018-10-21

资助项目 2018年度河南省气象局科研基金(KM201827)

## 作者简介

程丽丹,女,硕士,工程师,主要从事雷电防御工作。158107010@qq.com

## 0 引言

雷电灾害是一种严重的自然灾害,能够造成人畜伤亡、建筑物损坏和电子设备受损,还可能诱发火灾和爆炸等次生灾害<sup>[1]</sup>。目前对雷电灾害的研究以雷电防护技术为主,如雷电起电机理、雷电产生过程等,而雷电现象的大气物理机制研究则为雷电预报预警和防雷减灾工作提供了基础理论支持。然而雷电灾害风险评估和预警研究还没有形成一个系统的理论体系或评估方法,就目前的预报水平而言,还不能实现雷电的精确预报。因此,雷电灾害评估与区划对防雷减灾具有重要意义,雷电灾害评估和预警也将成为雷电研究的热点<sup>[2]</sup>。

2010年4月1日起实施的《气象灾害防御条例》规定:“县级以上地方人民政府应当组织气象等有关部门对本行政区域内发生的气象灾害的种类、次数、强度和造成的损失等情况开展气象灾害普查,建立气象灾害数据库,按照气象灾害的种类进行气象灾害风险评估,并根据气象灾害分布情况和气象灾害风险评估结果,划定气象灾害风险区域。”因此,划定以雷电灾害数据库为基础的雷电灾害风险区域是履行气象主管机构行政职能的迫切需要。通过雷电灾害风险区划,可以为气象灾害综合风险区划充实内容,并为气象灾害防御规划的编制奠定必要基础。

近年来,随着闪电定位系统的建立,雷电观测由人工观测转变为自动观测,雷电风险区划更多地开始采用闪电定位系统资料作为基础研究数据。相关文献确定风险区划指标权重的方法主要有“经验法”、“专家打分”及“层次分析法”等<sup>[3-8]</sup>,其中,层次分析法能更加明确各指标所起作用的差异性。根据自然灾害系统理论和自然灾害风险评估理论对雷电进行风险区划研究相对较少,而关于雷电灾害风险区划的研究也大多是以县为单元的分析<sup>[9-11]</sup>,精细化程度不高。随着GIS技术的飞速发展,地理信息数据在气象领域发挥着越来越广泛的应用,把GIS技术用于气象灾害风险区划中,将大大提高气象灾害风险区划的准确性。本文把层次分析法和GIS中栅格分析应用于河南省雷电灾害风险区划中,使权重确定更为科学,栅格化的风险区划分析更为精细。

河南地处中纬度地带,位于我国的中东部,地形复杂,有山地、平

<sup>1</sup> 河南省气象灾害防御技术中心(河南省防雷中心),郑州,450003

原、丘陵等.河南地跨暖温带和北亚热带两大自然单元,处于我国东部季风区内,四季分明、雨热同期、气候复杂多样,雷电是常见的气象灾害之一,每年都会造成较大的经济损失和人员伤亡<sup>[11]</sup>.为了有效规避风险,达到优化资源配置,并为防灾减灾工作提供理论支持,开展雷电灾害风险区划研究是非常必要的.

## 1 资料来源与归一化处理

### 1.1 数据来源

本文使用的资料有:1)闪电资料来源于中国科学院空间科学与应用研究中心提供的ADTD闪电监测定位资料(2007—2017年),其19个ADTD闪电监测定位系统探测子站(雷击探测仪)分布于河南省不同地理位置;2)人口经济数据来源于《河南省统计年鉴2017》发布的2016年统计数据;3)雷灾资料(2007—2017年)来源于河南省各市记录上报的雷电灾害事故,由人工统计;4)地理信息数据包括地面高程、行政区划、土壤电导率、土地利用等数据均来源于河南省气象科学研究所.

### 1.2 多种资料归一化处理

雷电灾害风险区划需要对多种指标进行加权综合,为了消除各指标的量纲差异,对每一个指标值进行归一化处理,各指标归一化计算公式为

$$D_{ij} = 0.5 + 0.5 \times \frac{A_{ij} - \min_i}{\max_i - \min_i}, \quad (1)$$

其中 $D_{ij}$ 是 $j$ 站(格)点第 $i$ 个指标的归一化值, $A_{ij}$ 是 $j$ 站(格)点第 $i$ 个指标值, $\min_i$ 和 $\max_i$ 分别是第 $i$ 个指标值中的最小值和最大值.

## 2 雷电灾害风险区划的理论和方法

### 2.1 区划模型的建立

自然灾害风险指若干年内可能达到的灾害程度及其发生的可能性.一般而言,自然灾害风险是危险性、暴露性和脆弱性相互综合作用的结果.根据标准自然灾害风险数学公式,结合雷电灾害风险概念框架,利用加权综合评价法(WCA)和层次分析法(AHP),建立如图1所示雷电灾害风险指数模型.

$$I_{LDR} = (H^\alpha) \times (E^\beta \times F^\gamma), \quad (2)$$

$$H = (L_d^\delta + L_n^\epsilon) \times (S_c^\xi + E_h^\eta + T_r^\theta), \quad (3)$$

$$E = P_d^\kappa + G_d^\lambda, \quad (4)$$

$$F = Q_1^\mu + M_1^\nu + (1 - P_c)^\nu, \quad (5)$$

其中: $I_{LDR}$ 为雷电灾害风险指数(其量值记为 $I_{LDR}$ ); $H$ 为致灾因子危险性, $\alpha$ 为致灾因子危险性权

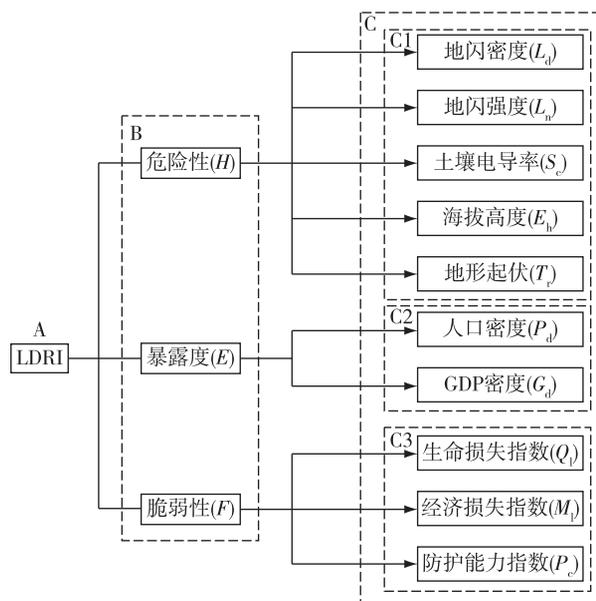


图1 雷电灾害风险区划层次模型

Fig.1 Hierarchical model of lightning disaster risk zoning

重; $E$ 为承灾体暴露度, $\beta$ 为承灾体暴露度权重; $F$ 为承灾体脆弱性, $\gamma$ 为承灾体脆弱性权重; $\delta$ 、 $\epsilon$ 、 $\xi$ 、 $\eta$ 、 $\theta$ 、 $\kappa$ 、 $\lambda$ 、 $\mu$ 、 $\nu$ 分别为相应指标的权重.

### 2.2 AHP法

雷电灾害风险区划的关键是指标及其权重的确定.目前在风险区划中确定权重最广泛也最理想的是AHP法(层次分析法),它是一种定性分析和定量分析有机结合在一起的系统分析和决策的新方法<sup>[12]</sup>.用AHP法进行分析主要有以下几个步骤:

1)建立层次结构模型:将问题所包含的因素分层,可以划分为最高层、中间层、最低层.最高层表示解决问题的目的;中间层是为实现总目标而采取的措施、方案、政策,一般分为策略层、约束层、准则层等;最低层是用于解决问题的各种措施、政策、方案等.

2)构造判断矩阵:建立递阶层次结构之后,就需要对处于上层某一元素支配的所有元素构造两两比较判断矩阵.

3)标度的确定:层次分析方法在建立判断矩阵时所用的标度有多种形式,本文采用Saaty<sup>[13]</sup>提出的1~9之间整数及其倒数比例标度法进行标度.

4)层次单排序和层次总排序:解出标度后的判断矩阵的最大特征值 $\lambda_{max}$ 及其对应的特征向量,并对特征向量进行标准化处理,这一过程称为层次单排序,标准化的特征向量就是该层次的指标权重;层次总排序就是层次单排序的加权组合,即该层指标

权值与上一层指标权值的乘积.

5) 一致性检验:当矩阵的阶数大于3时,可能会出现矩阵计算结果的非一致性,此时必须对判断矩阵进行一致性检验.一致性检验指标为  $C_1 = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$ ,其中, $n$ 为判断矩阵的阶数.而一致性比例为  $C_R = C_1/R_1$ ,其中  $R_1$  是平均随机一致性指标.当  $C_R < 0.1$  时,判断矩阵有较好的一致性.

### 2.3 权重的确定

由图1雷电灾害风险区划层次模型可以看出,计算每个指标的权重,共需建立4个判断矩阵,分别是A-B矩阵、H-C1矩阵、E-C2矩阵、F-C3矩阵,其中E-C2矩阵是二阶矩阵,本文采用熵值法判断其权重,人口密度的权重为0.359,GDP密度的权重为0.641.致灾因子危险性矩阵H-C1及其一致性检验结果如表1所示.其中一致性比例  $C_R < 0.1$ ,说明该判断矩阵具有较好一致性.

承灾体的脆弱性矩阵F-C3及其一致性检验结果如表2所示.其中一致性比例  $C_R < 0.1$ ,说明该矩阵具有较好一致性.

雷电灾害风险指数矩阵A-B及其一致性检验结果如表3所示.其中一致性比例其中一致性比例  $C_R <$

0.1,说明该矩阵具有较好一致性.

计算出各层次判断矩阵中指标的单层次排序(即单层次权重)后,需要进行层次总排序,即计算同一层次所有因素对于最高层次的相对重要性.如表4所示,计算所得权重表示各指标在总评估过程中的相对重要性.

## 3 雷电灾害风险分析及区划

### 3.1 Arcgis 的运用

目前有很多灾害管理与评估系统是以GIS为基础而集成的.地理信息系统(GIS)在空间数据的分析和具有强大优势,因此本文借助Arcgis平台,对河南省雷电灾害风险进行空间区划分析.具体步骤如下:

1)沿河南省行政边界将河南省地区划分为约1.8万个方形网格,网格大小为  $0.03^\circ \times 0.03^\circ$ .统计网格内的地闪频次,除以资料年限,得到网格内的地闪密度,并进行归一化和插值处理,形成地闪密度栅格数据.

2)采用分位数法将地闪强度划分为5个等级,利用Arcgis中的捕捉栅格功能,按照式(6)计算网格内的地闪强度,形成地闪强度栅格数据.

表1 H-C1矩阵特征向量及一致性检验结果

Table 1 The H-C1 matrix eigenvectors and consistency test results

致灾因子危险性	地闪密度	地闪强度	海拔高度	土壤电导率	地形起伏	标准化特征向量	计算结果
地闪密度	1	3	7	7	8	0.534	$\lambda_{\max} = 5.2$
地闪强度	1/3	1	5	5	5	0.273	$C_1 = 0.05$
土壤电导率	1/7	1/5	1	1	3	0.079	$R_1 = 1.12$
海拔高度	1/7	1/5	1	1	1	0.064	$C_R = 0.045 < 0.1$
地形起伏	1/8	1/5	1/3	1	1	0.050	

表2 F-C3矩阵特征向量及一致性检验结果

Table 2 The F-C3 matrix eigenvectors and consistency test results

承灾体脆弱性	生命损失指数	经济损失指数	防护能力指数	标准化特征向量	计算结果
生命损失指数	1	5	7	0.731	$\lambda_{\max} = 3.065$
经济损失指数	1/5	1	3	0.188	$C_1 = 0.032$
防护能力指数	1/7	1/3	1	0.081	$C_R = 0.062 < 0.1$

表3 A-B矩阵特征向量及一致性检验结果

Table 3 The A-B matrix eigenvectors and consistency test results

雷电灾害风险指数	致灾因子危险性	承灾体暴露度	承灾体脆弱性	标准化特征向量	计算结果
致灾因子危险性	1	2	7	0.592	$\lambda_{\max} = 3.014$
承灾体暴露度	1/2	1	5	0.333	$C_1 = 0.007$
承灾体脆弱性	1/7	1/5	1	0.075	$R_1 = 0.52$
					$C_R = 0.014 < 0.1$

表4 各指标在总评估中的权重

Table 4 Weights of indicators in total assessment

雷电灾害 风险指数	致灾因子危险性 (权重 0.592)	承灾体暴露度 (权重 0.075)	承灾体脆弱性 (权重 0.333)	权重
地闪密度	0.534			0.316
地闪强度	0.273			0.162
土壤电导率	0.079			0.047
海拔高度	0.064			0.038
地形起伏	0.050			0.029
人口密度		0.359		0.027
GDP 密度		0.641		0.048
生命损失指数			0.731	0.121
经济损失指数			0.188	0.138
防护能力指数			0.081	0.074

$$L_n = \sum_{i=1}^5 \left( \frac{i}{15} \times F_i \right), \quad (6)$$

式中: $L_n$  为地闪强度, $F_i$  为雷电流幅值为  $i$  等级的地闪频次的归一化值。

3)对土壤电导率资料、高程资料和土地利用资料进行插值处理,形成归一化的土壤电导率栅格数据.其中土地利用数据按表5进行赋值。

表5 防护能力指数赋值标准

Table 5 Criteria for assignment of protection capability index

土地利用类型	建设用地	农用地	未利用地
防护能力指数	1.0	0.6	0.5

4)采用“邻域分析”工具对高程数据进行处理,计算以目标栅格为中心、大小为  $0.03^\circ \times 0.03^\circ$  栅格的方形范围内高程的标准差,形成归一化的地形起伏栅格数据。

5)对于人口密度、GDP 密度、生命损失指数、经济损失指数等以县域为单元的矢量数据,采用“要素转栅格”工具转换为  $0.03^\circ \times 0.03^\circ$  的栅格数据。

6)将每个栅格内经过处理后的 10 项因子和表 4 计算出的权重代入式(3)—(5),即得出河南省各  $0.03^\circ \times 0.03^\circ$  栅格内的致灾因子危险性、承灾体暴露度和承灾体脆弱性指数;再利用 Arcgis 中的 Kriging 法将各指数插值成全省范围内的栅格面状数据;最后采用分位数法进行等级划分,得到河南省致灾因子危险性分布图、承灾体暴露度分布图和承灾体脆弱性分布图。

7)利用式(2)和已得到的致灾因子危险性指数、承灾体暴露度指数和承灾体脆弱性指数,最终得到全省 1.8 万个栅格内的雷电灾害风险指数.利用

Arcgis 中的分位数法将全省雷电灾害划分为 4 个风险区,得到河南省雷电灾害风险区划图。

### 3.2 致灾因子的危险性分析

致灾因子是指可能导致灾害发生的危险源<sup>[14]</sup>.由表4的权重系数可知,致灾因子的危险性主要来自地闪密度和地闪强度的影响,权重系数分别为 0.534 和 0.273,闪电频次多、强度大更容易造成雷灾.土壤电导率、海拔高度和地形起伏相对影响较小,权重系数分别为 0.079、0.064 和 0.050.根据式(3)计算出全省的致灾因子的危险性  $H$  指标范围为(3.381,4.573).本文采用分位数法将脆弱性指标分为 4 级:低危险性(3.381,4.338]、中危险性(4.338,4.394]、高危险性(4.394,4.455]、极高危险性(4.455,4.573)。

如图2所示:河南省雷电致灾因子极高危险区主要分布在豫东和濮阳大部分地区;高危险区主要分布在豫西北、豫中和信阳的部分地区;中危险区和低危险区主要分布在豫西南以及郑州和焦作、新乡的交界延伸至开封和新乡的交界处,及其他的一些零星分布。

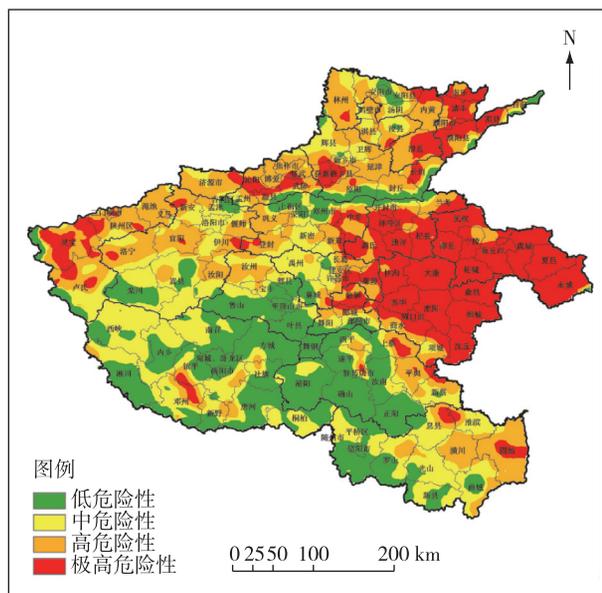


图2 河南省雷电灾害致灾因子危险性分布

Fig. 2 Distribution of disaster-inducing factors of thunder and lightning over Henan province

### 3.3 承灾体暴露度分析

承灾体的暴露度是指暴露在致灾因子影响范围内的承灾体数量或者价值.雷电造成的损失与地方人口、地方经济密切相关,人口越密集、经济越发

达的地区暴露度会越高.由表 4 可知人口密度和 GDP 密度的权重分别为 0.359 和 0.641,根据式(4)计算出全省的承灾体暴露度指标  $E$  的范围为(1.948 7,1.975 5).本文采用分位数法将脆弱性指标分为 4 级:低暴露度(1.948 7,1.949 3]、中暴露度(1.949 3,1.950 0]、高暴露度(1.950 0,1.950 7]、极高暴露度(1.950 7,1.975 5).

如图 3 所示:河南省雷电承灾体的极高和高暴露度地区主要分布在豫中偏西北,以郑州为中心一些地区,以及各地市的市区;中暴露度地区主要分布在从豫北到豫东的大部分地区和其他地区的一些不连续分布等;低暴露度地区主要分布从豫西到豫南的大部分地区.

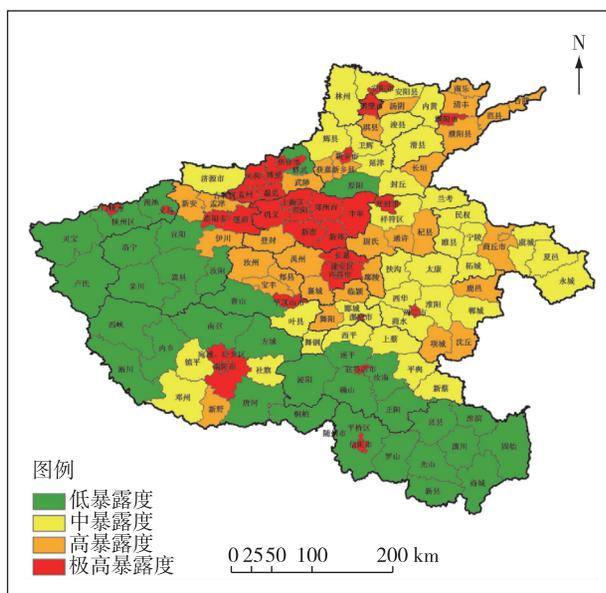


图 3 河南省雷电灾害承灾体暴露度分布

Fig. 3 Distribution of exposure of hazard-affected body of thunder and lightning over Henan province

### 3.4 承灾体脆弱性分析

承灾体的脆弱性是指面对自然灾害袭击时易于受灾的程度,它是能够反映防灾减灾能力的一项指标.本文把河南省历史雷灾中的生命损失、经济损失和土地利用指数作为影响脆弱性的分析指数.由于土地利用类型中建设用地、农用地和未利用地对雷电的防护能力差别很大,一般建设用地大多具有雷电防护装置,防护能力会高一些.农用地(耕地、草地、林地、农村居民点)防护能力会相对较弱,而未利用地则没有防护能力.由表 4 可知生命损失指数、经济损失指数和土地利用指数的权重系数分别为 0.731、0.188 和 0.081,根据式(5)计算出全省的承

灾体脆弱性指标  $F$  的范围为(1.863,2.881).本文采用分位数法将脆弱性指标分为 4 级:低脆弱性(1.863,2.777]、中脆弱性(2.777,2.781]、高脆弱性(2.781,2.797]、极高脆弱性(2.797,2.881).

如图 4 所示:河南省雷电承灾体的极高脆弱性区位于豫西北太行山和王屋山沿线的安阳、新乡西部、焦作、济源和洛阳部分地区,以及豫中以漯河地区为中心一些不连续分布的县域;高脆弱性区分散于全省除濮阳和漯河以外的各个地区;中脆弱性地区除豫西北较少外,其他地区都有分布;低脆弱性地区位于以郑州为代表的各地市市区.

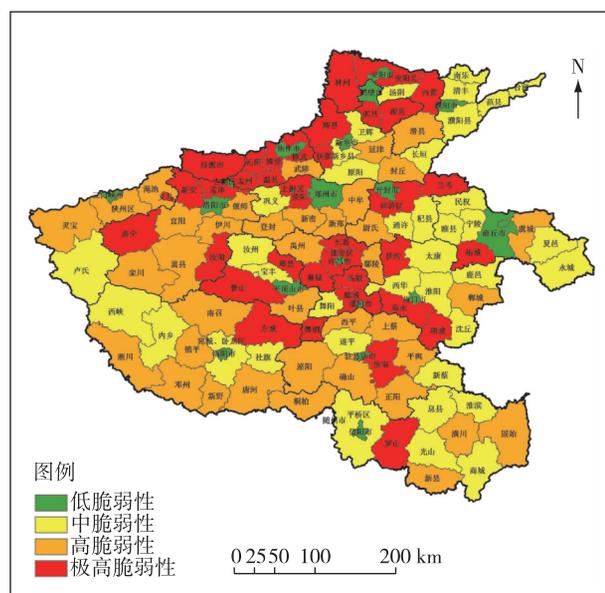


图 4 河南省雷电灾害承灾体脆弱性分布

Fig. 4 Distribution of vulnerability of thunder and lightning over Henan province

### 3.5 综合风险区划

雷电灾害风险是致灾因子危险性、承灾体暴露度和承灾体脆弱性 3 个因素综合作用的结果.由表 3 可知致灾因子的危险性、承灾体的暴露度和承灾体的脆弱性指标的权重系数分别为 0.592、0.333 和 0.075,根据式(2)计算出全省的承灾体脆弱性指标范围为(2.931,3.681).本文采用分位数法将脆弱性指标分为 4 级:低风险区(2.951,3.802]、中风险区(3.802,3.825]、高风险区(3.825,3.847]、极高风险区(3.847,3.912).

如图 5 所示:河南省雷电灾害的极高风险区主要位于豫东大部分地区,以及豫西北从三门峡到濮阳的不连续分布;高风险区主要位于豫西北的山区、豫北大部分地区,以及豫东南驻马店和信阳的东部;

中风险区主要位于豫西洛阳的南部和南阳的北部以及信阳的中部地区;低风险区主要位于豫中南部驻马店和平顶山大部分地区、南阳和信阳部分地区,以及以城市为中心向外辐射的部分地区,还有其他的一些不连续分布。

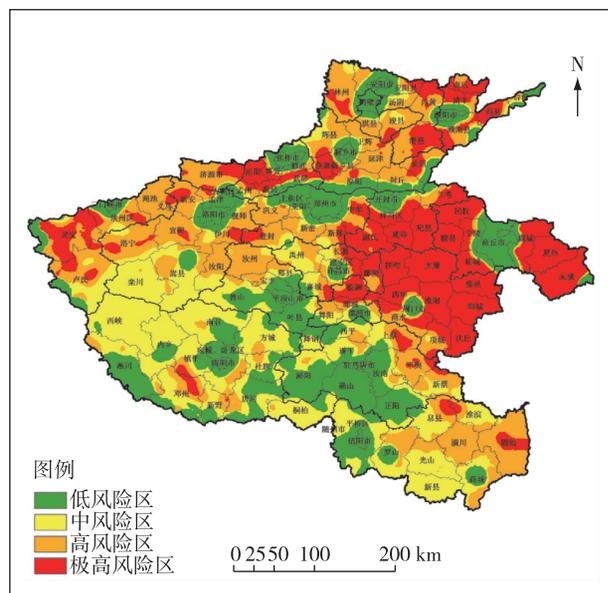


图5 河南省雷电灾害风险综合区划结果

Fig. 5 The result of risk zoning of thunder and lightning over Henan province

#### 4 结论与讨论

1) 本文基于灾害风险形成理论,系统分析了雷电灾害致灾因子、承灾体暴露度、承灾体脆弱性与灾害形成的关系,构建了地闪密度、地闪强度、海拔高度、土壤电导率、地形起伏、人口密度、GDP 密度、生命损失指数、经济损失指数、土地利用指数等具有明晰逻辑关系和多层次结构的雷电灾害风险评价指标体系。

2) 将层次分析法(AHP)应用于各风险指标权重的确定中,通过建立模型、构造判断矩阵、确定标度、层次排序和一致性检验,最终确定了各风险指标的权重。

3) 运用 Arcgis 平台,将风险因子进行归一化、栅格化和叠加处理,并运用插值分析和分位数法等,最终形成了河南省致灾因子危险性分布图、承灾体暴露度分布图、承灾体脆弱性分布图和雷电灾害综合风险区划图。

4) 河南省雷电灾害风险区划结果分析表明:河南省的雷电灾害极高风险区主要位于豫东和豫西北

沿省界部分地区;高风险区主要位于豫北安阳、鹤壁、濮阳和新乡大部分地区及豫西、豫南少部分地区;中风险区主要位于豫西南的洛阳和南阳交界地区和豫南信阳部分地区;低风险区主要位于豫中南、以城市为中心向外辐射的部分地区,以及其他地区的一些不连续分布。

5) 由于雷电灾害的形成是一个非常复杂的过程,影响因素众多,要完全定量准确地分析雷电灾害风险还存在一定难度. 本文将层次分析法(AHP)和GIS技术用于雷电灾害风险区划中,在风险指数的研究方面做了一定的探索,但在指标选取、权重确定、评估模型等方面还需要进一步的研究、优化,使区划结果与实际更加吻合。

#### 参考文献

##### References

- [1] 张继权,李宁.主要气象灾害风险评价与管理的数量化方法及其应用[M].北京:北京师范大学出版社,2007:462-467  
ZHANG Jiquan, LI Ning. Quantitative methods and applications of risk assessment and management on main meteorological disasters [M]. Beijing: Beijing Normal University Publishing Group, 2007: 462-467
- [2] 李家启,李良福.雷电灾害风险评估与控制[M].北京:气象出版社,2010:12-15  
LI Jiaqi, LI Liangfu. Risk assessment and control of lightning disaster [M]. Beijing: China Meteorological Press, 2010: 12-15
- [3] 程向阳,谢五三,王凯,等.雷电灾害风险区划方法研究及其在安徽省的应用[J].气象科学,2012,32(1):80-85  
CHENG Xiangyang, XIE Wusan, WANG Kai, et al. Method research of the risk zoning of thunder and lightning and its application over Anhui province [J]. Journal of the Meteorological Sciences, 2012, 32(1): 80-85
- [4] 刘岩,李征,程向阳,等.安徽省雷电灾害风险区划[J].南京信息工程大学学报(自然科学版),2014,6(2):163-168  
LIU Yan, LI Zheng, CHENG Xiangyang, et al. Risk assessment of lightning in Anhui province [J]. Journal of Nanjing University of Information Science & Technology (Natural Science Edition), 2014, 6(2): 163-168
- [5] 扈海波,王迎春,熊亚军.基于层次分析模型的北京雷电灾害风险评估[J].自然灾害学报,2010,19(1):104-109  
HU Haibo, WANG Yingchun, XIONG Yajun. AHP model-based risk assessment of lightning in Beijing [J]. Journal of Natural Disasters, 2010, 19(1): 104-109
- [6] 殷娴,尹丽云,许迎杰,等.云南省雷灾特征分析及灾情评估[J].气象科技,2013,41(1):184-190  
YIN Xian, YIN Liyun, XU Yingjie, et al. Characteristics

- and valuation of thunder disasters in Yunnan[J]. Meteorological Science and Technology, 2013, 41(1): 184-190
- [ 7 ] 王清川, 寿绍文, 田晓飞, 等. 廊坊市雷电灾害易损性分析、评估及易损度区划[J]. 干旱气象, 2009, 27(4): 402-409  
WANG Qingchuan, SHOU Shaowen, TIAN Xiaofei, et al. Vulnerability analysis, evaluation and vulnerability division of lightning disaster in Langfang of Hebei province[J]. Journal of Arid Meteorology, 2009, 27(4): 402-409
- [ 8 ] 李浩, 边学文. 浙江省雷电灾害易损性分析及风险区划[J]. 南京信息工程大学学报(自然科学版), 2014, 6(4): 336-341  
LI Hao, BIAN Xuwen. Vulnerability analysis and risk zoning of regional lightning disaster in Zhejiang province [J]. Journal of Nanjing University of Information Science & Technology (Natural Science Edition), 2014, 6(4): 336-341
- [ 9 ] 郭虎, 熊亚军. 北京市雷电灾害易损性分析、评估及易损度区划[J]. 应用气象学报, 2008, 19(1): 35-40  
GUO Hu, XIONG Yajun. Vulnerability analysis, evaluation and vulnerability zoning of lightning disaster in Beijing[J]. Journal of Applied Meteorological Science, 2008, 19(1): 35-40
- [ 10 ] 李彩莲, 赵西社, 赵东, 等. 陕西省雷电灾害易损性分析、评估及易损度区划[J]. 灾害学, 2008, 23(4): 49-53  
LI Cailian, ZHAO Xishe, ZHAO Dong, et al. Vulnerability analysis' assessment and zoning of thunderstorm disasters in Shaanxi province [J]. Journal of Catastrophology, 2008, 23(4): 49-53
- [ 11 ] 程丽丹, 张永刚, 杨美荣, 等. 河南省雷电灾害易损性分析及风险区划[J]. 气象与环境科学, 2011, 34(3): 50-55  
CHENG Lidan, ZHANG Yonggang, YANG Meirong, et al. Vulnerability analysis and risk zoning of regional lightning disaster in Henan province [J]. Meteorological and Environmental Sciences, 2011, 34(3): 50-55
- [ 12 ] 冯利华. 基于信息扩散理论的气象要素风险分析[J]. 气象科技, 2000, 28(1): 27-29  
FENG Lihua. Risk analysis of meteorological elements based on information diffusion theory [J]. Meteorological Science and Technology, 2000, 28(1): 27-29
- [ 13 ] Saaty T. The analytical hierarchy process [M]. New York: McGrawHill, 1980
- [ 14 ] 孙卫东, 彭子成. 灾度指数及其意义[J]. 灾害学, 1995, 10(2): 16-20  
SUN Weidong, PENG Zicheng. Hazard rate index and its significance [J]. Journal of Catastrophology, 1995, 10(2): 16-20

## The application of analytic hierarchy process (AHP) and geographic information system (GIS) in lightning disaster risk-zoning in Henan province

CHENG Lidan<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Meteorological Disaster Prevention Technology Center of Henan, Zhengzhou 450003

**Abstract** Under the guidelines of the natural disaster system theory, this study aims at a methodology for the risk zoning of thunder and lightning in Henan province. Specifically, this study utilizes the AHP method and uses meteorological, geo-informational, socioeconomic, and thunder and lightning disaster data to establish a quantitative relation between the assessment indexes and the risk zoning of thunder and lightning. Considering the disaster-inducing factors, environment of breeding disasters and hazard-bearing bodies. based on the GIS platform, Distribution of the disaster-inducing factors, Vulnerability of Hazard-affected Body, fragibility of Hazard-affected Body were formed. Finally, the result of risk zoning of thunder and lightning over Henan province was achieved via superposition. The results show that a high risk of thunder and lightning is mainly in East and Northwest Henan, while low risk is mainly in parts of North Henan and Southwest Henan.

**Key words** analytic hierarchy process (AHP); geographic information system (GIS); lightning disaster; risk zoning