

文章编号: 2096-1618(2016)05-0500-08

基于可拓理论的四川暴雨灾害风险评估模型

朱雅文¹, 肖天贵¹, 房玉洁²

(1. 成都信息工程大学大气科学学院, 四川 成都 610225; 2. 成都市郫县气象局, 四川 郫县 611700)

摘要:为建立四川暴雨灾害风险评估模型,减少灾害的发生,利用1961~2013年四川省暴雨灾害历史资料、高程及2013年四川省统计年鉴资料,基于可拓理论等提出四川省暴雨灾害风险等级评估模型。在建立模型的过程中将四川暴雨灾害风险划分5个等级,并得出暴雨强度、暴雨频次、地形、坡度、人口密度、地均GDP、耕地比例、人均GDP、公路里程数9个评估元素的四川暴雨灾害风险评估参数分级标准。综合关联函数以及层次分析法计算出评估因子的权重系数,分别得到每个等级的综合关联函数,将其计算比较得到单站点暴雨灾害风险等级,建立了新型四川省暴雨灾害风险评估模型。表明四川暴雨灾害的发生是多种因子共同作用的结果,为防止灾害发生,应从多方面改进。

关键词:气象学;防灾减灾;暴雨灾害;风险评估;可拓理论;四川

中图分类号:P426.616

文献标志码:A

0 引言

暴雨灾害是气象灾害中占据很大比例,较常发生的灾害。同时,暴雨灾害会引发洪涝、泥石流和滑坡等次生自然灾害,严重损害人民的正常生活以及当地的发展^[1]。西南地区常年受暴雨灾害的困扰,而四川盆地暴雨灾害更是频发多发,对生产生活甚至生命财产造成极大的影响。如2012年7月22日四川盆地出现严重的暴雨过程,宜宾及内江等地区多处房屋地面被淹没^[2],严重影响正常生活;更为严重的是,在“5.12”及“4.20”两次地震发生后,暴雨的袭击对灾情有着更加毁灭性的影响。目前对四川暴雨灾害的风险评估所做的研究鲜见。暴雨灾害风险评估有力反映当地所受的危害损失大小,是做出防灾减灾决策的基本依据,也是制定社会以及经济发展计划的很必要的参考资料^[3]。暴雨灾害风险值的高低不仅受到暴雨强度的影响,还受到地形和坡度等自然属性、经济实力等其他社会属性的影响。因此在建立四川暴雨风险等级评估模型的同时要考虑其多评估因子的特征,才能更全面。

在这个暴雨灾害多发的当今社会,越来越多的学者开始用不同的方法对暴雨灾害进行研究,并取得很大的进展。刘伟东等^[4]将灰色关联度的方法运用于北京地区大风以及暴雨灾害风险等级的受损评估;吴哲红等^[5]通过灰色关联度的方法成功划分安顺市5个

暴雨灾情等级,建立评估以及预评估系统,并成功投入使用;王菜林等^[6]通过可能性-概率分布的统计方法以及GIS技术对辽宁省暴雨灾害风险等级评价以及区划的研究;蒋新宇等^[7]综合运用GIS技术及相关方法定量评估松花江的干流流域暴雨洪涝灾害风险,并且绘制出关于暴雨洪涝灾害的风险区划图;孟翠丽等^[8]综合运用主成分分析法(EOF)、层次分析法(AHP)以及ArcGIS技术建立了广西在农业方面的暴雨灾害风险等级的实时评估模型;刘荆等^[9]通过相关分析法以及加权求和法对淮河流域暴雨灾害的风险进行评估分析。而可拓理论已经逐渐运用于灾害天气学中,并取得不少成果。杨志双等^[10]运用可拓理论等方法,对西南典型山区泥石流灾害进行风险评估;白利平等^[11]选取各基础因子、响应因子,诱发因子,并运用可拓理论建立北京市泥石流预警预报模型;孙伟等^[12]利用可拓理论建立划分为5个等级的台风灾害评估模型。因此文中利用可拓理论方法模型,选取有效评估因子建立四川暴雨灾害风险评估模型解决暴雨灾害从量变到质变的矛盾问题。

1 资料和方法

1.1 资料来源

从四川省历史暴雨资料中选取出1961~2013年的104个国家气象站区域性降水资料;由中国统计出版社出版,四川省统计局编著的2013年四川省统计年鉴中获取以104个站点的县(区)为单位的户籍总人

收稿日期:2016-02-29

基金项目:中国气象局西南区域气象中心重大科研资助项目(西南区域014-5);国家自然科学基金重点基金资助项目(91337215);国家重点基础研究发展计划资助项目(2013CB733206);四川省应用基础研究计划项目(2013JY0063)

口数、耕地面积、行政区土地面积、地方生产总值、公路里程数等社会资料;利用 90 米分辨率原始高程数据以及 90 米分辨率坡度数据产品结合 104 个站点信息得出 104 个区域的地形以及坡度值。

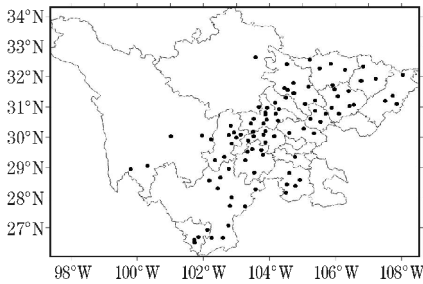


图 1 四川省 104 个国家气象站点图

1.2 可拓理论的基本原理

可拓理论是由蔡文教授在 1983 年在《科学探索学报》提出的一门关于从事物内部质与量的关系出发处理矛盾问题的新的理论概念。从质与量两个不同切入方向研究问题。在客观存在的世界里,事物由质与量两部分共同组成,而质变与量变是密不可分相互制约的。一般的数学问题都只研究数量关系,而出现质的转换的问题时,就暴露了他的局限性^[13]。因此,可拓理论引入了一个概念,在考虑量变的同时也考虑质变的问题,因此建立一个形式化的模型去完成量变到质变的具体转化过程。

可拓评估模型的基本思路是:(1)根据四川历史暴雨降水数据以及高程、年鉴统计资料等确定各评估参数的经典域与节域;(2)确定各评估因子权重系数;(3)然后将评估因子的具体信息数据带入各数据类中,计算关于各特征的关联度,根据特征的权重系数计算综合关联度;(4)最后各个风险等级的综合关联程度值进行比较,待评估模型与哪个等级的综合关联程度最大,则称其属于该风险等级^[14]。具体的步骤如下:

(1)评估因子经典域的确定:

假设暴雨灾害风险等级的评价元素有 n 个,即为 x_1, x_2, \dots, x_n ,暴雨灾害风险等级 m 个,因此可得出第 j 个等级的物元模型中评估因子的经典域为:

$$R_j = (N_j, x, V_j) = \begin{bmatrix} N_j & x_1 & V_{1j} \\ 0 & x_2 & V_{2j} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & x_n & V_{nj} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N_j & x_1 & (a_{1j}, b_{1j}) \\ 0 & x_2 & (a_{2j}, b_{2j}) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & x_n & (a_{nj}, b_{nj}) \end{bmatrix} \quad (1)$$

式子中: N_j 为暴雨灾害风险度评估等级的第 $j(j=1, 2, \dots, m)$ 个等级; $x_i(i=1, 2, \dots, n)$ 为暴雨灾害风险评估等级 N_j 的第 i 个评价因子; V_{ji} 为 N_j 关于 x_i 所规定的量值范围。

(2)评估因子节域的确定:

节域模型是所有暴雨灾害风险等级对于各评估因子的取值范围,即:

$$R_p = (P, x, V_p) = \begin{bmatrix} P & x_1 & V_{1p} \\ 0 & x_2 & V_{2p} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & x_n & V_{np} \end{bmatrix} \quad (2)$$

(3)待评估的暴雨灾害物元:

$$R = \begin{bmatrix} p & x_1 & v_1 \\ 0 & x_2 & v_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & x_n & v_n \end{bmatrix} \quad (3)$$

(4)待评估暴雨灾害风险评估各等级的综合关联程度计算及风险等级的确定:

为了确定待评估暴雨灾害的等级,比较待评估暴雨灾害和所建立物元模型,计算各评价元素与这 5 个等级的关联度 K_i ,再根据各评价元素的权重系数,计算待评价暴雨灾害各个级别的综合关联程度并比较。设待评估暴雨灾害评估因子为 v_i, p 与 R_j 关于评估因子 X 的距为 $\rho(v_i, V_{ij}), p$ 与 R_p 关于评估因子 X 的距为 $\rho(v_i, V_{pj})$,若 v_i 属于 V_{ij} ,则待评估的暴雨灾害与各暴雨灾害风险评估等级的关联函数为式(4),若 v_i 不属于 V_{ij} ,则为式(5)。

$$K_j(v_i) = -\frac{\rho(v_i, v_{ij})}{|v_{ij}|} \quad (4)$$

$$K_j(v_i) = \frac{\rho(v_i, v_{ij})}{\rho(v_i, v_{pj}) - \rho(v_i, v_{ij})} \quad (5)$$

式中 $\rho(v_i, V_{ij}) = |v_i - \frac{a_{ij}+b_{ij}}{2}| - \frac{b_{ij}-a_{ij}}{2}; \rho(v_i, V_{pj}) = |v_i - \frac{a_{pj}+b_{pj}}{2}| - \frac{b_{pj}-a_{pj}}{2}; |v_{ij}| = (b_{ij}-a_{ij})$ 。

设 λ_i 为评价因子 X 的权重系数,则待评估暴雨灾害关于暴雨灾害等级 j 的综合关联隶属度为

$$K_j(p) = \sum_{i=1}^n \lambda_i K_i(v_i) \quad (6)$$

如果 $K_{j_0}(p) = \max_{j=(1,2,\dots,m)} K_j(p)$,则待评估暴雨灾害 p 属于 j_0 等级。

2 暴雨灾害的可拓性

物元的可拓性即事物变化的可能性。而暴雨灾害

的可拓性包括暴雨灾害的可扩性、发散性、共轭性和相关性^[3]。

2.1 暴雨灾害的可扩性

暴雨灾害的产生由致灾、孕灾、承灾体与防灾减灾4个方面综合作用,而致灾因素与暴雨本身等级、频繁程度等息息相关;孕灾环境则与地形和坡度等紧密联系着;承灾体则受地均地方国民生产总值等的共同影响;防灾减灾体系则与人均国民生产总值、公路交通系统的建立有着莫大的联系。因此这些对暴雨灾害有直接联系的评估因子都是可以层层扩展的。

2.2 暴雨灾害的发散性

物元的发散性是指一物元拥有多种不同特征,一种特征又被多个物元所具备。在不同的地方可能会发生相同的暴雨灾害,说明一特征多物元的特点。但是相同的暴雨灾害却会造成有差异的经济损失,产生不同的等级差异,表现出一物多征。因此暴雨灾害具有发散性。

2.3 暴雨灾害的共轭性

对暴雨灾害风险评估中的地形、坡度等评价元素反映的是自然属性,因此是绝对的;而致灾因素、能承受灾害的程度以及防灾和减灾能力等都是反映的该地区的社会属性,在不同地区差异较大。相同的暴雨在不同的站点时,产生的风险等级会不同,因此又是相对的。这就是暴雨灾害的潜显共轭性^[15]。

2.4 暴雨灾害的相关性

不同事物关于某一种特征的值域之间,同一种或同类型的事物关于某一些特征的值域之间,如果存在一定程度的相互依赖,则相关。而暴雨灾害的风险等级与暴雨强度、孕灾的环境、能承受灾害的程度以及防灾减灾能力均密切相关,因此暴雨灾害又是具有相关性的。基于暴雨灾害的可扩性、发散性、共轭性以及相关性的特征,可拓理论在理论上是适用于暴雨灾害风险评估模型的建立的。

3 评估因子的选择

建立四川省暴雨灾害风险评估模型所利用的评估因子从自然属性、社会属性以及最重要的暴雨情况等方面出发,从致灾、孕灾、承灾以及防灾减灾4个层面

中选取几个以下关键性因素^[16]。

3.1 致灾因子

暴雨灾害风险评估与暴雨强度以及其频次有关。暴雨强度越强,致灾的可能性就越大,当地的暴雨灾害就越严重,这是暴雨灾害必须且最为关键的因素。而历史的暴雨频次也象征当地历年来暴雨发生的频繁程度,对暴雨灾害风险等级起着不可忽略的作用。

3.2 孕灾环境

从90米分辨率原始高程数据以及90米分辨率坡度数据产品中提取的地形、坡度资料,作为自然环境的代表,反映当地的地形地貌。

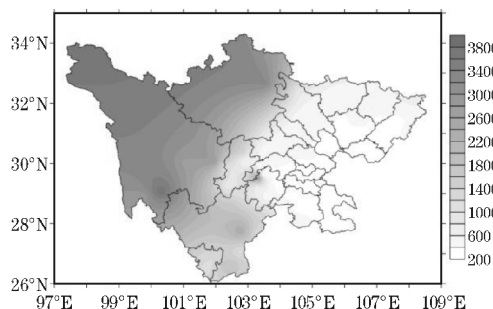


图2 四川省地形分布图(单位:米)

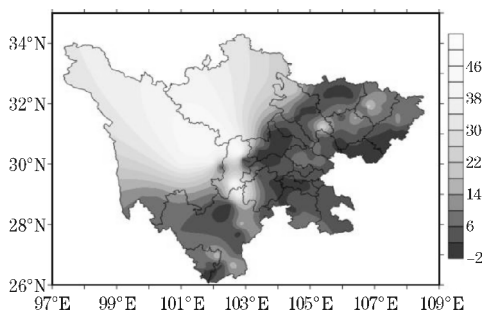


图3 四川省坡度分布图(单位:度)

四川省地形分布西高东低(图1),当暴雨发生时,东边地势低,阻碍暴雨的排泄,当产生暴雨时,越容易产生洪涝等次生灾害,则受到的暴雨灾害风险值就越高。由图2可见,四川省坡度分布东部较西部坡度较低,同理易积洪涝成灾。因此,发生同样的暴雨时,东部地区受到的损失更大,更易产生内涝洪涝等,风险等级会更高。

3.3 承灾体

人口密度、地均GDP以及当地的耕地比例,都反映着当地人民的社会生活属性。暴雨灾害风险的等级高低与之有着密不可分的关系。四川省北部较南部人口分布较多(图3),人口密度越大,居住点越密集,暴

雨灾害发生时,疏散群众会需要更多的时间。地均 GDP 象征当地的生活水平。四川省中部地区社会经济能力较强(图 4)。因此中部地区地均 GDP 较高,排水设施等更完善,暴雨灾害承受能力较强,越不容易受到更多的损害。四川省西部地区以及东部的少数地区耕地资源较丰富(图 5)。而耕地是农民赖以生存的土地,更是靠天吃饭的,一旦发生暴雨,对耕地的损害是不可磨灭的。因此,耕地比例越大,暴雨灾害的风险评估等级也就越高。

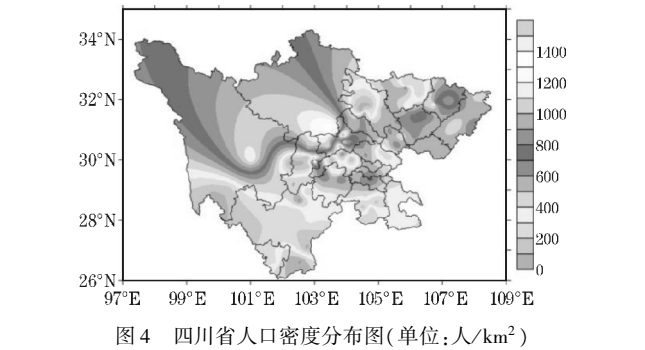


图 4 四川省人口密度分布图(单位:人/km²)

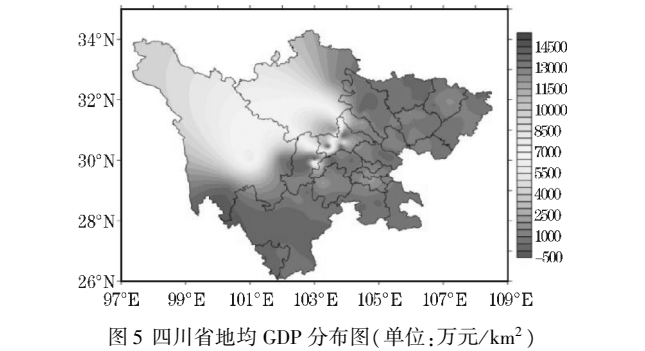


图 5 四川省地均 GDP 分布图(单位:万元/km²)

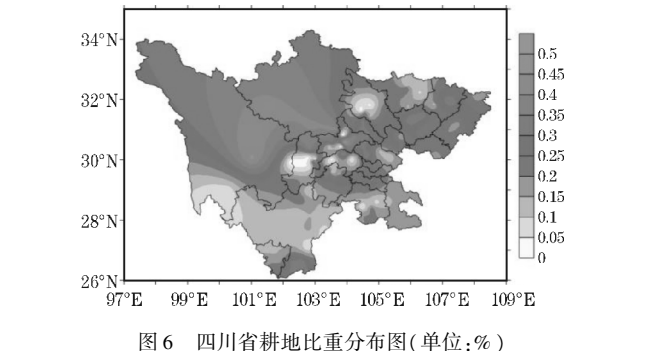


图 6 四川省耕地比重分布图(单位:%)

3.4 防灾减灾

在未发生暴雨灾害前,防灾能力不容忽视;而发生暴雨灾害以后,恢复受灾地区正常生活与原貌的减灾力也应该得到重视。当地人均所得地方国民生产总值越高,灾后重建能力越强,则风险等级越低。而当发生暴雨灾害时,公路是输送东西人力的重要途径,输送能

力直接影响灾后重建的工作。显然,四川省中部地区人均 GDP 较高(图 6),为经济发展中心,对暴雨灾害的防治水平更高。公路运输的能力东部地区较发达(图 7),有利于灾后群众的转移以及物资的运输,有利于灾后的减灾重建。

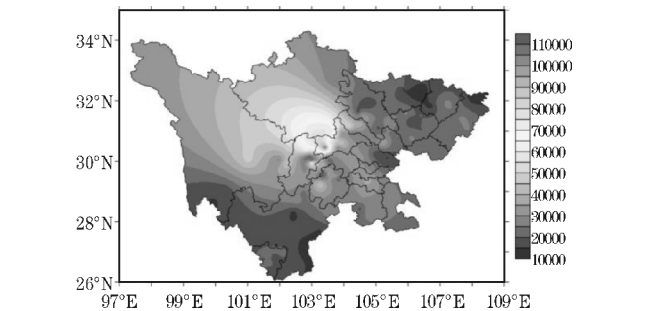


图 7 四川省人均 GDP 分布图(单位:元)

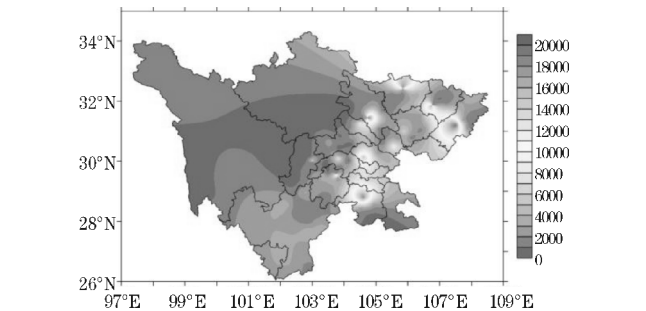


图 8 四川省公路里程分布图(单位:km)

因此文中选取暴雨等级、暴雨频次,孕灾环境的坡度、地形,承灾体的人口密度、地均 GDP 和耕地比例以及防灾减灾能力的人均 GDP 和公路里程数 9 个因素作为评估因子。

4 四川暴雨灾害风险评估模型的建立

4.1 四川暴雨分布特征

图 9 为 1971 ~ 2010 年西南地区四川、云南、贵州、重庆 4 个省市年降水量分布图,四川省的降水大值中心的年降水量可达 1400 ~ 1500 mm,位于四川中部地区,较与其他地区,其为大值区。且 1961 ~ 2013 年夏季四川共发生了 636 次区域性暴雨过程,每个过程暴雨发生的站点数均在 6 个站点以上,最高可达 59 个站点。暴雨灾害可谓频发多发。而且四川省作为西南地区重要的经济、工农业、旅游文化大省,人口众多,暴雨灾害的发生对该省的影响损失重大。因此,暴雨灾害风险评估在四川省的研究极具意义。

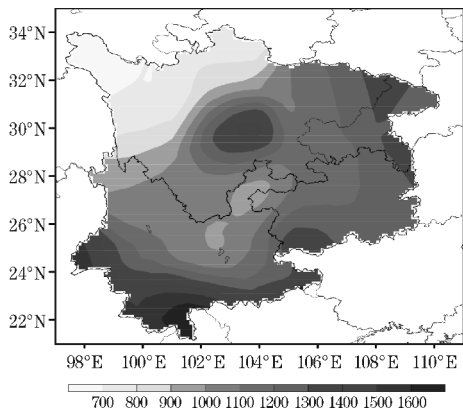


图9 西南地区年降水量分布(单位:mm)

从四川省多年平均暴雨量空间分布图(图2)可以看出,大致上有3个大值的中心,即四川东北部、四川中部及四川西部甘孜州中部及南部地区,年均暴雨量都达200 mm以上,其中四川东北部和中部地区暴雨强度更甚,年均暴雨量达400 mm以上。其中雅安站年均暴雨量最大,高达581.875 mm,素来有“天漏”之称。而木里县依然为暴雨量最少的站点。

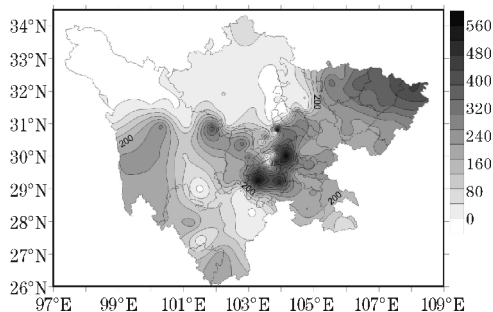


图10 四川省1966~2013年多年平均暴雨量空间分布(单位:mm)

4.2 区域性暴雨过程的定义

基于四川省气象信息中心提供的1961~2013年四川盆地104个国家气象观测站逐日降水资料,结合四川省气象台的暴雨业务预报服务特点,提出四川盆地区域性暴雨过程的筛选标准:单站日降水量 ≥ 50 mm且四川盆地内相邻5站或以上站点达到并持续1~N天暴雨日的降水过程称为四川盆地区域性暴雨过程,其中相邻条件为两测站相距小于1°经纬度。根据这个条件,筛选出1961~2013年四川盆地共有636次区域性暴雨过程。

4.3 评估因子经典域的划分

四川暴雨灾害风险评估模型由致灾因子的暴雨强度、暴雨频次,孕灾环境的坡度、地形,承灾体的人口密度、地均GDP和耕地比例以及防灾减灾能力的人均GDP和公路里程数9个因子共同作用形成。其中暴雨强度基于陈艳秋等^[17]的方法,选取1961~2013年四川省104个国家气象站的区域性暴雨过程的平均降水量、最大降水量、降水覆盖面积以及持续时间4个因子,基于正态分布函数、区间位移处理、相关系数及权重研究、欧氏距离函数计算等概率统计理论,得出每一个过程的暴雨等级作为过程中每个站点的暴雨强度,并作为其暴雨等级。暴雨频次也通过历史暴雨资料统计所得。利用上述9个评估因子的历史资料划分5个等级标准,确定其经典域,如表1所示。

表1 四川暴雨灾害风险评估参数分级标准

因素	风险等级				
	一级	二级	三级	四级	五级
暴雨强度/等级	1	2	3	4	5
暴雨频次/%	0~0.072	0.072~0.112	0.112~0.148	0.148~0.203	0.203~0.313
人口密度/人/km ²	0~265	265~415	415~581	581~738	738~1499
地均GDP/万元/km ²	2118~14602	1204~2118	826~1204	364~826	0~364
耕地比例/%	0~0.118	0.118~0.192	0.192~0.255	0.255~0.329	0.329~0.526
坡度/度	16.80~48.74	7.25~16.80	2.81~7.25	0.93~2.81	0~0.93
地形/m	1655~3782	593~1655	488~593	396~488	0~396
人均GDP/元	32877~106106	26774~32877	22315~26774	16420~22315	0~16420
公路里程/km	3333~19449	2387.85~3333	1561~2387.85	920~1561	0~920

四川暴雨灾害风险等级从高风险到低风险划分为五级到一级。不同的评估因子确定的不同风险等级的值的大小走向都是根据因子本身与暴雨灾害的关系所得出的。

4.4 评估因子节域的划分

统计所有104个站点的53年的暴雨以及2013年四川省统计年鉴中104个县(区)统计所得7个评估因子的最小值到最大值作为节域如表2所示。

表 2 四川暴雨灾害风险评估参数节域

因素	节域
暴雨强度/等级	1 ~ 5
暴雨频次/%	0 ~ 0. 313
人口密度/人/km ²	0 ~ 1499
地均 GDP/万元/km ²	0 ~ 14603
耕地比例/%	0 ~ 0. 526
坡度/度	0. ~ 48. 74
地形/m	0 ~ 3782
人均 GDP/元	0 ~ 106106
公路里程/km	0 ~ 19450

4.5 权重系数的确立

四川暴雨灾害风险评估因子的权重系数的确立将采用层次分析法完成,分以下 4 个步骤:

步骤 1 首先建立层次结构模型,如图 11 所示。

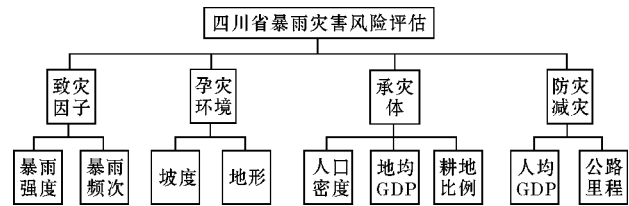


图 11 四川暴雨灾害风险评估结构图

表 3 矩阵判断标度

标度	含义
1	两个因素具有相同重要性
3	两个因素中前者比后者稍重要
5	两个因素中前者比后者明显重要
7	两个因素中前者比后者强烈重要
9	两个因素中前者比后者极端重要
2,4,6,8	表示介于上述相邻标度之间
倒数	若元素 <i>i</i> 和元素 <i>j</i> 的重要程度之比为 a_{ij} ,那么元素 <i>j</i> 和元素 <i>i</i> 的重要程度之比为 $a_{ji}=1/a_{ij}$

步骤 2 构造判断矩阵。

表 4 1~15 维矩阵重复计算 1000 次平均 $R.I.$

维数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$R.I.$	0	0	0.52	0.89	1.12	1.26	1.36	1.41	1.46	1.49	1.52	1.54	1.56	1.58	1.59

(iii) 计算一致性比例 $C.R.$

$C.R. = C.I. / R.I.$ (9)

当 $C.R. < 0.1$ 时,一般则认为该判断矩阵通过了一致性检验,说明权重系数是可接受的。由表 5 分别

在确定各评估因素的权重系数时,建立一致矩阵法。通过比较各准则对于待评估暴雨灾害的权重,构建判断矩阵。矩阵判断标度采用 1~9 标度法如表 3 所示。

建立的四川暴雨灾害风险评估的一级评估因子矩阵 M 以及二级评估因子矩阵 A 、 B 、 C 、 D 如下:

$$M = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1/2 & 1 & 2 & 3 \\ 1/3 & 1/2 & 1 & 2 \\ 1/4 & 1/3 & 1/2 & 1 \end{pmatrix}$$
$$A = \begin{pmatrix} 1 & 3 \\ 1/3 & 1 \end{pmatrix} \quad B = \begin{pmatrix} 1 & 0.2 \\ 5 & 1 \end{pmatrix}$$
$$C = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 4 \\ 0.5 & 1 & 2 \\ 0.25 & 0.5 & 1 \end{pmatrix} \quad D = \begin{pmatrix} 1 & 1/3 \\ 3 & 1 \end{pmatrix}$$

步骤 3 计算各评估因子的权重系数

假设判断矩阵为 Y ,则 Y 的最大特征根 λ_{\max} 和对应的经过归一化处理后的特征向量 $W = (w_1, w_2, \cdots, w_n)^T$ 。

$YW = \lambda_{\max} W$ (7)

由式(7)可得 M 、 A 、 B 、 C 、 D 的特征向量为:

$WM = (0.4668 \quad 0.2776 \quad 0.1603 \quad 0.0953)$
 $WA = (0.75 \quad 0.25)$
 $WB = (0.1667 \quad 0.8333)$
 $WC = (0.5714 \quad 0.2857 \quad 0.1429)$
 $WD = (0.25 \quad 0.75)$

由此得到的特征向量 W 就作为元素的权重向量。

步骤 4 计算权向量并作一致性检验。

(i) 计算一致性指标 $C.I.$:

$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$ (8)

其中 n 为矩阵阶数 9。

(ii) 计算平均一致性指标 $R.I.$

$R.I.$ 是多次重复计算随机判断矩阵特征值,并取算数平均值得来,表 4 给出 1~15 维矩阵重复 1000 次计算所得的 $R.I.$ 。

得出两个层次级别的元素的权重系数,一级指标中,致灾因子对灾害风险的影响最大,而人为的防灾减灾能力的影响所占权重最小。通过计算,得出暴雨强度、暴雨频次、地形、坡度、人口密度、地均 GDP、耕地比例、

人均 GDP、公路里程 9 个因子权重系数为:0.3501、0.1167、0.0462、0.2313、0.0916、0.0458、0.0229、0.0238、0.0715。显然,在 9 个评价因子中,暴雨强度在四川暴雨灾害风险评估中占最大的比例,暴雨频次其次。因此,当暴雨强度以及暴雨频次高时,发生暴雨灾害的可能性很大。

4.6 关联函数的建立

选取 4 次区域性降雨过程,根据式(4)和式(5)计算待评暴雨灾害的各个等级关于各评估因子的关联度。再根据式(6)和评价指标权重系数,计算出待评暴雨灾害风险等级与 5 个等级的综合关联度,经过比较得出最大综合关联度,则该待评暴雨灾害为该等级。

表 6 4 次个例的风险等级评估结果

起始时间	持续天数	暴雨等级	覆盖站数	风险等级				
				一级	二级	三级	四级	五级
2010-7-3	2	2	12	4	7	1	0	0
2012-7-20	3	3	41	23	1	16	1	0
2013-7-21	2	2	14	7	5	2	0	0
2013-8-6	2	2	38	28	9	1	0	0

4 次四川暴雨过程评估结果显示,相同的暴雨等级过程在不同站点县(区)有不同的暴雨灾害风险等级,评估结果也与历史记载灾情数据相符合。因此,暴雨灾害中社会的灾前防范以及灾后救援对暴雨灾害的风险影响是不容小视的。

5 结束语

为建立四川暴雨灾害风险评估模型,选取暴雨强度、暴雨频次、地形、坡度、人口密度、地均 GDP、耕地比例、人均 GDP、公路里程数作为暴雨灾害评估因子,基于可拓理论原理建立四川暴雨灾害风险评估参数分级标准模型。利用层次分析法对各评估参数的相关权重系数进行确定,最后通过关联函数的建立,比较得出四川 104 个单站站点暴雨灾害风险评估等级,建立四川省暴雨灾害风险评估模型。为提高四川省暴雨灾害风险评估工作提供一个更精准的评估模型,也为以后的工作提供一个新的思路方法。

参考文献:

[1] 樊运晓,罗云. 物元理论在区域减灾中的应用[J]. 自然灾害学报,2000,(4):121-125.
[2] 陈永仁,李跃清.“12.7.22”四川暴雨的 MCS 特征及对短时强降雨的影响[J]. 气象,2013,(7):

计算结果见表 6。

表 5 暴雨灾害风险评估二级因子的权重系数

一级指标	权重系数	二级指标	权重系数
四川暴雨 灾害风险 评估	0.4668	暴雨强度	0.75
		暴雨频次	0.25
	0.2776	地形	0.1667
		坡度	0.8333
		人口密度	0.5714
	0.1603	地均 GDP	0.2857
		耕地比例	0.1429
	0.0953	人均 GDP	0.25
		公路里程	0.75

848-860.
[3] 郑国,薛建军,范广洲,等. 暴雨灾害评估方法研究进展[J]. 安徽农业科学,2011,(3):1419-1420,1426.
[4] 刘伟东,扈海波,程丛兰,等. 灰色关联度方法在大风和暴雨灾害损失评估中的应用[J]. 气象科技,2007,(4):563-566.
[5] 吴哲红,陈贞宏,叶帮,等. 基于灰色关联度的暴雨事件灾害评估和预评估方法[J]. 贵州气象,2011,(6):6-9.
[6] 王莱林,任学慧,李颖,等. 基于 PPD 的辽宁省暴雨灾害风险分析[J]. 灾害学,2015,(1):217-221.
[7] 蒋新宇,范久波,张继权,等. 基于 GIS 的松花江干流暴雨洪涝灾害风险评估[J]. 灾害学,2009,(3):51-56.
[8] 孟翠丽,匡昭敏,李莉,等. 基于 GIS 的广西暴雨灾害风险实时评估技术研究[J]. 中国农学通报,2013,26:184-189.
[9] 刘荆,蒋卫国,杜培军,等. 基于相关分析的淮河流域暴雨灾害风险评估[J]. 中国矿业大学学报,2009,(5):735-740.
[10] 杨志双,韩玉龙,张浩然. 基于可拓理论的西南典型山区泥石流的危险性分级[J]. 河南理工大学学报:自然科学版,2013,(1):35-39.

- [11] 白利平,王业耀,龚斌,等. 基于可拓理论的泥石流灾害预警预报系统开发:以北京市为例[J]. 现代地质,2009,(1):157-163.
- [12] 孙伟,高峰,刘少军,等. 海南岛台风灾害损失的可拓评估方法及应用[J]. 热带作物学报,2010,(2):319-324.
- [13] 蔡文. 可拓论及其应用[J]. 科学通报,2004,(7):673-682.
- [14] 李琴,王国会,陈清华. 可拓分类方法及其在流动单元分类中的应用[J]. 地球物理学进展,2007,(6):1975-1979.
- [15] 刘少军. 基于多信息源的台风灾害实时评估系统研究[D]. 成都:成都理工大学,2011.
- [16] 孙绍骋. 灾害评估研究内容与方法探讨[J]. 地理科学进展,2001,(2):122-130.
- [17] 陈艳秋,袁子鹏,盛永,等. 辽宁暴雨事件影响的预评估和灾后速评估[J]. 气象科学,2007,(6):626-632.

A Risk Assessment Model of Rainstorm Disasters in Sichuan Province based on Extension Theory

ZHU Ya-wen¹, XIAO Tian-gui¹, FANG Yu-jie²

(1. College of Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China; 2. Pixian Meteorological Bureau of Sichuan Province, Chengdu 611700, China)

Abstract: In order to establish the risk assessment model of the rainstorm disaster in Sichuan and reduce the occurrence of disaster, a rainstorm disaster risk assessment model of Sichuan province is established by extension theory based on of rainstorm disaster data and Sichuan Statistical Yearbook 2013 and SRTM DEM which is provided by International Scientific & Technical Data Mirror Site, Computer Network Information Center, Chinese Academy of Sciences. Sichuan rainstorm disaster risk is into five levels. Grading standard of 9 rainstorm disaster risk assessment parameters in Sichuan province is established, including Storm intensity, storm frequency, topography, slope, population density, GDP per area forecast, the proportion of arable land, GDP per capita, road mileage. According weight and correlation function, the comprehensive correlation function of each level is obtained. Comparing the weight coefficient of each grade, the biggest one is the site of the storm disaster risk level. A new risk assessment model of rainstorm disasters is established. It shows that the occurrence of rainstorm disaster in Sichuan is the result of many factors, which should be improved in many ways to prevent the occurrence of disasters.

Key words: meteorology; disaster prevention and mitigation; rainstorm; risk assessment; extension theory; Sichuan