

山地资源环境与经济发展系列

山区灾害与环境风险研究

SHANQUZAIHAIYUHUANJINGFENGXIANYANJIU

吴彩燕 王 青 著



科学出版社

P694

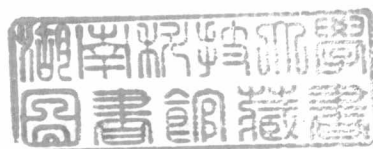
22

D00959065

山地资源环境与经济发展系列

山区灾害与环境风险研究

吴彩燕 王 青 著



湖南科技大学图书馆



KD00959065

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以山区灾害与环境为研究背景,系统阐述了进行山区灾害与环境风险评价的理论与方法,明确了滑坡风险性与滑坡危险性及易损性之间的定量关系,提出了用贡献率客观确定权重的方法;并在此基础上构建了进行滑坡危险性评价的指标体系以及评价模型;通过建立典型示范区,分别对滑坡危险性和环境风险性进行了具体的分析应用。

本书将进行山区灾害与环境风险评价的理论与应用融为一体,可供山地科学、地理科学、环境科学及相关应用领域的广大科学工作者、高等院校相关专业的师生及管理人员参考之用。

图书在版编目(CIP)数据

山区灾害与环境风险研究 / 吴彩燕, 王青著. —北京: 科学出版社, 2012.9

(山地资源环境与经济发展系列)

ISBN 978-7-03-035554-6

I. ①山… II. ①吴… ②王… III. ①山地灾害-风险管理-研究
IV. ①P694

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 214688 号

责任编辑: 张展 杨悦蕾 / 封面设计: 陈思思

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

四川煤田地质制图印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012年8月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2012年8月第一次印刷 印张: 10 1/2

字数: 190 千字

定价: 48.00 元

前 言

山地环境在孕育人类文明的同时，也为山地灾害的发生提供了空间背景。中国山区广袤，集自然资源和生物多样性于一体，是全球生态变化的敏感区和脆弱区，也是山地灾害的多发区。进行山区灾害和环境的风险评价，是探讨山区环境变化与区域协调发展的重要途径之一。

全书分为两大部分，第一部分介绍山区灾害（书中以滑坡为例）风险评价的理论与范例，共包括 8 章（第 1~8 章）。该部分主要是 2002~2007 年在中国科学院成都山地灾害与环境研究所工作和学习期间的部分研究成果。在中国科学院成都山地灾害与环境研究所攻读博士学位期间，主要研究山地灾害（主要是滑坡）的空间预测及风险评价，师从我国著名滑坡专家乔建平研究员。该部分内容是在乔建平研究员的指导下完成的，其中对滑坡空间预测与预警的研究方法有系统的阐述，尤其是书中提出的贡献率确定权重的方法，具有很强的原创性和适用性。其中第 1~4 章是对滑坡风险评价理论的介绍；第 5~8 章是以三峡库区重庆市万州区为示范区，对风险评价中的危险性评价及区域滑坡降雨预警等进行了系统研究。第二部分介绍山区环境风险评价的理论与范例，共包括两章（第 9 章、第 10 章）。该部分主要是王青教授及其团队多年来进行山地环境科学研究的成果集成。该部分对山区生态环境风险评价和山区综合生态系统管理进行了系统的理论阐述，并在典型示范区四川省宝兴县进行了

全面的实践应用。

书中第1~8章由吴彩燕编写，第9章、第10章由王青编写。感谢石莉莉博士和李富程博士提供的相关资料，感谢研究生吴森、李素敏对书稿的校阅和修改，感谢团队其他成员对本书提出的中肯意见。

本书得到西南科技大学环境科学与工程一级博士学位授权点建设项目的资助，系由科技部“十一五”重点科技支撑计划项目、中国科学院二期重要创新项目以及四川省教育厅项目的研究报告及成果共同积累完成。本书可为从事山地灾害和山区环境研究的相关科研人员使用，也可作为高等院校地理学专业学生的辅助教材。

目 录

前言

第 1 章 山区灾害风险评价	(1)
1.1 山区灾害风险	(1)
1.1.1 山区灾害风险概述	(1)
1.1.2 山区灾害风险的影响因素	(1)
1.2 滑坡风险	(2)
1.2.1 滑坡风险定义	(2)
1.2.2 滑坡风险分类	(3)
参考文献	(5)
第 2 章 区域滑坡危险性评价的理论与模型	(6)
2.1 危险性评价理论	(6)
2.2 危险性评价模型	(7)
2.2.1 多因子综合评判模型	(7)
2.2.2 贡献率模型	(7)
第 3 章 区域滑坡易损性评价的理论与模型	(9)
3.1 滑坡易损性评价的定义	(9)
3.2 滑坡易损性评价的目标	(10)
3.3 滑坡易损性评价原则	(11)
3.4 易损性评价研究方法	(11)
3.4.1 评价单元	(12)
3.4.2 易损性评价基础数据库	(13)
3.4.3 评价指标	(15)
3.4.4 评价模型	(19)
参考文献	(20)
第 4 章 区域滑坡空间预警	(21)
4.1 区域滑坡空间预警的概念	(21)
4.1.1 地质灾害预警概念的提出	(21)

4.1.2	地质灾害预警的分类	(22)
4.1.3	区域滑坡空间预警	(23)
4.2	区域滑坡空间预警的理论基础	(23)
4.3	区域滑坡空间预警的研究方法	(24)
4.4	区域滑坡空间预警的指标体系	(26)
4.4.1	指标的选取原则	(26)
4.4.2	指标体系的建立	(26)
	参考文献	(28)
第 5 章	三峡库区万州区滑坡灾害特点	(29)
5.1	万州区自然环境概况	(29)
5.1.1	地形地貌	(29)
5.1.2	地质构造	(30)
5.1.3	地层岩性	(32)
5.1.4	气象水文	(33)
5.2	万州区的滑坡灾害	(35)
5.2.1	滑坡的时间分布	(35)
5.2.2	滑坡的空间分布	(35)
5.2.3	滑坡分布与自然环境的关系	(36)
5.2.4	万州区滑坡的发育特点	(39)
	参考文献	(41)
第 6 章	万州区滑坡危险性评价及区划	(42)
6.1	评价体系的建立	(42)
6.1.1	评价因子的选取依据	(42)
6.1.2	评价因子的获取	(43)
6.2	评价方法的选取	(50)
6.2.1	地层因素对滑坡的贡献率分析	(50)
6.2.2	坡度因素对滑坡的贡献率分析	(55)
6.2.3	坡向因素对滑坡的贡献率分析	(59)
6.2.4	高差因素对滑坡的贡献率分析	(64)
6.2.5	坡形因素对滑坡的贡献率分析	(69)
6.3	危险度评价模型的建立	(73)
6.3.1	评价因子权重的确定	(73)
6.3.2	评价模型的建立	(76)

6.4 危险度分区	(76)
6.4.1 分区结果	(76)
6.4.2 结果分析和评价	(78)
参考文献	(79)
第7章 诱发滑坡的降雨临界值研究	(83)
7.1 研究数据	(83)
7.1.1 数据的准备	(83)
7.1.2 原始降雨数据的处理	(84)
7.1.3 数据的筛选	(89)
7.1.4 数据存在的问题	(90)
7.2 降雨与滑坡的相关性研究	(91)
7.2.1 滑坡与当天雨型的关系	(91)
7.2.2 滑坡与前期有效降雨量的关系	(91)
7.2.3 滑坡与有效降雨量的关系	(93)
7.3 滑坡的降雨临界值研究	(94)
7.3.1 高危险度区内的滑坡降雨临界值	(94)
7.3.2 中危险度区内的滑坡降雨临界值	(95)
7.3.3 低危险度区内的滑坡降雨临界值	(96)
参考文献	(97)
第8章 万州区降雨滑坡空间预警研究	(100)
8.1 预警指标	(100)
8.2 预警模型及分级	(101)
8.3 预警方法及流程	(102)
8.4 预警模拟	(103)
8.5 预警结果发布	(106)
参考文献	(107)
第9章 山区生态环境风险	(109)
9.1 山区生态环境风险概述	(109)
9.1.1 山区生态环境风险的概念	(109)
9.1.2 山区生态环境风险评价	(110)
9.2 夹金山脉大熊猫栖息地生态风险评价	(110)
9.2.1 区域背景介绍	(110)
9.2.2 研究框架与方法	(111)

9.2.3 结果与分析	(114)
参考文献	(116)
第 10 章 山区综合生态系统管理	(117)
10.1 综合生态系统管理理论认识	(117)
10.1.1 综合生态系统管理内涵	(117)
10.1.2 综合生态系统管理特征	(119)
10.1.3 综合生态系统管理目标、内容及方法	(120)
10.1.4 实施综合生态系统管理的作用和意义	(122)
10.2 四川省宝兴县示范区综合生态系统管理	(124)
10.2.1 示范区背景介绍	(124)
10.2.2 示范区重要生态服务功能定位	(129)
10.2.3 示范区实施综合生态系统管理可行性分析	(130)
10.3 宝兴县示范区综合生态系统管理建设	(137)
10.3.1 示范区管理建设与发展导向	(137)
10.3.2 示范区产业建设	(140)
10.3.3 主导产业建设环境影响分析与减缓措施	(148)
10.4 宝兴县示范区综合生态系统管理协调机制与保障措施	(152)
10.4.1 协调与管理机制	(152)
10.4.2 保障措施	(154)
参考文献	(156)

第1章 山区灾害风险评价

1.1 山区灾害风险

1.1.1 山区灾害风险概述

“风险”一词的英文是“risk”，来源于古意大利语“risicare”，意为“to dare”（敢），其实就是指冒险，是利益相关者的主动行为。根据国际岩土力学和地质工程协会编著的《滑坡风险评价术语表》(ISSMGE)^[1]，“风险是对生命、财产或者环境造成不利影响事件的严重性和可能性的度量。在数量上，风险=危险×潜在的损失价值。这也可以表述为不利事件发生所造成的损失结果与事件发生概率的乘积。”因此，“风险”多跟一些不好的事情相联系，是对使生命、健康、财产或环境产生不利影响的概率和严重程度的度量。风险往往是与灾害密不可分的。

不同地域由于区位特点的差异，会有不同形式的灾害发生。任何形式的灾害都是有一定风险的，不同的灾害所造成的风险大小程度不同。在中国山区，灾害最主要的表现形式是地质灾害，即山洪、滑坡和泥石流。这些灾害对山区人民的生命财产有着持续性的威胁，具有潜在的风险。

1.1.2 山区灾害风险的影响因素

风险分析是研究灾害对承灾体所造成的影响程度。衡量这种影响程度差异的过程，就是风险评价。在进行灾害风险分析和评价时，不能孤立地只看其中的一个方面，要将灾害本身、灾害发生环境以及灾害所影响的承灾体综合起来进行分析。山区灾害风险分析也不例外。

一般进行灾害风险评价，要从以下几个方面入手。首先是灾害的致灾因子，分析灾害存在的潜在危险性及发生概率。往往把危险性定义为概率，即在一定时间内出现特定危险或威胁的可能性，数据表达在0(完全没可能)到1(一定会发生)之间。其次需要对承灾体的暴露性及脆弱性进行分析，即对承灾体

进行基于某种灾害的易损性评价。易损性即处于危险区内的单个承灾体或者一系列承灾对象的损失程度,数据表达范围在0(无损失)到1(完全损失)之间。除此之外,还要对所处区域的社会应急能力进行分析评价,应急能力对救灾过程和效率有着很大的影响。

因此,对于不同形式的山区灾害,进行风险评价时所考虑的影响因素是不同的。比如对山洪灾害进行风险评价时,确定山洪淹没区的危险性是关键所在。由于山洪是一个很复杂的过程,受多种因素的影响,其中山洪特性和受淹区的地形地貌是影响山洪淹没的主要因素。山洪的淹没是一个动态的、变化的过程,其机理是由于水源区和被淹没区有通道和存在水位差,就会产生淹没过程。山洪淹没最终的结果是水位达到平衡状态,这个时候的淹没区就是最终的淹没区^[2]。而对泥石流灾害进行风险评价时,除了可以对区域上的泥石流灾害进行风险评价,还可以对单沟泥石流进行风险评价。刘希林研究员提出的MFCAM危险度评价模型和易损度评价模型在多个单沟泥石流评价中都有应用。该评价模型需要有泥石流的发生规模、发生概率、流域面积、主沟长度、相对高差、切割密度、活动沟床比例、财产指标、人口指标等较为详细的数据。而对于区域泥石流风险评价,主要是从灾害三要素^[3]去考虑,即对孕灾环境、致灾因子和承灾体分别进行分析评价。本书着重以山区灾害中的滑坡灾害为例进行阐述。

1.2 滑坡风险

1.2.1 滑坡风险定义

由于国外开展滑坡风险研究工作较早,所以研究体系已经基本形成,针对不同类型的风险也给出了明确的定义,其内容和形式大同小异。迄今为止,国内对滑坡风险的定义和分析都还比较模糊。大量的文献中常常将滑坡风险不同阶段的研究形式,如风险分析、风险评价、风险评估、风险区划混为一谈,很难给人一个清晰的概念,在应用中也是各不相同。国内外对地质灾害风险的定义比较倾向于联合国人道主义事务部给出的表达形式:

$$\text{风险} = \text{危险性} \times \text{易损性}$$

但其对风险研究的一些其他内涵缺少具体描述。滑坡风险应该是包括滑坡危险性、易损性的基本内容,并以风险管理为目标,以危险度、易损度为基础,以

风险分析、风险评价、风险评估、风险区划为主要支撑方法的综合性研究体系。

在此前提下可以将“滑坡风险”定义为：对滑坡发生的危险性和灾害损失的可能性做出的综合性分析评价。

1.2.2 滑坡风险分类

地质灾害风险研究的类型较多，也出现了多种分类名词。要准确地给出滑坡风险评价的定义，首先应该对这些已出现的风险研究进行分类。在充分认识风险定义的基础上，给出较完整的滑坡风险评价的定义。根据已有的研究，风险类型主要包括以下内容，不同的国家和地区对其定义也有所不同。

1.2.2.1 风险分析

滑坡风险分析具有地质灾害风险研究初级阶段的意义。首先，对研究区是否存在风险进行定性分析，如是否存在滑坡、泥石流等地质灾害的危险，危险区内是否存在承灾体等。

(1)澳大利亚。利用可靠的信息，估计因地质灾害对个人、群体、财产或环境造成的风险，包括确定分析范围、地质灾害认定、估计灾害发生的概率、估计承灾体的易损性、危害分析及风险估计。

(2)中国香港地区。量化风险分析主要回答以下问题：①是什么引起了灾害，即滑坡灾害识别问题；②灾害发生的频率有多大，即边坡失稳的频率问题；③失稳的后果有多严重，即后果影响分析；④如何接受风险，即滑坡风险的接受问题；⑤应当做些什么，即后期的风险管理问题。

1.2.2.2 风险评价

经过滑坡分析阶段后，再根据滑坡危险度和承灾体的易损度分析结果，采用相应的技术方法对可能存在滑坡风险的区域、风险的规模、发生风险的可能性(概率)以及风险的分布范围进行定量或半定量的评价。

(1)澳大利亚。各种量化值和判断进入决策过程的阶段。为了区别与管理风险评估中的一系列选择，应考虑估计的风险及其相关的社会、环境和经济后果的重要性。

(2)土耳其。在一定的承受标准或容许标准基础上的风险计算和风险估算，包括四方面内容：数据采集、危险性评价、易损性评价和风险评价。

(3)意大利。估计一定时间内，灾损等于或大于给定阈值的灾害发生的

概率。

(4)联合国(人道主义事务部)。

$$\text{风险评价(risk)} = \text{危险性(hazard)} \times \text{易损性(vulnerability)}$$

1.2.2.3 风险评估

在滑坡风险分析和评价的基础上,为政府管理者和灾区人民做出滑坡灾害的危害、可能造成的财产损失和人员伤亡的全面预测,说明可能成灾的类型、分布的范围、灾害损失的程度等。

(1)美国。对灾害范围、可能影响的居民和财产、破坏的可能程度、滑坡可能导致的社会经济影响等所做的预先分析。

(2)澳大利亚。就现存的风险是否可以容许,以及目前的风险控制措施是否完备做出的判断。风险评估包括了风险评价和风险分析。

(3)法国。对现存的风险是否可以承受,现有的减灾措施是否具有推荐性的意见。

$$\text{风险评估} = \text{风险分析} + \text{风险评价}$$

(4)加拿大。

$$\text{风险评估} = \text{滑坡灾害特点(危害、频率)} + \text{滑坡风险分析}$$

1.2.2.4 风险区划

上述的滑坡风险研究既可以针对单体滑坡,也可以涉及区域滑坡的情况。无论在研究理论还是方法方面,单体和区域滑坡风险研究都没有明确的界限。滑坡风险区划在于,对区域空间滑坡的风险范围、等级、发生概率等作出划分和评价,为区域滑坡风险评估提供条件。

(1)意大利。从空间角度上为滑坡灾害管理提供信息,把研究区划分为一些具有相同滑坡风险程度的部分(单元)。

(2)美国。根据实际或潜在的滑坡危害和易损性进行区域划分或等级划分。

1.2.2.5 风险管理

面对可能出现的滑坡风险,政府管理者应对风险预先制定处理方案和防御措施。

(1)澳大利亚。将管理政策、过程和经验系统地应用到风险鉴定、分析、评价、减缓和监测的过程。

(2)法国。政策上的识别、分析、评价、减少和监测灾害发生的过程与实

践的系统应用。

(3)瑞士。主要包括四方面内容,即危险性评价、保护对象定义、规划措施和保护措施。

(4)美国。在控制成本的前提下,对滑坡的风险进行确定、计算和评价,并执行减灾措施。

(5)日本。人们对可能遇到的灾害风险进行识别、估计和评价,并在此基础上综合利用法律、行政、经济、技术、教育与工程等手段,合理调整人与自然的关系,实现人类最大安全保障和可持续发展的双重目标。

参 考 文 献

- [1] 国际岩土力学和地质工程协会. 滑坡风险管理[M], 国际滑坡风险管理会议(温哥华, 加拿大, 2005. 5. 31~2005. 6. 3).
- [2] 丁志雄, 李纪人, 李琳. 基于 GIS 格网模型的洪水淹没分析方法[J]. 水利学报, 2004, (6): 56~67.
- [3] 史培军. 再论灾害研究的理论与实践[J]. 自然灾害学报, 1996, 5(4): 6~17.

第2章 区域滑坡危险性评价的理论与模型

2.1 危险性评价理论

区域滑坡危险性评价是通过相关的现代技术方法,建立评价指标系统,选择可靠的评价模型,对区域空间内滑坡灾害环境因素组成的本底条件进行量化处理,评价和分析其可能对滑坡灾害发育做出的贡献。区域滑坡危险性评价是提出危险性判别标准,对区域内滑坡灾害的危险性进行定量或半定量的等级划分,并评价滑坡灾害的发展趋势。区域滑坡危险性评价是在充分认识滑坡发育规律和发育机理的基础上,分析区内产生滑坡发育的本底条件,分析这些条件可能对滑坡产生的贡献作用。区域滑坡危险性评价结果可以用来判断滑坡灾害的危险程度,并可为滑坡灾害防灾减灾管理提供决策依据。

根据区域滑坡危险性评价的基本定义,提出以下基本原则:

- (1)要对进行滑坡危险性评价的范围进行区域界定,而不是仅仅针对某一具体的滑坡点;
- (2)评价的区域范围内滑坡较发育,而不是只有很少的典型滑坡发育;
- (3)具备进行区域滑坡危险性评价的滑坡数据、环境背景资料、技术力量以及滑坡研究的专业知识和经验。

在基本原则框架下,列出滑坡危险性评价应该具备的基本条件:

- (1)必须拥有可靠的、较完整的滑坡灾害和环境本底因素的空间数据库系统,包括滑坡空间数据库、地形地貌各类图件、地质图、水系图等;
- (2)能够熟练应用计算机及空间分析技术对滑坡危险性评价的本底因素各指标进行数字化定量处理;
- (3)通过比选,建立可靠的、简易的、操作性强的滑坡危险性评价模型;
- (4)提出明确的滑坡危险性评价划分标准,并用通俗易懂的文字进行说明;
- (5)邀请有经验的滑坡研究专家进行技术指导。

只有满足这些基本条件的滑坡危险性评价结果,才可能更可靠、更符合实际情况。

在选取区域滑坡危险性评价指标时,要在对区内大量历史滑坡资料分析后,依据每个区域的特点进行选取。一般是从滑坡发育的内部因子(即本底因子)和外部因子(即诱发因子)两方面进行指标选取,再通过合适的分类方法对各因子进行指标分类,从而建立区域内滑坡危险性评价的指标体系。

2.2 危险性评价模型

在进行区域滑坡危险性评价过程中,有很多种数学模型可以选择。各种数学模型本质的不同点无非就在于对评价因子的选择及权重确定上。因此可以将区域滑坡危险性评价模型归结为多因子综合因素评判模型。

2.2.1 多因子综合评判模型

多因子综合评判模型即在综合评价过程中分析表示各评价因子(或因素、指标)相对重要性的系数,亦称权重系数,即确权问题。确权的方法有很多种,如常见的专家打分法,就是通过计算各评价因子的多个专家打分的平均分数,得到各因子的初始权重,经归一化处理后得到各因子的权重。如果要考虑评议专家的权威程度,则要确定各专家的权威程度。除此以外,层次分析法也是进行确权的一种普遍方法。但是,这些常见的确权方法都不可避免地具有很强的主观性,有许多人为因素在里面。因此在确权过程中要尽可能地减少确权的主观性以及最大限度地保留各评价因子本身的客观性。

2.2.2 贡献率模型

贡献率模型是指利用求每个评价因子的贡献率来确定该因子权重的模型。通过求取每一因子内部对滑坡发育的贡献率来获取每一因子内部的自权重以及不同因子之间的互权重。

设每一因子自变量为 $X_i (i=1, 2, \dots, 5)$, 则每一因子内部各分类指标可以表示为 $X_{ij} (i=1, 2, \dots, n; n \text{ 为每一因子内部的分类数, 不同因子的 } n \text{ 取值不同})$ 。用 r_{ij} 表示各因子内部指标的贡献率, R_i 表示各因子的综合贡献率, p_{ij} 表示每一因子内部各指标可能发生的概率。每一因子内部指标的贡献率都由三部分组成, 即 r_{j1} (对滑坡的数量贡献率)、 r_{j2} (对滑坡的面积贡献率) 和 r_{j3} (对滑坡的体积贡献率)。用 ω_{ij} 和 ω_i 分别代表每一因子内部各指标的权重(即因子内部自权重)和各因子的权重(即各因子之间的互权重)。各参数的求

法及其之间的关系可以用以下公式求得或表达:

$$\text{贡献率}(r_{jk}) = (\text{贡献量} / \text{总贡献量}) \times 100\% \quad (j = 1, 2, \dots, n; \quad k = 1, 2, 3) \quad (2-1)$$

$$\bar{r}_j = \frac{1}{3} \sum_{k=1}^3 r_{jk} \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (2-2)$$

$$r_{ij} = p_{ij} \times \bar{r}_j \quad (i = 1, 2, \dots, 5; \quad j = 1, 2, \dots, n) \quad (2-3)$$

$$\omega_{ij} = r_{ij} / \sum_{j=1}^n r_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, 5) \quad (2-4)$$

$$R_i = \sum_{j=1}^n r_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, 5) \quad (2-5)$$

$$\omega_i = R_i / \sum_{i=1}^5 R_i \quad (i = 1, 2, \dots, 5) \quad (2-6)$$

具体的操作路线如图 2-1 所示。

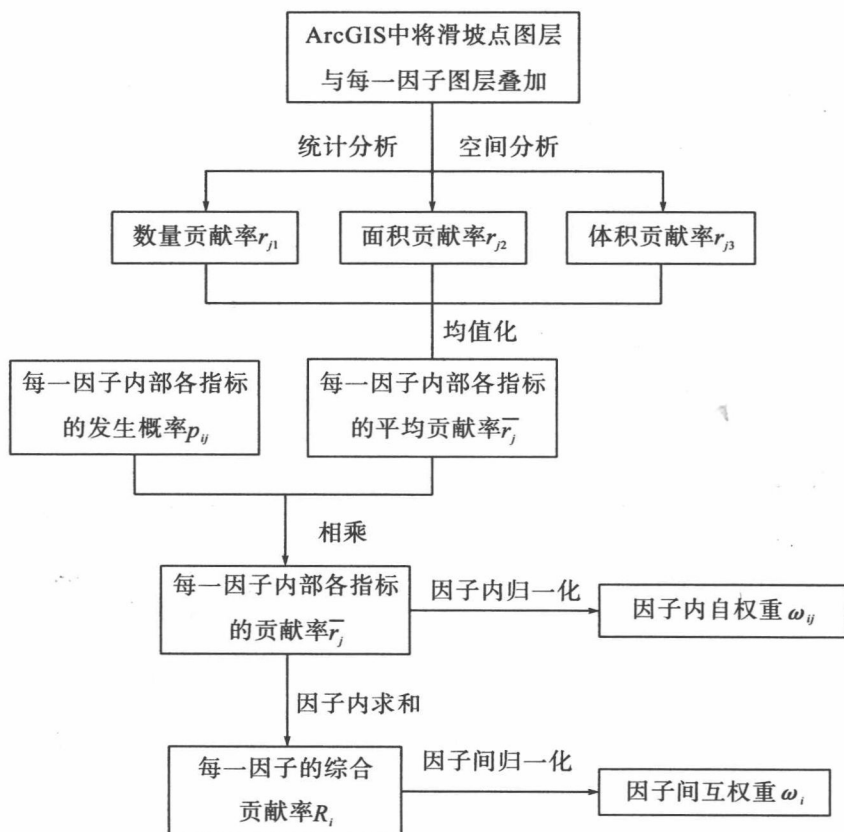


图 2-1 贡献率求取权重路线图