



何叶荣 著

煤矿安全管理风险评价方法及应用研究

Risk Assessment Method and Application of Coal-mine Safety Management

Risk

Assessment

中国科学技术大学出版社



煤矿安全管理风险评价方法及应用研究

Risk Assessment Method and Application of Coal-mine Safety Management

何叶荣 著

RISK



Assessment

内 容 简 介

本书通过对国内外研究现状的全面述评,从如下4个方面进行煤矿安全管理风险识别与评价:(1)煤矿安全管理风险因素识别;(2)评价指标体系构建及指标权值计算;(3)结合煤矿安全管理模糊性、非线性、动态时变性及小样本等特点,对SEM、FSVM及SEM-FSVM三种风险评价方法的算法原理、程序及在煤矿安全管理风险评价中的应用进行分析;(4)选取典型煤矿样本。通过这些方面进行实证研究,对几种评价方法的评价结果进行比较,证明SEM-FSVM风险评价模型整合了SEM和FSVM两种方法的优点,既能反映出各个风险因素之间的关系,又能更好地突出其在煤矿安全管理风险评价上的优势,具有更高的评价精度,更适合煤矿安全管理风险的评价。

本书可供科研单位、煤矿企业和高校及其他相关部门参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

煤矿安全管理风险评价方法及应用研究/何叶荣著. —合肥:中国科学技术大学出版社,2017.1

ISBN 978-7-312-04046-7

I. 煤… II. 何… III. 煤矿—矿山安全—安全管理—风险评价—研究
IV. TD7

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第263062号

出版 中国科学技术大学出版社
安徽省合肥市金寨路96号,230026
<http://press.ustc.edu.cn>
<https://zgkxjstcxbs.tmall.com>
印刷 安徽联众印刷有限公司
发行 中国科学技术大学出版社
经销 全国新华书店
开本 710 mm×1000 mm 1/16
印张 9
字数 167千
版次 2017年1月第1版
印次 2017年1月第1次印刷
定价 32.00元

前 言

煤炭行业是高危行业,虽然近几年我国加大了煤矿安全管理的力度,使煤矿安全事故总体有所下降,但实际情况仍不乐观。针对煤矿安全风险识别、风险评价等问题,国内外学者进行了大量相关研究,取得了丰富的成果。由于煤矿安全管理具有复杂性和时变性等特点,传统的风险识别与评价方法在煤矿安全管理上的应用存在一定的局限性,尤其在解决煤矿安全管理风险评价的主观性和实施动态评价方面显得不足。但是,大多数安全事故是由于管理失范引发的,要想真正实现煤矿安全本质化、精细化管理,必须对安全管理中潜在的风险因素进行充分的识别与评价。

煤矿安全管理是煤矿安全高效生产的重要保障,一直以来受到国内外科研及相关人员的广泛关注。由于研究的侧重点不同,在煤矿安全管理方面,国外学者多集中在对煤矿应急管理能力的评估及安全管理体的建设上,针对安全管理中潜在的风险源进行识别及风险评价的研究相对较少。本书研究对象为煤矿安全管理风险,对煤矿安全管理中潜在的风险进行识别与评价。研究内容主要包括如下几个部分:

第1章主要介绍本书的研究背景,研究目的和意义,课题来源,研究的主要内容等。

第2章为文献综述及相关理论基础部分。主要对煤矿安全管理风险致因、煤矿安全管理风险因素识别及风险评价的国内外研究现状进行分析;在对国内外相关研究现状分析述评的基础上,结合我国煤矿安全管理现状及特点,创造性地提出一种将FSVM和SEM相结合的集成评价方法,综合SEM与FSVM的优点,构建基于SEM-FSVM的煤矿安全管理风险综合评价模型,开展煤矿安全管理风险评价;对本书研究用到的相关理论,如粗糙集(RS)理论、Page Rank(PR)算法、主成分分析及因子分析、结构方程模型(SEM)、支持向量机(SVM)、模糊支持向量机(FSVM)、特征加权支持向量机(FWSVM)等的基本

原理及算法进行研究。

第3章对煤矿安全管理关键风险因素进行调查与识别。通过问卷调查、现场调研和专家访谈,围绕煤矿安全管理组织、管理模式、管理能力、管理要素与管理监控五个方面进行分析;同时对风险后果也进行了相应的分析,主要从原煤产量与预期差异、销售绩效与预期差异、安全管理风险事故发生率与预期的差异、安全管理风险事故造成人员损失值与预期的差异、经济损失值与预期的差异等5项指标来分析煤矿安全管理风险可能造成的风险后果。在借鉴国内外相关研究基础上,结合现场调查和专家访谈,设计调查问卷,在一些典型煤矿企业和部分煤炭高校进行现场问卷调查。对回收的318份有效问卷进行整理分析。通过RS约简最终确立了23个题项;运用随机游走的Page Rank算法计算出专家权重,确保问卷设计的科学性、合理性;运用STATA 12.0软件对数据进行描述性统计分析,并进行问卷信度及效度分析。

第4章主要是煤矿安全管理风险评价指标构建和指标权值计算。运用因子分析和主成分分析提炼出影响煤矿安全管理的18个关键风险因素和3个风险后果指标;建立煤矿安全管理风险因素关系模型,并提出相应的研究假设,运用SEM模型并借助STATA 12.0和AMOS 17.0软件对模型进行检验、拟合与修正,找出煤矿安全管理关键风险因素对风险后果的影响作用、煤矿安全管理风险因素间相互影响关系及影响作用的大小,通过对SEM路径系数进行规范化处理,计算出煤矿安全管理风险评价指标的权值。

第5章主要是针对3种煤矿安全管理风险评价方法进行研究。在对SEM、FSVM风险评价方法的原理、方法研究的基础上,提出一种SEM-FSVM煤矿安全风险综合评价模型,对SEM、FSVM、SEM-FSVM 3种评价方法在煤矿安全管理风险评价中应用进行分析与比较。运用SEM对煤矿安全管理关键风险因素关系进行分析,将SEM路径系数与FSVM的核函数进行内积运算,构建指标特征加权核函数,消除了指标贡献度对评价结果的影响,构建指标和样本双重加权的SEM-FSVM煤矿安全管理风险评价模型。

第6章为实证研究部分。选取12个典型煤矿,通过相关专家对各个煤矿的安全管理现状进行打分,结合对12个煤矿的安全管理风险清单的对比结果。分别运用SEM、FSVM及SEM-FSVM的煤矿安全管理风险评价模型进行实证研究,并对3种评价模型的评价结果进行比较,验证SEM-FSVM煤矿安全管理风险评价模型的实用性和有效性。

第7章对本书的研究工作进行了全面总结,指出值得进一步研究的前沿问题。

本书是我在博士论文的基础上进一步修改完成的,感谢我的导师孟祥瑞教授对我的悉心指导!从确定选题方向、搜集数据资料,到选定技术路线、确定研究方案,孟老师在各方面给我创造了有利条件,解答疑难,指明方向,让我不仅掌握了矿业管理科学的前沿理论知识,更重要的是学到了科学、规范的研究方法和思考范式。

感谢中国矿业大学张农教授、国家安全生产监督管理局相桂生主任、安徽省煤炭安全监察局朱建伦总工程师,在本书撰写过程中为我提供了宝贵的最新资料。感谢安徽理工大学杨力教授、李慧宗副教授、王向前副教授、杨超宇副教授等师友在本书撰写过程中给我提出了很多宝贵的意见和建议。师弟殷大发(煤炭科学技术研究院有限公司装备分院软件技术研究所所长)为我提供了大量煤矿安全事故案例资料;师弟徐雪战(煤炭科学研究院重庆分院)在本书资料收集与整理过程中提供了许多帮助;安徽省煤炭安全监察局、淮南矿业集团、淮北矿业集团和国投新集煤电集团等单位的有关领导,为本课题研究提供了大量的基础资料,在此一并致谢!

在本书撰写过程中,中国科学技术大学司有和教授提出了大量宝贵的修改建议,他渊博的学识、细心的学术指导,给我留下了难忘的印象并使我受益匪浅。在此对司教授表示衷心的感谢!

作 者

2016年10月

目 录

前言	(i)
第 1 章 绪论	(1)
1.1 研究背景、意义及课题来源	(1)
1.1.1 研究背景	(1)
1.1.2 研究意义	(5)
1.1.3 课题来源	(5)
1.2 主要研究内容	(5)
1.2.1 煤矿安全管理风险因素识别研究	(6)
1.2.2 煤矿安全管理风险评价指标体系研究及指标权值计算	(6)
1.2.3 煤矿安全管理风险评价方法研究	(6)
1.2.4 煤矿安全管理风险评价实证研究	(7)
第 2 章 文献综述及相关理论基础	(8)
2.1 文献综述	(8)
2.1.1 煤矿安全事故致因机理的相关研究	(9)
2.1.2 煤矿安全管理风险因素识别的相关研究	(10)
2.1.3 煤矿安全管理风险评价的相关研究	(12)
2.2 相关理论基础	(15)
2.2.1 粗糙集	(15)
2.2.2 Page Rank(PR)算法	(16)
2.2.3 主成分分析及因子分析	(18)
2.2.4 结构方程模型(SEM)	(20)
2.2.5 支持向量机(SVM)	(21)

2.2.6	模糊支持向量机(FSVM)	(24)
2.2.7	特征加权支持向量机(FWSVM)	(31)
第3章	煤矿安全管理风险因素识别	(33)
3.1	煤矿安全管理风险因素分析与假设	(33)
3.1.1	煤矿安全管理监控	(34)
3.1.2	煤矿安全管理组织	(35)
3.1.3	煤矿安全管理模式	(37)
3.1.4	煤矿安全风险管理能力	(39)
3.1.5	煤矿安全管理要素	(41)
3.2	风险后果分析	(42)
3.3	风险因素调查	(43)
3.3.1	问卷概要	(43)
3.3.2	问卷发放与收集	(45)
3.4	数据处理	(47)
3.4.1	基于RS的问卷题项约简	(47)
3.4.2	数据描述性统计分析	(47)
3.4.3	基于Page Rank的专家权重确定	(49)
3.4.4	问卷总体信度与效度分析	(50)
第4章	风险评价指标体系构建及指标权值计算	(53)
4.1	煤矿安全管理风险评价指标体系构建的原则	(53)
4.2	煤矿安全管理风险评价指标体系构建	(54)
4.2.1	因子分析与主成分提取	(54)
4.2.2	煤矿安全管理主要风险评价指标确定	(59)
4.3	基于SEM的煤矿安全管理风险评价指标权值计算	(65)
4.3.1	SEM的分析工具	(65)
4.3.2	研究假设	(66)
4.3.3	基于SEM的煤矿安全管理风险因素关系模型	(68)
4.3.4	煤矿安全管理风险评价指标权值确定	(76)
第5章	煤矿安全管理风险评价方法研究	(82)
5.1	SEM煤矿安全管理风险评价方法研究	(82)

5.1.1	基于 SEM 的煤矿安全管理风险评价的背景依据	(82)
5.1.2	结构方程的指数评价体系	(83)
5.1.3	SEM 煤矿安全管理风险评价的程序与步骤	(84)
5.2	FSVM 煤矿安全管理风险评价方法研究	(85)
5.2.1	FSVM 煤矿安全管理风险评价模型构建的原理	(85)
5.2.2	FSVM 煤矿安全管理风险评价模型构建的程序与步骤	(88)
5.3	SEM-FSVM 煤矿安全管理风险评价方法研究	(91)
5.3.1	SEM-FSVM 煤矿安全管理风险评价方法的背景及依据	(91)
5.3.3	SEM-FSVM 煤矿安全管理风险评价的程序与步骤	(94)
第 6 章	煤矿安全管理风险评价实证与应用研究	(96)
6.1	样本选择与数据预处理	(96)
6.1.1	样本选择	(96)
6.1.2	风险类别设计	(97)
6.1.3	数据预处理	(97)
6.2	SEM 在煤矿安全管理风险评价中的实证与应用	(100)
6.2.1	5 个一级风险评价指标的综合评价分值计算	(100)
6.2.2	煤矿安全管理风险综合评价分值计算	(101)
6.2.3	风险评价结果分析与排序	(102)
6.3	FSVM 在煤矿安全管理风险评价中的实证与应用	(102)
6.3.1	数据预处理与风险类别设计	(102)
6.3.2	选定训练样本,确定模糊训练集	(102)
6.3.3	输出结果分析与评价	(103)
6.4	SEM-FSVM 在煤矿安全管理	(104)
6.4.1	模糊隶属函数选择	(104)
6.4.2	参数的确定	(104)
6.4.3	基于 SEM 路径系数的特征加权核函数构建	(105)
6.4.4	选定训练样本,确定模糊训练集	(105)
6.4.5	选定测试样本进行测试	(106)
6.5	几种方法的评价结果比较	(107)

第 7 章 研究结论与展望	(110)
7.1 研究结论	(110)
7.2 研究展望	(112)
参考文献	(113)
附录 A 煤矿安全管理风险因素调查问卷	(126)
附录 B 基于 Page Rank 算法计算出的 318 位被访专家最终权重值 ...	(132)

第 1 章 绪 论

1.1 研究背景、意义及课题来源

1.1.1 研究背景

我国目前仍然处于基础设施建设、制造业和城市化建设的高峰期,对煤炭资源的需求量仍然很大。我国煤炭产量由 1978 年的 6.2 亿吨,增加到 2014 年的 38.7 亿吨,2015 年近 39 亿吨,占我国一次性能源生产的 73.2%,居世界煤炭产量比重的 47%,近 10 年来,每年以近 2 亿吨的增量发展,成为世界第一采煤大国^[1]。习近平总书记强调指出,我们正在压缩煤炭比例,但国情还是以煤炭为主。虽然近两年煤炭消费量增速减缓,甚至出现滑坡的趋势。但是,煤炭产业在我国一次性能源生产和消费结构中仍占主导地位,在世界一次能源消费量排行中,我国煤炭消费占世界比重 50%,占我国一次性能源消费 66%^[1]。专家预测,到 2050 年我国煤炭消费量仍将占能源消费总量的 50%左右,煤炭产业在今后相当长一段时期内仍将是我国能源的主体产业,在促进社会经济发展中发挥着重要作用,煤炭资源为我国 GDP 贡献巨大。如图 1.1 所示,煤炭产量和经济增长呈现明显的正相关关系,是驱动社会经济发展的主要因素。

在煤炭行业为国民经济和社会发展作出重大贡献的同时,我们也付出了巨大牺牲。2000 年以来,共发生百人以上安全事故 11 起,因事故死亡 1 594 人。目前我国有一万多个煤矿,矿井平均深度超过 500 米,其中深度超 1 000 米的矿井有近 50 处。全国煤炭行业共有从业人员 580 多万人,其中井下作业人员 300 多万人,且煤矿工人基本素质偏低,农民工占从业人员的 38%^[2]。平均每小时有近两百万人在井下作业,安全风险时刻存在。同时,我国煤炭资源赋存情况复杂,各种自然灾害较为严重,作业环境多变,使煤矿生产面临各种风险;再者,近两年煤炭市场疲软,煤炭企业盈利能力下降与安全投入上升之间的矛盾较为

突出,导致煤炭企业应对危机的主要措施是提产降本,这种状况可能会导致煤炭企业面临更大的潜在安全风险。

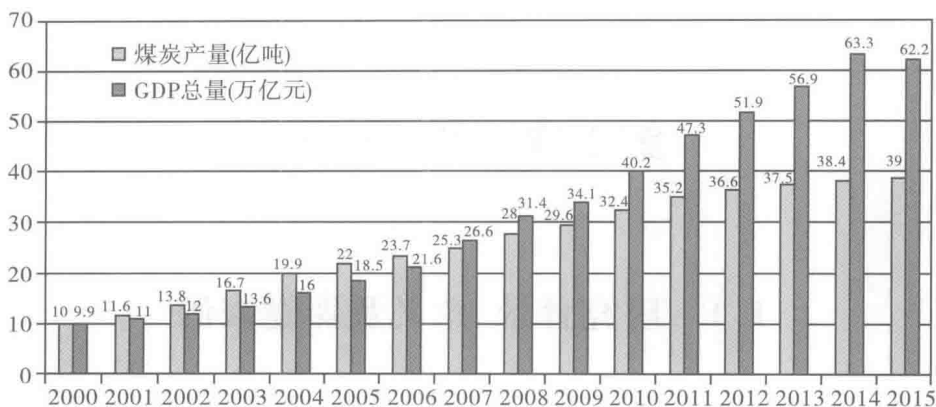


图 1.1 近年来我国煤炭产量与 GDP 的关系

党的十八大以来,安全生产被摆到了更为突出的位置。习近平总书记对安全生产工作提出了许多新思想、新观点、新要求,明确指出要牢固树立安全发展的理念,不安全的发展、带血的 GDP 坚决不能要,安全生产红线不可逾越等。在这种理念的引导下,我国煤矿安全监管监察体制机制不断完善,法律法规体系不断健全,并加大安全投入、进行装备更新,进一步加大了煤矿安全管理的力度,制定了煤矿本质安全管理体系和标准,建立了数字矿山实验室,引进了煤矿安全风险评价及预警系统,配置了相应的硬件、软件设备,进行煤矿安全风险源的动态采集和实时评价,对提升煤矿安全风险管理具有积极作用,煤矿安全形势实现了明显好转。2014 年煤矿安全事故死亡人数降至 931 人,2015 年煤矿安全事故死亡人数降至 558 人(图 1.2 所示)。

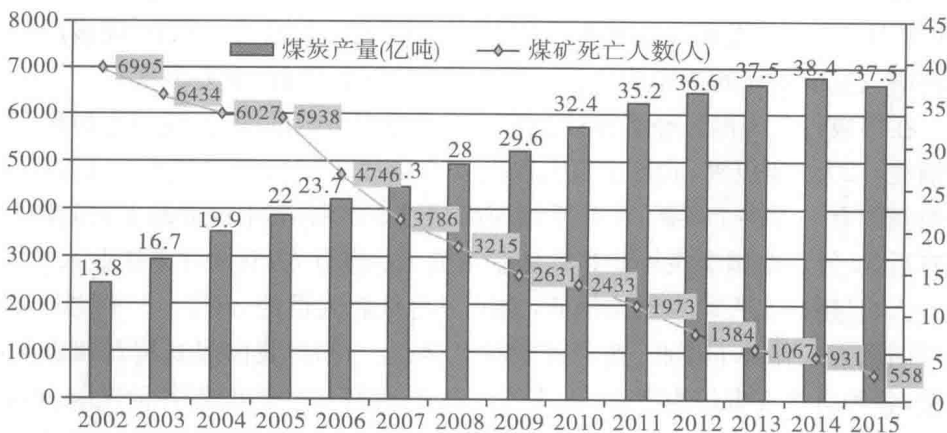


图 1.2 2002~2015 年我国煤炭产量及煤矿事故

近十年来煤矿安全事故在逐年下降,煤矿安全生产持续稳定好转,全国连续10年实现事故总量和死亡人数下降,重特大事故明显减少,煤矿百万吨死亡率下降90%以上,2014年百万吨死亡率降至0.225(表1.1所示);但与美国、澳大利亚、南非等国家相比,事故总量依然偏大(图1.3所示)。统计数据显示,我国煤矿事故的死亡人数占全球的80%左右^[2]。

表 1.1 2010~2014 年我国煤矿安全事故统计数据

年份	死亡人数(人)	百万吨死亡率
2010	2433	0.749
2011	1973	0.564
2012	1384	0.374
2013	1067	0.288
2014	931	0.225

(数据来源:国家煤矿安全监察局2012~2014年全国煤矿重特大及典型较大事故案例汇编,2015年5月。)

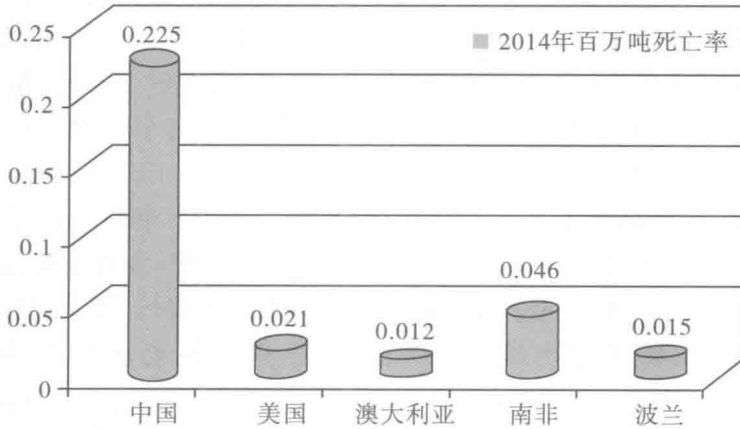


图 1.3 2014 年中国与美国等国家的煤矿事故百万吨死亡率

据统计,在发生的煤矿安全事故中,90%以上是由于人的因素所致^[3],人的不安全因素本质上是由于安全管理失误所致。例如,安全管理体系不健全,安全管理组织结构不合理、组织职责不清,组织行为失范,安全管理能力低下(安全行政管理能力欠缺,缺乏安全信息管理和安全管理创新能力、安全行为管理能力不足),安全管理模式陈旧等问题,以至于造成安全操作不规范、缺乏必要的安全管理措施、工人对管理层逆反心理严重、只追求绩效忽视安全、低估不安全行为的危险等。

近些年来,在安全管理理论界比较经典的事故致因理论有十多种,如多米诺骨牌理论、事故因果论、轨迹交叉论等,分别从不同的角度对事故的成因和过程进行了阐述^[4-6]。但由于煤矿安全管理的非线性、时变性及小样本事件等特点,这些理论在该领域的应用受到一定的限制,实用性不强,缺乏对实际煤矿安全管理的指导作用。煤矿安全系统主要是由煤矿安全生产系统和煤矿安全管理系统构成^[7],安全管理对安全生产起着主导作用,安全管理系统潜在的风险因素,在风险诱因作用下,积聚到一定程度,最终导致煤矿安全事故的发生。

针对煤矿安全风险识别、风险评价等问题,国内外专家、学者进行了大量相关研究^[3-6],取得了丰富的成果,推动了煤矿安全管理理论和安全风险评价及预警理论的发展,对煤矿安全工作起了积极的推动作用。但是,在煤矿安全管理方面,由于煤矿安全管理本身的复杂性和时变性等特点,这些方法在煤矿安全管理上的应用还存在一定的局限性,尤其在解决煤矿安全管理风险评价的主观性和实施动态评价方面仍显得不足。

基于以上背景,本书将在分析总结国内外相关文献的基础上、结合我国煤矿安全管理现状,通过发放问卷、专家咨询及现场调研的方式对煤矿安全管理中潜在的风险因素进行识别。借助因子分析和主成分分析方法,提取影响煤矿安全管理的主要风险因素,构建煤矿安全管理风险评价指标体系。由于煤矿安全管理风险概念比较抽象,很难进行准确界定,各个变量之间的关系较为复杂,且变量具有不可测量性。近年来,国内外学者对一些传统的风险评价方法(如神经网络法、模糊综合评价法等)进行了改进,但大多数因假设条件苛刻、评价精度不高等,缺乏应用和推广能力。瑞典统计学家 Karl G Joreskog 等人于 20 世纪 60~70 年代提出了结构方程,该方法可以同时处理多个因变量,适用于复杂的多因子关系分析,风险因素提炼,评价指标体系优化及指标权重计算等,现已广泛应用于社会科学、管理学、经济学、行为科学等各个领域^[7-10];同时,Cortes 和 Vapnik(1995)提出的支持向量机(support vector machine, SVM)为煤矿安全管理风险评价提供了新的理论与技术基础,该方法以统计学习的 VC 维理论和结构风险最小原理为基础^[11],根据有限的样本信息在模型的复杂性和学习能力之间寻求最佳折中^[6],能抓住关键样本、“剔除”大量冗余数据,避免了“维数灾难”,具有很强的泛化能力和较好的“鲁棒”性^[12],在风险评价、风险预测及风险预警等领域有较广泛的应用^[13-14]。

本书针对煤矿安全管理非线性、动态时变性等特点,拟采用结构方程(SEM)和模糊支持向量机(FSVM)相结合的方法进行评价。运用 SEM 进行煤矿安全管理风险因素关系分析,进行风险因子提炼,评价指标体系优化和 risk 评价指标权值计算^[15-18];同时,将模糊理论中的模糊隶属度与支持向量机相结

合,在支持向量机二次规划的惩罚参数中添加模糊隶属度,以平衡样本贡献度对评价结果的影响^[19]。本书创新性地构建 FSVM 和 SEM 相结合的风险集成评价模型,通过 SEM 的指标路径系数与 FSVM 核函数(本书选择 Gauss 核函数)的内积运算,形成指标特征加权 Gauss 核函数,构建基于评价指标和样本双重权重的 SEM-FSVM 风险评价模型,消除了评价指标贡献度及样本贡献度对评价结果的影响,确保能精确评价风险状态。将 SEM 与 FSVM 方法进行集成优化,既能减少样本数据处理的复杂性,又能很好地解决小样本、非线性、动态时变性及模糊信息等问题,为煤矿安全管理风险评价提供了一种新的方法。

1.1.2 研究目的和意义

1. 研究目的

通过本课题研究,探寻一种更科学的挖掘煤矿安全管理风险因素和风险评价的新方法,以便更准确地提炼风险因素,更精确地进行风险评价,达到从本质上实现煤矿安全管理零风险,确保煤矿安全高效生产。

2. 研究意义

此研究一方面能为煤矿安全管理关键风险因素集的提炼提供科学依据;另一方面能够丰富和完善煤矿安全管理风险评价理论体系,有效推动煤矿安全管理理论的发展;同时将提高煤矿安全管理风险评价系统的实际应用能力,更好地指导和服务于煤矿安全管理工作,具有重要的理论意义和应用前景。

1.1.3 课题来源

本课题来源于本书作者的国家自然科学基金面上项目——“煤矿安全管理风险测度及预警理论研究(51374114)”和安徽省教育厅人文社会科学重大项目——“煤矿企业应急能力评价及应急预案决策研究(SK2014ZD046)”。

1.2 主要研究内容

本课题研究对象为煤矿安全管理风险识别与风险评价问题,围绕该问题开展如下几个方面的研究。

1.2.1 煤矿安全管理风险因素识别研究

围绕煤矿安全管理风险因素的识别开展一系列研究工作。在总结国内外相关研究文献的基础上,结合我国煤矿安全管理现状,根据调查问卷和专家访谈结果,从煤矿安全管理监控、煤矿安全管理组织、煤矿安全管理模式、煤矿安全管理能力、煤矿安全管理要素 5 个方面的主要风险因素及风险后果进行深入分析;运用 RS 属性约简的方法对指标进行约简,对有些题项进行了修改,初步确定 20 个主要风险因子、3 个风险后果作为研究的测量题项;为了使数据更具有科学性和实用性,通过采用 Page Rank 算法对专家权重进行计算,将专家权重与原始数据进行集成得到预处理数据;通过 STATA 12.0 对数据进行描述性统计,并对各个变量数据进行信度、效度检验,进而得到数据的基本概要统计指标,最终确定 18 个风险因素指标、3 个风险后果指标作为本书研究的最终变量。

1.2.2 煤矿安全管理风险评价指标体系研究及指标权值计算

借助因子分析和主成分分析提取影响煤矿安全管理的主要风险因素,识别出煤矿安全管理组织、管理能力、管理模式、管理要素、管理监控 5 个方面 18 个风险因素作为本书研究的关键风险因素集,进行因子归类和变量命名,构建出煤矿安全管理风险评价指标体系;提出相关研究假设,建立风险路径关系概念模型,运用 SEM 并借助 STATA 12.0、AMOS 17.0 等软件对概念模型进行验证,通过其路径系数分析各风险因素之间的关系及对风险后果的影响作用,然后对模型中各变量(指标)因子路径系数进行分析,并对评价指标权重进行计算。

1.2.3 煤矿安全管理风险评价方法研究

结合煤矿安全管理模糊性、非线性、动态时变性及小样本等特点,深入研究 SEM、FSVM 及 SEM-FSVM 风险评价方法,对三种评价方法的算法原理、程序及在煤矿安全管理风险评价中的应用进行分析,拟构建 FSVM 和 SEM 相结合的风险集成评价模型,通过 SEM 的指标路径系数与 FSVM 的核函数(本书选择 Gauss 核函数)内积运算,形成指标加权 Gauss 核函数,构建基于指标和样本双重加权的 SEM-FSVM 风险评价模型。

1.2.4 煤矿安全管理风险评价实证研究

通过对 2012~2014 年 3 年间我国一些典型煤矿安全管理状况进行分析研究,选取典型煤矿作为本书研究的样本煤矿,进行实证研究,对 3 种评价方法的评价结果进行分析比较,找到一种更适合煤矿安全管理风险评价的新方法,得出本书的研究结论。