

文章编号:1671-251X(2020)10-0092-08

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2020040095

基于 Apriori 算法的煤矿双重预防信息系统

黄玉鑫^{1,3}, 闫振国^{1,4}, 范京道^{1,2,4}, 李川^{4,5}

(1. 西安科技大学 安全科学与工程学院, 陕西 西安 710054;

2. 陕西延长石油(集团)有限责任公司, 陕西 西安 710075;

3. 教育部西部矿井开采及灾害防治重点实验室, 陕西 西安 710054;

4. 国家应急管理部 煤矿智能化开采技术创新中心, 陕西 黄陵 727307;

5. 陕西延长石油矿业有限责任公司, 陕西 西安 710016)



扫码移动阅读

摘要:现有煤矿信息系统功能较为单一,大多还停留在简单数理统计与信息上报功能阶段,且多数系统将风险管控与事故隐患排查分割成2个不同体系进行管理,未将二者进行整合,较难实现闭合式管理,导致管理过程中出现较多漏洞;同时,系统在煤矿日常安全生产过程中所采集的大量数据也未能得到有效利用,较难发现隐含在数据当中的深层规律及数据间的关联规则,导致数据的大量浪费。针对以上问题,设计了一种基于 Apriori 算法的煤矿双重预防信息系统,详细介绍了系统架构和系统功能的实现。该系统以 Apriori 算法与煤矿双重预防机制基本理论为基础,对事故隐患和风险管控进行整合,在实现二者闭合式管理的同时,利用 Apriori 算法对事故隐患数据进行深度分析,挖掘其潜在的关联规则,并通过对潜在的关联规则分析制定相关的日常防范措施,实现对事故风险源的辨识、管控和隐患排查治理。应用结果表明:该系统实现了对事故隐患和风险管控的全生命周期管理,通过深度分析得到了事故隐患的发生规律,实现了对煤矿事故的预防、预警、预控,提高了煤矿安全生产管理水平。

关键词:煤矿事故隐患;双重预防;风险分级管控;事故隐患排查治理;Apriori 算法;关联规则

中图分类号:TD67 文献标志码:A

Coal mine dual prevention information system based on Apriori algorithm

HUANG Yuxin^{1,3}, YAN Zhenguo^{1,4}, FAN Jingdao^{1,2,4}, LI Chuan^{4,5}

(1. College of Safety Science and Engineering, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054,

China; 2. Shaanxi Yanchang Petroleum(Group) Co., Ltd., Xi'an 710075, China; 3. Key Laboratory of

West Mines Exploitation and Hazard Prevention of Ministry of Education, Xi'an 710054, China;

4. Innovation Center of Intelligent Mining Technology in Coal Mine, Ministry of Emergency

Management of the People's Republic of China, Huangling 727307, China;

5. Shaanxi Yanchang Petroleum Mining Limited Company, Xi'an 710016, China)

Abstract: The current information systems have relatively single function, and most of them are still in the stage of simple mathematical statistics and information reporting. Moreover, most systems split risk control and accident hidden into two different systems for management, and fail to integrate them, so it is difficult to achieve closed management, thus resulting many vulnerabilities in management process; At the

收稿日期:2020-04-29;修回日期:2020-09-29;责任编辑:张强。

基金项目:国家重点研发计划项目(2017YFC0804309);陕西省自然科学基金研究计划项目(2019JLM-10)。

作者简介:黄玉鑫(1994—),男,陕西清涧人,博士研究生,主要研究方向为矿井智能通风、煤矿安全管理,E-mail:1157076743@qq.com。

引用格式:黄玉鑫,闫振国,范京道,等.基于 Apriori 算法的煤矿双重预防信息系统[J].工矿自动化,2020,46(10):92-98.

HUANG Yuxin, YAN Zhenguo, FAN Jingdao, et al. Coal mine dual prevention information system based on Apriori algorithm[J].

Industry and Mine Automation, 2020, 46(10): 92-98.

same time, a large amount of data collected by the system in the daily safety production process of coal mine has not been effectively utilized, so it is difficult to find deep laws hidden in the data and the association rules between the data, resulting in a large amount of data waste. For the above problems, a coal mine dual prevention information system based on Apriori algorithm was designed, and the system architecture and function realization were introduced in detail. Based on the Apriori algorithm and basic theory of the dual prevention mechanism of coal mine, hidden dangers of accidents and risk control were integrated, while realizing the closed management of the two, the Apriori algorithm is used to conduct in-depth analysis of the hidden danger data of accidents, excavate its potential association rules, and formulate relevant daily preventive measures through analysis of the potential association rules to realize risk of accidents source identification, control and troubleshooting and control of hidden danger. The application results show that the system realizes full life cycle management of hidden accidents and risk management. Through in-depth analysis, the law of occurrence of hidden accidents is obtained, and the prevention, early warning and pre-control of coal mine accidents are realized, and the level of coal mine safety production management is improved.

Key words: coal mine accident hidden danger; double prevention; risk grading management and control; troubleshooting and control of potential accidents; Apriori algorithm; association rules

0 引言

煤矿行业是典型“三高行业”,安全是煤矿生产管理中需重点考虑的因素^[1-3]。煤矿生产环境恶劣,且生产过程中涉及专业较多、较杂,往往暴露出许多“认不清、想不到”的问题,从而导致煤矿事故频发。为从根源扼制事故的发生,将安全生产关口前移,国务院提出了双重预防机制,即风险分级管控和事故隐患排查治理^[4]。2020 年 7 月 1 日起试行的新版《煤矿安全生产标准化管理体系考核定级办法(试行)》和《煤矿安全生产标准化管理体系基本要求及评分方法(试行)》将煤矿风险分级管控与事故隐患排查治理 2 项权重由原来的各占 10% 增至各占 15%,由此可以看出国家对双重预防体系的重视程度越来越高。近年来,随着互联网等技术的快速发展,为煤矿日常生产管理提供了较多便利条件,通过应用先进的信息化手段建立煤矿双重预防管理机制已成为煤矿企业安全信息管理的主潮流^[5]。2020 年 3 月,国家八部委发布了《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》(发改能源〔2020〕283 号),对实现煤矿信息化、智能化与大数据的深度融合给出了重要指导意见。

近年来已有较多学者和工程技术人员对煤矿信息管理系统做了大量研究,赵国齐等^[6]采用 Web Services 技术,应用 SQLServer、ASP.NET 等开发工具,研发出了一套集录入、查询、修改等功能的煤矿安全管理信息系统。疏礼春等^[7]针对安全风险的辨识、评估和有效管理等问题,研制出了一套煤矿安

全风险预控管理信息系统,并将其应用于山西平朔安太堡露天矿。赵红泽等^[8]结合煤矿安全培训的工作流程,运用 3 层架构的开发模式,研发出了一套煤矿安全培训管理系统,实现了数据的可视化查询、分析等功能。吴飞^[9]结合大数据和云计算等技术,构建了煤矿隐患排查治理信息管理系统,对井下事故隐患排查工作流程进行了系统介绍和分析,为预防煤矿安全生产事故提供了技术支撑。煤矿信息管理系统为煤矿日常的安全管理提供了重要的信息管理手段,但现有的煤矿信息系统功能较为单一,大多还停留在只具备简单数理统计与信息上报功能阶段^[10-11],且多数系统将风险管控与事故隐患排查分割成 2 个不同体系进行管理,虽对煤矿风险与事故隐患的管理起到了一定的作用,但未能将二者进行整合,较难实现真正意义上的闭合式管理,导致管理过程中出现较多漏洞;同时,系统在煤矿日常安全生产过程中所采集的大量数据也未能得到有效利用,对系统当中的数据处理仅局限于基于时间序列的简单数理统计,较难发现隐含在数据当中的深层规律及数据间的关联规则,导致数据的大量浪费,造成煤矿安全管理存在一定的滞后性。

针对以上问题,本文结合 Apriori 算法设计了具备数据挖掘功能的煤矿双重预防信息系统,对事故隐患和风险管控进行了整合,在实现二者闭合式管理的同时,结合 Apriori 算法对事故隐患数据进行了深度分析,挖掘其潜在的关联规则,并通过分析制定相关的日常防范措施,使目前安全管理体系更加系统和深化,从根本上实现了事故的纵深防御和关口前移。

1 Apriori 算法

Apriori 算法可用于挖掘频繁项集,找出数据值中频繁出现的数据集合,找出这些集合的模式,有助于决策分析^[12-14]。Apriori 算法一般采用支持度(Support)和置信度(C Confidence)作为判断频繁项集的标准。

(1) 支持度是几个关联的数据在数据集中出现的次数占总数据集的比重,如需分析关联性数据 X 和 Y ,则对应的支持度为

$$\text{Support}(X,Y) = \frac{N(X \cup Y)}{A} \tag{1}$$

式中: $N(X \cup Y)$ 为同时包含 X 和 Y 的事务出现的次数; A 为包含所有事务的数据集。

(2) 置信度是描述 2 个特征之间的关联强度,是指在事物集中包含 X,Y 事务数的百分比,其表达式为

$$\text{Confidence}(X,Y) = \frac{N(X \cup Y)}{N(X)} \tag{2}$$

式中 $N(X)$ 为事务 X 在总数据集 A 中出现的次数。

Apriori 算法的目标是找到最大 k 项频繁集,因此,需首先找到符合支持度标准的频繁集,在此基础上找到最大个数的频繁集^[15-16]。Apriori 算法流程如图 1 所示。

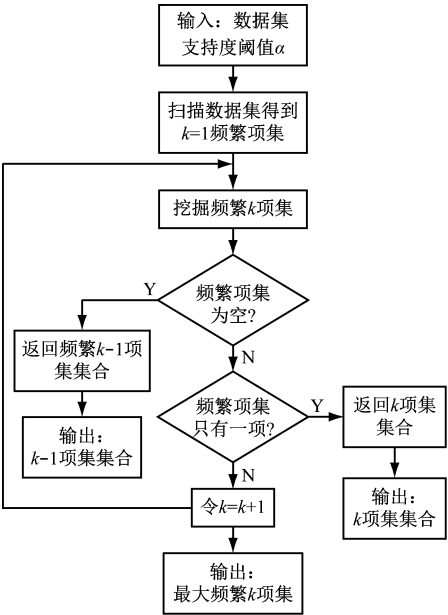


图 1 Apriori 算法流程

Fig. 1 Apriori algorithm flow

算法采用迭代原理,先搜索出候选 1 项集及对应的支持度,剪枝去掉低于支持度的 1 项集,得到频繁 1 项集;然后对剩下的频繁 1 项集进行连接,得到候选的频繁 2 项集,筛选去掉低于支持度的候选频繁 2 项集,得到真正的频繁 2 项集。依此类推,一直迭代下去,直到无法找到 $k+1$ 项集为止,对应的频

繁 k 项集的集合即为算法输出的结果。

2 煤矿双重预防信息系统

2.1 煤矿双重预防机制

煤矿双重预防机制即对风险的分级管控和对事故隐患的排查治理^[17]。煤矿双重预防机制的管控过程主要包括 2 个阶段:第 1 阶段的管控核心是对风险源的辨识、管控,从源头出发将风险控制在可控范围内;第 2 阶段的管控核心为对事故隐患闭环管理中的事故隐患进行排查治理,全面核查第 1 阶段风险管控中的遗漏部分,严格把控每个环节。若无法实现对风险源的预辨、预警并制定相关的管控措施,那么安全管理重心将会转移到事故隐患的排查治理。换言之,若风险分级管控环节无遗漏,便无法形成事故隐患,若事故隐患在发现后能及时整改治理便不会酿成事故。因此,需严格落实双重预防“风险-事故隐患-事故”链式的递进管理,保障煤矿安全生产的稳步进行。事故诱发因素如图 2 所示。

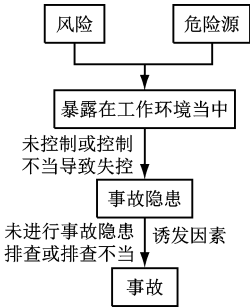


图 2 事故诱发因素

Fig. 2 Accident inducing factors

2.2 系统架构

系统采用互联网技术,将 PC 端作为前端设备,采用浏览器/服务器(B/S)架构模式,在 Windows Server 2008 平台下开发设计,网页开发采用遵循原生 HTML/CSS/JS 的书写与组织形式的 layui 框架,采用 JavaScript 及 CSS 等语言完成开发。系统总体架构由接入层、应用层、基础数据集成服务层、支撑服务层及基础设施层构成,如图 3 所示。

基础设施层包括必要的硬件设施及系统安全体系的构建。支撑服务层采用 MySQL 对日常数据进行处理并存储,同时创建和部署任务关键型 Web 应用程序,采用 Java 安全框架 Apache Shiro 执行身份验证、授权、密码和会话管理等事务管理。基础数据集成服务层通过应用间的数据交换实现对煤矿人员信息数据、事故隐患和风险分级管控数据及 Web 应用数据的集成,主要解决数据分布性和异构性的问题。应用层为系统建设的核心,实现事故隐患排查、风险分级管控、统计分析及协同办公 OA 等功

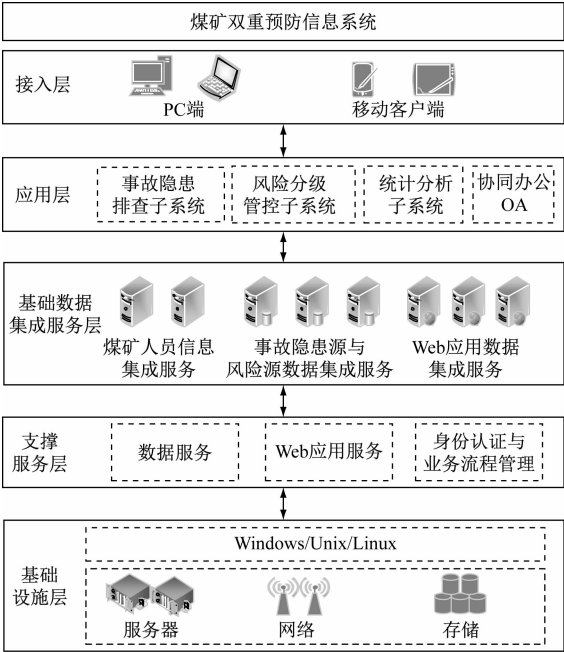


图3 煤矿双重预防信息系统架构

Fig. 3 Architecture of coal mine dual prevention information system

能。接入层包括PC端和移动客户端，服务端根据用户业务需求为PC端和移动客户端提供日常数据和业务流程服务。

2.3 系统功能模块

2.3.1 风险分级管控模块

风险分级管控模块主要包含对年度和专项辨识风险计划的制定，以及对辨识的风险进行“录入-制定措施-管控-销号”的一系列业务流程处理，同时根据安全生产标准化检查标准制定风险分级管控“一图、一库、两清单”，即风险分布图、风险源库、风险管控责任清单和风险管控措施清单。在风险管控过程中，一旦管控失效，系统即可将失效风险转入事故隐患，并执行事故隐患排查流程。安全风险分级管控流程如图4所示。

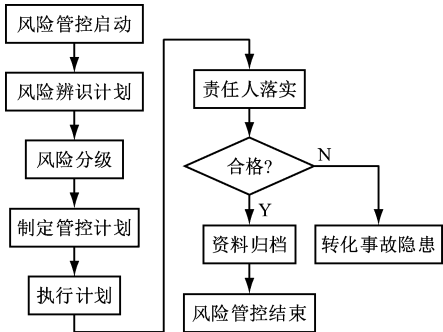


图4 安全风险分级管控流程

Fig. 4 Security risk classification control flow

(1) 风险辨识计划。可根据煤矿实际情况进行添加，需输入辨识计划名称、相关责任人、辨识时间、辨识类型（年度辨识、专项辨识），必要时需上传详细

的辨识计划材料附件。

(2) 风险管理。将辨识到的风险录入系统中，完成对风险管控责任清单的下发。录入内容包括风险等级、风险所在区域、风险类型、风险内容等，同时制定管控该录入风险的责任部门、责任人及管控周期。

(3) 风险追踪。将录入的风险下发到责任单位和责任人后，责任人需制定相关的风险管控措施清单并交于上级领导审查，审查通过后，即开始按照预定计划对风险进行管控，系统实时追踪风险管控情况。

(4) 管控历史与归档。按照风险的管控周期对其进行正常管控，每管控一次风险，即可将管控情况汇入管控历史当中，以便于后期对管控过后的风险进行统计和查看。

(5) 风险源库与安全风险点分布图。根据对煤矿的调研，搜集该矿已存在的风险源，并导入系统进行管理，可根据煤矿采掘阶段对隐患源库进行更新。系统可导入煤矿的采掘平面图，将风险录入、管控均与该图相关联，使其在录入风险过程中即可在图上对应位置进行标记，并将重大风险、较大风险、一般风险、低风险分别用红、橙、黄、蓝显示。

2.3.2 事故隐患排查治理模块

事故隐患的排查始于对事故隐患排查专项计划的制定，将查出的隐患纳入处理程序，按确定的流程，经后续处理，最终使隐患得到治理并销号，其主要功能包括事故隐患排查专项计划的制定、事故隐患处理、事故隐患信息归档储存。

事故隐患排查流程主要包括事故隐患采集、事故隐患等级评估、重大事故隐患上报、下达整改通知书、整改单位接收整改通知、整改验收、核查销号这一完整的过程，如图5所示。

(1) 事故隐患排查专项计划的制定。主要是对专项计划名称、检查周期（旬检、月检、临检）、检查类型（全项检查、专项检查、临时检查）、检查计划责任人及检查开启时间的选取和确定，同时制定详细的检查计划。

(2) 事故隐患处理。对录入事故隐患进行评估，判断其是否为重大事故隐患，如不是重大事故隐患，则下发整改通知单、发起事故隐患的治理方式（现场治理、限时整改），并对治理过后的事故隐患进行验收，验收合格即可销号储存；对于验收不合格和限时整改超期的事故隐患，重新进行事故隐患等级评估，根据评估结果继续进行上述一系列等级评估后的流程；当评估确认为重大事故隐患后需上报领导，并根据事故隐患的具体情况考虑由矿领导挂牌督办或由上级监察监管部门挂牌督办，并组织制定

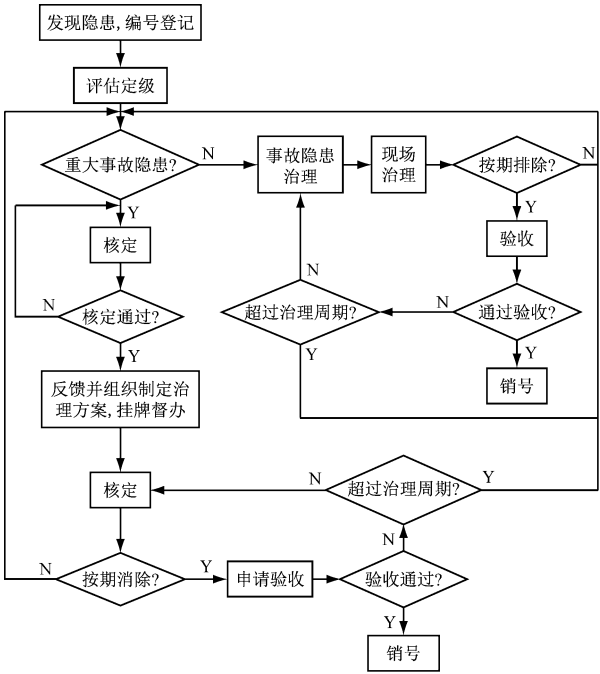


图 5 事故隐患排查流程

Fig. 5 Hidden dangers investigation flow

治理方案,如按照方案如期整改完成则申请验收,验收通过后即进入事故隐患储存模块,如验收未通过则重新制定治理方案,对于未按照制定计划超期整改的事故隐患需重新评估等级,并根据评估结果继续进行上述一系列等级评估后的流程。

(3) 事故隐患信息归档存储。经处理后的事故隐患信息销号后即会自动进行归档并存入台账,以便于管理人员日常查看。

2.3.3 统计分析模块

统计分析模块分为简单分析统计和深度分析统计 2 个模块。

(1) 简单分析统计模块是针对人员的日常工作

表 1 部分一通三防事故隐患原始数据

Table 1 Part of hidden dangers original data of "ventilation and protection of methane, dust and fire"

时间	班次	地点	事故隐患内容	事故隐患专业	事故隐患责任单位
2019-01-01	午班	429 运输巷	429 运输巷移动变电站靠里侧有一台灭火器失效	防火	综采队
2019-01-03	午班	429 工作面	429 工作面后落山瓦斯探头悬挂位置不当	瓦斯	通防队
2019-01-04	早班	429 工作面	429 运输巷油脂存放点未设置消防铤	防火	综采队
2019-01-06	夜班	东翼胶带巷	东翼胶带巷干燥,煤尘大	煤尘	运输队
2019-01-06	夜班	419 运输巷	419 运输巷第 182 号、183 号瓦斯预抽管路漏气	瓦斯	掘进队
2019-01-07	午班	429 工作面	429 工作面 119 号—121 号支架架间浮煤未洒水除尘	煤尘	综采队
2019-01-07	早班	431 运输巷	431 运输巷应及时完善综掘机二次负压降尘喷雾	煤尘	掘进队
2019-01-07	早班	431 运输巷	431 运输巷工作面开口处沙箱内无沙子和沙袋	煤尘	掘进队

3.2 数据预处理

事故隐患数据整体表现出多维多层的特点,而 Apriori 算法只可对单维单层数据进行关联规则挖掘,因此,需在挖掘分析前对数据进行降维降层,将

进行报表统计,对标准化检查清单按时间进行统计,将一段时间内的标准化检查的得分情况及得分趋势绘制成折线图,以便直观展示;对事故隐患按照治理类型、责任单位、事故隐患等级、事故隐患排查时间、排查区域等进行报表统计并绘制趋势图和饼状图,对风险管控根据风险等级、风险所在区域、辨识计划及管控状态等进行汇总并绘制图表,对三违管理根据责任单位、三违等级、三违时间、三违班次等进行汇总并绘制图表。

(2) 深度分析统计模块嵌入了 Apriori 算法,系统预先将事故隐患的不同维度属性进行编码,以便于在挖掘规则过程中识别到数据的不同属性,事故隐患录入后会在后台数据库自动形成只含编码的事故隐患数据统计表,操作者可选择将所有属性进行关联规则挖掘,也可根据需求单独进行某 2 个或多个指定的数据维度属性进行关联规则挖掘,挖掘结果将根据支持度和置信度由大到小进行排列,并可将报表转换为文本形式供查看。

3 关联规则挖掘分析

关联规则分析实验针对煤矿一通三防事故隐患数据,挖掘一通三防专业中通风、防瓦斯、防火、防煤尘 4 个专业与季节、时间段、地点、事故隐患责任单位之间的关联关系。

3.1 数据采集

通过系统的前期试用,采集到陕西省铜川市某煤矿 2019 年一通三防事故隐患数据共 467 组,采集事故隐患的属性信息,包括时间、班次、地点、事故隐患内容、事故隐患专业、事故隐患责任单位等信息。部分一通三防事故隐患原始数据见表 1。

事故隐患数据信息细分为 30 个小维度并分别用英文编码表示,最后将其转换为 0-1 布尔矩阵,形成单维单层数据,从而满足算法要求。

事故隐患数据的预处理主要从季节维度—

Season、时间维度-Time、专业维度-Specialty、地点维度-Site 及事故隐患责任单位-Responsible department 5 个维度进行,并将各个维度映射为不同单词简写或字母。季节维度,将一年 12 个月分为 4 个区间域:1—3 月为春-Spr,4—6 月为夏-Sum,7—9 月为秋-Aut,10—12 月为冬-Win;时间维度,将一天 24 h 按照“三八制”工作机制划分:8:00—16:00 为早班-mor,16:00—0:00 为午班-noon,0:00—8:00 为夜班-nig;专业维度,一通三防为煤矿生产当中的九大专业之一,在本文当中需对一通三防进行进一步细分:通风-S,防瓦斯-T,防火-U,防煤尘-V;地点维度,首先针对采集的数据对一通三防事故隐患发生的地点进行了统计分析,对容易发生事故隐患的地点进行提取,同时进行分类和合并,如将 419 运输巷、419 回风巷及 419 工作面进行合并,统称为 419,依此类推,将地点划分为大巷-H,419-I,429-J,431-K,416-L,425-M,421-N,417-O,409-P,硐室-Q,溜井-R;事故隐患责任单位主要包括综采队-W,掘进队-X,通防队-Y,胶带运输队-Z,机电部-AA,生产技术部-AB,地测部-AC,安监部-AD。表 1 中部分事故隐患数据预处理及转换结果见表 2。

表 2 部分事故隐患数据预处理及转换结果
Table 2 Data preprocessing and conversion results of some accident hidden dangers

Season	Time	Site	Specialty	Responsible department
Spr	noon	J	U	W
Spr	noon	J	T	Y
Spr	mor	J	U	W
Spr	nig	H	V	Z
Spr	nig	I	T	X
Spr	noon	J	V	W
Spr	mor	K	V	X
Spr	mor	K	V	X

3.3 数据挖掘过程及结果分析

读取预处理后的数据,经过多次实验,将支持度阈值和置信度阈值设置为 0.02 和 0.03,此时所挖掘出的规则中会出现一个条件和多个条件为前提导致结果的规则。部分由一个条件导致结果的关联规则见表 3,其中 Con 表示导致关联规则的前提条件,Re 表示由前提条件所导致的结果,support 表示所得关联规则的支持度值,confidence 表示所得关联规则的置信度值,表中字母所表示的含义均与 3.2 节中所述 30 个属性相对应。

表 3 部分一个条件导致结果的关联规则
Table 3 Part of association rules that result from a condition

序号	Con		Re	support	confidence
1	J	→	Spr	0.034	0.889
2	S	→	Y	0.160	0.806
3	K	→	mor	0.113	0.519
4	V	→	mor	0.124	0.509
5	Win	→	mor	0.128	0.496
6	noon	→	I	0.152	0.489
7	N	→	Aut	0.064	0.484
8	X	→	mor	0.087	0.482

通过上述分析发现单个条件导致的关联规则中常识性规则较多,如表 3 中第 2 条规则:发生事故隐患的专业是通风专业→发生事故隐患的责任单位为通防队(支持度为 0.160,置信度为 0.806),此类规则在分析过程中不作为重点关注对象。重点关注的规则需具备一定的隐含性,如表 3 中第 1 条规则:发生事故隐患的地点是 429→事故隐患发生的季节是春季(支持度为 0.034,置信度为 0.889),因此,建议 429 工作面应加强春季期间的事故隐患排查力度,提高安全防范意识。依此类推,对置信度高的有效关联规则进行分析并提出相关防范措施与建议。

部分多个条件导致结果的关联规则见表 4。通过对所挖掘的多个条件导致结果的关联规则分析发现,多个条件导致结果的关联规则均具备一定的隐含性且置信度均较高,因此,需重点关注多个条件导致结果的关联规则并提出相关防范措施。如表 4 中第 2 条规则:综采队在午班期间发生防火专业的事故隐患→事故隐患发生的地点是 419(支持度为 0.034,置信度为 0.889),综采队需加强在午班期间对 419 工作面煤火的监测监控,同时需对上午班的综采队员进行严格管理,防止由于工作人员疏忽导致事故的发生。依此类推,对置信度高的多个条件

表 4 部分多个条件导致结果的关联规则
Table 4 Association rules that result from multiple conditions

序号	Con		Re	support	confidence
1	(N,V)	→	X	0.024	1.000
2	(U,W,noon)	→	I	0.034	0.889
3	(V,X,Sum)	→	K	0.021	0.833
4	(K,V,Sum)	→	X	0.021	0.833
5	(W,Win)	→	I	0.059	0.824
6	(W,noon)	→	I	0.049	0.821
7	(U,W,nig)	→	I	0.028	0.813
8	(K,T,Y)	→	mor	0.026	0.800

导致结果的关联规则进行分析并提出防范建议,以达到预防煤矿事故发生的目的。

3.4 系统应用效果分析

系统在陕西铜川某煤矿进行了现场应用,提高了该矿安全生产的预控、可控和在控能力。

(1) 系统采取多个责任部门、责任人与责任领导共同参与业务制定和流程审批的线上协同办公机制,对各业务处理流程的实时状态采取公开透明的监督办法,使得在业务下发以及措施计划等编制审批环节可进行相互监督和检查,提高了业务处理效率,减少了少查、漏查、不查等现象。

(2) 提高了事故隐患排查治理、风险管控的时效性、有效性,采用全生命周期对业务流程进行管理,减少了事故隐患、风险管控不能及时有效闭合的现象,对于重大事故隐患、重大安全风险,采取直接上报领导制,并根据数据挖掘预测模型对事故隐患进行预测分析,加强了对事故隐患的防范。

(3) 对日常的业务处理过程留痕,将处理结果自动归档并进行分类整理和储存,使得对日常资料的管理更加规范,减少了漏资料、丢资料现象,对事故隐患、风险管控的日常业务数据进行统计分析,并绘制相关的趋势图和饼图,使矿领导可以直观、全面地了解实时的煤矿安全管理情况以及个人的工作情况。

4 结论

(1) 设计了基于 Apriori 算法的煤矿重预防信息系统,介绍了系统架构及功能,该系统包括接入层、应用层、基础数据集成服务层、支撑服务层及基础设施层,具有风险分级管控、事故隐患排查治理、统计分析 & 协同处理功能。

(2) 系统利用 Apriori 算法对事故隐患数据进行了深度分析,挖掘其潜在的关联规则,并通过分析制定相关的日常防范措施,对事故隐患和风险管控进行了整合,实现了二者的闭合式管理。

(3) 系统在陕西铜川某煤矿进行了现场应用,并取得了良好的应用效果,提高了煤矿日常业务的处理效率、事故隐患排查治理及风险管控的时效性,提高了该矿安全生产的预控、可控和在控能力。

参考文献 (References):

[1] 田瑞云. 中国煤矿安全生产标准化建设探讨[J]. 煤炭工程, 2018, 50(增刊 1): 163-168.
TIAN Ruiyun. Discussion on the standardization construction of coal mine safety production in China [J]. Coal Engineering, 2018, 50(S1): 163-168.

[2] 毛善君, 夏良, 陈华州. 基于安全生产的智能煤矿管控系统[J]. 煤矿安全, 2018, 49(12): 102-107.
MAO Shanjun, XIA Liang, CHEN Huazhou. Design of intelligent coal mine management and control system based on safety production [J]. Safety in Coal Mines, 2018, 49(12): 102-107.

[3] 吴晓春. 大数据技术在煤矿安全生产运营管理中的应用[J]. 煤矿安全, 2018, 49(12): 239-241.
WU Xiaochun. Application of big data technology in coal mine safety production and operation management [J]. Safety in Coal Mines, 2018, 49(12): 239-241.

[4] 徐晓建. 煤矿安全风险防控及预警系统设计[J]. 工矿自动化, 2020, 46(3): 105-108.
XU Xiaojian. Design of coal mine safety risk prevention and control and early warning system [J]. Industry and Mine Automation, 2020, 46 (3): 105-108.

[5] 王道元, 王俊, 孟志斌, 等. 煤矿安全风险智能分级管控与信息预警系统 [J/OL]. 煤炭科学技术, 1-12 [2020-04-28]. <https://www.Chinacaj.net/i,92,428430,0.html>.
WANG Daoyuan, WANG Jun, MENG Zhibin, et al. Intelligent hierarchical control and information early warning system of coal mine safety risk [J/OL]. Coal Science and Technology, 1-12 [2020-04-28]. <https://www.Chinacaj.net/i,92,428430,0.html>.

[6] 赵国齐, 丁宏伟. 基于 Web Services 技术的煤矿安全信息管理系统设计 [J]. 煤炭技术, 2010, 29(8): 91-93.
ZHAO Guoqi, DING Hongwei. Mine safety information management system based on Web Services [J]. Coal Technology, 2010, 29(8): 91-93.

[7] 疏礼春, 张晨. 煤矿安全风险预控管理信息系统[J]. 工矿自动化, 2011, 37(4): 18-22.
SHU Lichun, ZHANG Chen. Risk pre-control management information system of coal mine safety [J]. Industry and Mine Automation, 2011, 37 (4): 18-22.

[8] 赵红泽, 白玉奇, 杨富强, 等. 木城涧煤矿安全培训管理信息系统[J]. 煤矿安全, 2014, 45(8): 133-135.
ZHAO Hongze, BAI Yuqi, YANG Fuqiang, et al. Safety training management information system for Muchengjian Coal Mine [J]. Safety in Coal Mines, 2014, 45(8): 133-135.

[9] 吴飞. 煤矿企业隐患排查治理信息管理系统的设计与实现 [J]. 中国煤炭, 2018, 44(5): 74-77.
WU Fei. Research and design on information system of hidden trouble spot check management of coal enterprises [J]. China Coal, 2018, 44(5): 74-77.

[10] 张俭让, 黄玉鑫, 闫振国, 等. 煤矿安全生产标准化信

- 息管理系统设计[J]. 工矿自动化, 2019, 45(12): 81-85.
- ZHANG Jianrang, HUANG Yuxin, YAN Zhenguo, et al. Design of standardized information management system for coal mine safety production[J]. Industry and Mine Automation, 2019, 45(12): 81-85.
- [11] 张俭让, 黄玉鑫, 闫振国, 等. 煤矿隐患排查信息管理系统研究现状与展望[J]. 工矿自动化, 2019, 45(11): 55-58.
- ZHANG Jianrang, HUANG Yuxin, YAN Zhenguo, et al. Research status of hidden danger investigation information management system of coal mine and its prospect[J]. Industry and Mine Automation, 2019, 45(11): 55-58.
- [12] 刘双跃, 杨蕾, 彭丽. 基于改进 Apriori 算法的煤矿物态隐患系统设计与应用[J]. 煤炭技术, 2015, 34(4): 318-320.
- LIU Shuangyue, YANG Lei, PENG Li. Design and application of coal mine state hidden danger system based on improved Apriori algorithm [J]. Coal Technology, 2015, 34(4): 318-320.
- [13] 张长鲁. 基于关联规则挖掘的煤矿危险源耦合作用分析[J]. 煤矿安全, 2016, 47(12): 222-225.
- ZHANG Changlu. Analysis of danger source coupling in coal mines based on association rules mining[J]. Safety in Coal Mines, 2016, 47(12): 222-225.
- [14] 石记斌, 石记红. 关联分析数据挖掘在煤矿瓦斯安全监测预警中的应用[J]. 能源与环保, 2017, 39(8): 1-5.
- SHI Jibin, SHI Jihong. Application of correlation analysis on data mining in coal mine gas safety monitoring and early warning[J]. China Energy and Environmental Protection, 2017, 39(8): 1-5.
- [15] 徐磊, 李希建. 基于大数据的矿井灾害预警模型[J]. 煤矿安全, 2018, 49(3): 98-101.
- XU Lei, LI Xijian. Mine disaster warning model based on big data[J]. Safety in Coal Mines, 2018, 49(3): 98-101.
- [16] 刘波, 钟家民. 基于改进的 Apriori 算法在煤矿安全监测中的应用研究[J]. 煤炭技术, 2013, 32(4): 54-55.
- LIU Bo, ZHONG Jiamin. Application research of coal mine safety monitoring based on improved Apriori algorithm[J]. Coal Technology, 2013, 32(4): 54-55.
- [17] 高晓旭, 申阳阳, 门鸿. 煤矿双重预防机制信息系统研究与应用[J]. 煤炭科学技术, 2019, 47(5): 156-161.
- GAO Xiaoxu, SHEN Yangyang, MEN Hong. Research and application of coal mine double preventive mechanism information system [J]. Coal Science and Technology, 2019, 47(5): 156-161.