DOI: 10.12012/1009-1327(2017)03-0338-05

文献标识码: A

基于模糊模式识别的瓦斯突出预测研究

王汉元 1,2, 贾宝山 1,2, 金 珂 1,2, 李守国 1,3

(1. 辽宁工程技术大学矿业学院, 阜新 123000; 2. 矿山热动力灾害与防治教育部重点实验室, 阜新 123000; 3. 煤科集团沈阳研究院有限公司, 沈阳 110016)

摘 要 针对矿井瓦斯突出问题,基于模糊模式识别理论,对矿井瓦斯突出灾害进行评估,实现灾害提前预测.运用模糊聚类分析方法对已知瓦斯突出样本集进行分类,建立模糊识别模式库.根据择近原则,通过计算待评估样本与已知模糊模式的接近程度,选取可比实例,完成对待评估样本的模糊模式识别,实现对待预测样本的评估与预测.此方法克服了模糊聚类分析方法的单一性,实现多指标定量化评估,提高了评估结果的准确性.通过举例分析,验证了评估方法的可靠性.

关键词 模糊模式识别; 择近原则; 模糊聚类分析; 瓦斯突出

中图分类号 X936

Prediction Based on Fuzzy Pattern Recognition Prominent Gas

WANG Hanyuan^{1,2}, JIA Baoshan^{1,2}, JIN Ke^{1,2}, LI Shouguo^{1,3}

(1. College of Mining Engineering, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, China; 2. Key Laboratory of Mine Thermodynamic Disaster & Control of Ministry of Education, Fuxin 123000, China; 3. Shenyang Research Institute Co. Ltd of China Coal Technology and Engineering Group, Shenyang 110016, China)

Abstract For mine gas outburst problems, fuzzy pattern recognition theory is based on the mine gas outburst disaster assess achieve disaster predicted in advance. Using fuzzy clustering analysis method known sample set outburst classify fuzzy pattern recognition library. According to the principle of closeness, the closeness to be assessed by calculating the sample with a known blur mode, select comparable instances, complete treatment to assess sample fuzzy pattern recognition, assessment and forecasting realize treated sample. This method overcomes the unity of fuzzy clustering analysis method to achieve more quantitative indicators to assess and improve the accuracy of the evaluation results. By way of analysis, to verify the reliability of the assessment methods.

Keywords fuzzy pattern recognition; closeness principle; fuzzy clustering analysis;

收稿日期: 2015-08-18

基金项目: 国家"十二五"重大专项基金 (2011ZX05041-003)

作者简介: 王汉元 (1990-), 男, 汉, 内蒙古商都县人, 硕士研究生; 研究方向: 矿井通风与安全等,

E-mail: hanyuanwang911@163.com.

outburst

Chinese Library Classification X936

1 引言

随着矿井开采深度的增加, 煤层中可能瞬间释放大量瓦斯, 使矿井瓦斯浓度迅速增加, 这种灾害被称作瓦斯突出^[1]. 瓦斯突出灾害评估可以提前对瓦斯突出灾害做出预测, 保证矿井安全生产. 但是, 瓦斯突出是复杂的地质动力现象, 影响瓦斯突出灾害的因素指标具有模糊性, 因此难以用经典数学理论建立灾害评估模型 ^[2-4]. 对此, 本文采用模糊聚类分析和模糊模式识别的方法对瓦斯突出进行评估.

按危险性等级,将已知的采掘工作面上矿井瓦斯突出情况进行分类,从中挑选一定数量比较 典型的采掘工作面样本作为训练样本集,通过模糊聚类的方法,把样本集分成若干类,即若干模 糊模式,建立瓦斯突出危险性的模糊模式库.然后将待预报的新样本进行模糊模式识别,根据择 近原则,哪一种模糊模式与评估样本最贴近,待预测样本即属于哪一种瓦斯突出类.如果它被识 别为危险程度高的那一类,便可作为高危预测,及时采取防治措施.

2 建立瓦斯突出灾害模糊模式库

2.1 建立瓦斯突出灾害因素指标集

根据国内外学者对瓦斯突出灾害的研究现状,可知影响瓦斯突出的因素指标不是唯一的,具有多元性,定义多元因素指标集为

$$M=\left\{m_1,m_2,\cdots,m_m\right\},\,$$

选取因素指标集中的元素有煤层瓦斯压力 P、瓦斯散放初速度 ΔP 、煤层坚固性系数 f、煤层构造类型、瓦斯突出的综合指标 D 和 $K^{[5,6]}$ 等, 它们组成了因素指标集. 对已知的采掘工作面瓦斯突出灾害危险程度进行分类, 选取的训练样本集记为

$$X=\left\{ x_{1},x_{2},\cdots,x_{n}\right\} ,$$

每个样本为一个模糊模式, 待评估样本与已知模糊模式均为论域上的模糊子集. 其中, 每个样本由 m 个因素指标构成, 记作

$$x_i = \{x_{i1}, x_{i2}, \cdots, x_{im}\},\,$$

于是,得到原始数据矩阵为

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & x_{14} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & x_{24} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix}_{n \times m}$$

2.2 初始数据标准化

由于原始数据矩阵中的数据量纲不同, 因此为了便于数据间的比较, 需要对原始数据进行标

准化[7-10]. 数据标准化是对数据预处理的一种方法, 具体计算公式为

$$\overline{x_{ij}} = \frac{x_{ij} - \min_{1 \le i \le n} \{x_{ij}\}}{\max_{1 \le i \le n} \{x_{ij}\} - \min_{1 \le i \le n} \{x_{ij}\}},\tag{1}$$

标准化后得到的数据构成新的标准化矩阵

$$\overline{X} = \begin{bmatrix} \overline{x_{11}} & \overline{x_{12}} & \overline{x_{13}} & \overline{x_{14}} \\ \overline{x_{21}} & \overline{x_{22}} & \overline{x_{23}} & \overline{x_{24}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \overline{x_{n1}} & \overline{x_{n2}} & \cdots & \overline{x_{nm}} \end{bmatrix}_{n \times m}.$$

3 瓦斯突出的模糊模式识别方法研究

3.1 定义贴近度

设论域 U 上的两个模糊子集为 A 和 B, 则贴近度定义为 [11]

$$N\left(\underline{\mathcal{A}},\underline{\mathcal{B}}\right) = \frac{1}{2} \left[\left(\underline{\mathcal{A}} \bullet \underline{\mathcal{B}}\right) + \left(1 - \underline{\mathcal{A}} \otimes \underline{\mathcal{B}}\right) \right], \tag{2}$$

式中,

$$\begin{split} & \underbrace{\mathcal{A}} \bullet \underbrace{\mathcal{B}} = \bigvee_{x \in X} \left[\underbrace{\mathcal{A}(X)} \wedge \underbrace{\mathcal{B}(x)} \right], \\ & \underbrace{\mathcal{A}} \otimes \underbrace{\mathcal{B}} = \bigwedge_{x \in X} \left[\underbrace{\mathcal{A}(X)} \vee \underbrace{\mathcal{B}(x)} \right], \end{split}$$

贴近度的值越大,表明 A 和 B 两个模糊子集越接近,因此贴近度的计算结果可用于完成模糊识别.

3.2 模糊模式群体识别方法

模糊模式群体识别是两个模糊集之间的一种识别方法,通过计算贴近度,依据择近原则达到识别的目的[12-15]. 若

$$N(\underbrace{A_i}, \underbrace{B}) = \max \ \left\{ N(\underbrace{A_1}, \underbrace{B}), N(\underbrace{A_2}, \underbrace{B}), \cdots, N(\underbrace{A_n}, \underbrace{B}), \right\}, \qquad (i = 1, 2, \cdots, n),$$

则认为 B 与 A. 为同一模式, 这就是"择近原则", 又叫做"最近贴近度原则".

根据择近原则,将可比实例中的模糊模式按与待评估样本贴近度的大小,进行排序

$$N_1' > N_2' > \dots > N_n',$$

依次选出前 m 个模式做为模糊对象 B 的可比实例.

同时, 为了保证选取可比实例与评估对象相似性, 建议取 $N'_n \ge 0.8$ 的可比实例入选. 若符合条件 $N'_n \ge 0.8$ 的可比实例的个数小于实际要求的可比实例个数 m, 则加入新的样本重复上述步骤, 直到达到要求.

4 举例分析

以甘肃省金川某矿为例,选取了比较典型的8个瓦斯突出样本、数据如表1.

表 1 瓦斯突 出样本数据							
编号	\overline{P}	ΔP	f	构造类型	D	K	突出情况备注
$\overline{X_1}$	1.40	4	0.58	2	1.67	6.90	无突出
X_2	1.38	5	0.61	3	1.42	11.90	有突出倾向
X_3	1.35	8	0.59	3	1.47	16.32	喷孔
X_4	3.95	14	0.22	5	49.79	63.63	突出
X_5	3.95	6	0.54	5	14.58	11.11	突出
X_6	2.00	7	0.48	5	5.28	14.58	多次突出
X_7	1.45	14	0.58	3	2.32	24.13	小突出
X_8	1.40	3	0.51	3	1.90	5.88	无突出

根据(1)式,将原始数据标准化,得到标准化后的矩阵

$$\bar{X} = \begin{bmatrix} 0.019 & 0.091 & 0.923 & 0 & 0.005 & 0.018 \\ 0.012 & 0.182 & 1 & 0.333 & 0 & 0.104 \\ 0 & 0.455 & 0.949 & 0.333 & 0.001 & 0.181 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0.273 & 0.821 & 1 & 0.272 & 0.091 \\ 0.250 & 0.364 & 0.667 & 1 & 0.080 & 0.151 \\ 0.380 & 1 & 0.923 & 0.333 & 0.019 & 0.316 \\ 0.019 & 0 & 0.743 & 0.333 & 0.010 & 0 \end{bmatrix}$$

根据(2)式,计算8个样本之间的贴近度,进行已知瓦斯突出样本聚类分析,根据择近原则, 得出聚类结果,第一类为"灾害危险等级较低",记作

$$\overline{A_1} = \{\overline{X_1}\};$$

第二类为"灾害危险等级居中",记作

$$\overline{A_2} = \{\overline{X_2}, \overline{X_3}, \overline{X_7}, \overline{X_8}\};$$

第三类为"灾害危险等级较高",记作

$$\overline{A_3} = \{\overline{X_4}, \overline{X_5}, \overline{X_6}\},\$$

综上, $\overline{A_1}$ 、 $\overline{A_2}$ 、 $\overline{A_3}$ 构成模糊模式库.

对于待识别瓦斯突出样本集

$$A_4 = \{X_9, X_{10}\},$$

 $\overline{A_4} = \{\overline{X_9}, \overline{X_{10}}\},$

其中,

$$X_9 = (0.950 \ 10.0 \ 0.5700 \ 2 \ 1.1000 \ 17.5000),$$
 $X_{10} = (2.750 \ 19.1 \ 0.3100 \ 5 \ 31.6000 \ 61.6000),$
 $\overline{X_9} = (0 \ 0.39735 \ 0.96296 \ 0 \ 0.19378)$
 $\overline{X_{10}} = (0.76596 \ 1 \ 0.00004 \ 1 \ 1 \ 1)$

记 $\overline{A_i}$ (i=1,2,3) 的各个因素指标赋值为对应集合中各元素该指标因素的平均值.

$$\overline{A_1} = (0.19149 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0.01869 \ 0)$$

 $\overline{A_2} = (0.18937 \ 0.23179 \ 0.97222 \ 0.33334 \ 0.02221 \ 0.13999)$

 $\overline{A_3} = (1 \ 0.33113 \ 0.38262 \ 1 \ 0.72513 \ 0.41816)$

分别计算 $N(X_9, \overline{A_i}), i = 1, 2, 3$. 得到

$$N(X_9, \overline{A_1}) = 0.9814,$$

$$N(X_9, \overline{A_2}) = 0.9703,$$

$$N(X_9, \overline{A_3}) = 0.4926,$$

根据择近原则,可知 X_9 属于第一类,表明 "灾害危险等级较低",可不必采取措施. 同理可得, X_{10} 属于第三类,表明 "灾害危险等级较高",需要及时采取措施. 如表 2 所示,为待评估瓦斯突出样本原始数据,真实突出情况与预测情况基本一致,说明该方法的有效性和实用性.

表 2 待评估瓦斯突出样本数据 ΔP P构造类型 编号 f DK 突出情况备注 X_7 1.45 0.58 3 2.32 24.13 小突出 14 X_8 1.40 3 0.51 3 1.90 5.88 突出

5 结论

本文通过分析瓦斯突出情况发生的内在机理存在复杂性, 瓦斯突出事故与其影响因素指标之间存在模糊性, 结合成熟的模糊数学理论与技术, 实现了瓦斯突出灾害评估. 基于模糊聚类的模糊模式识别方法, 克服了模糊聚类与模糊模式识别单一分析方法的弊端. 综合考虑影响瓦斯突出灾害的多元因素指标集, 实现多指标定量化的评估与预测, 是应用模糊模式识别理论在矿井瓦斯突出灾害评估方面的一次尝试, 大大提高了瓦斯突出预测的科学性和准确性.

参考 文献

- [1] 秦书玉. 煤与瓦斯突出预报的模糊聚类相似分析法 [J]. 中国地质灾害与防治学报, 2003, 14(4): 58-61.
- [2] 谢季坚. 模糊数学方法及其应用 [M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2013.
- [3] 杨纶标. 模糊数学原理及应用 [M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2011.
- [4] 徐阳. 模糊模式识别及其应用 [M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2001.
- [5] Derrig R A. Fuzzy techniques of pattern recognition in claim classification[J]. The Journal of Risk and Insurance, 1995: 92-94.
- [6] 焦作矿业学院瓦斯地质研究室. 瓦斯地质概论 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1990.
- [7] 梁保松. 模糊数学及其应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [8] 张国立. 模糊数学基础及应用 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2011.
- [9] 郭嗣琮. 信息科学中的软计算方法 [M]. 沈阳: 东北大学出版社, 2001.
- [10] 罗承中. 模糊集引论 [M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2007.
- [11] 张宏伟, 李胜. 煤与瓦斯突出危险性的模式识别和概率预测 [J]. 岩石力学与工程学报, 2005, 24(19): 3577-3581.
- [12] Chen S Y. Fuzzy recognition theoretical model[J]. The Journal of Fuzzy Mathematics, 1993, 1(2): 261-269.
- [13] 石必明. 煤层突出危险性的模糊聚类分析 [J]. 淮南矿业学院学报, 1994, 14(2): 38-43.
- [14] 柴华彬, 邹友峰, 郭文兵. 用模糊模式识别确定开采沉陷预计参数 [J]. 煤炭学报, 2005, 30(6): 701-704.
- [15] Li S, Zhang H W. Coal and gas outburst model recognition and regional prediction[C]// Proceedings in Mining Science and Safety Technology, Beijing: Science Press, 2002: 331-334.