

$$w_{ij}(k+1) = w_{ij}(k) + \eta(d_j - y_j)y_j(1 - y_j)f(1 - f(v_{ij}))x_i$$

$$v_{ij}(k+1) = v_{ij}(k) + \eta(d_j - y_j)y_j(1 - y_j)w_{ij}f(v_{ij})(1 - f(v_{ij}))x_i$$
(3)

其中  $\eta$  为学习因子,  $k$  表示第  $k$  次迭代, 其它惯性项的增加、阈值的修正和 BP 算法相同。

### 3.3 石油测井数据挖掘流程

基于粗集和神经网络的测井数据挖掘流程如图 2 所示。

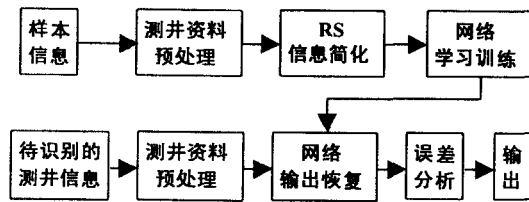


图 2 石油测井数据挖掘流程图

Fig. 2 The flow chart of oil logging data mining

(1) 测井资料预处理: 测井资料的预处理包括环境校正、资料标准化、归一化处理等<sup>[1,2]</sup>。特别是对于样本信息, 即网络训练中的输入信息和输出信息必须做归一化处理, 这样能使学习网络容易处理, 其中样本集的选取要完备、全面。待识别的测井信息也必须经过预处理, 这样能被准确识别和分类。归一化公式如下:

$$x' = (x - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min}) \quad (4)$$

其中  $x'$  表示归一化后的测井数据;  $x$  为实测的测井数据;  $x_{\max}, x_{\min}$  分别为最大和最小测井数据。

(2) RS 信息简化: 从输入的样本信息表中去除冗余对象, 再去冗余属性, 估计某一属性的重要程度, 求取约简的属性集, 最后求得最简约简表。

(3) 网络学习训练: 将通过 RS 信息简化后所得的样本集进行学习训练, 直到满足精度要求或循环次数为止, 得出权值和阈值, 并存储之。

(4) 网络输出恢复: 使用训练好的神经网络对待识别的测井信息进行计算、识别和分类, 并输出结果。由于网络输出的值在 0~1 之间, 特别是对于定量计算问题, 其输出值应该恢复为实际的数据。即:

$$y = y' \times (y_{\max} - y_{\min}) + y_{\min} \quad (5)$$

其中  $y'$  为网络输出的数值;  $y$  为与之对应的测井数据;  $y_{\max}, y_{\min}$  分别为  $y$  的最大和最小取值。

(5) 误差分析: 主要计算识别系统的识别正确率或定量计算问题的均方差等, 以判别其整体解释精度。

## 4 实际应用 (Actual application)

### 4.1 岩性识别

岩性识别数据取自贵州赤水某地区的气矿宝元构造上的 2 口井<sup>[6]</sup>。该区目的层段的主要岩性为石灰岩、白云岩和硬石膏, 如表 1 所示, 为已知岩性的 12 个样本。

表 1 测井数据表

Tab. 1 The list of logging data

No.	GR	AC	DEN	CNL	lithology
1	13.0	48.0	2.73	6.0	Limestone
2	16.0	47.0	2.77	0.0	Limestone
3	20.0	47.0	2.76	0.0	Limestone
4	8.0	47.0	2.69	1.0	Limestone
5	12.0	47.0	2.87	5.0	Dolomite
6	30.0	48.0	2.89	6.0	Dolomite
7	23.0	50.0	2.85	12.0	Dolomite
8	24.0	49.0	2.88	6.0	Dolomite
9	4.0	52.0	3.05	0.0	Anhydrite
10	5.0	55.0	3.02	0.0	Anhydrite
11	5.0	53.0	2.97	0.0	Anhydrite
12	7.0	45.0	2.95	1.0	Anhydrite

为检验本文数据挖掘方法的识别效果, 从表 1 中选取 3 个样本, 即选取每类岩性的第一个样本 (序号为 1、5 和 9 的样本) 组成数据表, 即作为输入样本, 表中其余样本用于检验。

首先要对数据表中的决策属性值进行泛化 (用数表示) 并量化条件属性值。即表 1 中的实际岩性为决策属性  $D = \{d\}$ ,  $d = \{d_i = i, i = 1, 2, 3\}$ , 其中 1、2、3 分别代表石灰石、白云岩、硬石膏。设每个样本对应的 4 项测井数据为条件属性 ( $C = \{e, f, g, h\}$ ); 然后计算出条件属性  $e, f, g, h$  的重要性量度分别为:  $0, \frac{1}{3}, 1, \frac{1}{3}$ 。可见, 对决策影响来说, 属性  $g$  最重

要, 属性  $f$  和  $h$  次之, 属性  $e$  最不重要。我们可以得到多个  $C$  的  $D$  约简, 其中属性个数最少的  $C$  的  $D$  约简为  $\{g\}$ 。对于约简  $\{g\}$ , 再应用神经网络识别, 其分类结果与各样本的实际类别一致, 分类正确率为 100%; 而使用全部属性及相同训练集的神经网络分类正确率只有 83.3%<sup>[6]</sup>。同样对于约简  $\{g\}$ , 光采用粗集方法其分类正确率是 91.7%<sup>[7]</sup>。显然, 基于粗集和神经网络的数据挖掘方法效果显著。

### 4.2 储层参数定量计算

选取某油田台参 2 井的测井资料作为研究对

象,主要根据测井信息来定量计算孔隙度(有效孔隙度 EPOR、有效含水孔隙度 EPRW)和饱和度(有效含水饱和度 ESW、含水饱和度 SW)的大小.将深度为 2740~2770m 的 150 个具有代表性的样本(包括 9 种类型的测井资料)进行预处理.经过粗集(RS)信息简化,优选出反映孔隙度和饱和度变化的 AC( $\mu\text{s}/\text{m}$ )、GR(API)、CNL(%)、DEN( $\text{g}/\text{cm}^3$ )和 RD( $\Omega \cdot \text{m}$ )这 5 种测井属性信息,表 2 列出了本实验中作为输入模式的测井数据和目标输出的最大与最小值.

表 2 用于归一化处理的数据

Tab. 2 Data used in normalized processing

Attribute	AC	GR	CNL	DEN	RD	EPOR	EPRW	ESW	SW
Max	170.0	50.0	0.00	2.40	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Min	240.0	100.0	20.0	2.80	2000.0	20.0	20.0	100.0	100.0

注:EPOR、EPRW、ESW、SW 的单位均为%.

再进行网络学习训练,当网络的迭代满足精度要求时,记录此时的权值,作为知识保存;将该井中 2785~2805m 处的 A 层、2844~2853m 处的 B 层、2868~2870m 处的 C 层、2905~2921m 处的 D 层的测井数据分别输入训练好的神经网络进行定量计算,输出计算结果.与岩芯分析数据(此处用 CALSS 程序分析所得数据来代替)比较,其均方差结果如下.

表 3 均方差计算结果

Tab. 3 Results of root mean square error

Layer No.	Depth(m)	EPOR	EPRW	ESW	SW
A	2785~2805	3.34	6.67	6.48	3.43
B	2844~2853	9.23	13.21	15.09	9.73
C	2868~2870	9.75	5.58	3.32	5.89
D	2905~2921	41.05	20.32	12.08	17.81

由表 3 可知,网络 A、B、C 层解释精度很高,相对而言,D 层的解释精度稍微低些,但均优于传统方法,其解释效果是令人满意的.

## 5 结论 (Conclusion)

石油测井解释主要就是利用测井信息来确定储层岩性、储层流体性质、储层参数(孔隙度、渗透率和饱和度),对于数据量非常大的测井信息进行数据挖掘能够达到测井解释的目的.为解决测井信息维数很大和噪声干扰问题,采用基于粗集和神经网络的数据挖掘方法是切实可行的.即通过粗集方法简化信息表达空间,使训练集简化;再将具有容错性、抗干扰性和自适应性等优点的神经网络作为后置的信息识别系统.特别是使用具有三层 BP 网络功能的带有非线性连接权的二层神经网络,彻底去掉了隐含层的麻烦,并简化了运算,提高了运行速度.通过岩性识别和储层参数定量计算等实际应用表明,这种数据挖掘方法在测井解释中,其识别率远高于其它单一数据挖掘方法,效果令人满意.

## 参 考 文 献 (References)

- [1] 《测井学》编写组. 测井学 [M]. 北京:石油工业出版社,1998.
- [2] 雍世和,张超谟. 测井数据处理与综合解释 [M]. 石油大学出版社,1996.
- [3] Pawlak Z. Rough Sets: Theoretical Aspects of Reasoning about Data [M]. Netherlands: Kluwer Academic Dordrecht, 1991.
- [4] 曾黄麟. 粗集理论及其应用 [M]. 重庆:重庆大学出版社,1996.
- [5] 王柏祥,陆生勋,陆系群. 带有非线性连接权的学习网络 [A]. 第三届全国神经网络学术论文集 [C]. 西安:西安电子科技大学出版社,1993. 322~323.
- [6] 蔡永香,肖慈响. 应用神经网络识别地层特性 [J]. 测井技术,1994,18(6):28~34.
- [7] 陈遵德. 测井数据模式识别中的信息优化方法 [J]. 测井技术,1998,22(6):427~430.

## 作者简介

夏克文(1965-),男,博士,高级工程师.研究领域为信号处理、模式识别及智能仪器等.

宋建平(1945-),男,博士,教授,博士生导师.研究领域为人工智能、无损检测和信息处理等.

李昌彪(1977-),男,博士生.研究领域为机器学习和模式识别等.

文章编号:1002-0411(2003)04-0304-05

## 基于扩展 BPR 的企业敏捷生产计划运作

陈静杰, 李 兵, 朱云龙, 薛劲松

(中国科学院沈阳自动化研究所, 辽宁 沈阳 110016)

**摘 要:**针对汽车行业相对稳定的供应链的实际,详细分析了实施扩展 BPR(EBPR)的必要性,提出了基于 EBPR 的企业敏捷生产计划,增强了可操作性,探讨了计划的实施过程,可有效降低库存,提高敏捷性. EBPR 的实施,易于实现基于企业的工程活动的集成.

**关键词:**扩展 BPR;生产计划;能力平衡;运作管理

**中图分类号:**TP13

**文献标识码:**B

### AGILE PRODUCTION PLANNING BASED ON EXTENDED BPR

CHEN Jing-jie, LI Bing, ZHU Yun-long, XUE Jin-song

(Shenyang Institute of Automation Chinese Academic of Sciences, Shenyang 110016, China)

**Abstract:** Based on the current fact of relatively stable supply chain in automobile industry, the necessity of implementing extended BPR (EBPR) is analyzed in detail. The enterprise agile production planning based on EBPR is put forward. It enhances maneuverability and its operation process is discussed. As a matter of fact, it can efficiently reduce the stocks. With the implementation of EBPR, enterprise-based engineering activity integration is prone to come true.

**Keywords:** extended BPR (EBPR); production planning; capacity balance; operation management

### 1 引言 (Introduction)

BPR 的提出,为企业在现有有限资源如设备、人员和技术等条件下,在足够短的时间内以充分小的代价变竞争能力为竞争优势,不断地进行自我提升指明了一个方向.在经营理念<sup>[1-3]</sup>、模型的建立<sup>[4]</sup>、实现方法与策略<sup>[5-7]</sup>、决策支持系统<sup>[8]</sup>以及仿真算法<sup>[9,10]</sup>等方面众多专家学者做了大量卓有成效的工作.可是,为什么又会有众多的企业实施了 BPR 却未能达到预期的目标呢?原因之一是对企业的业务流程缺乏全面一致的认识,常常是过分偏重于生产、销售和服务,忽视了源头——计划的制定过程,特别是在供应链环境下,订单来了以后,首要的工作是制定生产计划,然后才是组织生产.计划体系本身不合理的结果必然导致事倍功半,无法获得预期的结果.其二,一些新思想如敏捷制造等还没能够深入企业经营的全过程,在生产和服务的过程中是敏捷的,是精良的,在计划制定的时候却是僵化的.面对全球统一剧变的市场,稍许不和谐的因素都

有可能导致机遇的失去.其三,作为供应链(网)中的一个节点,一个企业业务流程的变更或多或少总会对其它企业的经营业务施加一定的影响.忽略了外部环境的反馈,无疑会使企业的努力大打折扣.目前这方面的研究还主要是针对单个企业孤立进行的<sup>[11-13]</sup>.因此迫切需要突破单个企业的界限.我们把突破了单个企业界限的 BPR 称为扩展的 BPR (Extended BPR; EBPR).

基于上述分析,结合某企业零部件制造公司(以下简称企业 C)生产实际,本文提出了基于 EBPR 的企业敏捷生产计划.项目的实施,改变了企业 C 基于库存的被动式生产的模式,代之以基于计划的主动式生产,顺畅了企业内和企业间的业务流程,有效地降低了库存,增加了敏捷性.文章首先分析了 BPR 思想的核心和实施 EBPR 的必要性,然后具体探讨了企业 C 基于 BPR 的敏捷生产计划实施过程,最后进行了总结.