

信息融合技术在裂缝密度综合预测中的应用

鲁红英 肖思和 邓林

(成都理工大学)

鲁红英等.信息融合技术在裂缝密度综合预测中的应用.天然气工业,2007,27(7):49-51.

摘 要 在油气勘探中,影响地震属性方位角变化的因素除了裂缝的方向和密度因素外,还有储层岩性的差异、构造、应力场的分布和饱和流体的成分等。要描述裂缝在空间的分布密度,往往需要综合分析地震资料并考虑可能的地质因素和力学特征的影响。为此,提出将信息融合技术应用于裂缝密度的综合预测,并具体介绍了信息融合技术的概念和优点,重点阐述了线性融合法及实现步骤,并应用于实际,效果良好。

主题词 信息科学 地震勘探 储集层 裂缝(岩石) 密度 应用

一、引 言

信息融合技术最早用于军事。美国是信息融合技术起步最早、发展最快的国家,美国国防部早在 20 世纪 70 年代就资助从事声纳信号理解及融合的研究。除美国外,其他西方国家也普遍重视信息融合技术的研究。另外,信息融合技术已逐步向多领域进行渗透,如智能机器人与智能车辆领域、医学图像处理与诊断、气象预报、地球科学、农业应用、现代制造和经济商业领域等。信息融合技术还被用于火车定位、鱼类识别或车辆通过的检测等。

我国虽然在这方面的研究起步较晚,但发展较快,国家自然科学基金和“863”计划已将其列入重点支持项目。各大学、研究机构都在进行学术及工程应用的研究,并做了大量的基础研究工作。除了军事上,在其他领域,如资源管理、城市规划、地质分析、图像处理、机器人等得到广泛的研究,一些较简单的结构形式已经得到应用。

随着电子技术、信号检测与处理技术、计算机技术、网络通信技术以及控制技术的飞速发展,各种面向复杂应用背景的多传感器系统大量涌现,在这些多传感器系统中,信息表示的多样性,信息数量的巨大性,信息关系的复杂性,以及要求信息处理的及时性、准确性和可靠性都是前所未有的。这就使得利用计算机技术对获得的多传感器信息在一定准则下加以自动分析、优化综合以完成所需的估计与决策——多传感器信息融合技术得以迅速发展。

笔者介绍了信息融合技术概念、优点、实现步骤,重点阐述线性融合法及其在裂缝密度综合预测中的应用。

二、信息融合技术概述

1. 信息融合技术概念

信息融合又称为数据融合。信息融合技术属于人工智能范畴。信息融合的定义可以概括为:利用时间与空间的多传感器信息资源,采用数学方法和计算机技术对观测信息在一定准则下加以自动分析、综合和使用,获得对观测对象的比单一传感器更优越的一致性解释和描述。其理论依据是,同一空间目标依观测手段有多源或多属性表征数据,多源表征数据具有冗余性、互补性和合作性。冗余性指多属性表征数据对目标的表示、描述或解释结果相同;互补性指信息来自不同的自由度并且基本独立;合作性指在数据处理时对其他信息存在依赖关系。利用多源表征数据可以提高成果的可靠性、鲁棒性,产生比单一数据更精确、更完全、更可靠的解释值。

2. 信息融合技术优点

(1) 可以提高信息的可信度

能更加准确地获得环境目标的某一特征或一组相关特征,使整个系统所获得的综合信息具有更高的精度及可靠性。

(2) 增加了目标特征矢量的维数

各个传感器性能相互补充,收集到的信息中不相关的特征增加了,整个系统可获得单一传感器所

不能获得的独立特征信息,可显著提高系统的性能,使多传感器系统不易受到自然现象的破坏或敌方的有意干扰和迷惑。

(3)减少了获得信息的代价

在相同的时间内能获得更多的信息,特别是在测量运动速度快的目标时,从而减少了获得同样多信息的代价。

(4)减少信息获取时间,加快信息处理速度,提高信息再用率

由于传感器信息处理是并行进行的,各个单独的传感器可以相对简化其处理的步骤,加之计算机技术在数据融合中的大量应用,许多原来需压缩的原始数据,可以直接作为数据融合系统的输入值,通过多组这种数据的互相关联,最大限度地利用其中的信息,减少系统信息处理的总时间。

(5)提高了系统容错能力

由于多个传感器所采集的信息具有冗余性,当系统中有一个甚至几个传感器出现故障时,尽管某些信息容量减少了,但仍可由其他传感器获得有关信息,使系统继续运行,因此经过信息融合处理无疑会使系统在利用这些信息时具有很好的容错性能。

三、线性融合预测法

目前在信息融合领域使用的主要数学工具或方法可以分为三大类:基于物理模型的方法(如模拟、估计、句法分析)、基于参数分类的方法(贝叶斯、统计、神经网络)和基于认识识别模型的方法(逻辑、专家系统、模糊理论)。线性融合预测法适用于研究对象目标性质的识别。

1. 算法描述

信息融合技术引入石油地球物理勘探领域。观测对象是地下地质体,目标是地质体的地质特征(岩性、构造、含油气性等),多传感器信息资源是多测井数据、多地震属性等。

设 $R_i (i=1, \dots, N)$ 为预测对象的 N 个观测特征, R_i 与预测目标之间有明确的物理意义和解释。即每个特征与预测目标呈单调线性或非线性关系。对每一输入的特征通过线性或非线性变换映射到 $[0, 1]$ 区间,成为无量纲的属性,用以反映各特征的标准信任度。多属性线性融合预测法简单地以下式描述:

$$F(x, y) = \sum_{i=1}^N w_i R_i(x, y) \quad (1)$$

式中: N 为特征个数; $R_i(x, y)$ 为特征值; w_i 为特征的融合系数; $F(x, y)$ 为融合特征值。

特征值 R_i 经原始数据通过线性或非线性变换获得, R_i 定义在 $[0, 1]$ 区间。在进行数据变换前首先对特征对目标的表征意义进行分析,要求全部参与融合的特征与预测目标有一致的单调性质,然后确定变换方法。通常需要对各特征的异常数据进行过滤,以保证各特征内部数据集的单调一致性。

问题的关键是融合系数 w_i 的计算。融合系数的确定有两种方法,即先验知识法和智能反馈法。先验知识法的融合系数来源于对预测目标的模拟研究和分析。智能反馈法的融合系数通过对已知样本的观测数据的反馈计算获得。假设我们有 M 个已知样本的特征观测数据和真值,根据前式有:

$$P_j = \sum_{i=1}^N w_i R_{ij} \quad (j=1, \dots, M) \quad (2)$$

这里, P_j 是已知样本的观测数据值, $R_{ij} (i=1, \dots, N; j=1, \dots, M)$ 是第 j 个已知样本的第 i 个特征观测数据经变换后的特征值。利用熟知的最小二乘法,通过求 W_i 使 σ 达到极小,计算出融合系数。

$$\sigma = \sum_{j=1}^M \left(P_j - \sum_{i=1}^N w_i R_{ij} \right)^2 \quad (3)$$

最后,由式(3)计算出融合图像 $F(x, y)$,它以单调函数的形式反映了研究对象的目标预测值。

注意这里提出的线性融合预测法属于“明箱”模型,与“黑箱”类预测模型有本质区别,要求加入的特征属性与预测对象之间有明确的物理意义和解释。

2. 信息融合技术的实现步骤及流程

信息融合是以从分布式计算机系统中各信息源得到的信息为依据建立具有一定智能的决策系统。信息融合技术流程如图1所示。信息融合对从若干个传感器传输来的信息进行分析处理时,要顺序完成以下工作。

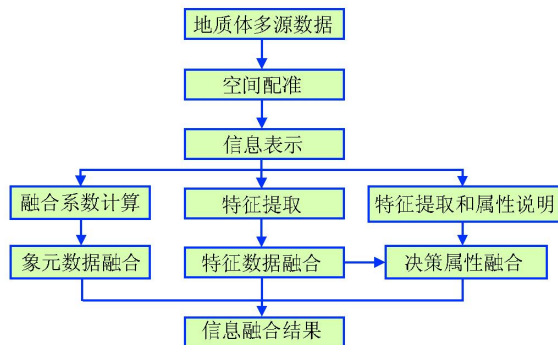


图1 信息融合技术流程图

(1) 信息采集

按照分析问题所处的领域范围,在分布式网络数据库中广泛搜集、提取有关的信息项,并进行格式转换。

(2) 信息辨识

对提取出的信息进行辨识,去伪存真,并确定可信度。

(3) 相关处理

要求对多个信息源数据的相关性进行定量分析,按照一定的判别原则将数据分为不同的集合,每个集合中的数据都与同一信息源关联。

(4) 融合处理

决定从信息源获得的信息的取舍;参照其他信息源对每个信息项进行验证修改;对不同信息源的信息进行印证分析、补充综合、协调修改及估计;对实时提供的信息进行分析、综合;通过分析判断,生成综合信息。

(5) 建立工作信息库

生成工作信息库,供各领域专家进行模型分析和使用,建立工作信息库和信息源的链接关系。

四、在裂缝密度综合预测中的应用

将信息融合技术应用于裂缝密度的综合预测,首先要进行特征数据(属性)的分析和选取。

在试验工区,沿地质层位提取各属性的平面分布,包括各储层的 AVO 梯度、FVO 梯度、能量随频率开始递减时所对应的频率、能量分位数为 85% 的频率、地震波的瞬时频率、地震波的一定频率范围内的总能量和地震波的高频能量随频率递减的梯度。其中,AVO 的梯度能很好地反映储层的岩性;FVO 的梯度能较好地反映与储层段流体特征相关的地震波衰减。

图 2 为综合 AVO 梯度、FVO 梯度、能量起始衰减频率、能量分位数为 85% 的频率、瞬时频率、截频能量和高频衰减梯度地震属性得到的与储层含油性有关的裂缝密度平面概率分布图。结果表明泥岩裂缝储层的发育在某种程度上受岩性和构造控制。

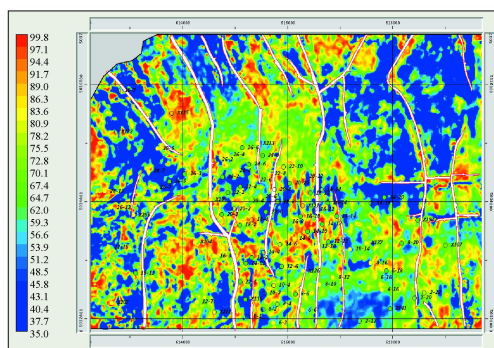


图 2 预测的裂缝密度概率分布图

五、结束语

信息融合不是一门单一的技术,而是一门跨学科的综合理论和方法,尚处在不断的变化和发展过程中。虽然信息融合技术在石油勘探领域取得一定成效,但是目前很难找到一种通用的融合算法。信息融合的核心问题是选择合适的融合算法,不同的算法适合于不同的信息类型,但随着科学技术的发展,尤其是人工智能技术的进步,相信新的、更有成效的信息融合方法必将不断推出,并取得广泛的应用。

参 考 文 献

- [1] 杨国胜, 窦丽华. 数据融合及其应用[M]. 北京: 兵器工业出版社, 2004.
- [2] 潘泉, 于昕, 程咏梅. 信息融合理论的基本方法及进展[J]. 自动化学报, 2003, 29(4): 599-609.
- [3] 刘同明, 夏祖勋, 解洪成. 数据融合技术及其应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 1998.
- [4] 王征, 刘宁庄, 张建成. 数据融合的方法及应用研究[M]. 自动化与仪器仪表, 2006, 126(4).
- [5] 周福娜, 周梅, 文成林. 多传感器数据融合效果分析[J]. 河南大学学报, 2003, 33(2): 33-36.
- [6] 王拥军, 石家雄, 鲁东明, 等. 基于老井资料的碳酸盐岩储层测井解释研究[J]. 天然气工业, 2005, 25(8).
- [7] 张树东, 司马立强, 刘萍英, 等. 基于测井新技术解释有效裂缝发育规律[J]. 西南石油大学学报, 2007, 29(1): 23-25.
- [8] 曾联波, 周天伟. 塔里木盆地库车坳陷储层裂缝分布规律[J]. 天然气工业, 2004, 24(9).

(收稿日期 2007-03-29 编辑 韩晓渝)