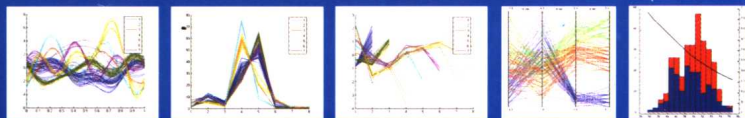
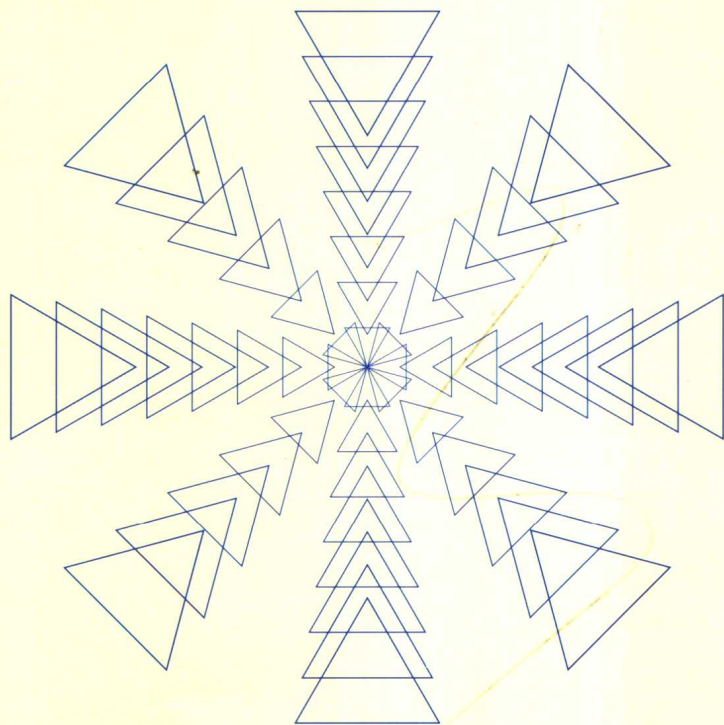


基于多元统计图表示原理的 信息融合和模式识别技术



洪文学 等著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

0212.4/23

2008

基于多元统计图表示原理的 信息融合和模式识别技术

洪文学 李昕 徐永红 王金甲 宋佳霖 著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书共分15章:第1章至第4章讨论测量定义和一般性信息融合问题、可视化技术、符号化测量理论和模糊传感器;第5章和第6章阐述多维数据传统多元统计图表示和多维数据的多元图表示数学原理;第7章和第8章阐述多维数据的降维和信息融合方法及多维数据的聚类和分类;第9章至第14章阐述平行坐标、诺模图、雷达图、脸谱图、Lorenz散点图、星座图的基本理论和实际应用;第15章阐述基于多元图表示原理的癌症和中医证候诊断方法。

本书适合于生物医学工程、生物信息学、仪器科学与技术、自动化科学与技术、计算机科学与技术、信息处理科学与技术等领域的大学生、研究生和相关领域从事科学研究、工程技术工作的人员阅读。还特别适合于作为从事多传感器信息融合、状态监测、模式识别、可视化技术、数据挖掘、医学诊断、地质勘探、质量评价、环境监测、复杂系统研究、经济管理和心理学研究工作人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

基于多元统计图表示原理的信息融合和模式识别技术/
洪文学等著. —北京:国防工业出版社,2008.1

ISBN 978-7-118-05384-5

I. 基... II. 洪... III. ①多元分析:统计分析—统计图—
信息处理②多元分析:统计分析—统计图—模式识别
IV. 0212.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第154777号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100044)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 710×960 1/16 印张 19 字数 360 千字

2008年1月第1版第1次印刷 印数 1—3000册 定价 32.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

在对社会、经济、技术系统的认识过程中,需要测量、收集和分析表征系统特征和运行状态的定性与定量数据信息。如何将系统定性和定量信息中重要的信息提取出来,更准确地把握系统的本质和属性,分析数据系统中内在规律性和动态变化规律,这是做出决策和控制行为的基础。基于多元统计图表示原理多维信息融合技术就是研究系统定性和定量数据的图表达方法,利用各种图形表达出的有用信息,对系统的全部特征、局部特征、运动特征、动态变化规律等问题进行研究的一种崭新方法。

本书最初研究的出发点是针对复杂系统中定性与定量信息的转换和融合问题,研究过程中发现,基于多元统计描述分析中图表示方法是处理多传感器信息融合的有效工具。进一步的研究证明,多维数据图表示在很多情况下可以得到出人意料的应用效果。在5项国家自然科学基金和1项部委基金支持下,我们开展了关于多维数据图表示原理的信息融合技术和模式识别技术研究工作。本书的出版是研究心得的一个总结,也是一个值得深入研究领域问题的提出。

按照我们对测量意义、测量目的和类型,数据融合及应用,多元统计描述分析问题和模式识别的理解,结合多年来研究的成果,确定了本书的主要内容,主要是围绕多传感器产生的多维数据的信息融合和模式识别内容,而多维数据处理主要讨论多维数据的降维和分类问题,采用的技术手段是多元图可视化技术。在这个意义下,本书是研究可视化信息融合和模式识别的专著。为了使多维数据多元图表示理论更加系统和完整,本书分门别类地介绍了各种多元图的理论及其应用。

尽管国际上近几十年出现了几种多维数据的图示方法,但国内有关学者认为:这方面研究还处于不成熟状态,目前尚未有公认的方法。也有国内专家认为:学习多元统计描述分析图表示方法完全可以正确地、甚至创造性地在自己研究工作中应用。这两种意见表达了一个重要信息,即多维数据图表示方法是一个非常希望、非常有前途、非常吸引人的研究领域。之所以这样说,是因为:一方面,国内外多维数据图表示应用研究还不够深入,有很大的空间去发展;另一方面,我们的研究工作确实创造性地、有效地将多维数据图表示与复杂系统中定性和定量信息转换与社会结合到了一起。本书出版的目的在于抛砖引玉,吸引更多的人参与到这个问题的研究中来,发展建立多维数据图表示理论体系和开展更多领域的应用研究。

本书部分研究内容得到了国家自然科学基金项目复杂系统中定性定量信息变换理论与应用研究(60304009)、基于图表示原理的多维定性定量信息融合方法及实现60474065、基于非对称脸谱图的健康智能家庭多维多源信息融合方法研究(60504035)、基于血清蛋白质组数据多元图表示和局部信息融合原理的癌症诊断方法研究(60671025)、一种基于多元数据多元图表示原理的模式识别新方法(60605006)和教育部高等学校博士学科点专项科研基金项目基于图表示原理的多维定性定量信息融合方法及实现(20040216007)资助。本书的出版还得到了河北省教育厅出版著作基金和燕山大学学术著作出版基金的资助。

基于多年对测量领域中测量数据处理技术、信息融合技术、模式识别技术、多元分析技术、可视化技术的理解和本人领导的课题组已取得的研究成果,本人提出了本书的整体框架性结构。第1章、第3章、第4章、第6章、第8章(部分)、第12章(部分)及第15章由洪文学、宋佳霖和樊凤杰编写,第2章、第9章、第10章由徐永红编写,第5章由高海波、赵勇编写,徐永红做了最后的修正定稿,第7章、第14章、第15章(部分)由孟辉和王立强编写,第8章(部分)、第12章(部分)由王金甲编写,第11章、第8章(部分)由李昕编写,第13章由严衍玲和赵勇编写。

本专著难免存在欠妥之处,在批评和指正过程中发展一种新的、有效的数据融合和模式识别方法是我们所追求的。

燕山大学生物医学工程研究所 洪文学

2007年7月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 关于测量定义问题的讨论	1
1.1.1 传统测量的定义	1
1.1.2 测量结果符号化表示的需求背景	1
1.1.3 新的测量定义	3
1.2 多传感器信息融合技术	3
1.2.1 信息融合的定义	3
1.2.2 信息融合的 3 个层次	4
1.2.3 信息融合的功能模型及技术实现基础	5
1.2.4 多传感器信息融合的特点	7
1.3 信息融合的目的及应用领域	8
1.3.1 信息融合在军事中的应用	8
1.3.2 信息融合在工业中的应用	8
1.3.3 信息融合在其他领域中的应用	9
1.4 多元统计分析与多元数据图表示法	10
1.4.1 多元统计分析	10
1.4.2 多元统计主要研究内容	12
1.4.3 多元数据图表示法	12
1.5 本书的内容与结构	12
第 2 章 信息可视化技术	14
2.1 信息可视化的发展历程	14
2.2 信息可视化技术概述	15
2.2.1 信息可视化的特征	17
2.2.2 信息可视化的基本过程及其参考模型	18
2.2.3 信息可视化技术分类	20
2.3 信息可视化常用方法	22
2.3.1 基于几何投影技术	23

2.3.2	面向像素技术	25
2.3.3	基于图标技术	26
2.3.4	基于层次和图形可视化技术	27
2.3.5	动态可视化技术	28
2.4	信息可视化软件	29
2.5	可视化技术的应用	35
2.5.1	数字天气预报的可视化	35
2.5.2	数字地球与地理信息的可视化	36
2.5.3	地质信息的可视化	37
2.5.4	医学信息的可视化	37
2.5.5	网络信息的可视化	38
2.5.6	文本聚类的可视化	38
第3章	符号化测量理论	40
3.1	符号化测量理论基础	40
3.1.1	符号化测量的概念	40
3.1.2	符号化测量一般化模型	41
3.1.3	符号化表示原理	42
3.2	符号信息表示与模糊符号化测量	44
3.2.1	测量与模糊符号化测量	44
3.2.2	模糊符号化测量的相对性及特点	46
3.3	符号化测量的关系树	47
3.4	多级映射原理在符号化测量中的应用	48
3.4.1	多级映射基本思想	48
3.4.2	数学描述	49
3.4.3	应用讨论	50
第4章	模糊传感器	53
4.1	模糊传感器定义及其基本功能	53
4.1.1	模糊传感器定义	53
4.1.2	模糊传感器基本功能	53
4.2	模糊传感器基本结构	53
4.2.1	一维模糊传感器结构	53
4.2.2	多维模糊传感器结构	54
4.3	有导师学习结构的实现	55

4.4	模糊传感器语言概念生成方法	56
4.4.1	理论基础	57
4.4.2	实用概念生成的方法	58
4.4.3	经验法	61
4.4.4	分段式调参训练算法	62
4.5	基于二元对比插值原理的语言概念生成方法	63
4.5.1	二元对比排序法	64
4.5.2	二元对比插值法	64
4.5.3	应用举例	66
4.6	模糊温度传感器	67
4.6.1	硬件结构	67
4.6.2	数值—符号变换原理	68
4.6.3	有导师学习	69
4.6.4	主程序流程	70
4.7	模糊舒适度传感器	70
4.7.1	舒适度的表达	70
4.7.2	系统结构	71
4.7.3	基于规则的舒适度合成方法	73
4.7.4	基于模糊综合评判的融合法	75
4.8	模糊距离传感器	78
4.8.1	距离、接近觉传感器	78
4.8.2	语义信息处理	79
4.8.3	模糊距离传感器应用	79
4.9	模糊色彩传感器	81
4.9.1	Mauris 模糊色彩传感器	81
4.9.2	Cutler-Hammer 模糊色彩传感器	83
4.9.3	Benoit 模糊色彩传感器	83
4.10	多级映射原理在模糊传感器中的应用	86
4.10.1	多级映射原理	86
4.10.2	多级映射显示方式	88
第5章	多维数据的传统多元统计图表示	90
5.1	轮廓图	90
5.2	雷达图	91

5.3	树形图	92
5.4	三角多项式图	93
5.5	散点图	95
5.5.1	直角散点图	96
5.5.2	散点图矩阵	96
5.5.3	三角形散点图	97
5.6	星座图	99
5.7	脸谱图	100
第6章	多维数据的多元统计图表示数学原理	104
6.1	多维数据的矩阵表示和多元数据的类型	104
6.1.1	多维数据矩阵	104
6.1.2	多维数据类型	104
6.1.3	多维数据预处理	104
6.2	多维数据像素图的多元图表示	105
6.2.1	多维数据像素图	105
6.2.2	像素图的多元图表示	106
6.3	多维数据映射到多元图论域的方法	107
6.3.1	多维数据到多元图论域的映射模型	107
6.3.2	一般化多维数据的信息融合与多元图表示	108
6.3.3	多维数据映射到多元图论域的数学描述	110
6.3.4	基于内积坐标的多元图表示理论和方法	111
第7章	多维数据降维和信息融合方法	115
7.1	主成分分析	115
7.1.1	概述	115
7.1.2	数学模型	116
7.1.3	主成分分析的几何意义	117
7.1.4	计算过程	118
7.1.5	主成分分析的应用条件	119
7.2	因子分析	120
7.2.1	概述	120
7.2.2	因子分析模型	121
7.2.3	模型中的物理意义	122
7.2.4	正交因子模型的几何解释	123

7.2.5	因子模型的估计	124
7.2.6	因子得分	126
7.3	降维的数学描述	128
7.4	基于特征选取思想的高维数据降维方法	129
7.5	基于多级数据分解与融合思想的降维方法	131
7.6	基于谱分析思想的局部信息最大化降维方法	132
7.7	矢量融合降维方法	134
7.7.1	变量融合原理	134
7.7.2	变量顺序的组合	135
7.7.3	矢量融合原理	136
7.7.4	变量加权的矢量融合方法	136
第8章	多维数据的聚类与分类	137
8.1	模式识别系统	137
8.2	贝叶斯分类器	138
8.3	线性分类器	143
8.4	非线性分类器	144
8.5	聚类分析	145
8.6	基于多元图图形特征的分类器	147
8.6.1	多元图形状特征增强方法	147
8.6.2	模糊推理分类器	148
8.6.3	人工神经网络分类器	149
8.6.4	相似度分类器	155
8.6.5	基于内积图表示的可视化分类器	158
8.6.6	基于多元图图形特征的分类器	161
8.7	基于树形图原理的分类方法	164
8.7.1	基于树形图的系统聚类法的基本思想与树形图生成	164
8.7.2	基于树形图的系统聚类法算法	165
8.7.3	基于树形图分类方法	167
第9章	平行坐标理论及其应用	168
9.1	平行坐标的基本原理	168
9.1.1	平行坐标的绘制	168
9.1.2	平行坐标的点线对偶	169
9.1.3	平行坐标中的旋转与平移	170

9.1.4	平行坐标的优、缺点	170
9.2	几何图形的平行坐标表示	171
9.2.1	点的平行坐标	171
9.2.2	平面直线的平行坐标	172
9.2.3	圆及三角形的平行坐标	173
9.2.4	三维直线的平行坐标	174
9.2.5	三维平面的平行坐标	174
9.2.6	多维直线的平行坐标	174
9.3	平行坐标与霍夫变换	176
9.3.1	霍夫变换的基本原理	176
9.3.2	霍夫变换的实现方法	177
9.3.3	基于平行坐标的几何形状检测	177
9.4	平行坐标的应用	178
9.4.1	基于平行坐标的飞行碰撞检测	178
9.4.2	利用平行坐标求解最优化问题	179
第10章	诺模图原理及其应用	181
10.1	引言	181
10.2	诺模图的基本原理与方法	181
10.2.1	单线图	182
10.2.2	网络图	183
10.2.3	列线图	184
10.2.4	诺模图的解析改造法	185
10.2.5	组合图	187
10.3	简单贝叶斯诺模图	189
10.4	简单贝叶斯诺模图的应用实例	190
第11章	雷达图及其应用	193
11.1	雷达图表示原理在信息融合及质量评价中的应用	193
11.1.1	基于雷达图表示原理的企业经济效益评价	193
11.1.2	基于雷达图表示原理的银行风险监测	196
11.1.3	基于雷达图表示原理的脑瘫运动功能评价	198
11.1.4	基于雷达图表示原理的土壤质量定性与定量综合评价	199
11.1.5	基于雷达图表示原理的列车舒适度评价	202
11.2	基于雷达图表示原理在模式识别中的应用	204

11.2.1	数据预处理	205
11.2.2	归一化雷达图表示	205
11.2.3	基于模糊推理的运行状态分类	205
第 12 章	脸谱图及其应用	207
12.1	脸谱图在多传感器数据融合中的应用	207
12.1.1	健康智能家庭研究现状	208
12.1.2	基于非对称脸谱图的健康智能家庭多维多源信息融合	211
12.2	脸谱图在模式识别中的应用	213
12.2.1	基于脸谱图的聚类算法	213
12.2.2	基于脸谱图的分类算法	215
12.3	脸谱图在其他方面的应用	221
12.3.1	基于脸谱图的茉莉花茶品质化学成分的研究	221
12.3.2	脸谱图在沉积物中重金属污染的研究	223
第 13 章	Lorenz 散点图及其应用	227
13.1	作图方法及正常图形	227
13.2	分析方法	227
13.2.1	定性分析	228
13.2.2	定量分析	229
13.3	临床应用	231
13.3.1	评价心率变异性	231
13.3.2	分析室性早搏产生机制	232
13.3.3	确定心房颤动及房室结有效不应期	233
13.3.4	确定心房颤动经旁路传导	234
13.3.5	鉴别房颤时的差异传导与室性早搏	234
13.3.6	预测心脏事件和生命预后的作用	235
13.3.7	评价冠脉病变	237
13.3.8	分析起搏心律	237
13.3.9	脑电信号的 Lorenz 散点图	239
13.3.10	不同脉象的 Lorenz 图	239
13.3.11	观察房颤时药物对房室结 FRP 的影响	241
第 14 章	星座图及其应用	242
14.1	星座图贴适度方法在近海水质监测优化布点上的应用	242
14.1.1	星座图贴适度优化模型	242

14.1.2	实例分析	244
14.2	应用星座图聚类分析分类豌豆种质资源	245
14.2.1	数据处理	246
14.2.2	结果分析	248
14.3	星座图聚类法改进及其应用实例	249
14.3.1	星座图聚类法改进	249
14.3.2	应用实例	250
14.4	星座图在大气质量评价中的应用	252
14.4.1	星座图的构造	252
14.4.2	优化路径权值的算法	253
14.4.3	星座图用于大气环境监测优化布点的实例	255
14.5	手指脉搏波的星座图分析	256
14.5.1	指脉搏波的形态参数	257
14.5.2	指脉搏波信号的星座图分析	258
14.6	星座图在测井解释中的应用	259
14.6.1	星座图	260
14.6.2	参数选择	260
第 15 章	基于多元图表示原理的癌症和中医证候诊断方法	263
15.1	血清蛋白质组质谱数据多元图表示与癌症诊断	263
15.1.1	蛋白质组质谱数据预处理	263
15.1.2	蛋白质组质谱数据的低失真降维技术	263
15.1.3	蛋白质组质谱数据的窗信息匹配与多元图处理技术	267
15.2	亚健康中医证候诊断	271
15.2.1	中医诊断原理	271
15.2.2	基于多元图表示原理的递阶、多层次证候诊断一般化概念 模型	273
15.2.3	基于六十四证素的证候诊断模型	275
15.2.4	辨证雷达图	275
15.2.5	不同样本诊断实现方法	278
15.2.6	亚健康中医证候诊断实例	280
参考文献	285

第1章 绪论

1.1 关于测量定义问题的讨论

1.1.1 传统测量的定义

测量概念和定义是测量理论的一块基石,在这块基石上,测量理论体系已比较系统地建立起来,有力地推动了科学技术的发展。

国家标准给出的测量定义是:测量是以确定被测对象量值为目的的全部操作。测量定义可更具体地描述为:测量是使用专门的仪器,用实验的方法获得客观事物数量观念的一种认识过程。上述测量概念和定义表述了一个事实,即测量的最终目的是获得被测对象的数值描述。

随着科学技术的发展,尤其是计算机技术、自动控制技术、人工智能技术、模糊数学等理论方法和技术在测量技术中的应用,以及随着人们认识客观世界的深入,提出了一个基于知识集成的定性测量问题。测量结果的定性描述和传统测量定义中定量描述是矛盾的,因此,研究讨论测量概念和定义拓延问题有着重大理论意义和深远的历史意义。

最早开展这个问题研究的是英国 L. Finkelstein 教授。在 1975 年,他发表论文讨论测量概念拓延问题。文中指出:用数字和数值关系系统表示被测对象有很大的局限性,测量概念和定义可以扩展到用符号系统来表示被测对象。日本 Wataonabe 教授指出:目前面对非物理量、非定量和不恰当定义等有关测量问题,测量定义和标度概念需要重新检验。法国 L. Fouilly 教授从研究测量结果符号化表示入手研究了同时给出数值描述和语言描述的符号传感器、模糊传感器的基本理论和实现问题。2005 年“Measurement”杂志从物理学、心理学和经济学等角度专题讨论了这个问题。洪文学教授 1992 年从瑞典回到哈尔滨工业大学后,开展了这一问题的研究。

1.1.2 测量结果符号化表示的需求背景

人们从事测量活动的根本目的是:从测得的数据获取新的知识,发现事物发生、发展和变化的规律,将测得的数据与长期积累的知识进行比较,以确定事物所处的状态,并基于状态的估计进行决策。

从上面的基本认识出发,测量结果的单纯的数值表达是不完整的,尤其是将测得数据发现新的知识与长期积累的知识比较,确定事物的状态更是如此。数值测量给出了被测量的定量描述,定量描述包含定性信息,测量结果的符号化表示通常是定性描述(事实上,数值测量是一种特殊符号化表示);而定性描述是具有较宽不确定度的定量描述,包含数值测量符号表示在内的用符号来表示的测量结果才是完整的、统一的。

为了说明这个观点,下面举3个实际的问题来讨论测量结果符号化表示的需求背景。

1. 状态解释与预测

大多数医疗仪器用来对人体的健康状况进行诊断和预测。为了诊断和预测,要对感兴趣的物理量进行测量,测试是为了获得有关数据,诊断是基于测得的数据,如果仅仅得到数据,那么医疗仪器并没有达到测量的根本目的,一个现代化医疗仪器应该具有基于知识的诊断结果。通常测量结果是用自然语言描述的,这里以人体血压测量为例,说明测量结果符号化表示的意义。图1-1是人体血压测量与诊断系统示意图。

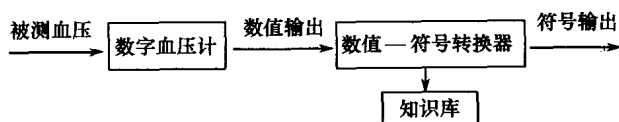


图1-1 人体血压测量与诊断系统示意图

从图1-1可以看出,按照传统测量的概念,当医生用数字血压计测得人体血压数值后,测量已经结束。对于一个有经验的医生来说,根据测得的数值可以做出血压状态的诊断;然而对于一个不了解人体血压知识的人来说,测得的数据只是一个数字,并不能直接理解。要想使非专家直接理解,人体血压测量诊断系统就需要一个数值-符号转换器,这个转换器是基于人体血压知识库构造的。通过这个典型的例子可知,包含数值-符号转换器在内的人体血压测量诊断系统是完整的,它不仅给出血压测量的数值,还给出了用自然语言描述的符号值。当人们获得容易理解的用符号表示的测量结果后,测量的目的已经达到。

动力设备的运行状态故障诊断和预测可以看作多因素状态解释和预测的例子。通过对动力设备轴位移、振动、温度等多个参数的数值测量,在先验知识的支持下,对数据进行分析 and 变换,建立有关模型,可以得到有关某一参数或动力设备整体性能的符号化的解释和预测。

2. 状态监测

为了保证生产和人身安全,在很多场合需要对若干物理量和环境参数进行监测。大多数状态监测问题,对高度精确的定量描述并不给予注意,而更关心地是定性描述的状态。可燃性气体监测就是典型的例子,如图1-2所示。

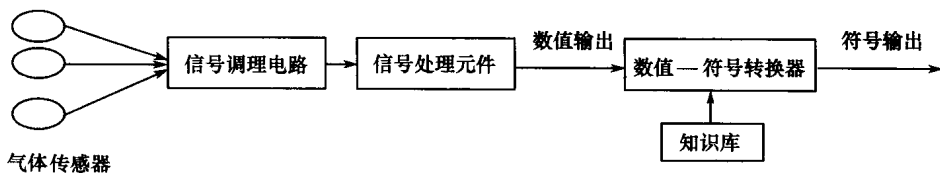


图 1-2 可燃气体监测系统构成示意图

由图 1-2 可知,可燃性气体监测系统的数值测量部分由气体传感器、信号调理电路、信号处理元件组成,可以给出可燃性气体浓度的数值输出。由于可燃性气体浓度的增加会引起爆炸的可能,当气体浓度处在某一状态下时,应启动排气装置,发出紧急报警信号或发出必要控制信号。这些状态对应数值测量不应该是有关“点”,而应该是一个“域”。所以用符号化表示测量结果更为合理。事实上,对许多“一对多”和“多对一”的状态监测问题,数值—符号转换器是必要的。

3. 分类问题

技术监督部门常常需要对日常生活资料和生产资料的质量进行技术监督,这对于保证消费者的人身安全和经济利益是非常重要的。而生活资料和生产资料的生产部门,也需要对所生产的产品进行科学的分类,以使产品按照所对应的质量等级进行销售和应用。对生活资料和生产资料的抽样并进行严格、精确的定量评价与分类是必要的,但要对生活资料和生产资料进行大样本严格、精确的定量评价是不可能的,有时甚至是不必要的。基于知识存储、定性描述、采用类比方法的技术监督手段有着实际应用的价值。

1.1.3 新的测量定义

这里给出与传统测量定义兼容的、外延有所拓宽的、包含定性符号表示在内的新的测量定义,即测量是以确定定量或定性描述被测对象的符号为目的的全部操作。从这个定义出发,对于多传感器测量系统会涉及信息融合和模式识别问题。

1.2 多传感器信息融合技术

1.2.1 信息融合的定义

近年来,各种面向复杂应用背景的军用或民用多传感器信息系统大量涌现,系统的信息来自多传感器或多源。在多传感器系统中,信息表现形式的多样性,信息容量以及信息的处理速度等要求,都已大大超出了人脑的信息综合能力,信息融合技术便应运而生。

多传感器信息融合技术得到了普遍关注和广泛应用,这些应用领域主要有机器人与智能仪器系统,战场任务与无人驾驶飞机,图像分析与理解,目标检测、跟踪与自动识别,多源图像复合等,所以对于信息融合这样一个具有广泛应用领域的概念,给出一个统一的定义是非常困难的。信息融合是针对一个系统中使用多传感器这一特定问题而展开的一种信息处理的新研究方向,因此,信息融合又可称为多传感器融合。从信息融合发展历史看,信息融合最早用于军事领域,把信息融合定义为一个探测、互联、相关、估计以及组合多项信息和数据的多层次、多方面信息处理过程,以获得准确的状态和身份估计、完整及时的战场态势和威胁估计。这一定义强调信息融合的3个核心方面:①信息融合是在几个层次上完成对多源信息处理的过程,其中每一个层次都表示不同级别的信息抽象;②信息融合包括探测、互联、相关、估计以及信息组合;③信息融合的结果包括较低层次上的状态和身份估计,以及较高层次上的整个战术态势估计。

信息融合比较确切的定义还可以概括为:利用计算机技术对按时序获得的若干传感器的观测信息在一定准则下加以自动分析、综合,完成所需的决策估计任务而进行的信息处理过程。按照这一定义,多传感器系统是信息融合的基础,多源信息是信息融合的加工对象,协调优化和综合处理是信息融合的核心。

1.2.2 信息融合的3个层次

多传感器数据融合系统与所有单传感器信号处理或低层次的多传感器数据处理方式相比,单传感器信号处理或低层次的多传感器数据处理都是对人脑信息处理的一种低水平模拟,它们不能像多传感器数据融合系统那样有效地利用多传感器资源,多传感器系统可以更大程度地获得被探测目标和环境的信息量。多传感器数据融合与经典信号处理方法之间也存在本质的区别,其关键在于数据融合所处理的多传感器信息具有更复杂的形式,而且可以在不同的信息层次上出现。这些信息抽象层次包括像素层(即数据层)、特征层和决策层(即证据层)。

1. 像素级融合

像素级融合是直接采集到的原始数据层上进行的融合,是在各种传感器原始测量数据未经预处理之前就进行的数据综合和分析。这是低层次的融合,如成像传感器中通过对包含若干像素的模糊图像进行图像处理和模式识别来确认目标属性的过程就属于像素级融合。这种融合的主要优点是能尽可能多地保持现场数据,提供其他融合层次所不能提供的细微信息。但其局限性也是很明显的:它所要处理的传感器数据量太大,故处理代价高,处理时间长,实时性差;这种融合是在信息的最低层进行的,传感器原始信息的不确定性、不完全性和不稳定性要求在融合时有较高的纠错处理能力;要求各传感器信息之间具有精确到一个像素的校准精度;数据通信量较大,抗干扰能力较差。