

G F G Y G B S

信息融合技术

XINXI

RONGHE

JISHU

李洪志 编著



73.81
268

信息融合技术

李洪志 编著

国防工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

信息融合技术/李洪志编著. —北京:国防工业出版社,
1996. 6
ISBN 7-118-01585-7

I. 信… II. 李… III. 信息转换 IV. TP335

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 01891 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)

北京怀柔新华印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/32 印张 6 1/8 129 千字

1996 年 6 月第 1 版 1996 年 6 月北京第 1 次印刷

印数:1—5000 册 定价:7.40 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

信息融合

何德全

前 言

信息融合(DATA FUSION)技术是信息科学领域内的一项高新技术。

信息科学是研究信息的获取、传输与处理的基本方法、技术和手段,以及信息的表示、内在联系和运动规律的科学。信息融合技术则是对多种信息的获取、传输与处理的基本方法、技术、手段,以及信息的表示、内在联系和运动规律进行研究的的技术。原始信息从被获取开始,经过了传输、变换、交换、存储、识别、显示等一系列处理过程,去掉无用成分,保留了有用成分,最终形成自己的价值,成为有用信息(或称为信息产品)。原始信息的种类大致可以分为自然信息(有人称为物理信息)和社会信息两大类,它们分别属于自然科学和社会科学两个范畴。信息融合技术是由传感器融合技术发展而来的,传感器融合技术处理的原始信息是自然信息,而信息融合技术所处理的原始信息包括了自然信息和社会信息两部分。此外,信息融合技术还包括了多种原始信息输入、融合处理、多种有用信息输出(例如,多媒体技术)。信息融合技术从多信息的视角研究信息处理,尤其对智能信息处理技术的研究提供了新的观点,推动了信息科学的进一步发展。

信息融合技术的理论和技术涉及了信息科学中的电子与信息学、计算机学和自动化等三个学科,是新一代智能信息技术的核心基础之一。

1. 在电子与信息学领域

信息融合技术的实现和发展以电子、信息学的原理、方法、技术为基础。信息融合的应用系统采用各种传感器收集信息,包括:声、光、电、视象、震动、触摸、力……,以及语言文字等。例如,海湾战争中使用的“灵巧炸弹”,它的传感器是激光孔径雷达——由激光和雷达两种传感器组合在一起。信息融合技术中的分布式信息处理结构通过无线网络、有线网络、智能网络、宽带智能综合数字网络等通信网络来汇集信息,传给融合中心进行融合,采用光纤数字通信技术、图象传输技术以及高吞吐量、并行访问等技术。除了自然(物理)信息外,信息融合技术还融合社会类信息,以语言文字为代表。这里涉及了大规模汉语语料库、语言知识的获取理论与方法、机器翻译、自然语言理解处理技术等。信息融合采用了分形、混沌、模糊推理、平均场、重整化群等数学和物理理论及方法。它的发展方向是对非线性、复杂环境因素中的不同性质的信息,进行综合、相关,从各个不同的角度去观察、探测世界。

2. 在计算机科学领域

计算机的发展历程是由单通道计算机发展到并行计算机;从数值计算发展到图象处理;从一般数据库发展到综合图象数据库。从信息融合的角度看,未来的计算机必然包含数值并行计算、图象处理、综合时空图象数据库等多种功能。即,逐步实现类似人脑的信息汇集、处理、综合存储的方式,这是一个重要的发展方向。

在计算机科学中,目前正开展着并行数据库、主动数据库、多数据库的研究。信息融合要求系统能适应变化的外部世界,因此,空间、时间数据库的概念应运而生,为数据融合提供了保障。空间意味着不同种类的数据来自于不同的空间地点;

时间意味着数据库能随时间的变化适应客观环境的相应变化。适应时、空变化的过程是自组织、学习的过程,必须采用自组织、学习的一些理论和方法。信息融合处理过程要求有相应的数据库原理和结构,以便融合随时间、空间变化了的数据。在信息融合的思想下,提出的空间、时间数据库,是计算机科学的一个重要的研究方向。

3. 在自动化领域

在信息科学的自动化领域,信息融合技术以各种控制理论为基础。信息融合技术采用了模糊控制、智能控制等系统理论,结合生物、经济、社会、军事等领域的知识,进行定性、定量分析。按照人脑的功能和原理进行视觉、听觉、触觉、力觉、知觉、注意、记忆、学习和更高级的认识过程,将空间、时间的信息进行融合,对数据和信息产品进行自动解释,对环境和态势给予判定,目前的控制技术,已从程序控制进入智能控制。例如,海湾战争中的“爱国者”导弹系统,战胜了程序控制水平的“飞毛腿”导弹。智能控制系统不仅用于军事,还应用于工厂企业的生产过程控制和产供销管理;城市建设规划、城市道路交通管理的宏观评价、分析和辅助决策;商业管理;金融管理与预测;地质矿产资源管理;环境监测与保护;粮棉病虫害监测;公安反毒网系统;天气预报……,涉及宏观、微观和社会的各行各业。

信息融合思想的最佳体现,是在智能机器人的研究上。智能机器人的仿生机体的基本原理研究和探索;机器人视觉中的三维、时变、多光谱图象处理;主动定性视觉研究;机器人的内部、外部非视觉传感器研究;非视觉信息的获得与理解;智能机器人的行为控制;环境建模与处理;非确定性处理与推理;系统的人机交互技术,以及神经网络技术在机器人控制、

智能、传感器信息处理等方面的应用,都与信息融合思想有关,信息融合的思想与技术将会得到迅速发展。

本书得到了中国工程院院士、原北京市信息技术应用研究所所长何德全研究员的直接关怀,陈冬青博士撰写了第四章第二、三两节,董其莘研究员、陆纪兴研究员,还有吕晋、颜清华、何定和李劲等同志参加了资料整理工作,郑开陵研究员对本书进行了审核,在本书出版之际,谨向上述同志表示衷心的感谢。

编 者

1995年9月15日

目 录

第一章 信息融合概论	1
一、生物的信息融合	1
二、军事的信息融合	8
第二章 信息融合的结构与设计	30
一、传感器信息融合的串联、并联结构	30
二、几种信息融合的系统设计	42
三、信息融合结构设计的比较分析	45
第三章 信息融合与识别	59
一、空中控制与信息融合识别	59
二、信息融合图象识别方法	66
三、三维场景通过信息融合的恢复	77
四、信息融合的认识分析	82
第四章 信息融合的原理和方法	96
一、传感器融合技术的比较	96
二、信息融合模型研究	98
三、信息融合模型与数据库的研究	123
第五章 信息融合技术	125
一、一些信息融合系统	125
二、海军信息融合技术	135
第六章 信息融合实验	156
一、指挥和电子战的信息融合系统	156
二、信息融合演习实验	161

三、演习实验总结.....	168
四、系统设备.....	172
参考文献	179

第一章 信息融合概论

一、生物的信息融合

1. 人的传感器信息融合

人一眼看见的景物像一幅图画,人对于图画中的蓝天、树、红花等物体能够立刻理解它们,但是每秒运行 1000 万次的计算机却不能识别,这是因为人有信息融合的功能。人的经历使他们对所见的物体有超过画面上的颜色、形状更深的认识,而计算机只能识别出一定颜色的形状和轮廓。人的识别有两部分,一部分是感觉的融合识别,通常我们将获得感觉的器官叫传感器,所以也叫传感器融合识别。这部分识别一般认为是简单识别,例如通过一物体的颜色、形状和对它的触摸,可以知道是什么物体。另一部分是大脑中各种知识的融合识别。这部分识别一般认为是高级识别,人们不仅通过颜色、形状,还可以通过语言、文字对一物体有更深刻的认识。

人类可以通过多种感觉所获得的信息来准确地识别环境或物体的状况,并引导他们的下一步的运动或动作。即使这些信息含有一定的不确定性、矛盾或错误的成分,人们也可以将各种传感器信息综合起来,并使这些感觉信息相互补充、印证,完整地处理具有不同功能的多种传感器所获取的信息,实现由单个传感器所不能实现的识别功能,将这种方法应用于工程实践中,也称为传感器融合。有人将传感器融合分为四

类:组合、综合、融合和相关。传感器融合是制造智能机器人的一个非常重要的课题,即通过灵活地获取多种信息来实现更先进的识别和判断功能。

图 1-1 是传感器融合的一个实例^[1]。在这里,机器人观察一个梨,并准备将它运走。机器人使用了 2 台摄像机,以及激光测距仪、触觉传感器、红外传感器和称重传感器等多种传感器。该系统比只采用一种传感器(视觉或触觉)的系统可以获得更多的信息。

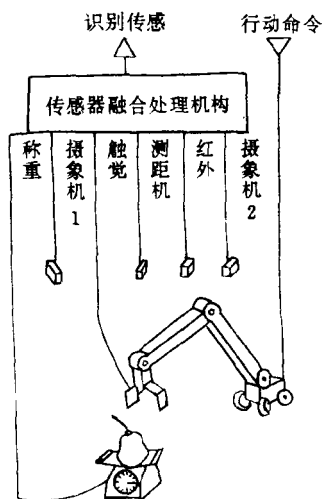


图 1-1 各种传感器信息融合

通常,人通过至少 9 种感觉(视觉、听觉、触觉等)来认识外界事物。例如,对于人手中的一个梨,眼睛获得了梨的颜色、形状等视觉信息;由手获得表皮光滑的触觉信息;此外,还有

其他信息,如重量和味道等。由于人们已具有一定的感性认识基础,可以用存在大脑中的知识来融合出梨的形象。在这里,信息在不同的传感器之间互相印证,最后形成“梨”的概念作为判断结果。如果梨被切成两半或被切下一片,这组传感器信息将会发生改变,人们将半个梨的概念和知识再次存入大脑。如果将梨换成苹果,人们在识别梨的基础上重新学习、认识苹果的特征……。

图 1-2 表示图 1-1 所示传感器的输出结果。信息处理基本上是针对这些传感器的输出信息来实现的。实际上,先前经验的约束条件和知识也被用来实施这种处理。由各组信息(包括来自运动系统的信息和来自记忆系统的信息)组成的感性知识比由一组信息(视觉或触觉所获得)的感性知识有较高的可靠性。生物学家和信息学家认为,人脑有一个分层的并行分布式神经网络,用于处理各组感觉信息。而且,大脑中的一些相关区域对不同的感觉也起着重要的作用。在这里,感觉信息经过识别传送给运动控制系统,产生人的行动。图 1-3 是一个感觉系统的模型。该模型是按照分层并行分布式处理结构来设计的。这些处理是由底层到高层通过信息表达分别进行的。值得注意的是,该模型也在不同的处理层中将认识和行为配合在一起进行协调,并且将不同组的感覺信息和识别系统结合起来。由于有关实验存在着一些困难,因此支持这种模型的生理或心理实验只取得了部分进展。

2. 生物的多源信息融合系统

人脑有确定问题的能力,就像“什么、何时、什么地方和怎样”是由信息融合系统通过神经系统从各个不同的角度综合视觉、听觉并融合其他不同的感觉器官的信息及大脑存储的知识,经过时间、空间的逻辑分析和推理得到的。在大脑中,传

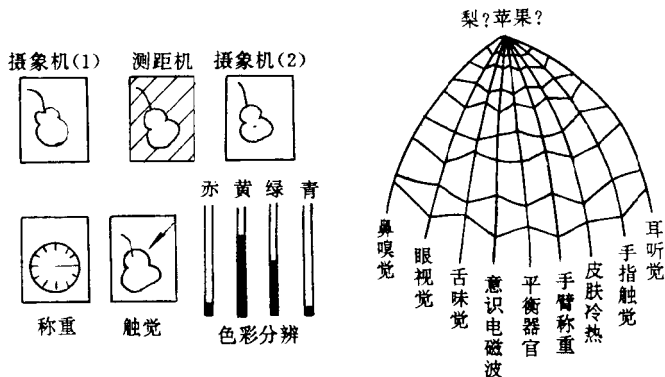


图 1-2 传感器输出的信息

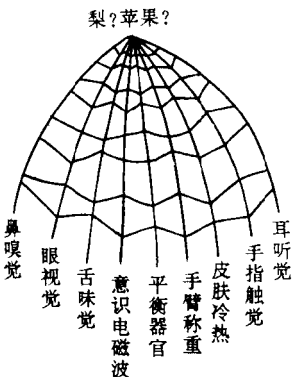


图 1-3 信息处理结构

感器数据从一层神经网络或神经网络中心传送到下一层网络。每一层网络都将数据处理、精炼成为更有意义的概念，而“结果”通过高水平的“脑”作最后的处理。当一个信息从大脑的一个皮层区域传到其他区域时，融合便开始产生。

在人的视觉过程中，“特征”就是颜色、移动的“棱”、“边缘”、“形状”以及来自眼睛中枢神经活动的定位结果，在大脑的表面皮层可视信息与来自其他传感器的信息被处理、融合。当多个传感器获得的信息传输到大脑的皮层时，物体的形象就落到了大脑皮层的视觉区域里。物体的识别并不是在眼睛里，它是大脑神经运动融合来自眼睛的视觉信息和其他不同区域的信息，“提炼”出物体的本来面貌的结果。

人通常有两种感觉信息，一种是自然界的非特殊的刺激，在大脑的正常活动中突然刺激大脑并命令大脑去作新的活动，这是一种条件反射，大量的这种工作在大脑的网状的活动系统中被完成。这种非特殊的刺激的感觉信息被称作通常的

刺激,它在大脑皮层被感觉功能融合,以便对注意力和运动提供刺激。比如,人下意识地抚摸自己身体上的疼痛部位。感觉信息在自然界的另一个表现是特殊的。信息从大脑的神经细胞网络的一层移动到下一层,最后在皮层被处理。这里,原始信息被拍成影片,在这个影片上识别的含义是指运动探测、颜色探测和边缘探测等。经过识别形成了基本的、小的高水平的构思概念,对客观外界产生了认识。

许多动物具有和人一样的识别能力,例如响尾蛇长有凹窝(在眼睛后面),这个器官是一种探测器,通过浓密的神经纤维(细胞)很容易感觉到热。这些凹器官有特殊的路由和处理中心,将控制信息传导到中脑的眼的兴奋视域。尽管眼神经纤维的信息传导几乎直接进入眼兴奋视域,但仅有来自凹器官的三叉神经的信息通过一些被称作 LTTD 的中心。此后,经过 LTTD 的中心的作,一个视觉的和热红外的空间的合成图象被送入中脑的眼的神经视域。

这一识别过程有三个阶段。过程的第一阶段完成模式识别分析,使用一个类似连续评价的自组织修正特征图算法,在一个图象中每一个象元被处理成三维向量输入,由一个无监督的集群分析处理后进入彩色子集,并由一个简单的空间滤波器 RC 确保空间图象对准,这是视觉图象的处理。第二阶段,在中脑的眼的兴奋视域有六种滤波器,模仿成六个独立的层状的视感控制器。这些由双峰神经细胞构成的视感控制器有综合视感的能力,连接到双眼并将热红外感觉送入到身体扰动的蛇的眼睛后面的凹处,这一阶段具有信息融合的功能。过程的最后一个阶段,是在扰动的蛇的前脑形成模式识别能力,这一阶段再一次使用类似连续评价的自组织修正特征图算法模型。

3. 神经网络算法^[6]

神经网络算法是模拟人脑的识别、思维、认识过程的一种通过计算机运算的传感器信息融合识别算法。它通过各种简单计算系统之间的紧密联系而分配处理过程。各系统通过连接互相联系,增加了从一个系统的输出节点到另一个系统的输入节点的正或负的输入量。连接的权由加权矩阵控制,该矩阵当神经网络在新的信息输入时稳定地变化。每个系统综合它的所有输入量生成一个输出量。如果这个结果超过了系统的阈值,它将送出一个值(连续的或二进制的)到它的输出节点。输入节点作为神经网络内部表示的数值目标信号出现,输出节点代表了由神经网络连续运算的物体识别结果。不同的神经网络取决于系统是如何连接的和加权矩阵是如何变化的。这里使用了如图 1-4 的竞争知识算法,提供了通过生成合适算法来区分各输入节点的重要程度的解决办法。这样就如同进行识别一样可以进行特征选择。

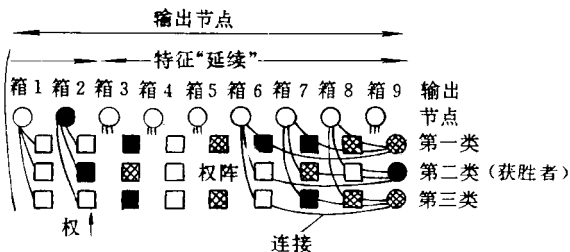


图 1-4 神经网络算法

竞争学习是一个新的方法,它能发现用来将输入节点的相关重要性分类的解决方法。训练算法可方便地找到输入节点与输出节点的最佳关系,然后增加活跃权。它可以非监视方

式运行,这样,不用了解正确的方法就可加强节点间的连接。当建立加权网后,可通过比较加权网的行找到输入值与类型间的联系。对称的互相联系的竞争学习算法带有十倍于特征的输入节点,还带有连接这些输入节点与输出节点的加权网。这种形式需要 1 个含有 460 个节点的输入层,它连至三个输出节点(对每一类别而言),产生了一个 460×3 的加权网。

训练算法也用于处理所有有关识别特征的情况,它们由不同的连续值表示。算法首先寻找所有情况单一特征中的所有数值的范围,然后将它们在 0.0 到 1.0 之间标准化。这些情况由上述方式表示的标准特征存储起来,标准特征由以下方式获得:10 等分,存储器归零,然后设置特征值为 1 的存储器,如对于 0.33 这样的值,设置第 4 号存储器为 1。为了能将连续的特征值转化为二进制形式的输入节点网,这是必需的。对于每一情况,输入值由加权矩阵(由在 0.0 到 1.0 间的随机权值初始化)的值复合,并在每个输出节点相加。最佳节点通过增大输入值的权值来获得所有它的输入值。经过 50 个情况之后,经彻底训练的加权网即可用来进行识别或特征选择。

通过找到连接输入节点的权值的差别将特征分级。例如,从加权矩阵的第一行中的所有 460 个权值中减去第二行的 460 个权值,就可找到每个特征与各个存储器的不同点。将每个特征中所有存储器的不同值相加,可找到分级值。当特征被分级之后,选择最佳的特征并去掉最差的。这样可以阻止差的特征将无关的输入值加到输出中。可选择的最佳特征的最优数量可由试验和错误检验决定。

使事件的特征值标准化,并将其存储,且由每个节点的加权网将之复合,即可实现目标识别,再将加权网与输入节点的乘积相加可找到输出节点的值。最佳节点是具有最大值的输