

数据融合概念的提出源自战争的需要，是依赖于军事应用的。但随着数据融合的发展，它已经成为一门独立的学科，不受某一种应用明显的影响，而是借助于推理，对概念进行一般化，特殊化的综合分析来提出自己的问题。数据融合是一个具有广泛应用领域的概念，很难给出一个统一的定义。数据融合是针对一个系统中使用多个传感器这一特定问题而展开的研究方向，它的定义可以概括为：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、综合以完成所需的决策和估计任务而进行的信息处理过程。按照这一定义，多传感器系统是数据融合的基础，多源信息是数据融合的加工对象，协调优化和综合处理是数据融合的核心。

数据融合最早用于军事领域，美国国防部 JDL (Joint Directors of Laboratories) 从军事应用的角度将数据融合定义为这样一个过程，即把来自许多传感器和信息源的数据进行联合 (Association)、相关 (Correlation)、组合 (Combination) 和估值的处理，以达到准确的位置估计 (Position Estimation) 与身份估计 (Identity Estimation)，以及对战场情况和威胁及其重要程度进行及时的完整评价。吉林大学博士学位论文：多传感器数据融合问题的研究有的专家对上述定义进行了补充和修改，用状态估计代替位置估计，并加入了检测的功能，从而给出了如下定义：数据融合是一个多层次、多方面的处理过程，这个过程是对多源数据进行检测、结合、相关、估计和组合，以达到精确的状态估计和身份估计，以及完整及时的态势评估和威胁估计。此定义有三个要点：数据融合是多信源、多层次的处理过程，每个层次代表信息不同抽象程度；数据融合过程包括数据的检测、关联、估计与合并；数据融合的输出包括低层次上的状态身份估计和高层次上的总战术态势的评估。从非军事应用的角度来说，数据融合是对多个传感器和信息源所提供的关于某一环境特征的不完整信息加以综合，以形成相对完整、一致的感知描述，从而实现更加准确的识别判断功能。综合考虑上述定义，融合都是将来自多传感器或多源数据进行综合处理，从而得出更为准确可信的结论。多传感器数据融合主要包括多传感器的目标检测、数据关联、跟踪与识别、情况评估和预测。数据融合的基本目的是通过融合得到比单独的各个输入数据更多的信息。这一点是协同作用的结果，即由于多传感器的共同作用，使系统的有效性得以增强。多传感器数据融合技术实际上是一种多源信息的综合技术，通过对来自不同传感器的数据进行分析 and 综合，可以获得被检对象及其性质的最佳一致估计。多传感器数据融合是指将经过集成处理的多种传感器信息进行合成，形成对外部环境某一特征的一种表达方式。多传感器数据融合是人类和其它逻辑系统中常见的基本功能。人非常自然地运用这一能力把来自人体各个传感器 (眼、耳、鼻、四肢) 的信息 (景物、声音、气味、触觉) 组合起来，并使用先验知识去估计、理解周围环境和正在发生的事件。由于人类感官具有不同的度量特征，因而可测出不同空间范围内的各种物理现象，这一过程是复杂的，也是自适应的。把各种信息或数据 (图像、声音、气味以及物理形状或上下文) 转换成对环境的有价值的解释，需要大量不同的智能处理，以及适用于解释组合信息含义的知识库。

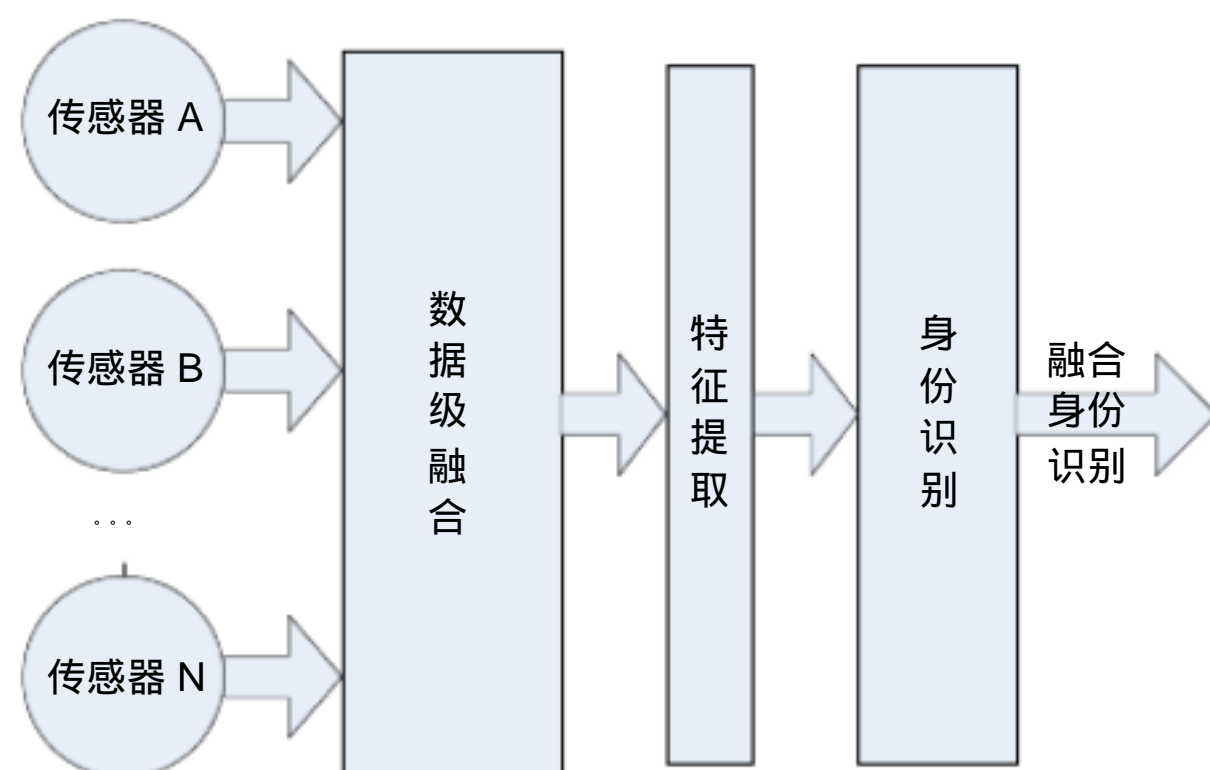
在模仿人脑综合处理复杂问题的数据融合系统中，各种传感器的信息可能具有不同的特征：实时的或者非实时的，快变的或者缓变的，模糊的或者确定的，相互支持或互补，也可能相互矛盾或竞争。而多传感器数据融合的基本原理也就像人类综合处理信息一样，充分利用多个传感器资源，通过对这些传感器及其观测信息的合理支配和使用，把各种传感器在空间或时间上的冗余或互补信息依据某种优化准则组合起来，以获得对被测对象的一致性解释或描述。数据融合的基本目标是通过数据组合而不是出现在输入信息中的任何个别元素，推导出更多的信息，这是最佳协同作用的结果，即利用多个传感器共同或联合操作的优势，提高整个传感系统的有效性。用于融合的信息既可以是未经处理的原始数据，也可以是经过处理的数据。处理后的数据既可以是描述某个过程的参数或状态估计，也可以是某个命题的证据，或赞成某个假设的决策。在信号处理技术中，一般是对同一类型的数据，例如时间序列

数据进行平滑、滤波和预测，或者采用变换的方法在不同的描述域中对信号参数或状态进行估计。而多传感器数据融合技术可以对不同类型的数据和信息在不同层次上进行综合，它处理的不仅仅是数据，还可以是证据和属性等。所以说，多传感器数据融合并不是简单的信号处理。信号处理可以归属于下文 2.2 节数据融合的功能模型中的处理层 0，即信号预处理阶段。多传感器数据融合系统与所有的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仿，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方式，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数据层（即像素层）、特征层和决策层 [7]。

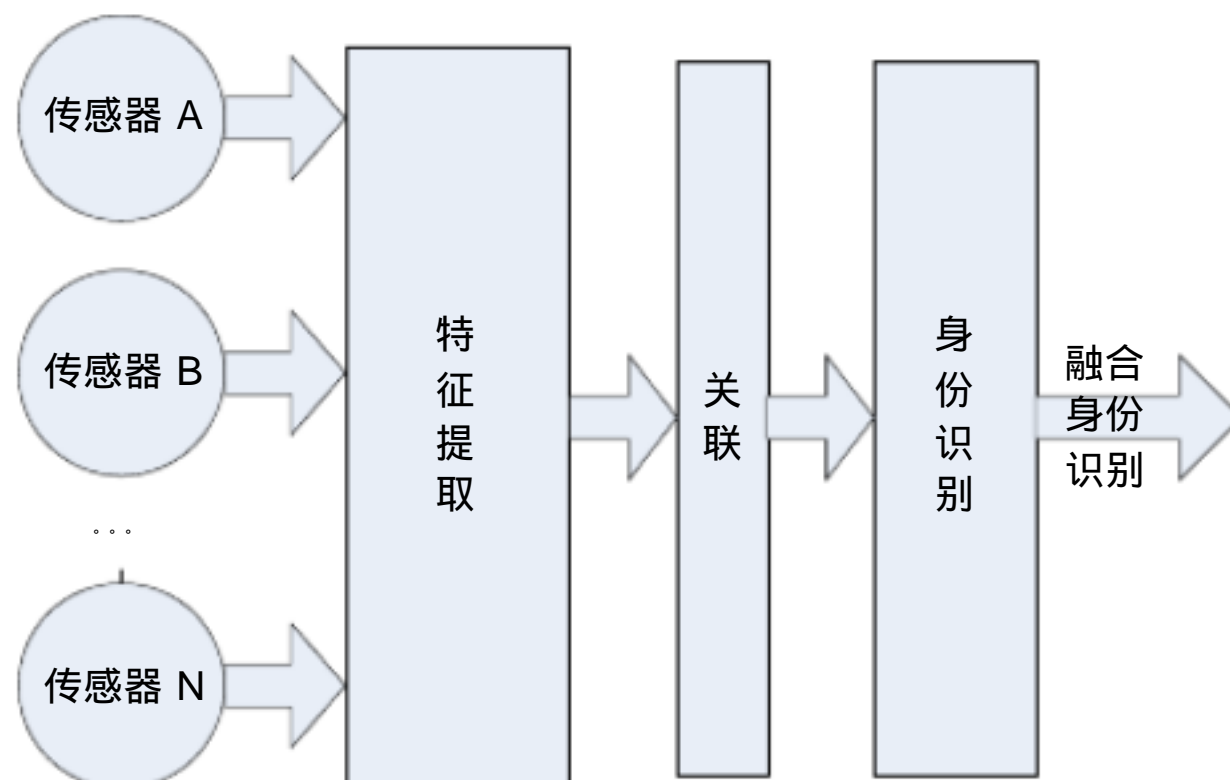
18

数据融合结构分类

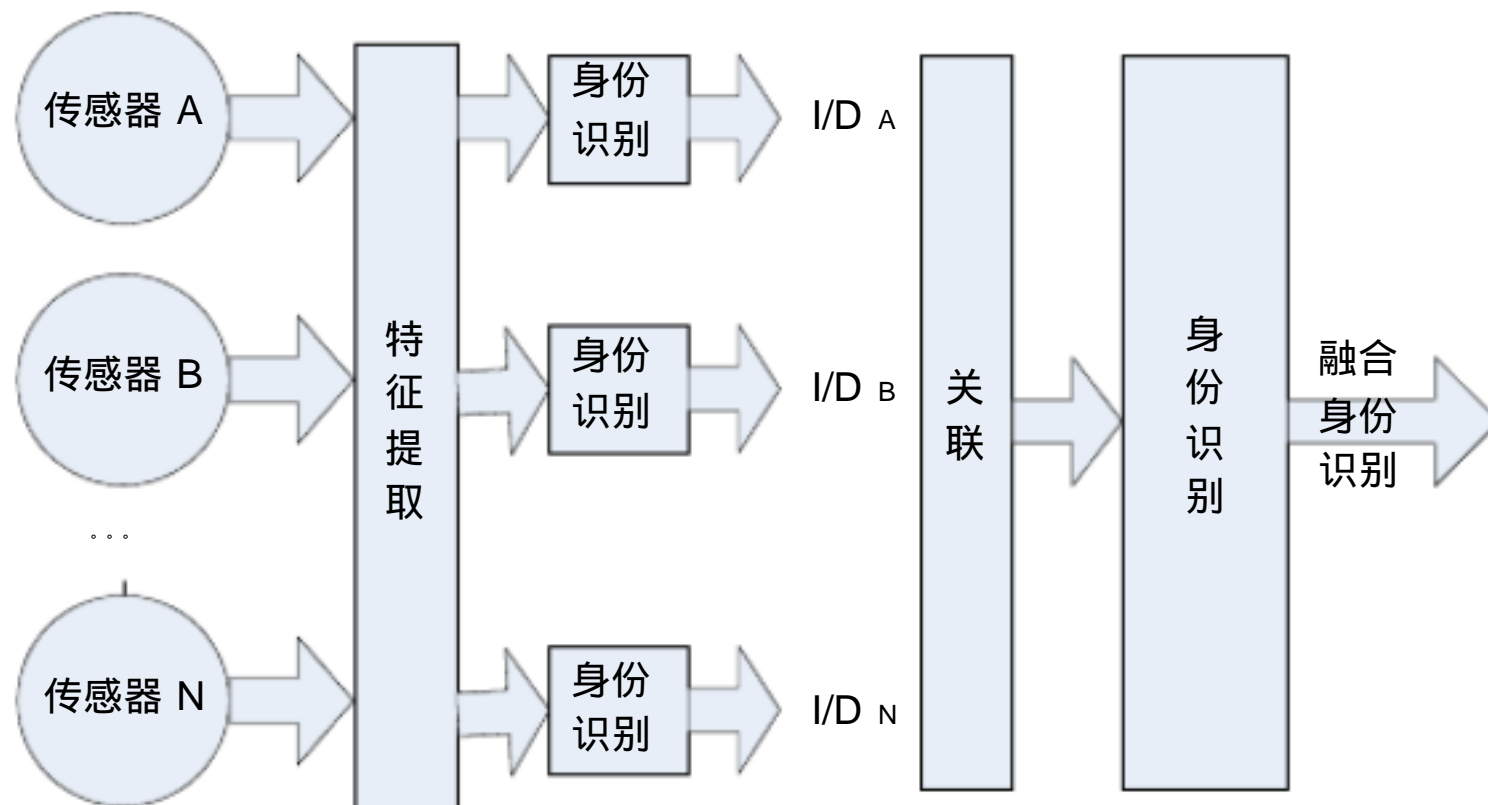
数据融合结构的分类有很多种不同的方法，第一种分类方法是基于各传感器数据在输入到融合处理器进行融合之前被处理的程度，在这种分类标准下，数据融合结构被分为传感器级融合、中央级融合及混合式融合。第二种分类方法是按照数据抽象的三个层次，分为像素级融合、特征级融合和决策级融合，如图 2.2 所示，下面详细介绍第二种分类方法中的三个层次：



(a) 像素级融合



(b) 特征级融合



(c)

1. 像素级融合

像素级融合，也称为像元级融合或数据级融合，是直接在采集到的原始数据层上进行的融合，在各种传感器的原始测报未经预处理之前就进行数据的综合和分析。这是最低层次的融合，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保持尽可能多的现场数据，提供其它融合层次所不能提供的细微信息。这种融合是在信息的最低层进行的，传感器的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，故要求各传感器信息来自同质传感器。像素级融合通常用于：多源图像复合、图像分析和理解、同类（同质）雷达波形的直接合成、多传感器遥感信息融合等。

2. 特征级融合

特征级融合属于中间层次，它先对来自传感器的原始数据中提取特征信息，一般来说，提取的特征信息应是像素信息的充分表示量或充分统计量，比如特征信息可以是目标的边缘、方向、速度、区域和距离等，然后按特征信息对多传感器数据进行分类、汇集和综合。特征级融合的优点在于实现了可观的信息压缩，有利于实时处理，并且由于所提取的特征直接与决策分析有关，因而融合结果能最大限度地给出决策分析所需要的特征信息。特征级融合可划分为两大类：目标状态数据融合和目标特性融合。目标状态数据融合主要用于多传感器目标跟踪领域。融合系统首先对传感器数据进行预处理以完成数据配准，数据配准后，融合处理主要实现参数相关和状态向量估计。特征级目标特性融合就是特征层联合识别，具体的融合方法仍是模式识别的相应技术，只是在融合前必须完成先对特征进行相关处理，把特征向量分成有意义的组合。

3. 决策级融合

决策级融合是一种高层次融合，融合之前，每种传感器的信号处理装置已完成决策或分类任务。信息融合只是根据一定的准则和决策的可信度做最优决策。2章数据融合问题模型，以便具有良好的实时性和容错性，使在一种或几种传感器失效时也能工作。决策级融合的结果是为指挥控制决策提供依据，因此，决策级融合必须从具体决策问题的需求出发，充分利用特征级融合所提取的测量对象各类特征信息，采用适当的融合技术来实现。决策级融合是直接针对具体决策目标的，融合结果直接影响决策水平。决策级融合的主要优点有：具有很高的灵活性；系统对信息传送的带宽要求较低；能有效地反映环境或目标各个侧面的不同类型信息；当一个或几个传感器出现错误时，通过适当的融合，系统还能获得正确的结

果，所以具有容错性；通信量小，抗干扰能力强；对传感器的依赖性小，传感器可以是同质的，也可以是异质的；融合中心处理代价低；但是，决策级融合首先要对原传感器信息进行预处理以获得各自的判定结果，所以预处理代价高。