

多传感器信息融合技术及在农业工程中的应用前景

李小昱¹, 王 为¹, 雷廷武², 沈 逸¹

(1. 华中农业大学, 武汉 430070; 2 中国农业大学, 北京 100083)

摘 要: 多传感器信息融合技术是 20 世纪 80 年代形成和发展起来的一种自动化信息综合处理技术, 具有改善系统性能的巨大潜力。该文介绍了近年来多传感器信息技术在智能检测、智能制造、工业控制、工业机器人、智能交通、遥感以及农业工程等方面的应用研究与进展。特别指出了在农业工程领域中的应用前景广阔, 目前可逐步应用于智能检测与控制系统、生产过程监视、精确农业技术、农业资源和农业环境的观测及监控方面, 其将为农业生产的信息化和知识化提供技术上的支持。

关键词: 多传感器; 信息融合; 农业工程

中图分类号: TP202

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2003)03-0010-04

1 引言

多传感器的信息融合 (Information Fusion) 也称数据融合 (Data Fusion), 它是 20 世纪 80 年代形成和发展起来的一种自动化信息综合处理技术, 是指对来自多个传感器的数据进行多级别、多方面、多层次的处理, 从而产生新的有意义的信息, 而这种新信息是任何单一传感器所无法获得的^[1]。

多传感器信息融合技术最早产生于军事领域, 现已是多学科、多领域所共同关心的高层次具有共性的关键技术。这一技术正广泛应用于自动目标识别、机器人、遥感、医疗诊断、图像处理、模式识别、气象预报、智能仪表、工业过程控制、工业测量系统等方面, 近几年在农业工程领域也有应用。

多传感器信息融合的概念很直观, 但实际上真正实现一个多传感器融合系统是较困难的。但由于多传感器融合系统具有改善系统性能的巨大潜力, 人们还是投入了大量的精力进行研究^[2]。

2 多传感器信息融合的原理与方法

2.1 基本原理与定义

多传感器信息融合的基本原理也就像人脑综合处理信息一样, 充分利用多个传感器资源, 通过对传感器及其观测信息的合理支配和使用, 把多传感器在空间或时间上可冗余或互补信息, 依据某种准则来进行组合, 以获得被测对象的一致性解释或描述^[3,4]。

多传感器信息融合与单传感器信号处理相比^[4], 单传感器信号处理是对人脑信息处理的一种低水平模仿,

不能像多传感器信息融合那样有效的利用更多的信息资源, 而多传感器信息融合可以更大程度地获得被测目标和环境的信息量。多传感器信息融合与经典信号处理方法之间也存在本质的区别, 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。

信息融合比较确切的定义可概括为: 充分利用不同时间与空间的多传感器信息资源, 采用计算机技术对按时序获得的多传感器观测信息在一定准则下加以自动分析、综合、支配和使用, 获得对被测对象的一致性解释与描述, 以完成所需的决策和估计任务, 使系统获得比它的各组成部分更优越的性能^[4]。

2.2 常用信息融合的方法

由于信息融合技术是一门刚刚起步的实践应用技术, 目前还没有普遍适用的概念和统一的表达方式, 各领域的信息融合方案也是各不相同。目前比较成熟、使用比较广泛的信息融合方法有:

1) 统计推理法: 通过计算给定值条件下的测量值概率来统计推断应成立的假设, 只能对两个假设进行推断, 并且要求先验样本分布。

2) Bayes 推理: 随测量值的到来, 不断更新假设的似然函数。可以处理不相关的假设和多条件问题, 但它仍要求先验分布, 并且无法分配总的非确定性。

3) Dempster-Shafer 证据理论: 它实际上是 Bayes 理论的推广, 采用概率区间和不确定区间来求取多证据下假设的似然函数, 对假设进行推断, 由于它视未知命题为“无用”而不分配先验概率, 只有到支持该命题的证据到来时才给它分配概率, 因而减小了误差。

4) 模糊集合理论: Zaden 模糊集合理论用广义的集合理论来确定指定集合所具有的隶属关系, 并对模糊集合及其元素提供了一个集合代数算法, 可用于不确定事件的分析判断。

5) 估值理论: 能得到噪声状态下的最佳状态估计, 如 Kalman 滤波等, 应用于目标对象的定位、跟踪、测向等。

另外还有聚类分析法、参数模板法、物理模型法、熵法、品质因素法等^[2]。

收稿日期: 2002-08-26 修订日期: 2002-11-24

基金项目: 国家自然科学基金项目 (40171062); 中国科学院“引进国外杰出人才”项目 (982602); 中国科学院 水利部西北水土保持研究所黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室项目 (10501—92); 西北农林科技大学科研专项资助项目 (0808)

作者简介: 李小昱, 女, 教授, 主要从事智能化检测与监控技术、机械设计及理论等方面的教学与研究。武汉市狮子山街特 1 号 华中农业大学工程技术学院, 430070

近年来,用于多传感器信息融合的计算智能技术主要有:模糊逻辑、神经网络、粗集理论、小波变换和支持向量机等。

综上所述,多传感器信息融合是将来自多传感器或多源的信息和数据模仿专家的综合信息处理能力进行智能化处理,从而得出更为准确可信的结论。任何一个融合算法都包罗不了信息融合的含义,它们只是信息融合过程中的不同数学运算方法,并且正在出现新的有效的方法与研究热点。

3 多传感器信息融合的应用研究与进展

近年来,多传感器信息融合系统已在民事应用领域得到了较快的发展,主要用于智能检测系统、智能制造系统、工业过程控制、工业机器人、智能交通系统、遥感等,现已逐步渗入农业工程领域。

多传感器信息融合技术的发展和运用引起了工业检测系统的改变,其已用于智能检测系统。如以统计理论为基础的多传感器融合方法用于测温度,其算法简单,效果优于传统的数字滤波,可用于提高智能仪表的测量准确度和改善智能仪表的抗干扰能力^[1]。

智能制造系统包括各种智能加工机床、工具、材料传送装置、检测和装配装置。在制造系统中,用机器智能代替人进行智能加工,用基于小波变换的信息融合算法来识别引起系统状态超出正常运行范围的故障条件,以进行状态检测和故障诊断^[5]。

工业过程监控是一个明显的信息融合应用领域。目前,信息融合技术已在核反应堆、石油平台监控系统、水电站监控系统等获得应用^[4,6,7],如有多传感器决策融合的新颖监控模型和方法。该方法在传感器层实现分布式判断过程,即每个传感器产生一个局部判断结果后,送到全局决策融合中心,融合中心使用Neyman—Pearson检测方法处理局部判断结果,并得出最终判断结果,从而实现大型工控系统的监控目的。

随着使用灵活、价格便宜、结构合理的传感器的不断发展,可在机器人上设置更多的传感器,使机器人更加自由地运动和更加灵活地动作。而计算机则根据多传感器的观测信息完成各种信息融合,控制机器人的动作,实现机器人的功能。如利用电视图像、声音、电磁等信息的融合来进行推理,以完成物料搬运、零件制造、检验和装配等^[4,8]。

智能交通系统采用多传感器信息融合技术,用基于模糊神经网络的信息融合法来实现无人驾驶交通工具的自主道路识别、速度控制以及定位^[9,10]。

随着现代遥感技术的不断发展,已使传感器空间分辨率、光谱分辨率得到大幅度提高,从而也使数据呈海量增加。同时,也导致了数据源的多样性和复杂化。因此,如何充分利用这些大量的多传感器遥测影像信息,已是遥感领域亟需解决的难题,而遥感影像信息融合技术作为解决这一瓶颈问题的重要理论与方法也日益引起人们的重视^[11]。多传感器信息融合在遥感领域中的应用,主要是通过高空间分辨率全色图像和低光谱分辨

率图像的融合,得到高空间分辨率和高光谱分辨率的图像^[12],融合多波段和多时段的遥感图像来提高分类的准确性^[13,14],以监测天气变化、矿产资源、农作物面积与产量等。如中国和巴西联合研制的资源一号卫星于1999年10月14日发射成功。它的投入使用,使我国国土资源、作物面积的监测、开发和利用等事业上跃上一个新的高度^[15,16],但同时“资源一号”卫星遥感图像也存在影像模糊等缺点。王文杰^[17]等人提出了一种基于小波变换的图像融合算法,从而使融合结果图像在很好地保留资源一号卫星遥感图像丰富光谱信息的同时,较大地提高了其空间分辨率,为最终增强资源一号卫星遥感图像的信息清晰度,改善解译的精度,以及提高信息的可靠性及使用效率,提供了技术上的支持。

滕召胜^[18,19]将信息融合技术在农业仪器应用方面进行了成功的尝试,所研究的基于自适应加权信息融合的粮食水分快速测定仪克服了同类产品存在的问题,达到了快速、准确测定的目的,已在我国粮食行业推广使用。

在土壤侵蚀研究与治理水土流失中,水流中泥沙含量的测量具有重要意义。采用电容传感器测量泥沙含量时其输出受环境温度影响较大。研究中提出了采用人工神经网络法对传感器进行信息融合处理^[20],结果表明该方法收敛速度快,输出稳定性可显著提高,能够有效的消除温度带来的影响。

Steinmetz^[21]等人提出用基于Bayes推理或Dempster—Shafer证据理论的多传感器信息融合的方法来评价水果质量,经测试该方法对西瓜、梨、甜瓜、桃等各种农产品品质评价均为有效。

4 多传感器信息融合技术在农业工程中的应用前景展望

21世纪将是高新技术蓬勃发展的世纪,它对人类社会的进步无疑将产生难以预料的影响。近年来,我国已经启动了精细农业、农业生态工程等有关研究工作^[22~24],如:DGPS、GIS农业应用,田间信息采集传感技术,智能型农业机械监控技术,农业装备信息化技术,基于气象卫星遥感建立植物虫害监测及灾害防御系统,智能化农业生产管理辅助决策支持系统等。随着传感技术、数据处理技术、计算机技术、网络通讯技术、人工智能技术等相关技术的发展,各种面向复杂应用背景的多传感器信息系统将大量涌现。在多传感器系统中,信息表现形式的多样化、信息容量及信息处理速度等要求,都已大大超出了传统信息处理方法的能力,多传感器信息融合必将成为未来智能检测、智能控制与数据处理中的重要技术,它无疑将有助于提高与改善系统的性能。多传感器信息融合技术在军事、工业、遥感等众多领域已得到广泛应用,在当今倡导工程技术创新的条件下,多传感器信息融合技术在农业中将有广阔的应用前景。

随着21世纪的来临,人类将进入一个崭新的数字地球时代,而数字地球则需要各式各样的数据信息。如

何充分利用这些大量的多传感器信息,将具有重要意义。今后多传感器信息融合技术的主要研究方向应包括以下几方面:

1) 建立统一的信息融合基本理论和广义融合模型。虽然信息融合的应用研究已如此广泛,但绝大部分工作都是针对特定应用领域内的问题开展的,难以构成信息融合这一独立学科所必需的完整理论体系。

2) 不断改进与完善信息融合算法,以进一步提高融合系统的性能。

3) 针对具体的应用情况,正确地评价多传感器信息融合的结果。

4) 将多传感器信息融合技术逐步应用于基于信息技术、生物技术、机械工程装备为主导的农用先进支持技术体系。

5 结 论

多传感器信息融合技术不是一门单一的技术,而是一门跨学科的综合理论和方法。应积极借鉴国内外的研究成果,大力开展其在农业工程领域方面的研究。其目前可逐步应用于以下几个方面:

1) 智能检测系统

多传感器信息融合技术用于智能检测与控制系统,可以消除单个或单类传感器检测的不确定性,提高检测系统的精度、稳定性和可靠性。

2) 生产过程监视

生产过程监视中多传感器信息融合技术可识别引起系统状况超出正常运行范围的故障条件,进行状态检验和故障诊断。

3) 精确农业技术

精确农业是信息技术和人工智能技术在农业生产系统上的集成应用,而多传感器信息融合技术的应用可加强精确农业关键技术的深入研究。

4) 农业资源和农业环境的观测及监控多传感器信息融合技术在农业资源和农业环境的观测及监控方面的应用可根据空中和地面的多传感器预测产量,评估水资源,根据卫星云图、气流、温度、压力等信息预报天气或监测环境参数等。

相信不久的将来,信息融合技术的基础理论、更加准确的算法都将得以完善和实现。多传感器信息融合技术将会为农业生产的信息化和知识化提供技术上的支持,在更多的行业领域得到实际应用。

[参 考 文 献]

[1] 罗中良,方德城,张前进.一种多传感器数据融合方法及应用[J].传感器技术,2002,21(2):27~32

[2] 王耀南,李树涛.多传感器信息融合及其应用综述[J].控制与决策,2001,16(5):518~522

[3] 黄晓瑞,崔平远,崔祜涛.多传感器信息融合技术及其在组合导航系统中的应用[J].高技术通讯,2002,(2):107~110

[4] 滕召胜,罗隆福,童调生.智能检测系统与数据融合[M].北京:机械工业出版社,2000,202~203

[5] 李圣怡,吴学忠,范大鹏.多传感器融合理论及在智能制造系统中的应用[M].长沙:国防科技大学出版社,1998

[6] 张德干,郝先臣,赵海.一种基于多传感器决策融合的新颖监控方法[J].控制与决策,2001,16(增刊):812~814

[7] 杜庆东,徐凌宇,赵海.基于神经网络融合算法的水电厂压力引水系统的辨识[J].控制与决策,2001,16(增刊):788~790

[8] Murphy R R. Dempster-shafer theory for sensor fusion in autonomous mobile robots[J]. IEEE Trans on Robot Automat, 1998, 14(2): 197~206

[9] Murphy R R. Sensor and information fusion for improved vision-based vehicle guidance[J]. IEEE Expert, 1998, 13(6): 49~56

[10] Neira J, Tardos J D, Horn J, et al. Fusing range and intensity image for mobile robot localization [J]. IEEE Trans on Robot Automat, 1999, 15(1): 76~84

[11] 李军,李月琴,李德仁.小波变换用于高分辨率全色影像与多光谱影像的融合研究[J].遥感学报,1999,3(2):116~120

[12] Nunez J. Multiresolution-based image fusion with additive wavelet decomposition [J]. IEEE Trans on Geosci Remote Sensing, 1999, 37(3): 1204~1211

[13] Bruzzone L, Prieto D F, Serpico S B. A neural-statistical approach to multitemporal and multisource remote-sensing image classification [J]. IEEE Trans on Geosci Remote Sensing, 1999, 37(3): 1350~1359

[14] Benediktsson J A, Kanellopoulos I. Classification of multisource and hyperspectral data based on decision fusion [J]. IEEE Trans on Geosci Remote Sensing, 1999, 37(3): 1367~1377

[15] 吴美蓉.中巴地球资源卫星应用及其发展[J].测绘科学,2000,25(2):25~29

[16] 刘海启,裴志远,张松岭,等.资源一号卫星 CCD 图像在作物面积监测中的应用[J].农业工程学报,2001,17(4):140~143

[17] 王文杰,唐 婷,朱重光.一种基于小波变换的图象融合算法[J].中国图象图形学报,2001,6(11):1130~1135

[18] 滕召胜,蔡 铁,王可宁,等.一种智能化粮情自动检测系统[J].农业工程学报,2001,17(4):144~157

[19] 滕召胜.基于自适应加权数据融合的粮食水分快速测定仪[J].农业机械学报,1999,30(6):64~67

[20] 张明社,李小昱,雷廷武,等.用基于神经网络的数据融合法测量水流泥沙含量[J].农业工程学报,2002,18(4):41~43

[21] Steinetz V, Sevilla F, Bellon-Maurel V. A methodology for sensor fusion design: Application to fruit quality assessment [J]. J Agric Engng Res, 1999, 74(1): 21~31

[22] 汪懋华.精细农业发展与工程技术创新[J].农业工程学报,1999,15(1):1~8

[23] 王尧林,李文祥.精确农业发展与农业生态工程创新[J].农业工程学报,2000,16(1):5~8

[24] 秦江林.中国特色的精细农作的技术支持体系初探[J].农业工程学报,2001,17(3):1~6

Prospects of the application of multisensor information fusion techniques in agricultural engineering

Li Xiaoyu¹, Wang Wei¹, Lei Tingwu², Shen Yi¹

(1. College of Engineering and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

2. College of Hydraulic and Civil Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: Multisensor information fusion technique is a comprehensive treatment system of information developed from 1980. It is being applied to a wide variety of fields and brings all potentialities into full play. This paper introduces the basic principles and methods of multisensor information fusion techniques, and summarizes its applications and development on the intelligent manufacture and measuring system, industrial control, robotics, intelligent communication, remote sensing and agricultural engineering, etc., especially in agricultural engineering. It will be applied to intelligent measurement and control system, production process monitoring, precision agriculture, agricultural resource and environmental monitoring. It will be widely applied to promote an integration of information, communication, global knowledge economy and agriculture.

Key words: multisensor; information fusion; agricultural engineering