

中国农业信息化技术发展现状及存在的问题

陈 威¹, 郭书普^{2*}

(1. 中国农业科学院农业信息研究所, 北京 100081; 2. 安徽省农业科学院情报研究所, 合肥 230031)

摘 要: 围绕农业传感器技术、精细农作技术、农业机器人技术、农业物联网技术和农业信息服务技术五大方面, 对农业信息化前沿技术的发展态势进行了分析, 同时探讨了中国农业信息化前沿技术发展存在的问题并提出了相应的建议。研究表明, 农业传感器技术是农业信息获取与信息化的基础, 精细农作技术代表了当今农业装备的先进水平, 农业机器人技术是未来农业智能装备的重要方向, 农业物联网技术是农业监管与质量监控的有效手段, 农业信息服务技术则愈来愈聚焦农业信息服务中的云存储、云计算、云服务和移动互联的关键技术问题。

关键词: 农业, 传感器, 机器人, 信息化, 精细农作, 物联网, 农业信息服务, 前沿技术

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2013.22.023

中图分类号: S-1, S2

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2013)-22-0196-09

陈 威, 郭书普. 中国农业信息化技术发展现状及存在的问题[J]. 农业工程学报, 2013, 29(22): 196-205.

Chen Wei, Guo Shupu. Current situation and existing problems of agricultural informatization in China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2013, 29(22): 196-205. (in Chinese with English abstract)

0 引 言

当今世界已经进入全面信息社会, 中国政府已将农业信息化作为重大国策。农业传感器技术、精细作业技术与智能装备、农业智能机器人技术、农业物联网技术与装备和农业信息服务技术等农业信息化前沿技术的研发与应用对于发展现代农业, 优化农业产业结构, 提升农业整体素质, 创新农业经营模式, 都具有重大而积极的意义。中国农业信息化前沿技术的发展态势总体来说是好的, 但是与国际比较仍然有较大差距, 存在一些问题需要研究解决。

1 农业信息化前沿技术

以农业生物技术和农业信息技术等为代表的农业前沿技术迅猛发展, 促使世界农业生产和经济格局发生巨大变化, 正在催生一批战略性新兴产业, 并成为各国战略竞争的焦点。农业信息技术所涵盖的范围很广^[1-6], 但是就其前沿发展方向而言, 主要包括先进农业传感器技术、精细作业技术与智

能装备、农业智能机器人技术、农业物联网技术与装备和农业信息服务技术等五大关键技术部分。

1.1 先进农业传感器技术

对应于农业生产的多样性特点, 先进农业传感器技术也发展形成了一个种类繁多的庞大技术领域。根据检测对象的不同, 可以将先进农业传感器技术划分为两大类——生命信息传感器技术和环境信息传感器技术。

1.1.1 生命信息传感技术

生命信息传感技术是指对动、植物生长过程中的生理信息、生长信息以及病虫害信息等进行检测的技术, 如检测植物中的氮元素含量、植物生理信息指标、农药化肥等化学成分在植物上的残留现象等^[7-8]。先进传感器技术改变了原有的人工检测识别模式, 引入了各种先进传感手段, 包括光谱技术、机器视觉技术、人工嗅觉技术、痕量感知技术等^[9-12], 使植物生命信息探测方式进一步向着数字化、精细化和快速化的方向发展。

1.1.2 环境信息传感技术

环境信息传感技术主要是对关系动、植物生长的水、气等环境因素行传感检测的技术。目前环境信息的检测重点集中在作物土壤环境检测和动物饲养环境气体检测环节^[13-15]。综合对环境信息进行快速检测和评估, 并利用评估结果直接应用于植物生长管理的研究^[16-19], 也是环境信息传感技术的重点前沿方向。

1.1.3 生物、环境综合信息检测技术

现有的生物、环境信息检测技术, 大都基于检

收稿日期: 2013-08-04 修订日期: 2013-10-18

基金项目: 国家自然科学基金项目(61003263); 国家“十二五”科技支撑重点项目(2012BAH20B04); 国家科技支撑项目(2009BAC4B02); 农业部项目“农业信息监测预警与信息化”资助。

作者简介: 陈 威(1981—), 助理研究员, 主要从事农业信息化研究。北京 中国农业科学院农业信息研究所, 100081。

Email: chenwei@caas.cn

*通信作者: 郭书普(1959—), 研究员, 主要从事农业信息化研究。

合肥安徽省农业科学院情报研究所, 230031。Email: guoshupu@163.com

测对象的静态属性，不能用于实时、动态、连续的信息感知传感与监测，不能适用于现在农业信息技术的实时动态无线传输和后续综合应用系统平台的开发。现阶段已经开发的植物^[20]、土壤^[13]和气体^[9]信息感知设备，大多是基于单点测定和静态测定，不能适用于动态、连续测定，同时测定信息参数的无线可感知化和无线传输水平不高，还非常缺乏适用于农业复杂环境下的微小型、可靠性、节能型、环境适应性、低成本和智能化的设备和产品，难以满足农业信息化发展的技术要求。

1.2 精细作业技术与智能装备

精细作业技术与智能装备是指将现代电子信息技术、作物栽培管理决策支持技术和农业工程装备技术等集成组装起来，用于精细农业生产经营^[21]。其主要目标是更好地利用耕地资源潜力，科学投入，提高产量，降低生产成本，减少农业活动带来的环境后果，实现作物生产系统的可持续发展。目前中国农业装备研发和创新的技术储备严重缺乏，适用品种少、水平低、可靠性差，不能适应现代农业生产发展需要，而且也严重滞后于农业生产技术的发展。从精细农业的未来发展来看，能够实现农田信息快速获取的机载田间信息采集技术、保证农机具实现精细作业的精细作业导航与控制技术、实现变量作业的决策模型与处方生成技术以及智能化的精细实施技术装备^[22]，成为精细作业技术与智能装备领域研究的主要方面。

1.2.1 机载田间信息采集技术

国外机载田间信息采集技术研究方面，信息采集主要采用接触式传感技术和非接触式遥感技术，已经出现了一批商品化的田间信息采集软硬件产品^[6]，软件设计功能强大，尤其是在图形处理、可视化分析方面技术比较成熟，硬件设计上考虑到系统应用的实际环境，可满足机载或徒步采集的不同要求。国内在农田空间信息快速采集技术领域已经积累了较丰富的理论基础和实践经验，已设计出便携式土壤养分测试仪、基于时域反射仪（TDR）原理的土壤水分及电导率测试仪、基于光纤传感器土壤 pH 值测试仪，并在作物病虫害识别、作物生长特性与生理参数的快速获取等方面开展了有益的探索^[5,22-23]。机载田间信息采集技术未来的发展趋势是结合新的物理化学原理及学科移植的方法，把相关领域的新理论和新技术融合到田间信息的采集技术研究中，研制成本低、精度高、响应性好的采集技术和传感器设备，开发集多种测量要素于一体的多功能车载田间采集设备，能够实现田间信息的快速在线采集，以提高数据采集效率，降低

数据采集的成本。

1.2.2 精细作业导航与控制技术

精细作业导航与控制技术^[22]是精细农业智能装备技术的一个重要组成部分。随着大功率、高速大幅宽作业机械的不断发展，人工驾驶难度增加，作业质量难以保证，需要借助自动控制技术保证作业机械按设计路线高速行驶和良好的机组作业性能。导航技术能有效提高田间作业质量和效率，提高作业精度，减轻劳动强度^[24]。

从国内外发展的现状来看，精细作业导航与控制技术的未来发展方向是结合 GPS/GPRS 技术在目标定位和数据传输的优点，将计算机技术，多传感器融合技术和数据通讯技术等集成，研究车载移动监控终端系统，实现终端监控功能^[24-25]

1.2.3 决策模型与处方生成技术

国外决策模型与处方生成技术发展趋势表现为由局部性到系统化、由经验性到普适性、由智能化到数字化^[26-27]。在系统性上，将使模型内容与功能的深度和广度得到进一步加强，能综合用于作物生长系统的动态预测和农业生产系统的管理决策。在适用性上，将尽量减少模型的输入条件，探索模型参数的数字化和规范化估算方法，同时提高模型的可靠性和精确性。在数字化上，将注重作物生长系统和生产系统的综合量化和动态决策，结合 3S 技术，开发基于生长模型和管理^[25]模型的数字化决策支持平台^[26,28-29]。预期通过这样的努力，将进一步提高农作系统模型的完整性和可靠性，同时改善农作管理决策的动态性和广适性。

国内决策模型与处方生成技术的研究起步虽然较晚，但发展较快。中国科学家日益重视农业信息关键技术和应用系统的研究与开发工作，特别是作物系统模型和生产管理专家系统的研究快速发展，并在区域农业生产系统分析和决策管理方面，发挥了重要的作用，取得了显著的社会经济效益^[27,30]。总的来看，国内已有的作物生长模型尚未在不同条件下得到广泛的检验和应用，而农业专家系统及决策支持系统大多具有明显的区域性和经验性，难以在全国大范围内推广应用^[3,5]。因此，今后的发展趋势将是在发展和完善作物生长模型的同时，着力增强作物系统模型的可靠性和实用性；同时实现农业专家系统知识体系的动态化和量化表达，从而提升决策系统的广适性和数字化水平。

1.2.4 精细实施技术装备

精细实施技术装备是精细作业技术得以有效实施和推广的重要载体，主要是包括应用在播种、灌溉、施肥、除草、喷药等生产环节的智能型农业装备^[21-22,31]，能够实现定位变量作业。发达国家农

业装备设计制造技术已趋于成熟,用于精细作业的智能装备迅速向大型、高速、复式作业、人机和谐与舒适性设计方向快速发展,国外先进智能农业装备已开始融合现代微电子技术、仪器与控制技术、信息技术,加速向智能化、机电一体化方向快速发展。中国已经研制出了现代农业生产技术装备及配套生产管理技术^[6],形成了系列的智能农业机械化作业装备和高效的生产监控管理体系,各种电子监视、控制装置已应用于复杂农业机械上,光机电液一体化的信息、控制技术在农业装备中的应用,有效提高了农业装备的作业性能和操作性能。智能装备技术在农业播种、灌溉、施肥、除草、喷药等生产环节中得到广泛应用,变量播种机、施肥机、施药机、联合收割机等高度智能化农业机械已逐步进入国际市场。

1.3 农业智能机器人

农业智能机器人集合了先进传感技术、环境建模算法、规划导航算法、自动控制技术、柔性执行机构技术等多种机器人领域的前沿技术和关键理论,成为机器人技术发展的一大重要分支^[32-34]。按照用途对农业机器人进行分类,有种植类农业机器人^[35]、畜牧类农业机器人^[36-37]、农产品检测加工类农业机器人^[36]等。另一方面,由于这些类别机器人具有鲜明的应用背景特征,其相应的产业化进程也会逐渐的推广开来。农业机器人在畜牧业领域已经成功的实现了产业化,遍布世界各地农场中的挤牛奶机器人就是典型的代表。现时,对农业机器人的研究主要集中在机器人规划导航技术领域,其包括两大部分的内容,一部分是农业机器人地面移动平台的导航与控制技术^[38],另一部分是农业机器人作业机构的动作规划技术^[39]。

地面移动平台的导航与控制技术一直是国际上机器人研究领域的热点问题,特别是针对非结构环境条件下的导航问题,目前是制约机器人导航技术发展的瓶颈。通常情况下,导航控制是一个多传感器信息融合与处理的过程,即将从各种传感器^[33,40](包括机器人的姿态传感器和探测周围环境的主动探测传感器等)获得的数据进行分析,然后结合任务要求对机器人的下一步动作进行控制。农业环境是典型的非结构环境:地面凹凸不平,枝叶生长方向不规则,作业对象位置随机、作业环境变化多样等等因素都大大增加了导航的难度。

作业机构的动作规划技术,在工业领域对于机械臂的控制技术已经发展到了很成熟的阶段,特别是采用示教方式训练的机械臂,能够在满足作业速度要求的同时达到非常高的作业精度。但是在农业领域,示教方式却很难发挥作用。因为示教方式的

使用,要求作业环境能够简单且能够保持稳定不变的状态,而农业作业环境复杂多变,仅仅依靠示教类型的开环控制是无法完成任务的。现有的农业机器人作业机构的规划技术,都是需要结合主动探测传感器的信息,实时的对规划方案进行修正,从而使目标任务得到逐步实现。农业环境的复杂性、多样性,对农业机器人的规划导航技术提出了更高的要求。在未来的规划导航技术研究中,利用机器视觉方法获得环境条件信息将作为重要的规划导航依据,如何充分利用视觉信息,形成便于使用规划导航算法的抽象环境模型,将成为农业机器人研究的热点问题。

1.4 农业物联网技术与装备

农业物联网^[41-43]是贯穿于农业的生产、加工、流通等各个环节中的物联网体系。从技术角度来讲,农业物联网主要包括:传感器网络子系统、RFID子系统、有/无线通信子系统、分析决策与控制子系统;从服务形式来讲,农业物联网涉及农业生产技术咨询与培训^[7]、农产品和生产资料交易平台^[43]、产品质量溯源^[23,44]等。

1.4.1 资源的精细监测和调度

资源卫星可以获取极为精细的农业资源信息。可利用分布式多点土壤水分传感器的方法,获得大面积农田的墒情分布数据,结合智能决策平台,实现水资源的自动调度、墒情预警和农业作业指导^[45-46]。随着农业的精细化,农业物联网在农业资源监测调度方面的应用将逐步普及。资源环境卫星的光学载荷分辨率将越来越高,更为精细的资源数据将被卫星获取。卫星载荷设计技术、数据挖掘和实时解析将是本方向发展的重点内容。如何在海量的卫星数据中获取有效的农业资源信息、如何在有效利用资源信息的同时做出利用农业生产效率的决策,确属研究的难点。未来将会有更多的研究机构参与到农业资源的决策调度研究中,将农业资源管理物联网建设得更为完善,对资源分布自然灾害进行有效预警。

1.4.2 生态环境的监测和管理

单一的感知器件不能有效评估生态环境。综合了感知网络、传输网络、决策应用的物联网技术弥补了这一缺陷^[43,47]。通过分布式感知器件,可以对不用位置的多种环境参数进行感知,并通过无线传感器网络将感知数据汇聚,利用应用系统对数据进行解析,有效评估生态环境。

随着纳米技术、光电技术、电化学技术的发展,农业生态环境监测物联网可以感知到更多、更为精细的环境参数。物联网在农业生产精细管理中的应用贯穿于大田粮食作物生产^[20]、设施农业^[16,18]、畜

禽水产养殖^[44]等典型农业作业中。在大田粮食作物生产中，农业物联网的实践应用一般面向于对气温、地温、土壤含水量、农作物长势等信息的感知，其决策用于灌溉量、施肥量、病虫害防治等调节^[15,17,45]。在畜禽水产养殖方面，发达国家养殖模式逐渐走向集约化、工厂化。发达国家的畜禽、水产精细化养殖监测网络已初具规模，集成了实时监测、精细养殖、产品溯源、专家管理于一体的物联网即将形成。

1.4.3 农产品的安全质量溯源

在农产品与食品质量安全管理与溯源方面，农业物联网的应用主要集中在农产品包装标识及农产品物流配送等。在物流配送技术上，广泛应用条形码技术（Bar code）和电子数据交换技术（EDI）等先进技术^[44]。发达国家的配送在运输技术、储存保管技术、装卸搬运技术、货物检验技术、包装技术、流通加工技术以及与物流各环节都密切相关的信息处理技术等方面，都建立在先进的物流技术基础上，配送中心完全采用计算机管理。未来对农产品的安全溯源，不应只关注农产品产后的流通环节，而应是“从农田到餐桌”的全程监测。农产品安全溯源物联网将与农业生态环境监测、农业生产精细管理等过程密切结合^[7]。农产品单品识别技术是溯源管理的瓶颈之一，将会有更多的研究机构专注于研究 RFID 电子标签的低成本实现、协议优化，以及 RFID 技术在牲畜、水产品中的应用方法和标准。

1.5 农业信息服务技术

国际上有关农业信息服务技术研究主要集中在农业遥感技术、农业专用软件系统、农村综合服务平台和农业移动服务信息终端等方面。

1.5.1 农业遥感技术

作物遥感估产主要包括作物种植面积调查、长势监测和最后产量的估测^[6,25]。农业灾害和胁迫的遥感监测和损失评估是目前农业遥感领域一个最重要的研究和应用领域，也是今后的一个关键性的发展方向。

遥感信息技术和各个农业应用领域的结合正在向更深层次发展。遥感数据源被应用于农业管理、生产、灾害应急等方面^[6]。不再仅限于多光谱中分辨率的卫星数据，有着向多平台、高重访周期、高分辨率、多种波谱范围数据的协同和配合发展的趋势^[4]；遥感数据的解析不再仅限于一些简单的经验统计模型，而是朝着机理模型、过程模型和多源数据（包括农情、气象数据）整合、链接等方向发展^[22]。

1.5.2 农业信息资源与增值服务技术

随着全球农业信息化建设进程的不断深入，数据库、信息管理系统、信息集成等技术的进步，全球农业信息资源与增值服务不断取得新成功。国内

外已建成 1 000 多个农业信息数据库^[48-50]。

农业信息资源与增值服务的发展趋势是向海量高效处理和个性服务发展。面对全球不断激增的农业信息数据库，如何存储海量的涉农数据从中挖掘出有用的信息，实现涉农数据集成、精细的农业个性化主动信息推荐等增值服务正成为当前农业信息化建设面临的重大挑战。在海量农业信息数据存储方案上，如何引入云计算技术^[2]，特别是云存储技术，由于其在多方面的优势，已经成为未来存储发展的一种趋势。在个性化主动信息服务研究领域，从数据挖掘发展而来的 Web 挖掘技术，正成为个性化农业信息推荐技术的新研究热点^[51]。

2 中国农业信息化技术存在的主要问题

2.1 农业传感器技术存在的问题

农业传感器技术动态信息感知技术有待提高。先进农业传感器技术是智慧农业的重要组成部分。目前对于农业生命-环境信息传感设备大量缺乏，严重制约智慧农业发展。中国现阶段主要检测技术，大部分是基于检测对象的静态属性进行的研究^[5-6]，不能用于实时、动态、连续的信息感知传感与监测。缺少植物病、虫、草害胁迫的动态远程可视化诊断、实时预警预报技术。对实用化的植物三维形态虚拟模拟技术，尤其可用于植物生理生态信息预测、长势预测、形态发育、产量预测的虚拟植物技术研究也刚刚起步。环境传感器较成熟的技术主要集中在温、光、土壤墒情、pH 值等指标测量^[13-14]，缺少农田生态综合环境、植物生长信息的实时监测的传感器。对土壤重金属、农药残留等有害污染物的动态实时感知监测技术、关键环境因子和植物-土壤-环境相互作用动力学模型研究还不多，缺乏对上述单组份检测对象高灵敏性、高选择性、多点同步检测或多组分高通量检测的方法^[16-17]。

先进农业传感器技术产业发展机制不完善。中国传感器的产业结构存在问题是企业分散、实力不强、技术水平低，同类产品重复多，创新性缺乏。先进农业传感器技术产业存在投资分散，建设和应用分离等问题；先进农业传感器市场机制尚未完善，涉农企业、农民专业组织、种植养殖大户等作用尚未得到充分发挥；先进农业传感器技术产业缺乏有效的统筹和协调。

先进农业传感器技术售后配套产业缺乏。由于农业传感器需要低成本、高可靠性，需要加强配套先进农业传感器技术相关下游产业发展，从而提高先进农业传感器使用效率及用户积极性。国外日益注重使仪器售后成为先进农业传感器技术产业的一个延伸，扩展产业链，提高先进农业传感器技

术产业效益。建立多层次售后机构, 培育相关技术人才, 扩展多形式的配套途径。

2.2 精细作业技术与智能装备存在的问题

中国在精细作业技术与智能装备领域的研究仍处于试验示范阶段和孕育发展过程, 与发达国家相比, 在技术水平、经营管理和经济效益等方面, 仍存在着较大差距, 还面临着技术支持不足、信息收集系统不全、专家系统不完善、研发与应用成本过高的问题。

中国至今仍未开发出具有自主知识产权的适合于农业上应用的 3S 技术服务体系, 精细农业的关键技术仍依赖从国外引进, 不但受制于人, 而且成本高, 针对性也较差。

智能装备研发和创新的技术储备严重缺乏, 水平低、适用品种少、而且可靠性差, 没有统一的行业质量标准, 产品市场定位和针对性不明确, 远不能适应现代农业生产发展的需要, 且严重滞后于农业生产技术的发展^[21-22,31]。

2.3 农业机器人技术研究及推广存在的问题

研究方向选择具有很大的主观性。农业机器人研究还处于一种自发性的无序状态, 研究方向随意, 目的性不明确。各科研机构主要考虑跟踪国际热点方向和发挥自身科研优势, 而对真正需求重视不足, 从而使农业机器人的研究内容在很大程度上与实际情况脱节, 导致了研究方向与市场发展趋势不符, 进一步增加了推进农业机器人产业化进程的难度。

研究内容主要集中在种植业。这与中国是种植业大国的实际国情是吻合的。但是, 中国同时也是畜牧业大国, 拥有着巨大的畜牧业市场需求, 而且畜牧业的经济效益一般来说要高于传统种植业。目前国际农业机器人产业化程度最高的领域, 正是畜牧业领域^[34,36-37,40]。农业机器人的研究方向过于集中, 不利于农业机器人的产业化, 没有良好的产业化前景。

国内领先的机器人研究机构很少涉足农业领域。开展农业机器人研究的主力是各个农业大学和农业科研院所^[35,39]。以农业领域的科研机构作为农业机器人研发的主力, 有利于选择合适的研究切入点, 也有利于从农业角度出发、提出合理的机器人工作参数指标, 但是没有专业的机器人研究机构的参与, 不利于机器人技术与农业生产的充分结合。

2.4 农业机器人技术的产业化的问题

农业机器人相关专利稀少, 产业化基础不牢固。国内开展农业机器人的研究比欧美日韩等国起步较晚, 研究成果取得的较少。没有足够的自主知识产权作为支撑, 农业机器人产业化产生对国外的

技术依赖, 无法在产业化过程中掌握抢先进入相关市场的主动权。

受到国际巨头的挤压。在农业机器人这个新兴的产业领域, 欧美的跨国公司也已经将触角伸向了中国市场。作为农业机器人产业化水平最高的领域, 挤奶机器人系统已经出现了性能良好的产品并且占有了一定的市场份额。以利拉伐为代表的欧美挤奶机器人系统巨头也开始进入中国市场。中国在刚刚出现农业机器人产业化预兆的时候, 就开始受到国际巨头的蚕食, 大力推进中国农业机器人战略性新兴产业的发展, 刻不容缓。

2.5 农业物联网技术与装备及其应用存在的问题

技术标准问题: 在智能农业领域, 围绕低成本、低能耗、可通、可达、可信等目标, 研究农业物联网统一的技术规范^[23,42-43], 主要包括自组织网络技术规范、有线/无线统一服务网络 (USN) 接入规范、感知节点部署规范、传感器节点的地址标识方法, 数据融合技术规范、网络嵌入式系统构建规范、物联网应用规范、物联网跨层数据访问与交换技术规范等。

安全问题: 物联网目前的传感技术是有可能被任何人进行感知的。那么如何做到在感知、传输、应用过程中, 有价值的信息只为我所用, 却不被别人所用, 尤其不被竞争对手所用, 这就需要在安全上下功夫, 形成一套强大的安全体系。

传感器的产业化问题: 中国的高端半导体芯片产业受制于人, 光刻技术尚不能达到发达国家水平。中国光电产业与发达国家也有一定差距, 如在光学敏感材料制备方面, 中国尚未形成面阵红外探测器生产线。这些限制了中国农业物联网传感器产业的发展。

应用推广问题: 中国农业人均占地少, 农村人口文化素质不高, 如何让农民和农业企业看清楚物联网的意义、物联网有可能带来的商业价值, 是中国面临的重要问题。

2.6 农业信息服务及发展存在的问题

农业遥感业务化系统的实用性还需提高。国内农情遥感监测业务化系统的实用性, 还需在预报精度、稳定性和缩短预报周期上上下功夫。目前中国农业遥感多数利用美国、欧盟等国外卫星数据^[6,51], 不利于建立中国完全自主的农业遥感业务化运行系统。特别是在农作物遥感监测业务系统中, 如何缩短业务预报周期, 需要我们拥有国产实时卫星接收数据和处理系统。同时, 在提高遥感预报精度和稳定性上, 还需要结合地学和农学知识, 有效协同星地空多源信息, 引入作物生长模型、农田小气候模型等。

农业软件业普遍缺乏现代软件工程开发和市场拓展能力。中国软件产业应用领域中农业远远落后于金融、电信、交通、电力、医疗等行业。其原因一是跟农业行业的实际需求滞后有关；二是从事农业软件研发的相关科研单位、公司绝大多数规模小，缺乏现代软件工程开发的实力和基础，软件工程质量差，基本无后续软件服务。

产业服务对象科技文化素质偏低，农村信息服务队伍缺乏。这是制约中国农业信息产业发展的重要因素。中国 8 亿多农民平均受教育程度不足 7 年，在 4.9 亿农村劳动力中，高中及以上文化程度的只占 13%，初中占 49%，小学及以下占 38%^[2]。2007 年，全国种植业、畜牧兽医、水产、农机化、经营管理五个系统，共有基层农技推广机构 12.6 万个，实有农技人员 85.05 万人，拥有本科学历的只占 4%，绝大多数的乡村信息服务站实际上是和农业技术推广站重合，技术员同时充当信息员角色，由于其本身计算机应用水平偏低，很难将信息技术在农村进行普及推广应用^[3]。

3 解决问题的建议

1) 加快农业信息技术创新

建议进一步加大力度支持农业信息化学科体系建设，制定农业农村信息化科研计划，立足于自主可控原则，加强农业物联网、云计算、移动互联网、精准作业装备、机器人、决策模型等核心技术研发，加快农业适用信息技术、产品和装备研发及示范推广，加强农业科技创新队伍培养；支持鼓励科研院所及涉农企业加快研发功能简单、操作容易、价格低廉的、稳定性高、维护方便的农业信息技术产品设备和产品；要积极支持农业信息技术在科研过程的应用，实现农业科研手段和方法的智能化。

2) 成立重大工程专项

建议各级财政每年安排一定规模资金，成立重大工程专项，作为农业农村信息化发展的引导资金，重点用于示范性项目建设，选择信息化水平较好、专业化水平高、产业特色突出的大型农业龙头企业、农业科技园区、国有农场、基层供销社、农民专业合作社等，开展物联网、云计算、移动互联网等现代信息技术在农业中的示范应用，以点带面促进中国农业农村信息化跨越式发展。

3) 实施农业信息补贴

目前中国已进入“工业反哺农业，城市支持农村”的阶段，“农机、良种、家电”等补贴政策的实施对刺激农村经济发展、促进农民增收效果显著，开展农业信息补贴必将大大推进农业信息化，建议国家开展农业信息补贴试点，率先在农业信息

化示范基地实施信息补贴。

4) 加快完善农业信息化标准和评价体系

农业信息化标准是农业信息化建设有序发展的根本保障，也是整合农业信息资源的基础，要加快研究制定农业信息化建设相关标准体系，建立健全相关工作制度，推动农业信息化建设规范化和制度化。农业信息化测评工作是全国及地方开展农业信息工作的风向标，是检查、检验和推进农业信息化工作进展的重要手段，要加快推进农业信息化测评工作，建立和完善测评标准、办法和工作体系，引领农业信息化健康、快速、有序发展。

[参 考 文 献]

- [1] 郭作玉. 农业信息技术在农业发展中的重要作用[J]. 天津农林科技, 2006(2): 4-7.
Guo Zuoyu. The role of information technology on agricultural development[J]. Science and Technology of Tianjin Agriculture and Forestry, 2006(2): 4-7. (in Chinese with English abstract)
- [2] 李道亮. 中国农村信息化发展报告(2008)[J]. 中国信息界, 2009(Z1): 72-84.
Li Daoliang. The report of chinese rural informatization development[J]. China Information Times, 2009(Z1): 72-84. (in Chinese with English abstract)
- [3] 梅方权. 农业信息技术的发展与对策分析[J]. 中国农业科技导报, 2003(1): 13-17.
Mei Fangquan. Analysis of development and atrategy for agricultural information technology[J]. Review of China Agricultural Science and Technology, 2003(1): 13-17. (in Chinese with English abstract)
- [4] 沈瑛. 国外农业信息化发展趋势[J]. 世界农业, 2002(1): 43-45.
Shen Ying. Developing trends of agriculture informalization abroad[J]. World Agriculture, 2002(1): 43-45. (in Chinese with English abstract)
- [5] 许世卫. 农业信息科技进展与前沿[M]. 北京: 中国农业出版社, 2007.
Xu Shiwei. The Development and Frontier of Agricultural Information Science[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2007. (in Chinese with English abstract)
- [6] 赵春江, 薛绪掌. 数字农业研究与进展[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2005.
Zhao Chunjiang, Xue Xuzhang. The Research and Progress of Digital Agriculture[M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2005. (in Chinese with English abstract)
- [7] 胡泽林. 基于物联网的自适应精准农业远程监控与智能决策关键技术及其原型系统研究[D]. 北京: 中国科学院, 2012.

- Hu Zelin. Research About key Technologies and Prototype System of Adaptive Precision Agriculture Based on the Internet of Things and its Application[D]. Beijing: Chinese Academy of Sciences, 2012. (in Chinese with English abstract)
- [8] 高峰, 俞立, 张文安, 等. 基于作物水分胁迫声发射技术的无线传感器网络精量灌溉系统的初步研究[J]. 农业工程学报, 2008, 21(1): 60—63.
- Gao Feng, Yu Li, Zhang Wenan, et al. Preliminary study on precision irrigation system based on wireless sensor network of acoustic emission technique for crop water stress[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2008, 21(1): 60—63. (in Chinese with English abstract)
- [9] 余妮琼. 基于吸收光谱法的光纤气体传感器及传感网络[D]. 北京: 北京交通大学, 2011.
- Yu Kuanglu. Fiber Optics Gas Sensors and Gas Sensing Networks Based on the Absorption Spectrum Method[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2011. (in Chinese with English abstract)
- [10] Liao K, Paulsen M R, REID J F. Real-time detection of colour and surface defects of maize kernels using machine vision[J]. Journal of Agricultural Engineering Research, 1994, 59(4): 263—271.
- [11] Suo X, Jiang Y, Yang M, et al. Artificial neural network to predict leaf population chlorophyll content from cotton plant images[J]. Agricultural Sciences in China, 2010, 9(1): 38—45.
- [12] 毛罕平, 张艳诚, 胡波. 基于模糊 C 均值聚类的作物病害叶片图像分割方法研究[J]. 农业工程学报, 2008, 24(9): 136—140.
- Mao Hanping, Zhang Yancheng, Hu Bo. Segmentation of crop disease leaf images using fuzzy C-means clustering algorithm[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2008, 24(9): 136—140. (in Chinese with English abstract)
- [13] 胡建东, 段铁城, 何赛灵. 基于自建模技术的电容土壤水分传感器研究[J]. 传感技术学报, 2004, 3(1): 106—109.
- Hu Jiandong, Duan Tiecheng, He Sailing. Study of a capacitance-based self model-establishing sensor for measuring water content of soil[J]. Chinese Journal of Sensors and Actuators, 2004, 3(1): 106—109. (in Chinese with English abstract)
- [14] Seyfried M S, Murdock M D. Measurement of soil water content with a 50-MHz soil dielectric sensor[J]. Soil Science Society of America Journal, 2004, 68(2): 394—403.
- [15] 孙艳红. 无线传感器网络在农田温湿度信息采集中构建与应用[D]. 郑州: 河南农业大学, 2010.
- Sun Yanhong. Configuration of Wireless Sensor Network on Collection Data of Field Information[D]. Zhenzhou: Henan Agricultural University, 2010. (in Chinese with English abstract)
- [16] Mancuso M, Bustaffa F. A wireless sensors network for monitoring environmental variables in a tomato greenhouse[C]//Proceedings of the IEEE International Workshop on Factory Communication Systems, Torino, Italy, 2006.
- [17] Roblin P, Barrow D. Microsystems technology for remote monitoring and control in sustainable agricultural practices[J]. Journal of Environmental Monitoring, 2000, 2(5): 385—392.
- [18] 高峰. 基于无线传感器网络的设施农业环境自动监控系统研究[D]. 杭州: 浙江工业大学, 2009.
- Gao Feng. Research on the Automatic System Based on Wireless Sensor Networks for Facility Agriculture Environment[D]. Hangzhou: Zhejiang University of Technology, 2009. (in Chinese with English abstract)
- [19] 韩华峰, 杜克明, 孙忠富, 等. 基于 ZigBee 网络的温室环境远程监控系统设计与应用[J]. 农业工程学报, 2009, 25(7): 158—163.
- Han Huafeng, Du Keming, Sun Zhongfu, et al. Design and application of zigbee based telemonitoring system for greenhouse environment data acquisition[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2009, 25(7): 158—163. (in Chinese with English abstract)
- [20] 高峰, 俞立, 张文安, 等. 基于无线传感器网络的作物水分状况监测系统研究与设计[J]. 农业工程学报, 2009, 25(2): 107—112.
- Gao Feng, Yu Li, Zhang Wenan, et al. Research and design of crop water status monitoring system based on wireless sensor network[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2009, 25(2): 107—112. (in Chinese with English abstract)
- [21] 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): 7—14.
- Wang Maohua. Development of precision agriculture and innovation of engineering technologies[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 1999, 15(1): 7—14. (in Chinese with English abstract)
- [22] 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.
- Qin Jianglin. Preliminary inquiry on the technical support system for the precision-farming with chinese characteristics[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2001, 17(3): 1—6. (in Chinese with English abstract)
- [23] Wang N, Zhang N, Wang M. Wireless sensors in agriculture and food industry—Recent development and

- future perspective[J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2006, 50(1): 1—14.
- [24] 白雪. 基于农田特征车载 GPS 运动模型辨识及定位误差研究[D]. 镇江: 江苏大学, 2011.
Bai Xue. Research on Motion Model Identification and Position Error of on-board GPS Based on Farmland Topography[D]. Zhenjiang: Jiangsu University, 2011. (in Chinese with English abstract)
- [25] Benediktsson J A, Kanellopoulos I. Classification of multisource and hyperspectral data based on decision fusion[J]. *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on*, 1999, 37(3): 1367—1377.
- [26] 刘小军, 朱艳, 曹卫星, 等. 基于 WebGIS 和知识模型的精确农作决策支持系统[J]. *南京农业大学学报*, 2007, 30(4): 11—15.
Liu Xiaojun, Zhu Yan, Cao Weinong, et al. WebGIS and knowledge model-based decision support system for precision farming[J]. *Journal of Nanjing Agricultural University*, 2007, 30(4): 11—15. (in Chinese with English abstract)
- [27] Zhu Y, Cao W X, Dai T B, et al. A knowledge model system for wheat production management[J]. *Pedosphere*, 2007, 17(2): 172—181.
- [28] Lu S, Guo X, Wen W. A plug-in framework for modeling plant growth[C]//*Proceedings of the Second International Conference on Computer Modeling and Simulation*, 2010, Vol 2: 255—258.
- [29] 赵元棣, 温维亮, 郭新宇, 等. 基于参数化的玉米叶片三维模型主脉提取[J]. *农业机械学报*, 2012, 43(4): 183—187.
Zhao Yunli, Wen Weiliang, Guo Xinyu, et al. Midvein extraction for 3-D corn leaf model based on parameterization[J]. *Transactions of Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2012, 43(4): 183—187. (in Chinese with English abstract)
- [30] Iliadis L S. A decision support system applying an integrated fuzzy model for long-term forest fire risk estimation[J]. *Environmental Modelling and Software*, 2005, 20(5): 613—621.
- [31] 袁燕利, 邢娟, 李汝莘, 等. 农业机械智能化与实施精确农业[J]. *农业机械学报*, 2001, 32(4): 127—128.
Yuan Yanli, Xing Juan, Li Ru, et al. Agricultural machinery intelligent and implementation of precision agriculture[J]. *Transactions of Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2001, 32(4): 127—128. (in Chinese with English abstract)
- [32] Ryu K H, Kim G, Han J S. AE—Automation and emerging technologies: development of a robotic transplanter for bedding plants[J]. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 2001, 78(2): 141—146.
- [33] Tom T. Research in autonomous a culture vehicles in Japan[J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2000, 25(1): 133—153.
- [34] 赵匀, 武传宇, 胡旭东, 等. 农业机械人的研究进展及存在的问题[J]. *农业工程学报*, 2003, 19(1): 20—24.
Zhao Yun, Wu Chuanyu, Hu Xudong, et al. Research progress and problems of agricultural robot[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2003, 19(1): 20—24. (in Chinese with English abstract)
- [35] Hayashi S, Ganno K, Ishii Y, et al. Robotic harvesting system for eggplants[J]. *Jarq-Japan Agricultural Research Quarterly*, 2002, 36(3): 163—168.
- [36] Chen K, Sun X, Qin C, et al. Color grading of beef fat by using computer vision and support vector machine[J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2010, 70(1): 27—32.
- [37] Jackman P, Sun D W, Allen P. Automatic segmentation of beef longissimus dorsi muscle and marbling by an adaptable algorithm[J]. *Meat Science*, 2009, 83(2): 187—194.
- [38] Keo O, Bae S, Kim H, et al. Vehicle movement tracking using online map with real-time live video in 3G network [C]//*Proceedings of the IEEE International Conference on Sensor Networks, Ubiquitous, and Trustworthy Computing (SUTC)*, Newport Beach, CA, USA, 2010.
- [39] 方建军. 移动式采摘机器人研究现状与进展[J]. *农业工程学报*, 2004, 20(2): 273—278.
Fang Jianjun. Present situation and development of mobile harvesting robot[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2004, 20(2): 273—278. (in Chinese with English abstract)
- [40] 沈明霞, 姬长英. 农业机械人的开发背景及技术动向 [J]. *农机化研究*, 2000(2): 31—35.
Shen Mingxia, Ji Changying. The agricultural robot development background and technique tendency[J]. *Journal of Agricultural Mechanization Research*, 2000(2): 31—35. (in Chinese with English abstract)
- [41] Strategy I, Unit P. ITU Internet Reports 2005: The internet of things[R]. Geneva: International Telecommunication Union (ITU), 2005.
- [42] Vermesan O, Friess P, Guillemin P, et al. Internet of things strategic research roadmap[A]. *Internet of Things: Global Technological and Societal Trends*[M]. River Publishers, Aalborg Denmark, 2011: 9—52.
- [43] 孙忠富, 杜克明, 尹首一. 物联网发展趋势与农业应用展望[J]. *农业网络信息*, 2010(5): 5—8, 21.
Sun Zhongfu, Du Keming, Yin Shouyi. Development trend of internet of things and perspective of its application in agriculture[J]. *Agriculture Network Information*, 2010(5): 5—8, 21. (in Chinese with English abstract)
- [44] 高嵘. 基于物联网的猪肉溯源及价格预警模型研究[D]. 成都: 电子科技大学, 2010.

- Gao Rong. Research on Pork Source-Tracing and its Price Early Warning Model Based on the Internet of Things[D]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology of China, 2010. (in Chinese with English abstract)
- [45] Vellidis G, Tucker M, Perry C, et al. A real-time wireless smart sensor array for scheduling irrigation[J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2008, 61(1): 44–50.
- [46] Youbing F, Rongbiao, Min S. Construction of wireless sensor networks for precision irrigation[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2009: 40(1): 56–59.
- [47] Dai X, Xia F, Wang Z, et al. A survey of intelligent information processing in wireless sensor network[A]. *Mobile Ad-hoc and Sensor Networks[M]*. Nova Science Publishers, Inc. New York, 2006: 123–132.
- [48] 尚明华, 秦磊磊, 王风云, 等. 基于 Android 智能手机的小麦生产风险信息采集系统[J]. *农业工程学报*, 2011, 27(5): 178–182.
- Shang Minghua, Qin Leilei, Wang Fengyun, et al. Information collection system of wheat production risk based on Android[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2011, 27(5): 178–182. (in Chinese with English abstract)
- [49] 杨晓蓉, 谢辉, 赵英杰. 农业网站搜索引擎系统的设计与实现[J]. *计算机与农业: 综合版*, 2003(11): 22–24.
- Yang Xiaorong, Xie Hui, Zhao Yingjie. The design and implementation of agricultural website search engine system[J]. *Computer and Agriculture*, 2003(11): 22–24. (in Chinese with English abstract)
- [50] 张秀花, 路明, 贾北平. 跨区作业短信息服务系统的设计与应用[J]. *农业机械学报*, 2006, 37(10): 104–107.
- Zhang Xiuhua, Lu Ming, Jia Beiping. Design and application of short message service system in harvesting wheat across different counties area[J]. *Transactions of Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2006, 37(10): 104–107. (in Chinese with English abstract)
- [51] 罗长寿, 孙素芬, 蔡世英. 利用现代信息技术为农业提供信息服务探讨[J]. *现代情报*, 2004(9): 45–46, 51.
- Luo Changshou, Sun Sufen, Cai Shiyong. The study of using modern information technology to provide agricultural information services[J]. *Modern Information*, 2004(9): 45–46, 51. (in Chinese with English abstract)

Current situation and existing problems of agricultural informatization in China

Chen Wei¹, Guo Shupu^{2*}

(1. *Agricultural Information Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China;*

2. *Information Institute, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei 230031, China)*

Abstract: This paper analyzes the development trends of frontier technology for agricultural informatization including five aspects of agricultural sensor technology, precision farming technology, agricultural robot technology, agricultural internet of things technology, and agricultural information service technology. It also discusses the existing problems in the development of frontier technology for agricultural informatization in China and proposes corresponding countermeasures.

Firstly, the paper introduces the frontier techniques for agricultural informatization. For advanced agricultural sensor technology, three types of techniques are described, namely life information sensing technique, environmental information sensing technique, and comprehensive information collecting technique. For precision farming technology and intelligent equipment, onboard farmland information collection technique, precision farming positioning and controlling technique, decision model and prescription generating technique, and precise implementation technique are described. For agricultural intelligent robot technology, terrestrial mobile platform navigation and control technique and action planning technique are introduced. For agricultural internet of things technology and equipment, several issues are discussed including the sophisticated monitoring and scheduling of resources, ecological environment monitoring and management, agricultural product quality safety traceability, etc. For agricultural information service technology, frontier techniques and applications for agricultural remote sensing and agricultural information resource value-added services are evaluated.

Major problems existed in the development of agricultural informatization technology in China are also discussed. For agricultural sensor technology, the existing problems include that the agricultural information

dynamic sensing technique needs to be improved, advanced agricultural sensor technique and industry development are not perfect, and agricultural sensor after-sales supports aren't sufficient. For precision farming technology and intelligent equipment, China has not had its 3S technical support system that is suitable for agricultural applications and its intelligent equipment research and development is not sufficient. For agricultural robot technology, the research direction selection is very subjective, and the research content mainly focuses on the planting industry. Leading robot research agencies rarely involve the agriculture domain. For the industrialization of agricultural robot, related domestic patents are not sufficient and foreign companies take a large market share. For agricultural internet of things technology and equipment, there are also some problems in the technology standard, security, industrialization, application and promotion. For agricultural information services, agricultural remote sensor practicality needs to be improved, software development capability is not sufficient, and the service targets are not well trained.

Finally, suggestions are proposed as countermeasures to the existing problems. Agricultural information technology innovation needs to be accelerated. Major engineering projects need to be established to support the informatization development. Subsidies for agricultural informatization need to be implemented. Agricultural informatization standards and evaluation system need to be improved.

Researches show that agricultural sensor technology is the basis of agricultural information acquisition and informatization. Precision farming technology represents today's advanced level of agricultural equipment. Agricultural robot technology is an important research direction for agricultural intelligent equipment in the future. Agricultural internet of things technology is an effective means of agricultural supervision and quality monitoring. Agricultural information service technology is more and more focusing on the key technical problems of cloud storage, cloud computing, cloud service and mobile internet in agricultural information services.

Key words: agriculture, sensors, robots, informatization, precision farming, internet of things, agricultural information service, advanced technology

(责任编辑: 信世强)