

农业监测预警中的科学与技术问题

许世卫

中国农业科学院农业信息研究所;农业部农业信息服务技术重点实验室;中国农业科学院智能化农业预警技术与系统重点开放实验室;北京市农业监测预警工程技术研究中心,北京 100081

摘要 农业监测预警是现代农业管理的高端工具,农业的高风险性决定了农业监测预警与现代农业发展相伴相行。综述了农业监测预警中的科学和技术问题,分析了农业监测预警过程中数据获取、数据分析与处理以及数据应用与服务等主要内容及其难点,提出了农业监测预警中不确定状态下的数据感知、微数据与大数据条件下的参数规律以及复杂系统中的影响力纠缠等主要科学问题,围绕农业监测预警中的标准化技术、先进数据采集技术以及智能分析系统开发等重要技术,提出了未来农业监测预警的主要发展方向。

关键词 农业信息;信息获取;信息分析;农业监测预警

农业监测预警是对农业生产、经营、管理等全产业链过程中的要素、资源环境要素以及生物本体要素等在不同维度、不同尺度进行特征值提取,信息流向追踪,数值变化分析模拟,并对农业未来运行态势进行科学预判,提前发布预告,采取防控措施,防范风险发生的全过程^[1]。农业监测预警工作与现代农业发展相伴相行,这是由现代农业的高风险性决定的。经过十几年的发展,在广大农业监测预警科技工作者的共同努力下,中国农业监测预警科学在理论基础、关键技术、应用系统等方面均取得了一系列突破,解决了一批重大科学问题和技术难题^[2],推动农业管理方式由事后管理向事前管理转变、经验管理向科学管理升级,中国的农业监测预警已进入到以信息感知与智能分析为特征的快速发展阶段,成为现代农业的高端管理工具。

1 农业监测预警及其要解决的问题

农业监测预警工作最终是要解决农业全产业链的安全问题,包括生产安全、经营安全、管理安全以及消费安全等,实现农业的可持续发展。随着现代信息技术、遥感技术、生物传感器技术等快速发展以及在农业领域中的深入应用,农业监测预警的研究对象和范围不断扩大,由单一农业要素逐渐扩展到品种尺度、复杂系统以及全产业链等,农业监测预警的内涵和外延不断得到补充和丰富,困扰农业发展的难题不断得到解决,农业监测预警工作正朝着系统化、集成化、智能化等方向发展^[3]。

1.1 单一要素的测定与判断

农业要素是农业生产与经营过程中必不可少的物

收稿日期:2018-03-14;修回日期:2018-04-16

基金项目:国家重点研发计划项目(2016YFD0300602)

作者简介:许世卫,研究员,研究方向为信息分析、食品安全与农业预警,电子信箱:xushiwei@caas.cn

引用格式:许世卫. 农业监测预警中的科学与技术问题[J]. 科技导报, 2018, 36(11): 32-44; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2018.11.004

质和非物质因素或条件(资源),如生物、光、热、水、空气、养分、土壤、土地、劳动力、资本、技术、管理等。农业要素类型复杂多样,针对农业要素的量化、分析和判断,是开展农业监测预警工作的数据基础。伴随着传感器、遥感、移动互联、大数据、云计算等现代信息技术的不断发展,农业要素的诊断在技术上更加先进、尺度上更宽广、时效性更强,有力的支撑了农业监测预警工作不断向前推进(图1)。

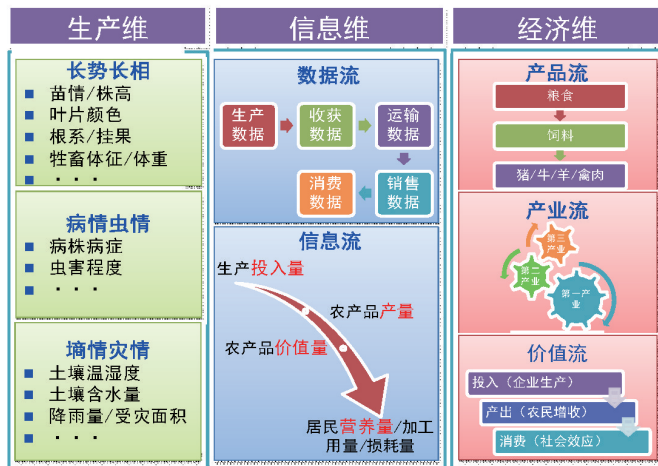


图1 农业监测获取数据的维度

Fig. 1 Dimension of data acquisition by agricultural monitoring

土壤营养诊断是最早开始的农业要素诊断,也是科学施肥的基础。自1840年德国化学家Liebig提出植物营养的矿物质营养学说以来,土壤养分诊断研究就没间断过,其中以土壤养分的提取技术以及提取液中养分的分析技术为主要代表的化学诊断技术不断革新,至今仍被广泛应用^[4],但是化学诊断难以实施连续的在线监测和难以实现检测的自动化,营养诊断滞后性问题仍难以解决。光谱诊断起源于19世纪末20世纪初,是伴随着遥感技术的发展逐渐发展起来的,作物营养的光谱诊断是遥感技术与植物营养学结合的产物。近年来,光谱诊断以其快速、无损获取信息的特点,不仅在植物营养诊断方面得到了迅速发展,而且在作物病虫害诊断等方面也得到应用^[5]。此外,一些专门用于植物营养诊断的仪器也相继出现,如SPAD、GREENSEEKER,大大提升了土壤作物营养诊断的能力和水平。

农业遥感信息获取是农业定量遥感应用的基础。农业定量遥感技术的进步,使得大尺度农业生产要素

的诊断和反演成为可能。卫星遥感、航空遥感、低空遥感以及地面遥感等遥感平台的多样化发展,为农业定量遥感的发展奠定了良好的基础。中国农业遥感技术的研究和应用始于20世纪70年代末,先后经历了技术引进、关键技术攻关以及快速发展和业务应用等阶段^[6]。经过30多年的发展,中国农业定量遥感技术应用领域不断拓展,在作物面积、长势、产量、灾害遥感监测的理论与技术方法等方面取得了一系列突破^[7]。目前随着物联网组网技术以及互联网技术的发展,基于卫星-无人机-地面物联网的天空地一体化农业遥感观测系统的不断完善^[8],大大提升了高精度、低成本的精细农田信息要素获取能力。

传感器技术的发展提升了信息获取的速度。生物传感器是基于生物分子之间的特异性识别作用,实现对生物、化学靶标的快速检测,克服了电化学传感器检测过程中的不足。20世纪60年代,生物传感器概念被正式提出^[9],由于生物传感器具有选择性好、灵敏度高、响应快以及有利于实现现场快速检测等特点,伴随生物技术、新材料制备技术等技术的发展,目前生物传感器已经在环境监测、食品加工分析及医学等领域得到广泛应用,越来越多的生物无机和有机成分被识别检测^[10]。尽管如此,由于农业生产环境的复杂性,地域跨度大及生产周期长等问题,生物传感器在农业相关领域的应用则相对滞后,但是未来随着生物传感器在使用寿命、稳定性及实用性等方面的不断突破,生物传感器必将在农业监测预警中得到广泛应用。

1.2 品种尺度的分析与展望

农业分析与展望是应用现有信息判别未来农业走势、释放农产品市场变化信号、强化农产品市场导向的技术工作,也是发挥市场配置资源作用、加强农业管理、引领农业发展的重要手段,更是世界农业强国管理服务农业、调控农产品市场、引导农产品国际贸易的通用工具。随着全球化的不断推进,农产品市场贸易日益全球化发展,厘清国际国内农产品市场供需和价格变化趋势,引导全球大宗农产品市场走势,逐步掌握全球大宗农产品交易定价话语权,赢得全球化竞争的战略制高点,已经成为农业监测预警的工作的重要组成部分。

召开农业展望大会、发布农业展望报告,已经成为一些国家和国际组织机构的普遍做法。美国是最早开展农业展望研究的国家,从1923年到2017年,美国农

业部(USDA)已经连续召开93届展望大会并发布农业展望报告^[11],在掌握国际农产品定价的话语权以及国际贸易中的主动权中占据了重要的位置。澳大利亚农业部联邦农业资源经济局(ABARES)从1971年开始建立农业展望大会制度^[12],截至2017年已召开45届展望大会^[13]。2005年起,经济合作与发展组织(OECD)和联合国粮农组织(FAO)联合开展农业展望活动,对粮食、肉类、奶类、禽蛋、水产品 & 生物燃料等20多类主要农产品的生产、消费、价格和贸易等市场情况进行中长期(10年)基期预测和展望,并模拟、分析各种政策或其他外部冲击对各国及全球农产品市场的影响。截至2017年,已经联合召开12届农业展望大会并且连续发布农业展望报告,已经形成了比较完整的展望方法和技术体系,对全球农产品市场产生了深远影响^[14]。

中国农业展望虽然起步晚,但发展较快。自2014年中国举办第一届中国农业展望大会并发布展望报告以来,截至2017年已连续举办了4届,实现了包括农作物、畜产品和水产品、加工品及其他部门在内的19种农作物、6种畜产品、2类水产品、4种植物油、1种食糖和2种非农产业的分析和预测,为中国农业监测预警工作的发展起到了重要的作用。历年发布的中国农业展望报告,在国际国内引起良好反响,其内容详实、可靠,预测结果准确^[15-16],提升了中国在国际上的话语权和影响力。目前中国农业展望已经形成了固定发布主体、固定发布时间、固定发布渠道、固定发布内容的信息发布格局,形成了一支系统性、分层次、多学科组成的专业化农业展望队伍,探索形成了既借鉴国际经验又具有中国特色的农业展望制度,标志着中国农业监测预警研究能力不断迈上新台阶。从传统的、以往的总结和生产计划安排,转向数据化的、未来时地分析预测,农业展望体现着中国农业现代化管理方式的创新。

1.3 复杂系统的诊断与分析

农业系统是一个复杂的巨系统,其子系统繁多,有明显的层次结构,并且子系统之间以及系统与自然环境之间都存在着复杂的相互关系,有很强的非线性、随机性和动态特征^[17]。而农业监测预警工作就是要全面、系统地揭示农业复杂巨系统演变的特征及规律,诊断和分析农业生产系统演变过程中出现的各种问题,如农业病虫害的发生、发展以及迁移规律、农业气象灾害发生的时间、强度及范围等重大自然灾害监测预警和防范问题,动物疫病在畜禽群中发生、发展和分布的

规律等动物源疾病防控问题等,对确保农业系统持续、健康、高效的运行都具有重要的意义。

农业病虫害测报是植保工作的基础,建立完善的农业病虫害测报体系是农业病虫害监测预警工作的主要内容。1978年以来,中国已经建立了完善的病虫害测报体系,形成了国家、省、地、市、县4级测报网络体系,制定和实施了病虫害测报行业标准和国家标准,实现了测报信息传递和发布的信息化,提升了病虫害测报技术,测报理论基础不断提升,病虫害测报准确程度大幅提高^[18]。“十五”期间在科技攻关等计划的支持下,中国农业重大病虫害监测预警研究取得重要进展,如佳多虫情测报灯与其相配套的监测技术研发与应用,分别于2006和2007年获得了河南省科技进步一等奖和国家科技进步二等奖,标志着中国农业害虫自动化监测预警工作迈上了新台阶,为进一步推进农业病虫害监测预警事业发展奠定了基础。从2009年起,农业部种植业管理司启动了农作物重大病虫害数字化监测预警网络系统建设项目,全国农业技术推广服务中心设计实施的水稻重大病虫害数字化监测预警平台^[19],大大提升了病虫害数字化监测预警的水平,同时也全面推动了全国农作物重大病虫害数字化监测预警体系建设工作。

农业气象灾害监测预警是灾害评估和防控的基础和前提,加强和完善农业气象灾害监测业务和预报服务一直以来都是农业气象工作的重点领域和主要工作。中国从“七五”就开始土壤水分和旱情的监测研究,主要是通过各地的气象、水文站网以及农技部门等开展的常规地面监测研究,进入20世纪90年代,随着第三代移动通信技术(3S)不断被引进农业生产,农业气象灾害监测预警逐渐开始建立基于气象卫星的遥感监测预警业务系统^[20],经过20多年的发展,“九五”“十五”“十一五”和“十二五”期间在国家科技攻关、国家科技支撑以及国家重大专项等项目的连续支持下^[21],中国已经初步构建了农业气象灾害地-空三维监测网,形成了一个集地面站网监测、遥感监测以及多种监测预警技术相结合的农业气象灾害立体、动态监测预警系统^[22],监测的气象灾害种类不断增加,监测对象更加细化,由主要粮食作物逐渐扩展到果树等经济作物,农业气象灾害预警预报在方法改进、新技术应用和系统建设等方面取得了长足的进步,农业气象灾害监测预警理论基础进一步巩固和发展,监测预警能力得到明显提升。

动物疫情监测是动物疫病防控体系建设的基础工作,构建有效的动物疫病监测与预警机制是中国动物疫病防控中长期战略规划研究的重要组成部分。动物疫情监测是采用流行病学调查、临床诊断、采样检测等方法调查了解动物疫情的发生、发展情况。20世纪以来,发达国家的动物疫病防控政策逐步由单一的消灭重大动物疫病,转向以监测为主要手段的预防和控制重大动物疫病发展,动物疫病诊断和监测体系区域完善,如美国,除有农业部下属联邦兽医诊断实验室外,几乎每个州都有兽医诊断实验室,并开展大量血清学和病原学检测,从而掌握各州、各种动物疫病的控制情况、发生与流行情况^[23]。中国动物疫情监测预警是伴随着畜牧业的快速发展而逐渐发展起来的^[24],虽然起步较晚,但是发展较快。截至2014年,中国已经初步建成了乡-县-市-省-国家5级动物疫情逐级电子网络报告系统和动物疫情测报站、边境动物疫情监测站与国家中心之间的监测信息电子网络直报系统,涉及中央、省、市、县4级动物疫病预防控制机构、300多个动物疫情测报站、140多个边境动物疫情监测站及国家动物卫生与流行病学中心和相关国家动物疫病诊断实验室在内的技术支撑单位。

1.4 农业全产业链中的监测预警

农业产品产业链是指农产品从原料、加工、生产到销售等各个环节的关联。1958年,赫希曼从产业前向和后向联系的角度论述了产业链的概念,与产业链相关的还有价值链、生产链、供应链、商品链等不同概念。农业全产业链中的监测预警是针对农业全产业链中的信息流开展分析模拟,揭示农业信息流动规律及传导机制,开展预警的全过程。农业全产业链涉及要素多样,环节众多,系统复杂,内外部影响因素各异,建立完善的农业全产业链监测预警体系是产业发展和政府决策的基础。

联合国粮农组织(FAO)及欧美等发达国家已经建立了比较完整的农产品安全监测预警体系。这些体系都是通过完整的监测网络 and 数据分析手段对农产品安全进行风险分析和风险管理,注重市场因素、产业链因素、农业灾害与供给数量的相互反馈,具有综合性、长期性、实际应用的特点^[25]。FAO于1975年率先建立了全球粮食和农业信息及预警体系(GIEWS),将卫星遥感信息和各国农业统计信息、区域农产品市场和气候相结合,重点监测粮食生产与可获得性、市场与粮食的

获得途径、全球粮食缺口、粮食需求、粮食供需平衡及粮食营养与脆弱性等^[26]。美国已经建立了相应的农产品安全生产-储备-预测预警-投放保障机制,形成了较为完善的农产品安全预警体系,其开发的多国商品联结模型(Baseline模型),可以分为国家、分品种对农产品生产、消费、贸易和价格进行预测,涉及世界43个国家和24种农产品^[27]。2001年在全球环境与安全监控系统(GMES)支持下,欧盟启动了食品安全预警体系建设,2001—2005年主要针对俄罗斯、新独立国家、地中海地区、东非和南美进行监测,2005年以后逐渐覆盖全球范围的食品不安全地区^[28]。

与欧美等发达国家相比,中国农产品安全监测预警研究起步较晚,但是发展较为迅速。在国内,科研机构针对粮食、肉类、果蔬等主要农产品建立了一系列小规模预警预测模型,并且在供求、价格预警等方面实现了初步应用^[29],在充分学习国外农产品安全监测预警体系建设成功经验的基础上,中国与21世纪初逐步筹划建设中国农产品监测预警体系。截至2018年,中国建立了“中国农产品监测预警系统”(China Agricultural Products Monitoring and Early Warning System, CAM-ES),该系统涵盖11大类953种农产品,应用经济学、农学、气象学及计算机等多学科知识,实现生物学机理和经济学机制融合,为中国农业信息监测预警体系建设向前迈进了一大步^[3]。在监测预警制度建设方面,2014年农业部在北京启动稻米、小麦、玉米、大豆、棉花、生猪、牛羊肉、蔬菜8个品种全产业链农业信息分析预警试点,面向河北、内蒙古、辽宁等14个主产区、主销区,在生产、加工、流通各个环节遴选了1061名分析师,组建了全产业链分析预警团队。这标志着中国特色农业信息监测预警体系建设迈上了新台阶,农产品价格形成机制完善又有了新抓手。

2 农业监测预警过程及其难点

农业监测预警过程就是在现代农业管理中不断对生产、流通、市场、消费等进行全产业链的数据采集、信息分析、预测预警与信息发布的整个过程,现代农业的管理过程就是伴随着与农业监测预警相关的过程^[29]。农业监测预警过程主要涉及数据获取、数据分析以及数据应用与服务3方面内容,重点解决现代农业管理过程中的数字化采集问题、数值化分析问题以及数据结果

的智能化服务问题3个方面的技术难题^[3],因此从这种意义上说,农业监测预警就是现代农业管理过程中的一个高端工具,农业监测预警体系建设是现代农业得以持续、健康发展的重要保障(图2)。

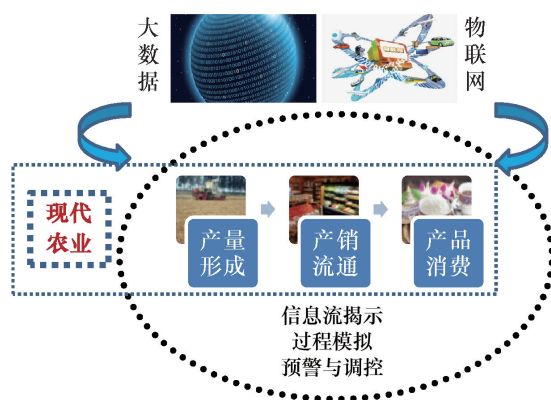


图2 农业监测预警过程框架

Fig. 2 Framework of agricultural monitoring and early warning process

2.1 数据获取及其难点

农业信息获取是农业监测预警的基础,也是农业农村信息服务的首要任务。农业信息采集是利用多方法和多手段,获取所需农业信息的过程。加强农业信息获取技术研究,提高信息采集的及时性和准确性,最大限度地获取包含农产品生产、加工、消费、市场等多维度农业全息信息,是农业监测预警的内在要求。但是就目前来看,中国农业生产环境多变,农业信息要素难以大面积、低成本、快速准确地获取,成为中国农业数字化和信息化发展面临的困难与瓶颈问题之一^[30]。

农业信息获取仍以统计抽样方法为主。长期以来,中国农业信息获取的手段相对滞后,主要以常规的计数统计、抽样调查以及常规实验室分析测试等手段为主,如国家获取大范围农作物面积的方法仍然以抽样调查法和农业统计报表法为主。这些常规获取作物面积的方法在时效性、经济成本和准确性上难以满足农业生产管理对农业信息获取的需求,信息存在明显的滞后性。随着信息技术的发展,遥感技术以其准确、及时、客观的优势推动了农业大尺度农业信息统计的进步,尤其是在农作物面积和产量大范围抽样等农情信息统计中发挥着越来越重要的作用,但是一直以来针对遥感大尺度抽样统计的精度影响着遥感监测的可信度和遥感技术优势的充分发挥^[31],限制了农业信息价

值的发挥。因此,抽样样本的代表性以及大尺度样本获取仍是农业信息获取的难点之一。

农业数据获取的高成本与数据价值低密度问题仍是限制农业信息价值进一步发挥的主要因素。随着新一代信息技术装备在农业中的不断使用,以生物传感技术、高光谱技术、机器视觉技术等为代表的高新技术以及农业物联网的发展,虽然在一定程度上提升了数据获取的速度和精度,增加了数据获取的数量和种类,但是由于信息采集设备和信息传输过程的高成本,以及信息之间共享程度不高,推升了农业信息获取成本,不利于信息价值的有效发挥和利用^[32]。此外,一般来讲,价值密度的高低会与数据规模的大小成反比^[33],如虽然网络上抓取的数据相对成本较低,但是许多数据是重复的或者没有价值,价值密度很低。在大数据时代,农业生产环境数据获取、生命信息智能感知、农田变量信息快速采集、农业遥感数据获取、农产品市场经济数据获取、农业网络数据抓取等获取的各种类型数据趋于多样化,由结构化数据为主转向半结构化和非结构化为主,因此如何将这些异构的数据进行统一存储,如何在海量数据中间完成数据的价值提纯,提升数据价值密度成为数据获取的关键环节。

传感器技术逐渐成为农业信息获取与信息化的基础。进入21世纪,新型传感器技术手段在农田尺度得到深入发展,生命信息传感技术、环境信息传感技术以及多传感器融合技术等使得农业信息获取开始朝着无损、实时、智能的数字化农业方向发展^[34-35],有效提升了农业监测预警工作数字化发现问题的能力,但是农业信息提取在农田尺度的精度仍有待提高。如利用近红外光谱技术在开展农田土壤水分、有机质和总养分等监测时,较好的结果都是建立在实验室分析的基础之上,但是在田间条件下,由于受到土壤类型、土壤颗粒大小及外界环境等因素的影响,实时定量分析效果不理想。此外,遥感数据在反演农田尺度信息时,由于受大气环境状况、数据质量以及反演模型自身的适用性等因素的影响,总体上对农田尺度作物的生理参数、生化参数和环境参数的反演精度通常只能达到80%~85%,甚至更低,无法满足数字农业对农田信息的需求,需要通过模型和技术手段来精确提取特征遥感信息提高反演精度。

2.2 数据分析与处理及其难点

农业数据分析是应用数理统计、模型模拟、关联分

析等方法 and 手段,通过基础信息与即时信息、显性信息与隐性信息的揭示,对农业生产、农业市场、农业事件等研究对象做出评价、判断、推论、预测、预警的过程。农业数据分析技术的可靠性和准确性是监测预警的关键技术方向,也是数据分析的难点。数值分析科学和计算机科学的发展推动了农业数据分析由经验估算发展到数值精算和模型模拟,进入 21 世纪以来在大数据分析技术的推动下,农业监测预警数据分析工作的思维方式和范式发生了变化,推动了数据分析由模型驱动向数据驱动转变,数据分析更加注重信息之间的相关性和关联性,数据之间的相关关系的揭示成为大数据时代农业监测预警工作的难点和重点。

以寻求因果关系为主要特征的农业监测预警数据分析发展阶段。定性的经验估算是早期农业监测预警数据分析的雏形,数值分析方法的发展进一步提升了农业监测预警的数据分析水平。农业模型是为研究农业问题的定量规律所建立的数学模型的总称^[36],模型驱动的分析方法逐渐演变成为解释和量化农业监测预警数据分析过程中因果关系最为有效的手段,其主要是从目标、机理、先验出发,首先形成学习的代价函数,然后通过极小化代价函数来解决问题,通过少量的抽样数据来推测、估算和模拟总体样本的特征。模型驱动方法其最大优点是只要模型足够精确,解的质量可预期甚至能达到最优,而且求解方法是确定的,但模型驱动方法的缺陷是在应用中难能精确建模,而且对建模的精确性追求通常只能是一种奢望,也成为农业监测预警数据分析过程中的难点。

以探索相关关系为特征的农业监测预警智能分析复杂系统进入大数据分析阶段。与传统的数据特征相比较,大数据具有 5V 特征^[37],即体量大(volume)、速度快(velocity)、模态多(variety)、难辨识(veracity)和价值大密度低(value),这就意味着大数据时代数据处理理念的 3 大转变,即要全体不要抽样,要效率不要绝对精确,要相关不要因果。因此,对其处理远远超出了现有传统的计算技术和信息系统的能力,寻求有效的大数据处理技术、分析方法和手段已经成为当前的迫切需求和挑战。但是就目前看,大数据分析技术的主要难点并不是在于巨大的数据规模,而真正在于类型多样、要求及时响应以及数据的不确定性等方面,更加是数据复杂性、计算复杂性以及系统复杂性等带来的挑战^[38]。近年来,借助于新型的数据处理和分析系统,中

国相关部门建立了一些大型的农业信息分析复杂系统。如中国农业科学院信息所近年来研究开发了具有短期、中期、长期分析的大型智能复杂模型系统-中国农产品监测预警系统(CAMES),在实际中均有较好的运用。

2.3 数据应用服务及其难点

农业信息应用服务是利用农业数据分析的结果,为政府、企业、学者以及农户等各类用户提供辅助决策,发掘潜在价值的过程。农业信息应用和服务是监测预警过程的重点,也是数据应用和服务是农业信息化的最终落脚点。尤其是近年来大数据技术与传统农业的融合发展,进一步加快了农业信息化的应用和服务步伐。

国外在农业数据应用和服务开展较早,特别是近年来在农业大数据的应用和服务方面发展迅速。如美国的土壤抽样分析服务商 Solum 通过使用大数据分析技术来实现高效、精准的土壤抽样,帮助种植者在正确的时间、正确的地点进行精准施肥,以提高种植户的生产效率、降低成本;种植户也可以通过该公司开发的 No Wait Nitrate 系统在田间地头进行实时分析,即时获取土壤数据^[39]。跨国农业生物技术公司 Monsanto 通过分析海量天气数据来预测未来可能对农业生产造成破坏的各种天气,农民可以根据这种预测选择相应的农业保险,以降低恶劣天气对农业生产造成的影响^[40]。国外这种以农业大数据服务商为主导的农业应用和服务方式,为农业信息技术带来了革命性进展,促进了农业产业的整体进步。

中国的农业数据应用和服务研究起步较晚,但是发展较快。截至 2014 年底,中国已经建成大型涉农数据库 100 多个,约占世界农业信息数据库总数的 10%^[41],为中国农业信息应用和服务的发展奠定了坚实的数据基础。2013 年 6 月中国第一个农业大数据研究和应用推广机构“农业大数据产业技术创新战略联盟”在山东农业大学正式成立,实现了农业大数据研究与应用的无缝结合^[37]。中国农业监测预警团队通过建立农产品平衡表制度和农业展望制度,基于 CAMES 等智能化分析技术,形成月季年度农产品供需形势展望报告,并以固定时间、固定内容、固定形式对外发布,不仅能有效引导市场预期、促进农产品市场平稳运行,更能政府部门掌握生产、流通、消费、库存及贸易等变化和调控市场提供重要的决策支撑。

尽管如此,由于农业产业涉及生产、经营、服务、管理等多个环节,数据应用与服务对象各异,因此如何针对农业生产经营的不同对象、不同需要,建立数据应用和服务的平台^[39],充分挖掘数据价值,为不同用户提供个性化、精准化、智能化的服务,仍是目前农业信息应用和服务的重点和难点^[30,37]。尤其是大数据技术与传统农业的结合,使用多粒度、多层次、多渠道的分析模型对庞大的数据总体进行挖掘分析,将会进一步对农业信息应用和服务技术的发展带来新的挑战。

3 科学问题

农业监测预警过程中,几乎所有的要素都处于动态变化之中,系统基础性数据及即时性数据并存,不同要素之间存在着相互影响和纠缠,因此农业监测预警过程中感知不确定状态下农业要素的动态变化规律、分析不同数据来源的参数规律,阐明和量化复杂系统中不同要素之间的影响力纠缠特征,对深刻理解农业监测预警过程具有重要的科学指导意义和价值。

3.1 不确定状态下的数据感知问题

农业数据来源最有效的途径就是感知,而农业几乎所有的要素信息都处于动态变化之中。实时感知农业要素的动态变化特征,有助于准确揭示不确定状态下的农业信息流特征。如农业生命信息是对农业生产对象本身的数字化描述,是对生命个体进行监测管理的重要依据,具有典型的时效性。动植物本体生命信息时刻处于动态变化之中,对其特定时刻信息特征的获取具有较大的随机性和不确定性,难以揭示动植物本体生命信息的变化规律,因此不确定状态下的数据的智能感知成为农业信息获取的发展趋势。生命信息智能感知是指利用光谱技术、机器视觉技术、人工嗅觉技术、热红外技术等对动、植物生长过程中的生理、生长、发育、活动规律等生物生理数据进行实时感知、记录,如检测植物中的氮元素含量、植物生理信息指标,测量动物体温、运动轨迹等^[35]。生命信息智能感知改变了原有的以经验为主的人工检测模式,使生命信号感知更加科学、智能,实时性、动态性、有效性得到大大提高。

3.2 微数据与大数据条件下的参数规律

物联网、大数据、云计算以及移动互联等现代信息获取技术手段与传统农业的不断深入融合,使得农业

信息采集方式呈现多样化和系统化的发展,催生了农业数据爆发式增长,同时也导致农业数据类型由以结构化数据为主转向半结构化和非结构化数据为主,文本信息、图像信息、视频信息和音频信息储存占据大量数据储存空间^[37],系统性数据与零散性数据并存,不同来源的数据杂乱、质量不高和数据架构混乱、存储不一等问题,对分析不同条件下的特定农业信息参数规律造成一定难度。如农业物联网的全面感知产生了海量的农业感知数据,由于不同智能感知技术和装备有所差别,数据传输协议经常会出现不一致的情况,这将会导致不同感知数据之间呈现出显著的多源异构性现象,造成不同数据来源和不同数据类型之间难以相互转换和比较,这为大数据平台下农业信息的分析和应用带来了较大难度,因此如何实现海量多源异构感知数据的整合和智能处理是一个具有挑战性的课题。

3.3 复杂系统中的影响力纠缠

农业系统高度复杂、要素众多、影响因素多样,整个农业系统可分为种植业、畜牧业、林业、渔业和草业等亚系统,并且各亚系统又可再分为若干子系统;此外,农业生产过程不仅是人类社会产品的价值和使用价值的形成过程,也是一个生物学过程,即生物的生长过程。如粮食生产又是稻谷、小麦、玉米等的生产过程,畜牧业生产又是各类牲畜的繁殖、发育和成长过程。农业生产的生物学特性决定了农业系统与自然环境系统之间具有非常复杂的相互联系^[17]。如在预测全国粮食产量过程中,必须系统地、全面地考虑各种因素的作用,为了提高预测精度,不仅要考虑社会经济因素、生产技术因素、自然因素以及随机因素,同时还要考虑因素之间的相互影响关系。可见充分理解和解释不同要素之间以及不同影响因素之间的相互影响力纠缠关系,对深刻认识农业复杂系统的复杂性,深刻判断农业复杂系统的演变趋势意义重大。

4 重要技术进展

4.1 标准化技术进展与未来

“标准化”是对实际的或潜在的问题制定共同的和重复使用的规则的活动,从而在一定范围内获得最佳秩序^[42]。农业标准化是按照“统一、简化、协调、优选”的原则,对农业生产全过程,通过制定标准和实施标准,

促进先进农业科技成果和经验的推广普及,提升农产品质量,促进农产品流通,规范农产品市场秩序,指导生产,引导消费,提高效益,提高农业竞争力^[43]。标准是技术和制度“二合一”的载体,农业标准化技术的发展将成为农业监测预警数据采集和分析工作最有效的基础支撑。

4.1.1 中国农业标准化体系建设工作成效显著

发达国家的农业标准化活动已经贯穿于农业生产的全过程,业已形成较为完整的农业标准化体系^[44]。自1996年中国国家技术监督局联合农业部发布《关于加强农业标准和农业监测工作,促进高产优质高效农业发展的意见》以来,截至2015年10月,中国共制定农业国家标准2746项,备案行业标准4246项、地方标准17000多项,覆盖了农业投入品、农业生产、农产品加工、农产品流通、农产品检验检测等领域,形成了以国家标准为主,行业、地方标准配套,统一权威的农业标准体系。20多年来,先后建设了8批4272个国家农业标准化示范区,5781个省级农业标准化示范区,涉及全国31个省、自治区、直辖市及新疆生产建设兵团的2000多个县(区、市),覆盖了粮食、畜禽、水产、蔬菜、水果等大宗农产品和各地优势、特色农产品^[45],进一步增强了中国农产品贸易在国际市场上的竞争力。

4.1.2 标准化技术为农业监测预警数据采集技术和装备的发展奠定良好基础

与农业监测预警相关的国家标准相继颁布,如《农产品市场信息采集与质量控制规范》、农业标准《农产品市场信息分类与计算机编码》和《农产品全息市场信息采集规范》,特别是基于后两个农业标准的研制,由中国农业科学院农业信息研究所研发的现代化的农产品市场信息采集设备-农信采,综合运用全球定位系统(GPS)、通用分组无线业务(GPRS)、第三代数字通信技术(3G)、图片分析等现代信息技术,实现了农产品市场信息采集的简单输入、标准采集、全息信息、数据清洗、实时报送、即时传输等功能。自2012年起农信采先后在天津、河北、湖南、广东、福建、海南和黑龙江等省推广应用,2014年作为农业部和国家发展和改革委员会的目标价格监测工具在新疆棉花和东北大豆监测中推广应用^[46],目前已经被应用于田头市场、批发市场、零售市场的农产品全息信息采集,取得了良好的信息采集效果,成为农产品监测预警市场信息采集的重要移动设备之一。

4.1.3 产学研相结合,多主体参与成为未来发展标准化技术的重要方向

标准不全、不统一、标准质量不高、产中技术规程多、产后标准少、与市场流通直接相关的标准太少、标准的可操作性不强等问题以及标准贯彻实施力度不够、检测体系不够完善以及合格评定程序存有不足等问题仍是困扰中国标准化体系建设的主要障碍。而农业标准化技术最终是要实现产前、产中及产后的全程标准化,提高农产品质量、提升农产品效益,除了政府的参与之外,更重要的是需要鼓励企业、行业协会、合作社、农户和消费者等不同主体共同参与,整合各类资源,创新产学研相结合的发展模式,以达到解决以上农业标准化问题的最终目的。因此农业标准的制定需要注重与科研单位的技术合作,科研单位为标准制定可以提供强大的技术支撑;在标准制定过程中需要协调好企业与科研单位之间的利益分配,这是实现产学研机制有效运行的前提;在标准制定过程中需要充分发挥企业自身资金、管理和市场推广优势,不断整合各种信息服务资源,联合相关专业合作社或农户共同参与,尽可能延长产业链条,以实现产业内价值的大幅增值^[47]。

4.2 先进数据采集技术与进展

信息采集是农业监测预警工作的基础,数据采集的质量直接关系到监测预警工作是否能顺利开展。随着信息化的发展,农业数据采集技术和装备迅猛发展,基于先进的传感器技术以及多种数据采集技术和手段相结合所搭建的农业物联网平台,建立了光谱特征与作物-环境之间的定量关系,研制了一批作物-环境信息快速监测设备,实现了作物生长-环境信息的快速获取^[10,35],为方便、快捷、准确、可靠的获取作物-环境信息,提升精准农业发展水平,丰富农业监测预警研究的理论打下坚实基础。

4.2.1 实现作物-环境信息的快速、准确获取

借助于光谱分析技术、机器视觉技术以及光谱和高光谱成像技术,开发了多种作物-环境信息采集设备^[48]。如叶绿素计、便携式植物养分无损快速测定仪以及土壤水分、pH值压实度以及在线光谱分析测量仪等,实现了作物氮素等营养生长信息以及作物水分和土壤水分、养分等信息和其他信息(如叶面积指数)的快速采集监测。特别是多光谱和高光谱成像技术在农业上的应用,不仅可以实现作物氮元素含量的快速无损监

测,而且在近距离对作物信息采集研究方面也获得了较大的进展,其中在作物和土壤背景分离以及作物信息含量相关性上较彩色图像具有明显的优势,弥补了以往光谱信息采集的不足。如通过研究植物和土壤在可见光和近红外波段内的光反射特性,利用对近红外敏感的摄像机可以将植物与土壤背景进行分离,并且具有较高的准确度^[49]。

4.2.2 实现作物病虫害信息早期症状的识别

作物病虫害的发生越早发现,越有利于提高防治的效果。作物受到病虫害侵染后,除了形态和生理的变化之外,其光谱特征也会发生不同程度的改变,这使得图像处理技术、光谱分析技术以及多光谱和高光谱成像技术等作物病虫害快速监测上成为可能。目前越来越多的基于以上机理的研究被应用到不同作物病虫害信息采集之中^[48]。在作物病害信息快速采集研究领域,基于作物病害的反射光谱信息开展了小麦锈病、水稻叶瘟病等特征信息的提取研究,通过图形处理技术开展了作物病害的识别,特别是多光谱和高光谱成像技术的应用,实现了作物病害发生程度的早期识别。在作物虫害信息快速采集研究领域,目前主要采用的信息快速获取方法包括声音特性检测、雷达观测、光谱分析以及图像识别等,但是各种方法均存在优缺点,虫害识别的效率和精度仍待提高。

4.2.3 方便、快捷、准确、可靠是农业信息采集技术未来发展的方向

未来农业的发展将要朝着信息化、精准化方向发展,优质、高产和高效是未来农业发展的主要特征,这就要求有方便、快捷、准确、可靠的农业信息采集技术提供持续不断的数据和信息支撑,实时监测农业生产、作物生长以及环境变化等情况,以最大程度的降低农业风险的发生。虽然目前大部分有关农业信息采集技术的研究仍停留在实验室阶段和设备研发阶段,但是未来随着信息技术与农业生产的进一步深入融合,仪器软硬件技术将不断改进,数据挖掘与分析算法将不断优化,应用现代信息获取技术进行作物信息及作物环境信息的快速获取,研发更加先进和智能的作物信息采集设备和系统,从而使用于指导未来农业生产发展成为可能。

4.3 云计算技术进展与未来

云计算作为新型的计算模式,在互联网存在的基础上通过动态可伸缩的虚拟化资源进行计算,通过分

布式储存的手段来进行数据储存,通过冗余方式进行数据处理服务,大大降低了出现错误的概率,同时提高数据保存的可靠性。云计算的兴起,世界著名IT企业纷纷加入云计算平台的开发建设之中,大大促进云计算的发展。随着信息技术的发展,近年来云计算在农业领域也逐渐开始崭露头角,一些科研院所和大学都在研制适合自身科研特点的云平台,不断完善自身的科研创新环境。

与物联网和智能分析系统结合,云计算技术在农业生产、经营等领域都有所发展。在生产领域,如建立了全国范围的土壤墒情监测、施肥决策服务和自动灌溉等系统,对规模化、集约化的农场实施精准农业;搭建基于云计算的信息管理系统,农场主全面收集所饲养牲畜的信息,如进食、健康状况、繁殖情况、养殖数量、药物种类或药物计量等信息,通过云计算平台,农场主能够进行更快地分析,做出正确的饲养决策。在经营领域,云计算在农业电子商务的应用取得一定成效。近年来,随着用户量的激增,订单峰值的频现,基于大数据的智能挖掘和分析,以及个性化服务需求的压力增加,主要电商企业已完成或正在进行电子商务平台的云迁移和云改造。

尽管如此,从目前已经启动的农业云计算示范项目来看,很多所谓的云计算平台,实质性应用少、设备利用率低,有的只是在规模和硬件设备上大做文章而没有提供真正的云计算应用服务。农业云未来在规划和建设上要尽可能避免这种局面的出现。随着云计算技术的不断成熟和完善,据估计未来云计算所占IT成本的比例将超过30%,在各大IT公司的大力推动下,云计算将会有更加广阔的发展空间,特别是云计算在农业领域发展的前景将更加广阔。

4.4 农业物联网技术进展与未来

农业物联网是新一代信息技术在农业领域的高度集成和综合运用,在一定程度上改变了传统农业生产方式,促进了农业向智能化、精细化方向的转变。农业物联网由感知层、传输层和应用层构成。

感知技术是农业物联网的关键,传感器是感知技术的核心。近年来农业传感器技术发展迅猛,主要集中在农业环境传感器技术以及农业动植物生命本体传感器的研制领域。其中,光、温、水等常规环境监测传感器技术已经相对比较成熟,土壤传感器是研究的重点,针对土壤物理、化学等指标,目前主要采用光学和

电磁学等物理学原理,根据被测对象性质和特点不同开展研制工作^[50]。

网络传输层是物联网整体信息运转的中间媒介,主要作用是把感知层识别的数据接入互联网,供应用层服务使用。互联网以及下一代互联网(包含IPv6等技术)是物联网传输层的核心技术,处在边缘的各种无线网络包括GPRS/3G/4G、ZigBee、蓝牙、WiMAX、WiFi等,则提供随时随地的网络接入服务。无线传感网络是当前国内外备受关注的研究领域研究热点,具有多学科交叉特点,包含传感器技术、嵌入式计算技术、无线通信技术、信息处理技术等多种技术,能够对各类多种传感器节点协作完成信息感知和采集,传送到用户终端。

农业物联网信息处理和应用是将模式识别、复杂计算、智能处理等技术应用到农业物联网中,以此实现对各类农业信息的预测预警、智能控制和智能决策等。处理层实现信息技术与行业的深度结合,完成信息的汇总、统计、共享、决策等。应用层的应用服务系统主要包括各类具体的农业生产过程系统,如大田种植系统、设施园艺系统、水产养殖系统、畜禽养殖系统、农产品物流系统等。

随着计算机技术、网络技术、微电子技术等持续快速发展,为农业物联网的发展奠定了基础。在此基础上,农业物联网在信息感知方面将更加智能,在信息传输方面将更加互通互连,在信息处理方面将更加快速可靠,在信息服务方面将更加精准智慧。

4.5 智能分析系统进展与未来

农业系统的复杂性决定了传统的信息分析手段无法解决农业系统中产生的各种问题,亟待开发适应现代农业发展的综合智能模型分析系统。虽然目前围绕农业智能分析系统的开发已经开始起步,但是仍显不足。

国际上围绕农业智能分析系统开发的研究较早。OECD和FAO运用动态回归和局部均衡理论,联合研发了独具特色的AGLINK-COSIMO模型^[51]。该模型系统涵盖50多个国家(地区)模型,总计约23000个方程,对粮食、肉类、奶类、禽蛋、水产品、生物燃料等20多类主要农产品的生产、消费、价格和贸易等市场情况进行中长期(10年)基期预测和展望,并模拟、分析各种政策或其他外部冲击对各国及全球农产品市场的影响。该模型在引导全球农产品市场方面产生了较大的影响力。

国内围绕农业智能分析系统开发的研究刚刚起步。近年来中国多个部门相继开展了农产品市场监测预警工作。依托国家科技支撑计划项目,由中国农业科学院农业信息研究所研发的农产品数量安全智能分析与预警关键技术支撑系统,突破了农产品生产风险因子早期识别、生产风险评估、农产品消费替代效果评估、农产品消费与生产协调度测定、农产品市场价格短期预测、农产品市场价格传导模拟和农产品信息标准化7项智能分析与预警关键技术,研发出农产品生产风险早期识别及预警、农产品消费需求量预测和农产品市场价格短期预警3类智能分析与预警系统,构建了农产品数量安全智能分析与预警平台,有效地解决了农产品数量安全面临的一些共性关键技术问题^[2]。目前,研究成果已在山东、广东、北京等地应用示范,取得了明显的经济、生态和社会效益。

未来随着物联网、大数据、人工智能等新一代信息技术在中国现代农业发展中的深入应用,未来农业监测预警工作势必朝着自动化、智能化的方向发展,数据自动采集、数据自动分析、实时上传监测预警信息,根据不同用户有差别的开展预报预警服务,开发智能化的农业监测预警服务平台,将成为未来农业监测预警的主要特征。

参考文献(References)

- [1] 许世卫. 农业信息分析学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2013: 11-110.
Xu Shiwei. Agricultural information analytics[M]. Beijing: Higher Education Press, 2013: 11-110.
- [2] 许世卫. 农产品数量安全智能分析与预警的关键技术及平台研究[M]. 北京: 中国农业出版社, 2013.
Xu Shiwei. Research on key technologies and platforms of intelligent analysis and early warning of agricultural product quantity[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2013.
- [3] 许世卫. 农业大数据与农产品监测预警[J]. 中国农业科技导报, 2014, 16(5): 14-20.
Xu Shiwei. Agricultural big data and monitoring and early warning of agricultural products[J]. Journal of Agricultural Science and Technology, 2014, 16(5): 14-20.
- [4] 白由路. 植物营养与肥料研究的回顾与展望[J]. 中国农业科学, 2015, 48(17): 3477-3492.
Bai Youlu. Review on research in plant nutrition and fertilizers[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2015, 48(17): 3477-3492.
- [5] Nansen C, Sidumo A J, Martini X, et al. Reflectance-based as-

- assessment of spider mite "bio-response" to maize leaves and plant potassium content in different irrigation regimes[J]. Computers & Electronics in Agriculture, 2013, 97(97): 21-26.
- [6] 陈仲新, 任建强, 唐华俊, 等. 农业遥感研究应用进展与展望[J]. 遥感学报, 2016, 20(5): 748-767.
- Chen Zhongxin, Ren Jianqiang, Tang Huajun, et al. Progress and perspectives on agricultural remote sensing research and applications in China[J]. Journal of Remote Sensing, 2016, 20(5): 748-767.
- [7] 赵春江. 农业遥感研究与应用进展[J]. 农业机械学报, 2014, 45(12): 277-293.
- Zhao Chunjiang. Advances of research and application in remote sensing for agriculture[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2014, 45(12): 277-293.
- [8] Shi Y, Shun P J I, Shao X W, et al. Framework of SAGI agriculture remote sensing and its perspectives in supporting national food security[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2014, 13(7): 1443-1450.
- [9] Clark L C Jr, Lyons C. Electrode systems for continuous monitoring in cardiovascular surgery[J]. Annals of the New York Academy of Sciences, 1962, 102(1): 29-45.
- [10] 张先恩. 生物传感发展 50 年及展望[J]. 中国科学院院刊, 2017, 32(12): 1271-1280.
- Zhang Xianen. Biosensors: 50 years development and future perspectives[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2017, 32(12): 1271-1280.
- [11] USDA The 94th Agricultural Outlook Forum. USDAdoi.org/10.1787/agr_outlook-2017-enlook-2017-en" Publishing, Paris, 2017. try Outlook for 2017-2018 [EB/OL]. [2018-01-20]. https://www.usda.gov/oce/forum/past_programs/2017_program.pdf.
- [12] 李哲敏, 任育锋, 彭春燕. 大数据时代的澳大利亚农业信息监测预警体系[J]. 世界农业, 2015(10): 21-26, 239.
- Li Zhemin, Ren Yufeng, Peng Chunyan. Australia's agricultural information monitoring and early-warning system in Big Data Era[J]. World Agriculture, 2015(10): 21-26, 239.
- [13] Australian Department of Agriculture and Water Resources. Agriculture industry outlook for 2017-2018[EB/OL]. [2018-01-20]. <https://www.canstar.com.au/agribusiness/agriculture-outlook-for-australia>.
- [14] OECD/FAO. Agricultural outlook 2017-2026: Report of OECD-FAO[R]. Paris: OECD Publishing, 2017.
- [15] 农业部市场预警专家委员会. 中国农业展望报告 2017-2026[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2017: 1-192.
- Department of Agriculture Market Early Warning Expert Committee. China agricultural outlook report 2017-2026[M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2017: 1-192.
- [16] Market Early Warning Expert Committee of Ministry of Agriculture. China agricultural outlook 2017-2026[M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2017: 1-161.
- [17] 陈锡康, 杨翠红. 农业复杂巨系统的特点与全国粮食产量预测研究[J]. 系统工程理论与实践, 2002(6): 108-112.
- Chen Xikang, Yang Cuihong. Characteristic of agricultural complex giant system and national grain output prediction[J]. System Engineering Theory and Practice, 2002(6): 108-112.
- [18] 刘万才, 姜玉英, 张跃进, 等. 我国农业有害生物监测预警 30 年发展成就[J]. 中国植保导刊, 2010, 30(9): 35-39.
- Liu Wancai, Jiang Yuying, Zhang Yuejin, et al. 30 years of development achievements of China's agricultural pest monitoring and warning[J]. China Plant Protection, 2010, 30(9): 35-39.
- [19] 刘宇, 刘万才, 王学锋. 水稻重大病虫害数字化监测预警平台的设计与实现[J]. 中国植保导刊, 2009, 29(12): 5-9.
- Liu Yu, Liu Wancai, Wang Xuefeng. Design and implementation of digital platform of main rice pests monitoring and forecast[J]. China Plant Protection, 2009, 29(12): 5-9.
- [20] 符国槐, 费玉娟, 杨再强, 等. 农业气象灾害预警系统研究进展[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(18): 10936-10938, 10941.
- Fu Guohuai, Fei Yujuan, Yang Zaiqiang, et al. Research progress of agricultural meteorological disaster warning system[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2011, 39(18): 10936-10938, 10941.
- [21] 郭建平. 农业气象灾害监测预测技术研究进展[J]. 应用气象学报, 2016, 27(5): 620-630.
- Guo Jianping. Research progress on agricultural meteorological disaster monitoring and forecasting[J]. Journal of Applied Meteorological Science, 2016, 27(5): 620-630.
- [22] 王春乙, 王石立, 霍治国, 等. 近 10 年来中国主要农业气象灾害监测预警与评估技术研究进展[J]. 气象学报, 2005(5): 659-671.
- Wang Chunyi, Wang Shili, Huo Zhiguo, et al. Progress in research of agro-meteorological disasters in china in recent decade[J]. Acta Meteorologica Sinica, 2005(5): 659-671.
- [23] 杜建, 付雯, 王宏伟, 等. 我国动物疫病监测预警机制发展构想[J]. 中国动物检疫, 2014(3): 9-11.
- Du Jian, Fu Wen, Wang Hongwei, et al. Development conception of animal epidemic monitoring and early warning mechanism in China[J]. China Animal Health Inspection, 2014(3): 9-11.
- [24] 陈焕春, 郭爱珍, 谭亚娣. 我国亟待加强奶牛重大疫病预警体系建设[J]. 中国奶牛, 2006(2): 7-12.
- Chen Huanchun, Guo Aizhen, Tan Yadi. Urgent to strengthen the construction of early warning system of cow disease[J]. China Dairy Cattle, 2006(2): 7-12.
- [25] 黄红星, 李泽, 郑业鲁. 农产品数量安全监测预警发展探析

- [J]. 农业展望, 2014, 10(3): 50-53.
- Huang Hongxing, Li Ze, Zheng Yelu. Monitoring and early warning about the quantitative safety of agricultural products [J]. Agricultural Outlook, 2014, 10(3): 50-53.
- [26] FAO. 全球粮食和农业信息及预警系统[EB/OL]. [2018-01-29]. <http://www.fao.org/giews/chinese/index.htm>.
- FAO. Global food and agricultural information and early warning system[EB/OL]. [2018-01-29]. <http://www.fao.org/giews/chinese/index.htm>.
- [27] 许世卫. 美国农产品信息分析预警工作考察报告[J]. 农业工程技术, 2015(33): 20-25.
- Xu Shiwei. American agricultural product information analysis early warning work report[J]. Agricultural Engineering Technology, 2015(33): 20-25.
- [28] EU. 环境与可持续发展研究中心[EB/OL]. [2018-01-29]. <http://mars.jrc.ec.europa.eu/mars/About-us/FOODSEC>.
- EU. Research Center for environment and sustainable development[EB/OL]. [2018-01-29]. <http://mars.jrc.ec.europa.eu/mars/About-us/FOODSEC>.
- [29] 许世卫. 中国农业监测预警的研究进展与展望[J]. 农学学报, 2018, 8(1): 197-202.
- Xu Shiwei. Review on research in agricultural monitoring and early warning in China[J]. Journal of Agriculture, 2018, 8(1): 197-202.
- [30] 王儒敬. 我国农业信息化发展的瓶颈与应对策略思考[J]. 中国科学院院刊, 2013, 28(3): 337-343.
- Wang Rujing. Bottleneck of agricultural informatization development in china and the thinking of coping strategies[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2013, 28(3): 337-343.
- [31] 钱永兰, 杨邦杰, 焦险峰. 基于遥感抽样的国家尺度农作物面积统计方法评估[J]. 农业工程学报, 2007, 23(11): 180-187.
- Qian Yonglan, Yang Bangjie, Jiao Xianfeng. Accuracy assessment on the crop area estimating method based on RS sampling at national scale[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2007, 23(11): 180-187.
- [32] 蒙继华, 吴炳方, 杜鑫, 等. 遥感在精准农业中的应用进展及展望[J]. 国土资源遥感, 2011(3): 1-7.
- Meng Jihua, Wu Bingfang, Du Xin et al. A review and outlook of applying remote sensing to precision agriculture[J]. Remote Sensing For Land & Resources, 2011(3): 1-7.
- [33] 朱建平, 章贵军, 刘晓葳. 大数据时代下数据分析理念的辨析[J]. 统计研究, 2014, 31(2): 10-19.
- Zhu Jianping, Zhang Guijun, Liu Xiaowei. Clarity of a philosophy of data analysis during the age of big data[J]. Statistical Research, 2014, 31(2): 10-19.
- [34] 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, 2013, 29(22): 196-205.
- [35] 何勇, 聂鹏程, 刘飞. 农业物联网与传感仪器研究进展[J]. 农业机械学报, 2013, 44(10): 216-226.
- He Yong, Nie Pengcheng, Liu Fei. Advancement and trend of internet of things in agriculture and sensing instrument[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery, 2013, 44(10): 216-226.
- [36] 曹宏鑫, 赵锁劳, 葛道阔, 等. 农业模型与数字农业发展探讨[J]. 江苏农业学报, 2012, 28(5): 1181-1188.
- Cao Hongxin, Zhao Suolao, Ge Daokuo, et al. Discussion on development of agricultural models and digital agriculture[J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2012, 28(5): 1181-1188.
- [37] 温孚江. 农业大数据研究的战略意义与协同机制[J]. 高等农业教育, 2013(11): 3-6.
- Wen Fujiang. Strategic significance and synergistic mechanism of agricultural big data research[J]. Higher Agricultural Education, 2013(11): 3-6.
- [38] 程学旗, 靳小龙, 王元卓, 等. 大数据系统和分析技术综述[J]. 软件学报, 2014, 25(9): 1889-1908.
- Cheng Xueqi, Jin Xiaolong, Wang Yuanzhuo, et al. Survey on big data system and analytic technology[J]. Journal of Software, 2014, 25(9): 1889-1908.
- [39] 黎玲萍, 毛克彪, 付秀丽, 等. 国内外农业大数据应用研究分析[J]. 高技术通讯, 2016, 26(4): 414-422.
- Li Lingping, Mao Kebiao, Fu Xiuli, et al. Domestic and foreign agricultural big data application research analysis[J]. Chinese High Technology Letters, 2016, 26(4): 414-422.
- [40] Monsanto Company. Monsanto acquires the climate corporation [EB/OL]. [2001-09-20]. <http://www.Monsanto.com/features/pages/Monsanto-acquires-the-climate-corporation>.
- [41] 李道亮. 中国农业信息化发展报告(2014—2015)[M]. 北京: 电子工业出版社, 2016: 12-23.
- Li Daoliang. China agricultural informatization development report (2014—2015) [M]. Beijing: Electronic Industry Press, 2016: 12-23.
- [42] Penson J B, Capps O, Rosson C P. Introduction to agricultural economics[M]. New Jersey: Prentice-Hall, 1986.
- [43] 于冷. 农业标准化与农产品质量分等分级[J]. 中国农村经济, 2004(7): 4-10.
- Yu Leng. Agricultural standardization and agricultural product quality grading[J]. Chinese Rural Economy, 2004(7): 4-10.
- [44] 耿宁, 张雯雯. 我国农业标准化发展历程、路径演变与经验借鉴[J]. 山西农业大学学报(社会科学版), 2016, 15(12): 845-851.

- Geng Ning, Zhang Wenwen. Agricultural standardization in our country: Development course, path evolution and the experience for reference[J]. Journal of Shanxi Agricultural University (Social Science Edition), 2016, 15(12): 845-851.
- [45] 白羽. 我国农业标准体系不断完善[EB/OL]. [2018-01-20]. http://www.xinhuanet.com/fortune/2015-09/16/c_1116584052.htm.
- Bai Yu. Continuous improvement of China's agricultural standard system[EB/OL]. [2018-01-20]. http://www.xinhuanet.com/fortune/2015-09/16/c_1116584052.htm.
- [46] 许世卫, 张永恩. 农业展望: 推进信息化时代农业管理方式创新[J]. 农业展望, 2017, 13(3): 56-60.
- Xu Shiwei, Zhang Yongen. Agricultural outlook: Promoting the innovation of agricultural management in the information age[J]. Agricultural Outlook, 2017, 13(3): 56-60.
- [47] 景延秋, 刘聪利, 成应杰. 我国农业标准化发展存在的问题及对策[J]. 江西农业学报, 2009, 21(1): 176-177.
- Jing Yanqiu, Liu Congli, Cheng Yingjie. Problems and countermeasures of agricultural standardization development in China[J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2009, 21(1): 176-177.
- [48] 何勇, 赵春江, 吴迪, 等. 作物-环境信息的快速获取技术与传感仪器[J]. 中国科学: 信息科学, 2010, 40(增刊1): 1-20.
- He Yong, Zhao Chunjiang, Wu Di, et al. Fast detection technique and sensor instruments for crop-environment information: A review[J]. Scientia Sinica Informationis, 2010, 40(Suppl 1): 1-20.
- [49] Guyer D E, Miles G E, Schreiber M M, et al. Machine vision and image processing for plant identification[J]. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, 1986, 29(6): 1500-1507.
- [50] 葛文杰, 赵春江. 农业物联网研究与应用现状及发展对策研究[J]. 农业机械学报, 2014, 45(7): 222-230, 277.
- Ge Wenjie, Zhao Chunjiang. Discrimination of lettuce leaves' nitrogen status based on hyperspectral imaging technology and ELM[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2014, 45(7): 222-230, 277.
- [51] Enciso S R A. Documentation of the european comission's eu module of the aglink-cosimo modelling system[J]. EconPapers: Jrc Working Papers, 2015: 25-36.

Scientific and technical issues in agricultural monitoring and early warning

XU Shiwei

Agricultural Information Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences; Key Laboratory of Agri-Informatics, Ministry of Agriculture; Key Laboratory of Digital Agricultural Early-warning Technology, Chinese Academy of Agricultural Sciences; Beijing Engineering Research Center of Agricultural Monitoring and Early Warning, Beijing 100081, China

Abstract Agricultural monitoring and early warning (AMEW) is a high-end tool of modern agricultural management and the high-risk nature of agriculture determines that AMEW must be concomitant with the development of modern agriculture. Scientific and technical issues in AMEW are reviewed in this paper. Firstly, the main contents and difficulties of data acquisition, data analysis and data application and service in AMEW are analyzed and discussed emphatically. Then, major scientific questions are raised including data perception in an uncertain state, the parameter rule under micro-data and big data, influence entanglement in complex system. Finally, important technology progresses including the agricultural standardization technology, advanced data acquisition technology and intelligent analysis system development are reviewed, and the main direction of future agricultural monitoring and early warning is proposed.

Keywords agricultural information; information acquisition; information analysis; agricultural monitoring and early warning ●



(责任编辑 傅雪)