

农业软件产业发展的现实格局与路径选择

马晨^{1,2}, 李瑾^{1,2}, 张骞^{1,2}, 冯献^{1,2}, 揭晓婧^{1,2}

(1. 北京农业信息技术研究中心, 北京 100097; 2. 北京智慧农业物联网产业技术创新战略联盟, 北京 100097)

摘要: 信息技术与现代农业发展的交叉重组、渗透融合不断加速, 逐步孕育出农业软件产业, 支撑了智慧农业发展。本文在分析国内外农业软件产业发展战略、概述学术界相关研究的基础上, 结合实际调研数据, 梳理了我国农业软件产业的发展现状、主要困境, 提出了我国农业软件产业发展的战略目标、重大工程及政策保障建议。研究发现, 我国农业软件产业在技术研发与推广、企业运行、用户积累等方面与国外存在较大差距, 主要存在开发难度大、创新能力弱、投资回报低、知识产权保护弱等困境; 面向 2035 年, 应以推动农业技术软件化为主线, 以强化农业软件产业创新发展能力为核心, 开展农业使能软件与平台开发工程、精准农业管理软件应用推广工程、农业软件产业集聚区创建工程、农业软件企业梯次培育工程等重大工程建设。为此建议, 完善政策支持体系建设、强化统筹协调机制、优化学科体系建设、加强人才培养全面保障我国农业产业软件的高质量发展。

关键词: 农业软件产业; 特征分类; 现实格局; 路径选择; 重大工程

中图分类号: S-1 **文献标识码:** A

The Realistic Pattern and Path Choice of the Development of Agricultural Software Industry

Ma Chen^{1,2}, Li Jin^{1,2}, Zhang Qian^{1,2}, Feng Xian^{1,2}, Jie Xiaojing^{1,2}

(1. Beijing Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097, China; 2. Beijing Technology Innovation Strategic Alliance for Intelligence Internet of Things Industry in Agriculture, Beijing 100097, China)

Abstract: As the integration of information technology and agricultural development accelerates, the agricultural software industry has emerged to support the development of smart agriculture. In this article, we first analyze the development status of and challenges faced by China's agricultural software industry by analyzing the development strategies of the industry in China and abroad and using literature review and survey data. Subsequently, we propose the strategic goals, major engineering projects, and policy measures for the development of China's agricultural software industry. China's agricultural software industry has a large gap with other countries in terms of technology development and promotion, enterprise operation, and user accumulation. The major challenges include difficulty in development, weak innovation capabilities, low return on investment, and insufficient protection of intellectual property rights, restricting the growth of China's agricultural software industry. China should regard the software development of agricultural technologies as the main line and focus on strengthening the innovative capabilities of its agricultural software industry by 2035. The major

收稿日期: 2021-04-30; 修回日期: 2021-06-10

通讯作者: 李瑾, 北京农业信息技术研究中心研究员, 研究方向为农业农村信息化; E-mail: lij@nrcita.org.cn

资助项目: 中国工程院咨询项目“智慧农业发展战略研究”(2019-ZD-05)

本刊网址: www.engineering.org.cn/ch/journal/sscae

engineering projects we proposed involve agricultural enabling software and platform development, precision agriculture management software application promotion, agricultural software industry cluster establishment, and agricultural software enterprise cultivation. Furthermore, China should improve its policy support system, strengthen the overall coordination mechanism, optimize the discipline system, and strengthen talent training for the agricultural software industry.

Keywords: agricultural software industry; feature classification; current pattern; path choice; suggestions for major projects

一、前言

软件是信息技术之魂、智慧农业之基、数字经济之擎。随着以互联网技术为代表的信息技术在社会各领域的拓展应用，农业软件产业逐渐成为世界各国产业竞争的战略高地，近年来，美国、日本、法国相继颁布了《美国政府云计算路线图》《社会5.0时代的农业与食品产业》《农业创新2025》，积极布局农业软件产业，力图巩固既有优势、抢占发展先机和制高点。相比农业软件产业先发国家，我国农业软件产业发展历程较短，但国家重视程度较高，如国务院颁布《振兴软件产业行动纲要（2002年至2005年）》，强调软件产业作为国家基础性、战略性新兴产业在国民经济和社会发展中的重要作用。近年来，我国颁布了《大数据产业发展规划（2016—2020年）》《国务院关于印发新一代人工智能发展规划的通知》《数字农业农村发展规划（2019—2025年）》等政策文件，支持农业软件技术创新，改善农业软件产业发展环境。

农业软件的兴起与应用普及也引起了学术界的广泛重视，相关研究进展有：基于农业系统工程理论与方法构建农业决策支持系统，探索了农业软件在科技兴农中的实际应用 [1]；随着农业经济管理软件产品在农业领域的推广，发展农电远程报表系统等农业管理电算化软件，实现了农业生产管理信息远程填报、文件互传和数据共享 [2]；发展了农业气象综合服务、农务管理系统、农药残留快速检测、农业灌溉、农情监测、农民培训等现代农业生产性服务功能软件，推动农业软件应用从管理端向生产端延伸 [3~5]；结合大数据、云计算、第五代移动通信、人工智能（AI）等新一代信息技术，研发了农畜产品安全无损检测扫描式拉曼光谱成像系统、基于个人计算机端的农残速测仪智能化检测管理系统，推动农业软件的智能化、精准化、个性化、多场景化发展 [6~8]。值得指出的是，我国高度重

视农业软件、系统、平台的开发与应用，以国家科研项目及国际合作项目的形式支撑农业预警、农情信息、农业育种等方向的标准制定与软件技术研发；开发并推广了全国基层农技推广信息化云平台、中国农产品监测预警系统、农情监测系统、在线会商系统平台、金种子育种平台（全国首个自主知识产权“互联网+”商业化育种大数据平台）等，为管理部门科学决策、宏观调控提供了有效手段 [9~11]。

也要注意，有关农业软件的学术文献依然不多，研究内容以系统开发与推广居多，缺乏对农业软件产业的宏观探讨，对农业软件产业的、特征与类别尚未达成共识，对农业软件产业的发展水平尚未有客观评判。为此，亟需对我国农业软件产业发展现状进行梳理，明晰重大挑战与关键需求，确立农业软件产业发展的战略目标与路径选择，提出针对性、实操性强的发展建议。

二、农业软件产业的发展特征与分类

（一）农业软件产业的发展特征

农业软件产业指与农业软件产品、服务相关的经济活动及关系的统称，不仅包括农业软件技术、产品、服务，还包括产业环境、产品市场、产业集群等产业生态。农业软件产业具有知识密集、高度互补与兼容、高风险与高收益并存等突出特征。

1. 农业软件产业是知识密集型产业

农业软件产业主要是以技术和知识为基础的产业，无形的智力投入、技术创新是推动农业软件产业发展的关键要素。在产业发展初期，农业软件是以农业相关数据传输和处理为核心的软件系统；随着我国现代农业的发展进步，海量农业数据呈爆炸式增长，农业环境计算模型更加复杂多样，农业生产、经营、管理各方向对算力需求大幅提升（如以芯片为代表的计算硬件） [12]，农业软件逐步演进为集感知、传输、计算、交换为一体的集成系统，

相关产业也逐步演进为知识技术密集型产业。此外,农业软件产业的技术研发与智力投入比重大大超过农业领域其他产业,创新创造活力是提升农业软件产业竞争力的核心要素。

2. 农业软件产业具有高度的互补性和兼容性

农业软件产业的产品和服务与计算机终端、移动终端、可穿戴设备终端等配套,具有高度的互补性和兼容性。在农业软件产业的产业链中,位于中上游的技术与研发企业为了更好地满足农业生产经营主体的个性化和多样化需求,制定统一标准,运用自有专利和技术开展研发合作,打破研发过程相对封闭导致的产品难以兼容互通、智能互联的弊病;位于中下游的销售与服务企业,为弱化企业之间同质软件产品的价格竞争,也需加强兼容互通、相互协作、信息共享,形成有效的进入壁垒,规避恶性竞争对企业以及产业链产生的伤害 [13]。

3. 农业软件产业高风险与高收益并存

与其他信息技术产业类似,农业软件产业在发展过程中面临技术更迭、投入产出、成果转化、宏观决策等风险。在技术更迭方面,种植业、畜牧业的生产条件差别较大,使农业信息技术开发具有探索性和不确定性;在投入产出方面,农业软件产业在初期投入的固定资产、技术与管理人力资源、研发费用都很多,且后期产业化的投资额一般也比较大,存在高投入后实际产出效果欠佳的风险;在宏观决策方面,农业软件产业的技术更新速度非常快,创新决策不当导致技术更新难以匹配经济社会发展需求或者技术研发的商业转化失败,都有可能给企业带来巨大损失。尽管如此,农业软件产业目前仍属朝阳产业,投资回报率相对较高,相关企业带来丰厚的回报。

(二) 农业软件产业分类

农业软件产业发展的本质是将信息作为生产力的重要要素,促进信息技术与农业深度结合,是信息技术在农业领域全面渗透的过程。农业软件产业主要有以下类型划分。

一是基于农业领域的不同需求,将农业软件产业分为基础软件平台、农业应用软件平台、农业实用软件系统 [14]。农业基础软件平台是软件运行的基础平台,包括 Windows、Linux 等操作系统软件,SEQ Server、Oracle、Sybase 等数据库软件。农业

应用软件平台是针对农业特定领域应用的软件开发环境和运行环境软件,包括 Myeclipse、Eclipse、NetBeans 等开发工具,Visual Studio、C++Builder、Delphi 等集成开发环境。农业实用软件系统是针对农业具体问题研发的各类软件,包括农业专家系统、农业生产决策支持系统、农业数据库系统、农业信息咨询系统、农业市场信息分析与发布系统等 [15]。

二是基于不同的服务环节,将农业软件产业分为农业生产、经营流通、农业管理、社会化服务等类别。应用于农业生产领域的软件,主要面向农业生产人员,包括农业多媒体软件、实用农业信息咨询系统、面向生产管理的农业专家系统、农业职业教育软件、基于网络技术的声讯信息服务软件、农业远程教育软件、农业手持移动终端、农业电子书及电子词典等。应用于经营流通领域的软件,主要面向农业经营人员,包括市场信息采集软件、市场分析预测软件、网上市场信息发布软件、电子商务应用软件、企业资源计划管理软件、基于网络技术的销售管理系统、物流配送管理系统软件等。应用于农业管理领域的软件,主要面向农业行政管理人 员,包括农业数据库软件,基于地理信息系统的农业宏观决策系统,电子政务安全软件,机构内部行政业务应用软件,公共监督与服务类软件,政府智能决策软件(如应急指挥、防灾减灾、社会联动、日常决策),政府信息资源管理软件,电子政务数据交换与应用系统政府招标、采购、重大项目管理与监理软件等。应用于社会化服务领域的软件,主要面向农业技术推广人员,包括农业信息采集软件,农业专家系统,农业决策支持系统,农业信息管理系统,农业数据库系统,移动式农业信息系统,农业网站自动生成与维护软件,面向农业生产技术推广的咨询、诊断、预测、分析、检测、监测、评价、优化、设计、控制系统软件等 [16,17]。

三、我国农业软件产业发展现状

我国软件产业发展起步较晚,但随着社会信息化进程的加速,农业软件产业在近 20 年来得到迅猛发展。2019 年,我国软件服务业产值达到 7.2 万亿元,是 2000 年的 121.8 倍,企业总数也由 2003 年的 5624 家增长至 2019 年的约 37 000 家 [18]。笔者采用实地调研与问卷调查相结合的形式,面向

全国农业软件企业、相关科研院所开展问卷调研，获得了行业发展的基础数据。

（一）农业软件产业在区域上呈集聚发展态势，以政府机构和农业企业为主要服务对象

调研数据显示，在全国农业软件企业中，总部位于东部地区的企业占比达 70%，农业软件产业呈东部地区集聚发展态势，初步形成了以北京市、上海市、浙江省为重点区域、相互联系和支撑的农业软件产业集群。现有的农业软件产业以政府机构和农业企业为主要服务对象（见图 1），机构服务于政府机构的农业软件企业占比为 65.9%，服务于农业

企业的农业软件企业占比为 63.4%。家庭农场、合作社、农业企业等新型农业经营主体的软件服务需求有待进一步挖掘。

（二）产品类型以农业生产类软件为主，主要为用户提供信息监测和软件开发服务

在相关企业提供的软件产品和服务类型中，以农业生产类软件的占比最高，达到 80.5%（见图 2），这说明目前农业生产类软件需求很大，加之信息化技术和装备普及程度很高，可加大农业经营、农业管理、农业服务类软件的研发、推广及应用力度。农业软件企业重点提供信息监测和系统开发服务，

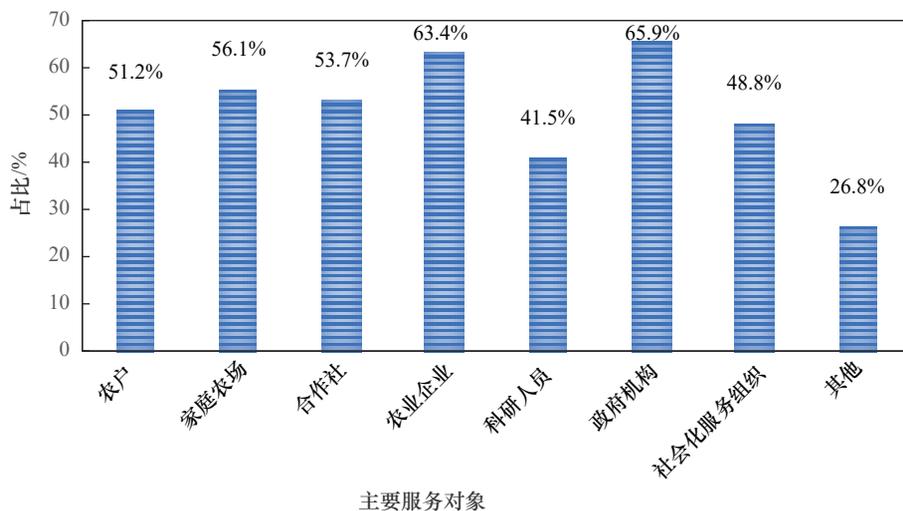


图 1 受访农业软件企业的服务对象

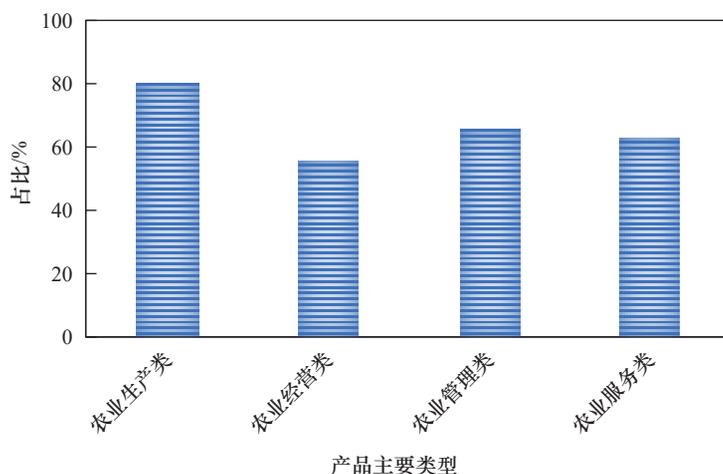


图 2 受访农业软件企业的市场产品类型

占比分别为 63.4% 和 58.5%，而植保服务、农机调度服务、农业作业服务等农业软件产品有待进一步推广（见图 3）。

（三）农业软件推广应用于农业生产、流通等各环节，促进现代农业高质量发展

近年来，在国家重点研发计划、国家科技支撑计划的支持下，相关研究机构、高等院校、企业在农业信息技术方面取得了一批拥有自主知识产权的软件成果；农业软件广泛应用于生产管理、经营流通和社会化服务等环节，提升了现代农业的信息感知、定量决策、智能控制、精准投入、个性化服务能力。在生产环节，针对大田种植、设施栽培、畜禽养殖、水产养殖等不同产业类型，开发了环境监测、精准农业等系统，实现了对农业生产过程的信息感知与智能控制。在流通环节，目前开发和应用最为广泛的是电子商务平台、农产品质量安全追溯平台，促进了农产品的品牌化建设和市场化推广，助力农业经营朝着订单化、网络化、个性化方向转变，实现了种植过程、农产品加工、检测管理、销售流通的全流程溯源管理。

（四）农业大数据分析成为农业软件的需求热点，AI 赋能农业软件产业

根据调研数据显示，在受访的企业中，约有 2/3 的农业软件公司成立了大数据智能技术研发团队，74% 的农业软件产品配备了大数据智能分析应

用系统，46% 的农业软件产品可提供云服务。这表明，当前大数据和云服务技术已逐渐成为农业信息化领域的研究与应用热点。随着 AI 等新兴信息技术的发展与应用，在现有农业软件运行的基础上，采用智能定位，捕获更有价值的数据和信息；提升获取信息的应用价值，提高数据获取效率，构建更智能的数据识别系统，赋予农业软件增量功能。

（五）通过农业软件开发与推广，实现农业综合效益提升

目前，我国农业软件已广泛应用于生产管理、农业管理、经营流通和社会化服务等环节。①面向生产管理环节，开发了生产环境监测系统、变量施肥控制系统、精准施药控制系统、农业节水灌溉系统、水肥一体化智能灌溉系统、病虫害防控系统等，实现对农业生产过程中的信息自动感知、精准管理和智能控制。②面向农业管理环节，开发了农机作业远程监测控制系统、农机协同作业服务系统、生产数据信息化管理系统、现代农业生态园区智能管理系统等，不仅降低运营成本、提高劳动生产率，还形成了现代农业品牌发展优势。③面向经营流通环节，开发了农产品质量安全溯源系统、智能仓库综合管理系统、仓库环境智能检测管理系统、经营管理决策系统、经营透明化监管系统等，打破农业市场的时空与地理限制，解决了信息不对称问题，降低了流通各环节成本。④面向社会化服务环节，设计开发了“农保姆”管理系统、

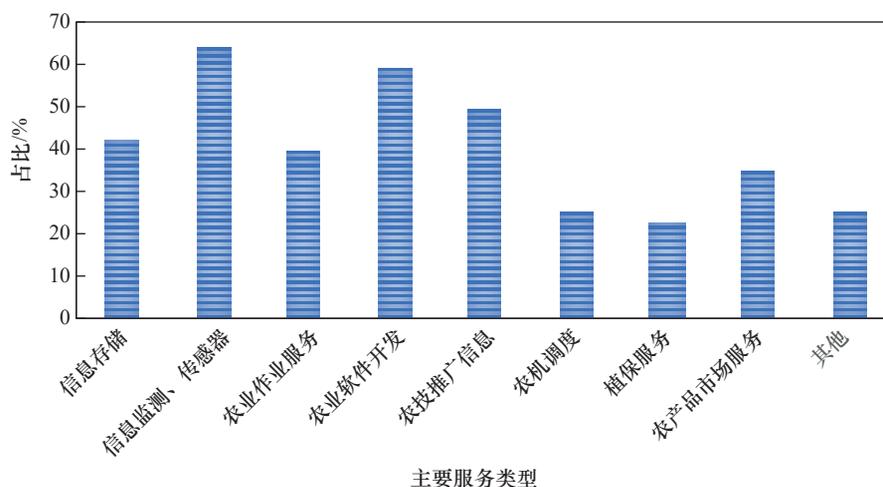


图 3 农业软件企业提供的信息化服务类型

12316 综合信息服务平台等，将农业信息资源服务高效延伸到乡村和农户，在统筹城乡均衡发展、缩小数字鸿沟方面发挥了积极作用。

四、我国农业软件产业发展的主要困境

（一）农业软件产业发展的中外差距

虽然我国农业软件产业发展取得了一系列成果，对农业实体经济、农业数字经济的支撑、服务作用越发明显，但与农业发达国家相比，整体水平还存在一定差距。

1. 国外农业软件的技术研发和推广模式较为完善

促进信息化和现代农业相融合，已成为农业发展的重要趋势。农业发达国家较早开展了农业信息化建设，从政策和资金支持到科技研发创新、产品推广应用等方面都得到快速发展，农业软件种类丰富且覆盖面宽；重视与传感器、卫星导航系统、机器控制技术的功能结合，促进了农业软件产品及应用的深入发展。近年来，我国也密集发布一系列有关智慧农业政策来推动农业软件产业发展，但受限于行业起步晚、产品质量不高、农业生产分散、服务体系不完善，核心技术和理论瓶颈有待突破，农业软件产业辐射范围有待拓宽。

2. 国外农业软件企业运作成熟、产品丰富

农业软件类的知名企业集中在欧洲和美国，如 AgSense、Agrion、CropIn 等企业，依托技术优势，突出企业个性化与差异化服务，不断满足用户的个性化需求；同时，专注于细分方向，产品种类丰富、性能稳定，在全球占有较大市场份额。我国已有一定数量的农业软件企业，一些是专业从事农业信息化的公司，一些是农业企业旗下软件子公司/部门、大型信息技术公司的农业相关子公司/部门；虽然取得了一些研发成果并落地应用，但缺乏核心骨干企业，国际市场竞争力偏弱。

3. 国外农业软件产业更加注重积累用户群体

国外农业软件产业在发展过程中更加注重用户的使用意愿与满意度，面对农业软件用户思想保守、对新技术敏感性低等现状，积极采用多种方式积累用户群体。①为用户免费提供支持自有软件系统的“云、网、端”等硬件设备，在帮助用户提升基础

设施建设水平的同时，获得用户信任；②及时记录客户反馈问题、投诉、咨询、处理情况等，为用户提供完善的售后服务，提高服务质量和客户粘性；③注重资源整合，利用智能化、数字化管理模式对接农业产业链的上下游，提高农业生产、经营、流通效率，降低农业生产和交易成本。在我国，农业经营主体老龄化严重、受教育水平较低等因素的影响，农业软件企业在用户积累方面存在关注用户不够、售后服务质量不高等问题。

（二）我国农业软件产业发展面临的瓶颈

产业基础薄弱、数据资源分散、重要农产品全产业链大数据和农业农村基础数据资源体系不健全等，是我国农业软件产业发展的现实挑战。农业软件落地应用效果不佳、农业软件企业投资回报率偏低、农业软件产业核心竞争力不强、知识产权保护力度不够等突出问题，制约着农业软件产业的发展潜力。

1. 农业软件开发难度大，实际应用效果较差

与工业不同，农业是利用生物有机体的生命活动进行生产的行业，受生产环境、生产季节、标准化程度影响极大。农业生产体系庞大，涵盖大田种植、设施园艺、畜牧养殖、渔业养殖等多个细分行业，不同生产品种之间差别迥异，这给农业产业软件的设计策划、模型构建、开发设计带来了难度。在农业软件推广应用过程中，实际参与农业生产、加工、运输等环节的农户对信息化软件的操作能力有限，加之农业产业标准化程度较低、规模偏小，明显影响了农业生产、管理、流通、服务过程中农业软件的应用效果，阻碍了农业软件产业中的信息技术“溢出”效应发挥。

2. 农业软件企业经营成本偏高，制约着企业的发展

农业软件产业属于知识密集型产业，其固定资产、人力资本、研发资金等生产要素价格远高于农业其他细分方向。面对高额的投入成本，农业软件产业融资能力有限。当前农业软件企业的客户群体主要为农户、农村合作社等收入水平和支付能力相对有限的农业生产主体，支付能力和支付意愿都相对较低。近年来，农村居民生活水平取得明显提高，但城乡收入差距依然客观存在，

部分农业生产主体无力负担农业信息化、数字化的高昂改造成本。这些因素都限制了农业软件企业的盈利空间，制约了农业软件企业发展水平的提升。

3. 农业软件产业自主创新能力和核心竞争力弱

我国农业软件基础性开发的技术条件薄弱，农业软件的开发较多应用国外软件开发工具或技术架构，在购买第三方中间产品的基础上进行二次开发。农业软件开发企业的自主创新能力薄弱，对外依存度高，产品出口集中在产业链最低端的应用类软件，产品附加值低、同质化现象严重。在国际市场方面，农业软件市场竞争日益加剧，农业发达国家的农业软件种类完善且覆盖各类产业和生产环节，培育出了 Trax View、Farm Logic、Grain Trac、Ag Expert 等众多知名农业软件企业；相关产品占据了全球大部分农业软件市场，形成了对发展中国家产品应用的技术代差。相比之下，我国农业软件产业集中度不高，规模普遍偏小，在交付能力、人力资源、服务水平方面存在着一定差距；核心竞争力不强，缺乏持久发展动力，在国际市场上的竞争力不够。

4. 知识产权保护力度有待提升

在软件开发方向，鉴于计算机软件独有的易复制性特点，开发者通过反向工程等技术来获取软件源代码的盗版和侵权行为变得轻而易举。尽管我国软件盗版率在逐年下降，但盗版和侵权现象依然存在。这种行为使得行业用户使用体验变差，严重影响了正常的农业生产、管理、流通业务；同时会侵害软件的品牌声誉，间接制约了我国农业软件产业的可持续发展，损害了我国在全球农业软件市场上的国际形象。目前，我国主要通过著作权法来对农业软件版权进行保护，相关学术领域也在不断探索利用专利法或商业秘密等方式来保护企业的合法权益，但与农业发达国家相比，知识产权保护力度尚且不够，缺乏完善的法律法规体系。

五、我国农业软件产业发展路径选择

全球正处于数字世界智能发展的新阶段，农业软件和信息化服务将融入、支撑、服务乡村振兴的各个领域，对农业产业赋能的作用愈发明显。“十四五”时期，为推动我国农业软件产业高质量发展，应贯彻落实新发展理念，面向关键领域，加

快部署农业软件产业创新战略，为智慧农业发展提供坚实支撑。

（一）发展目标

以推动农业技术软件化为主线，强化农业软件产业创新发展能力，按照数据驱动、创新发展、融合应用、安全可控、产链协同的原则，瞄准未来农业智能变革方向，落实信息安全保障，将发展农业软件产业作为农业全面数字化、信息化、智慧化的核心驱动力；聚焦农业软件产业链、创新链的高端环节和关键领域，加快突破关键技术、卡脖子技术、短板技术，建设信息安全保障体系显著提升农业软件产业供给能力与信息安全保障能力，拓宽农业软件产业应用领域，加快培育农业软件产业骨干企业，积极发展信息安全技术及产业。

到 2025 年，推进农业软件向平台化、网络化、移动化延伸，推动农业软件与农业装备制造、农业服务创新的深度融合，提升农业软件融合创新能力，实现农业软件产业价值链重构。到 2035 年，全面构建农业软件产业生态，着力培育软件与硬件融合、与服务融合、与数据融合的创新型、领军型、骨干型企业，打造一批支持保障农业生产管理、流通销售、运营服务的农业软件产业集群。

（二）重大工程建设

1. 农业使能软件与平台开发工程

实施农业使能软件与平台开发工程，围绕农业主导产业、重点方向的智慧化建设需求，重点突破智慧农业软件开发云平台技术，建立包括基础构件、业务构件在内的构件库系统与架构。建设农业物联网使能软件开发平台，重点扶持一批以农业软件即服务（SaaS）为主导业务的企业，培育和推广涵盖信息采集、视频监控、数据分析、系统管理、接口监控、病虫害模型、作物生长模型、专家判断、设备管理、用户管理、机器对机器（M2M）卡管理、联动控制等基础软件系统，研发适合种植业、养殖业、农业电商、农业大数据服务、农场管理系统、智慧农业解决方案；开发智慧农业技术和装备应用（如农产品供应链）的使能工具，规范智慧农业软件代码，使智慧农业软件用得上、用得起、用得好，支持农业智慧化转型。适时建设国家农业使能软件开发创新中心，攻关制约农业软件系统开发的瓶颈

技术，解决农业软件系统重复开发和针对性不强的问题，提高农业软件产业综合竞争力。

2. 精准农业管理软件应用推广工程

建设精准农业管理软件应用推广工程，针对农业生产资料投入不精准、资源消耗大，农事操作不科学，农业面源污染严重等问题，围绕精准农业技术的推广应用，重点突破精准农业管理软件推广应用的技术瓶颈和体制约束。构建精准农业管理软件推广体系，建设精准农业技术区域应用示范基地，培育和推广一批精准农业管理软件开发企业；形成精准农业管理软件产业新发展模式，引领精准农业技术升级，兼顾经济效益和环境效益[19]。逐步在农业生产的全产业、全过程、全环节中应用精准农业软件并建设软件应用示范基地，示范精准种植、精准灌溉、精准喷施等精准作业技术，推广精准农业应用典型模式，确保农产品产量和质量同步提升[20,21]。

3. 农业软件产业集聚区创建工程

针对我国农业软件产业总体规模较小、生态构建能力偏低、国际竞争力不强等问题，依托京津冀、长江三角洲、珠江三角洲、成渝地区、武汉都市圈等城市群，以国家新一代AI创新发展试验区为重点，打造2~3个具有全球影响力的农业软件产业集聚区。设立知识产权布局设计中心，将农业软件产业集聚区发展成为我国产业链创新链融合区、产业竞争制高点、区域经济增长极。例如，支持贵阳市依托大数据产业优势，发展农业软件与信息服务产业；发挥山东省、东北地区的农机装备制造集群优势，发展面向农机装备智能化转型的专用软件产业集群，强化农机装备制造与软件开发商、系统集成商的上下游协作，推动农机智能制造发展。通过产业集聚区的创建与提升，构建农业软件产业生态，培育具有国际竞争力的农业软件产业龙头企业，基本实现管理软件、工程软件、研发设计软件的“中国智造”，促进全国农业软件产业高质量发展，提升农业软件产业国际竞争力。

4. 农业软件企业梯次培育工程

围绕制造强国、网络强国的战略目标，以推动基础软件、农业使能软件、农业应用软件的国产化为重点，合理加大对农业软件与信息服务产业合理投资力度，加快构建农业软件企业“孵化培育、成长扶持、推动壮大”全生命周期梯次培育机制。制

定农业软件产业领军企业培育计划，实施软件大企业与大集团战略，强化产业链上下游项目互动。建立领军企业培育库，对于入库企业，在项目扶持、人才引进、产品推广等方面给予倾斜支持，推动规模做大、主业做强，充分发挥区域农业软件企业集群的示范带动作用。梳理并支持农业专用软件与使能软件颠覆性技术创新的重大成果和产业化项目，培育吸引优秀人才和创新团队，加快孵化初创企业和独角兽企业，推动融入全球创新网络，形成引领农业技术变革方向的新兴农业软件研发集群。通过农业软件企业梯次培育工程建设，全面建成覆盖财税、投融资、技术研开、进出口、人才、知识产权、市场应用、国际合作的企业扶持政策支持体系，培育形成有一定规模、技术含量高、效益好、竞争力强的农业软件企业集群，基本建成农业软件领域的产业梯队。

六、对策建议

（一）完善政策支持体系建设

一是进一步完善农业软件产业政策。合理加大对农业软件产业的政策扶持力度，建立凸显自主创新的农业软件产品政府专项采购机制，设立农业软件产业关键信息基础设施国产化替代的专项工程，支持自主可控农业软件产品的市场占有率提升；推广中关村软件产业园、贵州农业大数据中心等农业软件产业与现代农业协同发展模式，积极探索农业软件产业发展新模式、新业态；在农业软件空白和薄弱环节进行政策布局，推进农业软件服务业扩大开放综合试点。

二是加大对农业软件产业的支持力度。结合数字乡村发展战略纲要、数字农业农村发展规划、“互联网+”行动计划等国家战略部署，制定支持农业产业发展的财政、政府采购等政策措施；遵循市场规律，制定政府采购软件、信息服务类产品和服务清单，完善政府采购的配套服务措施，通过政府采购带动社会资本投入，降低企业创新创业成本，提高产业创新活力；发挥国家科技计划资金的政策扶持作用，设立农业软件产业发展专项基金，明确对重点区域和方向的倾斜，保障农业软件产品与服务的高效示范应用。

三是加大对农业软件产业的金融支持力度。引

导金融机构对中小型农业软件企业予以优先信贷支持,鼓励天使基金、风险投资机构、担保机构创新与农业软件企业的合作方式;支持符合条件的农业软件企业享受优惠税收政策,鼓励企业加大技术研发力度,提升技术水平。

(二) 强化统筹协调机制

一是优化农业软件产业创新创业环境。结合国家数字农业发展需求,规划建设农业软件产业基地、孵化基地、实训基地等创新创业载体,为相关参与主体提供管理指导、技能培训、市场开拓、标准咨询、检验检测认证等服务;支持电信企业升级通信基础设施,开展电信普遍服务试点工作,建设高速畅通、覆盖城乡、质优价廉、服务便捷的宽带网络基础设施和服务体系,打牢农业软件技术与服务基础;积极落实科技特派员和农技推广员开展农村科技创业行动,营造农业软件产品与服务成果转化的应用环境;搭建农村科技创业综合信息服务平台,引导农业软件人才、科技成果、科技资源、科技知识等要素向农村加速流动。

二是培育具有竞争力的农业软件产业集群。立足数字农业农村发展需求,结合各区域产业基础和资源禀赋,以产业数字化、数字产业化为发展主线,推进软件技术、产品、服务与农业的深度融合;农业软件高端产业集群,积极培育农业软件产业生态体系,推广个性化定制、服务化延伸等新业态和新模式,推动形成以品牌企业为主导、专业市场为导向,具有鲜明特色、易于复制、良好扩散的农业软件产业聚集区。

三是加大对农业软件产业相关组织的统筹管理。研究我国农业软件产业发展的总体部署,制定分时期、分阶段的农业软件产业发展工作计划、专项规划、中长期技术路线图;形成系统全面、实践性强的宏观政策体系储备并以之作为具体政策制定的依据。完善农业软件产业发展协调机制,制定职责清晰、协同发展的工作制度,支持农业软件产业发展联盟、行业组织等第三方组织机构深度参与,共同推动农业软件产业发展。

(三) 优化学科体系建设

一是完善智慧农业领域学科布局。以重大前沿科技和农业生产应用为导向,健全智慧农业学科专

业结构动态协调机制;采取自主试点、先行先试的方式,在相关院校增设计算机科学与农业生产管理经营的交叉融合学科,重视计算机科学与农学、数学、物理学、生物学、气象学、经济管理、神经和感知科学等的交叉融合及学科设计,形成一批有影响力的智慧农业相关精品课程。

二是加强智慧农业领域的研究生培养工作。着眼 AI、大数据、云计算等重点技术,以智慧农业发展多学科交叉专项任务作为硕士、博士研究生的培养载体,鼓励试点高校自主设立智慧农业交叉学科培养计划和方案,注重硕士、博士研究生在智慧农业、农业软件等学科方向的科研创新能力;适当强化研究生培养的工程实战,注重高校与农业科研院所、智慧农业龙头企业、农业科技园的联合培养,鼓励相关应用及研究机构面向研究生开放实验平台与数据。

三是健全智慧农业学科评价机制。以技术创新、应用推广、人才培养为导向,优化智慧农业学科评价机制,探索有利于智慧农业、农业软件、AI 等学科发展的评价办法;借鉴国际评估准则,鼓励试点高校自我评估与社会化评估相结合,综合论文、专利、软件著作权等多种形式的成果认定形式,构建研究人员动态流动的复核评价机制。

(四) 加强人才培养

一是加强培养高水平创新人才和团队。支持和培养行业领军人才,加强基础研究、应用研究、运行维护等方面专业技术人才培养;发展贯通理论、方法、技术、产品、应用的纵向复合型人才,掌握农业、计算机、生物、数学、物理、管理的横向复合型人才。通过智慧农业、农业软件重大研发任务和基地平台建设,汇聚高端人才,在若干农业软件工程重点方向形成高水平创新团队,鼓励和引导与全球相关研究机构的合作互动。

二是完善人才激励机制。建立健全适应智慧农业、农业软件发展特点的人事制度、薪酬制度、人才评价机制。打破人才流动的体制界限,完善技术入股、股权期权等激励方式,推动形成现代农业科技成果知识产权收益分配机制;完善绩效工资制度,合理倾斜关键岗位、业务骨干、突出贡献;完善科研项目间接费用管理制度,公开公正安排绩效支出,合理体现科研人员的创新价值。

三是加强人才合作交流制度。立足国家“一带一路”倡议，积极开拓国际市场，加强国际智慧农业、农业软件优秀人才的引进与优势农业软件产品与服务的输出。结合中非、中阿、中拉、中欧等农业国际合作平台，加强与“一带一路”沿线国家的智慧农业与农业软件发展合作；加强与农业领域国际一流研究机构、高校的学术交流，邀请农业、计算机、AI领域顶级专家传授学科经验，支持国内优秀人才赴国外高校进行学术交流与培养。

参考文献

- [1] 吕德功, 王福怀. 科技兴农中的“软件”开发与效用 [J]. 农业系统科学与综合研究, 1992 (1): 1-4.
Lyu G D, Wang F H. The development and utility of software in developing agriculture by science and technology [J]. System Sciences and Comprehensive Studies in Agriculture, 1992 (1): 1-4.
- [2] 随学庆. 农电远程报表系统的开发与应用 [J]. 农村电气化, 2002 (3): 19-20.
Sui X Q. Development and application of remote report system for rural power [J]. Rural Electrification, 2002 (3): 19-20.
- [3] 张苏, 杨太明, 黄向荣, 等. 江淮农业气象综合服务自动化系统 [J]. 安徽农业科学, 2005, 33(3): 482-483.
Zhang S, Yang T M, Huang X R, et al. Study on the auto-system of integrated service of agricultural meteorology [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2005, 33(3): 482-483.
- [4] 梁正友. 农务管理系统的软件体系结构研究 [J]. 计算机工程与设计, 2005, 26(12): 3267-3269.
Liang Z Y. Software architecture research on farming affair management system [J]. Computer Engineering and Design, 2005, 26(12): 3267-3269.
- [5] 张宇. 农技服务基站设计与研究 [J]. 黑龙江农业科学, 2009 (4): 138-140.
Zhang Y. Research and design of agricultural server base station [J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2009 (4): 138-140.
- [6] 赵小中, 平本强, 胡波, 等. 基于PC端的农残速测仪智能化检测管理系统设计与应用 [J]. 中国农机化学报, 2020, 41(2): 60-66.
Zhao X Z, Ping B Q, Hu B, et al. Development and application of intelligent detection and management system for rapid pesticide residue detector based on PC [J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2020, 41(2): 60-66.
- [7] 王大正, 任博, 刘珠明. 不同类型农情监测系统间数据共享方案研究 [J]. 中国农机化学报, 2019, 40(12): 154-159.
Wang D Z, Ren B, Liu Z M. Study on data sharing scheme among different types of agricultural situation monitoring systems [J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2019, 40(12): 154-159.
- [8] 翟晨, 彭彦昆, Chao Kuanglin, 等. 农畜产品安全无损检测扫描式拉曼光谱成像系统设计 [J]. 农业机械学报, 2016, 47(12): 279-284.
Zhai C, Peng Y K, Chao K L, et al. Design of line-scan raman imaging system for nondestructive detection of agricultural and livestock products safety [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2016, 47(12): 279-284.
- [9] 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 S W. Review on research in agricultural monitoring and early warning in China [J]. Journal of Agriculture, 2018, 8(1): 197-202.
- [10] 赵广飞. 北京建成全国首个大型育种云服务平台 [N]. 农民日报, 2016-01-19(03).
Zhao G F. Beijing built the first large-scale breeding cloud service platform in China [N]. Farmer's Daily 2016-01-19(03).
- [11] 王亮, 李秀峰, 王文生. 农技云平台知识地图的设计与实现 [J]. 中国农业科技导报, 2015, 17(2): 87-93.
Wang L, Li X F, Wang W S. Design and implementation of knowledge map on cloud platform of agricultural technology extension [J]. Journal of Agricultural Science and Technology, 2015, 17(2): 87-93.
- [12] 王俊豪, 周晟佳. 中国数字产业发展的现状、特征及其溢出效应 [J]. 数量经济技术经济研究, 2021, 38(3): 103-119.
Wang J H, Zhou S J. The current situation, characteristics and spillover effect of the development of digital industry in China [J]. The Journal of Quantitative & Technical Economics, 2021, 38(3): 103-119.
- [13] Hagedoorn J, Schakenraad J. The effect of strategic technology alliances on company performance [J]. Strategic Management Journal, 1994, 15: 291-309.
- [14] 赵春江. 中国农业软件产业展望 [C]. 北京: 2003年中国数字农业与农村信息化发展战略研讨会, 2003.
Zhang C J. Prospect of agricultural software industry in China [C]. Beijing: 2003 China Digital Agriculture and Rural Informatization Development Strategy Symposium, 2003.
- [15] 陈庆贵, 洪文秋. 基于“农远工程”技术环境的自适应引导式教学设计生成系统的设计与应用 [J]. 中国电化教育, 2013 (8): 100-103.
Chen Q G, Hong W Q. Design and application of adaptive guidance based on the technology environment of “agricultural and remote engineering” [J]. China Educational Technology, 2013 (8): 100-103.
- [16] 范蓓蕾, 吴平, 李林. 基于组件的农情遥感监测信息系统的集成开发 [J]. 微计算机信息, 2006, 22(9): 255-257.
Fan B L, Wu P, Li L. Integration system of agriculture supervision based on COM GIS [J]. Microcomputer Information, 2006, 22(9): 255-257.
- [17] 安进强, 魏凯, 王立乾, 等. 基于物联网的精确灌溉控制技术研究 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2013, 41(12): 220-226.
An J Q, Wei K, Wang L Q, et al. Internet of things based accurate automation irrigation [J]. Journal of Northwest A & F University(Natural Science Edition), 2013, 41(12): 220-226.
- [18] 中华人民共和国工业和信息化部. 2019年软件和信息技术服务业统计年报 [EB/OL]. (2020-09-30) [2021-04-12]. https://www.miit.gov.cn/jgsj/xxjsfzs/xyyx/art/2020/art_7431516acb7944b38db842281c7eebb.html.
Ministry of Industry and Information Technology of the People's Republic China. Annual report of software and information technology service industry in 2019 [EB/OL]. (2020-09-29) [2021-

- 04-12]. https://www.miit.gov.cn/jgsj/xxjsfzs/xyyx/art/2020/art_7431516acb7944b38db842281c7eebba.html.
- [19] 郝亚玲, 朱欣娟, 吴晓军. 面向3D虚拟展示的软件定制化系统研究 [J]. 计算机工程与应用, 2021, 57(5): 271–278.
Hao Y L, Zhu X J, Wu X J. Research on software customizing system for 3D virtual display [J]. Computer Engineering and Applications, 2021, 57(5): 271–278.
- [20] 吴文峻, 于鑫, 蒲彦均, 等. 微服务时代的复杂服务软件开发 [J]. 计算机科学, 2020, 47(12): 11–17.
Wu W J, Yu X, Pu Y J, et al. Development of complex service software in microservice era [J]. Computer Science, 2020, 47(12): 11–17.
- [21] 李娜, 王志杰, 丁克勤. 粮食储备库分布式粮堆湿度监控系统软件开发 [J]. 中国粮油学报, 2019, 34(S2): 1–6.
Li N, Wang Z J, Ding K Q. Development of distributed humidity monitor and control system software for grain bulk in grain reserve bank [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2019, 34(S2): 1–6.