

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2025.06.009

信息技术能力对农产品供应链绩效的影响

曾梦杰¹ 王立杰² 曾梦璐³ 吕建军⁴

(1. 河南牧业经济学院经济与贸易学院, 郑州 450046; 2. 北京城市学院城建学部, 北京 100161;

3. 河南牧业经济学院教师发展中心, 郑州 450046; 4. 中国农业大学经济管理学院, 北京 100083)

摘要: 近年来我国农产品供应链上涉农核心企业在 IT 应用上大量投入,但出现了 IT 投入与产出不成正比的问题。因此,本文从 IT 能力入手,理论结合实证深入研究 IT 能力如何影响农产品供应链绩效,及伙伴关系和信息共享发挥的路径作用。通过线上线下问卷得到了有效问卷 350 份,利用结构方程模型主要发现:IT 能力与伙伴关系和信息共享均呈正相关;伙伴关系和信息共享均会正向影响整个农产品供应链绩效;IT 能力会间接影响农产品供应链绩效,其中伙伴关系和信息共享均共同发挥着完全中介路径作用。本文创新性地理论构建并实证了 IT 能力、伙伴关系、信息共享和农产品供应链绩效四者之间的影响机理,能为涉农企业管理者提供有效途径(增强 IT 能力、伙伴关系和信息共享等方面)来提升农产品供应链绩效,也为我国农产品产业链发展政策的不断完善提供参考和借鉴。

关键词: 农产品供应链绩效; 信息技术能力; 伙伴关系; 信息共享

中图分类号: F342 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298 (2025)06-0098-11

OSID:



Impact of Information Technology Capabilities on Agri-food Supply Chain Performance

ZENG Mengjie¹ WANG Lijie² ZENG Menglu³ LÜ Jianjun⁴

(1. College of Economics and Trade, Henan University of Animal Husbandry and Economics, Zhengzhou 450046, China

2. Department of Urban Construction, Beijing City University, Beijing 100161, China

3. Teacher Development Center, Henan University of Animal Husbandry and Economics, Zhengzhou 450046, China

4. College of Economics and Management, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: In recent years, core agricultural enterprises within China's agri-food supply chains have invested heavily in IT applications, yet there has been a problem of IT investment not being proportional to output. Therefore, from the perspective of IT capabilities, the theoretical and empirical research were combined to deeply investigate how IT capabilities influenced agri-food supply chain performance and the mediating roles of partnerships and information sharing. Totally 350 valid questionnaires were collected through online and offline surveys and structural equation modeling was used to find that: firstly, IT capabilities were positively correlated with both partnerships and information sharing; secondly, both partnerships and information sharing positively influenced the overall agri-food supply chain performance; thirdly, IT capabilities indirectly affected agri-food supply chain performance, with both partnerships and information sharing acting as complete mediators. It innovatively built and empirically tested the influence mechanism among IT capabilities, partnerships, information sharing, and agri-food supply chain performance. The findings can provide agricultural enterprise managers with effective strategies (such as enhancing IT capabilities, partnerships, and information sharing) to improve agri-food supply chain performance. Furthermore, it offered valuable reference and insights for the continuous improvement of China's agri-food industry chain development policies.

Key words: agri-food supply chain performance; information technology capabilities; partnerships; information sharing

收稿日期: 2025-04-16 修回日期: 2025-04-22

基金项目: 河南省科技厅软科学项目(242400410067、252400411137)、河南省社科联调研课题(SKL-2024-2159)、河南省高等教育教改项目(2024SJGLX0539)和河南牧业经济学院博士科研启动基金项目(2022HNUAHEDF049)

作者简介: 曾梦杰(1990—),女,讲师,博士,主要从事农产品供应链研究,E-mail: zengmengjie008@163.com

通信作者: 吕建军(1973—),男,教授,博士,主要从事农产品供应链研究,E-mail: ljjun@cau.edu.cn

0 引言

涉农企业之间的竞争已经转变为农产品供应链之间的竞争。随着消费需求升级与全球化竞争加剧,农产品供应链正经历从生产驱动向需求驱动的转型,急需农产品供应链上核心企业通过信息交流和共享,增进供应链上下游合作伙伴关系,密切协作来共同响应市场变化,以提高整体绩效水平^[1]。随着信息时代的到来和信息技术(IT)的高速发展,信息已成为供应链中最为重要的资源,IT被认为是供应链管理中的重要手段^[2-3],能促进供应链协调^[4],帮助企业更容易改进彼此的伙伴关系^[5-6],也可以帮助供应链上下游企业实现实时交流与信息共享^[7-8],解决供应链上的信息不对称问题,减少牛鞭效应^[9],提升链上企业竞争力^[10]。

近年来我国政府和涉农企业在农产品供应链各环节的IT应用上大量投入,例如农业物联网、区块链、农业大数据等^[11],然而IT在农产品供应链上的应用效果仍不理想,我国农产品供应链中仍存在2个尤为突出的问题:农产品供应链中信息传递不畅、信息不对称的问题^[12];农产品供应链中伙伴关系松散、合作不稳定的问题^[13]。这2个问题是导致我国目前农产品供应链绩效水平低下的主要原因,也是导致我国农产品竞争力不强,现代化农业发展进程缓慢的主要原因。总之,IT资源的投入未必能有效地提高农产品供应链绩效,这意味着农产品供应链上出现了IT“生产力悖论”现象^[14],即IT/IS投入与产出之间的矛盾。

目前学者对IT与供应链绩效关系的研究多聚焦在工业领域^[15-16],部分学者初步探讨了农产品供应链上IT应用^[17-18]和系统构建问题^[19-20],但缺少从IT能力视角深入研究IT能力对农产品供应链绩效的影响路径,更缺乏深入探究伙伴关系和信息共享如何在其影响路径上发挥路径作用。

因此,本文从IT能力和农产品供应链管理中重要协调内容(伙伴关系和信息共享)入手,通过理论与实证分析,深入探究IT能力对农产品供应链绩效的影响路径机理,研究信息共享和伙伴关系发挥的中介路径作用,揭示IT能力、信息共享、伙伴关系和农产品供应链绩效之间关系,以期为我国IT“生产力悖论”的破解和农产品供应链绩效提升提供依据。

1 理论分析

1.1 信息技术能力与农产品供应链绩效的关系

随着IT的不断进步及人工智能时代的来临,IT

能力逐渐成为企业重要的竞争优势,推动着传统企业开始向数据化企业转型。基于资源基础观理论,学者们提出IT能力是企业将IT及相关资源和能力统筹协调并匹配运用的能力,能够为企业带来持续价值的能力^[21]。基于前人的研究,本文认为IT能力是对IT及相关资源的运用所产生的,将IT相关资源与其他资源和能力联合重构、部署和运用的能力,如通过IT基础设施、IT人力资源和IT无形资产相结合所产生的,能够带来持续竞争优势和价值的能力,具有稀缺性、价值性、难以模仿等特性,一般包含IT基础设施、IT人力资源、IT内部沟通能力和IT外部沟通能力。

IT的有效应用和能力提升通过优化信息流动效率与决策精准度,对农产品供应链绩效能产生直接促进作用。有效的IT能力有利于涉农企业在农产品供应链管理中高效及时地跟踪各类信息,以保障全链条的农产品质量安全,并有助于合作伙伴及时共享必要的信息,并使他们能够更早地做出决策^[14]。姚雄飞等^[22]的创新绩效研究证实,流通企业应用区块链等新兴技术后,其供应链协同创新效率提升37.6%,主要源于智能合约自动执行带来的交易成本节约。王帅等^[23]针对零售企业的实证研究表明,IT应用成熟度每提升1个层级,可使供应链综合绩效提升12.3%,其作用机制主要体现为自动化流程替代人工操作所实现的时间压缩效应。

基于以上分析,本文认为IT能力可以帮助企业高效获取信息,降低运营和交易成本,提高服务质量,改善农产品供应链绩效水平(含服务绩效、财务绩效和战略绩效),特提出假设1(H1):IT能力正向影响农产品供应链绩效。

1.2 信息技术能力与伙伴关系、信息共享的关系

IT能力通过重塑组织间的交互模式与协作机制,对伙伴关系的构建与维系产生结构性和稳定性的影响。IT的有效应用通过增强信息透明度与交互可追溯性,成为组织间信任关系的关键赋能工具。贺丹君等^[24]指出,区块链、大数据等技术的有效应用能实现交易数据的不可篡改与实时共享,使合作伙伴间的行为可验证性提升42%,有效缓解了传统合作中的机会主义风险。曾敏刚等^[25]的实证研究进一步揭示,IT能力每提升1个单位,供应链伙伴间的认知信任与情感信任分别增长0.37和0.29个标准差,其中数据可视化技术对信任建立的边际效应最为显著。这种技术赋能的关系机制尤其在跨组织协作初期具有奠基作用,为伙伴关系的持续深化提供了认知基础。

IT能力(例如电子商务、物联网、可追溯系统等

现代信息技术与企业内外部管理的有效结合)可以重构组织内外的信息交互模式,为信息共享的深度与广度拓展提供技术基础和能力支撑。IT 能力的有效发挥可以帮助涉农企业方便与上游供应商和下游客户进行信息传输与共享,并及时做出合理的管理决策。研究表明,IT 能力通过提升共享效率、优化协同机制及重塑治理结构,能对信息共享产生多维度影响。张善亮等^[26]研究表明 IT 技术赋能效应在动态环境中尤为突出,区块链技术的不可篡改特性可将合作伙伴间的信息验证成本降低 58%。IT 应用水平能通过增强供应链成员间的信息透明度和共享水平,减少信息不对称引发的交易摩擦^[7]。

综上所述,在农产品供应链管理中,IT 能力(含 IT 基础设施能力、IT 人才能力、IT 内部沟通能力和 IT 外部沟通能力)对于整个链条的参与企业,一方面可以增强企业间密切的合作和稳定的关系(含信任、承诺、契约、权利和相互依赖),另一方面可以帮助伙伴间实现高效的信息共享(含信息共享的内容、层次和质量),实现农产品供应链的全程可追溯。因此,提出假设 2(H2):IT 能力正向影响伙伴关系和假设 3(H3):IT 能力正向影响信息共享。

1.3 伙伴关系、信息共享与农产品供应链绩效的关系

伙伴关系作为供应链协同运作的核心纽带,对农产品供应链绩效的优化具有多维度驱动作用。稳定的伙伴关系可以抵御政治、社会或经济等风险,降低交易成本,一般包含信任、承诺、契约、权利和相互依赖的关系^[13]。梁琳娜等^[27]发现,战略伙伴关系可使企业产品上市周期缩短 28%,市场份额提高 13.6%,其作用机理在于联合需求预测准确率提升至 91%。夏曼曼等^[28]在装配式建筑领域的研究表明,区块链技术支持的伙伴关系可使供应链信任水平提升 56%,进而推动交付准时率提高至 94%。张敏等^[29]对比发现,零售企业伙伴关系对库存周转率的促进效应是制造企业的 1.4 倍,显著提升其经营绩效。

农产品供应链管理 3 种复杂流(物流、信息流和资金流)中,信息流是流量最大、流速最快、流动最频繁的,只有信息在供应链企业间高效流动与共享,供应链才能高效协调和运作,整体绩效才能提升。学者们发现,信息共享作为供应链协同运作的核心要素,对供应链绩效的提升具有多维度的促进作用,一般包含信息共享的内容、层次和质量。如张善亮等^[26]针对中小企业的研究证实,数字技术通过信息共享传导对运营绩效的贡献率达 43.7%,其中隐性知识共享的中介效应强度显著高于显性知识。EDWIN 等^[30]通过调研肯尼亚乳制品供应链,发现

信息共享水平会影响到整个供应链产出。YUAN 等^[31]研究表明,在农产品供应链中更高的信息共享频率可以通过缩短行程距离、提高服务水平和货车利用率来提高物流绩效。

另外,农产品供应链上的伙伴关系是上下游企业间能否进行信息共享的重要决定因素,也影响着信息共享的深度与广度。有些涉农企业不愿共享信息,担心信息泄露,一个重要原因是农产品供应链成员之间缺乏稳定牢靠的伙伴关系。基于关系理论,信任关系中的合作伙伴会毫不犹豫地分享信息,并相信会得到同样信息共享^[32]。

因此,伙伴关系和信息共享作为农产品供应链协调的重要内容,本文假设二者均会积极影响农产品供应链绩效,同时合作伙伴关系也会正向影响彼此间信息共享,故提出假设 4(H4):伙伴关系正向影响农产品供应链绩效;假设 5(H5):信息共享正向影响农产品供应链绩效和假设 6(H6):伙伴关系正向影响信息共享。

1.4 伙伴关系、信息共享在信息技术能力与农产品供应链绩效之间发挥的中介作用

伙伴关系作为供应链协同的核心要素,在 IT 能力与农产品供应链绩效的关系中具有中介路径作用。一些研究初步分析了伙伴关系在企业管理和供应链管理中的中介作用;然而,他们还没有发现伙伴关系在 IT 能力对农产品供应链绩效的影响中发挥关键的中介作用。例如,何威等^[33]的结构方程模型显示,信息通信技术的有效应用通过促进协同创新伙伴关系,间接提升企业创新绩效的路径系数为 0.39,其知识转移效率在此过程中发挥关键传导作用。王子晴等^[34]的实证研究表明,当伙伴间知识协同水平超过阈值时,技术资源对合作创新绩效的边际效应提高 1.8 倍,伙伴关系在此过程中呈现正向调节效应。

IT 能力通过提升信息共享质量与效率从而间接驱动供应链绩效改进,形成“技术投入-共享优化-绩效提升”的价值传导链。林杰等^[35]发现 RPA 技术通过财务信息共享流程再造,使企业运营成本降低 19%,其中共享效率改进贡献率达 62%。齐萧苑^[36]的云技术模型揭示,当云平台数据实时交互频率超过临界值,信息共享在云技术与供应链绩效间的中介效应占比从 37%跃升至 58%。冯华等^[7]的阈值分析表明,IT 水平跨越 4.2 级后,信息共享每提升 10%带来的绩效增益扩大 2.1 倍。

尽管当前学者们还未深入探索伙伴关系与信息共享在 IT 能力对农产品供应链绩效的影响中发挥的作用,但基于上述讨论,本文认为伙伴关系和信息

共享在 IT 能力对农产品供应链绩效的间接影响上均发挥着中介路径作用,即当核心农业企业具有较高的信息技术能力时,会增强合作伙伴的关系,更愿意及时共享信息,从而有利于提升整个农产品供应链绩效。因此,提出假设 7(H7):伙伴关系在 IT 能力与农产品供应链绩效间发挥着中介作用和假设 8(H8):信息共享在 IT 能力与农产品供应链绩效间发挥着中介作用。

综上所述,本文构建的理论框架如图 1 所示,实证研究以上 8 个基本假设路径(4 个一级构念之间相互影响路径),4 个一级构念分别为 IT 能力、伙伴关系、信息共享和农产品供应链绩效。共 15 个二级构念,包含 4 种维度 IT 能力(IT 基础设施能力、IT 人才能力、IT 内部沟通能力和 IT 外部沟通能力)、5 种维度伙伴关系(包含信任、承诺、契约、权利和相互依赖关系)、3 种维度信息共享(含信息共享的层次、内容和质量)和 3 种维度农产品供应链绩效(财务绩效、服务绩效和战略绩效)。

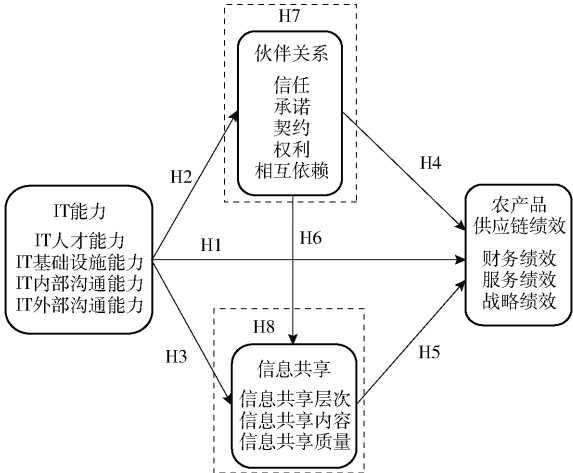


图 1 理论框架
Fig. 1 Theoretical framework

2 研究设计和数据收集

2.1 问卷设计与变量度量

本文通过问卷调查获得一手研究数据,调研对象是我国农产品供应链上的核心涉农企业,主要调查农产品供应链的 IT 能力、信息共享情况、伙伴关系情况和农产品供应链绩效。问卷设计严格按照五原则(简明性、适应性、目的性、可接受性和顺序性)。分为 5 部分:第 1 部分是 IT 能力,包括 IT 人才能力、IT 基础设施能力、IT 内部沟通能力和 IT 外部沟通能力等;第 2 部分是伙伴关系,包含信任、承诺、契约、相互依赖和权利;第 3 部分是信息共享情况,包含信息共享层次、信息共享质量、信息共享内容;第 4 部分是农产品供应链绩效,包含农产品供应

链财务绩效、服务绩效和战略绩效;第 5 部分是调研对象的基本信息,包含企业营业额、企业规模(员工人数)、企业类型、企业性质、被调研者职务等基本信息。本文的核心测量题项均采用 Likert 7 级量表(1 完全不同意、2 不同意、3 有点不同意、4 不确定、5 有点同意、6 同意、7 完全同意)。

依据前文理论分析,本文变量构念设计均结合国内外学者的研究^[3,5,8,13,15,25,30],并充分考虑我国农产品供应链的实际,采用 Likert 7 级量表,具体如表 1~4 所示:从能力(需求)的角度结合信息化的软硬件基础设施,将 IT 能力一级构念包含 4 个二级构念(IT 基础设施能力、IT 人才能力、IT 内部沟通能力和 IT 外部沟通能力),共有 18 个题项;依据我国涉农龙头企业与上下游的伙伴关系实际,将伙伴关

表 1 IT 能力度量
Tab. 1 Measurement of IT capabilities

二级构念	题项编号	题项
IT 人才能力	ITHC1	IT 或 IS 岗位员工能熟练运用信息技术/系统
	ITHC2	IT 或 IS 岗位的员工工作积极性和主动性高
	ITHC3	IT 或 IS 岗位的员工自学能力强
	ITHC4	IT 或 IS 岗位的员工协同工作能力强
	ITHC5	IT 或 IS 岗位的员工熟知企业的主营业务
IT 基础设施能力	ITFC1	拥有完备的通信网络(局域网、无线网等)
	ITFC2	拥有完备的硬件(计算机、路由器等)
	ITFC3	拥有的信息技术和系统的兼容性和扩展性强(易于后期开发)
	ITFC4	拥有统一的信息系统来管理供应、生产、销售等信息
IT 内部沟通能力	ITIC1	各级员工均可根据自身级别访问和使用信息系统和技术
	ITIC2	各部门充分共享订单、生产、销售等信息
	ITIC3	无纸化办公和协作程度高(在线审批、办公、汇报等)
	ITIC4	拥有完整的信息化相关学习和培训资料
IT 外部沟通能力	ITEC1	与关键供应商进行了充分信息交流(利用 EDI、ERP、GPS、SCM、VMI、电商、物联网、射频识别等信息技术)
	ITEC2	有完备的信息技术和系统进行供应商关系管理(如供应商选择、合同管理、订单管理、原材料管理等)
	ITEC3	充分利用互联网信息技术与关键供应商沟通合作(如 Internet/Extranet/Intranet、微信、电商等)
	ITEC4	与顾客进行了充分信息交流(利用 EDI、ERP、CRM、SCM、VMI、物联网、条码、射频识别等信息技术)
	ITEC5	有完备的信息技术和系统进行客户关系管理(如客户管理、订单管理、退货管理、服务管理等)

表 2 伙伴关系度量

Tab. 2 Measurement of partnerships

二级构念	题项编号	题项
信任	IRT1	相信主要合作伙伴在制定重大决策时会考虑到我们的利益
	IRT2	相信主要合作伙伴不会泄露我们的商业机密
	IRT3	相信主要合作伙伴会自觉遵守协议或承诺
承诺	IRC1	承诺将来不会轻易中断合作关系
	IRC2	与主要合作伙伴愿意为维持长期合作关系而共同努力
	IRC3	愿意在主要合作伙伴遇到资金困难时提供资金帮助
契约	IRQ1	与主要合作伙伴签订了正式合同或契约
	IRQ2	我们正式明确了合作关系
	IRQ3	与合作伙伴经常进行正式的业务沟通和洽谈
相互依赖	IRI1	如果损失该主要合作伙伴,很难找到新的合作伙伴
	IRI2	非常依赖主要合作伙伴来实现我们的商业目标
	IRI3	对主要合作伙伴进行了专门的投资(人、财、物、信息等)
权利	IRP1	与主要的合作伙伴相互鼓励和帮助(技术和信息支持等)
	IRP2	与合作伙伴的利益分配机制很公平、合理
	IRP3	与主要合作伙伴具有同样的谈判和议价能力

表 3 信息共享度量

Tab.3 Measurement of information sharing

二级构念	题项编号	题项
信息共享层次	ISL1	与主要合作伙伴共享作业层信息(含具体业务事务信息)
	ISL2	与主要合作伙伴共享管理层信息(含财务、生产、库存、销售等计划、组织、控制信息)
	ISL3	与主要合作伙伴共享战略层信息(目标、规划、愿景等)
信息共享质量	ISC1	与主要合作伙伴共享的信息是准确的
	ISC2	与主要合作伙伴共享的信息是完整的
	ISC3	与主要合作伙伴共享的信息是及时的
信息共享内容	ISC4	与主要合作伙伴共享的信息是可靠的
	ISQ1	与主要合作伙伴共享计划信息
	ISQ2	与主要合作伙伴共享物流信息
	ISQ3	与主要合作伙伴共享需求预测信息
	ISQ4	与主要合作伙伴共享销售信息

系一级构念包含 5 个二级构念(信任、承诺、契约、相互依赖和权利),共有 15 个题项;结合我国农产品供应链上信息交流与共享情况,设计信息共享一级构念包含 3 个二级构念(信息共享层次、信息共享内容和信息共享质量),共 11 个题项;依据我国

农产品供应链整体发展情况,设计农产品供应链绩效一级构念包含 3 个二级构念(财务绩效、服务绩效和战略绩效),共 12 个题项。

表 4 农产品供应链绩效度量

Tab. 4 Measurement of agri-food supply chain performance

二级构念	题项编号	题项
财务绩效	ASFP1	订单管理成本低
	ASFP2	物流成本低
	ASFP3	现金周转短
	ASFP4	利润率高
服务绩效	ASSP1	产品质量安全性高
	ASSP2	消费者满意度高
	ASSP3	准时交货率高
	ASSP4	服务响应时间短
战略绩效	ASTP1	与主要合作伙伴能快速地开发和推广新的农产品或服务
	ASTP2	与主要合作伙伴能快速应对消费需求变化
	ASTP3	与主要合作伙伴能高效应对市场价格波动
	ASTP4	与主要合作伙伴能准确预测产品需求

2.2 问卷发放与回收

首先,在正式问卷形成之前,进行预调研,调研对象为涉农供应链管理领域的专家学者、中国农业大学中农创企业家、从事农产品供应链工作的 MBA 学员和 EMBA 学员等。共发放 115 份问卷,回收 95 份问卷,剔除填答不完整以及填写不认真(全部或大部分题目填答相同)问卷后,得到有效预测试问卷共 87 份。其次,根据预调研反馈的结果,进行正式问卷的确定与发放。正式调研重点调查 3 类农产品供应链模式,分别是龙头企业、农产品批发市场、零售商主导的农产品供应链模式,具体调研对象是涉农企业里熟悉企业信息化和供应链管理情况的管理人员,主要为企业高层管理者(董事长、总经理、CEO、CIO 等)和中层管理者(供应链经理、采购经理、信息管理经理等)。核心企业在回答问卷时被要求对所在供应链整体情况进行 7 级程度评估,以保证数据质量。

同时,为了保证样本的代表性和数量的有效性,本文结合线下和线上方式调研全国主要省份农产品供应链的核心企业(一个涉农企业只允许填写一份)。线上调研利用课题组前期积累的企业资源(拼多多、京东、供销总社等),线下调研利用了多种渠道进行面对面调研(一是利用中国权威的涉农企业展会和企业论坛等途径,如全国农商互联大会、第十三届中国国际现代农业博览会等;二是借助研究团队前期深入各省开展的电子商务和产业链服务工作;三是线下调研中国农业大学的 MBA、EMBA、中

农创企业家和校友企业等)。

最终,通过线上线下多渠道,共计发出问卷 489 份,有效回收 350 份(有效率为 71.5%),充分调研了我国核心涉农企业信息技术应用及农产品供应链管理实际。另外,根据 BRECKLER^[37]建议“若追求稳定的结构方程模型分析结果,需要大于 200 份以上样本”,本文有效样本数据为 350 份,达到数量标准,满足结构方程模型分析问卷数量要求。

2.3 描述性统计分析

本次调查共计回收有效问卷 350 份,调查对象基本特征如表 5 所示。从调研对象的职务看,有 83% 为董事长、总裁、总经理、CIO 等高层管理者,他们更了解企业所在农产品供应链,符合调研的要求。企业的员工规模方面,有 38% 的企业员工为 50 ~ 300 人,18% 的企业员工多于 300 人。营业额方面,年收入 1 亿元人民币以上的企业占全部样本的 13%,年收入 500 万 ~ 1 亿元人民币的企业占 59%。企业性质方面,89% 的被调研企业为民营企业,其余企业为国有和中外合资。当前我国农产品供应链的核心企业往往是生产商、品牌商或最下游的零售商,故本文调研的企业绝大多数属于这些核心企业,符合我国农产品供应链实际情况。

表 5 调查企业基本特征

Tab. 5 Basic characteristics of surveyed enterprises			
分类	特征	样本数	比例/%
企业规模 (员工人数)	0 ~ 20	65	19
	20 ~ 50	89	25
	50 ~ 100	64	18
	100 ~ 300	70	20
	> 300	62	18
企业性质	民营企业(含民营控股)	311	89
	国有企业(含国有控股)	28	8
	中外合资	11	3
企业类型 (多选)	生产商	229	66
	品牌商	189	54
	线下零售商	82	23
	电商平台企业(线上零售商)	107	31
	其他	45	13
营业额 (单位:人民币万元)	0 ~ 50	34	10
	50 ~ 500	62	18
	500 ~ 1 000	63	18
	1 000 ~ 5 000	82	23
	5 000 ~ 10 000	62	18
	> 10 000	47	13
职务名称	高层管理者(董事长、总裁、总经理、CIO 等)	289	83
	中层管理者(供应链经理、采购经理等)	61	17

2.4 信度和效度分析

使用 Cronbach’s α 系数和验证性因子分析来评估变量构念的信度和效度。变量构念的信度表明设计的题项是否一致和稳定,一般 Cronbach’s α 系数高于 0.7 表明具有良好的信度。使用 IBM SPSS 27.0 软件计算 Cronbach’s α 系数,如表 6 ~ 9 所示,所有构念的 Cronbach’s α 值为 0.876 ~ 0.938,均高于学者提出的临界值标准 0.7,显示出高度的内部

表 6 IT 能力信度和效度

Tab. 6 Reliability and validity of IT capabilities					
变量	题项编号	因子载荷	Cronbach’s α 系数	AVE	C. R.
IT 能力			0.930	0.925	0.768
IT 人才能力	ITHC1	0.830	0.934	0.931	0.742
	ITHC2	0.760			
	ITHC3	0.841			
	ITHC4	0.801			
	ITHC5	0.821			
IT 基础设施能力	ITFC1	0.803	0.911	0.915	0.732
	ITFC2	0.801			
	ITFC3	0.811			
	ITFC4	0.798			
IT 内部沟通能力	ITIC1	0.760	0.923	0.924	0.763
	ITIC2	0.812			
	ITIC3	0.772			
	ITIC4	0.780			
IT 外部沟通能力	ITEC1	0.740	0.933	0.932	0.708
	ITEC2	0.789			
	ITEC3	0.776			
	ITEC4	0.788			
	ITEC5	0.811			

表 7 伙伴关系信度和效度

Tab. 7 Reliability and validity of partnerships					
变量	题项编号	因子载荷	Cronbach’s α 系数	AVE	C. R.
伙伴关系			0.933	0.795	0.932
信任	IRT1	0.871	0.905	0.774	0.912
	IRT2	0.756			
	IRT3	0.823			
承诺	IRC1	0.901	0.926	0.814	0.927
	IRC2	0.860			
	IRC3	0.838			
契约	IRQ1	0.861	0.921	0.848	0.931
	IRQ2	0.873			
	IRQ3	0.859			
相互依赖	IRI1	0.918	0.907	0.773	0.912
	IRI2	0.941			
	IRI3	0.881			
权利	IRP1	0.883	0.908	0.765	0.906
	IRP2	0.830			
	IRP3	0.851			

表 8 信息共享的信度和效度

Tab. 8 Reliability and validity of information sharing					
变量	题项 编号	因子载荷	Cronbach's α 系数	AVE	C. R.
信息共享			0. 936	0. 789	0. 941
信息共享层 次	ISL1	0. 799	0. 931	0. 826	0. 933
	ISL2	0. 779			
	ISL3	0. 827			
信息共享内 容	ISC1	0. 860	0. 938	0. 747	0. 922
	ISC2	0. 852			
	ISC3	0. 849			
	ISC4	0. 846			
信息共享质 量	ISQ1	0. 867	0. 922	0. 793	0. 937
	ISQ2	0. 827			
	ISQ3	0. 818			
	ISQ4	0. 772			

表 9 农产品供应链绩效的信度和效度

Tab. 9 Reliability and validity of agri-food supply chain performance					
变量	题项 编号	因子载荷	Cronbach's α 系数	AVE	C. R.
供应链绩效			0. 876	0. 769	0. 943
财务绩效	ASFP1	0. 902	0. 937	0. 792	0. 937
	ASFP2	0. 886			
	ASFP3	0. 918			
	ASFP4	0. 892			
服务绩效	ASSP1	0. 886	0. 918	0. 746	0. 922
	ASSP2	0. 818			
	ASSP3	0. 913			
	ASSP4	0. 812			
战略绩效	ASTP1	0. 870	0. 928	0. 767	0. 938
	ASTP2	0. 791			
	ASTP3	0. 897			
	ASTP4	0. 880			

一致性和可靠性。

使用 IBM AMOS 24.0 软件对所有变量构念进行验证性因子分析,结果如表 6~9 所示。所有标准化因子载荷均高于 0.70,范围在 0.740~0.941 之间,均显著且大于 0.6 标准,说明各测量题项选取质量较好。平均提取方差(Average variance extracted, AVE)均为 0.746~0.932,高于建议的阈值 0.60,说明同一个构念的题项一致度较为显著。构念的组合信度(Composite reliabilities C. R.)范围为 0.708~0.943,大于 0.70,说明各构念信度很好。上述结果均说明变量构念的信度和效度均较高,调研的数据具有较好的聚合效度,且内部一致性较好。

3 实证分析

3.1 模型适配度检验

利用 AMOS 软件采用结构方程模型进行实证

分析,模型设置 18 个外生观测变量(题项)来测量 1 个一级潜变量(IT 能力)和 4 个二级潜变量(IT 人才能力、IT 基础设施能力、IT 内部沟通能力、IT 外部沟通能力),15 个内生观测变量(题项)来测量 1 个一级潜变量(伙伴关系)和 5 个二级潜变量(信任、承诺、契约、相互依赖和权利),11 个内生观测变量(题项)来测量 1 个一级潜变量(信息共享)和 3 个二级潜变量(信息共享层次、信息共享质量、信息共享内容),12 个内生观测变量(题项)来测量 1 个一级潜变量(农产品供应链绩效)和 3 个二级潜变量(农产品供应链财务绩效、农产品供应链服务绩效、农产品供应链战略绩效)。

参考前人的研究,本文重点选取绝对适配统计量、增值适配统计量和简约适配统计量来检验模型适配度,分别为 χ^2/df 、RMSEA、GFI、TLI、CFI、NFI、IFI、PNFI 和 PCFI,主模型适配度检验结果如表 10 所示。绝对适配统计量方面, χ^2/df 为 2.03 (小于 3),RMSEA 为 0.041 (小于 0.08),GFI 为 0.839 (接近 0.9);增值适配统计量方面,CFI、IFI、TLI、NFI 均大于 0.9 的适配标准;简约适配统计量方面,PNFI 为 0.860 和 PCFI 为 0.895,均大于 0.5。整体上,除 GFI 略低于 0.9 外,其他适配度指标均达到标准要求。综上所述,本文构建的结构方程模型拥有良好适配度,可进行路径分析。

表 10 适配度检验结果

Tab. 10 Adaptation test results				
	指标	适配标准	检验值	适配结果
绝对适配 统计量	χ^2/df	<3	2. 030	好
	RMSEA	<0. 08	0. 041	好
	GFI	大于或接近 0. 9	0. 839	符合
增值适配 统计量	CFI	大于或接近 0. 9	0. 935	好
	IFI	大于或接近 0. 9	0. 931	好
	TLI	大于或接近 0. 9	0. 932	好
	NFI	大于或接近 0. 9	0. 901	好
简约适配 统计量	PNFI	大于或接近 0. 5	0. 860	好
	PCFI	大于或接近 0. 5	0. 895	好

注: $\chi^2=3\,426.64$; $df=1\,688$ 。

3.2 路径分析

利用 AMOS 进行结构方程模型的路径分析,考察伙伴关系和信息共享同时存在的情况下总体层面的 IT 能力和农产品供应链绩效之间的影响路径关系,得到路径检验结果如表 11 所示。

检验结果均显示:伙伴关系和信息共享共同存在情况下,IT 能力对农产品供应链绩效的标准化路径系数为 0.079,不显著,说明二者没有直接影响,拒绝了理论假设 1;信息共享存在下,IT 能力显著影

响伙伴关系,标准化路径系数为 0.728,支持理论假设 2;IT 能力显著影响信息共享,标准化路径系数为 0.581,支持理论假设 3;伙伴关系显著影响农产品供应链绩效,标准化路径系数为 0.576,支持理论假设 4;信息共享显著影响农产品供应链绩效,标准化路径系数为 0.316,支持理论假设 5;伙伴关系显著影响信息共享,标准化路径系数为 0.221,支持假设 6。

表 11 路径检验结果
Tab. 11 Path verification results

	路径	标准化路 径系数	路径 系数	标准 差	临界 比	结论
结构 模型	IT 能力→农产 品供应链绩效	0.079	0.051	0.056	1.056	拒绝 H1
	IT 能力→伙伴 关系	0.728 ***	0.769	0.060	12.922	支持 H2
	IT 能力→信息 共享	0.581 ***	0.731	0.086	8.558	支持 H3
	伙伴关系→农产 品供应链绩效	0.576 ***	0.381	0.060	6.422	支持 H4
	信息共享→农产 品供应链绩效	0.316 ***	0.178	0.044	4.281	支持 H5
	伙伴关系→信息 共享	0.221 ***	0.271	0.072	3.811	支持 H6
	IT 能力→IT 人 才能力	0.751 ***	1.000	- -	- -	支持
	IT 能力→IT 基 础设施能力	0.760 ***	0.973	0.065	14.886	支持
	IT 能力→IT 内 部沟通能力	0.841 ***	1.196	0.080	15.032	支持
	IT 能力→IT 外 部沟通能力	0.851 ***	1.160	0.075	15.461	支持
测量 模型	伙伴关系→信任	0.819 ***	1.000			支持
	伙伴关系→承诺	0.768 ***	0.820	0.052	15.638	支持
	伙伴关系→契约	0.692 ***	0.715	0.046	15.470	支持
	伙伴关系→相互 依赖	0.326 ***	0.379	0.078	4.8761	支持
	伙伴关系→权利	0.721 ***	0.857	0.055	15.735	支持
	信息共享→信息 共享层次	0.811 ***	1.000	- -	- -	支持
	信息共享→信息 共享质量	0.923 ***	1.051	0.050	20.861	支持
	信息共享→信息 共享内容	0.889 ***	1.037	0.051	20.532	支持
	农产品供应链绩 效→财务绩效	0.557 ***	1.000	- -	- -	支持
	农产品供应链绩 效→服务绩效	0.676 ***	1.224	0.141	8.669	支持
	农产品供应链绩 效→战略绩效	0.780 ***	1.376	0.154	8.897	支持

注：* 表示 $P < 0.05$, ** 表示 $P < 0.01$, *** 表示 $P < 0.001$; 标准差、临界比是检验统计量。-- 表示不存在,下同。

3.3 中介作用分析

依据 Baron and Kenny (1986) 中介模型原理,用 AMOS 软件结构方程模型分析在伙伴关系和信息共享共同存在的情况下总的 IT 能力对农产品供应链绩效的影响路径,及 2 个变量发挥的双重中介路径作用,并采用 Sobel 检验对中介路径进行验证,计算中介效应对总效应解释度 VAF。

验证伙伴关系和信息共享双重中介作用的联立方程模型如下(如图 2 所示,其中 $a、b、c、d、f$ 表示变量之间影响的标准化路径系数):不考虑中介变量(伙伴关系和信息共享)的情况下,检验 IT 能力 X 对农产品供应链绩效 Y 的影响(模型 $Y = aX + e$);检验 IT 能力对伙伴关系 R 的影响(模型 $R = b_1X + e$);检验 IT 能力和伙伴关系对信息共享 S 的影响(模型 $S = b_2X + fR + e$);检验 IT 能力、伙伴关系和信息共享对农产品供应链绩效的影响(模型 $Y = cX + d_1S + d_2R + e$)。在 a 路径成立的情况下,如果 b_1 和 d_1 路径影响成立,即可验证伙伴关系在 IT 能力和农产品供应链绩效之间发挥中介作用;如果 b_2 和 d_2 路径影响成立,即可验证信息共享在 IT 能力和农产品供应链绩效之间发挥中介作用;如果 $b_1、f$ 和 d_2 路径影响同时成立,即可验证信息共享和伙伴关系共同发挥多重中介作用。

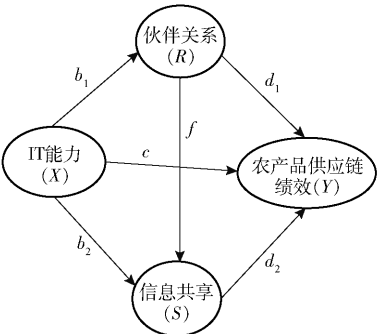


图 2 伙伴关系和信息共享的中介路径作用分析
Fig.2 Intermediary path analysis of partnerships and information sharing

针对以上分析,软件 AMOS 可以联立运行以上模型并输出各变量之间的总体影响/效应、直接影响/效应及间接影响/效应,以此来分析伙伴关系和信息共享同时存在下各个路径是否成立及影响程度,并验证伙伴关系和信息共享是否在总 IT 能力与农产品供应链绩效之间发挥双重的中介路径作用及中介效应量。如表 12 所示,IT 能力对农产品供应链绩效的直接影响路径不成立(标准化路径系数 c 是 0.079,且不显著),但二者的间接影响成立(间接效应量是 0.654, $P < 0.001$)。模型中有些变量之间只存在直接影响路径,如 IT 能力直接影响伙伴关系(直接效应量 b_1 是 0.728, $P < 0.001$),信息共享直接

影响农产品供应链绩效(直接效应量 d_2 是 0.316, $P < 0.001$),伙伴关系直接影响信息共享(直接效应量 f 是 0.221, $P < 0.001$)。另外,IT 能力直接影响信息共享(直接效应量 b_2 是 0.581, $P < 0.001$),也间接影响信息共享(间接效应量是 0.161, $P < 0.001$),直接影响大于间接影响;伙伴关系直接影响农产品供应链绩效(直接效应量 d_1 是 0.576, $P < 0.001$),也间接影响农产品供应链绩效(间接效应量是 0.07, $P < 0.001$),其直接影响大于间接影响。

表 12 直接效应与间接效应
Tab.12 Direct and indirect effects

项目	从	到		
		伙伴关系	信息共享	农产品供应链绩效
直接效应	IT 能力	0.728	0.581	--
	伙伴关系	--	0.221	0.576
	信息共享	--	--	0.316
间接效应	IT 能力	--	0.161	0.654
	伙伴关系	--	--	0.070
	信息共享	--	--	--

注:表中只显示路径成立的直接和间接效应。

在以上分析基础上,采用 Sobel 检验对伙伴关系和信息共享共同作用的中介效应进行进一步验证,发现 Z 检验结果显著。以上分析结果验证了主模型中 b_1 、 b_2 、 f 、 d_1 和 d_2 路径影响同时成立,表明在伙伴关系和信息共享共同作用下,从 IT 能力到农产品供应链绩效有 3 条间接影响路径(如表 13 所示),分别为路径 1“IT 能力到伙伴关系到农产品供应链绩效”、路径 2“IT 能力到信息共享到农产品供应链绩效”和路径 3“IT 能力到伙伴关系到信息共享再到农产品供应链绩效”。这 3 条从 IT 能力到农产品供应链绩效间接影响路径的效应量分别为 0.419、0.184 和 0.051(总的间接效用量为 0.654),对总效应的解释度 VAF 分别为 64.07%、28.13% 和 7.8%,也进一步验证了假设 H7 和 H8。

表 13 伙伴关系和信息共享的中介效应量
Tab.13 Intermediary effect quantity of partnerships and information sharing

路径	中介效应	VAF/%
IT 能力→伙伴关系→农产品供应链绩效	0.419	64.07
IT 能力→信息共享→农产品供应链绩效	0.184	28.13
IT 能力→伙伴关系→信息共享→农产品供应链绩效	0.051	7.80

综上,路径分析支持假设 H2 至 H6,拒绝了 H1,中介作用分析支持假设 H7 和 H8。说明当伙伴关系和信息共享共同存在的情况下,IT 能力对农产品

供应链绩效没有直接影响,只有间接影响;且信息共享和伙伴关系在 IT 能力对农产品供应链绩效影响路径之间发挥着完全中介作用。除此之外,输出结果也进一步说明 IT 能力和信息共享之间,伙伴关系和农产品供应链绩效之间也存在间接影响路径,即伙伴关系在 IT 能力和信息共享之间发挥部分中介作用,信息共享在伙伴关系和农产品供应链绩效之间也发挥着部分中介作用。

4 结论

(1)以解决农产品供应链上的 IT“生产力悖论”为出发点,为了回答“IT 能力如何影响农产品供应链绩效”的问题,详细探究了 IT 能力对农产品供应链绩效的影响机理,及信息共享和伙伴关系在其中发挥的中介路径作用。首先,基于资源基础理论,结合目前研究现状,构建了 IT 能力、信息共享、伙伴关系和农产品供应链绩效之间相互关系的理论框架。其次,基于国内外成熟的问卷量表,结合我国农产品供应链的实际情况,系统设计了变量测量题项及调研问卷,通过线上线下多渠道有效回收 350 份,充分调研了农产品供应链上信息技术应用及供应链管理实际。在此基础上,综合运用 SPSS 和 AMOS 等统计分析工具,实证分析伙伴关系和信息共享存在下 IT 能力(含 IT 基础设施能力、IT 人才能力、IT 内部沟通能力和 IT 外部沟通能力)对农产品供应链绩效(含财务绩效、服务绩效和战略绩效)的影响,并深入探讨信息共享(含信息共享的层次、内容和质量)和伙伴关系(含信任、承诺、契约、权利和相互依赖关系)在其中发挥的中介路径作用。

(2)IT 能力会积极影响供应链上的伙伴关系和信息共享水平,供应链上的伙伴关系和信息共享水平会正向影响农产品供应链绩效,IT 能力对农产品供应链绩效有显著间接影响,其中伙伴关系和信息共享是 IT 能力和农产品供应链绩效之间不可缺少的关键间接影响路径,且两个因素共同作用时会起到完全中介作用,即 IT 能力完全通过增进伙伴关系、促进信息共享,从而提高农产品供应链的绩效。另外,IT 能力会通过增进伙伴关系从而促进信息共享,而信息共享是伙伴关系与农产品供应链绩效的影响路径中不可缺少的关键中介路径。

(3)提出并验证了包含 IT 能力、伙伴关系、信息共享和农产品供应链绩效之间相互影响的理论框架,研究发现伙伴关系和信息共享共同在 IT 能力和农产品供应链绩效之间发挥着完全中介路径作用,从而扩充了 IT“生产力悖论”的理论研究,发展了 IT 背景下农产品供应链管理新的科学研究领域。本文

实践意义在于为涉农企业管理者和相关组织提供新的视角(IT能力、伙伴关系和信息共享视角)解决IT“生产力悖论”的问题。基于以上发现,建议我国涉农企业从提高4种维度IT能力着手,增强成员间的伙伴关系、促进信息共享水平,可以有效解决链条上信息不对称和伙伴关系不稳定2个突出的问题,从而积极改善农产品供应链绩效。本研究为我国涉农企业竞争力提高和农产品供应链价值提升提供有效途径,为我国农业信息化以及农产品供应链发展政策的不断完善提供理论依据和参考。

参 考 文 献

[1] 吕军. 数字经济发展下推动农产品供应链管理的转型[J]. 农业经济, 2023(12):138-139.
LÜ Jun. Promoting the transformation of agricultural product supply chain management under the context of digital economy development[J]. Agricultural Economy, 2023(12): 138-139. (in Chinese)

[2] 孙传恒, 于华竟, 徐大明, 等. 农产品供应链区块链追溯技术研究进展与展望[J]. 农业机械学报, 2021, 52(1):1-13.
SUN Chuanheng, YU Huajing, XU Daming, et al. Review and prospect of agri-food supply chain traceability based on blockchain technology[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2021, 52(1):1-13. (in Chinese)

[3] LIU X Y, LUO L L, LIU Q, et al. The impact of agile supply chain strategy on manufacturers' ambidextrous innovation—the role of relational governance and information technology capability[J]. Operations Management Research, 2024, 17(4): 1563-1580.

[4] BAI B F. Acquiring supply chain agility through information technology capability: the role of demand forecasting in retail industry[J]. Kybernetes, 2023, 52(10): 4712-4730.

[5] DAGHAR A, ALINAGHIAN L, TURNER N. The role of collaborative interorganizational relationships in supply chain risks: a systematic review using a social capital perspective[J]. Supply Chain Management: an International Journal, 2021, 26(2): 279-296.

[6] 宋华, 韩思齐, 刘文诣. 数字技术如何构建供应链金融网络信任关系? [J]. 管理世界, 2022, 38(3):182-200.
SONG Hua, HAN Siqi, LIU Wenyi. How does digital technology construct the trust relationship of supply chain finance network? [J]. Journal of Management World, 2022, 38(3): 182-200. (in Chinese)

[7] 冯华, 聂蕾, 施雨玲. 供应链治理机制与供应链绩效之间的相互作用关系——基于信息共享的中介效应和信息技术水平的调节效应[J]. 中国管理科学, 2020, 28(2):104-114.
FENG Hua, NIE Lei, SHI Yuling. The interaction between supply chain governance mechanisms and supply chain performance: based on the mediating effects of information sharing and the moderating effects of information technology level[J]. Chinese Journal of Management Science, 2020, 28(2): 104-114. (in Chinese)

[8] BAI B. Understanding the role of demand and supply integration in achieving retail supply chain agility: an information technology capability perspective[J]. Managerial and Decision Economics, 2023, 45(1): 554-570.

[9] 谭砚文, 李丛希, 宋清. 区块链技术在农产品供应链中的应用——理论机理、发展实践与政策启示[J]. 农业经济问题, 2023(1):76-87.
TAN Yanwen, LI Congxi, SONG Qing. Application of blockchain technology in agricultural products supply chain: theoretical mechanism, development practice and policy enlightenment [J]. Issues in Agricultural Economy, 2023(1): 76-87. (in Chinese)

[10] 高官岳, 孙传恒, 罗娜, 等. 基于区块链的农产品供应链溯源数据多条件查询优化方法研究[J]. 农业机械学报, 2024, 55(3):362-374.
GAO Guanyue, SUN Chuanheng, LUO Na, et al. Blockchain-based multi-condition query optimization method for traceability data of agricultural product supply chain[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2024, 55(3): 362-374. (in Chinese)

[11] 赵晓飞, 鲁楠, 李明. 农产品供应链数字化转型:理论框架与实现路径[J]. 云南社会科学, 2022(6):59-67.
ZHAO Xiaofei, LU Nan, LI Ming. Theoretical framework and implementation path for digital transformation of agri-food supply chain[J]. Social Sciences in Yunnan, 2022(6): 59-67. (in Chinese)

[12] 祁峰, 冯梦龙. 完善农产品供应链促进农村经济发展研究[J]. 理论探讨, 2020(4):101-107.
QI Feng, FENG Menglong. Perfecting agricultural product supply chain and promoting rural economic development [J]. Theoretical Investigation, 2020(4): 101-107. (in Chinese)

[13] ZENG M J, LU J J. The impact of information technology capabilities on agri-food supply chain performance: the mediating effects of interorganizational relationships[J]. Journal of Enterprise Information Management, 2021, 34(6): 1699-1721.

[14] KANT S S. IT capital in improving national innovation productivity: understanding IT productivity paradox through cognitive path-dependence model[J]. Information Technology for Development, 2021, 27(2): 314-335.

[15] HUO B F, UL HAQ M Z, GU M H. The impact of information sharing on supply chain learning and flexibility performance [J]. International Journal of Production Research, 2021, 59(5): 1411-1434.

[16] 张国华. TOE 框架下数字技术采用与供应链绩效——基于物流业的实证研究[J]. 商业经济研究, 2024(20):83-86.
ZHANG Guohua. Digital technology adoption and supply chain performance under the TOE framework: an empirical study based on the logistics industry[J]. Journal of Commercial Economics, 2024(20): 83-86. (in Chinese)

[17] 黄庆华, 王浩力. 数字技术促进农产品供应链安全稳定:理论逻辑、实践路径与政策建议[J]. 治理现代化研究, 2023, 39(6):38-49.

- HUANG Qinghua, WANG Haoli. Digital technology promotes the security and stability of agricultural product supply chain: theoretical logic, practical path and policy suggestions[J]. *Governance Modernization Studies*, 2023, 39(6): 38–49. (in Chinese)
- [18] ADITI S, RAKESH R, MUKESH K. Digital technology adoption challenges in the agri-food supply chain from the perspective of attaining sustainable development goals [J]. *The International Journal of Logistics Management*, 2025, 36(2): 556–588.
- [19] 孙传恒, 万宇平, 罗娜, 等. 面向追溯主体的果蔬全供应链区块链多链模型研究[J]. *农业机械学报*, 2023, 54(4): 416–427.
- SUN Chuanheng, WAN Yuping, LUO Na, et al. Research on multi-chain blockchain model for fruit and vegetable whole supply chain traceability [J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2023, 54(4): 416–427. (in Chinese)
- [20] 许继平, 孔德政, 王昭洋, 等. 基于工业互联网的大米供应链数字孪生系统构建[J]. *农业机械学报*, 2023, 54(3): 372–381.
- XU Jiping, KONG Dezheng, WANG Zhaoyang, et al. Construction of digital twin system of rice supply chain based on industrial internet [J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2023, 54(3): 372–381. (in Chinese)
- [21] BI R, DAVIO R, SMYRNIOS K. The role of top management participation and its capability in developing SMEs' competitive process capabilities [J]. *Journal of Small Business Management*, 2019, 57(3): 1008–1026.
- [22] 姚雄飞, 项群娟. 信息技术对流通企业创新绩效的影响机制分析[J]. *商业经济研究*, 2024(20): 155–158.
- YAO Xiongfei, XIANG Qunjuan. Analysis of the mechanism of the impact of information technology on the innovation performance of circulation enterprises [J]. *Journal of Commercial Economics*, 2024(20): 155–158. (in Chinese)
- [23] 王帅, 张友祥. 零售企业信息技术应用成熟度对可持续供应链绩效的作用机制[J]. *商业经济研究*, 2022(17): 126–129.
- WANG Shuai, ZHANG Youxiang. The effect mechanism of retail enterprise information technology application maturity on sustainable supply chain performance [J]. *Journal of Commercial Economics*, 2022(17): 126–129. (in Chinese)
- [24] 贺丹君, 卞桂平. 信息技术的社会公共信任建设价值[J]. *江西社会科学*, 2021, 41(11): 25–34.
- HE Danjun, BIAN Guiping. The value of social public trust construction in information technology [J]. *Jiangxi Social Sciences*, 2021, 41(11): 25–34. (in Chinese)
- [25] 曾敏刚, 林倩, 潘焕雯, 等. 信息技术能力、信任与供应链整合的关系研究[J]. *管理评论*, 2017, 29(12): 217–225, 257.
- ZENG Min'gang, LIN Qian, PAN Huanwen, et al. The relationship among information technology capability, trust and supply chain integration [J]. *Management Review*, 2017, 29(12): 217–225, 257. (in Chinese)
- [26] 张善亮, 惠朋, 李晔. 数字技术与中小制造企业绩效: 信息共享的中介作用[J]. *科学与管理*, 2023, 43(3): 21–30.
- ZHANG Shanliang, HUI Peng, LI Ye. Digital technology and the performance of small and medium-sized manufacturing enterprises: the intermediary effect of information sharing [J]. *Science and Management*, 2023, 43(3): 21–30. (in Chinese)
- [27] 梁琳娜, 张国强, 李浩. 供应链伙伴关系如何提升企业绩效? ——基于产品市场竞争能力视角的解释[J]. *南京财经大学学报*, 2022(6): 52–62.
- LIANG Linna, ZHANG Guoqiang, LI Hao. How supply chain partnerships improve business performance? explanation from the perspective of product market competitiveness [J]. *Journal of Nanjing University of Finance and Economics*, 2022(6): 52–62. (in Chinese)
- [28] 夏曼曼, 赵利, 赵乐萌, 等. 区块链技术的适用性对装配式建筑供应链绩效影响——基于信任关系的中介作用[J]. *建筑经济*, 2022, 43(增刊): 864–869.
- XIA Manman, ZHAO Li, ZHAO Lemeng, et al. Impact of the applicability of block-chain technology on the performance of prefabricated building supply chain: based on the mediating role of trust relationships [J]. *Construction Economy*, 2022, 43(Supp.): 864–869. (in Chinese)
- [29] 张敏, 王垂耕. 供应链合作伙伴关系对零售企业经营绩效影响实证分析[J]. *商业经济研究*, 2020(21): 126–129.
- ZHANG Min, WANG Chuigeng. Empirical analysis on the impact of supply chain partner relationship on the operating performance of retail enterprise [J]. *Journal of Commercial Economics*, 2020(21): 126–129. (in Chinese)
- [30] EDWIN O, MARCO F, WAGURA S N. Information sharing in agri-food supply chains: insights from the Kenya dairy supply chain [J]. *Supply Chain Management: an International Journal*, 2025, 30(1): 127–143.
- [31] YUAN Y X, VIET N, BEHDANI B. The impact of information sharing on the performance of horizontal logistics collaboration: a simulation study in an agri-food supply chain [J]. *IFAC-Papers OnLine*, 2019, 52(13): 2722–2727.
- [32] PANAHIFAR F, BYRNE P J, SALAM M A, et al. Supply chain collaboration and firm's performance: the critical role of information sharing and trust [J]. *Journal of Enterprise Information Management*, 2018, 31(3): 358–379.
- [33] 何威, 李华, 孙秋柏. 协同创新、信息通信技术与企业创新绩效的关系研究[J]. *数学的实践与认识*, 2021, 51(15): 66–74.
- HE Wei, LI Hua, SUN Qiubai. Research on the relationship between collaborative innovation, information communication technology and enterprise innovation performance [J]. *Mathematics in Practice and Theory*, 2021, 51(15): 66–74. (in Chinese)

40,150.

HUANG Xiaomao,ZHANG Lei,WANG Shaoshuai, et al. Path planning of rapeseed combine seeder in field of convex boundary [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2022, 53(1): 33–40,150. (in Chinese)

[14] OKSANEN T, VISALA A. Coverage path planning algorithms for agricultural field machines[J]. Journal of Field Robotics, 2009, 26(8): 651–668.

[15] HÖFFMANN M, PATEL S, BÜSKENS C. Optimal coverage path planning for agricultural vehicles with curvature constraints [J]. Agriculture, 2023, 13(11): 2112.

[16] MIER G, FENNEMA R, VALENTE J, et al. Continuous curvature path planning for headland coverage with agricultural robots [J]. Journal of Field Robotics, 2024,42(3): 641–656.

[17] 陈凯,解印山,李彦明,等. 多约束情形下的农机全覆盖路径规划方法[J]. 农业机械学报, 2022, 53(5): 17–26,43.

CHEN Kai,XIE Yinshan,LI Yanming, et al. Full coverage path planning method of agricultural machinery under multiple constraints[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2022, 53(5): 17–26,43. (in Chinese)

[18] CONESA-MUÑOZ J, BENGOCHEA-GUEVARA J M, ANDUJAR D, et al. Route planning for agricultural tasks: a general approach for fleets of autonomous vehicles in site-specific herbicide applications[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2016, 127: 204–220.

[19] 马家祥,闫洪峰,贾双龙,等. 通用型宽幅农机作业平台分析与设计[J]. 农业工程, 2023, 13(9): 97–101.

MA Jiaxiang,YAN Hongfeng,JIA Shuanglong,et al. Analysis and design of universal wide span agricultural machinery operation platform[J]. Agricultural Engineering,2023,13(9):97–101. (in Chinese)

[20] HÖFFMANN M, PATEL S, BÜSKENS C. Optimal guidance track generation for precision agriculture: a review of coverage path planning techniques[J]. Journal of Field Robotics, 2024, 41(3): 823–844.

[21] SABELHAUS D, RÖBEN F, MEYER ZU HELLIGEN L P, et al. Using continuous-curvature paths to generate feasible headland turn manoeuvres[J]. Biosystems Engineering, 2013, 116(4): 399–409.

[22] 刘文龙,郭锐,赵静一. 基于反馈线性化的插秧机路径跟踪模糊预测函数控制[J]. 农业工程学报, 2024, 40(22): 51–61.

LIU Wenlong,GUO Rui,ZHAO Jingyi. Fuzzy predictive function control for the path tracking of transplanters using feedback linearization[J]. Transactions of the CSAE, 2024, 40(22): 51–61. (in Chinese)

[23] 张闻宇,胡力文,王辉,等. 基于 B 样条优化的改进纯追踪农机导航曲线跟踪方法[J]. 农业机械学报, 2024, 55(9): 42–51,115.

ZHANG Wenyu,HU Liwen,WANG Hui,et al. Improved pure pursuit agricultural machinery navigation curve path tracking method based on B-spline optimization[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2024, 55(9): 42–51,115. (in Chinese)

[24] BOCHTIS D D, SØRENSEN C G, VOUGIOUKAS S G. Path planning for in-field navigation-aiding of service units[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2010, 74(1): 80–90.

[25] 胡炼,张鸿,何杰,等. 再生稻头季低碾压收获作业路径规划技术研究[J]. 农业机械学报, 2025, 56(2): 19–27.

HU Lian,ZHANG Hong,HE Jie,et al. Path planning technical research of low-rolling compaction harvesting operation for the first season of ratoon rice[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2025, 56(2): 19–27. (in Chinese)

(上接第 108 页)

[34] 王子晴,韦羿伶,马旭超. 技术资源、知识协同与供应链企业合作创新绩效[J]. 中国商论, 2020(20):97–98.

WANG Ziqing, WEI Yiling, MA Xuchao. Technological resources, knowledge collaboration and cooperative innovation performance of supply chain enterprises[J]. China Journal of Commerce, 2020(20): 97–98. (in Chinese)

[35] 林杰,曾富全. 财务共享服务智能化转型对企业绩效的影响——基于 RPA 技术视角[J]. 现代商业, 2024(19): 180–183.

LIN Jie, ZENG Fuquan. Theimpact of intelligent transformation of financial shared services on enterprise performance: a perspective based on RPA technology[J]. Modern Business, 2024(19): 180–183. (in Chinese)

[36] 齐萧苑. 云技术与信息共享能力对中小企业供应链伙伴及绩效的影响[J]. 武汉商学院学报, 2023, 37(3):63–68.

QI Xiaolie. Impact of cloud technology and information sharing capabilities on supply chain partners of SMEs and on performance[J]. Journal of Wuhan Business University, 2023, 37(3): 63–68. (in Chinese)

[37] BRECKLER S J. Applications of covariance structure modeling in psychology-cause for concern[J]. Psychological Bulletin, 1990,107(2):260–273.