

# 多维度农机多机协同技术采纳影响因素与作用机制研究

王博<sup>1</sup> 毛罕平<sup>1</sup> 王亚娜<sup>2</sup> 潘世琦<sup>1</sup>

(1. 江苏大学农业工程学院, 镇江 212013; 2. 江苏大学农业装备学部, 镇江 212013)

**摘要:** 提出了多维度与全链条农机多机协同技术, 实证检验了新型农业经营主体此技术采纳的影响因素, 结果表明, 技术有用性、技术易用性、技术成本、吸收能力、资源就绪度、竞争压力、外部支持对技术采纳具有显著的正向影响, 标准化回归系数分别为 0.411、0.399、0.208、0.175、0.290、0.407、0.156, 技术有用性的影响最大, 组织间信任对技术采纳影响不显著。组织吸收能力、外部支持在技术特性 3 个维度对技术采纳影响关系中均具有显著的调节效应; 组织资源就绪度在技术易用性、技术成本对技术采纳的影响关系中起调节作用, 在技术有用性对技术采纳的影响关系中无显著调节作用。提出了提升技术的实用化程度、推进信息化基础设施建设、强化政策支持力度、加强用户自身能力建设等对策建议。

**关键词:** 多维度农机多机协同技术; 技术采纳; 影响因素; 作用机制

中图分类号: S126; F321.42 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2023)01-0045-09

OSID:



## Influencing Factors and Mechanism of Multi-dimensional Agricultural Machinery Collaborative Technologies Adoption

WANG Bo<sup>1</sup> MAO Hanping<sup>1</sup> WANG Ya'na<sup>2</sup> PAN Shiqi<sup>1</sup>

(1. College of Agricultural Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China

2. Faculty of Agricultural Equipment, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

**Abstract:** Multi-dimensional and full chains agricultural machinery collaborative technologies were proposed. For new types of agricultural businesses, intention to adopt multi-dimensional agricultural machinery collaborative technologies were empirically tested. The results showed that technology availability, technology ease of use, technology cost, absorptive capacity, resource readiness, competitive pressure and external support had significant positive effects on the adoption, the standardized regression coefficient were 0.411, 0.399, 0.208, 0.175, 0.290, 0.407 and 0.156, respectively, and the technical usefulness had the greatest impact. Inter organizational trust had no significant effect on technology adoption. Organizational absorptive capacity and external support had significant moderating effects on the relationship between technology characteristics and technology adoption. The readiness of organizational resources played a moderating role in the relationship between technology ease of use, technology cost and technology adoption, while it did not play a moderating role in the relationship between technology availability and technology adoption. Suggestions were put forward, such as improving the practical degree of technology, promoting the construction of information infrastructure, strengthening policy support, and strengthening the user's own capacity construction.

**Key words:** multi-dimensional agricultural machinery collaborative technologies; technology adoption; influencing factors; mechanism

## 0 引言

农机机群多机协同作业技术是智能农机装备领

域的一个新方向,是提高农机利用率、提升农机作业质量、提高作业效率的重要手段。目前农机多机协同作业一般是指农机在同一田块内的协同作业或不

收稿日期: 2022-12-05 修回日期: 2022-12-25

基金项目: 新疆维吾尔自治区重大科技专项(2022A02005-5)和国家自然科学基金项目(32071905)

作者简介: 王博(1968—),男,博士生,主要从事农机多机协同技术开发和推广应用研究,E-mail: wangbo1@cmec.com

通信作者: 王亚娜(1981—),女,副研究员,主要从事农业信息技术推广应用研究,E-mail: 409700207@qq.com

同田块间的协同作业<sup>[1]</sup>。多维度与全链条农机多机协同技术,通过数据协同、流程协同、系统协同,使农机多机协同发挥更大的作用。由于技术投入大、要求高,使用者对技术认知不足,我国新型农业经营主体缺乏使用农机多机协同技术提升和服务水平的积极性,阻碍了该技术的发展应用。

技术采纳是指采纳主体对技术的选择决策。对于组织层面的技术采纳,TORNATZKY等<sup>[2]</sup>通过对经典创新扩散理论的总结,将影响组织技术采纳的因素归纳为技术特性、组织特性和环境特性3个维度,并提出了一个研究组织技术采纳的框架,即TOE框架。TOE框架考察了组织内外部因素和技术本身特点对组织技术采纳的影响,具有较强的系统性,很多学者从技术、组织、环境3个维度出发,根据研究情境设定各个维度内的影响因素,得到组织技术采纳影响因素这一问题的基本轮廓<sup>[3-5]</sup>。XU等<sup>[6]</sup>的研究结论表明,不同国家、不同采纳主体其技术采纳的影响因素并不完全相同,农机多机协同技术采纳也会具有不同的特点,但是有关农机多机协同技术采纳的研究未见报道,所以有必要探究中国情景下的新型农业经营主体农机多机协同技术采纳影响因素。同时,现有研究多为技术特性、组织特性和环境特性对技术采纳直接作用的研究,缺乏三者之间相互作用机制的系统、深入剖析,影响因素的作用机制尚不明确。

为明确我国新型农业经营主体农机多机协同技术采纳(以下简称技术采纳)的关键影响因素及相互作用关系,准确把握新型农业经营主体技术采纳的规律,本文通过研究多维度农机多机协同技术采纳特点,提出技术特性、组织特性、环境特性等技术采纳影响的关系假设,以及影响因素之间的关系假设,构建技术采纳的结构方程模型,识别技术采纳的影响因素、调节因素,阐明影响因素对技术采纳影响的作用机制,揭示技术采纳的内在机理,在此基础上提出我国农机多机协同技术的发展应用策略。

## 1 多维度与全链条农机多机协同技术

本文提出多维度与全链条农机多机协同技术(以下简称多维度农机多机协同技术)框架见图1,包括3方面:①智能农机间协同,即农机体系内部,农机机群之间的自主协同,多机协同作业。②智能农机各环节协同,耕、种、管、收生产环节中的智能农机配置和各环节农机无缝链接。③智能农机体系与外部的协同,农业生产全程中多环节智能农机配置与上下游供应链、收储链等之间的协同,即农机集群、各生产环境作业、农资配给与收储等维度和全生

产链的协同。通过这3方面的协同可以实现以下目标:①农机机群之间的协同可实现在大规模农田环境下,不同农机之间的自动优化配置作业,使农机以一定的横向距离平行作业,有效地保障作业行之间的衔接,提高农机效率和土地利用率。②根据服务器端储存的前道工序农机作业位置、作业性能等信息,实现本环节农机任务分配、作业路径规划、作业自主对行,不同环节农机的无缝链接,避免机具碾压、漏施和收获损失等,提高农机作业质量。③通过农机作业信息平台农业生产的上下游和供应链中各合作伙伴建立起的协同关系,预测农资需求量、需求时间,供应商可以精准地进行农资准备并准确送达,实现农资的零/少库存,解决因农资库存带来的一系列问题,如仓库建设、管理费用、多次运输装卸等费用,以及库存物的损失、变质等问题。

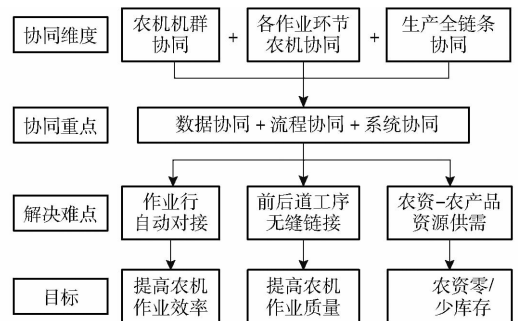


图1 多维度与全链条农机多机协同技术框架  
Fig.1 Frame of multi dimension and full chain agricultural machinery collaborative technologies

传统农机管理模式,只需解决“机”的问题,但实现农机多机协同还需要解决好“人”和“物”的问题,应重点做好数据协同、流程协同、系统协同,只有同步做好数据协同、流程协同、系统协同,多维度农机多机协同才能发挥应有的作用,实现从农资准备、平整土地、智能耕整、精准施肥播种、精准管理、收获到产地储运全过程的精准控制、监测追踪、智能决策。

## 2 理论基础与研究假设

本文利用TOE框架,从技术、组织、环境3个维度出发,根据研究情境设定技术特性、组织特性、外部特性3个维度的测量变量,对影响新型农业经营主体多维度农机多机协同技术采纳的影响因素进行研究。

### 2.1 技术特性对技术采纳的影响

(1)技术有用性。多维度农机多机协同综合考虑农业生产过程的农机体系与外部供应链、收储链之间协同,不仅可以有效解决农场机械多作业效率不高的问题,还可以有效实现精准农业作业。如果

技术可以满足业务需求,提高效率与效益,新型农业经营主体可倾向于使用该技术。

(2)技术易用性。技术易用性包括技术在操作上的难易程度和技术在满足用户功能上的难易程度两个方面,技术越简单越可能被用户采纳。多维度农机多机协同技术,在后台需要复杂的信息系统和控制系统作为支撑,如果终端的应用界面简单和多元,技术功能容易实现,新型农业经营主体即有可能采纳该技术。

(3)技术成本。在多维度农机多机协同技术的采纳问题上,成本是一个不可忽略的重要因素,新型农业经营主体一般注册资金较少,多维度农机多机协同技术又需要较高的投入,如传感设备的安装、网络基础设施的建立,因此成本可能会成为新型农业经营主体重要关注点之一。

综合上述分析,假设如下:

H1a:技术有用性对技术采纳有显著的正向影响。

H1b:技术易用性对技术采纳有显著的正向影响。

H1c:技术成本对技术采纳有显著的正向影响。

## 2.2 组织特性对技术采纳的影响

(1)组织吸收能力。吸收能力较高的企业通过提高对知识的利用率来提升企业的创新绩效<sup>[7]</sup>。多维度农机多机协同技术是多方面的综合系统,不同的子系统之间存在着交互作用关系,即使设计者也不可能预判其全部功能,只有在使用过程中通过对系统认识的不断加深,逐渐充实其功能,这一过程中组织的吸收能力起着很重要的作用。因此,本文提出假设如下:

H2a:组织吸收能力对技术采纳具有显著的正向影响。

多维度农机多机协同技术是复杂的信息技术系统,新型农业经营主体对这一信息系统的识别、吸收程度,影响着信息技术系统的有用性的发挥。新型农业经营主体的吸收能力越强,他们感受到的技术有用性和易用性就会越高,就越可能采纳该技术。综上分析,本文假设:

H2b:组织吸收能力在技术有用性对技术采纳影响作用中具有调节作用,组织的吸收能力越强,技术有用性对技术采纳影响作用越大。

H2c:组织吸收能力在技术易用性对技术采纳影响作用中具有调节作用,组织的吸收能力越强,技术易用性对技术采纳影响作用越大。

(2)组织资源就绪度。资源就绪度是组织对实施技术所需的基础技术、设施、管理理念等的准备程

度。多维度农机多机协同需要新型农业经营主体具有实施技术的相关技能和基础设施,如一定的土地规模、专业的人力资源、专业的农机装备等。VERMA等<sup>[8]</sup>利用TOE框架构建了企业大数据分析技术的采纳模型,研究结果表明大数据技术未被采纳的主要原因是由于技术会给组织带来较大的改变,而组织尚未做好改变的准备。因此,本文提出如下假设:

H3a:组织资源就绪度对技术采纳具有显著的正向影响。

多维度农机多机协同技术对新型农业经营主体基础条件、硬件设施、内部运行管理等都有一定的要求,也会带来一定的改变,如果新型农业经营主体具有新技术实施的资源基础,他们感知到技术容易实施,不会对其经营管理带来资金压力和较大的变革,他们能够快速、灵活、低成本的部署信息系统,就越可能采纳该技术。因此,本文提出假设如下:

H3b:组织资源就绪度在技术有用性对技术采纳影响作用中具有调节作用,组织的资源就绪度越强,技术有用性对技术采纳影响作用越大。

H3c:组织资源就绪度在技术易用性对技术采纳影响作用中具有调节作用,组织的资源就绪度越强,技术易用性对技术采纳影响作用越大。

H3d:组织资源就绪度在技术成本对技术采纳影响作用中具有调节作用,组织资源就绪度越强,技术成本对技术采纳影响作用越大。

## 2.3 环境特性对技术采纳的影响

(1)组织间信任。组织间信任指产业链中的不同组织相信对方有能力、有资源去承担另一方所期望的行为<sup>[9]</sup>。建立信任关系即意味着信息的不确定性有效减少<sup>[10]</sup>,交易成本降低,能使企业准确判断形势并做出更好决策。信任关系显著正向作用于供应链灵活性<sup>[11]</sup>。因此,本文提出假设如下:

H4a:组织间信任对技术采纳有显著的正向影响。

多维度农机多机协同技术需要链接农业生产链上游和下游,链接农业生产过程中农机体系与外部供应链、收储链,处于链条的各组织间因此也有着不同的合作关系,供应链企业间良好的合作机制和信任机制,对多维度农机多机协同技术的实施效果非常重要。组织间各合作伙伴建立起和谐的协同关系,就可以快速响应对方的要求,技术效益会提高,技术使用难度会下降,技术运营成本会降低。综上分析,本文假设:

H4b:组织间信任在技术有用性对技术采纳影响作用中具有调节作用,组织间信任程度越强,技术

有用性对技术采纳影响作用越大。

H4c:组织间信任在易用性技术对技术采纳影响作用中具有调节作用,组织间信任程度越强,技术易用性对技术采纳影响作用越大。

H4d:组织间信任在技术成本对技术采纳影响作用中具有调节作用,组织间信任程度越强,技术成本对技术采纳影响作用越大。

(2)竞争压力。在高的竞争强度下,组织更倾向于采纳新的技术,来提高其竞争力。市场竞争压力是影响企业技术采纳意向的重要因素<sup>[12]</sup>。新型农业经营主体需要通过采用新的技术提高其竞争力。综上分析,本文提出假设如下:

H5a:竞争压力对技术采纳具有显著的正向影响。

(3)外部支持。外部支持包括政府、行业协会等的支持。很多企业都属于政府导向型,如果政府支持技术的发展,则企业将有更大的动力采纳技术<sup>[3]</sup>。目前,我国大多新型农业经营主体面临资金缺乏,创新能力不足等困境,政府政策支持对其有很大的影响。采用多维度农机多机协同技术需要大量的资金投入,信贷支持很大程度上会推动技术采纳。行业协会或其他农技推广部门提供的技术指导可以提高新型农业经营主体对技术有用性、易用性的认知,从而促进新型农业经营主体的技术采纳。综上分析,本文假设:

H6a:外部支持对技术采纳具有显著的正向影响。

H6b:外部支持在技术有用性对技术采纳影响作用中具有调节作用,外部支持程度越强,技术有用性对技术采纳影响作用越大。

H6c:外部支持在技术易用性对技术采纳影响作用中具有调节作用,外部支持程度越强,技术易用性对技术采纳影响作用越大。

H6d:外部支持在技术成本对技术采纳影响作用中具有调节作用,外部支持程度越强,技术成本对技术采纳影响作用越大。

本文构建的研究理论模型如图2所示。技术特性包含了技术有用性、技术易用性、技术成本,组织特性包含了组织吸收能力、组织资源就绪度,在环境特性中包含了竞争压力、组织间信任度、外部支持。技术采纳指新型农业经营主体对多维度农机多机协同技术的应用和服务的选择决策,VENKATESH等<sup>[13]</sup>在其TAM模型中指出,用户的信息技术使用由其行为意向决定,由于技术采纳意愿与技术采纳存在着直接的相关关系,本文使用技术采纳意愿作为被解释变量。

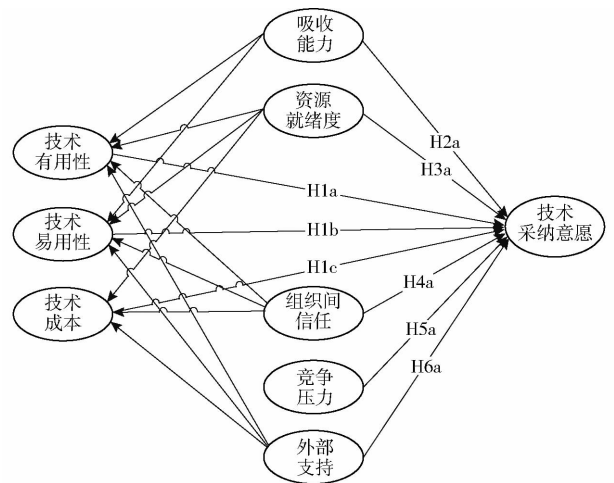


图2 理论模型

Fig. 2 Theoretical model

### 3 数据收集与分析

#### 3.1 数据收集

本文构建了技术有用性、技术易用性、技术成本、组织资源就绪度、组织吸收能力、竞争压力、外部支持、组织间信任、技术采纳意愿9个潜变量,结合多维度农机多机协同技术及新型农业经营主体的特点,确定了各个潜变量的测量变量,通过专题研讨的形式进行修改,形成适用于本文和本文调研对象的初始问卷。问卷采用李克特7分量表法进行评价,1表示非常不符合,7表示非常符合。对初始问卷采集的数据进行项目分析、探索性因子分析,删除不符合要求的变量,得到正式问卷。面向对我国新型农业经营主体(样本地区为黑龙江、山东、江苏),发放正式问卷500份,回收有效问卷354份,满足显著性检验有效性的样本数量要求<sup>[14]</sup>。

#### 3.2 测量模型验证性因子分析

对描述测量变量与潜变量之间关系的测量模型进行验证性因子分析,验证测量模型是否与实际数据适配。测量模型的配适度通过以下指标检验:卡方值、自由度、相对卡方、比较拟合指数、拟合优度指数、调整拟合优度指数和近似均方根误差<sup>[15-16]</sup>。测量模型配适度指标如表1所示,均在建议值范围,说明测量模型配适度良好,可用样本来推测母体。

通过检验各潜变量测量模型的信度、收敛效率、区别效率来衡量测量模型的测量效果。组成信度、收敛效率的计算结果见表2,结果表明测量模型具有良好的构建信度<sup>[16]</sup>;潜变量的AVE介于0.457~0.736,符合要求<sup>[17]</sup>,说明潜变量测量模型具有良好的收敛效率;AVE的平方根均大于此潜变量与其他潜变量的相关系数,潜变量测量模型具有良好的区别效率。

表 1 测量模型配适度检验结果

Tab.1 Measuring model fitness test results

指标	$\chi^2$	DF	$\chi^2/DF$	GFI	AGFI	CFI	RMSEA
技术特性拟合值	80.162	30	2.672	0.969	0.957	0.922	0.069
组织特性拟合值	5.457	8.000	0.682	1.000	0.995	0.987	0
外部环境拟合值	91.588	37.000	2.475	0.972	0.955	0.920	0.065
建议值	越小越好	越大越好	<3	>0.9	>0.9	>0.9	<0.08

表 2 测量模型信度与收敛效度检验结果

Tab.2 Results of reliability and convergence validity of measuring model

潜变量	二阶潜变量	收敛效度	
		变异数萃取量 (AVE)	组成信度
技术特性	技术有用性	0.553	0.831
	技术易用性	0.516	0.761
	技术成本	0.600	0.817
组织特性	组织资源就绪度	0.597	0.816
	组织吸收能力	0.658	0.851
	组织间信任	0.675	0.892
外部环境特性	竞争压力	0.476	0.726
	外部支持	0.457	0.768
技术采纳意愿		0.736	0.893

### 4 模型检验

#### 4.1 整体模型假设检验

采用 AMOS 21.0 进行模型整体检验;采用 SPSS 25.0 的 process 插件进行调节效应检验<sup>[18]</sup>。整体模型检验结果见图 3,图中 \*\*\* 表示检验结果在 0.001 的水平显著; \*\* 表示检验结果在 0.01 的水平显著; \* 表示检验结果在 0.05 的水平显著;虚线表示检验结果不显著,下同。

结构方程模型配适度指标见表 3,满足拟合要求标准,模型拟合良好。

$R^2$  表示外生变量可解释内生变量的程度,当  $R^2$  大于 0.19 时,说明外生变量可以有效地解释内生变

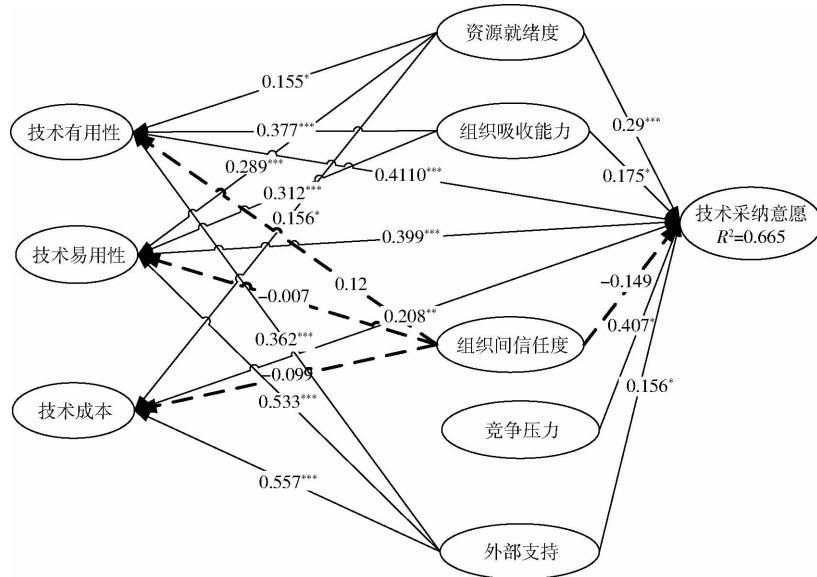


图 3 整体模型分析结果

Fig.3 Overall model analysis results

表 3 整体模型配适度检验结果

Tab.3 Overall model fitness test results

指标	$\chi^2$	DF	$\chi^2/DF$	CFI	RMSEA
拟合值	1 070.692	378	2.833	0.905	0.072
建议值	越小越好	越大越好	<3	>0.9	<0.08

量的变化<sup>[15]</sup>。本文结构方程模型  $R^2 = 0.665$ ,表明外生变量技术特性、组织特性、环境特性可以解释技术采纳意愿变化。

假设检验结果表明,技术有用性、技术易用性、技术成本、组织吸收能力、组织资源就绪度、外部支

持、竞争压力与技术采纳关系的检验中,Z 值分别为 5.562、4.665、3.092、2.448、4.294、2.114、2.231,均大于 1.96<sup>[19]</sup>;标准化路径系数分别为 0.411、0.399、0.208、0.175、0.290、0.156、0.407,说明技术有用性、技术易用性、技术成本、组织吸收能力、组织资源就绪度、外部支持、竞争压力对技术采纳关系具有显著的正向影响,假设 H1a、H1b、H1c、H2a、H3a、H5a、H6a 成立;组织间信任与技术采纳的关系中,Z 值为 -1.004,小于 1.96,假设检验不通过,说明组织间信任对技术采纳意愿影响不显著,假设 H4a 不成立。

## 4.2 调节效应检验

### 4.2.1 组织吸收能力的调节效应分析

以组织吸收能力为调节变量,技术特性为自变量,技术采纳意愿为因变量,分别检验组织吸收能力能否调节技术有用性、技术易用性对技术采纳意愿的关系。如表4所示,组织吸收能力在2个模型中

对技术采纳意愿均表现出显著的正向预测作用;同时,组织吸收能力与技术有用性、技术易用性的交互项分别显著预测了技术采纳意愿,标准化回归系数分别为-0.083、0.085。上述结果表明组织吸收能力可作为调节因素影响技术有用性、技术易用性对技术采纳意愿的作用。

表4 调节模型检验(以组织吸收能力为调节变量)

Tab.4 Moderation model test (with organizational absorptive capacity as moderator)

因变量	自变量	拟合指标			系数及显著性				
		$R^2$	$\Delta R^2$	$F$	$\beta$	$t$	$p$	LLCL	ULCL
模型1 采纳意愿	技术有用性				0.562	4.779	0	0.331	0.793
	组织吸收能力				0.776	4.388	0	0.428	1.124
	技术有用性×组织吸收能力	0.533	0.006	4.320	-0.083**	-2.828	0.005	-0.141	-0.025
模型2 采纳意愿	技术易用性				0.609	3.117	0.002	0.225	0.994
	组织吸收能力				0.868	3.921	0	0.432	1.303
	技术易用性×组织吸收能力	0.437	0.004	2.671	0.085*	2.010	0.045	0.0018	0.169

### 4.2.2 组织资源就绪度的调节效应分析

以组织资源就绪度为调节变量,技术特性为自变量,技术采纳意愿为因变量,检验组织资源就绪度能否调节技术有用性、技术易用性、技术成本对技术采纳意愿的关系。结果如表5所示,在模型4、模型5中技术易用性、技术成本对技术采纳意愿均表现出显著的正向预测作用;同时,资源就绪度与对技

术易用性、技术成本的交互项分别显著预测了技术采纳意愿,标准化回归系数分别为0.104、0.087。上述结果表明组织资源就绪度可作为调节因素影响技术易用性和技术成本对技术采纳意愿的作用。然而,模型3中,技术有用性与资源就绪度的交互项未对技术采纳意愿做出显著预测( $p > 0.05$ ),说明资源就绪度在技术易用性对技术采纳意愿的作用中不

表5 调节模型检验(以组织资源就绪度为调节变量)

Tab.5 Moderation model test (with organizational resource readiness as moderator)

因变量	自变量	拟合指标			系数及显著性				
		$R^2$	$\Delta R^2$	$F$	$\beta$	$t$	$p$	LLCL	ULCL
模型3 采纳意愿	技术有用性				0.374	1.725	0.086	-0.053	0.800
	组织资源就绪度				0.396	1.795	0.074	-0.380	0.830
	技术有用性×组织资源就绪度	0.378	0	0	0.001	0.018	0.986	-0.083	0.084
模型4 采纳意愿	技术易用性				0.300	2.277	0.023	0.041	0.560
	组织资源就绪度				-0.394	-2.094	0.037	-0.763	-0.024
	技术易用性×组织资源就绪度	0.523	0.013	10.961	0.104***	3.311	0.001	0.042	0.165
模型5 采纳意愿	技术成本				0.597	2.959	0.003	0.200	0.994
	组织资源就绪度				0.877	4.282	0.000	0.474	1.280
	技术成本×组织资源就绪度	0.309	0.010	4.837	0.087**	2.199	0.029	0.165	0.009

具有调节作用。

### 4.2.3 外部支持的调节效应分析

以外部支持为调节变量,技术特性为自变量,技术采纳意愿为因变量,检验外部支持能否调节技术有用性、技术易用性、技术成本对技术采纳意愿的关系。结果如表6所示,外部支持在3个模型中对技术采纳意愿均表现出显著的正向预测作用;同时,外部支持与技术有用性、技术易用性、技术成本的交互项分别显著预测了技术采纳意愿,标准化回归系数分别为0.153、0.122、0.093。上述结果表明外部支持可作为调节因素影响技术有用性、技术易用性、技

术成本对技术采纳意愿的作用。

在模型整体检验中,拒绝了“H4a:组织间信任对技术采纳意愿有显著的正向影响”这一假设。所以,组织间信任在技术特性对技术采纳影响作用中的调节作用肯定不存在,无需验证组织间信任在技术特性对技术采纳影响作用中的调节作用(即假设H4b、H4c、H4d)。

## 5 讨论

本文提出的假设H1a、H1b、H1c得到证实,技术有用性、技术易用性、技术成本对多维度农机多机

表 6 调节模型检验 (以外部支持为调节变量)

Tab. 6 Moderation model test (with external support as moderator)

因变量	自变量	拟合指标			系数及显著性				
		$R^2$	$\Delta R^2$	$F$	$\beta$	$t$	$p$	LLCL	ULCL
模型 6 采纳意愿	技术有用性				0.860	5.024	0	0.523	1.197
	外部支持				0.597	2.703	0.007	0.163	1.031
	技术有用性 × 外部支持	0.465	0.005	3.320	0.153**	3.768	0.002	0.073	0.223
模型 7 采纳意愿	技术易用性				0.170	0.709	0.479	0.639	0.300
	外部支持				0.341	1.262	0.208	0.871	0.190
	技术易用性 × 外部支持	0.296	0.012	5.750	0.122*	2.398	0.017	0.022	0.225
模型 8 采纳意愿	技术成本				-0.232	-1.154	0.249	-0.628	0.164
	外部支持				-0.111	-0.510	0.610	-0.539	0.317
	技术成本 × 外部支持	0.227	0.011	4.891	0.093*	2.212	0.028	0.010	0.176

协同技术采纳具有显著正向影响,标准化路径系数的分别为 0.411、0.399、0.208,技术的有用性对技术采纳的影响最大。该结果意味着技术采纳主体始终将技术有用性视为是否引入技术的关键因素。

本文提出的假设 H2a、H2b、H2c、H2d 均得到证实,组织吸收能力对技术采纳具有显著正向影响,标准化路径系数为 0.175;组织吸收能力在技术有用性、技术易用性、技术成本对技术采纳影响作用中具有调节作用。该结果说明,一方面技术采纳主体如果具有较强的吸收能力,能够主动将不同类型的知识嵌入到技术应用中,多维度农机多机协同这一复杂信息技术的应用就会更加简单,采纳主体的采纳意愿就会提高;另一方面技术采纳主体具有较强的吸收能力,有助于其对新的技术进行全面、集成化使用或是融合创新应用,技术采纳主体绩效提高,其采纳意愿就会提高。

本文提出的假设 H3a、H3c、H3d 得到证实, H3b 未得到证实,组织资源就绪度对技术采纳具有显著正向影响得到证实,标准化路径系数为 0.290;组织的资源就绪度在技术易用性、技术成本对技术采纳影响作用中具有调节作用。该结果说明对于多维度农机多机协同技术的采纳,采纳主体对采纳实施所需的人力、物力、财力等准备情况非常重要。技术采纳主体拥有较高的资源就绪度,可以辅助其较容易的实施新技术。资源就绪度在技术有用性对技术采纳影响作用中调节作用不显著,产生该结果的可能原因是虽然组织为采纳新技术提供了人力、物力等支持,但在本质上技术的有用性仍依赖技术本身。

本文提出的假设 H4a 未得到证实,组织间信任对技术采纳具有显著正向影响不成立。多维度农机多机协同包括产业链上的生产资料供应商、物流企业、农产品市场等不同组织间的协同,技术的有效运行,组织间信任是基本的保障因素,但是研究假设中

提出的组织间信任对技术采纳的影响作用并未得到证实,这可能的原因一方面是新型农业经营主体对多机协同这一新技术的认知存在一定的局限性,没能充分认识到多机协同中产业链中组织协同的重要性;另一方面的原因是组织间信任存在门槛效应,即只有当采纳主体对由组织间信任带来的合作收益的判断超过预期,才可能认识到这一影响因素的重要性。

本文提出的假设 H5a 得到证实,竞争压力对技术采纳意愿具有显著正向影响,标准化路径系数为 0.407。此结果一定程度上说明农产品市场是一个竞争程度比较高的市场,供应链上、下游广泛采纳信息技术及竞争对手采纳了新技术,将推动着其他新型农业经营主体采纳新技术。

本文提出的假设 H6a、H6b、H6c、H6d 均得到证实。外部支持对技术采纳意愿具有显著正向影响,标准化路径系数为 0.156;外部支持在技术有用性、技术易用性、技术成本对技术采纳影响作用中具有调节作用。在我国,一方面,中央对农业高度重视和支持,连续 18 年中央一号文件聚焦农业,农业发展的外部环境得到改善,外部支持是新技术推广应用的重要诱发因素。另一方面,新型农业经营主体对外部政策支持具有很大的依赖性,外部支持和资金获取,可以弥补新型农业经营主体在资金和人力资源上的不足,如,贷款减息政策可以降低技术应用成本,技术支持可以降低技术使用难度,这些都为其采纳多维度农机多机协同技术提供保障。

技术特性中的技术有用性、技术易用性、技术成本对技术采纳影响的标准化路径系数分别为 0.411、0.399、0.208;组织特性的组织吸收能力、组织资源就绪度对技术采纳影响的标准化因素载荷分别为 0.175、0.290;环境特性中的竞争压力、外部支持对技术采纳意愿的标准化因素载荷分别为 0.407、0.156,可以看出,技术特性对技术采纳影响最大。

## 6 建议

(1)提升多维度农机多机协同技术的实用化程度,保证技术落地。加大实用化程度高、可靠性强、成本低的多维度农机多机协同技术研发力度,技术“傻瓜化”、环境自适应能力强,适应不同种植条件、不同作物以及不同的作物生长阶段,解决农户“想用但不会用”的问题;降低多机协同装备成本,让新型农业经营主体能用得好、用得上。

(2)推进信息化基础设施建设,共享农机和农业生产数据。多维度农机多机协同技术的基础是数字化,数据协同不仅是同一生产环节不同农机上的协同,而且是不同农业生产环节的农机数据协同、农资供给数据的协同。现阶段多源数据融合存在现场通信协议不统一等问题,难以实现高效数据共享<sup>[20]</sup>,建立数据管理平台,打通数据传递通道,使数据在组织内部不同系统以及内部与外部系统实现对接。政府加快推进农业信息化基础设施建设,推进北斗系统、差分基站等的建设与应用,提高农村信息服务网络覆盖面;建立省级农业信息化大数据处理中心,实现农业信息化资源共享。

(3)充分发挥政府效能,强化政策支持力度。举办多维度农机多机协同技术推广活动,开展多维度农机多机协同新模式试验示范,向新型农业经营主体普及技术信息,强化技术采纳主体对技术有用性的认知;加大财政支持,将多维度农机多机协同纳入《农机补贴目录》,提供配套资金补贴;加强宣传

多机协同技术在促进农业发展、提高农民收入等方面的重要作用,报道先进典型,提高新型农业经营主体采纳新技术的积极性。

(4)加强用户自身能力建设,提升技术采纳意愿。人才缺乏是新型农业经营主体技术采纳的重要障碍,加强专业化人才培养,发挥科技人才的支撑作用,促进新技术的创新与扩散;开展多维度农机多机协同技术培训,通过培训提高新型农业经营主体对技术的吸收能力,降低技术的使用难度。

## 7 结束语

本文聚焦技术特性、组织特性、环境特性对新型农业经营主体多维度农机多机协同技术采纳影响机制研究,探索技术特性、组织特性、环境特性“能否”及“如何”影响新型农业经营主体多维度农机多机协同技术采纳。实证结果表明,技术特性、组织特性、环境特性各个维度对新型农业经营主体多维度农机多机协同技术采纳影响不尽相同,其中技术有用性、技术易用性、技术成本、组织吸收能力、组织资源就绪度、竞争压力、外部支持对新型农业经营主体多维度农机多机协同技术采纳具有显著的正向影响;组织间信任对技术采纳影响不显著。组织吸收能力、外部支持在技术特性3个维度对技术采纳影响关系中均具有显著的调节效应;组织资源就绪度在技术易用性、技术成本对技术采纳的影响关系中起调节作用,在技术有用性对技术采纳的影响关系中无调节作用。

## 参 考 文 献

- [1] 王猛. 农机多机协同作业任务分配关键技术研究[D]. 北京: 中国农业机械化科学研究院, 2021.  
WANG Meng. Research on key technologies on farm task allocation for multi machine cooperative operation[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Mechanization Sciences, 2021. (in Chinese)
- [2] TORNATZKY L G, FLESCHER M O. The process technological innovation[M]. Lexington Mass: Lexington Books, 1990.
- [3] 张涛, 徐莉莉, 吴珍华. 汽车零部件入厂物流中物联网采纳影响因素研究[J]. 系统管理学报, 2018, 27(2): 254-263.  
ZHANG Tao, XU Lili, WU Zhenhua. Factors influencing the adoption of the internet of things in inbound logistics of automobile parts[J]. Journal of System Management, 2018, 27(2): 254-263. (in Chinese)
- [4] CHANDRA S, KUMAR K. Exploring factors influencing organizational adoption of augmented reality in e-commerce: empirical analysis using technology-organization-environment model[J]. Journal of Electronic Commerce Research, 2018, 19(3): 237-265.
- [5] MOHANED A, GHARIB H. RFID application in patient and medical asset operations management: a technology, organizational and environmental (TOE) perspective into key enablers and impediments[J]. International Journal of Medical Informatics, 2018, 10(118): 58-64.
- [6] XU S, ZHU K, GIBBS J. Global technology, local adoption: a cross-country investigation of internet adoption by companies in the United States and China[J]. Electronic Market, 2004, 14(1): 13-24.
- [7] 秦剑. 吸收能力、知识转移与跨国公司的突破性创新绩效[J]. 财经科学, 2012(11): 84-93.  
QIN Jian. Absorptive capacity, knowledge transfer and radical innovation performance of the multinationals in China[J]. Financial Science, 2012(11): 84-93. (in Chinese)
- [8] VERMA S, BHATTACHARYYA S S. A qualitative approach for Indian firms perceived strategic value based adoption of big data analytic in emerging economy[J]. Journal of Enterprise Information Management, 2017, 30(3): 354-382.
- [9] ZAHEER A, MCEVILY B, PERRONE V. Does trust matter? Exploring the effects of interorganizational and interpersonal trust on performance[J]. Organization Science, 1998, 9(2): 141-159.



- [10] 洪茹燕, 郭斌, 于永海. 组织间信任: 收益机制、情境限制及调节策略[J]. 重庆大学学报(社会科学版), 2020, 26(6): 94-106.  
HONG Ruyan, GUO Bin, YU Yonghai. Benefiting mechanisms, situational constraints and managing tactics of interorganizational trust[J]. Journal of Chongqing University (Social Science Edition), 2020, 26(6): 94-106. (in Chinese)
- [11] 王丽媛, 窦兴斌. 信任关系对零售企业供应链灵活性的影响分析: 基于信息共享的中介效应[J]. 商业经济研究, 2021(9): 38-41.  
WANG Liyuan, DOU Xingbin. Analysis of the impact of trust relationship on the flexibility of retail enterprises' supply chain: the intermediary effect based on information sharing[J]. Business Economics Research, 2021(9): 38-41. (in Chinese)
- [12] 周沛, 马静, 徐晓林. 企业移动电子税务采纳影响因素的实证研究[J]. 现代图书情报技术, 2012(3): 59-66.  
ZHOU Pei, MA Jing, XU Xiaolin. An empirical study on the factors affecting the adoption of mobile electronic taxation by enterprises[J]. Modern Library and Information Technology, 2012(3): 59-66. (in Chinese)
- [13] VENKATESH V, DAVIS F D. A theoretical extension of the technology acceptance model: four longitudinal field studies[J]. Management Science, 2000(46): 186-204.
- [14] HIGGINS C. The partial least squares (PLS) approach to causal modeling: personal computer adoption and use an illustration [J]. Technology Studies, 1995(2): 284-324.
- [15] DAWN I. Structural equation model: fit indices, sample size and advanced topics[J]. Journal of Consumer Psychology, 2010(20): 90-98.
- [16] HOOPER D, COUGHLAN J, MULLEN M. Structural equation modelling: guidelines for determining model fit[J]. Electronic Journal of Business Research Methods, 2008, 6(1): 53-60.
- [17] FORNELL C, LARCKER D F. Structural equation models with unobservable variables and measurement error: algebra and statistics[J]. Journal of Marketing Research, 1982, 18(1): 39-50.
- [18] HAIR J F, BLACK W C, BABIN B J, et al. Multivariate data analysis[M]. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2009.
- [19] HAIR J R, HULT G T M, RINGLE C M, et al. A primer on partial least squares structural equation modelling[M]. Thousand Oaks: Sage Publications, 1978.
- [20] 翟长远, 杨硕, 王秀, 等. 农机装备智能测控技术研究现状与展望[J]. 农业机械学报, 2022, 53(4): 1-20.  
ZHAI Changyuan, YANG Shuo, WANG Xiu, et al. Status and prospect of intelligent measurement and control technology for agricultural equipment[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2022, 53(4): 1-20. (in Chinese)

~~~~~

(上接第 36 页)

- [20] 李成美, 白宏阳, 郭宏伟, 等. 一种改进光流法的运动目标检测及跟踪算法[J]. 仪器仪表学报, 2018, 39(5): 249-256.  
LI Chengmei, BAI Hongyang, GUO Hongwei, et al. Moving object detection and tracking based on improved optical flow method[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2018, 39(5): 249-256. (in Chinese)
- [21] 熊炜, 王传胜, 管来福, 等. 基于特征跟踪和网格路径运动的视频稳像算法[J]. 计算机工程与科学, 2020, 42(5): 843-850.  
XIONG Wei, WANG Chuansheng, GUAN Laifu, et al. A video stabilization algorithm based on feature tracking and mesh path motion[J]. Computer Engineering & Science, 2020, 42(5): 843-850. (in Chinese)
- [22] PINTO B, ANURENJAN P R. Video stabilization using speeded up robust features [C] // International Conference on Communications & Signal Processing. IEEE, 2011: 527-531.
- [23] 吴国楠, 周超超, 尹文波. 基于 Harris 角点与改进 Hu 矩的电子稳像算法[J]. 计算机工程, 2013, 39(3): 300-305, 310.  
WU Guonan, ZHOU Chaochao, YIN Wenbo. Electronic image stabilization algorithm based on Harris corner and modified Hu-moments[J]. Computer Engineering, 2013, 39(3): 300-305, 310. (in Chinese)
- [24] HARRIS C G, STEPHENS M J. A combined corner and edge detector[C] // Alvey Vision Conference, 1988.
- [25] AHN B, HAN Y, KWEON I S. Real-time facial landmarks tracking using active shape model and LK optical flow [C] // International Conference on Ubiquitous Robots & Ambient Intelligence. IEEE, 2012.
- [26] STANKOVIC L, BRAJOVIC M, STANKOVIC I, et al. RANSAC-based signal denoising using compressive sensing[J]. Circuits Systems and Signal Processing, 2020, 40(8): 3907-3928.
- [27] 谢亚晋, 徐之海, 冯华君, 等. 基于最小生成树与改进卡尔曼滤波器的实时电子稳像方法[J]. 光子学报, 2018, 47(1): 65-74.  
XIE Yajin, XU Zhihai, FENG Huajun, et al. Real-time video stabilization based on minimal spanning tree and modified Kalman filter[J]. Acta Photonica Sinica, 2018, 47(1): 65-74. (in Chinese)
- [28] 孙辉. Bayer 彩色序列图像的电子稳像[J]. 光学精密工程, 2014, 22(2): 481-488.  
SUN Hui. Electronic image stabilization for Bayer color video sequence image[J]. Optics and Precision Engineering, 2014, 22(2): 481-488. (in Chinese)
- [29] 尹丽华, 李范鸣, 刘士建. 基于区域分割与融合的全景稳像算法[J]. 红外与激光工程, 2018, 47(9): 391-400.  
YIN Lihua, LI Fanming, LIU Shijian. Panoramic image stabilization algorithm based on region segmentation and fusion[J]. Infrared and Laser Engineering, 2018, 47(9): 391-400. (in Chinese)