DOI：10.13733/j.jcam.issn.2095-5553.2025.02.044
李连英，李文斌，邓永胜，等. 农户物联网技术采纳意愿多元驱动路径研究——以江西省蔬菜种植大户为例[J]. 中国农机化学报，2025，46(2)：302－310
Li Lianying，Li Wenbin，Deng Yongsheng ，et al. Research on the multiple driving paths of farmers′ intentions to adopt Internet of Things technology：A case study of large vegetable farmers in Jiangxi Province [J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization，2025，46(2)：302－310

农户物联网技术采纳意愿多元驱动路径研究*
——以江西省蔬菜种植大户为例

李连英[1,2]，李文斌[1]，邓永胜[1]，刘文[1]
（1. 江西农业大学经济管理学院，南昌市，330045；2. 江西农业大学乡村振兴战略研究院，南昌市，330045）

摘要：为探究农户物联网技术采纳意愿驱动的具体路径，基于整合型技术接受理论和计划行为理论，以406份蔬菜种植大户数据为调研样本，采用模糊集定性比较分析方法（fsQCA），运用组态分析诠释前因条件与农户高物联网技术采纳意愿的多重并发因果关系。结果表明：单一要素不构成蔬菜种植大户高物联网技术采纳意愿的必要条件，但高社会影响和政府支持在产生高物联网技术采纳意愿方面起着更普遍的作用；存在4类产生高物联网技术采纳意愿的适配组态路径：便利条件与政府支持驱动型、绩效期望与社会影响驱动型、努力期望与社会影响驱动型、多维协同驱动型；高绩效期望和高努力期望在实现高物联网技术采纳意愿的过程中互为替代关系；存在2类导致非高物联网技术采纳意愿的适配组态路径，即绩效便利缺失型和政府支持缺失型，且与产生高物联网技术采纳意愿的适配组态存在非对称关系。基于此，提出坚持系统观念，发挥多要素协同作用；重视社会影响，发挥推广示范作用；优化政策支持环境，发挥精准化政策引导等建议。

关键词：蔬菜种植大户；物联网技术；采纳意愿；多元驱动；智慧农业
中图分类号：S157.4＋3；F326.13　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：2095-5553（2025）02-0302-09

Research on the multiple driving paths of farmers′ intentions to adopt Internet of Things technology: A case study of large vegetable farmers in Jiangxi Province

Li Lianying[1,2], Li Wenbin[1], Deng Yongsheng[1], Liu Wen[1]
(1. *School of Economics and Management, Jiangxi Agricultural University, Nanchang*, 330045, *China*;
2. *Revitalization Strategy Research Institute, Jiangxi Agricultural University, Nanchang*, 330045, *China*)

Abstract: In order to explore the specific paths driven by IoT technology adoption intentions of farmers, based on the unified theory of acceptance and use of technology and the theory of planned behavior, with 406 data of large vegetable farmers as the research samples, adopting the fuzzy set qualitative comparative analysis method (fsQCA), and applying the group analysis to interpret the multiple concurrent causality between the antecedent conditions and the high IoT technology adoption intentions of large vegetable farmers. The results show that: A single factor does not constitute a necessary condition for high IoT technology adoption intentions among large vegetable farmers, but high social influence and government support play a more general role in generating high IoT technology adoption intentions. There are four types of fitness grouping paths for generating high IoT technology adoption intention such as facilitation and government support-driven, performance expectation and social influence-driven, effort expectation and social influence-driven, and Multi-dimensional synergy driven. High performance expectation and high effort expectation are substitutes for each other in the process of realizing high IoT technology adoption intention. There are 2 types of fitness grouping paths that lead to non-high willingness to adopt IoT technologies, namely, performance facilitation deficient and government support

收稿日期：2024年6月19日　　修回日期：2024年7月29日
*基金项目：国家自然科学基金项目（72263016，71863018）；江西省蔬菜产业技术体系项目（JXARS—06—产业经济岗位）；江西社会科学青年创新团队重大委托项目（22WT22）；江西省社会科学“十三五”基金项目（20YJ21）
第一作者：李连英，女，1977年生，江西抚州人，博士，教授；研究方向为农业经济理论与政策。E-mail：lianyingli1018@163.com
通讯作者：刘文，女，1974年生，江西萍乡人，博士，副教授，硕导；研究方向为乡村振兴与产业兴旺。E-mail：lwlw74@126.com

中国知网 https://www.cnki.net

deficient, and there is an asymmetric relationship with the fitness grouping that generates high willingness to adopt IoT technologies. Therefore, it is necessary to adhere to the systemic concept, give full play to the synergistic effect of multiple elements, pay attention to the social influence, give full play to the role of promotion and demonstration, optimize the policy support environment, and give full play to the precise policy guidance.

Keywords: large vegetable farmers; Internet of Things technology; adoption intention; multiple driving; smart agriculture

0　引言

实现健康、可持续和公平的饮食是 21 世纪食品系统的决定性挑战[1]。受气候变化、自然资源退化、贸易摩擦和地区冲突等多重因素影响，当前全球和中国农食系统受到多重威胁，居民的营养与健康存在诸多挑战。与此同时，居民膳食消费结构由“粮菜型”向“粮肉菜果”多元化转变[2]，蔬菜、水果、肉蛋奶、水产品等食物消费稳定增长[3]，其中蔬菜消费支出约占中国城镇居民食品消费支出的 1/4[4]。在新一轮科技革命和产业变革为中国农业转型升级注入发展活力，中国农业逐渐由小农生产方式向现代化生产方式转变的背景下[5]，加强以物联网技术为代表的智慧农业技术在蔬菜种植过程中的应用对保障中国居民的“菜篮子”至关重要[6]。2024 年中央一号文件指出持续实施数字乡村发展行动，发展智慧农业。《“十四五”推进农业农村现代化规划》也指出发展智慧农业，推动物联网、大数据、人工智能、区块链等新一代信息技术与农业生产经营深度融合。智慧农业成为推动传统农业生产方式向现代农业生产转型，解决农业生产效率低下问题的有效途径[7]。智慧农业的发展主要是依靠物联网技术[8]，物联网技术能够实现对农作物生长环境的实时监控，数据采集，智能灌溉、精准施肥，进而促进智慧农业的发展[9]。然而由于资源有限，我国的食物供给偏紧，难以满足消费者对优质农产品的需求[10]。在生产方面，传统的蔬菜产业生产经营管理技术落后，无法有效满足当前蔬菜产业发展的需要[11]，依托智慧农业驱动蔬菜产业调整与优化成为未来发展的重点[12]。这就要求要充分发挥物联网技术在蔬菜种植过程中的作用，帮助蔬菜种植大户远程监控农场，随时随地了解农田的实时状况[13]，有效减少化肥使用，减少浪费，降低成本，提高农业生产力[14]。

蔬菜种植大户作为蔬菜供应的主要生产者，其蔬菜种植行为对蔬菜产业的可持续发展具有重要意义，尤其是蔬菜种植大户作为物联网技术的直接使用和采纳主体，一旦采用物联网技术就可以发展和优化蔬菜种植决策流程及控制措施[15]，实现更多的生产力和可持续性发展[16]。梳理文献发现，国内外学者围绕蔬菜种植大户对包括物联网技术在内的新技术采纳意愿的影响因素进行广泛研究，发现蔬菜种植大户对物联网技术采纳意愿的影响因素较为复杂，不同蔬菜种植大户因个体特征[17]、家庭经营特征[18]、区位特征[19]、外部环境特征[20]、认知水平[21]及技术特征[5]不同，从而对其技术采纳意愿有较大差异，进而提出差异化的驱动路径。但这些研究多通过回归分析或结构方程等研究方法检验某些要素对蔬菜种植大户物联网技术采纳意愿的边际净效应，忽视了影响因素之间存在的组态效应以及多种因素之间的作用机制可能产生的替代或互补作用[22]，无法深入分析各影响因素的组合构型对蔬菜种植大户物联网技术采纳意愿的影响[23]。伴随着模糊集定性比较分析（fsQCA）方法的日益兴起并受到学界重视，为研究因果非对称性、多重并发因果关系等复杂管理现象和问题提供了新的思路。fsQCA 以集合理论和构型理论为基本思想，综合定性和定量两种研究范式，基于整体视角，能够充分探讨多个要素条件间的相互作用及其组态对蔬菜种植大户物联网技术采纳意愿的驱动机制[22]，能够更好地理解不同影响因素的搭配组合及其对用户行为的影响[24]。

综上所述，本文基于整合型技术接受理论和计划行为理论，以 406 份蔬菜种植大户调查数据为样本，基于组态视角，运用 fsQCA 分析蔬菜种植大户物联网技术采纳意愿多种影响因素间复杂互动的并发作用，揭示促进蔬菜种植大户采纳物联网技术的多元路径和复杂驱动机制，并重点回答以下 4 个研究问题：蔬菜种植大户物联网技术采纳意愿影响因素中是否存在单一要素为高采纳意愿的必要条件？哪些条件组态可以促进蔬菜种植大户采纳高物联网技术？这些条件之间存在着怎样的匹配和替代关系？不属于高采纳意愿的组态能否通过优化其他要素补足短板从而提升蔬菜种植大户对物联网技术的采纳意愿？以期回应从组态视角分析蔬菜种植大户物联网技术采纳意愿驱动问题的呼吁，为促进物联网技术在蔬菜种植领域的推广应用提供理论指导和现实依据。

1　理论基础与模型构建

1.1　理论基础

1.1.1　整合型技术接受理论

Venkatesh 等[25]于 2003 年提出整合型技术接受

中国知网　https://www.cnki.net

理论(UTAUT),该理论主要包含绩效期望、努力期望、社会影响和便利条件 4 个核心变量以及性别、年龄、经验和自愿性 4 个控制变量,旨在探究用户使用信息系统的意愿与行为,被认为是各种背景下技术接受和使用最全面的理论。研究发现,UTAUT 模型对用户使用行为的解释能力达 70%,具有更高的信度和效度水平[26]。此外,UTAUT 模型已被广泛运用于各种农业背景的研究。Aparo 等[27]对农民采用移动电话技术的异质性进行系统回顾,发现绩效和努力预期是驱动农民采用移动电话技术的关键因素。Giua 等[28]发现农民智能农业技术的使用意向主要依赖于技术的性能预期、技术的复杂性和对农民的社会影响。也有研究表明,便利条件(如知识、资源和获得顾问服务)是提高中国农民采用精准农业技术使用意愿的最好的预测因素[29]。

因此,考虑到整合型技术接受理论在预测使用新技术意愿方面的巨大潜力,以及它在农业生产经营活动中的应用频率,本文决定使用该理论模型。

1.1.2 计划行为理论

Ajzen[30]于 1985 年提出计划行为理论(TPB),该理论认为人的行为主要由行为意愿决定,而行为意愿则由行为态度、主观规范、感知行为控制决定。但该理论未充分考虑其他外部环境变量,限制了意愿对行为的预测力[31]。此外,其通过对计划行为理论的进一步研究,证实外部环境变量在个体意愿向行为转换过程中发挥着重要作用[32]。蔬菜种植大户作为“理性经济人”,也是“复杂社会人”,在做出最优行为决策时会受到外部社会压力因素的影响。而这种外部社会压力因素主要分为指令性规范和示范性规范两种,其中指令性规范主要来源于政府的政策干预,示范性规范主要来源于蔬菜物联网标准化示范园以及整体社会氛围[33]。政府支持作为重要的外部环境因素,对农户新技术采纳意愿起着重要的决定作用,政府通常通过补助金和培训等方式参与农户对新技术的采纳[34]。基于此,将政府支持引入理论模型,构建蔬菜种植大户物联网技术采纳意愿的组态效应模型。

1.2 模型构建

基于上述分析,选取绩效期望(*PE*)、努力期望(*EE*)、社会影响(*SI*)、便利条件(*FC*)、政府支持(*GS*)作为前因条件变量,蔬菜种植大户物联网技术采纳意愿作为结果变量,运用 fsQCA 方法厘清各个前因变量之间的相互关系及其适配组态对结果变量的驱动路径及背后的复杂因果机制。据此,构建蔬菜种植大户物联网技术采纳意愿的组态效应模型,如图 1 所示。

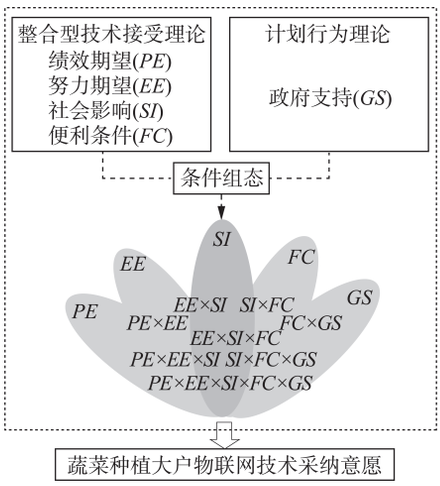

图 1 蔬菜种植大户物联网技术采纳意愿的组态效应模型

Fig. 1 Group effect model of IoT technology adoption intentions of large vegetable farmers

2 研究设计与数据来源

1) 变量测量。调查问卷包含两个部分。一是蔬菜种植大户人口统计特征的基本情况;二是蔬菜种植大户物联网技术采纳意愿影响因素相关量表,包括绩效期望、努力期望、社会影响、便利条件、政府支持、采纳意愿等。为保证量表的信度和效度,各量表题项在参考学者成熟量表的基础上进行适应性调整,共 20 个题项,并采用李克特 7 级量表进行测度,1~7 分分别对应从“非常不同意”到“非常同意”(表 1)。

2) 数据来源。数据来源于课题组 2022 年 6 月—2023 年 7 月的问卷调查,以江西省蔬菜主产区蔬菜种植大户为调研对象。首先,在正式调查问卷发放前,在南昌市青山湖区对问卷内容进行预调查。然后,按照典型抽样与分层随机抽样的方法对样本区域进行抽样调查。选取南昌县、丰城市、永丰县、井冈山市、临川区、于都县、信丰县、宁都县等 12 个江西省蔬菜种植大户较为集中的县(市、区)作为调研样本县(市、区),在每个样本县(市、区)随机抽取 2 个样本乡镇,每个样本乡镇再随机抽取 2 个样本村,又在每个样本村随机抽取 10 户蔬菜种植大户,采取实地走访入户的方式进行问卷调查,共发放问卷 480 份,回收问卷 480 份,剔除其中关键信息遗漏、填写不规范及明显错误等无效问卷,最终得到有效问卷 406 份,问卷有效率 84.58%。从性别来看,蔬菜种植大户的家庭决策者以男性为主,占比高达 90.89%;从年龄分布和婚姻状况来看,蔬菜种植大户的年龄主要集中在 40~59 岁,占比达 70.93%,且多为已婚群体;从受教育程度来看,蔬菜种植大户的受教育水平普遍偏低,67.73% 为初中及以下水平(表 2)。

中国知网 https://www.cnki.net

表 1　变量测量题项

Tab. 1 Variable measurement items

前因变量	测量题项	参考来源
绩效期望 *PE*	使用物联网技术能够给我带来好处 *PE*1	Im 等[35]
	使用物联网技术能够提高蔬菜种植效率，节约时间 *PE*2	
	使用物联网技术能够减少人力成本 *PE*3	
	使用物联网技术能为蔬菜销售吸引更多客户 *PE*4	
努力期望 *EE*	我认为学习如何使用物联网很容易 *EE*1	Dishaw 等[36]
	我认为使用物联网的操作并不复杂 *EE*2	
	对我来说使用物联网技术完成特定任务的操作是容易 *EE*3	
	我很容易学会熟练使用物联网 *EE*4	
社会影响 *SI*	其他蔬菜种植大户在使用（或即将使用）物联网技术 *SI*1	Im 等[35]
	政府及大众媒体鼓励蔬菜种植大户使用物联网技术 *SI*2	
	使用物联网技术能提升蔬菜品质形象 *SI*3	
便利条件 *FC*	周围很多人使用物联网技术，让我觉得自己也应使用这项技术 *FC*1	Lu 等[37]
	周围人都在使用物联网技术，会建议我也考虑使用这项技术 *FC*2	
	周围的人都在使用物联网技术，我应该很容易使用这项技术 *FC*3	
政府支持 *GS*	政府为物联网技术的发展提供财力支持 *GS*1	Yee-Loong 等[38]
	政府为物联网技术的发展提供政策支持 *GS*2	
	政府为物联网技术的发展提供人才支持 *GS*3	
采纳意愿 *AI*	我会使用或开始使用物联网技术 *AI*1	Taylor 等[39]
	我愿意学习使用物联网技术的应用 *AI*2	
	我会在使用物联网技术的同时推荐给其他人使用 *AI*3	

表 2　样本群体的描述性统计分析

Tab. 2 Descriptive statistical analysis of the sample population

统计量		频次	百分比/%	统计量		频次	百分比/%
性别	男	369	90.89	婚姻状况	已婚	390	96.06
	女	37	9.11		未婚	16	3.94
年龄	≤30 岁	17	4.19	受教育程度	小学及以下	116	28.57
	30～39 岁	62	15.27		初中	159	39.16
	40～49 岁	156	38.42		高中/中专	102	25.12
	50～59 岁	132	32.51		本科/大专	28	6.90
	≥60 岁	39	9.61		研究生	1	0.25
家庭人口数	3 人及以下	29	7.14	家庭从事蔬菜种的劳动力	1 人	81	19.95
	4～6 人	280	68.97		2 人	265	65.27
	7 人及以上	97	23.89		3 人	26	6.40
是否为村干部	是	45	11.08		4 人	25	6.16
	否	361	88.92		5 人及以上	9	2.22

3　数据分析与实证结果

1）共同方法偏差检验。考虑到调研数据均来源于蔬菜种植大户的自报告数据，首先采用 SPSS25.0 进行 Harman 单因子检验，结果显示，未旋转的因子分析得到 6 个因子，解释了总变异的 84.486%，第一个因子初始特征值的方差解释量为 47.587%，未超过 50%，表明共同方法偏差在可接受范围内。但也有研究认为单因子检验存在缺陷，为响应 Podsakoff 等[40]引进方法因子检验的建议，在研究模型 M1 中加入一个潜变量作为共同方法因子，加入潜变量后的模型记为 M2，比较加入该潜变量前后模型的拟合优度，结果表明，拟合指标没有明显变化（*CFI* 和 *TLI* 等指标变化不超过 0.1，*RMSEA* 变化不超过 0.05），说明不存在明显的共同方法偏差（表 3）。

表 3　模型拟合优度

Tab. 3 Model fit superiority

模型	X^2/df	*RMSEA*	*CFI*	*TLI*	Δ*RMSEA*	Δ*CFI*	Δ*TLI*
M1	3.184	0.073	0.953	0.942			
M2	2.478	0.060	0.972	0.961	0.013	0.019	0.019

2）信效度检验。利用 SPSS25.0 和 AMOS24.0 软件对量表进行信度和效度检验，各变量的 *Cronbach's α* 值均大于 0.8，验证了问卷的可靠性，表明问卷量表具有良好的信度。各变量题项的因子载荷均大于 0.7，说明量表具有良好的收敛效度，所有题项指标均可保留。此外，所有变量的 *AVE* 值均大于 0.5，*CR* 值均大于 0.7，说明模型具有较好的聚合效度（表 4）。

进一步检验区别效度发现，各变量的 *AVE* 平方根均大于其与其他变量间的相关系数，说明测量模型的区别效度良好（表 5）。

3）数据校准。模糊定性比较分析的变量隶属值范围在 0～1，而样本数据是 7 级李克特的数值型，根据 fsQCA 方法的分析步骤，在定性比较分析前，对样本数据进行校准处理，将前因变量和结果变量转换为 0～1 的数值。首先，将各变量题项数值之间的均值作为变量的初始数据[41]；其次，将各变量初始数据的最大值、平均值、最小值作为锚点[42]，即完全隶属点、交叉点、完全不隶属点；最后，使用 fsQCA3.0 软件对各变量样本数据进行校准，得到模糊隶属值（表 6）。

4）必要条件分析。对校准后的各单一条件变量（包括其非集）进行必要条件分析，一般认为，若某前因条件变量的一致性大于 0.9，该因素即可视为结果产生的一个必要条件。必要条件分析结果如表 7 所示。各前因条件变量的一致性均低于 0.9，表明单一条件

中国知网　https://www.cnki.net

变量不构成蔬菜种植大户物联网技术采纳意愿的必要条件，单个要素对蔬菜种植大户物联网技术采纳意愿的解释力较弱，应从组态视角进一步探究多重条件的并发协同效应。

表 4 样本的信度与效度检验

Tab. 4 Reliability and validity test of the sample

变量	观察变量	因子载荷	*Cronbach's α*	*CR*	*AVE*
绩效期望	*PE*1	0.837	0.901	0.906	0.707
	*PE*2	0.927			
	*PE*3	0.866			
	*PE*4	0.720			
努力期望	*EE*1	0.856	0.935	0.936	0.786
	*EE*2	0.919			
	*EE*3	0.878			
	*EE*4	0.892			
社会影响	*SI*1	0.831	0.892	0.893	0.736
	*SI*2	0.854			
	*SI*3	0.887			
便利条件	*FC*1	0.850	0.904	0.903	0.762
	*FC*2	0.913			
	*FC*3	0.855			
政府支持	*GS*1	0.901	0.934	0.935	0.828
	*GS*2	0.959			
	*GS*3	0.867			
采纳意愿	*AI*1	0.872	0.928	0.929	0.813
	*AI*2	0.942			
	*AI*3	0.889			

表 5 各变量相关系数

Tab. 5 Correlation coefficients of variables

变量	绩效期望	努力期望	社会影响	便利条件	政府支持	采纳意愿
绩效期望	0.841					
努力期望	0.538	0.887				
社会影响	0.447	0.624	0.858			
便利条件	0.447	0.427	0.332	0.873		
政府支持	0.366	0.484	0.591	0.347	0.910	
采纳意愿	0.549	0.642	0.552	0.511	0.560	0.901

表 6 变量数据校准

Tab. 6 Variable data calibration

变量	完全隶属点	交叉点	完全不隶属点
绩效期望	7	4.90	1
努力期望	7	3.49	1
社会影响	7	3.48	1
便利条件	7	4.56	1
政府支持	7	3.92	1
采纳意愿	7	3.98	1

表 7 必要性分析

Tab. 7 Necessity analysis

条件变量	高物联网技术采纳意愿		非高物联网技术采纳意愿	
	一致性	覆盖率	一致性	覆盖率
绩效期望	0.880	0.803	0.733	0.663
～绩效期望	0.631	0.705	0.782	0.866
努力期望	0.790	0.857	0.602	0.646
～努力期望	0.674	0.631	0.867	0.804
社会影响	0.841	0.910	0.609	0.652
～社会影响	0.678	0.637	0.914	0.851
便利条件	0.881	0.827	0.678	0.631
～便利条件	0.607	0.656	0.814	0.871
政府支持	0.875	0.879	0.628	0.624
～政府支持	0.626	0.630	0.878	0.875

注：“～”表示逻辑运算中的“非”。

5）真值表构建。在组态分析前，采用 fsQCA3.0 构建真值表，共产生 32 条组合路径。其次，对案例频数和一致性阈值进行设置，Ragin 推荐原始一致性的阈值应大于 0.75，并保留 80% 以上的样本数据，考虑到数据在一致性上的自然断裂[42]，将一致性阈值设为 0.8，案例频数阈值设为 8。最后，将 *PRI* 一致性阈值大于 0.7 的组合在结果变量中编码为 1，*PRI* 一致性阈值小于 0.7 的组合在结果变量中编码为 0[22]。

6）组态分析。组态分析可得到复杂解、中间解、简约解三种解。QCA 作为一种定性分析方法，既能得出不同的组态路径，还能区分核心条件和辅助条件。通常将同时出现在中间解和简约解中的条件变量称为核心条件，而辅助条件则仅在中间解中出现，由于中间解更接近理论实际又不至于太过复杂，因此，在实际应用中，一般遵循以中间解为主并考虑简约解配合分析组态路径[43]。

通过组态分析，最终得到蔬菜种植大户高和非高物联网技术采纳意愿的适配组态。如表 8 所示，产生蔬菜种植大户高物联网技术采纳意愿的适配组态有 4 类（H1、H2、H3、H4），产生蔬菜种植大户非高物联网技术采纳意愿的适配组态有 2 类（NH1、NH2）。高蔬菜种植大户物联网技术采纳意愿的 4 类适配组态的一致性分别为 0.983、0.988、0.988、0.993，组态总体一致性为 0.969，说明已构成组态能够解释蔬菜种植大户高物联网技术采纳意愿的原因，组态效应显著。此外，高采纳意愿组的整体覆盖率为 0.871，说明这 4 类条件组合构型可以解释 87.1% 的蔬菜种植大户高物联网技术采纳意愿案例。事实上，所有条件组态都具有显著的一致性和覆盖率，因此该模型具有实质性的解释力，可进一步分析 5 个前因条件对蔬菜种植大户

中国知网 https://www.cnki.net

物联网技术采纳意愿的驱动路径及其适配组态。

表 8　产生高/非高物联网技术采纳意愿的适配组态

Tab. 8 Adaptation configurations that generate high/non-high intentions to adopt IoT technologies

条件变量	高采纳意愿组				非高采纳意愿组	
	H1	H2	H3	H4	NH1	NH2
绩效期望		●		●		⊗
努力期望			●	●	⊗	⊗
社会影响	⊗	●	●	●	⊗	⊗
便利条件	●			•		⊗
政府支持	●	•	•		⊗	
一致性	0.983	0.988	0.988	0.993	0.977	0.992
原始覆盖率	0.560	0.686	0.650	0.610	0.739	0.612
唯一覆盖率	0.088	0.040	0.038	0.049	0.171	0.044
总体一致性	0.969				0.973	
总体覆盖率	0.871				0.783	

注：●＝核心条件存在，⊗＝核心条件不存在，•＝辅助条件存在，⊗＝辅助条件不存在，空白代表条件可有可无。

fsQCA 揭示导致蔬菜种植大户高物联网技术采纳意愿的 4 类适配组态。便利条件与政府支持驱动型路径 H1 表明，当蔬菜种植大户拥有高便利条件、高政府支持时，即使社会影响作为辅助条件缺失，也能驱动蔬菜种植大户产生高物联网技术采纳意愿。其中高便利条件与高政府支持是影响蔬菜种植大户高物联网技术采纳意愿的核心条件，这与 Giua[28]、Li[29]等的研究结果相似。

绩效期望与社会影响驱动型路径 H2，这一组合路径代表了很大一部分样本，结果表明，当努力期望与便利条件无论是否存在，高绩效期望、高社会影响与低政府支持相结合都将驱动蔬菜种植大户产生高物联网技术采纳意愿，其中高绩效期望与高社会影响是核心条件，低政府支持是辅助条件。

努力期望与社会影响驱动型路径 H3 表明，当蔬菜种植大户拥有高努力期望与高社会影响作为核心条件时，即使获得的政府支持较低，也能够产生高物联网技术采纳意愿。此外，组态路径 H2 和 H3 表明，高绩效期望与高努力期望可以相互替代，且政府支持作为辅助条件一直存在；可以看出，政府支持在物联网技术采纳中发挥重要作用，对蔬菜种植大户物联网技术采纳意愿的影响不容忽视，政府为蔬菜种植大户物联网技术使用提供的基础设施、政策支持和技术培训等，均有助于帮助和推进物联网技术的推广应用。

多维协同驱动型路径 H4 表明，如果蔬菜种植大户感知到物联网技术具有高绩效期望与高努力期望，并且周围其他蔬菜种植户或大众媒体等对蔬菜种植大户产生高社会影响时，即使便利条件发挥的不是关键核心作用，蔬菜种植大户也会产生高物联网技术采纳意愿。与此同时，从 H2、H3 和 H4 三条组态路径对比来看，高社会影响是以上 3 个组态路径的核心条件。

进一步对采纳意愿取非集，分析产生非高物联网技术采纳意愿的组态路径。表 8 显示导致蔬菜种植大户非高物联网技术采纳意愿的 2 类适配组态路径（NH1、NH2）。在绩效便利缺失型路径 NH1 中，努力期望、政府支持的缺失发挥核心作用，且社会影响的缺失发挥了辅助作用。这表明，无论物联网技术的便利条件和蔬菜种植大户感知到的绩效期望如何，如果缺乏政府在财力、政策、人才等方面提供的支持，缺少周围其他蔬菜种植大户、大众媒体等的社会影响，依然难以驱动蔬菜种植大户产生高物联网技术采纳意愿。在政府支持缺失型路径 NH2 中，社会影响、便利条件的缺失发挥了核心作用，绩效期望与努力期望的缺失发挥了辅助作用。结果说明，无论政府支持力度如何，如果物联网技术无法为蔬菜种植大户提供良好的感知绩效期望和努力期望，缺乏便利条件、社会影响，同样难以驱动蔬菜种植大户产生高物联网技术采纳意愿。

7）稳健性检验。对于研究结果的稳健性检验，通常有增加或减少案例、改变案例频数阈值、改变 PRI 一致性阈值等方法。选取 2 种方法对蔬菜种植大户高物联网技术采纳意愿进行稳健性检验。首先，将案例频数阈值由 8 减至 7，产生 4 个组态与现有组态中的两个解相一致，总体一致性和总体覆盖率未发生变化。其次，将 PRI 一致性阈值由 0.7 提高到 0.75，产生 4 个组态与现有组态中的两个解基本一致，总体一致性由原先的 0.969 提高到 0.971，总体覆盖率由原先的 0.871 降低至 0.861。综上，研究结果具有良好的稳健性。

4　结论与建议

4.1　结论

基于整合型技术接受理论和计划行为理论，利用 fsQCA 方法探究农户物联网技术采纳意愿多元驱动路径，得到如下结论：（1）单个前因条件均不是产生蔬菜种植户物联网技术采纳意愿的必要条件，说明单个要素对蔬菜种植户物联网技术采纳意愿的解释力较弱。（2）蔬菜种植大户高物联网技术采纳意愿的驱动机制分为 4 类组态路径：便利条件与政府支持驱动型、绩效期望与社会影响驱动型、努力期望与社会影响驱动型、全面协调驱动型。此外，社会影响和政府支持分别在 3 类组态中同时存在，是蔬菜种植户物联网技术采纳意愿的核心条件和重要条件；必要性结果中，绩效期望、便利条件、政府支持的一致性和覆盖率都比较

中国知网　https://www.cnki.net

高，表明对蔬菜种植大户物联网技术采纳意愿的驱动更强。(3)组态路径分析发现高绩效期望与高努力期望在驱动蔬菜种植大户高物联网技术采纳意愿的过程中互为替代关系；蔬菜种植大户高物联网技术采纳意愿的适配组态与非高物联网技术采纳意愿的适配组态存在非对称关系。

4.2 建议

1) 坚持系统观念，发挥多要素协同作用。多要素条件并发协同效应的存在揭示出蔬菜种植大户物联网技术采纳意愿影响机制的复杂性。因此，在推广物联网技术时，政府部门要坚持系统观念，不能局限于优化单个要素，要统筹整体资源，做好充分的调研，基于蔬菜种植大户已有的条件禀赋，从整体视角出发，着力于多重条件之间的适配，从制度供给、财政补贴、技术培训、人才培育等方面实现最优配置，放大要素间的相互协同作用，以强有力的“组合拳”驱动蔬菜种植大户物联网技术的采纳意愿的提升，进而转化为采纳行为。

2) 重视社会影响，发挥推广示范作用。研究发现，社会影响在驱动蔬菜种植大户物联网技术采纳意愿中发挥着极为关键的普适性作用。因此，在打好“组合拳”的同时，要注重蔬菜种植大户周围的社会网络，发挥农业企业、蔬菜合作社、家庭农场等新型经营主体的示范带动作用，通过开展技术培训、经验分享、现场观摩等形式，提高蔬菜种植大户对物联网技术的认知度，通过数据支持、协同合作、科学管理等优势资源共享，降低蔬菜种植大户的风险感知，进而示范和引领更多的蔬菜种植大户采纳物联网技术。

3) 优化政策支持环境，发挥精准化政策引导。政府支持在驱动蔬菜种植大户物联网技术采纳意愿的不同适配组态中发挥着核心或辅助作用。此外，物联网技术具有投资高、信息化高、维修成本高等特点，在我国农业领域的应用尚处于初级阶段，技术生命周期理论也认为，处于初级阶段的新技术的推广和应用离不开政府不同程度的培育。因此，政府应在技术、信息、资金、基础设施及服务等方面为蔬菜种植大户提供支持，政府部门要根据蔬菜种植大户的异质性特征，实施差异化、精准化的政策引导，满足不同类型蔬菜种植大户的政策需求，通过激励与约束机制引导和规范蔬菜种植大户的物联网技术采纳意愿及采纳行为。

参 考 文 献

[1] Biesbroek S, Kok F J, Tufford A R, et al. Toward healthy and sustainable diets for the 21st century: Importance of sociocultural and economic considerations [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2023, 120(26): 1－9.

[2] 汪紫薇，陈慧媛，朱晓华. 中国居民膳食结构的区域差异及其健康效应[J]. 地理科学，2023，43(10)：1825－1836.
Wang Ziwei, Chen Huiyuan, Zhu Xiaohua. Regional differences and health effects of dietary pattern of Chinese residents [J]. Scientia Geographica Sinica, 2023, 43(10): 1825－1836.

[3] 黄季焜. 加快农村经济转型，促进农民增收和实现共同富裕[J]. 农业经济问题，2022(7)：4－15.
Huang Jikun. Facilitating farmer′s income growth and common prosperity through accelerating rural economic transformation [J]. Issues in Agricultural Economy, 2022(7): 4－15.

[4] 沈辰，赵凤，孙家波，等. 我国蔬菜市场调控的思考与建议[J]. 中国蔬菜，2022，404(10)：14－19.

[5] 杨雪雁，陈楠楠，陈李波. 新型农业经营主体对智慧农业技术的采纳意愿研究[J]. 科技管理研究，2023，43(9)：116－124.
Yang Xueyan, Chen Nannan, Chen Libo. Research on new agricultural business entities′ willingness to adopt smart agricultural technology [J]. Science and Technology Management Research, 2023, 43(9): 116－124.

[6] 张美玲，张复宏. 苹果种植户有机肥施用的经济效果评价——基于新成本效率模型的对比分析[J]. 干旱区资源与环境，2023，37(11)：150－161.
Zhang Meiling, Zhang Fuhong. Evaluation of economic effect of organic fertilizer application for apple growers [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2023, 37(11): 150－161.

[7] 赵春江，李瑾，冯献. 面向2035年智慧农业发展战略研究[J]. 中国工程科学，2021，23(4)：1－9.
Zhao Chunjiang, Li Jin, Feng Xian. Development strategy of smart agriculture for 2035 in China [J]. Strategic Study of CAE, 2021, 23(4): 1－9.

[8] Saranya T, Deisy C, Sridevi S, et al. A comparative study of deep learning and Internet of Things for precision agriculture [J]. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2023, 122: 106034.

[9] 陈健，张颖，王丹. 新质生产力赋能乡村全面振兴的要素机制与实践路径[J]. 经济纵横，2024(4)：29－38.
Chen Jian, Zhang Ying, Wang Dan. Mechanism and practice path of new qualitative productive forces empowering comprehensive rural revitalization economic [J]. Review Journal, 2024(4): 29－38.

[10] 樊胜根，张玉梅. 践行大食物观促进全民营养健康和可持续发展的战略选择[J]. 农业经济问题，2023(5)：11－21.
Fan Shenggen, Zhang Yumei. The strategic options of implementing the greater food approach for national nutrition and health and sustainable development [J].

中国知网 https://www.cnki.net

Issues in Agricultural Economy, 2023(5): 11－21.

[11] 刘君, 王学伟. 智慧农业驱动蔬菜产业变革研究[J]. 中国瓜菜, 2022, 35(12): 100－108.
Liu Jun, Wang Xuewei. The transformation of vegetable industry driven by smart agriculture [J]. China Cucurbits and Vegetables, 2022, 35(12): 100－108.

[12] 包玉泽, 于颖, 周怡, 等. 中国蔬菜产业的布局及其演化研究: 1990—2014年[J]. 干旱区资源与环境, 2018, 32(11): 53－58.

[13] Sinha B B, Dhanalakshmi R. Recent advancements and challenges of Internet of Things in smart agriculture: A survey [J]. Future Generation Computer Systems, 2022, 126: 169－184.

[14] Finger R, Swinton S M, El Benni N, et al. Precision farming at the nexus of agricultural production and the environment [J]. Annual Review of Resource Economics, 2019(11): 313－335.

[15] Van Deursen A J A M, Mossberger K. Any thing for anyone? A new digital divide in Internet-of-Things skills [J]. Policy & Internet, 2018, 10(2): 122－140.

[16] Sarni W, Mariani J, Kaji J. From Dirt to Data, the second green revolution and the Internet of Things [J]. Deloitte Review, 2016(18): 4－19.

[17] 李瑞, 顾莉丽, 李雪. 蔬菜种植户安全用药行为及影响因素研究——以山东省为例[J]. 中国农机化学报, 2024, 45(2): 107－114.
Li Rui, Gu Lili, Li Xue. Study on safe drug use behavior and influencing factors of vegetable growers: Taking Shangdong Province as an example [J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2024, 45(2): 107－114.

[18] 周妮笛, 纪丽彤, 舒澍成, 等. 家庭农场数字农业技术采纳作用机制——基于ISM－MICMAC模型分析[J]. 科技管理研究, 2024, 44(1): 117－123.

[19] 李连英, 章铭珠, 闵欣. 蔬菜种植户物联网技术采纳意愿及其影响因素实证分析[J]. 北方园艺, 2022, 519(24): 123－130.
Li Lianying, Zhang Mingzhu, Min Xin. Empirical analysis of vegetable growers' willingness to adopt IOT technologies and its influencing factors [J]. Northern Horticulture, 2022, 519(24): 123－130.

[20] 张振旺, 张君慧, 宋宇. 技术环境对菜农有机肥技术采纳行为的影响——以河南省设施菜农为例[J]. 中国农业资源与区划, 2023, 44(7): 117－128.
Zhang Zhenwang, Zhang Junhui, Song Yu. Effects of technological environment on the adoption behavior of organic fertilizer technology for vegetable farmers: A case study of the facility vegetable farmers in henan province [J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2023, 44(7): 117－128.

[21] 张馥林, 陈美球, 黄庆龙, 等. 农户绿色生产技术采纳的邻里效应分析——基于农技推广和农户认知的调节作用[J]. 中国土地科学, 2023, 37(5): 67－78.
Zhang Fulin, Chen Meiqiu, Huang Qinglong, et al. Analysis of neighborhood effects of farmers' green production technology adoption: Moderating effects based on agrotechnology extension and farmers' perceptions [J]. China Land Science, 2023, 37(5): 67－78.

[22] 杜运周, 贾良定. 组态视角与定性比较分析(QCA): 管理学研究的一条新道路[J]. 管理世界, 2017, 33(6): 155－167.

[23] Liu Y, Mezei J, Kostakos V, et al. Applying configurational analysis to IS behavioural research: A methodological alternative for modelling combinatorial complexities [J]. Information Systems Journal, 2017, 27(1): 59－89.

[24] Woodside A G. Embrace perform model: Complexity theory, contrarian case analysis, and multiple realities [J]. Journal of Business Research, 2014, 67(12): 2495－2503.

[25] Venkatesh V, Morris M G, Davis G B, et al. User acceptance of information technology: Toward a unified view [J]. MIS Quarterly, 2003(3): 425－478.

[26] Al-Emran M, Mezhuyev V, Kamaludin A, et al. The impact of knowledge management processes on information systems: A systematic review [J]. International Journal of Information Management, 2018, 43: 173－187.

[27] Aparo N O, Odongo W, De Steur H. Unraveling heterogeneity in farmer's adoption of mobile phone technologies: A systematic review [J]. Technological Forecasting and Social Change, 2022, 185: 1－33.

[28] Giua C, Materia V C, Camanzi L. Smart farming technologies adoption: Which factors play a role in the digital transition? [J]. Technology in Society, 2022, 68: 101869.

[29] Li W, Clark B, Taylor J A, et al. A hybrid modelling approach to understanding adoption of precision agriculture technologies in Chinese cropping systems [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2020, 172: 105305.

[30] Ajzen I. The theory of planned behavior [J]. Organizational Behavior and Human Decision Processes, 1991, 50(2): 179－211.

[31] Cooke R, Dahdah M, Norman P, et al. How well does the theory of planned behaviour predict alcohol consumption? A systematic review and meta-analysis [J]. Health Psychology Review, 2016, 10(2): 148－167.

[32] Ajzen I. The theory of planned behaviour: Reactions and reflections [J]. Psychology & Health, 2011, 26(9): 1113－1127.

[33] 张化楠, 葛颜祥. 内在感知、外部环境对农户绿色施肥技

中国知网　https://www.cnki.net

术采纳行为的影响研究[J]. 生态与农村环境学报，2023，39(2)：166－173.
Zhang Huanan，Ge Yanxiang. Research on the Influence of Internal perception and external environment on green fertilization technology adoption behavior of farmers [J]. Journal of Ecology and Rural Environment，2023，39(2)：166－173.

[34] 尤诗雨，郎宇，王桂霞. 农户黑土地保护性耕作技术采纳意愿及影响因素分析——以“梨树模式”为例[J]. 中国农机化学报，2024，45(6)：264－269.
You Shiyu，Lang Yu，Wang Guixia. Analysis of farmers′ willingness to adopt conservation tillage technology in black land and and its influencing factors：Taking the “Li shu pattern” as an example [J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization，2024，45(6)：264－269.

[35] Im I，Hong S，Kang M S. An international comparison of technology adoption：Testing the UTAUT model [J]. Information & Management，2011，48(1)：1－8.

[36] Dishaw M T，Strong D M. Extending the technology acceptance model with task-technology fit constructs [J]. Information & Management，1999(1)：279－305.

[37] Lu J，Yu C S，Liu C. Facilitating conditions，wireless trust and adoption intention [J]. Journal of Computer Information Systems，2005，46(1)：17－24.

[38] Yee-Loong Chong A，Ooi K B. Adoption of interorganizational system standards in supply chains：An empirical analysis of RosettaNet standards [J]. Industrial Management & Data Systems，2008，108(4)：529－547.

[39] Taylor S，Todd P A. Understanding information technology usage：A test of competing models [J]. Information Systems Research，1995，6(2)：144－176.

[40] Podsakoff P M，Organ D W. Self-reports in organizational research：Problems and prospects [J]. Journal of Management，1986，12(4)：531－544.

[41] Ragin C C. Set relations in social research：Evaluating their consistency and coverage [J]. Political Analysis，2006，14(3)：291－310.

[42] Schneider M R，Schulze－Bentrop C，Paunescu M. Mapping the institutional capital of high-tech firms：A fuzzy-set analysis of capitalist variety and export performance [J]. Journal of International Business Studies，2010，41(2)：246－266 .

[43] Ragin C C，Fiss P C. Net effects analysis versus configurational analysis：An empirical demonstration [J]. Redesigning Social Inquiry：Fuzzy Sets and Beyond，2008，240：190－212.

(上接第 301 页)

Zhao Xu，Zhang Zuli，Huang Qiubo，et al. Cutting performance of corn root-soil composite [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery，2013，44(8)：126－132.

[33] 张立芸，段青松，范茂攀，等. 玉米和大豆根系对滇中地区坡耕地红黏土抗剪强度的影响[J]. 土壤学报，2022(6)：1527－1539.
Zhang Liyun，Duan Qingsong，Fan Maopan，et al. Effects of maize and soybean roots on topsoil shear strength of red clay on sloping farmland in Central Yunnan [J]. Acta Pedologica Sinica，2022(6)：1527－1539.

[34] 袁志华，苏宗伟，李祥付，等. 玉米根系的拉伸特性研究[J]. 河南农业科学，2009(10)：51－52.

[35] 高艳，唐建卫，张根源，等. 根锚地力在小麦根系研究中的应用[J]. 麦类作物学报，2022，42(4)：415－423.

[36] 陶桂香，张紫恒，衣淑娟，等. 板蓝根收获机组合筛面摆动式根土分离装置设计与试验[J]. 农业机械学报，2022，53(4)：109－119.
Tao Guixiang，Zhang Ziheng，Yi Shujuan，et al. Design and test of combined swing radix isatidi root-soil separation device [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery，2022，53(4)：109－119.

[37] 解开婷. 三七根土复合体分离机理研究[D]. 昆明：昆明理工大学，2022.

[38] 宋占华，李浩，闫银发，等. 桑园土壤非等径颗粒离散元仿真模型参数标定与试验[J]. 农业机械学报，2022，53(6)：21－33.
Song Zhanhua，Li Hao，Yan Yinfa，et al. Calibration method of contact characteristic parameters of soil in mulberry field based on unequal-diameter particles DEM theory [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery，2022，53(6)：21－33.

[39] 郭呈成. 基于根—土复合体离散元模型的十字槽开沟器参数优化研究[D]. 杨凌：西北农林科技大学，2021.

[40] 苑进，李金光，邹亮亮，等. 基于离散元的菠菜收获机根切铲优化设计与试验[J]. 农业机械学报，2020，51(S2)：85－98.
Yuan Jin，Li Jinguang，Zong Liangliang，et al. Optimal design of spinach root-cutting shovel based on discrete element method [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery，2020，51(S2)：85－98.

[41] 赵淑红，刘汉朋，侯磊涛，等. 基于离散元法的免耕深施肥分段式玉米播种开沟器研制[J]. 农业工程学报，2021，37(13)：1－10.
Zhao Shuhong，Liu Hanpeng，Hou Leitao，et al. Development of deep fertilizing no-tillage segmented maize sowing opener using discrete element method [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering，2021，37(13)：1－10.

中国知网 https://www.cnki.net