

引用格式:夏雨,陈倩倩,魏明侠.基于SEM-ANN的数字人民币使用意愿影响因素研究[J].技术经济,2024,43(6):15-30.

XIA Yu, CHEN Qianqian, WEI Mingxia. Study on the factors influencing the intention to use E-CNY based on SEM-ANN[J]. Journal of Technology Economics, 2024, 43(6): 15-30.

基于 SEM-ANN 的数字人民币使用意愿 影响因素研究

夏雨,陈倩倩,魏明侠

(河南工业大学管理学院,郑州 450001)

摘要:数字人民币是重塑我国支付新格局、加速数字经济进程的重要载体,但在用户推广方面仍存在诸多阻力,从用户的视角探究数字人民币使用意愿的影响因素具有重要的意义。本文以数字人民币为研究对象,在 UTAUT2 模型的基础上结合数字人民币的特点,构建数字人民币使用意愿理论模型;进而,以数字人民币首批试点城市的用户数据为样本,综合运用 PLS-SEM 和 SEM-ANN 方法实证分析数字人民币使用意愿的影响因素。结果表明,基于 SEM 的数字人民币使用意愿模型具有较好的解释和预测能力;信任、习惯、价格价值和社会影响对数字人民币使用意愿具有显著正向影响,而绩效期望、努力期望和创新意识对数字人民币使用意愿的影响不显著;此外,在作为调节变量的个人特征方面,价格价值与数字人民币使用意愿的关系受性别因素的调节;经验对价格价值、习惯、社会影响、信任与用户使用意愿的关系均具有调节作用;将结构方程模型与人工神经网络相结合能够提升模型的预测精度,并且影响因素的重要性有所改变,习惯最为重要、信任次之,其次为社会影响和价格价值。

关键词:数字人民币;UTAUT2 模型;信任理论;创新意识;影响因素

中图分类号:F832.31 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-980X(2024)06-0015-16

DOI:10.12404/j.issn.1002-980X.J23120511

一、引言

随着数字技术和金融科技的迅速发展,数字金融体系不断完善。数字货币作为升级的数字金融基础设施,引起了国际社会的高度关注。据国际清算银行(BIS)2023年7月发布的关于全球86家中央银行(央行)的调查报告显示,正在开展或开发央行数字货币试点的央行数量占比为93%。央行数字货币已成为各国竞相争取先发优势、获得经济利益和国际金融话语权的重要工具。为积极应对全球央行数字货币竞争、维护金融市场平稳健康运行,进一步助力数字经济发展,我国高度重视数字人民币的研发。自2014年央行成立发行法定数字货币专门研究小组,到2019年数字人民币落地工作推进,数字人民币的发展建设已被纳入“十四五”规划纲要。目前,数字人民币的应用覆盖了批发零售、餐饮文旅、教育医疗、公共交通等多个领域,截至2022年1月,数字人民币试点场景超过808.51万个,累计开立个人钱包2.61亿个,交易金额875.65亿元。然而,数字人民币作为新兴的货币形态,在发展过程中尚存在诸多难题,尤其在支付领域的用户侧,由于数字人民币目前仍处于试点阶段,且相较于具有先发优势的支付宝、微信等,市场入局较晚、缺少高频的

收稿日期:2023-12-05

基金项目:国家社会科学基金重点项目“数字金融生态系统演化机制研究”(23AGL010);河南省高校哲学社会科学创新人才支持计划(2024-CXRC-04);河南省高校哲学社会科学规划年度项目“数字金融生态系统的构建与演化路径”(2023BJJ019);河南省高校人文社会科学研究一般项目“数字经济背景下异质双渠道供应链融资决策机制研究”(2024-ZZJH-021);河南省高等学校哲学社会科学创新团队资助项目“大数据管理创新团队”(2019-CXTD-04)

作者简介:夏雨,管理学博士,河南工业大学管理学院副教授,硕士研究生导师,研究方向:供应链金融;陈倩倩,河南工业大学管理学院硕士研究生,研究方向:数字金融;魏明侠,管理学博士,河南工业大学管理学院教授,博士研究生导师,研究方向:互联网金融行为。

场景引流和丰富的用户积累,严重阻碍数字人民币的应用和推广。因此,从用户的视角探究数字人民币使用意愿的影响因素具有重要的现实意义。

数字人民币属于央行数字货币的一种形态,是由中国人民银行发行、以国家信用为背书的数字形式的法定货币,具有价值特征、法偿性和可控匿名性^[1-2]。数字人民币既可以基于账户转移,也可以基于价值转移,对传统账户体系形成了有效补充,成为生产、生活场景中重要的支付工具^[3]。目前,国外相关研究侧重探讨央行数字货币对银行和经济的影响。例如,Jun 和 Yeo^[4]基于微观经济银行模型探究央行数字货币对银行贷款供应及其倒闭风险的影响。Bian 等^[5]深入分析了央行数字货币对银行存款的潜在挤出效应。部分针对数字人民币的相关研究则聚焦于数字人民币对货币政策、国际货币体系的影响。例如,Shen 和 Hou^[6]基于数字人民币功能的视角分析其对货币政策和支付竞争的影响;Yang 和 Zhou^[7]从货币需求、货币供给和货币政策传导机制等方面探究了数字人民币对央行货币政策的影响机制;Yuan 等^[8]认为将供应链管理应用于数字人民币软件的开发能够更好地满足用户的支付需求,进而有助于加强数字人民币在国际货币体系中的地位。

而国内相关研究则主要针对我国主权数字货币——数字人民币进行探究,且聚焦于数字人民币的发展和影响以及监管问题。针对数字人民币的发展,王佳佳和沈坤荣^[9]在总结数字人民币现存问题的基础上,提出数字人民币发展的优化路径;李翌和李振^[10]基于马克思货币信用理论,通过分析数字货币的演进和信用逻辑,指出区块链、5G 移动通信、物联网、量子加密通信技术等的数字人民币发展和完善的有力保障;黄国平^[11]深入分析数字人民币发展的动因及所面临的机遇和挑战,在此基础上提出促进数字人民币发展的策略;周光友^[12]提出数字人民币国际化是我国经济高质量发展和扩大金融高水平开放的重要保障,并从计价货币、投融资货币、储备货币和动态回流四个维度,分析了数字人民币促进人民币国际化的机制。关于数字人民币的影响方面,封思贤和杨靖^[13]针对大型互联网平台“大数据杀熟”的现象,通过构建博弈模型分析数字人民币对互联网平台数据垄断风险的防范作用和机理;石建勋和江鸿^[14]通过构建动态随机一般均衡模型(DSGE),分析数字人民币替代现金和替代存款对商业银行利润的影响;袁曾^[15]提出通过有效发挥数字人民币对货币政策的调节、币值长期稳定的维持及系统性风险的降低等作用,能够实现反制美国的“长臂管辖”。黄国平和李婉溶^[16]探究了数字人民币在数字财政建设和财政数字化转型方面的主要作用及其提升策略;李志鹏等^[1]则深入分析使用数字人民币构建新型跨境支付体系的模式和路径。针对数字人民币的监管问题,张夏明等^[17]基于数字人民币的底层技术和交易结构,分析了数字人民币的潜在洗钱风险与规制障碍,进而提出了完善数字人民币反洗钱监管的框架和路径;柯达^[18]则针对数字人民币离线支付过程中的双重支付风险,提出了实施离线支付服务的市场准入监管和日常行为监管策略。

综上,已有相关文献为数字人民币的发展提供了理论基础和宏观指导,但尚未涉及微观应用层面;然而,实践中,数字人民币处于试发行阶段、存在用户量少等问题,亟须从用户的视角探讨数字人民币使用意愿的影响因素。此外,数字人民币是数字形式的法定货币,具有产品属性,是新技术赋能的新产品,需要结合数字人民币的特性探讨影响用户对其使用意愿的重要因素。基于此,本文以技术接受与使用统一理论扩展模型(UTAUT2)为基础,同时考虑数字人民币的创新性和安全性,构建数字人民币使用意愿的理论模型;在此基础上,运用偏最小二乘结构方程建模探究影响用户使用数字人民币的主要因素,进而结合人工神经网络构建基于结构方程与人工神经网络的耦合模型(SEM-ANN)的数字人民币使用意愿模型,提升预测数字人民币使用意愿影响因素的精确度。本文对来自数字人民币首批试点城市的数据进行实证分析,并根据研究结果提出相关对策和建议。本文的创新点主要体现在以下三个方面:①以数字人民币为研究对象,从微观用户的视角探索数字人民币使用意愿的影响机制,深化了数字人民币相关领域的研究;②在UTAUT2模型的基础上结合数字人民币的特征,并考虑个人特征,引入性别、年龄、经验和收入等调节变量,进而,创新性的构建了数字人民币使用意愿的理论模型;③选取数字人民币首批试点城市的用户为调研对象,综合运用SEM-ANN两阶段方法,实证了数字人民币使用意愿的影响因素和影响机理,为数字人民币的进一步应用和推广提供理论借鉴和参考。

二、理论基础与研究假设

(一) 理论基础

UTAUT2 模型作为技术接受统一理论(UTAUT)模型的拓展,是由 Venkatesh 等^[19]为了更为全面、准确的探究非组织环境下影响用户对技术的使用意愿和行为的因素。相较于 UTAUT 模型,UTAUT2 模型不仅包含表征用户接受与使用技术的外部动机,如社会影响、促成条件,还将用户接受与使用技术的内部驱动因素——享乐动机、价格价值和习惯考虑进来。该模型被广泛地应用于通信服务、金融、教育、商业、医疗健康等不同领域的研究,尤其在与本文相关的金融领域,该模型对用户行为意愿的解释力度高达 74%,成为解释用户接受与使用技术影响因素的主流模型。例如,Kwateng 等^[20]使用该模型探究了影响客户在加纳使用移动银行服务的因素;Moorthy 等^[21]使用多元线性回归(MLR)法研究了马来西亚在职成年人采用移动支付的行为意向的前因。Kilani 等^[22]衡量了 UTAUT2 变量对约旦电子钱包采用行为的影响程度,结果强调了信任和习惯对电子钱包使用意愿的影响。并且,由于数字人民币是数字形式的法定货币,具有产品的属性,是新技术赋能的新产品,因此,适合采用 UTAUT2 理论探究用户对其使用意愿的影响因素。

(二) 研究假设

根据 UTAUT2 理论模型,本文选取绩效期望、努力期望、价格价值、社会影响和习惯 5 个变量,并结合数字人民币的特征,引入信任和创新意识,将性别、年龄、收入和经验等个人特征作为调节变量,深入探讨各因素与数字人民币使用意愿之间的关系。

1. UTAUT2 模型和数字人民币使用意愿

(1) 绩效期望。绩效期望(performance expectancy)指用户认为使用某一系统或技术对自身工作效率的改善程度^[19]。已有研究表明,绩效期望是解释和预测个人行为意愿的有效变量。例如,Alalwan 等^[23]以约旦银行客户为研究对象,探讨用户对手机银行使用意愿的影响因素。结果表明,绩效期望显著正向影响用户使用手机银行的意愿。Barbosa 等^[24]通过偏最小二乘结构方程模型(PLS-SEM)研究了用户使用健身应用程序的意图,实证结果发现绩效期望对使用健身应用程序的行为意图有积极的影响。彭红霞等^[25]基于 UTAUT 模型研究了用户使用手机支付的因素,证明绩效期望对用户移动支付意愿具有显著的正向影响。数字人民币是一种支付工具,能够帮助用户实现产品或服务的购买;同时,数字人民币具备双离线支付和可控匿名的特性,且以国家信用为背书,能够有效保障用户财产和隐私安全,消除用户在金融交易中的顾虑,从而提升用户支付的效率。

基于此,本文提出以下假设:

绩效期望正向影响用户使用数字人民币的意愿(H1)。

(2) 努力期望。努力期望(effort expectancy)是指用户对使用系统或技术预期付出的努力(如时间、精力等)^[19]。相关文献表明,努力期望对用户使用意愿具有正向影响。例如,Gansser 和 Reich^[26]采用 PLS 分析法探究了在移动、家庭和健康三个不同领域,用户对人工智能产品的使用意愿,结果显示在这三个不同领域中努力期望对用户使用意愿均有显著正向影响。目前,用户获得数字人民币服务的主要途径为下载并注册数字人民币 APP。该应用软件与支付宝、微信支付、云闪付等第三方支付软件相似,用户界面清晰、兼具收付款、转账、钱包管理等基本功能和信用卡还款、子钱包、善融商务等扩展功能;而且,相对于第三方支付软件,数字人民币 APP 具有一定的优化和改善,使用户操作更加简单、方便,如上滑付款,下滑收款。因此,用户在学习使用数字人民币时,不需要花费过多的时间和精力。此外,数字人民币支持双离线支付,即在支付媒介和受理终端均离线的情况下也能够完成支付过程。这能够使用户在使用数字人民币的过程中节省更多的时间和精力,尤其当网络环境不佳时,该优势则更加凸显。因此,当用户认为使用数字人民币预期付出的努力较低时,其使用数字人民币的意愿也更强烈。

基于此,本文提出如下假设:

努力期望正向影响用户使用数字人民币的意愿(H2)。

(3) 价格价值。价格价值(price value)用于衡量用户对使用某技术或产品的感知利益和成本的认知权

衡^[19]。一方面,数字人民币通过提高用户支付的便捷性、安全性和防伪水平^[27-28],满足了用户对法定货币的需求、保护其合法权益,进而提升用户使用数字人民币的感知利益;另一方面,数字人民币以较低的成本和进入门槛,高效连接了个人用户和金融系统,使用户在使用数字人民币的过程中体验到更低的成本^[29]。在以往的文献研究中发现,价格价值对行为意图有着显著影响,例如,Kwateng等^[20]研究影响加纳用户采用和随后使用移动银行服务的因素时发现价格价值是正向影响加纳移动银行采纳和使用的主要因素。良好的用户体验有利于其积极行为意愿的形成^[30]。与第三方支付软件相同的是,数字人民币应用程序可以在应用商店免费获取,不同的是数字人民币在提现、转账时不需要支付手续费,而且无需绑卡、支持双离线支付。

基于此,本文提出如下假设:

价格价值正向影响用户使用数字人民币的意愿(H3)。

(4)社会影响。社会影响(social influence)主要反映用户行为意愿受周围群体和环境的影响程度,是基于主观规范、社会因素和形象的一个综合性概念^[19],主要分为信息性影响和规范性影响两类。其中,信息性影响是指通过口碑等信息使用户了解技术或产品,进而对用户的产生影响;规范性影响是指用户为保持和周围群体一致而产生的规范性的压力或影响^[30]。用户作为“社会系统”中的个体,更倾向于通过“社会系统”了解新技术,并在获得社会群体认可后接纳新系统^[31]。诸多实证表明,社会影响是用户行为意图的显著影响因素,如Ain等^[32]基于UTAUT2理论探究学生对学习管理系统的使用意愿,结果表明社会影响显著影响学生使用学习管理系统的意愿。随着信息技术的迭代更新,信息传播的途径增多、范围扩大,数字人民币的数字化形式更加有利于用户通过周围群体对其进行了解。并且,数字人民币作为移动支付的一种工具,其用户群体之间自带关联性,若周围大多数人均使用数字人民币进行转账、支付,则用户自身也更加倾向于使用数字人民币。

因此,本文提出以下假设:

社会影响对用户使用数字人民币的意愿具有显著正向影响(H4)。

(5)习惯。习惯(habit)是指个人行为自动性或自发性,用于表示个人倾向于自动执行行为的程度^[19]。在不同情景下,习惯具有不同的属性,对个人行为意愿的影响也不同。一方面,习惯具有直觉属性,即由于反复在某一特定情境中执行某一特定行为,在记忆中逐渐形成了“情境-反应”的固定联结^[33],使用户自动恢复到受日常影响的旧习惯上^[34];另一方面,习惯具有动机属性,即当形成习惯的过去高频行为受到新事物刺激时,用户会因疲劳对旧事物产生厌倦,更倾向选择新的事物^[33]。因此,该属性有利于促进用户使用新产品和新技术。

目前,便捷、高效的移动支付成为个人普遍使用的支付方式,作为移动支付领域入局较早的支付宝和微信已拥有大量的国内用户,成为用户习惯性使用的支付方式。虽然数字人民币同属于移动支付工具,但主要功能相似,且缺乏高频引流场景。因此,已有的支付习惯将对用户使用数字人民币的意愿产生负面影响。

基于此,本文提出以下假设:

习惯对用户使用数字人民币的意愿具有显著负向影响(H5)。

2. 创新意识和数字人民币使用意愿

创新意识(innovation awareness)反映了个人成为技术先锋和尝试新技术的意愿,是个体使用新技术的内在动机^[35]。一般情况下,具有较强创新意识的个人更有可能对新技术给予正面评价,也更倾向于使用和接受新技术。Balakrishnan和Shuib^[36]基于UTAUT2模型探究了影响消费者使用数字支付的促进因素和抑制因素,结果发现创新显著正向影响消费者的使用意愿。此外,研究表明,具有创新意识的个人更加重视技术的实用性,且更有可能认为学习和使用新技术是比较简单的,不需要付出过多的时间和精力。因此,创新意识通过影响绩效期望和努力期望进而正向影响个人使用技术的意愿。例如,Chen和Lin^[37]基于技术准备与接受模型探究用户对健康饮食APP的使用意愿中发现,创新性对健康饮食APP的易用性有显著正向影响,对有用性影响不显著;Acempong等^[38]采用神经网络分析法探究加纳用户对电子支付系统的使用意愿,结

果显示个人创新性对感知有用性、感知易用性均有显著正向影响。

数字人民币的实用性主要表现为：一方面，数字人民币的双离线支付特性能够提高用户的支付效率；另一方面，数字人民币的可控匿名特性能够保障用户交易过程中的隐私和安全。因此，创新意识水平更高的用户可能更加重视数字人民币的实用性，即创新意识更强的用户对数字人民币的绩效期望更高，从而更加倾向于使用数字人民币。此外，数字人民币 APP 的具体操作和应用流程与支付宝、微信等第三方移动支付工具相似，用户在学习使用时不需要付出太多的时间和精力，即创新意识更强的用户对数字人民币的努力期望更高，也将更愿意使用数字人民币。

基于以上分析，本文提出以下假设：

创新意识对用户使用数字人民币的意愿具有显著正向影响(H6)；

创新意识对用户的绩效期望具有显著正向影响(H7)；

创新意识对用户的努力期望具有显著正向影响(H8)。

3. 信任和数字人民币使用意愿

信任(trust)是决定个人行为的期望或信念^[39]，不仅对个人行为意愿具有直接影响，还通过绩效期望和努力期望间接影响个人行为意愿。例如，Kumar 等^[40]以印度管理专业学生为研究对象，探讨使用手机银行意愿的影响因素，结果表明，信任正向影响学生使用手机银行的意愿。Lee 和 Song^[41]将信任与 UTAUT 模型结合，探讨用户使用的认证电子文件服务的行为意愿，证实了信任不仅对行为意图具有显著正向影响，而且，对绩效期望和努力期望都有显著的正向影响。此外，Alalwan 等^[23]调查了影响约旦银行客户对使用手机银行的行为意向中发现信任对绩效期望有显著正向影响。数字人民币虽然是一种数字形态的货币，可能会涉及个人隐私和信息安全问题，但是，数字人民币由国家信用背书、且遵循“小额匿名、大额依法可溯”原则，交易信息经过加密技术处理，能够实现可控匿名；而且，数字人民币综合使用数字证书体系、数字签名、安全加密存储等技术，能够避免出现重复花费、复制伪造、篡改及抵赖等安全问题。上述数字人民币可控匿名、安全性、法定性等特点有利于用户对其产生信任，不仅直接促使用户使用数字人民币，还将进一步影响对数字人民币的绩效期望和努力期望。

对此，本文提出以下假设：

信任对用户使用数字人民币的意愿具有显著正向影响(H9)；

信任对用户的绩效期望具有显著正向影响(H10)；

信任对用户的努力期望具有显著正向影响(H11)。

4. 调节变量

考虑到数字人民币试点城市的用户个人特征，选取性别、年龄、经验和月收入作为调节变量。已有研究表明，用户个人特征对影响因素和行为意愿的关系具有调节作用。例如，Venkatesh 等^[19]研究表明，价格价值、习惯、便利条件对具有不同性别、年龄、经验的用户行为意愿影响程度不同；左文明等^[42]以 UTAUT 为基础研究了分享经济背景下价值共创行为的影响因素，发现年龄、收入和经验对用户的使用意愿的调节作用显著。

基于此，本文提出以下假设：

性别对模型要素间的关系具有调节作用(H12)；

年龄对模型要素间的关系具有调节作用(H13)；

经验对模型要素间的关系具有调节作用(H14)；

月收入对模型要素间的关系具有调节作用(H15)。

综上，本文考虑绩效期望(PE)、努力期望(EE)、社会影响(SI)、价格价值(PV)、习惯(HT)和使用意愿(UI)6个基础变量，引入信任(TR)和创新意识(IA)两个前因变量，将性别、年龄、经验和收入做调节变量，构建数字人民币用户使用意愿概念模型，如图1所示。

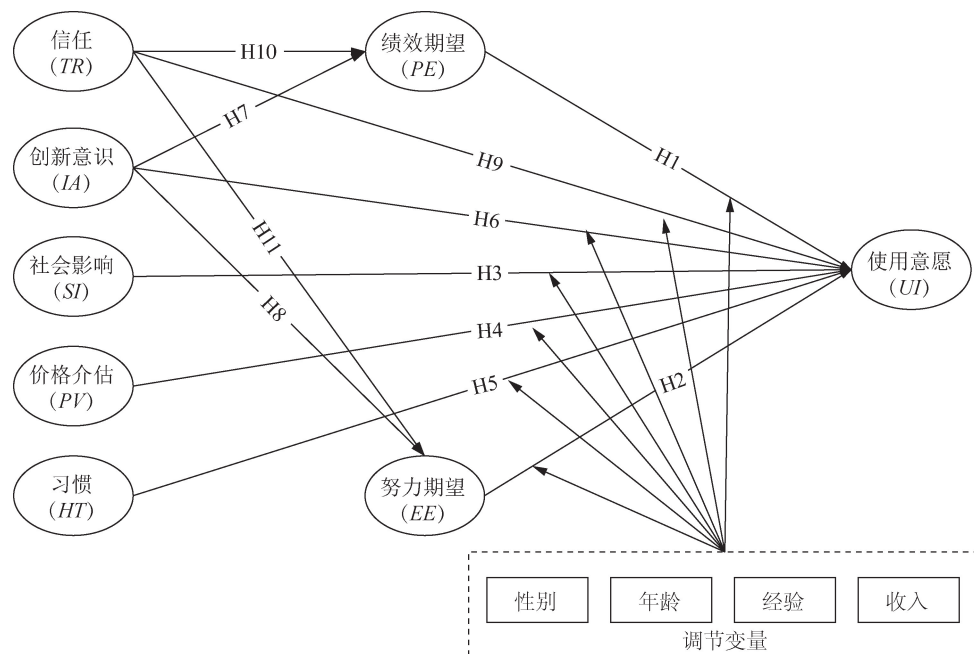


图1 概念模型

三、研究设计

(一) 研究方法

基于以上概念模型,为探究数字人民币使用意愿的影响因素,本文采用偏最小二乘结构方程建模的方法(partial least squares structural equation modeling, PLS-SEM)对研究模型和假设进行验证分析。本文选用PLS-SEM的主要原因如下:相较于传统结构方程建模方法,PLS-SEM在解释和预测复杂模型方面更为优越;而且,PLS-SEM能够更有效地处理非正态样本数据,也更适用于探索性的研究。鉴于本文的模型较复杂,包括许多构面和模型关系,且探索性的研究数字人民币使用意愿的影响因素,因此选用PLS-SEM。此外,在具体分析过程中,首先,借助软件SPSS24.0进行描述性统计分析,以明确样本的基本情况;其次,为检验模型的信度和效度,以及模型构面之间的关系,运用SmartPLS 3.0软件对模型进行测量和评估;最后,结合人工神经网络构建SEM-ANN的数字人民币使用意愿模型,运用SPSS软件神经网络模块对SEM-ANN模型进行分析,以提升模型预测数字人民币使用意愿影响因素的精确度。

(二) 样本选择与数据收集

由于目前数字人民币未在全国范围内推广,为保证调研对象对数字人民币具有基本的了解,本文选取深圳、苏州、雄安、成都4个首批试点城市的消费者为调研对象。首先,于2022年7月通过问卷星平台进行预调研,该阶段共回收有效问卷70份。根据探索性因子分析结果显示,8个潜变量的KMO(Kaiser-Meyer-Olkin)值均在0.628~0.914,高于0.5的可接受标准,且每个潜变量的测量项因子均具有较好的区分度并保持在同一维度。这表明,问卷设计合理,能够反映因子的含义,且量表内部结构较好。随后,委托第三方专业调研机构向四城市正式发放问卷350份,经剔除数据不完整、答案为统一答案等无效问卷,最终得到有效问卷共300份,问卷有效率为86%,且大于测量项的10倍以上,符合PLS-SEM分析的样本数量要求。

为避免共同方法偏差造成的研究无效性影响,本文使用Harman的单因子法检验数据集。若检测中,单个因素占方差大于50%,则共同方法偏差的威胁就大。根据因子分析结果显示,特征值大于1的因子共5个,且首个因子方差解释率为48.85%(<50%),这表明,共同方法偏差在本文研究中不是一个重要问题。

(三) 变量测量

为保证量表的有效性,本文的 9 个主要变量均采用成熟量表进行测量。其中,UTAUT2 的主要变量 (PE 、 EE 、 SI 、 PV 、 HT 、 UI) 借鉴 Venkatesh 等^[19]设计的量表,并根据本文的具体情况适当的修订,共 23 个题项;创新意识参考 Agarwal 和 Prasad^[35]开发的测量量表,共设 3 个题项;信任采用 Lee 和 Song^[41]开发的测量量表,共 6 个题项。问卷中所有题项均采用 Likert 7 分量表评分法进行评价,从“1”到“7”表示“非常不同意”到“非常同意”。

表 1 变量及其测量题项

变量	题项	参考文献
绩效期望 (PE)	$PE1$: 我发现数字人民币在我的日常生活中很有用	Venkatesh 等 ^[19]
	$PE2$: 通过数字人民币我能随时获取财务信息和金融服务	
	$PE3$: 数字人民币可以帮助我更便捷的完成收支、转账业务	
	$PE4$: 数字人民币可以提高我的在线交易效率	
	$PE5$: 我相信数字人民币可以提高在线交易的质量	
努力期望 (EE)	$EE1$: 学习如何使用数字人民币对我来说很容易	
	$EE2$: 我认为数字人民币平台内容清晰易懂	
	$EE3$: 我发现数字人民币平台的互动性很好	
	$EE4$: 我很容易就能在数字人民币中找到我需要的功能	
社会影响 (SI)	$SI1$: 我身边的人认为我应该使用数字人民币	
	$SI2$: 如果我的大多数朋友使用数字人民币,我也会使用	
	$SI3$: 使用数字人民币与我的生活习惯相符	
价格价值 (PV)	$PV1$: 目前的数字人民币平台内容设置合理	
	$PV2$: 按目前的移动支付发展趋势,数字人民币提供了良好的价值	
	$PV3$: 我可以从网上获取免费数字人民币软件	
	$PV4$: 花时间使用数字人民币平台是值得的	
习惯 (HT)	$HT1$: 使用数字人民币已经成为我的习惯	
	$HT2$: 某些情境下,我必须使用数字人民币	
	$HT3$: 使用数字人民币对我来说是很自然的事情	
信任 (TR)	$TR1$: 我认为数字人民币一直可以提供安全精确的金融服务	Lee 和 Song ^[41]
	$TR2$: 我确信由国家背书的数字人民币可以保证我的财产安全	
	$TR3$: 我相信如果出现任何问题,数字人民币运营商会为我提供帮助	
	$TR4$: 我相信通过数字人民币进行的交易	
	$TR5$: 我相信数字人民币的业务平台不会将我的任何信息泄露给第三方	
	$TR6$: 我相信手机钱包会牢记客户的利益	
创新意识 (IA)	$IA1$: 我听取了数字人民币应用软件,我会想方设法尝试它	Agarwal 和 Prasad ^[35]
	$IA2$: 在我朋友或同事当中,我通常是第一个尝试新信息技术的人	
	$IA3$: 我喜欢尝试/体验新的信息技术	
使用意愿 (UI)	$UI1$: 我打算将来(继续)使用数字人民币	Venkatesh 等 ^[19]
	$UI2$: 我会尝试在生活学习中经常使用数字人民币	
	$UI3$: 我愿意推荐我身边人使用数字人民币	
	$UI4$: 我很可能会使用我的智能手机在销售点使用数字人民币进行支付	

四、实证分析

(一) 描述性统计分析

样本基本情况如表 2 所示,300 名受访者中女性比例略少低于男性,其中,男性共 182 名,占比为 60.7%、女性共 118 名,占比为 39.3%;受访者年龄结构偏年轻化,其中,18~35 岁的受访者人数占比为 82.0%、36~55 岁的受访者人数占比为 18.0%;拥有本科/专科的学历的调研对象人数占比为 80.3%;64.3%的受访者收入为 5000~10000 元;受访者每月使用移动支付的超过 2 次以上的有 200 人,占比为 66.7%。

(二) 基于 SEM 的数字人民币使用意愿模型分析

1. 测量模型检验

为检验理论模型与所采集数据间的拟合度,本文通过验证性因子分析评估测量模型的信度和效度。

针对信度检验,首先主要根据因子载荷评估测量模型的指标信度,将因子载荷小于标准值 0.7 的观测变量 *IA2*、*PV3* 删除;然后,采用组合信度(*CR*)和 Cronbach's α 系数评估内部一致性信度。如表 3 所示,各测量变量的 *CR* 值均在 0.883~0.960、Cronbach's α 系数都在 0.808~0.947,均高于建议值 0.7。这表明,该测量模型具有较高的信度。针对效度检验,主要依据平均方差提取量(*AVE*)和 *CR* 评估模型的聚敛效度、交叉载荷(cross loadings)和 Fornell-Larcker 标准评估模型的区别效度。如表 3 所示,各潜变量的 *AVE* 的值范围都在 0.654~0.843,均高于建议值 0.5,说明模型有较好的聚敛效度。由表 4 和表 5 中的区别效度检验结果可知,交叉负荷因子均大于建议值 0.7,且各构面与其相邻构面的相关性都小于其 *AVE* 的平方根,即该测量模型区别效度较好。

2. 结构模型检验

本文使用 SmartPLS 软件中的 Bootstrapping 重复抽

表 2 特征的描述性统计 (*N*=300)

测量项目	类别	数量	所占比例(%)
性别	男	182	60.7
	女	118	39.3
年龄	18~25 岁	101	33.7
	26~35 岁	145	48.3
	36~55 岁	54	18.0
教育程度	高中/中专	34	11.3
	本科/专科	241	80.3
	研究生及以上	25	8.3
收入	1000 元以下	1	0.3
	1000 元~5000 元	43	14.3
	5000 元~10000 元	193	64.3
	10000 元以上	63	21.0
所在城市	雄安	75	250
	苏州	75	250
	成都	75	250
	深圳	75	250
使用频次	每月使用少于 2 次	100	33.3
	每月使用多于 2 次	200	66.7

表 3 测量模型的信度与聚敛效度

构面	观测变量	因子载荷	Cronbach's α	组合信度(<i>CR</i>)	平均方差提取量(<i>AVE</i>)
<i>UI</i>	<i>UI1</i>	0.918	0.895	0.927	0.761
	<i>UI2</i>	0.870			
	<i>UI3</i>	0.878			
	<i>UI4</i>	0.822			
<i>EE</i>	<i>EE1</i>	0.726	0.823	0.883	0.654
	<i>EE2</i>	0.836			
	<i>EE3</i>	0.796			
	<i>EE4</i>	0.870			
<i>HT</i>	<i>HT1</i>	0.945	0.906	0.941	0.843
	<i>HT2</i>	0.869			
	<i>HT3</i>	0.937			
<i>PE</i>	<i>PE1</i>	0.913	0.947	0.960	0.826
	<i>PE2</i>	0.897			
	<i>PE3</i>	0.906			
	<i>PE4</i>	0.920			
	<i>PE5</i>	0.908			
<i>IA</i>	<i>IA1</i>	0.920	0.813	0.914	0.842
	<i>IA3</i>	0.915			
<i>PV</i>	<i>PV1</i>	0.834	0.854	0.911	0.774
	<i>PV2</i>	0.883			
	<i>PV4</i>	0.920			
<i>SI</i>	<i>SI1</i>	0.887	0.808	0.887	0.723
	<i>SI2</i>	0.836			
	<i>SI3</i>	0.827			
<i>TR</i>	<i>TR1</i>	0.851	0.920	0.937	0.714
	<i>TR2</i>	0.847			
	<i>TR3</i>	0.827			
	<i>TR4</i>	0.855			
	<i>TR5</i>	0.849			
	<i>TR6</i>	0.841			

表 4 测量模型的区别效度-交叉载荷

变量	<i>UI</i>	<i>EE</i>	<i>HT</i>	<i>PE</i>	<i>IA</i>	<i>PV</i>	<i>SI</i>	<i>TR</i>
<i>UI1</i>	0.918	0.738	0.695	0.588	0.438	0.772	0.777	0.816
<i>UI2</i>	0.870	0.642	0.647	0.527	0.353	0.761	0.722	0.772
<i>UI3</i>	0.878	0.679	0.689	0.598	0.402	0.735	0.710	0.756
<i>UI4</i>	0.822	0.546	0.846	0.813	0.368	0.563	0.583	0.642
<i>EE1</i>	0.454	0.726	0.407	0.382	0.406	0.478	0.489	0.488
<i>EE2</i>	0.622	0.836	0.534	0.485	0.414	0.644	0.616	0.624
<i>EE3</i>	0.601	0.796	0.518	0.486	0.444	0.645	0.674	0.579
<i>EE4</i>	0.712	0.870	0.600	0.536	0.382	0.741	0.722	0.700
<i>HT1</i>	0.751	0.559	0.945	0.843	0.392	0.549	0.592	0.601
<i>HT2</i>	0.725	0.585	0.869	0.750	0.354	0.598	0.630	0.625
<i>HT3</i>	0.788	0.626	0.937	0.789	0.425	0.640	0.667	0.652
<i>PE1</i>	0.653	0.580	0.806	0.913	0.341	0.500	0.573	0.541
<i>PE2</i>	0.664	0.548	0.786	0.897	0.342	0.495	0.554	0.558
<i>PE3</i>	0.609	0.501	0.780	0.906	0.258	0.444	0.474	0.501
<i>PE4</i>	0.638	0.486	0.781	0.920	0.272	0.432	0.481	0.511
<i>PE5</i>	0.706	0.555	0.779	0.908	0.319	0.534	0.567	0.625
<i>IA1</i>	0.422	0.470	0.383	0.310	0.920	0.413	0.486	0.392
<i>IA3</i>	0.401	0.457	0.399	0.312	0.915	0.419	0.487	0.410
<i>PV1</i>	0.640	0.700	0.543	0.434	0.506	0.834	0.705	0.637
<i>PV2</i>	0.717	0.649	0.547	0.431	0.322	0.883	0.695	0.760
<i>PV4</i>	0.780	0.726	0.622	0.532	0.383	0.920	0.744	0.783
<i>SI1</i>	0.693	0.668	0.603	0.493	0.493	0.710	0.887	0.672
<i>SI2</i>	0.717	0.668	0.551	0.472	0.340	0.695	0.836	0.738
<i>SI3</i>	0.630	0.656	0.600	0.533	0.530	0.664	0.827	0.590
<i>TR1</i>	0.749	0.689	0.596	0.572	0.440	0.728	0.717	0.851
<i>TR2</i>	0.703	0.654	0.546	0.533	0.320	0.699	0.660	0.847
<i>TR3</i>	0.696	0.614	0.561	0.487	0.440	0.686	0.664	0.827
<i>TR4</i>	0.729	0.643	0.567	0.486	0.352	0.724	0.642	0.855
<i>TR5</i>	0.752	0.611	0.604	0.504	0.366	0.711	0.668	0.849
<i>TR6</i>	0.716	0.563	0.585	0.479	0.292	0.652	0.641	0.841

注：加粗字体为探索性因子载荷。

表 5 测量模型的区别效度-Fornell-Larcker 标准

变量	<i>UI</i>	<i>EE</i>	<i>HT</i>	<i>PE</i>	<i>IA</i>	<i>PV</i>	<i>SI</i>	<i>TR</i>
<i>UI</i>	0.872							
<i>EE</i>	0.748	0.809						
<i>HT</i>	0.823	0.644	0.918					
<i>PE</i>	0.722	0.589	0.865	0.909				
<i>IA</i>	0.448	0.505	0.426	0.339	0.918			
<i>PV</i>	0.813	0.785	0.650	0.532	0.453	0.880		
<i>SI</i>	0.802	0.781	0.686	0.586	0.530	0.812	0.850	
<i>TR</i>	0.857	0.746	0.682	0.605	0.437	0.829	0.788	0.845

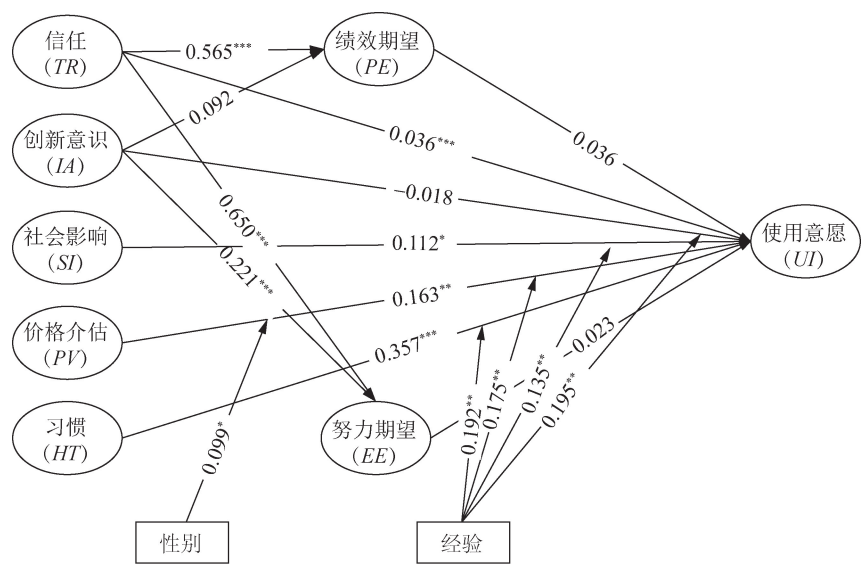
注：对角线加粗字体为 AVE 的根号值，下三角为皮尔逊相关。

样法对结构模型进行检验,通过构造 5000 个子样本对模型进行估计。各潜变量间关系的路径系数(β)、 T 统计量、显著性水平(P)及假设检验结果如表 6 所示。结果显示,第一,社会影响、习惯、价格价值和信任均对用户使用数字人民币的意愿具有显著正向影响,且信任产生的影响最为显著($\beta=0.363$, $P<0.001$),习惯次之($\beta=0.353$, $P<0.001$),其次,为价格价值($\beta=0.159$, $P<0.010$),最后为社会影响($\beta=0.113$, $P<0.050$)。第二,绩效期望、努力期望和创新意识对用户使用数字人民币意愿的影响不显著。此外,信任对绩效期望和努力期望均具有显著正向影响($\beta=0.564$, $P<0.001$; $\beta=0.649$, $P<0.001$),创新意识对绩效期望的影响不显著,但对努力期望具有显著正向影响($\beta=0.223$, $P<0.010$)。结构模型检验结果如图 2 所示。

表 6 结构模型假设检验结果

假设	路径	β	标准误	T 统计量	P	检验结果
H1	$PE \rightarrow UI$	0.039	0.056	0.644	0.520	拒绝
H2	$EE \rightarrow UI$	0.021	0.048	0.471	0.638	拒绝
H3	$SI \rightarrow UI$	0.113	0.055	2.032	0.042 *	支持
H4	$PV \rightarrow UI$	0.159	0.066	2.479	0.013 **	支持
H5	$HT \rightarrow UI$	0.353	0.065	5.492	0.000 ***	支持
H6	$IA \rightarrow UI$	-0.016	0.033	0.539	0.590	拒绝
H7	$IA \rightarrow PE$	0.095	0.050	1.848	0.065	拒绝
H8	$IA \rightarrow EE$	0.223	0.045	4.885	0.000 ***	支持
H9	$TR \rightarrow UI$	0.363	0.061	5.915	0.000 ***	支持
H10	$TR \rightarrow PE$	0.564	0.056	10.038	0.000 ***	支持
H11	$TR \rightarrow EE$	0.649	0.039	16.596	0.000 ***	支持

注：***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 水平上显著。



***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 水平上显著

图 2 结构模型检验结果

为检验模型的解释力度和预测能力,进一步计算了能够表征模型中所有外因变量对内因变量整体解释效果的多重判定系数 (R^2) 和模型预测相关性指标 (Q^2)。由表 5 可知,模型分别解释了使用意愿 85.9% 的方差、努力期望 59.6% 的方差和绩效期望 37.3% 的方差,参考 Hair 等^[43]提出的值,大于 0.75 表明解释效果较好、大于 0.50 表示解释效果中等、大于 0.25 表示可接受,可以判定该模型整体上具有较强的解释力度。此外,行为意愿的 Q^2 为 0.645,大于强相关性 0.35 的标准,努力期望和绩效期望的 Q^2 分别为 0.384 和 0.303,均满足具有相关性大于 0 的标准,因此,该模型的预测能力也较强。

3. 调节效应检验

为验证性别、年龄、收入、经验的调节效应,本文首先将样本进行分组,例如,针对性别变量,分为男性样本 182 个、女性样本 118 个;针对年龄变量,分为高年龄组(26~55 岁)样本 199 个、低年龄组(18~25 岁)样本 101 个;针对收入变量,鉴于本文样本收入范围在 5000~10000 元的占比过大(64.3%),因此选取低收入(1000~5000 元)样本数 43 个、高收入(>10000 元)样本数 63 个进行分组;针对经验变量,分为高经验组样本 200 个、低经验组样本 100 个。然后,分别采用 SmartPLS 中的 PLS-MGA 法进行检验^[44],结果如表 7 和表 8 所示。

表 5 内生性结构的 R^2 和 Q^2

内生性结构	R^2	R^2 (adjusted)	Q^2
UI	0.859	0.856	0.645
EE	0.596	0.593	0.384
PE	0.373	0.369	0.303

表 7 调节效应检验(性别和经验)

路径	路径系数		路径系数差异 ($\Delta\beta$)	路径系数		路径系数差异 ($\Delta\beta$)
	男性	女性		低经验	高经验	
$PV \rightarrow UI$	0.850 ***	0.760 ***	0.099 *	0.801 ***	0.671 ***	0.135 **
$HT \rightarrow UI$	0.853 ***	0.804 ***	0.272	0.774 ***	0.549 ***	0.192 **
$SI \rightarrow UI$	0.828 ***	0.782 ***	0.049	0.802 ***	0.662 ***	0.135 **
$TR \rightarrow UI$	0.884 ***	0.806 ***	0.076	0.862 ***	0.674 ***	0.195 ***

注：***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 水平上显著。

表 8 调节效应检验(年龄和收入)

路径	路径系数		路径系数差异 ($\Delta\beta$)	路径系数		路径系数差异 ($\Delta\beta$)
	低龄	高龄		低收入	高收入	
$PV \rightarrow UI$	0.772 ***	0.845 ***	-0.078	0.791 ***	0.808 ***	-0.038
$HT \rightarrow UI$	0.843 ***	0.836 ***	0.006	0.838 ***	0.893 ***	-0.054
$SI \rightarrow UI$	0.776 ***	0.826 ***	-0.054	0.806 ***	0.822 ***	-0.016
$TR \rightarrow UI$	0.861 ***	0.868 ***	-0.005	0.924 ***	0.845 ***	0.084

注：***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 水平上显著。

调节效应检验结果表明,年龄和收入对所有变量关系的影响无显著性差异;性别只对价格价值和用户使用意愿的关系具有显著调节作用($\Delta\beta=0.099, P<0.050$),对其他路径关系无调节作用;经验对价格价值、习惯、社会影响、信任与用户使用意愿的关系均具有调节作用,其中,调节作用最为显著的路径关系是信任与用户使用意愿($\Delta\beta=0.195, P<0.001$);之后是为习惯和用户使用意愿($\Delta\beta=0.192, P<0.010$);最后为价格价值和用户使用意愿($\Delta\beta=0.175, P<0.010$)以及社会影响和用户使用意愿($\Delta\beta=0.135, P<0.010$)。

(三) 基于 SEM-ANN 的数字人民币使用意愿模型分析

为进一步优化模型、提升模型的预测精度,本部分基于结构方程模型分析的结果,结合人工神经网络的方法,构建基于 SEM-ANN 的数字人民币使用意愿模型。借鉴文献 Liébana 等^[45],根据结构方程模型检验结果和人工神经网络原理构建 A、B、C 三个人工神经网络模型,如图 3~图 5 所示。其中,模型 A 的输入层包括信任(TR)、社会影响(SI)、价格价值(PV)和习惯(HT),输出层为使用意愿(UI);模型 B 的输入层为信任(TR)和创新意识(AI),输出层是努力期望(EE);模型 C 的输入层为信任(TR),输出层是绩效期望(PE)。

随后,将隐藏层的层数设为随机,并将 sigmoid 函数作为隐藏层和输出层神经元的激活函数。此外,为提高模型训练的有效性,将所有输入和输出均归一化为 $[0, 1]$ 范围;并且,为避免过度拟合,本文进行了十倍交叉验证,其中 90%的数据用于神经网络模型的训练,其余 10%的数据用于测试。三个模型的训练和测试结果如表 9 所示,三个训练集数据的 RMSE(root mean square error)平均值介于 0.049~0.144、测试集数据的 RMSE 平均值处于 0.032~0.142,这表明基于 SEM-ANN 的数字人民币使用意愿模型具有良好的收敛性和拟合性。此外,为了检验 SEM-ANN 模型的预测能力,本文对三个 ANN(artificial neural network)

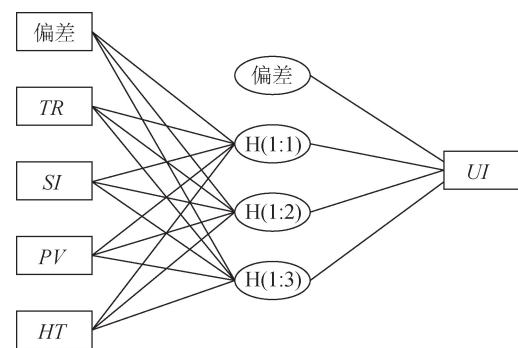


图 3 前馈神经网络模型 A

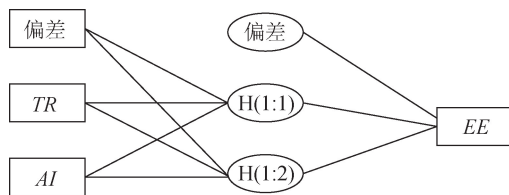


图 4 前馈神经网络模型 B

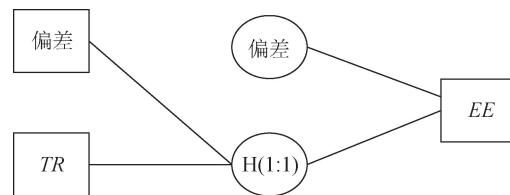


图 5 前馈神经网络模型 C

模型进行了敏感性分析,结果如表 10 所示。三个模型分别解释了行为意愿、努力期望和绩效期望 97.65%、87.32%和 97.31%的方差,这表明,相较于 SEM 模型的预测能力,SEM-ANN 模型能够解释更高的方差(R^2),其预测能力也更强。此外,根据表 10 中的归一化重要性指标可知,模型 A 中习惯的重要性大于信任;社会影响的重要性大于价格价值,该结果有别与基于 SEM 的数字人民币使用意愿模型分析结果。

表 9 人工神经网络的均方根误差

人工神经网络	模型 A		模型 B		模型 C	
	训练	测试	训练	测试	训练	测试
ANN1	0.054	0.058	0.102	0.128	0.138	0.130
ANN2	0.056	0.077	0.099	0.127	0.141	0.087
ANN3	0.054	0.055	0.101	0.102	0.138	0.129
ANN4	0.053	0.066	0.106	0.071	0.137	0.133
ANN5	0.052	0.047	0.106	0.103	0.139	0.125
ANN6	0.054	0.032	0.103	0.095	0.144	0.141
ANN7	0.054	0.044	0.099	0.130	0.141	0.142
ANN8	0.051	0.063	0.104	0.095	0.139	0.119
ANN9	0.051	0.067	0.122	0.108	0.138	0.124
ANN10	0.049	0.082	0.109	0.080	0.137	0.131
均值	0.053	0.059	0.105	0.104	0.139	0.126
标准差	0.004	0.029	0.006	0.019	0.002	0.015

表 10 人工神经网络敏感性分析

人工神经网络	模型 A(输出: UI) $R^2 = 97.65\%$				模型 B(输出: EE) $R^2 = 87.32\%$		模型 C(输出: PE) $R^2 = 97.31\%$
	TR	HT	SI	PV	TR	AI	TR
ANN1	0.326	0.387	0.195	0.092	0.575	0.425	1.000
ANN2	0.330	0.395	0.162	0.113	0.714	0.286	1.000
ANN3	0.351	0.354	0.179	0.117	0.712	0.288	1.000
ANN4	0.328	0.344	0.156	0.172	0.757	0.243	1.000
ANN5	0.339	0.355	0.154	0.152	0.723	0.277	1.000
ANN6	0.337	0.351	0.209	0.103	0.595	0.405	1.000
ANN7	0.432	0.349	0.134	0.085	0.817	0.183	1.000
ANN8	0.307	0.381	0.177	0.135	0.731	0.269	1.000
ANN9	0.296	0.422	0.164	0.118	0.748	0.252	1.000
ANN10	0.440	0.350	0.127	0.083	0.501	0.499	1.000
均值	0.349	0.369	0.166	0.117	0.687	0.313	1.000
归一化重要性(%)	94.58	100.0	44.99	31.71	100.0	45.56	100.0

五、结果讨论与分析

(一) 模型解释和预测能力

基于 SEM 的数字人民币使用意愿模型分别解释了使用意愿 85.9%的方差、努力期望 59.6%的方差和绩效期望 37.3%的方差,这表明该模型能够较好地解释和预测数字人民币的使用意愿;而基于 SEM-ANN 的数字人民币使用意愿模型分别解释了使用意愿、努力期望和绩效期望 97.65%、87.32%和 97.31%的方差,具有更高的解释和预测能力。两模型在影响因素重要性排序上有所差别,在基于 SEM 的数字人民币使用意愿模型中,首先,信任产生的影响最为显著,习惯次之,其次为价格价值,最后为社会影响;而在基于 SEM-ANN 的数字人民币使用意愿模型中,习惯最为重要,信任次之,其次为社会影响,最后为价格价值。

(二) UTAUT2 模型变量对数字人民币使用意愿的影响

第一,绩效期望和努力期望对数字人民币使用意愿的影响不显著。产生该结果的主要原因可能有两个方面:一方面,由于目前数字人民币仍然处于试行阶段,用户对其了解不深入,仅限于数字人民币的支付功

能,而相对于已经普及的第三方支付软件,如支付宝和微信,数字人民币没有更为突出的优势和特点;另一方面,除支付功能外,数字人民币的应用扩展功能开发不完善,并且,与之合作的商业银行和互联网公司有限,这将导致用户的使用受限。

第二,价格价值正向显著影响用户使用数字人民币的意愿。该结论与已有相关研究^[24-25]结论一致,这表明,用户认为使用数字人民币带来的价格价值越高,其使用意愿也越强烈。数字人民币虽然能实现收付款、转账等基础功能和信用卡还款、子钱包、善融商务等扩展功能,但其与“全能型”的移动支付平台还存在一定的差距。因此,数字人民币运营商应当在已有功能的基础之上加强新功能的开发。例如,通过用户画像,提供定制化、个性化的数字智能金融服务;积极构建数字人民币“一站式”银行业务办理体系,提高服务质量,进而不断提升数字人民币实用价值、提升用户可获得收益、增强用户价值收益。

第三,社会影响正向显著影响用户使用数字人民币的意愿,这表明,社会影响作为一种外在影响力,能够通过用户周围的群体和环境因素影响用户使用数字人民币的意愿。尤其在网络社群异常活跃的当下,用户受周围群体和环境的影响更大。当自身重视的人使用数字人民币时,为与其保持一致,用户也更加愿意使用数字人民币。因此,相关发行、运营和技术支持主体应当根据数字人民币试点阶段出现的问题,改进服务质量、提升用户体验,进而通过建立良好的口碑,为后续引流奠定基础。

第四,习惯对用户使用数字人民币的意愿具有显著正向影响,该结论表明,习惯的动机属性使用户更倾向使用数字人民币。虽然现阶段用户已经习惯使用支付宝、微信等作为支付工具,但数字人民币是由国家信用作为背书,安全级别更高;而且,数字人民币支持双离线支付的功能对网络状况欠佳的用户极具吸引力。因此,中国人民银行可以进一步完善顶层设计,增强应用场景适用性进而培养用户习惯;商业银行应积极拓展生态体系,打造多维度的支付场景,培养用户的使用习惯、提高客户黏性,增强数字人民币与数字金融服务的联动性;此外,电信运营商和第三方支付网络平台公司也应积极响应国家宏观货币政策,线上积极开通数字人民币支付服务,增加数字人民币支付入口使更多的消费场景融入数字人民币交易;线下应升级创新支付终端服务、实现与数字人民币无缝对接,拓宽数字人民币的使用渠道。

(三) 创新意识对数字人民币使用意愿的影响

创新意识作为绩效期望的前因变量,其影响不显著;另外,对数字人民币使用意愿的直接影响也不显著,但能显著正向影响努力期望。该结论表明,一方面,即使数字人民币 APP 中涉及不同于以往支付软件的操作流程,甚至流程更为复杂,具有创新意识的用户也愿意使用数字人民币;另一方面,由于数字人民币的主要功能是支付,对提升用户工作绩效的作用有限。并且,具有创新意识的用户更喜欢追求新奇,但数字人民币 APP 应用场景和扩展功能与已有的第三方移动支付类似。因此,创新意识对绩效期望和数字人民币使用意愿的影响也不显著。

(四) 信任对数字人民币使用意愿的影响

在该模型中,信任是对数字人民币使用意愿影响最为显著的变量,并且,信任对绩效期望和努力期望都具有显著正向影响,该结论与已有文献研究结果相一致。这说明,用户对数字人民币的信任不仅直接影响其使用意愿,还会提升用户对数字人民币的绩效期望和努力期望。数字人民币综合使用数字证书体系、数字签名、安全加密存储等技术,能够有效避免非法伪造、篡改交易和抵赖等违法行为,极大程度地提升用户支付的安全,也使信任成为用户使用数字人民币意愿最重要的影响因素。因此,为进一步增强用户信任,政府部门应进一步完善数字人民币相关法律条例,明确数字人民币相关运营和服务主体的权力和义务;此外,应明确智能合约相关的法律规定以保障交易各方的权益,对和数字人民币相关的造假违法行为进行严厉打击、提高金融违法成本,强化监管部门的责任意识。

(五) 用户个人特征的调节作用

用户个人特征对变量关系具有一定的调节作用。首先,经验的调节作用最强,在价格价值、习惯、社会影响和信任对使用意愿的关系中均具有显著调节作用。这表明,具有丰富移动支付经验的用户,其使用数字人民币的意愿高于具有移动支付经验较少的用户。其次,性别只有在价格价值对数字人民币的使用意愿中有调节作用,这表明,相对女性用户,男性用户更注重数字人民币的实用价值,也更倾向于使用数字人民

币。最后,年龄和收入对变量关系不具有调节作用。因此,数字人民币的落地应考虑不同背景的消费者,同时对软硬件进行技术升级改造。在软钱包方面,用户终端所有 APP 支付环节都应直接增加数字人民币支付选项,提高 APP 的便利化程度,不断增加用户黏性。在硬钱包方面,应不断创新“硬钱包”形式,消除特殊群体(如老人、小孩)、特殊环境下的数字人民币使用障碍,提高数字人民币的易用性。

六、结论与展望

本文基于 UTAUT2 模型,结合数字人民币的特点,构建了数字人民币使用意愿的理论模型,然后,运用来自数字人民币首批试点城市的用户数据进行实证分析。基于 SEM 的数字人民币使用意愿模型分析结果表明,信任、习惯、社会影响和价格价值是影响数字人民币使用意愿的主要因素;个人特征中的经验和性别对变量关系具有一定的调节作用。基于 SEM-ANN 的数字人民币使用意愿模型验证了基于 SEM 的数字人民币使用意愿模型分析的结果,但在相对重要性的排序上存在一定差别,引入人工神经网络模型分析后习惯的重要性排名上升,并且社会影响的重要性大于价格价值,这也验证了 SEM-ANN 的方法可以捕获非线性效应,提升模型的预测精度。

本文通过实证分析的方法探究了数字人民币使用意愿的影响因素,为数字人民币的应用和推广提供了理论借鉴和参考。未来相关研究还可以从以下方面进行探索:①本文的数据来源为数字人民币首批试点城市,但由于中国人口众多、社会属性复杂,不同地区的用户差异性较大,未来研究可以考虑地区和文化差异对数字人民币使用意愿的影响;②本文的调研数据均为数字人民币试行阶段的数据,随着数字人民币的推广和普及,用户对其感受和认知也会发生变化,未来研究可以关注用户在不同阶段使用数字人民币的意愿。

参考文献

- [1] 李志鹏,邓喧,向倩. 数字人民币探索构建新型跨境支付体系的思考[J]. 国际贸易, 2021(12): 84-92.
- [2] REN D, GUO H, JIANG T. Managed anonymity of CBDC, social welfare and taxation: A new monetarist perspective[J]. Applied Economics, 2023, 55(42): 4990-5011.
- [3] 龚六堂. 新发展格局下数字人民币的前景与机遇[J]. 人民论坛, 2022(7): 82-85.
- [4] JUN J, YEO E. Central bank digital currency, loan supply, and bank failure risk: A microeconomic approach[J]. Financial Innovation, 2021, 7(1): 1-22.
- [5] BIAN W, JI Y, WANG P. The crowding-out effect of central bank digital currencies: A simple and generalizable payment portfolio model[J]. Finance Research Letters, 2021, 43: 102010.
- [6] SHEN W, HOU L. China's central bank digital currency and its impacts on monetary policy and payment competition: Game changer or regulatory toolkit? [J]. Computer Law & Security Review, 2021, 41: 105577.
- [7] YANG J, ZHOU G. A study on the influence mechanism of CBDC on monetary policy: An analysis based on e-CNY[J]. Plos One, 2022, 17(7): e0268471.
- [8] YUAN L, SU C, FANG B, et al. The optimization of digital currency electronic payment in RMB based on big data and fuzzy theory[J]. Journal of Global Information Management, 2023, 31(9): 1-18.
- [9] 王佳佳,沈坤荣. 推进数字人民币发展的现实挑战与优化路径[J]. 经济纵横, 2021(11): 121-128.
- [10] 李翌,李振. 法定数字人民币: 中国特色社会主义“货币文明”的创新——基于马克思货币信用理论的反思[J]. 经济学家, 2022(4): 70-78.
- [11] 黄国平. 数字人民币发展的动因、机遇与挑战[J]. 新疆师范大学学报(哲学社会科学版), 2022, 43(1): 129-138, 2.
- [12] 周光友. 数字人民币国际化的机制与实施策略[J]. 人民论坛, 2023(22): 32-35.
- [13] 封思贤,杨靖. 数字人民币防范互联网平台数据垄断风险的作用机理[J]. 改革, 2021(12): 69-80.
- [14] 石建勋,江鸿. 数字人民币对商业银行利润的影响研究——基于 DSGE 模型的分析[J]. 经济问题探索, 2022(8): 166-181.
- [15] 袁曾. 数字人民币的通道作用与对“长臂管辖”的反制[J]. 求是学刊, 2022, 49(2): 119-128.
- [16] 黄国平,李婉溶. 数字人民币促进数字财政建设和财政数字化转型[J]. 财政研究, 2022(2): 29-43.
- [17] 张夏明,朱太辉,丁伟杰. 数字人民币的潜在洗钱风险与监管研究[J]. 金融监管研究, 2023(4): 80-96.
- [18] 柯达. 数字人民币离线支付的法律规制[J]. 上海财经大学学报, 2023, 25(2): 49-63.
- [19] VENKATESH V, THONG J Y L, XU X. Consumer acceptance and use of information technology: Extending the unified theory of acceptance and use of technology[J]. MIS Quarterly, 2012, 36(1): 157-178.
- [20] KWATENG K O, ATIEMO K A O, APPIAH C. Acceptance and use of mobile banking: An application of UTAUT2[J]. Journal of Enterprise

- Information Management, 2019, 32(1): 118-151.
- [21] MOORTHY K, T'ING C L, YEE C K, et al. What drives the adoption of mobile payment? A Malaysian perspective[J]. International Journal of Finance & Economics, 2020, 25(3): 349-364.
- [22] KILANI A A H Z, KAKEESH D F, AL-WESHAH G A, et al. Consumer post-adoption of e-wallet: An extended UTAUT2 perspective with trust[J]. Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity, 2023, 9(3): 100113.
- [23] ALALWAN A A, DWIVEDI Y K, RANA N P. Factors influencing adoption of mobile banking by jordanian bank customers: Extending UTAUT2 with trust[J]. International Journal of Information Management, 2017, 37(3): 99-110.
- [24] BARBOSA H F, GARCÍA-FERNÁNDEZ J, PEDRAGOSA V, et al. The use of fitness centre Apps and its relation to customer satisfaction: A UTAUT2 perspective[J]. International Journal of Sports Marketing and Sponsorship, 2021, 23(5): 966-985.
- [25] 彭红霞, 徐贤浩, 刘伟丹. 手机支付采纳者的动力和阻力研究[J]. 管理评论, 2013, 25(12): 50-59.
- [26] GANSSEER O A, REICH C S. A new acceptance model for artificial intelligence with extensions to UTAUT2: An empirical study in three segments of application[J]. Technology in Society, 2021, 65: 101535.
- [27] 钟洲, 郝芮琳. 数字货币反垄断问题研究[J]. 技术经济, 2021, 40(1): 91-98.
- [28] RONAGHI M H. A contextualized study of blockchain technology adoption as a digital currency platform under sanctions[J]. Management Decision, 2023, 61(5): 1352-1373.
- [29] 蔡宁伟, 贾师帅. 数字货币与货币数字化——兼评数字人民币(DCEP)、微信支付、支付宝、信用卡与比特币的异同[J]. 学术探索, 2023(12): 106-114.
- [30] 黄敏学, 王琦缘, 肖邦明, 等. 消费咨询网络中意见领袖的演化机制研究——预期线索与网络结构[J]. 管理世界, 2015, 31(7): 109-121, 187-188.
- [31] VINEREAN S, BUDAC C, BALTADOR L A, et al. Assessing the effects of the COVID-19 pandemic on m-commerce adoption: An adapted UTAUT2 approach[J]. Electronics, 2022, 11(8): 1269.
- [32] AIN N U, KAUR K, WAHEED M. The influence of learning value on learning management system use: An extension of UTAUT2[J]. Information Development, 2016, 32(5): 1306-1321.
- [33] 杜立婷, 李东进. 购买习惯对新产品选择行为的双重影响模型及实证检验[J]. 管理学报, 2017, 14(7): 1070-1078.
- [34] LABRECQUE J S, WOOD W, NEAL D T, et al. Habit slips: When consumers unintentionally resist new products[J]. Journal of the Academy of Marketing Science, 2017, 45(1): 119-133.
- [35] AGARWAL R, PRASAD J A. Conceptual and operational definition of personal innovativeness in the domain of information technology[J]. Information Systems Research, 1998, 9(2): 204-215.
- [36] BALAKRISHNAN V, SHUIB N L M. Drivers and inhibitors for digital payment adoption using the cashless society readiness-adoption model in Malaysia[J]. Technology in Society, 2021, 65: 101554.
- [37] CHEN M F, LIN N P. Incorporation of health consciousness into the technology readiness and acceptance model to predict app download and usage intentions[J]. Internet Research, 2018, 28(2): 351-373.
- [38] ACHEAMPONG P, ZHIWEN L, ANTWI H A, et al. Hybridizing an extended technology readiness index with technology acceptance model (TAM) to predict e-payment adoption in Ghana[J]. American Journal of Multidisciplinary Research, 2017, 5(2): 172-184.
- [39] 杨文君, 潘勇, 陈家伍. 共享情境下服务提供商信任对重复使用的影响研究——技术信任的调节作用[J]. 预测, 2020, 39(6): 54-61.
- [40] KUMAR V V R, LALL A, MANE T. Extending the TAM model: Intention of management students to use mobile banking: Evidence from India[J]. Global Business Review, 2017, 18(1): 238-249.
- [41] LEE J H, SONG C H. Effects of trust and perceived risk on user acceptance of a new technology service[J]. Social Behavior and Personality: An International Journal, 2013, 41(4): 587-597.
- [42] 左文明, 黄枫璇, 毕凌燕. 分享经济背景下价值共创行为的影响因素——以网约车为例[J]. 南开管理评论, 2020, 23(5): 183-193.
- [43] HAIR J F, RINGLE C M, SARSTEDT M. PLS-SEM: Indeed a silver bullet[J]. Journal of Marketing Theory and Practice, 2011, 19(2): 139-152.
- [44] 梁玲玲, 李烨, 陈松. 数智赋能对企业开放式创新的影响: 数智二元能力和资源复合效率的中介作用[J]. 技术经济, 2022, 41(6): 59-69.
- [45] LIÉBANA-CABANILLAS F, MARINKOVIĆ V, KALINIĆ Z. A SEM-neural network approach for predicting antecedents of m-commerce acceptance[J]. International Journal of Information Management, 2017, 37(2): 14-24.

Study on the Factors Influencing the Intention to Use E-CNY Based on SEM-ANN

Xia Yu, Chen Qianqian, Wei Mingxia

(School of Management, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: E-CNY is an important carrier to reshape China's new payment pattern and accelerate the digital economy process, but there are still many obstacles to user promotion. It is of great significance to explore the factors affecting the intention to use e-CNY from the perspective of users. Based on the UTAUT2 model and the characteristics of e-CNY, a theoretical model of e-CNY usage intention was constructed. Then, taking the user data of the first pilot cities of e-CNY as a sample, the PLS-SEM and SEM-ANN methods were used to empirically analyze the influencing factors of the intention to use e-CNY. The results show that the model of intention to use e-CNY based on SEM has good interpretation and prediction ability. Trust, habit, price value, and social influence have a significant positive impact on the intention to use e-CNY, while performance expectation, effort expectation, and innovation awareness have no significant impact on the intention to use e-CNY. In addition, the relationship between the price value and the intention to use the e-CNY is regulated by gender factors in terms of personal characteristics as an adjusting variable. Experience can regulate the relationship between price value, habit, social influence, trust and user's intention to use. The combination of structural equation model and artificial neural network can improve the prediction accuracy of the model, and the importance of influencing factors has changed. Habit is the most important, followed by trust, followed by social impact, and price value.

Keywords: e-CNY; UTAUT2 model; trust theory; innovation awareness; influencing factors