

# 数字能力能否促进牧户增收\*

## ——来自典型牧区的经验证据

陆镜名<sup>1</sup> 仇焕广<sup>1</sup> 苏柳方<sup>2</sup> 刘敏<sup>3</sup>

**摘要：**数字能力是牧户获取和利用信息资源的重要素养和技能，对于推动牧业生产数字化转型和提高牧户收入有着重要作用。本文通过构建一个涵盖牧户生产、销售和非农就业的经济学分析框架，探讨了数字能力促进牧户增收的机制，并利用典型牧区的微观调查数据进行了实证检验。结果显示：第一，数字能力对牧户增收有显著的正向影响，且对于低收入牧户的促进作用更大；第二，数字能力不仅能够提高牧户的农牧业收入，还能够增加牧户的非农收入；第三，数字技术接入、数字信息获取和数字平台使用三个维度的数字能力均能够显著促进牧户增收；第四，数字能力能够通过提高人力资本积累水平、促进生产技术采纳、增强议价能力、降低信息搜索成本四个机制促进牧户增收。

**关键词：**数字能力 牧户收入 典型牧区 增收机制

**中图分类号：**F328 **文献标识码：**A

### 一、引言

随着世界百年未有之大变局加速演进，数字经济已成为引领经济增长的重要引擎，为中国带来了前所未有的发展机遇。习近平总书记明确指出：“要推动数字经济和实体经济融合发展，把握数字化、网络化、智能化方向，推动制造业、服务业、农业等产业数字化，利用互联网新技术对传统产业进行全方位、全链条的改造，提高全要素生产率，发挥数字技术对经济发展的放大、叠加、倍增作用。”<sup>①</sup>数字乡村建设是促进农业数字化转型的重要举措之一，对提升中国农业农村现代化发展水平、提高农业质量效益和促进农民增收致富具有重要意义（曾亿武等，2021）。伴随数字乡村建设的不断推进，

\*本文研究得到国家自然科学基金青年项目“基于牧户视角的草地资源非市场价值评估与生态补贴政策研究”（编号：72003083）和“清华大学中国农村研究院博士论文奖学金项目”（编号：202329）的资助。感谢匿名审稿专家提出的宝贵意见，同时感谢中国人民大学赵思博在本文修改过程中提供的有益建议和帮助，但文责自负。本文通讯作者：刘敏。

<sup>①</sup>参见《习近平主持中央政治局第三十四次集体学习：把握数字经济发展趋势和规律 推动我国数字经济健康发展》，[http://www.gov.cn/xinwen/2021-10/19/content\\_5643653.htm?jump=true](http://www.gov.cn/xinwen/2021-10/19/content_5643653.htm?jump=true)。

中国农村地区信息连通困难等问题得到历史性解决，为建设农业强国和促进共同富裕提供了新动能。

与此同时，随着数字技术的不断发展，计算机和智能手机也逐渐改变了农村居民的生活方式（安同良和杨晨，2020；He et al., 2022）。推动农村居民有效获取数字信息、掌握数字技术，对于提升他们的个人数字能力（digital capabilities, 简称 DC）至关重要。《数字乡村发展行动计划（2022—2025年）》明确要求：“以解放和发展数字生产力、激发乡村振兴内生动力为主攻方向，着力发展乡村数字经济，着力提升农民数字素养与技能。”<sup>①</sup>在当前乃至今后很长一段时期，小农户家庭经营仍将是中国农业的主要经营方式。因此，提升农户数字能力，推动农业生产数字化转型，将成为农户收入增长的新动力（曾亿武等，2021）。

已有文献从数字能力的构成要素、科学内涵和测度方法三个方面进行了有益探索。首先，关于数字能力构成要素的研究。Zurkowski（1974）最早提出了“信息素养”这一概念，它是指个体在数字环境中获取、评估和利用信息的能力。这一概念突出了信息处理技能在数字时代的重要性，为发展数字能力奠定了基础。后来，随着计算机和网络技术的进一步发展，数字能力的构成要素又增加了计算机素养、网络素养和数字素养（Bawden, 2001）。其中：计算机素养是指个体对计算机和相关软件的运用熟练度；网络素养体现了个体对网络环境与信息的认知和利用能力；数字素养是在计算机素养和网络素养的基础上，个体对数字技术和数字信息的理解和应用能力的提升和拓展。这些素养相互融合，形成了个体在数字时代应对各种数字技术和数字信息的数字能力。因此，数字能力是一个综合性、动态性、开放性的概念，它包含了不同素养的整合和演化。其次，关于数字能力内涵界定的研究。数字能力的内涵随着历史的发展和研究对象的变化而有所不同，目前还没有形成统一的标准。早期研究将个体数字能力简单地理解为是否能够接入信息通信技术（Hsieh et al., 2008）。但后来，随着数字技术普及和城乡差距缩小，学者们发现数字能力的差异不仅表现在是否能够接入信息通信技术，还表现在个体对信息通信技术的应用水平（Brandtzaeg et al., 2011）以及信息的获取和使用效果（许竹青等，2013）。随着数字乡村建设的持续推进，农户数字能力的科学内涵也在不断更新和深化，学者们的研究重点从农户的基本数字技能转移到农户运用农村电商、区块链和大数据等新一代数字技术的能力（曾亿武等，2019；邱泽奇和乔天宇，2021；生吉萍等，2021）。最后，关于数字能力测度方法的研究。早期研究只关注个体能否使用电话、电脑或互联网等基本的设备或信息通信技术（Hsieh et al., 2008；Brandtzaeg et al., 2011）。但当前，数字技术的多样化和复杂化要求数字能力的测度方法也要更加全面和细致。根据测度的侧重点，数字能力的测度方法可以分为三类：第一类是从信息通信技术使用行为的角度，考察个体使用信息通信技术的数量、技能等（Van Dijk, 2012）；第二类是从信息资源的角度，考察个体获取和使用信息的数量、质量、内容偏好等（Scheerder et al., 2017）；第三类是从数字素养的角度，考察个体在使用数字技术时的能力、态度、社交行为、安全风险等（苏岚岚等，2021）。因此，数字能力的测度不仅涉及信息通信技术普及的问题，更涉及数字素养、信息资源、数字技能等多个方面的综合性概念集合的量化评估（Bawden, 2001；Van Dijk, 2012；Scheerder et al., 2017）。

<sup>①</sup>资料来源：《数字乡村发展行动计划（2022—2025年）》，[http://www.cac.gov.cn/2022-01/25/c\\_1644713315749608.htm](http://www.cac.gov.cn/2022-01/25/c_1644713315749608.htm)。

在数字经济时代，数字能力对农户收入的影响是一个重要的研究课题。在宏观层面上，已有文献主要从互联网普及率和智慧城市建设两个角度，分析数字能力对农户收入的影响（程名望和张家平，2019；曾亿武等，2022）。在微观层面上，数字能力能否提高农户收入，已有文献尚未形成一致结论。一些研究认为，数字能力可以通过减少信息不对称、增加信息资源和非农就业机会等途径，提高农户收入（许竹青等，2013；Goldfarb and Tucker, 2019；Hjort and Poulsen, 2019；齐秀琳和江求川，2023）。另一些研究则认为，数字能力并不能提高农户收入，主要原因是农户数字素养不高以及农户数字技术应用主要集中在消费而非生产领域，由此限制了数字技术的有效性（邱泽奇等，2016；Seo et al., 2019）。

综上所述，现有文献围绕数字能力构成要素、科学内涵、测度方法以及数字能力能否促进农户增收展开了深入探讨，并取得了一定的研究成果。但是，这些研究还存在以下三个方面的不足：第一，在理论分析方面，不仅缺少一个能够系统地阐释农户数字能力与家庭收入关系的理论框架，也缺乏一个能够综合反映农户经济行为的数理模型。第二，在研究内容方面，大部分文献只关注数字化在宏观层面的影响，而基于农户微观层面的研究较少，特别是针对牧区牧户数字能力与收入问题的研究更是缺乏。这就导致已有研究关于数字化发展对牧区经济影响的认识尚不清晰，关于数字能力对牧户收入影响的理解尚不深入，使得牧区牧户在数字化发展中遇到的问题和机遇可能被忽视。第三，在测度方法方面，少数基于农户微观数据的实证研究采用的数字能力指标过于单一。这些文献多以手机或互联网接入和使用作为数字能力的代理变量，忽视了农户数字信息获取和数字平台使用的多样性和复杂性，可能造成测量误差。而且，这些文献没有充分考虑数字能力的构成要素，如信息通信技术使用行为、信息资源、数字素养等多方面因素，使得对牧户数字能力的准确刻画有待改进。

本文针对现有研究的不足，尝试从三个方面补充完善。第一，本文综合考虑影响农户收入的经济行为构成，构建了一个能够探讨数字能力如何影响牧户生产、销售和非农就业的经济学分析框架，进而揭示了数字能力促进牧户增收的机制。第二，本文重点关注牧区牧户数字能力对自身收入的影响。由于农区和牧区在地理环境、基础设施条件、经济结构和生产特点等方面存在差异，研究数字能力对牧户收入的影响具有以下现实意义：一是能够丰富农村地区数字赋能促进农村发展的相关研究，弥补已有文献在微观证据和边远牧区关注度上的不足；二是能够反映牧户生产生活的封闭性和以放牧为主的特点，突出数字信息获取和使用对其生产和销售农牧产品影响的重要性；三是能够关注数字基础设施较为薄弱、数字技术应用较为滞后的边远牧区，探究数字能力提升能否带来包容性发展。第三，本文基于信息通信技术使用行为视角、信息资源视角、数字素养视角，建立了一个包含数字技术接入、数字信息获取、数字平台使用的数字能力三维指标体系，能够在一般化农户数字能力测度方式的同时，为后续相关研究提供可参考的指标构建范式。

## 二、理论框架与研究假说

牧户在产品市场和劳动力市场中，主要有农牧业产销和非农就业两种经济行为（程名望等，2016；齐秀琳和江求川，2023）。随着数字技术的发展和普及，牧户可以通过线上平台参与交易和共享数字信息，增加参与市场经济活动的便利性。牧户如果能够提升数字能力，并有效利用数字技术，则牧户

将会更好地融入市场经济，并在农牧业产销和非农就业中更容易获益。为探究数字能力影响牧户收入的具体机制，本文构建了一个“农牧业生产和非农就业+农牧业销售”的双视角框架，全面分析了数字能力对牧户增收的作用机制。一方面，本文结合内生经济增长理论，分析了数字能力如何促进牧户采用新的农牧业生产技术，提高人力资本水平，从而提高农牧业收入和非农收入；另一方面，本文结合个人决策最优套利行为模型、市场力量重构理论和信息经济学搜索成本理论，分析了数字能力如何促进牧户获取和利用价格信息，改善市场地位，从而提高农牧业收入。

### （一）数字能力与牧户农牧业生产、非农就业行为

新古典增长模型认为，技术进步是经济增长的源泉和社会发展的内在机制（Lucas Jr, 1988）。本文假设牧户收入（ $y_n$ ）由农牧业收入（ $y_1$ ）和非农收入（ $y_2$ ）两部分构成。农牧业收入主要来自家庭生产经营收入，即农牧业产出的价值。非农收入主要为工资性收入。基于内生经济增长理论下的柯布道格拉斯生产函数，农牧业收入决定模型如下式所示：

$$y_1 = \sum_{i=1}^n [A_i(t)(L_i^\alpha K_i^\beta) \times P_i] \quad (1)$$

$$A_i(t) = Ae^{\delta t} \quad (2)$$

（1）式中： $L_i^\alpha$ 、 $K_i^\beta$  分别表示牧户生产第  $i$  种农牧产品投入的劳动时间和资本， $\alpha$  和  $\beta$  分别表示劳动力产出和资本产出的弹性系数， $P_i$  表示牧户生产第  $i$  种农牧产品的均衡价格。在（2）式中： $A_i(t)$  表示综合技术水平，包含农牧业生产技术、非农就业技能等； $\delta$  表示希克斯中性的技术进步率，这种技术进步可以使劳动和资本的效率同时提高（Romer, 1986）。本文假设牧户生产函数规模报酬不变，资本劳动比（ $K/L$ ）不变，牧户处于完全竞争市场。家庭非农收入决定模型如（3）式所示：

$$y_2 = \sum_{j=1}^n [A_j(t)(W_j \times L_j)] \quad (3)$$

（3）式中： $j$  指牧户从事第  $j$  种非农工作， $L_j$  指第  $j$  种非农工作的时间， $W_j$  指第  $j$  种非农工作的单位工资价格。上述方程满足如下约束条件：

$$y_n = y_1 + y_2 \quad (4)$$

$$L_i + L_j \leq 24 \quad (5)$$

基于此，本文将数字能力纳入牧户收入决定方程，构建内生经济增长模型（Romer, 1986; Lucas Jr, 1988），探讨数字能力对牧户的收入效应。根据内生经济增长理论，数字能力对产出的贡献是内生的，可以用指数法进行分析（程名望和张家平, 2019）。因此，如果牧户有数字信息媒介和使用能力，可以设定一个数字能力系数为  $\lambda$ （ $\lambda \in \mathbb{R}$ ， $\mathbb{R}$  为实数集），表示牧户数字能力的水平。数字能力系数越大， $\lambda$  越大，说明牧户的数字能力水平越高。那么，牧户的综合技术水平就可表示为（6）式：

$$A_2(t) = Ae^{(1+\lambda)\delta t} \quad (6)$$

具有较高水平数字能力的牧户收入  $y_1$  为：

$$y_l = \sum_{i=1}^n [Ae^{(1+\lambda)\delta t} (L_i^\alpha K_i^\beta) \times P_i] + \sum_{j=1}^n [Ae^{(1+\lambda)\delta t} (W_j \times L_j)] \quad (7)$$

而一般牧户收入  $y_n$  仍为:

$$y_n = \sum_{i=1}^n [Ae^{\delta t} (L_i^\alpha K_i^\beta) \times P_i] + \sum_{j=1}^n [Ae^{\delta t} (W_j \times L_j)] \quad (8)$$

将数字能力对牧户收入的效应  $C$  用相对值表示, 代入 (7) 式和 (8) 式化简得:

$$C = \frac{y_l}{y_n} = \frac{Ae^{(1+\lambda)\delta t}}{Ae^{\delta t}} = e^{\lambda\delta t} \quad (9)$$

在此基础上, 在 (9) 式中对数字能力求偏导可得:

$$k = \frac{\partial C}{\partial \lambda} = \delta t e^{\lambda\delta t} \quad (10)$$

(9) 式表明, 在其他条件不变的情况下, 数字能力系数的大小决定了数字能力对牧户收入的影响方向。当  $\lambda > 0$  时,  $C > 1$ , 意味着  $C$  值增加, 说明数字能力系数增加会使牧户收入增加, 表示数字能力对牧户收入有正面效应, 即增收效应; 当  $\lambda = 0$  时,  $C = 1$ , 意味着  $C$  值保持不变, 说明数字能力系数增加不会改变牧户收入, 表示数字能力对牧户收入没有直接影响或具有稳定效应; 当  $\lambda < 0$  时,  $C < 1$ , 意味着  $C$  值减少, 说明数字能力系数增大会使牧户收入减少, 表示数字能力对牧户收入有负面效应, 即减收效应。根据 (10) 式,  $k$  为数字能力对牧户收入效应的相关系数, 它恒为正数。这意味着, 数字能力提升会增强其对牧户收入的增收效应或减弱其对牧户收入的减收效应。

结合上述理论模型, 本文进一步分析数字能力对牧户收入的影响机制。首先, 在数字化发展初期, 由于多数牧区地理位置偏远, 数字基础设施建设不足, 牧户难以接入和应用数字技术。这些因素导致牧户缺乏数字能力, 使他们错失更多的市场参与机会、更优的生产技术和更关键的决策信息, 从而降低牧户收入。这是数字能力的减收效应。其次, 在数字化发展持续推进过程中, 牧户数字能力开始提升。以数字信息获取为代表的数字技术应用可帮助牧户获取市场行情、天气预报、农业技术等相关信息, 从而更好地提高农业生产效益和优化市场交易决策, 减少自然风险和市场波动的影响。这体现了数字能力的稳定效应。最后, 当数字能力得到全面提升时, 牧户会优化生产过程、提高生产效率、提升市场参与能力, 从而实现增收效果。这是数字能力的增收效应。

根据中国现有行政村已全面实现“村村通宽带”和 4G 网络信号全覆盖的基本现状, 以及样本牧户已达 96.50% 的数字设备接入率和 82.10% 的网络连通率的具体情况, 本文认为, 牧户数字能力与家庭收入呈正相关关系, 即数字能力越强, 牧户的综合技术水平越高, 牧户收入也越高。进一步基于 (7)~(10) 式, 本文推断牧户数字能力提升能够带动其综合技术水平发展, 对于农牧业收入和非农收入都有增收效应。但 (5) 式表明, 牧户劳动时间总量固定, 农牧业劳动与非农就业存在替代关系, 农牧业劳动时间的增加意味着非农就业时间的减少, 反之亦然。因此, 分析数字能力对牧户收入结构的影响时, 还需要考虑牧户劳动就业时间配置, 不同配置方式会导致不同收入结构。综上可知: 一方面, 数字能力带来的增收效应使得牧户收入提高, 且对于农牧业收入和非农收入都具有促进作用; 另一方面,

农牧业劳动时间和非农就业时间的替代关系会使得牧户收入结构发生变化。由此，本文提出假说 H1 和 H2。

H1: 数字能力提升能够促进牧户收入提高。

H2: 考虑牧户就业时间配置，数字能力提升对于牧户农牧业收入和非农收入都具有促进作用。

本文进一步分析数字能力提升对牧户收入的增收机制。增收机制主要表现为两条途径。第一，数字能力提升促进牧户采用新的农牧业生产技术，提高农牧业收入。一方面，数字能力提升使牧户可以将数字技术应用于农牧业生产过程当中，从而优化劳动和资本的配置，提高生产效率和产出规模，进而增加收入（邱泽奇等，2016）。另一方面，数字能力提升突破了技术要素流动的壁垒，加速农牧业技术的创新和推广。牧户依托互联网、大数据、区块链等新一代数字技术，实现农牧业生产现代化、智能化，提高了产品质量和效益，从而增加了收入（生吉萍等，2021；何可等，2023）。第二，数字能力提升促进牧户人力资本积累，提高牧户收入。数字能力作为包含数字素养、数字技能利用的综合能力，是牧户人力资本的重要构成要素，其提升必然会带来人力资本的积累。这种积累主要来自技能培训、健康支出和教育投入（杨建芳等，2006）。一方面，数字能力提升显著增强牧户对于技能培训和健康信息的关注，他们将会重视自身的农牧业技术采纳、非农技能培训、医疗健康水平，提升自身在产品市场和非农就业市场的竞争力，由此促进增收（高梦滔和姚洋，2006）。另一方面，数字能力提升也为牧户提供了更多获取教育资源和信息的途径，增强了牧户对教育的认知和重视程度，进而促使他们增加教育方面的投入。基于上述分析，本文提出研究假说 H3。

H3: 数字能力通过促进牧户农牧业生产技术采纳和人力资本积累发挥增收作用。

## （二）数字能力与牧户销售利润

为全面分析影响牧户收入的因素，本文进一步关注牧户销售环节，探究数字能力提升对牧户销售利润的影响。根据既有研究，数字能力可以通过重构市场力量和降低市场信息搜索成本两种机制，提高牧户销售利润（Aker and Mbiti, 2010; Jensen, 2010）。因此，本文基于市场力量重构理论和信息经济学搜索成本理论（Goldfarb and Tucker, 2019），并结合个人决策最优套利行为模型（Aker, 2008），剖析理想情形下，牧户在销售农牧产品过程中的价格搜索行为。

假设牧户在搜索销售价格过程中，搜索到的价格  $p$  的概率密度函数为  $f(p)$ ，累计密度函数为  $F(p)$ 。同时，假定牧户所在的区域为  $a$ ，该区域不同市场上的价格分布为  $[p_a, \bar{p}_a]$ ，但牧户并不知道各个市场的具体价格信息。为了获取不同市场的销售价格信息，牧户需支付一定的信息搜索成本，假设牧户搜索价格信息的边际成本为  $c$ ，则牧户信息搜索成本和销售价格之间的关系可以推导如下：

假设牧户已经搜索了一定数量 ( $n$ ) 的市场，发现在  $n$  个市场中，他们实现利润最大化的最优净价格为  $r_a$ ，即  $r_a$  是牧户在已经完成价格搜索的  $n$  个市场中的保留价格。若牧户再搜索一次，在第  $n+1$  个市场中，他们实现利润最大化的最优净价格为  $p_{n+1}$ ，此时，牧户将进行成本收益分析。设  $u(p)$  为价格为  $p$  时牧户的利润函数，若牧户进行了一次有效的价格搜索，则牧户在此次价格搜索中将获利  $u(p_{n+1}) - u(r_a)$ ；若牧户进行了一次无效的价格搜索，则牧户在此次价格搜索中将获利  $u(r_a) - u(r_a)$ ，

即牧户将在利润最大化的原则下，以价格  $r_a$  将农牧产品售出。因此，牧户在区域  $a$  中，在对第  $n+1$  个市场进行价格搜索的边际期望收益函数为：

$$B_a(r_a) = \int_{\underline{p}_a}^{r_a} [u(r_a) - u(p)] f_a(p) dp + \int_{r_a}^{\bar{p}_a} [u(p) - u(r_a)] f_a(p) dp \quad (11)$$

化简可得：

$$B_a(r_a) = \int_{r_a}^{\bar{p}_a} [u(p) - u(r_a)] f_a(p) dp \quad (12)$$

(11) 式和 (12) 式中， $(r_a, \bar{p}_a]$  是牧户在区域  $a$  中的获利区间。在价格搜索过程中，基于利润最大化原则，牧户将会对边际期望收益和边际搜索成本进行比较分析。由牧户的边际期望收益函数为  $B_a(r_a)$ ，牧户每增加一次价格信息搜索的边际成本为  $c$ ，可得牧户的边际净利润函数为：

$$h_a(r_a) = B_a(r_a) - c \quad (13)$$

根据 (13) 式，当边际成本等于边际收益，即  $h_a(r_a) = 0$  时，牧户的总利润达到最大。故牧户的价格信息搜索将遵循利润最大化原则：当  $h_a(r_a) \leq 0$  时，牧户不会进行下一次价格搜索；当  $h_a(r_a) > 0$  时，牧户将会继续进行价格搜索，直到寻找到一个销售价格使得边际净利润高于保留价格所带来的边际净利润。根据 (12) 式和 (13) 式，当牧户的总利润达到最大时有：

$$h_a(r_a) = \int_{r_a}^{\bar{p}_a} [u(p) - u(r_a)] f_a(p) dp - c = 0 \quad (14)$$

进一步推导区域  $a$  中牧户保留价格与信息搜索成本的关系，对 (14) 式进行全微分，则有：

$$dh_a = \frac{\partial h_a}{\partial r_a} dr_a + \frac{\partial h_a}{\partial c} dc = \{u'(r_a)[F_a(r_a) - 1]\} dr_a - 1dc = 0 \quad (15)$$

由 (15) 式化简可得：

$$\frac{dr_a}{dc} = \frac{1}{u'(r_a)[F_a(r_a) - 1]} \quad (16)$$

由于  $F_a(r_a)$  为累计概率密度函数，有  $F_a(r_a) \leq 1$ 。根据 (16) 式，当  $u'(r_a) > 0$  时， $dr_a / dc < 0$ ；当  $u'(r_a) < 0$  时， $dr_a / dc > 0$ 。具体分析其中的经济学含义：一方面，当牧户的利润函数对保留价格的斜率为正，即  $u'(r_a) > 0$  时，可知保留价格越高，牧户的利润越高。此时，结合  $dr_a / dc < 0$  可知，信息搜索成本降低使得牧户销售的保留价格提高，市场议价能力提升，最终提升农牧产品销售价格，并提升总体利润。另一方面，当牧户的利润函数对保留价格的斜率为负，即  $u'(r_a) < 0$  时，可知保留价格越低，牧户的利润越高。在这种情况下，保留价格下降可能使牧户通过增加销量来补偿每单位产品利润的减少，从而增加总利润。此时，结合  $dr_a / dc > 0$  可知，信息搜索成本降低使得牧户选择更低的保留价格，但此时的总体利润更高。其原因在于：随着牧户数字能力的整体提升，其他牧户或竞争对手亦能更为高效地进行市场信息搜索与完善定价，这将缓解信息不对称，从而加剧市场竞争并推动市场价格下降，导致牧户保留价格下降。尽管每单位产品利润可能减少，但通过提高销量，总体利

润仍有可能增加。由上述分析可知，在牧户销售农牧产品的市场价格搜索过程中，数字能力提升使得牧户信息搜索成本降低、议价能力提升，最终提升农牧产品销售整体利润。

本文进一步分析数字能力提升带来销售利润提升的内在机制：一方面，数字能力提升可以提高牧户市场议价能力，从而提升农牧产品销售利润。以往牧户交易市场较为局限，交易对象较为单一，往往会遭遇中间商利用市场优势压低农牧产品价格的情况。由于数字能力提升，牧户增强了获取和利用销售价格信息的能力，拓宽了销售渠道选择，增强了与中间商价格博弈的能力，从而重构了市场力量，提高了农牧产品销售价格（Jensen, 2010）。另一方面，数字能力提升可以降低牧户信息搜索成本，提高农牧产品销售利润。数字技术的快速发展，主要降低了经济活动过程中的搜索成本、重复成本、交通成本、追踪成本和验证成本。受此影响，牧户能够获取到更多市场信息，发现更多获利机会，提高了总体利润（Jensen, 2010）。由于牧户在信息不对称市场中的弱势地位得到改善，他们将有效获取生产要素市场和产品市场的价格信息，促使家庭生产经营决策实现帕累托改进，即销售利润提升（许竹青等, 2013）。本文进一步提出研究假说 H4。

H4: 数字能力通过促进牧户议价能力提升和降低信息搜索成本而发挥增收作用。

### 三、数据来源、研究方法和变量选择

#### （一）数据来源

本文数据来自课题组 2020 年 10—11 月在甘肃、青海牧区以及 2018 年 9 月在内蒙古、新疆牧区开展的牧户调查。两次调查的问卷设计框架、调查内容、调查人员相似，且均采用分层抽样和随机抽样的方式，以确保样本的代表性和一致性。具体抽样过程如下：首先，根据天然草原分布的主要省（区），选择甘肃、青海、内蒙古和新疆作为样本省（区）。其次，根据县域人均年收入，将每个样本省（区）的县（旗）分成若干梯队，从每个梯队中随机抽取若干个县（旗）作为样本县（旗）。再次，将每个样本县（旗）的乡镇（苏木）根据镇（苏木）人均草原面积分成高、中、低三组，从每组中随机抽取一个乡镇（苏木）作为样本乡镇（苏木）。从次，从每个样本乡镇（苏木）中分别抽取一个高于镇（苏木）人均草原面积的村庄（嘎查）和一个低于镇（苏木）人均草原面积的村庄（嘎查）作为样本村庄（嘎查）。最后，从每个样本村庄（嘎查）中随机抽取 6~7 户作为样本牧户。最终，2020 年在甘肃、青海牧区共抽取了 10 个县 30 个乡镇 60 个村庄 360 户牧户，2018 年在内蒙古、新疆牧区共抽取了 11 个县（旗）35 个乡镇（苏木）69 个村庄（嘎查）453 户牧户。在剔除无效问卷后，本文共得到包括 4 省（区）21 个县（旗）65 个乡镇（苏木）129 个村（嘎查）804 份牧户的混合截面数据，问卷有效率为 98.89%。

#### （二）模型设定

为分析数字能力对牧户收入的影响，本文构建了如下基准回归模型：

$$\ln y_i = \beta_0 + \beta_1 DC_i + \beta_2 X_i + \varepsilon_i \quad (17)$$

(17) 式中： $y_i$  为牧户收入，包括农牧业收入和非农收入；核心解释变量  $DC_i$  为牧户的数字能力， $\beta_1$  为相应的待估参数； $X_i$  为控制变量， $\beta_2$  为相应的待估参数； $\varepsilon_i$  为误差项残差。为避免异方

差带来的影响，本文对牧户收入、农牧业收入、非农收入以及草场面积等变量进行了对数化处理。

### （三）变量选取和数据描述性统计

1.被解释变量。本文结合牧区实际情况，将牧户收入划分为农牧业收入和非农收入两个部分。农牧业收入主要包括畜牧养殖业收入和种植业收入。畜牧养殖业收入包括以下两方面：一是畜牧养殖收入，即出售牲畜的收入，由出栏量<sup>①</sup>（出售量）和对应牲畜销售价格决定；二是其他副产品收入，即出售奶类（牛奶、奶制品）、皮毛等副产品的收入。种植业收入主要包括打草收入<sup>②</sup>、种植饲草收入、种植经济作物与粮食作物收入<sup>③</sup>。非农收入主要包括牧民从事非农牧业的收入，如作为工人、商业员工、个体户、农牧业务工人员（牛羊倌、农业雇工、农牧业合作社雇工）等的工资性收入。此外，非农收入还包括牧户通过个体户经营所得的收入，以及进行其他牧区非传统生计活动（如狩猎、挖虫草、采雪莲等）所得的收入。

2.核心解释变量。本文根据数字能力的构成要素和科学内涵，从数字技术接入、数字信息获取、数字平台使用三个维度选取 16 个具体指标构建牧户数字能力指标体系（见表 1）。首先，数字技术接入是牧户获取数字信息的基本条件。随着数字技术的快速发展，计算机、智能手机等基于互联网的设备广泛应用于各种生产、生活场景（安同良和杨晨，2020）。数字技术接入主要包括互联网接入和互联网接入所需的硬件设施，两者缺一不可（Hsieh et al., 2008）。互联网接入的主要方式包括 3G、4G、5G 的移动通信接入，以及以互联网宽带、无线网为主的计算机接入，而智能手机、计算机、电视、电话是互联网接入的重要硬件载体（苏岚岚等，2021）。因此，本文选取户主是否使用手机、家庭是否接入有线或卫星电视作为互联网接入所需的硬件设施的指标，选取户主手机是否能上网，家庭是否接入宽带、互联网宽带或无线网（Wi-Fi）作为互联网接入的指标。这样既可以全面地反映牧户的数字技术接入水平，又与相关研究的定义和测度方式相一致（Brandtzaeg et al., 2011；程名望和张家平，2019）。

其次，数字信息获取是牧户数字能力的重要组成部分。数字信息获取可以从两个视角来分析。一是数字技术使用行为视角，主要包括使用量差异、使用多样性差异、使用技能差异等（Van Dijk, 2012）；二是信息资源视角，主要包括信息获取量差异、信息内容偏好差异、信息利用差异等（Scheerder et al., 2017）。综合这两个视角，数字信息获取差异主要源于牧户所关注的数字信息内容和关注频率的差异。聚焦影响牧户农牧业生产和非农就业的信息内容，本文选取户主通过数字媒介获取转场天气信息频次、户主通过数字媒介获取气象灾害信息频次、户主通过数字媒介获取畜牧产品价格信息频次、户主通过数字媒介获取畜牧产品改良品种信息频次、户主通过数字媒介获取非农就业招聘信息频次、户主通过数字媒介获取国家农牧业政策信息频次、户主通过数字媒介获取补助发放信息频次、户主通过数字媒

<sup>①</sup>在牧区，牲畜的出栏主要集中在春季 3—4 月和秋季 9—10 月。由于调查时间集中在 10—11 月，大部分牧户养殖的牲畜已经完成第二次集中出栏，故未完成第二次集中出栏的，用预计出栏量代替。

<sup>②</sup>打草收入主要包括专门在天然草地打草场、栽培（人工）草地打草场打草的收入。

<sup>③</sup>牧区气候干燥、天然草场广阔，牧民的生活主要依赖于畜牧业生产，但仍存在部分牧民在零星农地上种植经济作物、粮食作物或者饲草并出售的情况。

介获取信贷信息频次和户主通过数字媒介获取子代教育信息频次九个问卷题项，量化牧户对这些数字信息内容的关注程度和接收频次，以此衡量牧户数字信息获取的能力。

最后，数字平台使用是数字能力的结果体现，也是影响经济社会生活的重要行为方式。数字技术接入和数字信息获取存在差异，导致信息素养也有不同程度差距，从而影响牧户使用数字平台的行为选择，进而对牧户的生产经营、生活决策等方面产生影响（苏岚岚和彭艳玲，2021）。本文认为，电子商务是数字经济的重要组成部分，但网络购物主要反映的是牧户消费水平，而不是生产水平（Seo et al., 2019）。因此，本文没有将网络购物纳入数字能力指标体系。本文通过在问卷中设置三个问题，即“您家销售畜牧产品时，买家是否使用数字支付方式”“您家是否通过网络销售畜牧产品”“您家是否通过网络购买饲草”，来测算三种直接影响牧户收入的生产行为方式，以此衡量数字平台使用指标维度。

表1 牧户数字能力指标体系构成和描述性统计

维度	题项说明及赋值	均值	标准差
数字技术接入	户主是否使用手机：是=1，否=0	0.965	0.183
	户主手机是否能上网：是=1，否=0	0.821	0.384
	家庭是否接入有线或卫星电视：是=1，否=0	0.799	0.401
	家庭是否接入宽带、互联网宽带或无线网（Wi-Fi）：是=1，否=0	0.310	0.463
数字信息获取	户主通过数字媒介获取转场天气信息频次：经常=2，偶尔=1，没有=0	1.189	0.933
	户主通过数字媒介获取气象灾害信息频次：经常=2，偶尔=1，没有=0	1.262	0.901
	户主通过数字媒介获取畜牧产品价格信息频次：经常=2，偶尔=1，没有=0	0.959	0.955
	户主通过数字媒介获取畜牧产品改良品种信息频次：经常=2，偶尔=1，没有=0	0.743	0.929
	户主通过数字媒介获取非农就业招聘信息频次：经常=2，偶尔=1，没有=0	0.397	0.744
	户主通过数字媒介获取国家农牧业政策信息频次：经常=2，偶尔=1，没有=0	0.828	0.939
	户主通过数字媒介获取补助发放信息频次：经常=2，偶尔=1，没有=0	0.920	0.937
	户主通过数字媒介获取信贷信息频次：经常=2，偶尔=1，没有=0	0.674	0.890
数字平台使用	户主通过数字媒介获取子代教育信息频次：经常=2，偶尔=1，没有=0	1.031	0.956
	您家销售畜牧产品时，买家是否使用数字支付方式 <sup>a</sup> ：是=1，否=0	0.102	0.303
	您家是否通过网络销售畜牧产品：是=1，否=0	0.012	0.111
	您家是否通过网络购买饲草：是=1，否=0	0.073	0.261

注：①数字媒介具体包括：传统广播媒介（电视、广播电台）、传统通信媒介（固定电话、非智能手机）、数字网络媒介（能接入互联网的智能手机、电脑、平板）。②数字信息获取频次划分依据：经常=2（一周获取一次及以上），偶尔=1（牧户偶尔接触或获取该特定数字信息），没有=0（牧户几乎没有接触或获取该特定数字信息）。<sup>a</sup>数字支付方式具体包括微信支付、支付宝和网银。

本文采用因子分析法<sup>①</sup>，从数字技术接入、数字信息获取、数字平台使用三个维度，构建牧户层面的数字能力综合性指数，以评价牧户的数字能力水平（见表2）。因子分析法是一种多元统计分析

<sup>①</sup>在因子分析之前需要进行 Bartlett 球形度检验和 KMO 值检验。检验结果显示：Bartlett 球形度检验的卡方统计量为 3157.667，相应的概率 p 值为 0；KMO 检验的值为 0.809，大于 0.5。这些检验结果说明，本文的数据适合进行因子分析。

方法，可以将多变量简化为少数几个因子，从而降低问题复杂度和提高分析效率。相比其他指数构建方法，因子分析法可以避免指标赋权不合理、缺乏理论依据和忽视指标间相关性等问题。

3.控制变量。本文选取的控制变量主要包括以下几个方面：一是户主特征，包括性别、年龄、受教育年限和学习汉语年限；二是家庭特征，包括家庭生计类型、家庭人口总数、家庭农牧业劳动时间、家庭非农就业时间、家庭草场面积、是否参与合作社、居住地到最近公路距离、非生产性资本、生产性资本和主要居住地；三是政策环境特征，包括是否有禁牧政策和是否有草畜平衡政策；四是区域特征<sup>①</sup>，包括所在村年人均纯收入、村人均农牧业收入占人均纯收入比重、村委会到乡镇政府距离、村委会到县政府距离、县域农牧业增加值；五是省（区）、年度虚拟变量。

4.工具变量。本文重点分析数字能力对牧户收入的影响，但考虑到反向因果和遗漏变量所导致的内生性问题，本文引入了三个工具变量对潜在内生性问题可能导致的估计偏误进行修正。工具变量分别是“村互联网普及率”“数字金融基础设施指数”“数字乡村指数”。村互联网普及率<sup>②</sup>通过对地方干部、社区负责人调查形成的村级问卷获得；数字金融基础设施指数和数字乡村指数是北京大学新农村发展研究院联合阿里研究院发布的《县域数字乡村指数（2018）》<sup>③</sup>中有关县域数字乡村指标体系的数据。这些工具变量可以有效反映牧户所处的数字环境，但与牧户收入无关，因此可以被用来缓解数字能力和牧户收入之间潜在的内生性。

具体来说，村互联网普及率越高，说明该村的数字技术应用越成熟，牧户也越可能接触和使用数字技术，从而提高自己的数字能力。因此，村互联网普及率满足相关性条件。同时，村互联网普及率是一个客观指标，其高低与村庄特征和政府统一规划的“村村通宽带”等信息通信基础设施建设有关，但村级信息通信基础设施建设本身并不会产生社会影响，其社会影响依赖于牧户数字能力的发挥。因此，村互联网普及率与牧户收入的影响因素不存在共同决定性，满足外生性条件。此外，为排除混合截面数据时间变化对总体分布函数的影响，本文在引入年度虚拟变量的同时，将村互联网普及率与年度虚拟变量的交互项作为工具变量，并通过在模型中加入村级层面控制变量，来排除村庄特征对牧户收入的影响。此外，数字金融基础设施指数和数字乡村指数是两个反映牧户所在县域数字化发展水平的重要评价指标，它们均直接或间接影响了牧户接入和使用数字技术的条件和能力，与牧户的数字能力之间存在着显著的相关性。例如，高水平的数字金融基础设施指数意味着牧户能够更好地享受数字金融服务，有利于牧户提高金融信息和工具的使用能力；高水平的数字乡村指数则意味着牧户所处的数字化环境更加优越，有利于牧户获取数字技术。但是，对于2020年的青海、甘肃样本，本文选择的是滞后两期的县域指数，而对于2018年的内蒙古、新疆样本则选择的是同期县域指数，这可能带来一定的内生性问题。对此，本文采取了以下措施：一是控制了牧户所在县的地区变量，以消除县

<sup>①</sup>村级层面数据通过对地方干部、社区负责人调查形成的村问卷获得。此外，为简化行政单位的表述，县等同于县（旗），乡镇等同于乡镇（苏木），村等同于村（嘎查），后文同。

<sup>②</sup>具体题项是：请您根据贵村的互联网实际发展统计数据，填写现在通互联网/宽带的农牧户比例。

<sup>③</sup>资料来源：《县域数字乡村数据库申请指南》，<https://www.ccap.pku.edu.cn/nrdi/xmycg/yjxm/363355.htm>。

域特征对牧户收入的影响，保证工具变量与误差项之间不存在相关性（毛慧等，2023）；二是设置了年度虚拟变量，控制了时间变化对总体分布函数的影响。

5.机制变量。基于前文分析，本文选取的机制变量包括人力资本积累、生产技术采纳、议价能力提升、信息搜索成本。具体来说，本文借鉴高梦滔和姚洋（2006）的做法，用家庭教育和医疗健康支出表示人力资本积累水平；用牧户是否引进新品种进行牛羊品种改良来表示生产技术采纳情况；借鉴 Pierre and Julie（2015）的做法，用“您家在出栏时的讨价还价，能否将出栏价格提高”表示议价能力提升；在信息搜索成本的衡量上，本文通过对“数字信息获取”维度指标体系下每个变量的信息可靠性评分<sup>①</sup>进行加总计算，在充分考虑搜索便利性、渠道多样性、信息可靠性的基础上构建信息搜索成本的代理变量（Hirshleifer, 1973; Goldfarb and Tucker, 2019）。数字媒介获取不同信息的可靠性越高，信息搜索成本越低。变量说明和描述性统计如表 2 所示。

表 2 主要变量的描述性统计结果

变量类别	变量名称	变量说明	均值	标准差
被解释变量	牧户收入	农牧业收入和非农就业收入总和（万元）	11.436	21.013
	农牧业收入	牲畜销售、奶类等畜产品销售、牧草种植等收入（万元）	9.769	20.632
	非农收入	从事非农牧业的工资性收入（万元）	1.668	33.627
解释变量	数字能力	数字能力指数：0~100 分，分值越高，数字能力越强	34.411	16.711
	数字技术接入	数字技术接入指数：0~100 分，分值越高，数字技术接入能力越强	79.221	18.161
	数字信息获取	数字信息获取指数：0~100 分，分值越高，数字信息获取能力越强	33.792	24.004
	数字平台使用	数字平台使用指数：0~100 分，分值越高，数字平台使用能力越强	4.744	12.254
户主特征控制变量	性别	户主的性别：男=1，女=0	0.922	0.269
	年龄	户主的年龄（岁）	49.940	11.460
	受教育年限	户主自小学一年级算起的受教育年限（年）	4.787	3.930
	学习汉语年限	户主学习汉语的年数（年）	2.590	1.545
家庭特征控制变量	家庭生计类型	家庭生计类型 <sup>a</sup> ：非农主导型=4，非传统类型=3，农业主导型=2，牧业主导型=1	1.213	0.519
	家庭人口总数	家庭成员人数（人）	4.367	1.648
	家庭农牧业劳动时间	家庭劳动力畜牧业、种植业投入时间（月）	16.710	10.010
	家庭非农就业时间	家庭劳动力非农就业时间（月）	5.016	7.578
	家庭草场面积	家庭天然草地、栽培草地（人工草地）的承包面积和转入（租入）面积之和（万亩）	0.711	1.524

<sup>①</sup>信息可靠性评分计算方法：对“数字信息获取”维度下的九个指标分别询问牧户“获取的消息是否可靠”，不可靠=1分，一般=2分，很可靠=3分。将九个指标的得分加总，总得分即为数字媒介获取信息的可靠性评分，并作信息搜索成本的代理变量。为使得回归系数符合现实含义，本文在回归中对信息搜索成本的代理变量取相反数处理。

表2 (续)

家庭特征 控制变量	是否参与合作社	家庭是否参与合作社：是=1，否=0	0.188	0.391
	居住地到最近公路距离	牧户家到最近公路（能通机动车的柏油路或水泥路） 的距离（千米）	7.579	25.460
	非生产性资本	年末人均房屋、生活耐用品资产原值（万元）	12.650	48.020
	生产性资本	年末人均生产性固定资产原值（万元）	1.269	3.473
	主要居住地	牧户主要居住地：本县城=5，本乡镇=4，牧区和村都 有=3，村集中安置点=2，分散的牧区=1	1.817	1.185
政策环境特 征控制变量	是否有禁牧政策	所属牧区当年是否有禁牧政策：是=1，否=0	0.398	0.490
	是否有草畜平衡政策	所属牧区当年是否有草畜平衡政策：是=1，否=0	0.669	0.471
区域特征 控制变量	所在村年人均纯收入	牧户所在村年人均纯收入（万元）	1.220	1.102
	村人均农牧业收入占人 均纯收入比重	牧户所在村人均农牧业收入占人均纯收入比重（%）	79.410	25.010
	村委会到乡镇政府距离	牧户所在村村委会到乡镇政府距离（千米）	18.930	26.450
	村委会到县政府距离	牧户所在村村委会到县政府距离（千米）	64.960	57.650
	县域农牧业增加值	牧户所在县农牧业较上一年增加值（亿元）	7.670	4.588
工具变量	村互联网普及率	牧户所在村互联网普及率（%）	33.100	38.460
	数字金融基础设施指数	牧户所在县2018年数字金融基础设施指数	88.960	19.340
	数字乡村指数	牧户所在县2018年数字乡村指数	31.120	7.001
机制变量	人力资本积累	牧户教育与医疗健康支出之和（万元）	1.801	4.638
	生产技术采纳	牧户是否引进新品种进行牛羊品种改良：是=1，否=0	0.313	0.564
	议价能力提升	您家在出栏时的讨价还价，能否将出栏价格提高： 是=1，否=0	0.755	0.430
	信息搜索成本	数字媒介获取信息的可靠性得分	15.320	7.804

注：a 家庭生计类型根据牧区经济结构、生产特点和家庭主要生计活动划分。牧业主导型、农业主导型、非传统类型和非农主导型的主要生计活动分别是畜牧养殖、经济作物和粮食作物种植、牧区非传统生计活动（如狩猎、挖虫草、采雪莲等）和非农牧业务工。

## 四、实证结果

### （一）基准回归结果

1. 数字能力对牧户收入的影响。表3报告了数字能力对牧户收入影响的OLS和2SLS估计结果，所有回归均采用聚类到村级层面的稳健标准误。其中，（5）列的2SLS第一阶段估计结果表明，“村互联网普及率×年份”“数字金融基础设施指数”“数字乡村指数”对数字能力的回归系数均至少在5%的统计水平上显著，即本文所选取的三个工具变量均与核心解释变量数字能力具有显著的相关性。但是，数字金融基础设施指数与数字能力的相关系数为负，这可能是由于牧区金融服务渗透度和可及性较弱，牧户对数字金融的使用还不充分（周月书和苗哲瑜，2023）。在此基础上，本文对工具变量有效性进行检验，检验结果如表3所示。关于弱工具变量检验，F统计量18.35大于10，Cragg-Donald

统计量 18.35 大于 Stock-Yogo bias critical 10%偏误下的临界阈值 9.08, 两类统计量强烈拒绝弱工具变量的原假设。此外, 工具变量的不可识别检验、内生性检验和过度识别检验都通过。结果表明, 本文所选工具变量通过了有效性检验, 选用“村互联网普及率”“数字金融基础设施指数”“数字乡村指数”作为牧户数字能力的工具变量进行估计是合适的。进一步分析 OLS 和 2SLS 第二阶段的估计结果, 如(1)列和(3)列显示, 牧户的数字能力对牧户收入的回归系数均为正, 且均在 1%的统计水平上显著, 表明数字能力提升能够带来牧户收入提高, 假说 H1 得到了验证。

表 3 数字能力对牧户收入影响的基准回归结果

变量	牧户收入				数字能力	
	OLS		2SLS 第二阶段		2SLS 第一阶段	
	系数 (1)	标准误 (2)	系数 (3)	标准误 (4)	系数 (5)	标准误 (6)
数字能力	0.939***	0.229	2.675***	0.727		
性别	0.597	0.404	0.555	0.400	0.004	0.057
年龄	-0.015	0.009	-0.014	0.009	-0.002	0.001
受教育年限	0.027	0.033	0.010	0.036	0.010*	0.006
学习汉语年限	0.129	0.098	0.027	0.106	0.044***	0.015
家庭生计类型: 农业主导型	-1.596***	0.324	-1.848***	0.363	0.132***	0.049
家庭生计类型: 非传统类型	-2.496	3.680	-2.486	3.303	0.093	0.296
家庭生计类型: 非农主导型	0.769	0.694	0.845	0.725	-0.022	0.191
家庭人口总数	0.161***	0.061	0.118*	0.063	0.029***	0.010
家庭农牧业劳动时间	0.025*	0.014	0.023*	0.014	0.001	0.002
家庭非农就业时间	0.106***	0.015	0.103***	0.014	0.002	0.002
家庭草场面积	0.646**	0.259	0.638***	0.245	0.077	0.049
是否参与合作社	0.119	0.257	-0.062	0.284	0.113***	0.044
居住地到最近公路距离	-0.050	0.091	-0.016	0.090	-0.016	0.014
非生产性资本	0.202**	0.087	0.141	0.086	0.038***	0.013
生产性资本	0.062***	0.018	0.063***	0.018	0.001	0.004
主要居住地: 村集中安置点	0.255	0.310	0.252	0.310	-0.006	0.045
主要居住地: 牧区和村都有	0.949***	0.318	1.152***	0.361	-0.100	0.088
主要居住地: 本乡镇	0.006	0.413	0.246	0.419	-0.138**	0.065
主要居住地: 本县城	0.227	0.423	0.545	0.474	-0.124*	0.071
是否有禁牧政策	0.224	0.196	0.210	0.195	-0.029	0.034
是否有草畜平衡政策	0.707***	0.249	0.544**	0.268	0.084**	0.037
所在村年人均纯收入	-0.000	0.000	-0.000	0.000	0.000	0.000
村人均农牧业收入占人均纯收入比重	0.017***	0.005	0.013**	0.005	0.002**	0.001
村委会到镇政府距离	-0.001	0.071	-0.032	0.069	0.018	0.012

表3 (续)

村委会到县政府距离	-0.044	0.090	-0.069	0.083	0.003	0.014
县域农牧业增加值	0.298*	0.173	0.288*	0.172	0.093***	0.030
年度虚拟变量	已控制		已控制		已控制	
省(区)虚拟变量	已控制		已控制		已控制	
村互联网普及率×年份					0.002**	0.001
数字金融基础设施指数					-0.007***	0.001
数字乡村指数					0.024***	0.004
常数项	3.056	2.184	4.396**	2.180	-1.815***	0.396
R <sup>2</sup>	0.376		0.325		0.289	
观测值	804		804		804	
不可识别检验	Kleibergen-Paap rk LM 统计量				32.420 (p=0.000)	
弱工具变量检验	F 统计量				18.347	
	Cragg-Donald 统计量				18.347	
	Stock-Yogo bias critical 统计量				9.080 (10%)	
内生性检验	Hausman 检验				4.540 (p=0.033)	
	Durbin-Wu-Hausman 检验				4.563 (p=0.033)	
过度识别检验	Sargan 统计量				4.411 (p=0.110)	

注：①\*、\*\*和\*\*\*分别表示 10%、5%和 1%的显著性水平。②标准误为聚类到村级层面的稳健标准误。③家庭生计类型和主要居住地分别选择“牧业主导型”和“分散的牧区”作为参照组，并作虚拟变量控制。

2. 数字能力对农牧业收入、非农收入的影响。本文使用 2SLS 估计方法进一步分析了牧户数字能力对农牧业收入和非农收入的影响，结果如表 4 所示。(1) 列和 (2) 列表明，数字能力提升能够显著提高农牧业收入，但对非农收入没有显著影响。从 (1) 列家庭农牧业劳动时间和家庭非农就业时间变量的系数可以看出，家庭农牧业劳动时间的增加有利于农牧业收入增加，而家庭非农就业时间的增加会降低农牧业收入。从 (2) 列家庭农牧业劳动时间和家庭非农就业时间变量的系数可以看出，非农收入随着家庭非农就业时间的增加而增加，与家庭农牧业劳动时间无关。这些结果表明，牧户的农牧业收入和非农收入还受到牧户自身劳动力时间投入等因素的影响。

为了进一步探究数字能力对农牧业收入和非农收入的影响，本文将数字能力分别与家庭农牧业劳动时间、家庭非农就业时间的交互项纳入模型分析。(3) 列显示，数字能力与家庭农牧业劳动时间的交互项对农牧业收入具有显著负向影响，表明家庭农牧业劳动时间增加会削弱数字能力对农牧业收入的正向作用。这可能是因为，牧户主要从事畜牧业生产，家庭农牧业劳动时间投入过多使得生产经营呈过密化特征，导致农牧业单位劳动时间边际生产效率递减。同时，(4) 列显示，数字能力与家庭非农就业时间的交互项对非农收入具有显著正向影响，说明家庭非农就业时间增加会增强数字能力对非农收入的正向作用。这可能是因为，数字能力提升会促进牧户获取非农就业信息并参与非农就业。这些结果表明，牧区经济结构以农牧业为主，非农经济较弱，牧户数字能力提升主要通过提高农牧业生产效率来增加家庭收入，同时也释放了一部分农业劳动力。但是，家庭农牧业劳动时间的过多投入会

抑制数字技能的学习和非农就业的转移，从而降低数字能力的增收效果。综上所述，牧户数字能力提升显著促进了农牧业收入和非农收入的增长，验证了假说 H2。

表 4 数字能力对牧户农牧业收入和非农收入影响的回归结果

变量	(1) 农牧业收入		(2) 非农收入		(3) 农牧业收入		(4) 非农收入	
	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误
数字能力	2.942***	1.026	-1.652	1.006	12.299**	5.823	-2.953***	1.120
数字能力×家庭农牧业 劳动时间					-0.483*	0.250		
数字能力×家庭非农就 业时间							0.306***	0.077
家庭农牧业劳动时间	0.065***	0.017	-0.015	0.014	0.014	0.033	-0.009	0.014
家庭非农就业时间	-0.036**	0.018	0.445***	0.038	-0.053**	0.022	0.474***	0.035
其他控制变量	已控制		已控制		已控制		已控制	
常数项	3.187	3.038	6.067**	3.072	0.405	3.575	7.384**	3.117
R <sup>2</sup>	0.406		0.530		0.156		0.534	
观测值	804		804		804		804	

注：①\*、\*\*和\*\*\*分别表示 10%、5%和 1%的显著性水平。②标准误为聚类到村级层面的稳健标准误。③其他控制变量同表 3，两阶段最小二乘法第一阶段的回归结果同表 3。

## (二) 异质性分析

1. 数字能力对不同收入水平牧户收入的影响。为了探究数字能力对不同收入水平牧户收入增长的影响是否存在差异，以及数字能力发展对牧区牧户收入分配公平性的潜在影响，本文采用分位数回归模型进行分析，结果如表 5 所示。不难发现，数字能力对所有分位点上的牧户收入都有显著正向影响，并且在较低分位点上（0.1 分位点、0.25 分位点）的影响更大。实证结果表明，数字能力提升有利于优化收入分配，减少牧户内部收入差距。数字能力对低收入牧户的收入提升效果更明显，其原因在于：一方面，低收入牧户往往在生产技术上存在较大提升空间，数字能力赋能了这种技术水平的显著提升；另一方面，数字技术的发展有助于低收入群体快速且更加充分地获取数字红利，有效弥补低收入群体的资源禀赋劣势，尤其是信息和人力资本上的不足，从而实现收入显著增长（曾亿武等，2019）。

表 5 数字能力对牧户收入影响的分位数回归结果

变量	牧户收入									
	0.1分位点		0.25分位点		0.5分位点		0.75分位点		0.9分位点	
	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误
数字能力	1.161**	0.566	0.633***	0.228	0.532***	0.119	0.306***	0.106	0.310**	0.133
控制变量	已控制		已控制		已控制		已控制		已控制	
常数项	-7.857	6.265	5.666**	2.691	8.296***	1.150	9.068***	0.812	10.379***	1.035
R <sup>2</sup>	0.393		0.215		0.202		0.213		0.215	

表5 (续)

观测值	804	804	804	804	804
-----	-----	-----	-----	-----	-----

注：①\*\*和\*\*\*分别表示5%和1%的显著性水平。②标准误为聚类到村级层面的稳健标准误。③控制变量同表3。

2.不同维度数字能力对牧户收入的影响。本文进一步使用2SLS估计方法探究不同维度数字能力对牧户收入的影响，结果如表6所示。不难发现，数字技术接入、数字信息获取和数字平台使用对牧户收入影响的系数都显著为正，表明数字能力指标体系的三个维度都能够促进牧户收入增长。其中，数字信息获取和数字平台使用的系数高于数字技术接入的系数，表明这两个维度的增收效应更为显著。这可能是因为，随着数字技术的普及，手机、互联网使用日益普遍，提高数字信息获取、数字平台使用能力逐渐成为牧户增收的新动力（许竹青等，2013）。数字平台使用能够显著增加牧户收入，反映了当前数字经济快速发展，农村电商和直播带货等数字新业态、新模式正在发挥助农增收的作用（曾亿武等，2019）。数字支付、数字销售、数字购买等数字平台使用行为正在深刻改变牧户的生产生活，释放新一轮数字技术变革带来的普惠红利，带动牧户共同发展（邱泽奇和乔天宇，2021）。

表6 不同维度数字能力对牧户收入影响的回归结果

变量	牧户收入		牧户收入		牧户收入	
	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误
数字技术接入	2.402***	0.682				
数字信息获取			2.742***	0.776		
数字平台使用					3.794***	1.133
控制变量		已控制		已控制		已控制
常数项	0.616	2.462	4.246*	2.286	6.380***	2.310
R <sup>2</sup>		0.178		0.248		0.246
观测值		804		804		804

注：①\*和\*\*\*分别表示10%和1%的显著性水平。②标准误为聚类到村级层面的稳健标准误。③控制变量同表3。

### （三）数字能力对牧户收入影响的机制分析

为了验证数字能力影响牧户增收的内在机制，本文采用与江艇（2022）相似的方法，进一步通过人力资本积累、生产技术采纳、议价能力提升、信息搜索成本四个机制变量，对数字能力影响牧户收入的影响机制进行检验，结果如表7所示。不难发现，数字能力对人力资本积累的影响在1%的统计水平上显著为正，即数字能力能够通过促进人力资本积累显著提高牧户收入水平。可能的解释是，数字能力是牧户人力资本的重要组成部分，可以促进牧户提升数字技能和素养，从而提高生产和生活水平。数字能力对生产技术采纳的影响在10%的统计水平上显著为正，即数字能力能够通过促进生产技术采纳显著提高牧户收入水平。可能的解释是，生产技术采纳是提升农牧业生产质量的有效途径，数字能力可以帮助牧户采纳生产技术，从而提高农牧业生产的质量和效率，提高收入水平。数字能力对议价能力提升的影响在1%的统计水平上显著为正，即数字能力能够通过增强议价能力显著提高牧户收入水平。可能的解释是，议价能力是农牧产品销售价格的重要决定因素，它可以改善牧户和中间商交易时的弱势地位，重构市场力量，提升牧户销售利润，进而影响牧户收入。数字能力对信息搜索成本的影

响在1%的统计水平上显著为负，即数字能力能够通过降低信息搜索成本显著提高牧户收入水平。可能的解释是，数字能力提升让牧户信息搜索成本降低，方便牧户获取更多关于生产要素市场、产品价格市场的信息，从而优化生产经营决策，提升售价水平。综上所述，假说H3和H4获得了验证。

表 7 数字能力对牧户收入影响机制的回归结果

变量	人力资本积累		生产技术采纳		议价能力提升		信息搜索成本	
	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误
数字能力	0.502***	0.142	0.095*	0.052	0.130***	0.036	-10.126***	0.526
控制变量	已控制		已控制		已控制		已控制	
常数项	8.712***	8.712***	-1.123**	0.447	0.242	0.319	-3.369	4.730
R <sup>2</sup>	0.142		0.150		0.345		0.542	
观测值	804		804		804		804	

注：①\*、\*\*和\*\*\*分别表示 10%、5%和 1%的显著性水平。②标准误为聚类到村级层面的稳健标准误。③控制变量同表 3。

#### (四) 稳健性检验<sup>①</sup>

1.使用广义矩估计和有限信息极大似然法。为了避免异方差和弱工具变量的影响，本文进一步基于广义矩估计和有限信息极大似然法进行了估计，并将结果与 2SLS 方法进行比较。结果表明，无论采用哪种方法，数字能力对牧户收入的促进作用都是显著的，并且估计系数的大小和方向都相似。

2.使用处理效应模型。本文采用处理效应模型消除选择性偏差问题和不可观测因素的影响，从而更准确地估计数字能力对牧户收入的影响，并检验模型结果的稳健性。由于处理效应模型要求所选择的解释变量为二元变量，本文选取户主“是否使用手机”“是否通过数字媒介获取信息”“是否使用数字平台”三个二元变量分别作为数字能力的替代变量进行处理效应模型估计。结果表明，数字能力三个维度的替代变量对牧户收入的影响系数显著为正，说明本文研究结论数字能力促进牧户增收是稳健的。

3.使用熵值法对数字能力重新计算。本文运用熵值法对核心解释变量数字能力进行了重新计算，确保所构建数字能力指标的稳健性和可靠性。为保持研究的一致性，本文采用 OLS、2SLS、广义矩估计和有限信息极大似然法，使用基于熵值法计算的牧户数字能力对牧户收入进行了回归。结果仍表明，数字能力对牧户收入的影响均显著为正，再次验证了本文研究结论的稳健性，即数字能力能够促进牧户增收。

## 五、结论与对策建议

本文利用中国四大牧区，包括青海、甘肃、内蒙古、新疆四个省（区）的微观调查数据，通过实证检验得出如下主要结论：第一，数字能力提升显著提高牧户收入，这一结论经工具变量法、处理效

<sup>①</sup>由于篇幅限制，基于广义矩估计和有限信息极大似然法的回归结果、基于处理效应模型的回归结果、基于熵值法计算的数字能力对牧户收入影响的回归结果未在文中展示。

应模型验证，排除了潜在的内生性和样本自选择的干扰。第二，考虑牧户就业时间配置，数字能力提升对于牧户农牧业收入和非农收入都具有促进作用。然而，牧户过多的农牧业劳动投入会挤占数字能力学习时间和非农就业时间，从而削弱数字能力的增收效果。第三，数字能力对低收入群体的增收作用更为显著，数字能力提升有利于优化收入分配结构，缩小牧户内部的收入差距。第四，数字信息获取和数字平台使用对牧户增收的贡献更大，而数字技术接入的作用较弱。第五，数字能力能够通过提升人力资本积累水平、促进生产技术采纳、增强议价能力、降低信息搜索成本四个途径促进牧户增收。

基于上述结论，本文得出如下对策建议：第一，加快推进数字乡村建设，促进乡村数字化发展，缩小农村地区、边远牧区与城市获取信息资源的差距，让牧户能够共享信息红利，提高生产效率和生活质量，扩大数字能力促进牧户增收的效果。第二，结合数字经济发展，推进牧区经济结构转型，解决牧区过剩劳动力的问题，以数字技术变革促进牧户共同发展，以数字牧业发展赋能牧户高质量就业，提高牧户的就业质量和非农收入水平，促进牧区的社会稳定和经济发展。第三，着重提升低收入群体数字能力，以数字发展红利促进牧户共同发展，利用数字技术提高生产效率和收入水平，缩小数字鸿沟，实现社会公平和包容性发展。第四，积极发挥数字信息和数字平台作用，加快构建牧业数字信息平台，促进牧业要素市场和产品信息的有效传递。政府应借助互联网、物联网、大数据和人工智能等各类数字技术，联合各类牧业经营主体，构建“信息共享、效率提高、成本降低”的市场信息数字共享平台。第五，积极发挥数字能力促进牧业生产技术采纳作用，提升牧户生产技术水平。各类牧业技术推广主体应充分利用各类数字技术手段，将新型牧业生产技术通过数字化的方式进行示范、培训、指导和服务，充分发挥涉农合作组织共享数字平台信息红利的正外部性，促进牧户生产技术采纳。

#### 参考文献

- 1.安同良、杨晨，2020：《互联网重塑中国经济地理格局：微观机制与宏观效应》，《经济研究》第2期，第4-19页。
- 2.程名望、盖庆恩、Jin Yanhong、史清华，2016：《人力资本积累与农户收入增长》，《经济研究》第1期，第168-181页、第192页。
- 3.程名望、张家平，2019：《互联网普及与城乡收入差距：理论与实证》，《中国农村经济》第2期，第19-41页。
- 4.高梦滔、姚洋，2006：《农户收入差距的微观基础：物质资本还是人力资本？》，《经济研究》第12期，第71-80页。
- 5.何可、吴昊、曾杨梅，2023：《“双碳”目标下的智慧农业发展》，《华中农业大学学报》第3期，第10-17页。
- 6.江艇，2022：《因果推断经验研究中的中介效应与调节效应》，《中国工业经济》第5期，第100-120页。
- 7.毛慧、刘树文、彭澎、杨焯月，2023：《数字推广与农户化肥减量——来自陕西省苹果主产区的实证分析》，《中国农村经济》第2期，第66-84页。
- 8.齐秀琳、江求川，2023：《数字经济与农民工就业：促进还是挤出？——来自“宽带中国”政策试点的证据》，《中国农村观察》第1期，第59-77页。
- 9.邱泽奇、乔天宇，2021：《电商技术变革与农户共同发展》，《中国社会科学》第10期，第145-166页、第207页。
- 10.邱泽奇、张树沁、刘世定、许英康，2016：《从数字鸿沟到红利差异——互联网资本的视角》，《中国社会科学》

第10期,第93-115页、第203-204页。

11.生吉萍、莫际仙、于滨铜、王志刚,2021:《区块链技术何以赋能农业协同创新发展:功能特征、增效机理与管理机制》,《中国农村经济》第12期,第22-43页。

12.苏岚岚、彭艳玲,2021:《数字化教育、数字素养与农民数字生活》,《华南农业大学学报(社会科学版)》第3期,第27-40页。

13.苏岚岚、张航宇、彭艳玲,2021:《农民数字素养驱动数字乡村发展的机理研究》,《电子政务》第10期,第42-56页。

14.许竹青、郑风田、陈洁,2013:《“数字鸿沟”还是“信息红利”?信息的有效供给与农民的销售价格——一个微观角度的实证研究》,《经济学(季刊)》第4期,第1513-1536页。

15.杨建芳、龚六堂、张庆华,2006:《人力资本形成及其对经济增长的影响——一个包含教育和健康投入的内生增长模型及其检验》,《管理世界》第5期,第10-18页、第34页、第171页。

16.曾亿武、张增辉、方湖柳、郭红东,2019:《电商农户大数据使用:驱动因素与增收效应》,《中国农村经济》第12期,第29-47页。

17.曾亿武、宋逸香、林夏珍、傅昌鑫,2021:《中国数字乡村建设若干问题刍议》,《中国农村经济》第4期,第21-35页。

18.曾亿武、孙文策、李丽莉、傅昌鑫,2022:《数字鸿沟新坐标:智慧城市建设对城乡收入差距的影响》,《中国农村观察》第3期,第165-184页。

19.周月书、苗哲瑜,2023:《数字普惠金融对农户生产经营投资的影响》,《中国农村观察》第1期,第40-58页。

20.Aker, J. C., 2008, “Does Digital Divide Or Provide? The Impact of Cell Phones On Grain Markets in Niger”, Center for Global Development Working Paper 154, <https://ssrn.com/abstract=1093374>.

21.Aker, J. C., and I. M. Mbiti, 2010, “Mobile Phones and Economic Development in Africa”, *Journal of Economic Perspectives*, 24(3): 207-232.

22.Bawden, D., 2001, “Information and Digital Literacies: A Review of Concepts”, *Journal of Documentation*, 57(2): 218-259.

23.Brandtzæg, P. B., J. Heim, and A. Karahasanovic, 2011, “Understanding the New Digital Divide—A Typology of Internet Users in Europe”, *International Journal of Human-Computer Studies*, 69(3): 123-138.

24.Goldfarb, A., and C. Tucker, 2019, “Digital Economics”, *Journal of Economic Literature*, 57(1): 3-43.

25.He, K., F. L. Li, H. Wang, R. Y. Ming, and J. B. Zhang, 2022, “A Low-carbon Future for China’s Tech Industry”, *Science*, 377(6614): 1498-1499.

26.Hirshleifer, J., 1973, “Where Are We in the Theory of Information?”, *The American Economic Review*, 63(2): 31-39.

27.Hjort, J., and J. Poulsen, 2019, “The Arrival of Fast Internet and Employment in Africa”, *American Economic Review*, 109(3): 1032-1079.

28.Hsieh, J. P., A. Rai, and M. Keil, 2008, “Understanding Digital Inequality: Comparing Continued Use Behavioral Models of the Socio-Economically Advantaged and Disadvantaged”, *Mis Quarterly*, 32(1): 97-126.

29.Jensen, R. T., 2010, “Information, Efficiency, and Welfare in Agricultural Markets”, *Agricultural Economics*, Vol. 41: 203-216.

30. Lucas Jr, R. E., 1988, "On the Mechanics of Economic Development", *Journal of Monetary Economics*, 22(1): 3-42.
31. Pierre, C., and S. Julie, 2015, "Farmer Bargaining Power and Market Information Services", *American Journal of Agricultural Economics*, 97(3): 953-977.
32. Romer, P. M., 1986, "Increasing Returns and Long-Run Growth", *Journal of Political Economy*, 94(5): 1002-1037.
33. Scheerder, A., A. van Deursen, and J. van Dijk, 2017, "Determinants of Internet Skills, Uses and Outcomes. A Systematic Review of the Second-and Third-Level Digital Divide", *Telematics and Informatics*, 34(8): 1607-1624.
34. Seo, H., J. Erba, D. Altschwager, and M. Geana, 2019, "Evidence-Based Digital Literacy Class for Older, Low-Income African-American Adults", *Journal of Applied Communication Research*, 47(2): 130-152.
35. van Dijk, J. A., 2012, "The Evolution of the Digital Divide-the Digital Divide Turns to Inequality of Skills and Usage", in J. Bus, M. Crompton, M. Hildebrandt, and G. Metakides (eds.) *Digital Enlightenment Yearbook 2012*, Amsterdam, BG: IOS Press, 57-75.
36. Zurkowski, P. G., 1974, *The Information Service Environment Relationships and Priorities*, Washington, D.C.: National Commission on Libraries and Information Science, National Program for Library and Information Services, 1-7.

(作者单位: <sup>1</sup>中国人民大学农业与农村发展学院;

<sup>2</sup>华南农业大学经济管理学院;

<sup>3</sup>兰州大学草地农业科技学院)

(责任编辑: 何 可)

## Do Digital Capabilities Enhance Herdsmen's Income? Empirical Evidence from Typical Pastoral Areas

LU Jingming QIU Huanguang SU Liufang LIU Min

**Abstract:** Digital capabilities are important literacy and skills for herdsmen to obtain and utilize information resources, which play an important role in promoting the digital transformation of livestock production and increasing the herdsmen's income. This paper constructs an economic analysis framework encompassing the production, sales, and non-agricultural employment of herdsmen, discusses the mechanisms of digital capabilities to promote herdsmen's income growth, and takes an empirical examination based on the micro-survey data of typical pastoral regions. The results are as follows: First, digital capabilities have a significant and positive impact on the income growth of herdsmen, and with a greater promotion effects on lower-income herdsmen; Second, digital capabilities increase not only the agricultural but also non-agricultural income of herdsmen. Third, dimensions of digital capabilities, including digital technology access, digital information acquisition, and digital platform usage, all significantly contribute to income growth. Fourth, digital capabilities increase the income of herdsmen by four mechanisms such as enhancing the level of human capital accumulation, promoting production technology adoption, improving bargaining power, and reducing information search costs.

**Keywords:** Digital Capabilities; Herdsmen's Income; Pastoral Areas; Income Growth Mechanisms