

分类号 \_\_\_\_\_  
UDC \_\_\_\_\_

密级 \_\_\_\_\_  
编号 10741

兰州财经大学

LANZHOU UNIVERSITY OF FINANCE AND ECONOMICS

硕士学位论文

论文题目 甘肃省数字农业发展水平的区域差异  
及影响因素研究

研究生姓名: 李婷婷

指导教师姓名、职称: 牛胜强、教授

学科、专业名称: 统计学、应用统计硕士

研究方向: 社会经济统计分析

提交日期: 2024年6月3日

## 独创性声明

本人声明所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

学位论文作者签名： 李婷婷 签字日期： 2024年6月3日

导师签名： 李胜强 签字日期： 2024年6月3日

导师(校外)签名： \_\_\_\_\_ 签字日期： \_\_\_\_\_

## 关于论文使用授权的说明

本人完全了解学校关于保留、使用学位论文的各项规定， 同意  
(选择“同意”/“不同意”)以下事项：

1.学校有权保留本论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文；

2.学校有权将本人的学位论文提交至清华大学“中国学术期刊(光盘版)电子杂志社”用于出版和编入CNKI《中国知识资源总库》或其他同类数据库，传播本学位论文的全部或部分内容。

学位论文作者签名： 李婷婷 签字日期： 2024年6月3日

导师签名： 李胜强 签字日期： 2024年6月3日

导师(校外)签名： \_\_\_\_\_ 签字日期： \_\_\_\_\_

# Research on Regional Differences and Influencing Factors of Digital Agriculture Development Level in Gansu Province

**Candidate: Tingting Li**

**Supervisor: Shengqiang Niu**

## 摘要

2022年我国数字经济规模达50.2万亿元,占GDP的比重为41.5%,充分显示数字经济已成为我国经济增长的新引擎。其中,数字产业化规模与产业数字化规模分别为18.3%和81.7%,表明数字技术正深度融合到各行各业,推动传统产业数字化、智能化升级。然而,尽管我国数字经济发展势头强劲,但在农业领域,数字化水平仍然相对较低,是数字经济发展的短板。为此,党中央和国务院积极行动,通过实施大数据战略、数字乡村战略以及推进“互联网+”现代农业等举措,大力推动农业农村数字化转型。特别是2023年中央一号文件,明确提出要加快农业农村大数据应用,推进智慧农业发展,这进一步体现了国家对农业数字化转型的坚定决心。因此,抓住数字经济发展的有利时机,加快农业产业数字化转型,对于促进农业农村可持续发展至关重要。

基于此,本文首先在整合国内外有关数字农业研究成果的基础上,梳理数字农业相关理论,归纳总结国内外发达地区数字农业发展经验;其次,从发展环境、基础设施等六个维度构建指标体系,利用熵值法测度2013-2021年甘肃省14个市州的数字农业发展水平,分析其时空分布特征;之后通过计算Dagum基尼系数量化数字农业发展水平的区域差异,理清区域分化根源;最后构建面板回归模型,识别制约甘肃省数字农业发展的关键因素,并提出针对性的政策建议。经过分析得出以下结论:

(1)甘肃省各市州数字农业发展水平在不断提升,存在高-高集聚与低-低集聚现象,且河西地区数字农业发展水平处于全省领先地位;(2)数字农业发展水平区域总体差异呈波动中下降趋势;从区域内部差异来看,陇中地区区域内部差异略有扩大,其他三个地区区域内差异均减小;陇中-南部民族地区区域间差异有所增加且区域间差异是导致甘肃省数字农业发展不均衡的主要原因。(3)面板分位数回归的实证结果表明在数字农业发展的初期,农村集体经济发展水平与金融发展水平的提升会促进数字农业发展;中期,农村集体经济发展水平、乡村从业人员素质水平、金融发展水平等均起推动作用;后期,乡村从业人员素质水平、金融发展水平等是主要推动力。(4)从区域异质性来看,不同区域中各个影响因素对数字农业发展水平的影响各不相同。

基于以上结论,从发展新型农村集体经济、发挥辐射带动、强化人才队伍建设

设、完善数字农业服务体系等方面提出了相应的政策建议。

**关键词：**数字农业 综合测度 发展水平 区域差异 影响因素

## Abstract

The scale of Chinese digital economy reached 50.2 trillion yuan in 2022, accounting for 41.5% of GDP, fully demonstrating that the digital economy has become a new engine of economic growth in China. Among them, the scale of digital industrialization and industrial digitization account for 18.3% and 81.7% respectively, indicating that digital technology is deeply integrating into various industries, promoting the digitalization and intelligent upgrading of traditional industries. However, despite the strong development momentum of Chinese digital economy, the level of digitalization in the agricultural sector is still relatively low, which is a shortcoming in the development of the digital economy. To this end, the CPC Central Committee and the State Council have taken active action to vigorously promote the digital transformation of agriculture and rural areas through the implementation of big data strategy, digital village strategy and the promotion of "Internet plus" modern agriculture and other measures. In particular, the No. 1 central document of the Central Committee in 2023 clearly proposed to accelerate the application of agricultural and rural big data and promote the development of smart agriculture, which further reflects the country's firm commitment to the digital transformation of agriculture. Therefore, seizing the favorable opportunity for the development of the digital economy and accelerating the digital transformation of the agricultural industry is crucial for promoting sustainable development of agriculture and rural areas.

Based on this, this article first integrates the research results of digital agriculture at home and abroad, sorts out the relevant theories of digital agriculture, and summarizes the development experience of digital agriculture in developed regions at home and abroad; Secondly, an indicator system is constructed from six dimensions including

development environment and infrastructure, and the entropy method is used to measure the development level of digital agriculture in 14 cities and prefectures in Gansu Province from 2013 to 2021, analyzing their spatiotemporal evolution patterns; Afterwards, by calculating the Dagum Gini coefficient, the regional differences in the development level of digital agriculture were clarified, and the root causes of regional differentiation were clarified; Finally, a panel regression model is constructed to identify the key factors that constrain the development of digital agriculture in Gansu Province, and targeted policy recommendations are proposed. The main conclusions are as follows:

(1) The development level of digital agriculture in various cities and prefectures in Gansu Province is constantly improving, with high high and low agglomeration phenomena, and the development level of digital agriculture in Hexi region is at the forefront of the province; (2) The overall regional differences in digital agriculture show a fluctuating downward trend; From the perspective of regional differences, the differences within the Longzhong region have slightly expanded, while the differences within the other three regions have decreased; The regional differences between the ethnic regions in central and southern Gansu have increased, and these differences are the main reason for the uneven development of digital agriculture in Gansu Province. (3) The empirical results of panel quantile regression indicate that in the early stages of digital agriculture development, the development of rural collective economy and finance will significantly promote the development of digital agriculture; In the mid-term, rural collective economy, human capital, and financial development all play a driving role; In the later stage, human capital and financial development are the main driving forces. (4) From the perspective of regional heterogeneity,

the impact of various influencing factors on digital agriculture varies in different regions.

Based on the above conclusions, corresponding policy recommendations have been put forward from the aspects of developing new rural collective economy, leveraging radiation to drive, strengthening talent team construction, and improving the digital agriculture services system.

**Keywords:**Digital agriculture; Comprehensive measurement; Development level; Regional differences; influence factor



# 目 录

<b>1 绪论</b> .....	1
1.1 研究背景与研究意义.....	1
1.1.1 研究背景.....	1
1.1.2 研究意义.....	2
1.2 文献综述.....	2
1.2.1 关于数字农业内涵研究.....	2
1.2.2 关于数字农业发展路径研究.....	3
1.2.3 关于数字农业发展水平测度研究.....	5
1.2.4 关于数字农业发展水平的影响因素研究.....	6
1.2.5 文献述评.....	9
1.3 研究内容与研究框架.....	9
1.4 研究方法.....	11
1.5 主要创新点与不足.....	11
1.5.1 主要创新点.....	11
1.5.2 研究的不足.....	12
<b>2 理论基础及先进经验概述</b> .....	13
2.1 数字农业概念界定.....	13
2.2 理论基础.....	13
2.2.1 创新理论.....	14
2.2.2 产业融合理论.....	14
2.3 先进经验概述.....	14
2.3.1 国外先进经验概述.....	14
2.3.2 国内先进经验概述.....	17
<b>3 甘肃省数字农业发展水平测度分析</b> .....	20
3.1 研究区域概况.....	20
3.2 数字农业发展水平测度指标体系构建.....	21

3.3 数据来源与测度方法.....	23
3.3.1 数据来源.....	23
3.3.2 测度方法.....	23
3.4 指标权重确定.....	25
3.5 甘肃省各市州数字农业发展水平测度及分析.....	26
3.5.1 数字农业发展水平测算.....	26
3.5.2 数字农业发展水平的时空分布特征分析.....	27
<b>4 甘肃省数字农业发展水平的区域差异测算分析.....</b>	<b>35</b>
4.1Dagum 基尼系数及其分解.....	35
4.2Dagum 基尼系数测算及其分解结果.....	36
4.2.1 甘肃省数字农业发展水平的区域总体差异.....	37
4.2.2 甘肃省数字农业发展水平的区域内差异.....	38
4.2.3 甘肃省数字农业发展水平的区域间差异.....	39
4.2.4 甘肃省数字农业发展水平的区域差异来源及其贡献率.....	40
<b>5 甘肃省数字农业发展水平的影响因素分析.....</b>	<b>42</b>
5.1 模型选择及设定.....	42
5.2 变量选取.....	43
5.3 实证检验及结果分析.....	44
5.3.1 多重共线性检验.....	44
5.3.2 基准回归分析.....	45
5.3.3 稳健性检验.....	46
5.4 面板分位数回归分析.....	47
5.5 区域异质性分析.....	48
<b>6 主要结论及政策建议.....</b>	<b>51</b>
6.1 主要研究结论.....	51
6.2 政策建议.....	52
6.2.1 发展新型农村集体经济.....	52
6.2.2 发挥辐射带动作用.....	53

6.2.3 强化数字农业人才队伍建设.....	54
6.2.4 完善数字农业服务体系.....	54
<b>参考文献</b> .....	<b>56</b>
<b>致谢</b> .....	<b>63</b>

# 1 绪论

## 1.1 研究背景与研究意义

### 1.1.1 研究背景

纵观全球，农业既是保障人类基本生活的基石，也是推动社会发展的核心力量，更是国家政治安全的生命线。为构建农业新优势并占据农业领域的领先地位，西方发达国家迅速将数字农业视为新一轮产业革命的战略核心和优先发展领域，充分利用现代信息技术和智能化装备，成功打造了一整套完善的数字农业产业体系，不仅实现了农业的高质高效发展，还推动了农业现代化的进程，实现了双赢。

强国必先强农，农强方能国强。我国作为农业大国，中央政府高度重视数字农业发展，习近平总书记在党的二十大报告中明确提出要坚持推动高质量发展为主题加快建设数字中国，全面推进乡村振兴。为了指导数字农业的发展，我国发布了包括 2018 年中央一号文件、《数字乡村发展战略纲要》、《全国农业现代化规划(2016-2020 年)》、《数字农业农村发展规划(2019 年-2025 年)》、《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》等一系列文件，明确了数字农业的重要性的发展方向，更体现了我国政府对数字农业发展的坚定决心与积极行动。

甘肃作为我国西部经济欠发达省份，农业发展面临着技术水平落后、农业增产不增收等诸多问题，依靠传统农业难以有效解决，有必要抓住有利时机，以发展数字农业为突破口，推动甘肃省农业现代化进程。根据《甘肃省“十四五”推进农业农村现代化规划》可知，到 2025 年甘肃省农业科技进步贡献率计划达到 60%，同时，该规划指出要充分集成设施化、机械化、智能化、数字化等现代技术手段和技术装备，强化农业科技支撑，提高农业科技创新能力，提升现代农业发展水平。自 2018 年我国首次提出数字乡村战略以来，甘肃省农业产业总值实现大幅增长，2018 年甘肃省农业总产值为 1166.1 亿元，农业增加值为 923.1 亿元；2022 年甘肃省农业总产值为 1806.4 亿元，农业增加值为 1515.3 亿元，较 2018 年同比增长 64.2%，农业发展势头良好，应借助数字农业的强大动力，加速推进

农业转型升级。因此，本文通过构建甘肃省数字农业发展水平评价指标体系，对甘肃省 14 个市州数字农业发展水平的时空分布特征、区域差异大小、影响因素进行分析，从而探索甘肃省数字农业发展路径，对于甘肃省农业可持续发展具有重要意义。

### 1.1.2 研究意义

#### (1) 理论意义

第一，有利于丰富数字农业领域的研究内容。查阅并研读已有文献后发现，目前学界关于数字农业发展的理论阐述较多，实证分析较少，并且大多数文献都是基于我国省域视角，对于甘肃省数字农业实证研究数量较少。本文对甘肃省 14 个市州的数字农业发展进行研究分析，一定程度上有助于较为全面地认清甘肃省数字农业发展的基本情况，为甘肃省数字农业发展提供新的政策支持，丰富区域发展理论。

第二，文章采用理论与实证相结合的论证方法对甘肃省 14 个市州数字农业发展水平进行综合评价和分析，一定程度上丰富了甘肃省数字农业发展的实证研究。

#### (2) 现实意义

第一，从多层面面对甘肃省数字农业发展水平开展定量分析和定性分析，全面把握甘肃省 14 个市州数字农业发展水平，为政府、学术界及相关部门正确认识甘肃省数字农业发展水平提供理论依据。

第二，通过甘肃省数字农业发展水平的影响因素研究，找出甘肃省数字农业发展的阻滞因素，为各级政府部门及时、准确地实施政策调控提供操作依据。

第三，为其他欠发达地区数字农业发展方向提供一定的借鉴。

## 1.2 文献综述

### 1.2.1 关于数字农业内涵研究

数字农业这一概念最初诞生于 20 世纪 70 年代左右，当时欧美国家在农业生产中大规模应用计算机技术，从而催生了这一新兴概念。随着计算机网络的发展，

1997年，美国科学院、工程院两院士正式提出数字农业是在地学空间和信息技术支撑下的集约化和信息化的农业技术。

我国数字农业发展起步较晚，国内学者在21世纪初期开始涉足数字农业的相关研究，其内涵随着社会不断发展不断深化与扩展。大多数学者普遍认为，数字农业的核心在于以数据为基石，推动农业的可视化与智能化发展。数字农业以数据为要素，运用现代信息技术实现农业的可视化、数字化与信息化管理，旨在优化资源配置、降低成本、改善环境（杨印生等，2021；隗玮，2003；卢钰和赵庚星，2003；陈江和熊礼贵，2022）。唐世浩（2002）指出，数字农业作为精细农业的基石，致力于实现节地、节水、节肥、节粮的目标，它运用数字化技术，力求达到高投入产出比，从而成为推动农业现代化发展的关键要素。

在核心应用方面，数字农业涵盖了多个领域。数字农业是农业过程各种因素的数字化和各种过程的数字化（高亮之，2003；田娜等，2019；周国民，2004）。Adilova A G（2019）数字技术在农业中的应用不仅是生产流程的基础支撑，更体现在生产过程中对人工智能技术的直接运用，如构建和推动农业系统的创新与发展。杨宇姝等（2007）提出数字农业应涵盖数据仓库、监测系统、决策系统、信息发布与咨询，以及数字化农机等多个方面。

也有学者探讨了数字农业的技术支撑。数字农业是现代农业与信息技术、网络技术和智能化的紧密结合，能够实时、自动追踪农产品状况，并进行精准监控（曹宏鑫等，2012；葛佳琨和刘淑霞，2017）。未来农民将能借助电子设备精准确定播种的最佳时机（Walter A，2016）。Eastwood C等（2019）认为数字农业运用传感器、无人机和卫星等技术收集农业数据，通过解析过去和预测未来，为农业生产提供及时准确的决策支持。未来农业要提升效率与可持续性，核心在于有效利用多元农业与环境数据。新兴技术正是实现数据综合收集与高效应用的最佳工具（Gebresenbet G等，2023）。

## 1.2.2 关于数字农业发展路径研究

### （1）加强基础设施建设

数字农业的发展要加强网络基础设施建设，充分发挥互联网的优势，推进农村电商发展（殷浩栋，2020；齐文浩和张越杰，2021）。朱思柱和张萌等（2021）

认为区块链技术是数字农业的重要表现,为推动农业农村现代化,区块链政策应聚焦于技术创新、应用场景拓展及沟通协调机制的系统集成,完善规范发展格局。破除农业农村数字化阻碍,就要优化数字乡村环境,拓展新业态,全面推进乡村产业、生态、文化、治理、服务数字化转型(邹辉,2021;秦秋霞等,2021)。Sulimin V V 等(2020)回顾了农业数字化的国家计划“2018-2024 年数字经济”,对农业信息技术进行了文献整理,并介绍了基于神经网络的数字技术在植物发育智能分析中的应用,最后基于无线数字技术,提出了俄罗斯数字农业的新概念。作者指出,为了提高数字系统的能源效率,应继续致力于开发无线传感器网络。陈江和熊礼贵(2022)从国家、市、县、园区的角度指出发展数字农业要建设统一数据系统,完善数字农业基础支撑。

### (2) 注重人才培养

数字农业发展的关键是要针对其特征与趋势,构建适宜的复合型人才培养方案,打造复合跨界人才(夏玉林和唐剑,2023;梁琳,2022)。Sinitsa Yulia 等(2021)提出农业从业人员的资源潜力在农业数字化中发挥着重要作用,要特别注意科学发展,深入研究现代高精度农业技术。Smidt H J&Jokonya O(2022)认为南非小规模农户实施数字农业要平等地分配权力和经济价值;保留小规模农户的身份及其可持续做法;建立有效的沟通,加强研究、开发和创新,以有效应对信息不对称。金建东和徐旭初(2022)指出要在推进土地规模经营的基础上,尊重小农户的主体地位,增强小农户数字农业参与能力,拓展其发展空间。张太宇和王燕红(2021)等建议充分发挥财政带动作用,加强财政对人才队伍建设的投入。张默和孙科(2021)等认为农业高质量发展必须要注重农村经济发展与农村人力资源。吕普生(2020)提出要提升农民信息素养,增强农民信息支付能力。

### (3) 充分发挥示范带动效应

赵亮(2023)强调制度供给、发展水平、数据平台、财政支持和人力资源是数字农业发展的五大关键要素,认为数字农业发展应加快现代化示范园区构建,优化公共信息服务体系,实现财政与社会资本的有效结合,并充分利用高端人才资源优势。刘海启(2017)主张持续深化数字经济和数字农业知识的宣传力度,并加大示范推广的强度,以促进相关知识的广泛普及和有效应用。周清波等(2018)认为数字农业是 21 世纪农业发展的必然趋势,必须要加强数字农业技术应用示

范。刘博文（2011）提出河南省可以借助数字农业试点的方式，以点带面，加速其大规模发展和应用。

#### （4）完善管理制度

刘学侠和陈传龙（2022）从供给-需求视角提出了数字技术推动农业产业结构转型升级实现路径，认为关键要建立多元投资体系、构建数字农业技术创新应用转化体系、加强涉农产业制度政策保障体系。Dara Rozita 等（2022）指出人工智能应用是数字农业不可或缺的新兴组成部分，在给农业提供好处的同时人工智能系统可能会引发伦理问题和风险，应该对智能系统设计和配置进行评估和积极管理。王小君（2005）认为西部民族地区发展数字农业就要强化法规与制度建设，提升管理水平。姜长云（2022）指出数字经济与农业的融合发展要强化政策支持与风险防范，完善利益联结机制。

### 1.2.3 关于数字农业发展水平测度研究

数字农业综合评价应涉及发展环境、信息基础、人才资源、技术支持、绿色发展、产业效益等六个方面（张鸿等，2021；董晓芳和徐金良，2022）。黄修杰等（2020）基于产品质量、产业效益、生产效率、经营者素质、国际竞争力、农民收入、绿色发展等7个维度进行测度分析。肖艳等（2022）从数字生产、产业多元融合、信息化发展等五个方面衡量数字农业发展水平。赵爽和赵丹丹（2022）基于投入-产出视角，从数字化投入、数字化发展环境、数字化产出三个维度构建指标评价体系测度河北省数字农业发展水平。廖泰来和张秋红（2022）在借鉴《数字农业农村发展规划（2019-2025）》的基础上，选择产业数字化、数字基础等维度展开数字农业发展水平的测度分析。

数字农业表现为农业的数字化与信息化，因此在测度数字农业发展水平时对农业数字化、农业信息化以及智慧农业等方面的内容也进行了梳理。农业数字化方面，张彦军和李道亮（2021）从种植业、畜牧业、渔业三方面综合考虑农业生产数字化率，运用多层次模糊综合评价法确定指标权重，研究显示农业生产数字化率能够较好反映我国农业生产领域数字化发展水平。农村网络支付水平对于评估农业数字化发展至关重要，而数字普惠金融指数则是衡量这一水平的关键指标（苏锦旗等，2023）。对于农业信息化的研究，沈剑波和王应宽（2019）主张农



业信息化发展水平的衡量应综合考虑信息化资源与应用、基础设施、信息化产业、人力资源以及政策等方面。张显萍和吴自爱（2015）从外部环境、内部环境以及运行效果这三个维度构建农业信息化绩效评价指标体系，以全面、系统地衡量农业信息化水平。智慧农业的评价方面，张滨丽和卞兴超（2019）针对黑龙江省智慧农业综合效益，从经济、社会和生态三个层面构建指标体系，研究发现农业源化学需氧量排放量、农业节水灌溉面积、农村人均纯收入、农业源氨氮排放量、化肥的施用量和第一产业用电量能够最为直观地反映智慧农业的综合效益。耿鹏鹏和杜文忠（2020）倾向于从互联网发展、科技创新、电商物流发展、人才培养、智慧农业发展环境等各方面全面衡量智慧农业发展水平。

#### 1.2.4 关于数字农业发展水平的影响因素研究

##### （1）经济发展水平

谭曼舒（2023）通过对 2015-2021 年我国 31 个省的数字农业竞争力测度分析，指出经济发展水平、集体经济水平、智能监测水平、科学技术水平、商业创新水平均会对我国数字农业竞争力产生显著影响。何闪闪和王思秀（2023）对 2013-2020 年我国 31 个省的数字农业发展水平进行测算，并建立计量回归模型进行实证分析，结果表明财政投入、农业机械化水平、农村居民人均可支配收入和第一产业增加值指数等指标对数字农业发展水平有一定的连锁影响效应。

##### （2）金融发展水平

Miao R& Khanna M（2017）认为新技术通常涉及前期成本和投资融资能力，因此可用性信贷对于新技术采用至关重要。杨秀芝（2019）中小银行需做好数字型农业经营主体和小农户的金融服务，并以数字农业为契机扩展乡村金融市场。黄卓和王萍萍（2022）指出传统金融在解决数字农业融资问题上存在局限性，而数字农业的发展则更需要数字普惠金融的推动和支持。农业数字金融服务应作为我国数字农业发展的核心应用方向，借此解决农业融资难、融资贵问题（孙豹和田儒雅 2021）。陈明衡（2022）认为数字农业通过提供丰富的大数据资源，为数字普惠金融在三农领域的业务拓展提供了有力支持。同时，数字普惠金融通过精准的服务，满足了数字农业在资金、技术和管理等多方面的需求。此外，数字普惠金融还促进了农业大数据价值的挖掘与增值，为农业产业链的优化升级提供了

有力保障。因此，数字农业与数字普惠金融的深度融合，不仅有助于双方各自的发展，更能实现互利共赢。张合林和王颜颜（2021）借助我国 2011-2018 年的省级面板数据进行实证分析，研究证实数字普惠金融的发展不仅能够有效提升农业高质量发展水平，还有助于促进农业高质量发展的区域均衡性。

### （3）农村集体经济发展水平

万宝瑞（2017）认为新形势下发展集体经济，提高农村组织化程度，推动互联网技术与农业的深度融合是我国农业发展的方向。李开宇等（2023）指出当前我国农业发展存在农业生产规模小，农村集体经济弱化且发展滞后等问题。要推动中国现代农业的发展，关键在于将农民有效组织起来，并不断完善农业社会化服务体系，这将是推动农业现代化转型的关键路径（孔祥智和穆娜娜，2018）。郭庆海（2018）指出小农户纳入现代农业轨道的核心在于构造具有整合功能的服务组织平台，激发集体经济的创造活力。牛胜强（2023）指出农村集体经济与农业数字化转型的协同推进，将为脱贫地区构建全方位、多层次的现代农业生产经营体系提供有力的科技支撑和动力源泉。促进小农户与现代农业有机衔接要把农民合作社作为小农组织化的核心载体，推进以村级集体为单位的农业组织化进程（徐旭初和吴彬，2018；潘璐，2021；陈航英，2019）。

### （4）创新发展水平

周恩宇（2024）通过对我国 2015-2021 年 31 个省的面板数据进行实证分析，结果显示技术研发创新水平、地区经济发展水平等是影响数字农业发展的主要因素。数字农业关键技术是引领农业产业向数字化转型的重要引擎，肩负着推动我国数字农业战略实现的重任（宋常迎等，2022）。彭傲天等（2023）认为在推动中国农业数字化转型的过程中，应当着重强化技术创新的重要地位，并积极吸纳数字科技企业等新型农业参与者的加入，共同促进农业数字化的发展。徐君等（2023）运用 2010-2021 年我国 30 个省份的面板数据进行实证分析，结果表明数字创新问题是制约农业实现高质量发展的关键因素。向红玲（2024）指出我国数字农业高质量发展的关键在于稳固构建农业数据库、鼓励农业技术的自主创新与集成以及重视数字农业人才的培养。张耀一（2022）通过归纳总结发达国家数字农业高质量发展的经验，指出为了推动中国数字农业向更高质量发展，我们需要强化技术创新，全方位培育数字农业生态。

### （5）从业人员素质水平

邓汉慧和邓璇（2007）通过对美国、日本、西欧农业现代化的经验总结，认为我国农业现代化的成功推进离不开广大具备高素质和先进科技知识的农业工作者的积极参与和贡献，他们的力量是实现农业现代化不可或缺的重要支撑。政府应重视数字农业人才队伍的培育工作，致力于打造一支具备高度信息化技术能力、卓越文化素质和出色实践能力的数字农业人才队伍，以引领和推动农业数字化转型的深入发展（张鸿等，2021）。Khanna 等（2022）认为可能影响新技术采用的主要农民特征包括人力资本或教育水平、所有权、年龄、财富、农场规模以及对环境管理的态度等，拥有专业技能，受过良好教育的农民可能更容易接纳农业数字化转型。政府应该联合高等院校、科研院所和企业，制定农业物联网人才培养计划，加速培养专业技术人才，以确保农业物联网领域的持续发展具备充足的人力资源支持（彭程，2012；王海宏等，2016）。根据第三次全国农业普查数据，西部地区农业生产经营人员总数达到 10734 万人。然而，其中高中或中专学历的人员仅占 5.4%，而具备大专及以上学历的人员更是稀少，仅占 1.2%<sup>1</sup>，这一数据清晰地揭示了农业人才短缺是制约西部地区农业发展的主要障碍。

### （6）对外开放程度

农业对外开放对于吸引外资、引进尖端技术和管理经验，以及推动国内产业优化升级和农业现代化进程，均起到了积极的推动作用（倪洪兴和刘武兵，2011）。王德振（2002）基于“一带一路”背景，深入探讨了西北五省营商环境、农业对外开放与农业经济增长及高质量发展的时空关联性。结果显示，农业对外开放对农业的高质量发展具有显著的推动作用。徐明峰（2012）指出中国农业由于生产方式进步缓慢、现代物流供应链等基础设施建设相对滞后，以及生产要素如原材料和人工成本的不断上升，导致在国际农业技术和农产品竞争中逐渐失去其原有的区位和价格优势。因此，对外开放程度对数字农业发展具有重要影响，其可以通过技术引进与创新、市场需求与国际贸易、资金与投资以及人才交流与培训等方面的合作与交流，促进数字农业的快速发展，提高农业生产的效率和质量，推动农业现代化的进程。

<sup>1</sup> 中华人民共和国中央人民政府：第三次全国农业普查主要数据公报(第五号)，[https://www.gov.cn/xinwen/2017-12/16/content\\_5247683.htm](https://www.gov.cn/xinwen/2017-12/16/content_5247683.htm)，2017年12月16日

### 1.2.5 文献述评

从上述文献中可以看出,数字农业在学术界备受关注,但是目前有关数字农业的研究仍有许多不足:(1)目前对于数字经济相关的理论研究较为充分,产业数字化方面的理论正在逐步完善,但是关于数字农业发展的研究相对较少,既缺乏系统的理论指导,也未能构建出完整统一的数字农业发展水平测度指标体系。

(2)研究内容方面,大多数学者都只是建立指标评价体系对数字农业发展水平进行测度,对于其影响因素的实证研究较少。(3)在研究对象的选择上,多数研究聚焦于全国范围或农业发达省份,相比之下,对甘肃等农业欠发达地区的实证研究显得较为匮乏。

通过文献梳理发现关于农业欠发达地区数字农业发展的研究相对匮乏,但这些地区由于农业资源有限,农业生产往往更多地依赖自然条件,因此更需要借助数字农业的力量推动农业转型发展。鉴于此,本文在现有研究基础上,将研究对象聚焦于以甘肃为代表的农业欠发达地区,选取甘肃 14 个市州的数据,全面研究甘肃省各市州数字农业发展水平,剖析其区域差异特征,在此基础上进行影响因素的实证研究,识别制约甘肃省数字农业发展的关键因素,并提出针对性的政策建议,旨在推动甘肃省数字农业发展。这不仅对甘肃省加快实现农业农村现代化进程具有重要意义,也为其他欠发达地区的农业发展与转型提供了有益参考。

## 1.3 研究内容与研究框架

本文以甘肃省 14 个市州为研究对象,通过构建指标评价体系对甘肃省各市州数字农业发展水平进行精确评价;并运用 Dagum 基尼系数测算甘肃省数字农业发展水平区域差异的大小,理清区域分化的根源;此外建立面板数据回归模型,进行甘肃省数字农业发展水平的影响因素的实证分析,在此基础上对甘肃省发展数字农业提出对策建议。本文分为六章,具体如下:

第一章,绪论。主要介绍甘肃省数字农业发展的研究背景,指出研究目的及意义,梳理相关文献并进行评述,明确研究思路和研究方法。

第二章,理论基础及先进经验概述。通过梳理文献明确数字农业内涵,梳理数字农业相关理论并对国内外发达地区数字农业发展经验进行概述。

第三章, 甘肃省数字农业发展水平测度分析。首先综合参考其他学者的做法, 构建相应的指标体系, 通过熵值法对数据进行无量纲化处理和赋权, 形成综合指标, 测度甘肃省各市州的数字农业发展水平; 然后分析甘肃省 14 个市州数字农业发展水平的时空分布特征。

第四章, 甘肃省数字农业发展水平的区域差异测算分析。运用 Dagum 基尼系数测算甘肃省数字农业发展水平区域差异的大小, 理清区域分化的根源所在。

第五章, 甘肃省数字农业发展水平的影响因素分析。使用 Stata 软件, 构建面板固定效应回归模型和面板分位数回归模型, 利用甘肃省 14 个市州 2013-2021 年相关数据进行实证研究, 考察各个影响因素对数字农业发展水平的影响方向及影响程度。

第六章, 结论及政策建议。此部分依据前面章节的研究, 有针对性地提出甘肃省发展数字农业的对策建议。

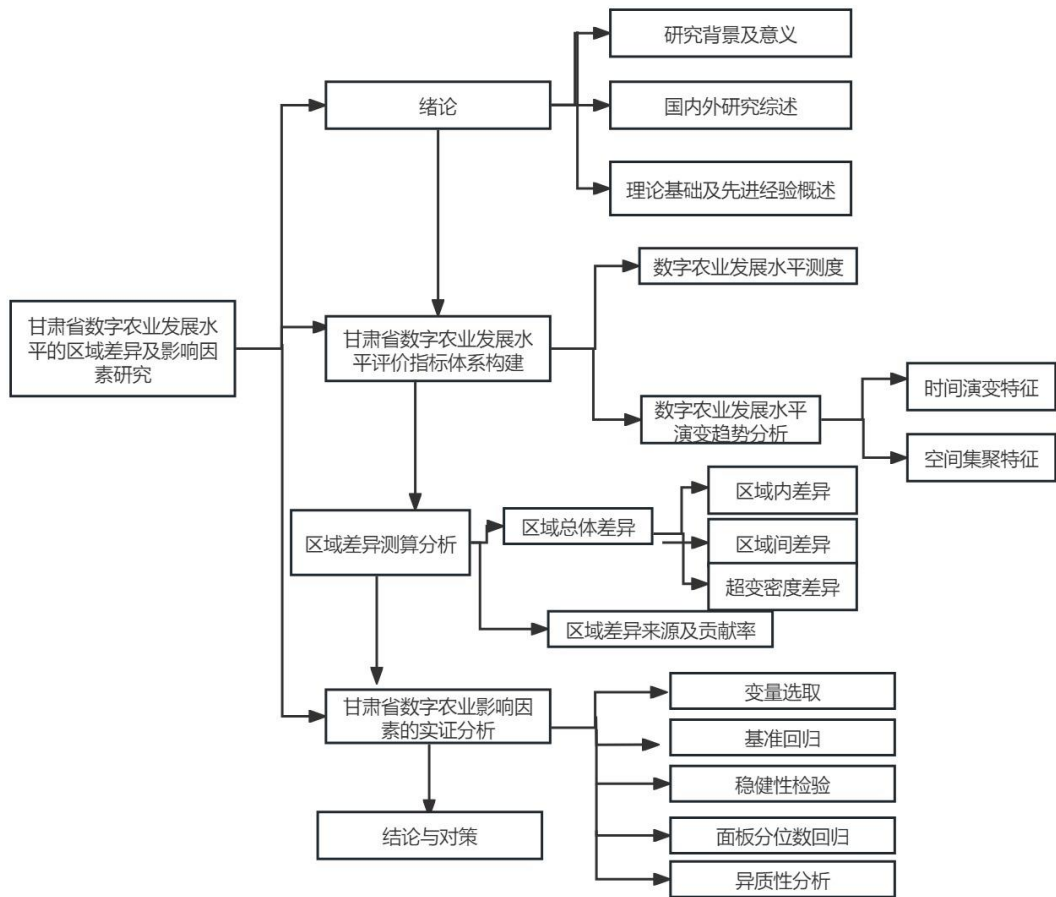


图 1.1 技术路线图

## 1.4 研究方法

### (1) 文献分析法

查阅、梳理数字农业发展水平测度方法及指标评价体系为本文衡量数字农业发展水平提供思路，同时整理数字农业发展水平影响因素的相关文献，为本文的实证研究提供理论支撑。

### (2) 熵值法

本文采用熵值法测度数字农业发展水平。熵值法是一种客观赋权法，利用信息量的大小来确定指标权重，数据越分散，熵值越小，则包含的信息量越多，权重越大。

### (3) 探索性空间数据分析法

采用探索性空间数据分析方法，深入研究不同空间尺度下区域数字农业的发展程度及空间关联性，分析甘肃省数字农业发展水平的时空分布特征。

### (4) Dagum 基尼系数

Dagum 基尼系数将样本间的整体差异分解为组内差异、组间差异以及组间超变密度，该模型不仅能够揭示子样本的分布特征，还能有效剖析地区间差距产生的根源，为解决区域发展不平衡问题提供有力支持。

### (5) 面板分位数回归

在数字农业发展水平影响因素的实证研究中采用面板分位数回归模型进行分析，面板分位数回归融合了分位数回归与面板数据的优点，精确描绘了解释变量对被解释变量的变化范围和条件分布特征，提高了模型估计的准确性和稳健性。

## 1.5 主要创新点与不足

### 1.5.1 主要创新点

第一，对数字农业的研究多集中在数字农业发展水平测度方面，缺乏对区域差异的分析及影响因素的研究。因此，本文在测度甘肃省 14 个市州数字农业发展水平的基础上，运用探索性空间数据分析法、Dagum 基尼系数、面板回归模型等方法对甘肃省数字农业发展水平的区域差异来源、时空演变规律、影响因素

等内容展开全面研究，在一定程度上丰富了数字农业测度的研究方法和内容，有利于全面把握甘肃省各市州数字农业发展水平，明确区域差异大小及区域差异来源。

第二，在影响因素的选取上，本文综合考虑了农村集体经济发展水平、企业创新水平、乡村从业人员素质水平、开放程度、金融发展水平等方面，同时选择面板分位数回归模型研究不同分位点下数字农业发展水平的影响因素，为各级政府部门及时、准确地实施政策调控提供操作依据，提高数字农业发展政策的针对性与有效性。

### **1.5.2 研究的不足**

鉴于部分数据获取困难，未能全面覆盖于指标体系中，希望相关部门加大信息公开力度，以便更全面地了解和分析甘肃省数字农业的发展状况。另一方面数字农业发展水平受多种复杂因素的影响，而本文受数据获取限制，仅触及了其中的部分因素，在之后的研究中，可以全面考虑各种因素，为甘肃省数字农业的发展提供更加全面、深入的参考。

## 2 理论基础及先进经验概述

### 2.1 数字农业概念界定

数字农业概念起源于 20 世纪 70 年代欧美国家大规模应用计算机于农业生产之际。我国大多数学者普遍认为数字农业是以数据为要素，运用现代信息技术实现农业的可视化、数字化与信息化管理，旨在优化资源配置、降低成本、改善环境（杨印生，2021；隗玮，2003；卢钰，2003；陈江，2022）。本文认为数字农业具体表现为第一产业的数字化，即利用现代信息技术将数据信息作为农业要素，贯穿于农业生产、管理、销售全产业链中，实现与金融、交通通讯、电子商务、邮电等行业的深度融合，旨在提高农业生产和管理的效率和质量，为农民提供精确的农业生产和资源管理。

数字农业的主要亮点是实现了与金融、交通通讯、邮电等行业的深度融合。数字农业与金融行业的融合体现在农业金融服务创新上，金融机构利用数字技术，可以精准地评估农业项目的风险和收益，为农业经营主体提供更为灵活和高效的融资服务；数字农业与交通通讯行业的融合体现在农业物流的优化上，通过应用物联网、大数据等数字技术，农业物流可以实现对农产品从生产到销售全过程的实时监控和管理，提高物流效率，降低物流成本。此外，数字农业还可以帮助农户和企业更好地了解市场需求和价格信息，从而优化农产品种植和销售策略，提高经济效益；数字农业与电子商务的融合主要体现在农产品市场渠道的拓宽上，电子商务平台为农产品提供了更广阔的销售空间，使农民能够直接面向消费者销售农产品，打破了传统销售模式的局限性。这不仅可以提高农产品的销售量，还可以促进农产品的品牌化、标准化和国际化，提升农产品的市场影响力。数字农业与邮电行业的融合则主要体现在农业信息服务的提升上，通过邮电网络，农业信息可以更加快速、准确地传递到农户和企业手中，帮助他们及时了解市场动态、政策变化等信息。

### 2.2 理论基础



## 2.2.1 创新理论

创新理论是经济学家熊彼特率先提出的用以解释资本主义经济发展和周期的理论。他将创新定义为建立一种新的生产函数，即对生产要素进行新的组合配置。具体包括：（1）引入新产品；（2）实施新的生产工艺或方法；（3）拓展新的市场领域；（4）探索原料或半成品的新供应渠道；（5）构建新型企业组织架构。

创新理论在数字农业方面表现为：（1）引入新产品意味着推广和应用新型智能农业设备、精准农业技术等，以提高农业生产效率。（2）新的生产方式则是利用大数据、云计算等优化农业生产流程、实现精准种植、智能养殖。（3）新市场则意味着借助电子商务平台、直播带货等方式，扩宽产品销售渠道。（4）新型企业组织架构表现为创建包括农业合作社在内的新型农业组织，共享收益与风险，提高农业竞争力。

## 2.2.2 产业融合理论

产业融合理论主要阐述的是不同产业间的界限日趋模糊，彼此交融，进而催生新型产业形态的现象。这一理论的显著优势在于，它能有效推动不同产业间的资源共享与优化配置，进而提升产业的运行效率和市场竞争力。此外，产业融合还有助于激发新技术的研发活力，加速其应用进程，从而推动产业的创新与发展，为整个经济体系注入新的活力。数字农业深刻体现了产业融合理论：（1）数字农业打破了传统农业与信息技术产业之间的界限，将两者紧密融合，形成了全新的农业产业形态。（2）数字农业推动了农业与电商、物流、金融等相关产业的融合，形成了农业产业互联网等新型产业模式。这些模式的出现，进一步拓宽了农业产业的发展空间，提高了农业产业的附加值和综合效益。本文在建立数字农业发展水平指标体系时也是综合考虑了农业、交通运输、邮电等相关行业。

## 2.3 先进经验概述

### 2.3.1 国外先进经验概述

#### （1）美国——加强信息化基础设施

美国数字农业发展之所以取得显著成效,主要得益于以下几个方面的综合作用:第一,智能化农机的广泛应用。智能化农机配备全球卫星导航系统、自动驾驶系统、传感器和计算机设备,使得农机能够自主进行作业,精确标记作业区域,并通过内置软件智能分析,为农民提供最佳作业时间建议以及实时天气信息,从而大大提高了农业生产的效率和精准度。第二,专业服务公司的有力支持。这些公司能够出具详尽细致的土壤检测报告,提供准确的土壤成分数据,为农户制定精细化生产计划提供了可靠的依据。农户可以依据报告,深入了解土壤的营养状况,从而科学合理地安排农作物种植所需的肥料和水分,实现精准施肥和节水灌溉,进一步提升农作物的产量和品质。这种专业化的服务不仅提升了农业生产的科技含量,也为农民们带来了更高的经济效益。第三,政府积极驱动。政府引领现代化信息传播体系的建设,通过农业统计局(NASS)、市场服务局(AMS)、经济研究所(EAS)、农展会(WAOB)、对外农业局(FAS)等相关农业机构的协同发力,打造了一个现代化的农业数字资源采集系统。这个系统能够实时采集、整合和分享各种农业信息,包括土壤数据、作物生长数据、市场价格数据等,为农民提供全方位的信息支持。同时,政府还提供电话咨询服务,方便涉农信息广泛传播。第四,大数据在农业决策中的深度应用。通过广泛收集、精准分析和高效处理海量数据,农民能够更精确地预测市场需求,科学制定种植计划,并优化资源配置,从而达成精准农业的目标。

## (2) 日本——农业协同组织带动小农户阶段化推广

由于日本地形以丘陵为主,农场规模相对较小,因此在数字农业发展的初始阶段,日本采取了渐进式的阶段化发展模式,即从基础设施完善、经济条件优越的地区入手,通过分阶段、分地区的策略,由易到难地推动数字农业技术在整个国家的普及和应用。在这一进程中,政府与企业之间建立了紧密的合作关系,共同致力于提升农业生物化学技术和机械技术的水平。政府划拨专项资金,通过专业公司招标承建的方式,加强农业基础设施的建设。同时,政府还采取价格补贴、税收优惠等措施,激励农户主动扩展与数字农业相关的业务,促进农业的现代化转型。

在农业科技创新方面,日本重视作物良种的培育以及化肥农药的改良。政府主导粮食作物育种工作,确保粮食供应的稳定和安全;而种企则专注于经济作物

育种以及适合丘陵地区作业的农机研发,推动农业机械化率的提升。此外,日本在物联网技术研发方面也取得了显著进展,近一半的农户已经开始使用物联网技术,农业自动化技术也在农业生产部门得到了广泛应用。在立法及信息传播方面,日本也采取了多项措施。一方面,通过颁布《农业基本法》、《农振法》等法律法规,为数字农业的推进提供了坚实的法律保障。另一方面,政府设立专门部门,负责运营市场信息传播体系,确保农业信息的准确与及时,有效减少信息不对称,促进数字农业的健康、持续发展。在人才培养方面,日本取得了显著成效。由于兼业化农户数量众多,日本农户的户均收入早在 20 世纪 70 年代就已超越城镇家庭,城乡收入差距基本消除。为了进一步促进农业领域的人才发展,政府为培训院校提供补贴,确保涉农人员与非涉农人员在农业教育方面享有平等的机会。这种教育机会的平等性不仅提高了农业人才的整体素质,还为数字农业的快速发展提供了坚实的人才保障。

为了进一步带动小农户的发展,日本充分利用农业协同组织的力量。通过颁布《农业协同组合法》,建立了覆盖全国的农业协同组织网络,为农户提供农业生产、经营、管理等方面全方位的支持和服务。同时,农业协同组织积极与政府部门和企业深化合作,与政府紧密沟通,确保为农户提供及时准确的政策指导;与企业合作,引入先进技术和管理经验,推动数字农业技术在农户中的普及和应用,这种深层次的合作模式,不仅增强了农业协同组织的服务能力,也提升了农户参与数字农业发展的积极性和信心。

### (3) 法国——配套数字农业教育培训体系

法国数字农业之所以能够在全球范围内保持领先地位,其核心优势主要体现在以下几个方面:第一,各农业部门配备智慧型农业数据库,确保农业相关科技能够全面覆盖农业生产全链条。政策性金融机构将为受支持的农业项目提供先进的科学研发设备,以便更好地整合农业信息,促进资源共享。第二,依托先进的传感器技术和农业机器人,实现生产环节的智能化与精准化;此外,通过引入 Farmstar 等数据分析系统实现农场与数据之间的连接,建立产品数据储存库,从而有效对接生产者和经销商,便利市场信息匹配;第三,开设 MiiMOSA 等众筹平台,方便农户筹集资金,开展多样化经营;同时,不断建立健全数字农业配套教育体系,注重理论学习与实践积累,开设数字农业相关课程,提供高级拖拉机

驾驶员的技术培训并颁发市场认可的驾驶文凭。第四，在宣传推广方面，线上线下双管齐下，促进数字农业的普及。搭建数字农业信息推广平台，打造农民专属社交信息平台，以便及时传递最新农业技术和市场信息。同时，举办大型农业展览会，实现最新农业成果的信息共享，助推其在农业实践中的广泛运用。

### 2.3.2 国内先进经验概述

山东省与河南省作为我国的农业大省，各自以其独特的优势在数字农业领域取得了显著成效。山东省以其深厚的农业基础和高效的农业生产体系著称，2022年农林牧渔业增加值高达6769亿元，位居全国榜首。同期，河南省的农林牧渔业增加值也达到了6169.8亿元，紧随山东之后，展现了其农业生产的强劲实力。特别值得一提的是，据相关数据显示，河南省2021年的农业生产信息化率为29.3%，高于全国平均水平，充分彰显了河南省在数字农业领域的领先地位。其广泛的耕地面积和丰富的农产品资源为河南省进一步推动数字农业发展提供了得天独厚的条件。

#### (1) 山东——注重物联网建设

近年来，大力发展数字农业成为山东重塑“全国农业看山东”的有力举措，山东省委明确提出推动农业实现设施化向数字化的转变，加快推动实现传统生产基地向综合服务基地的转变。为了实现这一目标，农业物联网建设在山东数字农业发展中起到了至关重要的作用。物联网技术为蔬菜大棚的自动化检测与智能化管理提供了有力支持。通过传感器、摄像头等设备，大棚内的环境参数和作物生长情况得以实时获取，任何细微变化都能被及时感知。这些数据被上传至智能管理平台，经过分析处理，一旦发现异常，系统会自动发出警报。同时，配备可远程控制的天窗、湿帘、水肥一体化等系统，极大提升了生产作业的精细化水平。根据山东省农业农村厅发布的数据，截止2022年底，山东已建成智慧农田、智慧温室、智慧果园、智能牧场、智慧渔场、智慧农服等智慧农业应用场景近千处，农业科技进步贡献率高达65.8%。以青岛国信集团为例，其研发的工船配备了船端智能化管控中心和船岸一体化智慧云平台，能集中控制和实时监测养殖舱内的水、氧、光、饲、鱼，实时传输相关数据，实现智慧养殖。在寿光市，蔬菜大棚物联网应用率已超过80%，智能雾化机、智能补光灯、多功能植保机等智能化

设备应有尽有，智慧管控云服务系统实现农业设备云端控制；与此同时，寿光市还与中国银联共同研发推出智慧化产销服务平台，投运全国规模最大的县级农村淘宝运营服务中心，实现蔬菜、育种等线上销售，打通了蔬菜农业产业的产前、产中、产后等环节，实现了蔬菜生产、采摘、销售全流程的智慧化管理。

## （2）河南——加大智能化农机研发推广，注重村级集体经济发展

在农村信息基础设施建设方面，2021年河南省4.6万个行政村实现4G网络全覆盖，已建成39个“三农”专题数据库，归集涉农数据6亿条，同时拥有四万多个益农信息社，打通农业信息化服务最后一公里。在农业信息化方面，河南省积极建设设施农业物联网技术示范应用基地，推动农作物生长情况、病虫害情况、土壤墒情和气象信息的“四情”监测信息化。在智慧农机方面，中国一拖集团有限公司发挥了重要作用，成功攻克了高端智能农机设备研发过程中的一系列难题，研发出丘陵山地拖拉机、马力履带拖拉机等先进农机装备，形成了多条先进农机装备产业链，弥补了我国智能农机的短板，带动了河南省农业机械产业的迅猛发展；此外，河南省还为全省五千多台土地深松作业机械配备智能终端，实现了对农机作业的全面信息化监测。

河南省在数字农业方面取得的成效也离不开当地村级集体经济的发展。近年来，河南省高度重视农村集体经济的发展，探索新模式，盘活农村集体资产。河南各地政府也是积极响应，推动村级集体经济取得显著成效。以“中国花生之都”正阳县为例，该地创建了全国首个以花生为主导的国家现代农业产业园，实现了花生种植从分散到产业聚集的转变。政府还出台相应政策，为龙头企业和新经营主体提供土地支持，吸引君乐宝、鲁花、牧原等多家知名企业落户。同时，正阳县还积极推出涵盖环境信息感知、大数据分析融合、精准化种植管理、智能化决策的数字花生物联网服务项目，实现了花生种植的科学化和标准化。在此基础上，该县大力推行“互联网+花生”销售模式，建立了全国首家农产品交易中心，目前全县电商经营主体8600家，村级物流服务点282个，实现了村级电子商务服务全覆盖。2021年正阳花生期货在郑州商品交易所成功挂牌上市，为花生产业提供了更多的市场机会和风险保障。

甘肃省在发展数字农业时，可以借鉴以下几点：第一，加强农业科技创新和人才培养。甘肃省可以加大对农业科技创新的投入，加强农业科技研发和成果转

化,培育一批具有自主知识产权的农业科技成果。同时,为吸引和留住优秀人才,甘肃省应提高农业领域从业人员的福利待遇,并通过实施有效的激励政策,鼓励更多优秀人才投身数字农业领域,为数字农业的持续发展提供坚实的人才保障。

第二,大力发展农村集体经济。与小农经济相比,集体经济在整合农业资源、提高农业生产效率、降低农业生产风险等方面都具有不可比拟的优势。通过发展农村集体经济,整合土地、劳动力、资金等资源,扩大农业生产规模,拓展市场,推动农业产业的转型升级。

第三,加强数字基础设施建设。加大投入,加速农村地区 5G、物联网等建设,提高农村地区的网络覆盖率和质量,重点推动大数据、云计算、物联网、人工智能等技术的广泛应用,推动农业生产、加工、销售等环节的数字化转型,实现农业生产智能化、管理数据化、经营网络化和服务在线化。

同时,可以通过建立省级农业农村大数据中心,引进先进的智慧农机等设备,为甘肃省数字农业发展进程提供坚实的支撑。

## 3 甘肃省数字农业发展水平测度分析

### 3.1 研究区域概况

甘肃省下辖 12 个市，2 个州，农业生产发展方式依旧是传统粗放型发展方式。虽然 2020 年甘肃省农业科技进步贡献率为 57.1%，但依旧存在土壤肥力水平低，水资源约束突出、农业设施装备水平落后等问题，需要为全省农业发展全局谋划，多措并举，不断开创富民兴陇新局面的“三农”新篇章。根据《甘肃省“十四五”推进农业农村现代化规划》可知，到 2025 年甘肃省农业科技进步贡献率计划达到 60%，同时，该规划指出要围绕发展特色优势产业和构建现代丝路寒旱农业体系，充分集成设施化、机械化、智能化、数字化等现代技术手段和技术装备，强化农业科技支撑，提高农业科技创新能力，提升现代农业发展水平。

#### (1) 数字农业平台建设

甘肃省推出云上乡村数字农业服务平台，服务于农业产业链前端的各个产业主体，涉及最初始阶段种植养殖阶段的农民，家庭农场、农业合作社、农业企业，云平台提供预售服务，并且联合地方企业建立配套服务平台，引入或对接第三方，为种植、养殖户提供牧草、饲料、医药、检疫、加工、运输、金融等中介服务，链接供需双方，实现种植养殖散户的利益最大化。农产品采购企业可以通过该平台，在线对接农户，线上联系，在线交易完成农产品采购；同时平台提供面向经纪人、物流、农资供应企业农业产业的在线服务，为农户提供更多便利。截至目前，平台注册用户 19.2 万，服务行政村 993 个，加工企业 720 家，服务企业 9 家。

甘肃省是全国最大的玉米制种基地，2022 年良种覆盖率达到 97.36%，2023 年甘肃省玉米种子产量 6.8 亿公斤，产量较去年增长 4.1%。因此，在维持现有玉米种植基础之上，建兴科技与中国农业银行甘肃省分行积极开展合作，共同打造数字农业云平台，创新甘肃省玉米种质资源，延长产业链。该平台主要采用“数字平台+种粮一体化”的创新服务模式，涵盖生产管理平台、可视化决策平台与社会化服务商城等多个模块，布局简洁，操作简便，并且同步搭载移动端应用，增加统计图表实现数据自动化处理，为种植企业提供全产业链数字化管理服务，

带动甘肃玉米制种特色产业更快更好发展。截至目前,该平台服务农户已超 2000 户,为超 10 万个种植地块提供生产监测服务。

## (2) 电子商务发展情况

根据《2021 年全国县域数字农业农村电子商务发展报告》数据统计显示,2020 年甘肃省拥有 63 个农民电商合作社,其网络零售额占比为 1.26%,位居全国第 19 位。2021 年甘肃省通过强化政策支撑,搭建多元平台等多样化方式,助力全省电商产业发展。据《2022 年数字乡村发展报告》的数据统计,2021 年甘肃省农产品网络销售额占比为 16.3%,农产品网络销售额占比高于全国平均水平,村级综合服务站点行政村覆盖率为 91%,也高于全国平均水平。同时,据第三方大数据公司监测,2022 年甘肃省实现网络零售额 496.99 亿元,同比增长 8.99%。甘肃省网上零售实物类产品的占比要高于服务类,其中实物类产品的占比为 53%,服务类产品的占比为 47%。

综上所述,虽然甘肃省在数字农业发展方面呈现出一定的向好趋势,但仍存在一些问题。首先,数字化管控平台的建设尚不健全,导致农业数据的整合与利用效率低下。缺乏一个统一、高效的数字化管控平台,农业生产的各个环节无法实现无缝对接,制约了农业生产的效益。其次,数字资源基础设施不完善,无法满足农业现代化的需求。这主要体现在网络覆盖不全、数据存储和处理能力有限等方面。基础设施的滞后制约了数字农业技术的推广和应用,阻碍了农业生产力的提升。此外,电子商务在农业领域的发展尚未成熟,制约了农产品的线上销售与品牌推广。尽管电商平台的用户数量在不断增加,但相较于其他行业,农业电商的用户规模仍然较小。这导致农产品销售渠道有限,影响了农业产业的可持续发展。

鉴于此,需要建立一个详细的指标体系来具体评估各市州的数字农业发展水平,为制定针对性的发展策略提供有力的支持。

## 3.2 数字农业发展水平测度指标体系构建

本文在参考《2020 年全国县域数字农业农村发展水平评价报告》以及《甘肃省“十四五”数字经济创新发展规划》,同时借鉴了张泓(2021)、肖艳(2022)等学者的相关研究,充分考虑数据全面性及可获得性,最终构建的数字农业发展



水平评价体系包含数字农业发展环境、数字农业基础设施、数字农业人力资源、数字农业绿色发展、数字农业产业效益以及政策支持六大维度。

各项一级指标选取依据及代表意义如下：

第一，数字农业发展环境是数字农业发展的基础，良好的发展环境为数字农业发展创造了有利条件。电力资源和机械化水平是发展数字农业必不可少的基础条件，农业技术服务机构也为数字农业发展提供了可靠支撑。因此，选取农村人均用电量、农村人均机械总动力、农业技术推广力度三个指标来衡量数字农业发展环境。

第二，基础设施作为发展数字农业的有效载体，不仅带动了农业产业转型升级，也加快了实现农业规模经济效益的步伐。农村基础设施反映了农村居民信息获取能力、农村电信基础设施建设水平。本文主要选取农业物流建设水平、人均电信业务量、互联网普及率、物流服务水平四个指标来衡量。

第三，绿色发展是农业发展始终要遵循的基本准则，不能靠破坏环境资源发展数字农业。本文选取农用化肥施用量、农用塑料薄膜使用量、有效灌溉面积三个指标衡量。

第四，人力资源是各项生产活动中最活跃的因素。农业产业的转型升级必然离不开农业生产人员、物流配送人员、科研技术人员、邮政通讯人员等各方的共同协作。此处选取农林牧渔业从业人员、交通运输邮政业从业人员、信息传输软件和信息技术服务人员、科学研究与技术服务人员四项指标来度量数字农业人力资源发展情况。

第五，数字农业产业效益是数字农业发展追求的最终目标，主要包括农业产业产值以及电子商务发展水平两方面，选取人均乡村社会消费品零售额、农业土地生产效益、电商发展水平三项指标衡量。

第六，政策支持为数字农业发展保驾护航。数字农业发展离不开政府支持，数字农业方面的政策倾斜可以有效提高当地数字农业发展水平。主要选取 R&D 内部经费支出、财政支持力度两个指标来衡量。

表 3.1 数字农业发展水平指标体系

一级指标	二级指标	指标释义	属性
发展环境 B1	农村人均用电量	农村用电量/农村人口	+
	农村人均机械总动力	农业机械总动力/农村人口	+
	农业技术推广力度	农业技术服务机构数量	+
基础设施建设 B2	农业物流建设水平	农村投递路线长度	+
	人均电信业务量	电信业务总量/总人口数	+
	互联网普及率	互联网宽带接入用户/总人口	+
绿色发展 B3	物流服务水平	邮政业网点数/乡村人口数	+
	化肥使用强度	农用化肥施用量/耕地面积	-
	有效灌溉率	有效灌溉面积/耕地面积	+
人力资源 B4	农膜使用强度	塑料薄膜使用量/耕地面积	-
	农林牧渔业从业人员比重	农林牧渔业乡村从业人员/乡村从业人员	+
	交通运输邮政业从业人员比重	交通运输邮政业乡村从业人员/乡村从业人员	+
	信息传输软件和信息技术服务人员比重	信息传输软件和技术业乡村从业人员/乡村从业人员	+
产业效益 B5	科学研究与技术服务人员比重	科学研究与技术服务业乡村从业人员/乡村从业人员	+
	人均乡村社会消费品零售额	乡村社会消费品零售额/农村人口	+
	农业土地生产效益	农林牧渔业增加值/耕地面积	+
支持力度 B6	电商发展水平	快递业务收入	+
	R&D 内部经费支出	R&D 内部经费支出	+
	财政支持力度	农林水财政支出/一般公共预算支出	+

### 3.3 数据来源与测度方法

#### 3.3.1 数据来源

本文选取的数据来源于 2014-2022 年《中国统计年鉴》、《中国社会统计年鉴》、《甘肃发展年鉴》，《甘肃农村年鉴》，缺失数据采用线性插补法进行插补。

#### 3.3.2 测度方法

熵值法是一种客观赋权法，利用信息量的大小来确定指标权重，数据越分散，熵值越小，则包含的信息量越多，权重越大。具体计算步骤如下：

(1) 构建初始矩阵。 $n$  代表行数，即为甘肃省 14 个市州； $m$  代表列数，即

19 个指标。所构建的数据矩阵如下：

$$A = \begin{pmatrix} X_{11} & \cdots & X_{1j} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ X_{i1} & \cdots & X_{ij} \end{pmatrix}_{n \times m}, 1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq m \quad (3.1)$$

(2) 数据标准化处理：

正向指标：

$$X'_{ij} = \sum_{j=1}^m w_j \times y_{ij} \quad (3.2)$$

负向指标：

$$X'_{ij} = \frac{\max(X_{1j}, X_{2j}, \cdots, X_{nj}) - X_{ij}}{\max(X_{1j}, X_{2j}, \cdots, X_{nj}) - \min(X_{1j}, X_{2j}, \cdots, X_{nj})} \quad (3.3)$$

其中  $X_{ij}$  为第  $i$  个评价对象的第  $j$  项评价指标的原始数据， $X'_{ij}$  为第  $i$  个评价对象的第  $j$  项评价指标的标准化值， $\min X_j$  为第  $j$  项评价指标的最小值， $\max X_j$  为第  $j$  项评价指标的最大值。

(3) 为确保各指标权重之和为 1，计算第  $j$  项指标下第  $i$  个市州占该指标的比重：

$$y_{ij} = \frac{x'_{ij}}{\sum_{i=1}^m x'_{ij}} \quad (3.4)$$

(4) 求得各指标信息熵，数据越分散，熵值越小，则包含的信息量越多，权重越大；否则反之。

$$e_j = -\frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^m y_{ij} \ln y_{ij} \quad (3.5)$$

(5) 确定各指标权重

$$w_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{j=1}^m (1 - e_j)} \quad (3.6)$$

(6) 计算最终的综合得分：

$$S_i = \sum_{j=1}^m w_j \times y_{ij} \quad (3.7)$$

$S_i$ 是甘肃省 14 个市州的最终得分，用来衡量数字农业发展水平，最终得分越高，数字农业发展水平相对较好。

### 3.4 指标权重确定

考虑到数字农业指标体系各指标权重精确度，本文采用熵值法来确定各指标权重，各指标具体权重见表 3.2。二级指标权重大致可分为五类：第一类指标权重大于 0.08 的五项指标，按权重大小分别是电商发展水平、物流服务水平、人均乡村社会消费品零售额、R&D 内部经费支出、人均电信业务量，五项指标的权重都在 0.08 以上，表明其对数字农业发展水平具有重要影响；第二类指标权重处于 0.06~0.08 的三项指标，按其权重大小依次为农村人均机械总动力、有效灌溉率、农村人均用电量，说明这三项指标对数字农业发展水平具有较大影响；第三类指标权重处于 0.04~0.06 的四项指标，按其权重大小分别是科学研究与技术服务人员占比、互联网普及率、农业物流建设水平、农业土地生产效益，表明这四类指标在一定程度上会影响数字农业发展水平；第四类指标权重处于 0.015~0.04 的三个指标，分别是农业技术推广力度、信息传输软件和信息技术服务人员占比，表明这两个指标对数字农业发展水平的影响较小；第五类指标权重在 0.015 以下的五项指标，依其指标权重大小分别是财政支持力度、化肥使用强度、交通运输邮政业从业人员占比、农膜使用强度、农林牧渔业从业人员占比，这五项指标对数字农业发展水平的影响程度极小。

各一级指标按照指标权重大小依次为基础设施建设、产业效益、发展环境、政策支持、绿色发展、人力资源，其中基础设施建设的指标权重为 0.273，对数字农业发展水平的影响最大，这表明甘肃省数字农业的发展关键在于基础设施建设。只有做好基础设施建设，才能保障数字农业的稳定发展。从数字农业产业效益来看，其权重为 0.266，对数字农业发展的影响程度排名位居第二位，表明数字农业产业效益会对甘肃省数字农业发展水平产生较大影响，这可能是由于数字农业产业效益会直接影响农户生产积极性，当数字农业产业效益发展较好时，就会激发农户内生动力，提高农民群众获得感，反过来就会促使农户提高发展数字农业的决心与行动。从发展环境来看，其权重为 0.175，对数字农业发展的影响程度排名位居第三位，表明数字农业发展离不开智能化、信息化、电子化的支持，

数字农业发展环境对甘肃省数字农业发展有着举足轻重的作用。从政策支持来看，其权重为 0.107，说明数字农业的发展离不开当地政府的支持，政府为当地数字农业发展保驾护航；从数字农业绿色发展来看，其权重为 0.096，说明绿色生产是数字农业发展的保障，只有落实绿色发展理念，数字农业发展才会长远。从人力资源来看，其权重为 0.083，人力资源是数字农业发展的基础条件，虽然整体来看其权重较低，但其对数字农业发展的影响依旧不容忽视。

**表 3.2 各指标权重**

一级指标	二级指标	权重
发展环境 B1 0.175	农村人均用电量	0.064
	农村人均机械总动力	0.080
	农业技术推广力度	0.031
基础建设 B2 0.273	农业物流建设水平	0.045
	人均电信业务量	0.089
	互联网普及率	0.046
	物流服务水平	0.094
绿色发展 B3 0.096	化肥使用强度	0.014
	有效灌溉率	0.070
	农膜使用强度	0.012
人力资源 B4 0.083	农林牧渔业从业人员占比	0.002
	交通运输邮政业从业人员占比	0.013
	信息传输软件和信息技术服务人员占比	0.019
	科学研究与技术服务人员占比	0.049
产业效益 B5 0.266	人均乡村社会消费品零售额	0.092
	农业土地生产效益	0.042
	电商发展水平	0.132
政策支持 B6 0.107	R&D 内部经费支出	0.091
	财政支持力度	0.016

### 3.5 甘肃省各市州数字农业发展水平测度及分析

#### 3.5.1 数字农业发展水平测算

通过熵值法计算得到的 2013-2021 年数字农业发展水平如下表所示。由表 3.3 可知，2013~2021 年甘肃省各市州数字农业综合得分大体上均呈现逐年增长趋势。在此期间，嘉峪关数字农业发展一直处于全省领先地位，在 2021 年数字农业综

合得分达到了 0.575，整个观察期间的均值为 0.492，比全省数字农业综合得分最低的甘南州高了 0.353；兰州市数字农业综合得分仅次于嘉峪关市，整个观察期内发展较为迅速，从 2013 年的 0.258 上升到 2021 年的 0.551；河西地区（嘉峪关、张掖、酒泉、武威、金昌）在全省数字农业发展方面取得了不错的成效，数字农业综合得分稳居前列。总的来说，全省数字农业综合得分大致可分为以下情况：1.高水平发展区域—嘉峪关市、兰州市、酒泉市、金昌市、武威市、张掖市，以上六个地区的数字农业综合得分均在 0.23 以上，发展较好；2.中水平发展区域—白银市、天水市、庆阳市，以上三地区的数字农业综合得分在 0.18~0.2 之间，数字农业发展水平一般；3.低水平发展区域—平凉市、定西市、陇南市、临夏州、甘南州，以上五个地区的数字农业综合得分在 0.18 以下，数字农业发展较为缓慢，其中甘南州的数字农业综合得分最低，在整个观察期内的均值仅为 0.139，其综合得分未达到嘉峪关市数字农业综合发展水平的一半分值。

表 3.3 数字农业发展水平综合得分

市/年份	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	增速	均值
兰州市	0.258	0.293	0.301	0.334	0.371	0.414	0.463	0.457	0.551	9.9%	0.383
嘉峪关	0.315	0.393	0.497	0.534	0.531	0.549	0.602	0.434	0.575	7.8%	0.492
金昌市	0.254	0.278	0.303	0.314	0.328	0.317	0.364	0.451	0.521	9.4%	0.348
白银市	0.139	0.151	0.155	0.156	0.159	0.188	0.220	0.263	0.288	9.5%	0.191
天水市	0.104	0.114	0.151	0.155	0.161	0.200	0.222	0.258	0.279	13.1%	0.183
武威市	0.165	0.175	0.198	0.195	0.215	0.242	0.263	0.322	0.347	9.7%	0.236
张掖市	0.207	0.197	0.210	0.225	0.233	0.260	0.300	0.348	0.398	8.5%	0.264
平凉市	0.114	0.124	0.132	0.161	0.168	0.206	0.196	0.236	0.255	10.6%	0.177
酒泉市	0.256	0.275	0.300	0.314	0.314	0.355	0.389	0.445	0.495	8.6%	0.349
庆阳市	0.127	0.137	0.176	0.179	0.180	0.199	0.221	0.251	0.267	9.7%	0.193
定西市	0.134	0.136	0.139	0.120	0.139	0.172	0.190	0.229	0.244	7.8%	0.167
陇南市	0.137	0.145	0.147	0.146	0.159	0.182	0.208	0.237	0.242	7.4%	0.178
临夏州	0.121	0.127	0.128	0.127	0.143	0.175	0.191	0.216	0.226	8.1%	0.161
甘南州	0.090	0.101	0.104	0.107	0.118	0.145	0.178	0.202	0.209	11.1%	0.139
全省 均值	0.173	0.189	0.210	0.219	0.230	0.257	0.286	0.311	0.350	9.2%	

### 3.5.2 数字农业发展水平的时空分布特征分析

#### (1) 数字农业发展水平的时演变特征

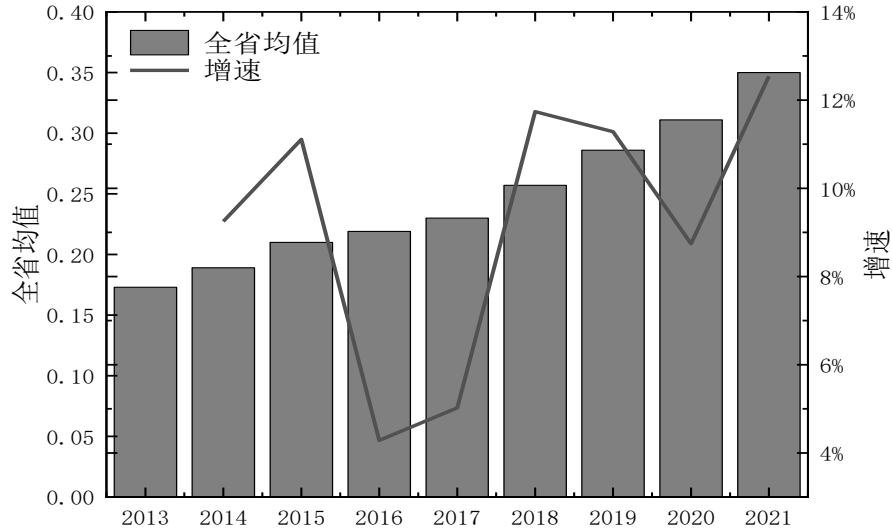


图 3.1 全省数字农业发展水平均值及增速

从全省的视野来看，从 2013 年至 2021 年，甘肃省数字农业的发展水平在持续增强，特别是在 2021 年，其发展水平达到了 0.35 的高峰，这充分证明了甘肃省积极响应并紧跟国家的政策导向，在推动数字农业农村的发展上取得了一定的进步。然而，我们也必须注意到，增速的走势呈现出一定的 W 型波动，增速的起伏变化显著，这反映出数字农业的发展过程存在一定的不稳定性。尽管其整体水平在提升，但在 2019 年和 2020 年，增速却出现了明显的下滑。因此，甘肃省需要深入探索并确定一条能够有效推动数字农业持续、稳定发展的道路。

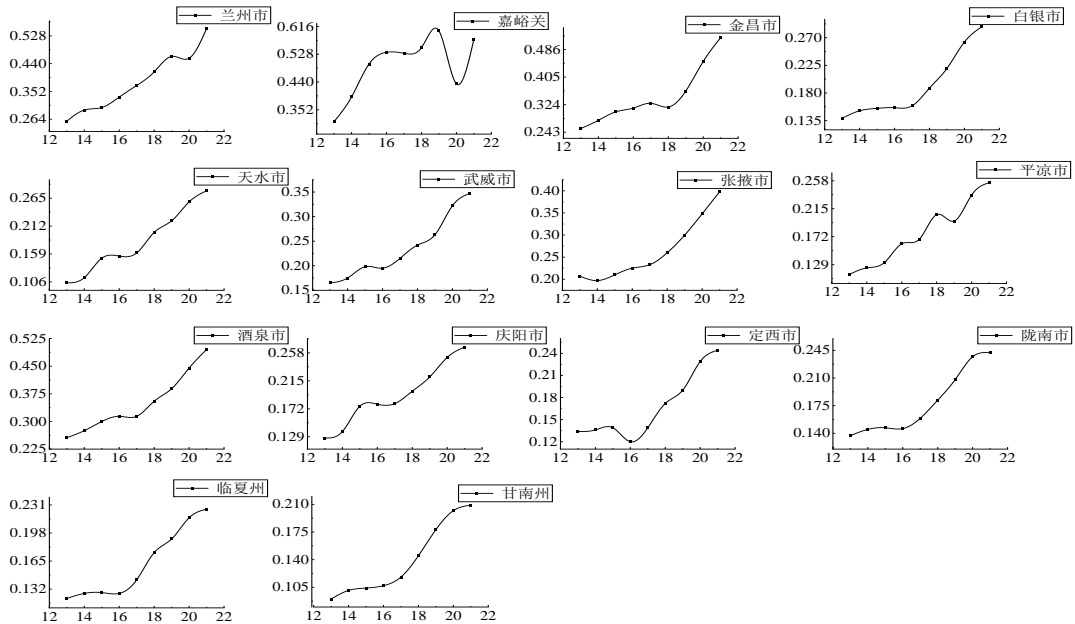


图 3.2 2013~2021 年甘肃省各市州数字农业发展水平

注：为了更紧凑的展示图形，13、14...21 代表年份，依次为 2013、2014...2021，纵轴代表各个市州的数字农业发展水平。

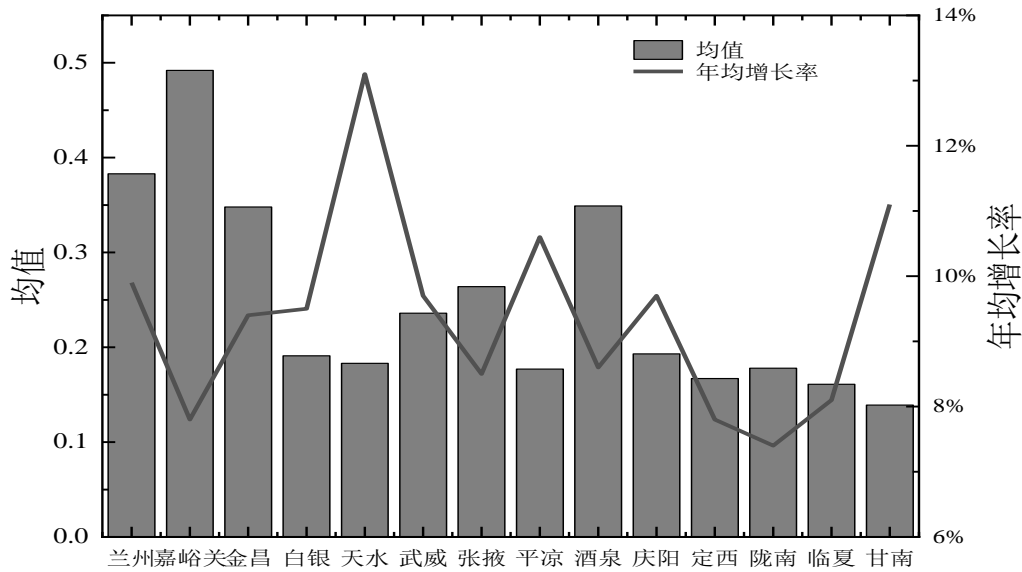


图 3.3 14 个市州数字农业发展水平及年均增长率

结合图 3.2 和图 3.3，从市州的角度来看，14 个市州的数字农业发展水平在总体上均呈现出波动中上升的趋势。其中，嘉峪关、兰州、酒泉、金昌、张掖、武威等地的数字农业发展水平明显领先于其他市州，说明这些地区在数字农业方面的投入和成效较大。相比之下，定西、临夏、甘南等地的数字农业发展水平相对较低，表明这些地区在数字农业的发展上与其他市州相比还存在一定的差距。

进一步观察各市州的年均增长率，可以发现所有市州的年均增长率均为正值，这意味着各地在数字农业领域都取得了不同程度的进步。然而，增长率之间也存在显著的差异。天水（13.10%）、甘南（11.1%）、庆阳（9.7%）等地的年均增长率较高，表明这些地区数字农业发展势头强劲。相比之下，陇南（7.4%）、定西（7.8%）等地的年均增长率较低。值得注意的是，天水的年均增长率约为陇南的两倍，这表明天水在数字农业发展上的速度和效率明显高于陇南。

综上所述，虽然各市州在数字农业方面均有所进步，但发展水平和增长速度存在明显的区域差异。为了缩小这些差异，促进数字农业的均衡发展，需要针对不同地区的实际情况制定和实施相应的政策和措施。

## （2）数字农业发展水平的空间集聚特征分析



采用空间自相关分析法,对甘肃省各市州的数字农业发展水平进行空间相关性分析。空间自相关是以统计学为基础,衡量研究对象在空间上的自相关程度,分为全局自相关与局部自相关,通常用莫兰指数来量化这种自相关程度。

### ①全局自相关分析

全局自相关检验了研究对象在整体上的空间相关度,计算公式为:

$$I = \frac{N}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \times \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (Y_i - \bar{Y})(Y_j - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (3.8)$$

其中  $\bar{Y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n Y_i$ ,  $Y_i$  与  $Y_j$  为地区属性值,本文为甘肃省各市州的数字农业综合得分,  $w_{ij}$  为权重,本文采用 GeoDa 软件选择邻接创建空间权重,当地区  $i$  与地区  $j$  相邻时,赋值  $w_{ij} = 1$ ,若不相邻,则赋值  $w_{ij} = 0$ 。全局莫兰指数的取值在 -1~1 之间,在一定的显著性水平下,若全局莫兰指数  $>0$ ,则表示存在正空间相关性,若全局莫兰指数  $<0$ ,则表示存在负空间相关性,全局莫兰指数越接近 1,表示空间上相似的区域聚集在一起的程度越高。本文利用 GeoDa 软件计算甘肃省各市州数字农业综合得分的全局莫兰指数,结果如下表所示:

从表 3.4 可以看出,2013~2021 各年的全局莫兰指数均在 0.05 的显著性水平下通过了检验,且全局莫兰指数的变化大致可以分为三个时间段:一是 2013~2017 年,在此期间全局莫兰指数呈逐年递减趋势,从 2013 年的 0.494 逐步下降到 2017 年的 0.286,表明空间上的聚集性在逐年减弱;二是 2017~2020 年,在这两年内全局莫兰指数逐年增长,从最初的 2017 年的 0.286 增长到 2020 年的 0.444,增长较为迅速,表面这段时间内的空间聚集性在逐步增强;三是 2020~2021 年,2021 年相较于上一年全局莫兰指数有所下降。从整体来看,甘肃省数字农业发展水平全局莫兰指数是呈现先降后升的趋势,从 2013 年的 0.494 下降到 2019 年的 0.290,又从 2019 年的 0.290 上升到 2021 年的 0.419,从莫兰指数的变化情况来看,在整个研究期内,甘肃省各市州数字农业发展水平在空间分布上较为集中,存在一定的空间正相关性。

表 3.4 全局莫兰指数

时间	全局莫兰指数	P 值
2013 年	0.494	0.01
2014 年	0.367	0.03
2015 年	0.340	0.03
2016 年	0.325	0.03
2017 年	0.286	0.04
2018 年	0.290	0.03
2019 年	0.311	0.03
2020 年	0.444	0.02
2021 年	0.419	0.03

## ②局部自相关分析

局部空间自相关用于度量甘肃省各市州的数字农业发展水平与其邻近市州的空间关联程度，通常用局部莫兰指数来衡量，其计算公式为：

$$I_i = \frac{(Y_i - \bar{Y})}{S^2} \times \sum_j w_{ij} (Y_j - \bar{Y}) \quad (3.9)$$

通过公式将局部莫兰指数得到以后，基于局部莫兰指数结果绘制出局部莫兰指数散点图进行分析。

此外，使用 Z 检验对局部空间自相关结果进行检验，将通过局部空间自相关显著性检验并以地图的方式呈现出来，即 LISA 集聚图，公式为：

$$Z(I_i) = \frac{I_i - E(I_i)}{\sqrt{VAR(I_i)}} \quad (3.10)$$

其中  $E(I_i)$  和  $VAR(I_i)$  为期望值和变异系数， $Z(I_i)$  显著且为正值，表明 i 地区的数值高，属于高-高集聚，否则为低-低集聚。四种集聚类型含义如下：

表 3.5 莫兰散点图各象限含义

象限	集聚类型	含义
第一象限	高-高集聚	高值聚集
第二象限	低-高集聚	低值被高值包围
第三象限	低-低集聚	低值聚集
第四象限	高-低集聚	高值被低值包围

全局莫兰指数在反映集聚程度时忽视了空间异质性。因此，运用局部自相关深入探究甘肃省各市州数字农业发展水平的局部集聚情况，并绘制散点图分析集

聚类型。本文选取 2013 年、2016 年、2019 年和 2021 年这四个时间节点，借助 GeoDa 软件，绘制局部 Morans'I 指数散点图及 LISA 集聚图，分析数字农业的空间集聚特征。

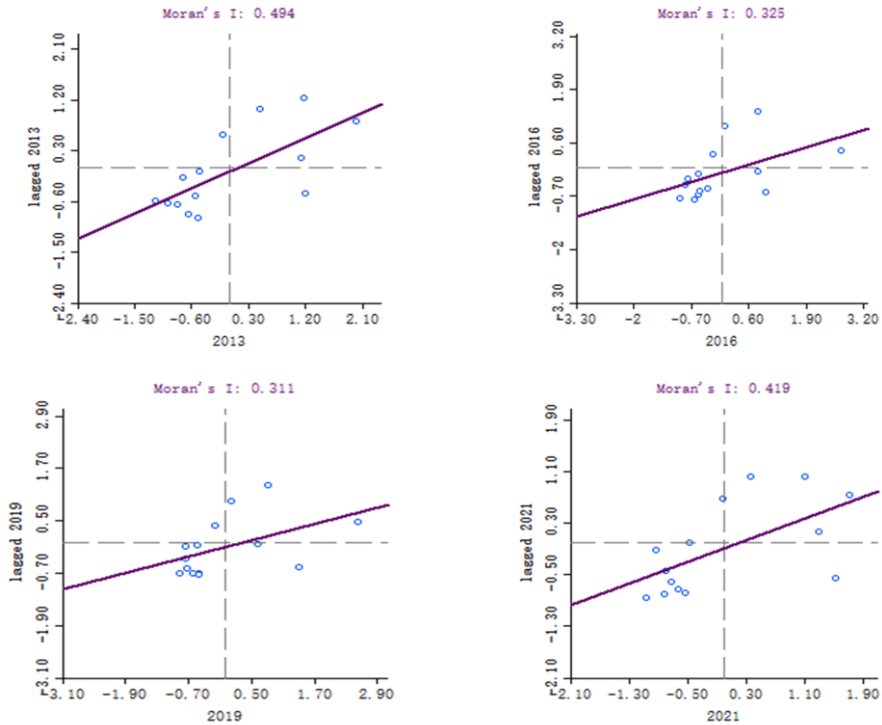


图 3.4 2013、2016、2019、2021 年数字农业发展水平局部莫兰散点图

表 3.6 2013、2016、2019、2021 年甘肃省数字农业发展水平局部莫兰指数散点图分布表

聚集类型	2013 年	2016 年	2019 年	2021 年
高一高	嘉峪关、金昌、 张掖、酒泉	嘉峪关、张掖、 酒泉、	嘉峪关、张掖、 酒泉、	嘉峪关、金昌、 张掖、酒泉
低—高	武威	武威	武威	武威
低—低	白银、天水、平 凉、庆阳、定西、 陇南、临夏州、 甘南州	白银、天水、平 凉、庆阳、定西、 陇南、临夏州、 甘南州	白银、天水、平 凉、庆阳、定西、 陇南、临夏州、 甘南州	白银、天水、平 凉、庆阳、定西、 陇南、临夏州、 甘南州
高一低	兰州	兰州、金昌	兰州、金昌	兰州

第一象限主要包括嘉峪关、张掖、酒泉，第二象限为武威，表明武威相对周围其他邻近地区数字农业发展水平相对较低，被高水平区域包围；位于第三象限的市州有七个，分别是白银市、天水市、平凉市、庆阳市、定西市、陇南市、临夏州、甘南州，说明这些地方数字农业发展水平都很低，呈现低-低聚集现象；

第四象限主要是兰州，说明兰州作为省会城市，自身数字农业发展水平较高，但其邻近地区数字农业发展水平较低。2013、2016、2019、2021 年位于第一象限和第三象限的市州数量分别为 12、11、11、12 个，表明甘肃省数字农业发展水平存在明显的高-高集聚与低-低集聚现象。

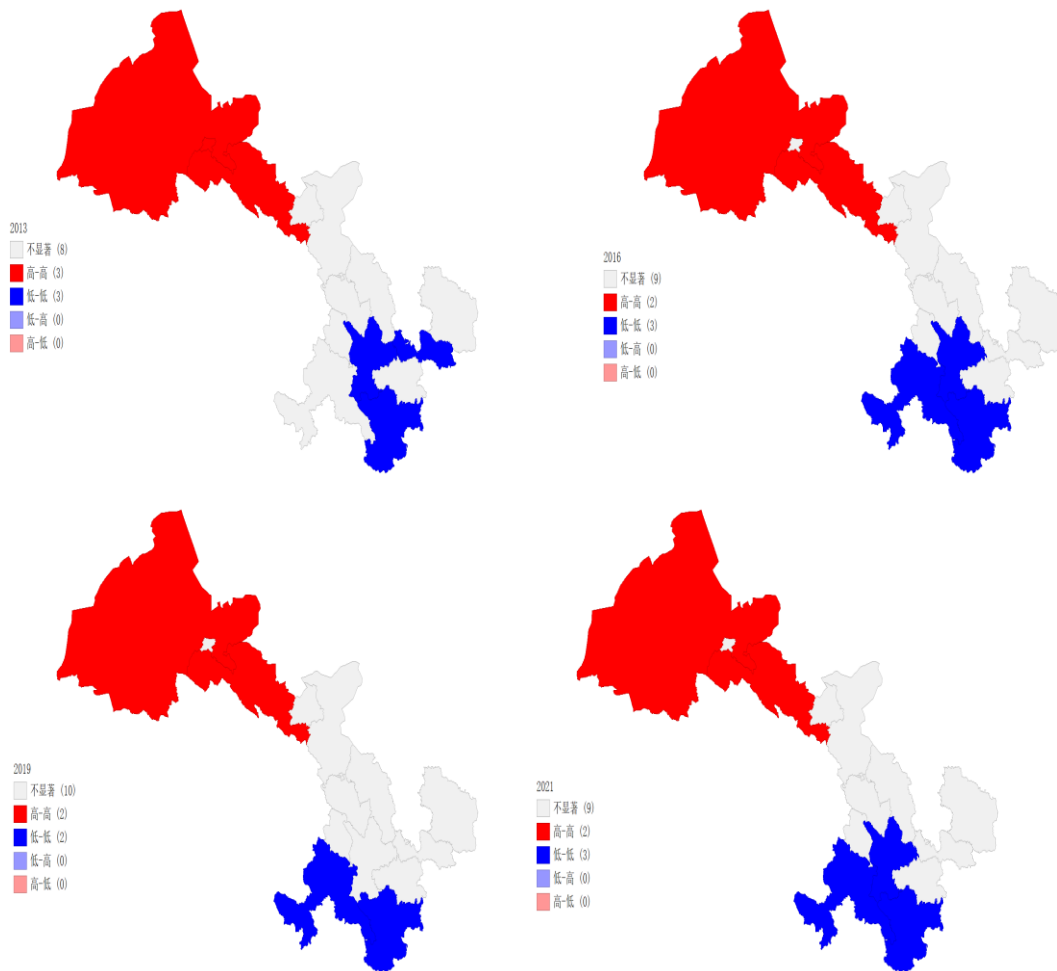


图 3.5 2013、2016、2019、2021 年甘肃省数字农业发展水平的 LISA 集聚图

从图 3.5 可以看出，2013 年甘肃省数字农业发展水平的空间集聚类型主要是以酒泉市、张掖市、嘉峪关市为主的高-高集聚类型和以甘南州、定西市、平凉市为主的低-低集聚类型；2016 年主要是以酒泉市、张掖市为主的高-高集聚类型和以甘南州、陇南市、定西市为主的低-低集聚；2019 年是以酒泉市、张掖市为主的高-高集聚和以陇南市、甘南州为主的低-低集聚；2021 年空间集聚类型也主要是以酒泉市、张掖市为主的高-高集聚和以陇南市、甘南州、定西市为主的低-低集聚。研究期内未出现高-低集聚与低-高集聚。从整体来看，甘肃省数字农业

发展水平在空间上呈现明显的高-高集聚与低-低集聚，前者主要集中在河西地区，后者分布在陇中地区、陇东南地区、南部民族地区。

## 4 甘肃省数字农业发展水平的区域差异测算分析

从上一章节的分析结果可知,甘肃省数字农业发展水平在空间分布上具有明显的异质性,尤为突出的是河西地区的数字农业发展水平显著高于其他三个地区,为了进一步量化甘肃省数字农业发展水平的区域差异大小,并深入探究导致这种区域分化的根本原因,本文采用 Dagum 基尼系数进行区域差异测算分析。对于甘肃省区域的划分,借鉴胡雪瑶等(2019)的做法,将甘肃省各市州分为陇中地区、陇东南地区、河西地区、南部民族地区四个区域。

### 4.1 Dagum 基尼系数及其分解

Dagum 基尼系数将样本的整体差异分解为组内差异、组间差异以及组间超变密度,据此,甘肃省数字农业发展水平的基尼系数表示为:

$$G = \frac{\sum_{j=1}^k \sum_{h=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{r=1}^{n_h} |y_{ji} - y_{hr}|}{12n^2 \bar{y}} \quad (4.1)$$

上式中,  $G$  表示整体基尼系数,  $y_{ji}$  ( $y_{hr}$ ) 代表  $j(h)$  地区内任意市州的数字农业发展水平 ( $j, h=1, 2, 3, \dots, k$ ),  $n_j$  ( $n_h$ ) 是  $j(h)$  区域内的市州个数,  $\bar{y}$  代表甘肃省数字农业发展水平的均值,  $K$  表示划分的区域个数,  $n$  是市州个数,本文中  $K$  为 4 (本文将甘肃省 14 个市州分为四组,即陇中、陇东南、河西、南部民族地区<sup>2</sup>),  $n$  为 14。

$j$  区域的数字农业发展水平基尼系数  $G_{jj}$  以及  $j$  与  $h$  地区的区域间基尼系数  $G_{jh}$  分别表示如下:

$$G_{jj} = \frac{\frac{1}{2Y_j} \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{r=1}^{n_j} |y_{ij} - y_{jr}|}{n_j^2} \quad (4.2)$$

$$G_{jh} = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} \sum_{r=1}^{n_h} |y_{ij} - y_{hr}|}{n_j n_h (\bar{Y}_j + \bar{Y}_h)} \quad (4.3)$$

<sup>1</sup> 陇中地区 (兰州市、白银市、定西市), 陇东南地区 (天水市、平凉市、庆阳市、陇南市), 河西地区 (嘉峪关市、金昌市、酒泉市、张掖市、武威市), 南部民族地区 (临夏州、甘南州)

将基尼系数  $G$  分解为组内差距的贡献  $G_w$ 、组间差距净贡献  $G_{nb}$  以及组间超变密度  $G_t$  三部分，三者之间的等式关系为  $G = G_w + G_{nb} + G_t$ ， $G_w$ 、 $G_{nb}$ 、 $G_t$  分别表示如下：

$$G_w = \sum_{j=1}^k G_j p_j s_j \quad (4.4)$$

$$G_{nb} = \sum_{j=2}^k \sum_{h=1}^{j-1} G_{jh} (p_j s_h + p_h s_j) D_{jh} \quad (4.5)$$

$$G_t = \sum_{j=2}^k \sum_{h=1}^{j-1} G_{jh} (p_j s_h + p_h s_j) (1 - D_{jh}) \quad (4.6)$$

上式中， $p_j = n_j \bar{Y}_j / n \bar{Y}$  代表区域  $j$  中市州个数占甘肃省市州总数的比重， $s_j = \frac{n_j \bar{Y}_j}{n \bar{Y}}$ ， $j=1,2,3,\dots,k$ ， $D_{jh}$  为区域  $j$  与区域  $h$  之间数字农业发展水平的相对影响，计算公式如下：

$$D_{jh} = \frac{d_{jh} - p_j}{d_{jh} + p_{jh}} \quad (4.7)$$

$$d_{jh} = \int_0^{\infty} dF_j(y) \int_0^y (y-x) dF_h(x) \quad (4.8)$$

$$p_{jh} = \int_0^{\infty} dF_h(y) \int_0^y (y-x) dF_j(x) \quad (4.9)$$

上式中， $d_{jh}$  为区域  $j$  与区域  $h$  之间数字农业发展水平的差值，换句话说就是区域  $j$  与区域  $h$  中满足  $y_{ij} - y_{hr} > 0$  的所有样本值的数学期望，同样的， $p_{jh}$  代表区域  $j$  与区域  $h$  中满足  $y_{hr} - y_{ij} > 0$  的所有样本值的数学期望。

## 4.2 Dagum 基尼系数测算及其分解结果

使用 Dagum 基尼系数计算 2013-2021 年数字农业发展水平的基尼系数及贡献率如下表 4.1 所示：

表 4.1 Dagum 基尼系数及其贡献率

年份	总体	基尼系数			贡献率		
		组内基尼 系数 $G_w$	组间基尼 系数 $G_{nb}$	超变密度基 尼系数 $G_t$	组内贡献 率 $G_w$	组间贡献 率 $G_{nb}$	超变密度 贡献 $G_t$
2013	0.216	0.032	0.173	0.010	14.817%	80.295%	4.834%
2014	0.232	0.040	0.178	0.015	17.185%	76.475%	6.340%
2015	0.247	0.045	0.188	0.013	18.368%	76.258%	5.375%
2016	0.262	0.049	0.191	0.023	18.553%	72.842%	8.605%
2017	0.249	0.045	0.180	0.024	17.949%	72.385%	9.666%
2018	0.217	0.040	0.153	0.025	18.270%	70.339%	11.391%
2019	0.215	0.039	0.154	0.022	18.105%	71.500%	10.395%
2020	0.164	0.021	0.132	0.012	12.596%	80.386%	7.018%
2021	0.198	0.028	0.155	0.015	14.095%	78.356%	7.549%

#### 4.2.1 甘肃省数字农业发展水平的区域总体差异

图 4.1 反映了 2013-2021 年甘肃省数字农业发展水平总体基尼系数的变化趋势，其值越大表明该区域数字农业发展水平越不均衡，区域差异越明显。从该图中可以看出总体基尼系数经历了“平稳上升—快速下降—小幅回升”的变化过程。具体而言，2013~2016 年，总体基尼系数从 0.216 逐步上升至 0.262，增长幅度约为 21%；此后除 2020-2021 年存在小幅上升现象外，其余时段呈逐年下降趋势，从 2016 年的 0.262，下降为 2021 年的 0.198，下降幅度约为 24%。整体来看，从 2013 年到 2021 年，甘肃省数字农业发展水平的总体 Dagum 基尼系数从 0.216 下降到 0.198，降幅约为 8%，表明总体差异降幅不大，基尼系数从 0.2 以上下降为 0.2 以下，表明甘肃省数字农业发展水平总体差异较小。但同时也要注意总体差异的波动性，特别是 2021 年总体基尼系数不降反增，说明要重视不同区域间的发展差距。



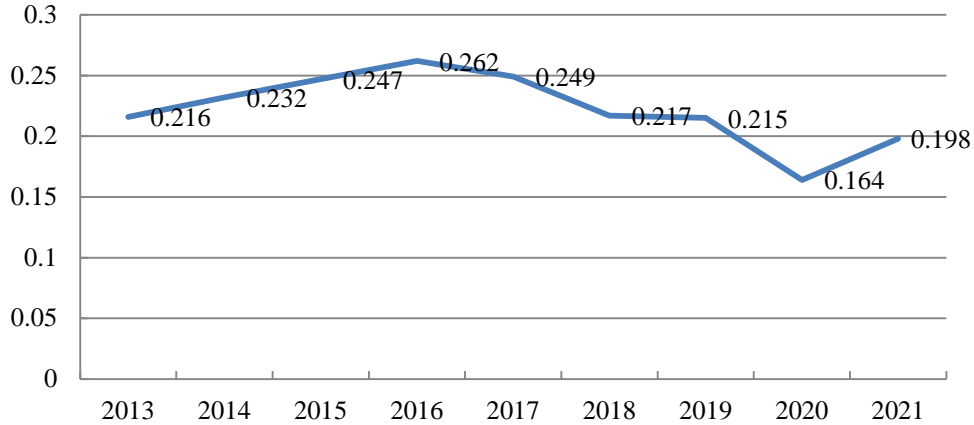


图 4.1 2013-2021 年甘肃省数字农业发展水平区域总体差异

#### 4.2.2 甘肃省数字农业发展水平的区域内差异

甘肃省 2013-2021 年数字农业发展水平区域内差异的演变过程如图 4.2 所示。从基尼系数的数值大小来看，陇中地区的区域内差异最大，其次是河西地区、南部民族地区，陇东南地区的区域内差异相对最小，基尼系数均值分别为 0.194、0.147、0.042、0.037。从整体来看，陇东南地区、河西地区、南部民族地区的基尼系数呈现波动中下降趋势，而陇中地区基尼系数呈波动中上升趋势，表明陇中地区数字农业发展水平不均衡性最为显著，可能原因是陇中地区数字农业发展水平较低的地市未能充分吸收周围高水平市州的溢出效应，导致数字农业发展水平差异显著。具体而言，陇中地区在 2013-2021 年间，基尼系数从 0.156 上升到 0.189，增长幅度为 21%。相比之下，河西地区的基尼系数则从 2013 年的 0.117 下降为 2021 年的 0.099，降幅为 15%。南部民族地区和陇东南地区的基尼系数也呈现出下降趋势，分别从 2013 年的 0.073 和 0.058 下降至 2021 年的 0.02 和 0.029，降幅分别为 7% 和 5%，表明这两个区域内数字农业发展水平差异在逐步缩小。

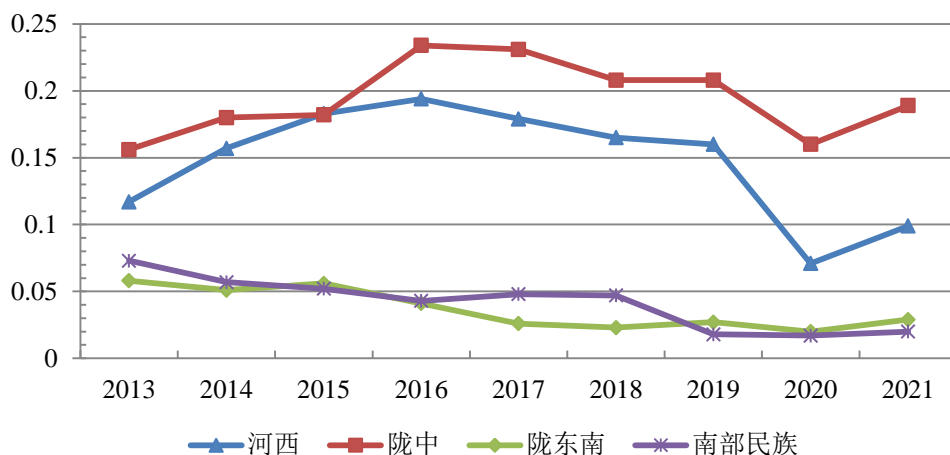


图 4.2 2013-2021 年甘肃省数字农业发展水平区域内差异

### 4.2.3 甘肃省数字农业发展水平的区域间差异

表 4.2 反映了区域内及组间差异，区域间差异从整体来看，除陇中—南部民族地区基尼系数有所上升之外，其余区域间基尼系数均有所下降，表明陇中—南部民族地区的数字农业发展水平区域间差异逐渐拉大，而其余地区之间数字农业发展水平呈缩小态势；按均值大小依次为河西—南部民族地区（0.228）、河西—陇东南地区（0.207）、陇中—南部民族地区（0.201）、河西—陇中地区（0.192）、陇中—陇东南（0.145）、陇东南—南部民族地区（0.066），这说明河西—南部民族地区之间数字农业发展水平差异最显著，可能原因是河西地区数字基础设施、人才等各项资源较为丰富，进而数字农业发展较好，而南部民族地区受地理环境、数字基础设施等的限制，导致河西—南部民族地区数字农业发展水平存在显著差异。

表 4.2 区域内差异及区域间差异

年份	区域内差异				区域间差异					
	河西	陇中	陇东南	南部民族	河西-陇中	河西-陇东南	河西-南部民族	陇中-陇东南	陇中-南部民族	陇东南-南部民族
2013	0.117	0.156	0.058	0.073	0.158	0.211	0.210	0.147	0.191	0.075
2014	0.157	0.180	0.051	0.057	0.191	0.230	0.236	0.156	0.202	0.065
2015	0.183	0.182	0.056	0.052	0.217	0.238	0.268	0.140	0.204	0.088
2016	0.194	0.234	0.041	0.043	0.241	0.238	0.279	0.163	0.232	0.090
2017	0.179	0.231	0.026	0.048	0.231	0.227	0.259	0.160	0.226	0.069
2018	0.165	0.208	0.023	0.047	0.209	0.197	0.230	0.144	0.203	0.060

续表 4.2

年份	区域内差异				区域间差异					
	河西	陇中	陇东南	南部民族	河西-陇中	河西-陇东南	河西-南部民族	陇中-陇东南	陇中-南部民族	陇东南-南部民族
2019	0.160	0.208	0.027	0.018	0.203	0.203	0.221	0.147	0.193	0.044
2020	0.071	0.160	0.020	0.017	0.127	0.145	0.156	0.112	0.163	0.046
2021	0.099	0.189	0.029	0.020	0.155	0.178	0.189	0.140	0.197	0.055
均值	0.147	0.194	0.037	0.042	0.192	0.207	0.228	0.145	0.201	0.066

甘肃省 2013~2021 年数字农业发展水平区域间差异的演变过程如图 4.3 所示。图 4.3 显示，河西-陇中、河西-陇东南、河西-南部民族、陇中-陇东南、陇东南-南部民族的变化趋势大致一致，大体上均呈现波动中缓慢下降的趋势。2016 年河西-陇中、河西-陇东南、河西-南部民族、陇中-陇东南、陇中-南部民族、陇东南-南部民族的区域差异达到最大值，分别为 0.241、0.238、0.279、0.163、0.232、0.090，在 2016 年之后各区域间差异有所缩小。

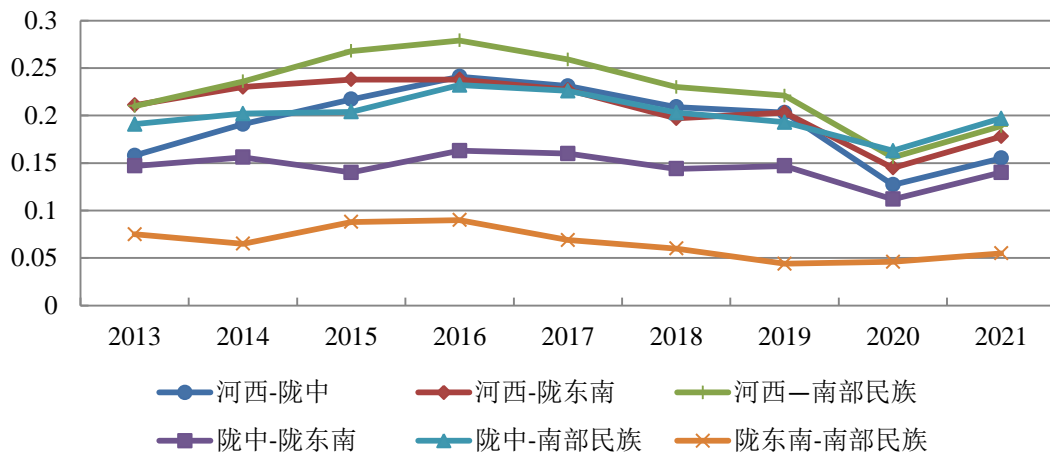


图 4.3 2013-2021 年甘肃省数字农业发展水平区域间差异

#### 4.2.4 甘肃省数字农业发展水平的区域差异来源及其贡献率

甘肃省 2013~2021 年数字农业发展水平差异及贡献率演变趋势如图 4.4 所示。从对甘肃省数字农业发展水平总体差异贡献程度的大小来看，区域间差异贡献率始终最高，平均贡献率为 75.43%，区域内贡献率均值为 16.70%，超变密度贡献率均值为 7.91%，这表明区域间差异是造成甘肃省数字农业发展水平不均衡的主要原因。从演变趋势来看，2013~2021 年期间区域间差异的贡献率和区域内差异

的贡献率变化均呈缓慢波动下降趋势，前者始终在 75%上下波动，后者在 20%波动，而超变密度贡献率虽呈现缓慢波动上升趋势，但占比最低，在整个研究期内也仅从 2013 年的 4.8% 上升至 2021 年的 7.5%。因此，加强区域间统筹规划，缩小区域间差异，特别是缩小河西地区与南部民族地区之间的区域差异是解决甘肃省数字农业区域发展不均衡的关键。

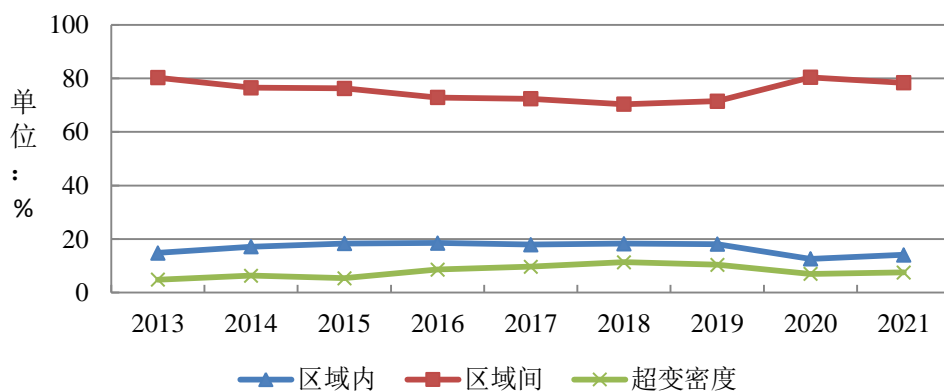


图 4.4 2013-2021 年甘肃省数字农业发展水平差异来源及贡献率

## 5 甘肃省数字农业发展水平的影响因素分析

### 5.1 模型选择及设定

#### (1) 基准回归模型

面板数据是指在一定时间内对多个观测对象进行观测和记录,并将所得数据按照时间和对象分类整理形成的数据集。面板数据计量模型通过相关检验选择随机效应模型,固定效应模型以及混合效应模型中的一种对面板数据进行建模和分析。

因为 hausman 检验的 P 值为 0,所以选择固定效应模型,其模型设定形式如下:

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_1 CE_{it} + \beta_2 CI_{it} + \beta_3 ED_{it} + \beta_4 HC_{it} + \beta_5 OL_{it} + \beta_6 FD_{it} + u_i + \varepsilon_{it} \quad (5.1)$$

其中  $i$  和  $t$  分别表示各市州和年份,  $x_{it}$  为第  $i$  个市州第  $t$  年的数字农业发展水平;  $CE_{it}$  代表第  $i$  个市州第  $t$  年的农村集体经济发展水平;  $CI_{it}$  为第  $i$  个市州第  $t$  年企业创新水平,  $ED_{it}$  为  $i$  个市州  $t$  年的经济发展水平;  $HC_{it}$  代表第  $i$  个市州第  $t$  年的乡村从业人员素质水平。  $OL_{it}$  为  $i$  个市州  $t$  年的对外开放程度,  $FD_{it}$  为  $i$  个市州  $t$  年的金融发展水平。  $\beta$  为各解释变量的系数,  $u_i$  表示个体效应,  $\varepsilon_{it}$  为随机干扰项。

#### (2) 面板分位数回归模型

传统的面板回归主要关注解释变量对被解释变量的平均影响,而分位数回归模型则能更深入地探讨不同分位点下自变量  $X$  对因变量  $Y$  的影响趋势及主要影响因素,从而弥补了传统方法的局限。

面板分位数回归进一步融合了分位数回归与面板数据的优点,精确描绘了解释变量对被解释变量的变化范围和条件分布特征,提升了模型估计的准确性和稳健性。本文采用 Stata 软件中的 `xtqreg` 命令来实现面板分位数回归模型的估计。固定效应面板分位数回归的设定形式如下:

$$Q_{y_{it}}^{(\tau)}(\tau|x_{it}) = \alpha_i + x_{it}^T \beta \quad (5.2)$$

其中  $i=1,2,\dots,N,t=1,2,\dots,T$ ，参数估计方法如下：

$$\left( \hat{\beta}(\tau_k, \lambda), \{\alpha_i(\lambda)\}_{i=1}^N \right) = \arg \min \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N w_k \rho_{\tau_k}(y_{it} - \alpha_i - x_{it}^T \beta_{\tau_k}) + \lambda \sum_{i=1}^N |\alpha_i| \quad (5.3)$$

上式中  $w_k$  表示权重， $\tau_k$  表示第  $K$  个分位数对固定效应的贡献， $\lambda$  是惩罚因子，当  $\lambda \rightarrow 0$  时，惩罚项消失，为固定效应，当  $\lambda \rightarrow \infty$  时则认为固定效应消失，为混合模型。

## 5.2 变量选取

本文选取 2013-2021 年甘肃省 14 个市州的面板数据进行统计分析，数据来源《甘肃发展年鉴》《甘肃农村年鉴》。

**农村集体经济发展水平 (CE)：**农村集体经济发展较好的地区，通过土地流转、土地股份合作等方式，实现了土地的集约化、规模化经营，为数字农业技术的应用提供了必要条件。同时，当农村集体经济得到良好发展时，其农业产业链往往也会更加完善。这种完善不仅体现为农业生产环节的优化，还体现在农产品加工、销售等后续环节的协同发展，有助于实现农业生产与市场需求之间的精准对接，提高农产品的附加值和市场竞争力。本文采用农民合作社数量衡量。

**企业创新水平 (EI)：**企业创新水平的高低直接决定了其在农业技术方面的研发和应用能力。具备高度创新能力的企业能够不断推出新的农业技术，如精准农业、智能农机装备、农业物联网等，这些技术的应用能够显著提高农业生产效率，改善农产品质量，推动数字农业的发展。本文采用申请专利的企业占比来衡量。

**经济发展水平 (ED)：**经济发展水平高的地区拥有更强的经济实力和投资能力，为数字农业提供了更多的资金支持。这意味着可以更容易地建设数字化农业平台、引进先进农业机械设备和开发智能农业应用。因此，经济发展水平越高，对数字农业的投资和资金支持越充足，推动数字农业发展更加迅速。本文采用地区生产总值衡量。

**乡村从业人员素质水平 (HC)：**高素质的农业从业人员能快速掌握和应用数字农业技术，提高生产效率和决策水平，推动数字农业技术的广泛应用和农业发

展。本文采用高中及以上文化程度乡村从业人员占比衡量。

对外开放程度（OL）：对外开放程度较高地区的优势在于可以通过引进国际先进技术、加强市场竞争与产业升级、吸引国际资本投入以及增加人才培养与交流机会，从而推动数字农业的持续发展。本文采用进出口总额占地区生产总值的比重衡量。

金融发展水平（FD）：金融发展水平的提高为数字农业注入了更多的资本，推动了农业科技创新和基础设施建设，同时也为农民和农业企业提供了风险管理和保障。随着金融服务机构的创新，数字农业获得了更加便捷、高效的金融服务，这促进了农业产业升级，鼓励了更多投资者和农民积极参与数字农业项目，从而加快了数字农业技术的研发和应用。本文采用年末金融机构各贷款余额占地区生产总值的比重衡量。

表 5.1 模型指标解释

变量类别	变量名称	变量符号	统计方法
被解释变量	数字农业发展水平	DA	前文熵值法算出的数字农业得分
解释变量	农村集体经济发展水平	CE	农民专业合作社数量取对数
	企业创新水平	EI	申请专利的企业占比
	经济发展水平	ED	地区生产总值取对数
	乡村从业人员素质水平	HC	高中及以上文化程度乡村从业人员占比
	对外开放程度	OL	进出口总额/GDP
	金融发展水平	FD	年末金融机构各贷款余额/GDP

## 5.3 实证检验及结果分析

### 5.3.1 多重共线性检验

为避免变量之间的多重共线性问题，对选取的各变量进行多重共线性检验。由表 5.2 可知，各个变量的  $VIF < 10$ ，不存在多重共线性，可以进行后续分析。

表 5.2 多重共线性检验结果

Variable	VIF	1/VIF
经济发展水平	1.63	0.614173
乡村从业人员素质水平	1.41	0.709789
金融发展水平	1.38	0.725621
集体经济发展水平	1.30	0.768643
企业创新水平	1.27	0.789967
对外开放程度	1.22	0.822432
Mean VIF	1.37	

### 5.3.2 基准回归分析

表 5.3 分别列出了随机效应回归及固定效应回归结果，因为 *hausman* 检验的 *P* 值为 0，所以选择固定效应模型。

从表 5.3 来看，农村集体经济发展水平的参数估计值为 0.022，通过 10% 的显著性检验，虽然显著性较低，但仍然表明农村集体经济的发展在数字农业发展过程中发挥了重要的作用。企业创新水平的参数估计值为 0.317，在 10% 的水平下显著，说明申请专利的企业占比对于数字农业发展具有正向促进作用，申请专利的企业占比越高，表明企业在创新创造方面更加积极活跃，为数字农业发展提供了有力支撑。乡村从业人员素质水平的参数估计值为 0.242，通过 5% 的显著性检验，说明高中及以上文化程度乡村从业人员占比每提高一个单位，数字农业发展水平就会提高 0.242 个单位，即高中及以上文化程度乡村从业人员占比越大，就会为人才储备、技术支撑、创新驱动和市场意识等提供有力支持，从而推动数字农业的快速发展。经济发展水平的参数估计值为 0.124，通过 1% 的显著性检验，表明经济发展水平每提高一个单位，数字农业发展水平便会提高 0.124 个单位，这可能是经济发展水平越好的地方，基础设施建设越完善、市场需求越大、农业产业链越完善，这都为数字农业发展创造了有利条件。对外开放程度的参数估计值为 0.314，通过了 5% 的显著性检验，表明对外开放程度每提高一个单位，数字农业发展水平就会提高 0.314 个单位，这可能主要得益于技术引进、市场竞争、产业升级等各方面的综合作用。金融发展水平的参数估计值为 0.049，通过了 1% 的显著性检验，即金融发展水平每提高一个单位，数字农业发展水平就会提高 0.049 个单位，金融发展水平越高，意味着资金渠道更加丰富，融资成本更低，



同时也意味着资本运作更灵活、金融创新服务越活跃，这都为数字农业发展创造了有利条件。

表 5.3 基准回归结果

变量	(1)	(2)
	Re	Fe
CE	0.001 (0.009)	0.022* (0.012)
EI	0.558*** (0.163)	0.317* (0.162)
HC	0.308*** (0.107)	0.242** (0.097)
ED	0.027 (0.021)	0.124*** (0.043)
OL	0.403*** (0.104)	0.314** (0.143)
FD	0.056*** (0.010)	0.049*** (0.012)
_cons	-0.372 (0.320)	-1.971*** (0.621)

Standard errors in parentheses \*  $p < 0.1$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$

### 5.3.3 稳健性检验

采用补充变量法进行稳健性检验。公路里程越长就会带来市场规模的扩大、物流效率的提高、技术扩散的加速，从而会影响数字农业的发展水平。因此，本文选取公路里程作为补充变量进行稳健性检验，稳健性结果如表 5.4 所示。

由表 5.4 的 (2) 列可知，增加公路里程 (KM) 作为补充变量，结果与基准回归中固定效应模型的结果基本一致，说明该模型结果较为稳健。

表 5.4 稳健性检验

变量	(1)	(2)
CE	0.022* (0.012)	0.025* (0.013)
EI	0.317* (0.162)	0.321* (0.163)
HC	0.242** (0.097)	0.233** (0.098)
ED	0.124*** (0.043)	0.128*** (0.043)

续表 5.4

变量	(1)	(2)
OL	0.314** (0.143)	0.301** (0.144)
FD	0.049*** (0.012)	0.051*** (0.012)
KM		-0.053 (0.058)

Standard errors in parentheses \*  $p < 0.1$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$

## 5.4 面板分位数回归分析

因为传统的面板回归主要关注解释变量对被解释变量的平均影响,而分位数回归模型则能更深入地探讨不同分位点下自变量 X 对因变量 Y 的影响。因此,为了进一步研究不同数字农业发展水平下,各影响因素是如何对数字农业发展水平产生影响的,本文运用面板分位数回归方法,选取 0.1、0.25、0.5、0.75、0.9 这五个分位点进行分析,具体回归结果如表 5.5 所示:

农村集体经济发展水平在 0.1、0.25、0.5 这三个分位点上均通过了 5% 的显著性检验,并且在 0.1 分位点时系数最大,在该分位点上农村集体经济发展水平每提高 1 个单位,数字农业发展水平就会提高 0.039 个单位。从该表中可以看出农村集体经济发展水平对数字农业发展水平的影响呈现递减趋势,在 0.9 分位点上系数最小,表明在数字农业发展的高水平阶段,农村集体经济发展水平的作用相对减弱。

企业创新水平虽然对数字农业发展水平的作用呈现递增趋势,但在所有分位点上均未通过检验,这可能是专利研发申请周期较长,并且因为技术实施难度、资金、市场渠道等方面的限制,导致在实际应用中将专利转化为数字农业技术存在一定的困难,使其对数字农业发展水平的推动作用相对有限

乡村从业人员素质水平在 0.5 和 0.75 分位点上通过了 5% 的显著性检验,在 0.9 分位点上通过了 10% 的显著性检验,并且在 0.9 分位点上系数最大,在该分位点上乡村从业人员素质水平每提高一个单位,数字农业发展水平就会提高 0.378 个单位。相较于低分位点,在高分位点上乡村从业人员素质水平对数字农业发展水平的推动作用相对较大。

经济发展水平在 0.5 和 0.75 分位点上通过了 5% 的显著性检验,在 0.9 分位

点上通过了 10% 的显著性检验，并且在 0.9 分位点上系数最大，在该分位点上经济发展水平每提高一个单位，数字农业发展水平就会提高 0.193 个单位，且从低分位点到高分位点，回归系数呈现出逐步增大的趋势。

对外开放程度仅在 0.75 分位点上通过了 10% 的显著性检验，在该分位点上对外开放程度每提高 1 个单位，数字农业发展水平就会提高 0.449 个单位。可能原因是对外开放程度的提高会带来资源与环境压力、引进技术与本地发展不匹配等问题，进而削弱了对外开放程度对数字农业发展水平的正向作用。

金融发展水平在所有分位点上均显著为正，除了在 0.9 分位点上通过了 10% 的显著性检验，在其余分位点上均通过了 1% 的显著性检验，并且各分位点对应的系数波动较小。这表明数字农业发展水平在很大程度上受到金融发展水平的影响。

表 5.5 面板分位数结果表

变量	0.1	0.25	0.5	0.75	0.9
CE	0.039** (0.019)	0.033** (0.015)	0.024** (0.012)	0.014 (0.016)	0.002 (0.026)
EI	0.119 (0.356)	0.186 (0.276)	0.290 (0.212)	0.416 (0.289)	0.556 (0.473)
HC	0.129 (0.169)	0.167 (0.131)	0.227** (0.101)	0.298** (0.137)	0.378* (0.224)
ED	0.067 (0.079)	0.086 (0.061)	0.116** (0.048)	0.153** (0.065)	0.193* (0.105)
OL	0.042 (0.309)	0.135 (0.239)	0.277 (0.187)	0.449* (0.253)	0.642 (0.411)
FD	0.053*** (0.020)	0.052*** (0.015)	0.049*** (0.012)	0.047*** (0.016)	0.044* (0.026)

Standard errors in parentheses \*  $p < 0.1$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$

## 5.5 区域异质性分析

甘肃省各市州资源禀赋和发展阶段有较大差异，导致各地数字农业发展水平有所差异，因此借鉴胡雪瑶等（2019）的做法，将甘肃省各市州分为四个区域来进行异质性检验，区域划分如表 5.6 所示：

表 5.6 异质性检验区域划分

变量	所含地区
陇中地区	兰州市、白银市、定西市
陇东南地区	天水市、平凉市、庆阳市、陇南市
河西地区	嘉峪关市、金昌市、酒泉市、张掖市、武威市
南部民族地区	临夏州、甘南州

根据表 5.6 的各区域划分进行地区异质性分析，以此来判断甘肃省各区域数字农业影响因素是否有显著差异，具体结果如表 5.7 所示：

由表 5.7 异质性检验结果可知，河西地区提高数字农业发展水平的关键是注重农村集体经济发展，从表 5.7 的第二列可以看到河西地区农村集体经济发展水平的参数估计值是 0.089，通过了 5% 的显著性检验，这表明农村集体经济发展水平每提高一个单位，河西地区数字农业发展水平就会提高一个单位，即农村集体经济发展水平的增加意味着农业生产者及农业资源的聚集，形成规模效应，推动技术创新和农产品质量保障，通过促进这些方面的提升，农民合作社可以为数字农业的发展提供有力支持；其余影响因素对河西地区数字农业发展水平的影响并不显著，可能是因为河西地区数字农业发展水平位于全省领先地位，金融发展水平、企业创新水平等发展较好，对数字农业发展水平的促进作用远不如农村集体经济发展水平的促进作用。陇中地区农村集体经济发展水平、企业创新水平、金融发展水平均通过了 5% 的显著性检验，其中农村集体经济发展水平对陇中地区数字农业发展水平产生负向作用，可能原因是陇中地区目前农村集体经济发展与当前农业发展不匹配，未能有效发挥对数字农业发展水平的促进作用，并且由于当前陇中地区农民合作社数量繁多，缺乏规范化管理，在此情况下对数字农业的发展不太有利；对于陇中地区而言，提高企业创新水平与金融水平是陇中地区提高数字农业发展水平的关键。陇东南地区企业创新水平通过 1% 的显著性检验，农村集体经济发展水平、经济发展水平与金融发展水平均通过 10% 的显著性检验，表明增强企业创新能力对提高陇东南地区数字农业发展水平至关重要，同时发展农村集体经济、提高经济发展水平与金融发展水平也能在一定程度上有效提升陇东南地区数字农业发展水平。南部民族地区农村集体经济发展水平与金融发展水平均通过了 5% 的显著性检验，但是金融发展水平对南部民族地区数字农业呈现负向作用，可能原因是南部民族地区金融机构各项贷款余额总数中非农贷款占比较大，而农业贷款较少，因此当地金融发展水平未能有效促进数字农业发展水平

的提升。

表 5.7 数字农业发展影响因素的区域差异分析

	河西地区	陇中地区	陇东南地区	南部民族地区
CE	0.089** (0.039)	-0.080*** (0.026)	0.027* (0.014)	0.056** (0.022)
EI	0.180 (0.302)	2.735*** (0.578)	1.288*** (0.237)	-0.364 (0.512)
HC	0.260 (0.189)	-0.034 (0.120)	0.109 (0.122)	0.165 (0.188)
ED	0.139 (0.140)	0.068 (0.098)	0.100* (0.050)	0.092 (0.054)
OL	0.193 (0.283)	0.181 (0.171)	-0.531 (0.421)	-0.125 (0.624)
FD	0.033 (0.052)	0.069*** (0.011)	0.044* (0.023)	-0.071** (0.028)
_cons	-2.530 (2.021)	-0.457 (1.459)	-1.684** (0.699)	-1.506** (0.663)

Standard errors in parentheses \*  $p < 0.1$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$

## 6 主要结论及政策建议

### 6.1 主要研究结论

通过构建指标体系,运用熵值法、Dagum 基尼系数、面板分位数回归等方法对甘肃省 14 个市州 2013-2021 年的数字农业发展水平进行综合评价,了解不同市州的数字农业发展水平,深入剖析数字农业区域内、区域间差异,并结合探索性空间数据方法了解其空间分布特征,最后基于面板固定效应回归模型和面板分位数回归模型对甘肃省数字农业发展水平的相关影响因素进行参数估计。得到如下结论:

(1) 从指标测算结果来看,在 2013-2021 年整个样本观察期内,甘肃省各市州数字农业发展水平不断提高。但是其发展存在明显的区域异质性特点,即数字农业高水平地区大多集中于河西地区,而经济发展水平相对较弱的地区其数字农业发展水平也相对较弱。此外从空间集聚角度来看,甘肃省数字农业发展水平呈现出高-高集聚与低-低集聚特征,前者分布在河西地区,后者分布在其他三个地区。

(2) 从基尼系数来看,首先,除了个别年份总体基尼系数稍微有所上升之外,其余大多时间段都呈下降趋势,表明甘肃省数字农业水平总体差异在逐渐减小。总体 Dagum 基尼系数从 2013 年的 0.216 下降到 2021 年的 0.198,降幅约为 8%,表明总体差异降幅不大,基尼系数从 0.2 以上下降为 0.2 以下,表明甘肃省数字农业发展水平总体差异较小。但同时也要注意总体差异的波动性,特别是 2021 年总体基尼系数不降反增,说明要重视不同区域间的发展差距;其次,从区域内部差异来看,陇东南地区、河西地区、南部民族地区的基尼系数呈现波动中下降趋势,而陇中地区基尼系数呈波动中上升趋势,表明陇中地区内部差距有一定的扩大趋势;此外,根据区域间基尼系数来看,除陇中—南部民族地区基尼系数有所上升之外,其余区域间基尼系数均有所下降;最后,就贡献率而言,区域间差异贡献率始终最高,平均贡献率为 75.43%,区域内贡献率均值为 16.7%,超变密度贡献率均值为 7.91%,这表明区域间差异是导致甘肃省数字农业发展水平不均衡的主要原因。

(3) 实证分析方面, 首先运用面板固定效应模型进行基准回归分析, 结果显示, 经济发展水平、乡村从业人员素质水平、金融发展水平、农村集体经济发展水平、企业创新水平与对外开放程度六个因素均能在一定程度上对甘肃省数字农业发展水平产生积极作用; 其次, 从面板分位数回归结果来看, 农村集体经济发展水平在 0.1、0.25、0.5 三个分位点上均显著为正, 表明在数字农业发展初期和中期, 农村集体经济发展水平会对数字农业发展水平产生显著正向影响。就企业创新水平而言, 各分位点下均未能通过显著性检验, 这与基准回归结果有所出入, 可能是由于专利研发申请周期较长, 再加上资金、市场渠道等方面的限制, 导致企业创新水平对数字农业发展产生影响所需时间较长。乡村从业人员素质水平和经济发展水平在 0.5、0.75、0.9 三个分位点上显著为正, 表明在数字农业发展中后期, 乡村从业人员素质水平和经济发展水平会对数字农业发展水平产生积极作用。对外开放程度仅在 0.75 分位点上显著, 这可能由对外开放程度提高带来资源与环境压力、引进技术与本地发展不匹配等问题, 削弱了对外开放程度对数字农业发展水平的影响。金融发展水平在各分位点上均显著为正, 说明金融发展水平对数字农业发展水平具有明显的推动作用。

(4) 在区域异质性分析中, 各个影响因素对数字农业的影响各不相同。河西地区和南部民族地区农村集体经济发展水平对数字农业发展水平的促进作用显著大于陇中地区和陇东南地区; 而陇中地区与陇东南地区企业创新水平与金融发展水平对数字农业发展水平的促进作用显著大于河西地区和南部民族地区。

## 6.2 政策建议

### 6.2.1 发展新型农村集体经济

从实证分析结果可知, 农村集体经济发展水平对数字农业的发展至关重要。小农经济生产效率低下的弊端决定了在数字农业发展中要注重农村集体经济发展。这是因为, 相较于小农经济, 农村集体经济在资源整合、规模经营以及技术应用等方面具有显著优势, 能够更好地适应数字农业发展的需求。

充分发挥地区资源优势。酒泉、金昌、张掖等地在种业方面具有明显的优势。在这些地区, 政府应该继续加大投入, 加强种业科技创新, 推广先进的种植技术

和管理经验,提高种业的产量和质量,以满足市场需求。临夏、甘南两地拥有丰富的畜牧业资源,政府可以借助这些优势,引导农民发展畜牧业,提高畜牧业的产值和效益。为了更好地发挥这些地区的优势,政府应该加大对畜牧业的投入,加强基础设施建设,提高养殖技术和防疫水平,推动畜牧业的现代化和规模化发展。

优化农村集体经济的发展环境。政府应出台相关政策并投入资金支持,鼓励农民发挥自身优势,创新经营模式,拓宽发展路径。通过组建合作社、集体农场等组织形式,实现农业资源的共享和优化配置。同时,加强农村集体经济组织的培育和规范,提升管理水平和市场竞争力。

推动农村集体经济与电商产业融合发展。政府应通过政策扶持和资金支持,培育一批具有地方特色的电商平台和企业,提升电商产业的整体竞争力,并且建立高效的仓储系统、优化配送路线、提升物流信息化水平。例如陇南的电商模式是全国农村电商发展的成功典型,可以将此打造成陕甘川三省交界区域的电商中心城市,同时将兰州、张掖、敦煌等地建设为“一带一路”重要节点的电商中心,争取在每个市州建设产业集中、市场辐射力强的区域性电商中心城市,通过政策创新和示范引领,培育电商新业态,以更好地促进农村电商的发展。

### 6.2.2 发挥辐射带动作用

由 Dagum 基尼系数的计算结果可知区域间差异是导致甘肃省各市州数字农业发展不平衡的主要原因,加之空间分布上具有高-高集聚与低-低集聚的特征,因此,可以充分发挥辐射带动作用,促进资源和要素的合理流动,逐步实现区域间的均衡发展,缩小发展差距。河西地区和陇东地区数字农业发展环境和产业基础较成熟,可以把这两个地区作为全省数字农业发展示范区,在政策、资金、技术等方面给予大力支持,促进陇东地区果业、河西走廊种业持续发展,并鼓励其把部分产业转移到数字农业发展较为落后的陇中地区、陇南地区,带动其两地数字农业发展,不仅可以降低生产成本、利用丰富的自然资源,还能利用剩余资金进行技术升级改造,增强核心竞争力。此外,酒泉市肃州区现代农业产业园、兰州新区现代农业产业园、嘉峪关市现代农业产业园、张掖市民乐县现代农业产业园要继续发挥全省现代农业排头兵作用,辐射带动周边区域农业产业健康发展。



政府应合理布局园区，进一步加强对园区特色生产、加工、销售业的扶持，引领以生产研发为动力的创新，推动加工运输技术的创新，并促进服务业的多元化发展。

### 6.2.3 强化数字农业人才队伍建设

建立健全农民数字素养培育体系。整合政府、企业、学校、社会机构等各方资源，形成一个涵盖农业技术、电子商务、网络直播、普惠金融等多个与数字农业紧密相关领域的全方位、多层次培训体系。针对新型农业经营主体、返乡农民工和留守妇女等群体，量身定制实践性与操作性强的培训活动，融合线上线下模式，利用网络平台远程授课，开展实地操作与现场指导，确保其能真正掌握数字农业技能。同时，开发适合农民的信息技能培训 App，探索线上授课、夜校平台等多元形式，满足不同学习需求，促进数字农业知识的普及与应用。

壮大数字农业人才队伍。一方面，支持高校设立数字农业相关专业和课程，并鼓励农业科研机构、高校和企业共建培训中心，形成产学研紧密结合的人才培养模式。另一方面，加大专业化数字人才的引进力度。通过政策支持和项目引导，积极引进农业物联网、互联网、大数据等领域的专业人才投身数字农业领域，并建立多元化的激励机制，留住高层次人才。同时，优化人才引育环境，制定优惠政策，鼓励专业技术人员向基层流动，提高基层数字农业服务水平。

### 6.2.4 完善数字农业服务体系

强化基础设施建设。第一，通过增加基站数量、优化网络布局等方式，加大农村地区的网络基础设施建设力度，提升农村地区的网络信号质量和传输速度。同时，加强网络技术的升级和改造，推动 5G、物联网等新技术在农业领域的应用。第二，建设农业大数据平台，整合各种农业数据资源，形成全面的农业数据仓库。通过数据挖掘和分析，为农业生产提供精准的指导和服务。加强云计算、人工智能等技术在农业领域的应用，提升数据处理和分析的智能化水平。第三，完善农业物联网设施。在农田、温室等农业生产场所配备传感器、摄像头等物联网设备，实时监测土壤、气候、作物生长等关键信息，帮助农民做出更科学的种植决策，提高农业生产效率。在此基础上，建设物联网平台，连接各类物联网设

备，实现数据集成共享，方便了解农田实时情况，调整生产方案。

完善金融服务体系。金融发展水平的提升能够有效促进数字农业的发展，因此，为了强化金融支持并保障数字农业的稳健前行，需要采取一系列综合措施，以确保金融资源能够有效地促进数字农业的发展。第一，创新金融产品和服务。结合不同阶段数字农业的发展需求，调整贷款和保险方案，利用大数据和人工智能技术进行风险评估。第二，优化信贷流程、降低融资成本以及加强金融基础设施建设来提高金融服务可及性和效率。同时，促进金融与科技的融合，利用区块链、云计算等金融科技手段提高服务效率和风险管理水平。建立风险分担机制，通过政府、金融机构、担保机构等多方合作，降低对数字农业的风险担忧。第三，出台相关政策，引导和支持数字普惠金融的发展，并加大对数字农业和数字普惠金融的宣传力度，提升农民和企业的金融意识和风险管理能力，从而确保数字农业在强有力的金融支持下实现稳健前行。

## 参考文献

- [1] Adilova A G. Features and conceptual foundations of introduction of digital economy in agriculture [J]. *ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal*, 2019, 9(7): 83-88.
- [2] Marcal De Queiroz D, M. Valente D S, de Assis De Carvalho Pinto F, et al. *Digital Agriculture* [M]. Cham: Springer International Publishing AG, 2022.
- [3] Beksultanova A I, Dzhanhotova P M, Shardan S K. Problems of digital transformation in agriculture and instruments of state support [J]. *IOP conference series. Earth and environmental science*, 2023, 1154(1): 12061.
- [4] Dara R, Hazrati F S, Kaur J. Recommendations for ethical and responsible use of artificial intelligence in digital agriculture [J]. *Front Artif Intell*, 2022, 5: 884192.
- [5] Eastwood C, Ayre M, Nettle R, et al. Making sense in the cloud: Farm advisory services in a smart farming future [J]. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, 2019, 90-91 (C): 100298-100298.
- [6] Gebresenbet G, Bosona T, Patterson D, et al. A concept for application of integrated digital technologies to enhance future smart agricultural systems [J]. *Smart agricultural technology*, 2023, 5: 100255.
- [7] Hannus V., Kolbe T.H. Towards a common understanding of digital transformation in agriculture [J]. *Lecture Notes in Informatics (LNI), Proceedings-Series of the Gesellschaft für Informatik (GI)*, 2021, P-309.
- [8] Smidt H J, Jokonya O. Towards a framework to implement a digital agriculture value chain in South Africa for small-scale farmers [J]. *Journal of transport and supply chain management*, 2022, 16(1): e1-e16.
- [9] Khanna M, Atallah S S, Kar S, et al. Digital transformation for a sustainable agriculture in the United States: Opportunities and challenges [J]. *Agriculture-leconomics*, 2022, 53(6): 924-937.

- [10]Khanna, Madhu, Jordan Louviere, Xi Yang. Motivations to grow energy crops: the role of crop and contract attributes[J]. *Agricultural Economics* 48.3(2017): 263-277.
- [11]Ravis T, Notkin B. Urban Bites and Agrarian Bytes: Digital Agriculture and Extended Urbanization[J]. *Berkeley planning journal*, 2020,31(1).
- [12]Miao R, Khanna M. Costs of meeting a cellulosic biofuel mandate with perennial energy crops: Implications for policy[J]. *Energy economics*, 2017,64: 321-334.
- [13]Sinitisa Yulia, Borodina Olga, Gvozdeva Olga, Kolbneva Elena. Trends in the development of digital agriculture: a review of international practices[J]. *BIO Web of Conferences*.vol.37.EDP Sciences,2021.
- [14]Sulimin V V, Shvedov V V, Lvova M I. The introduction of the digital farming concept in the agricultural sector of Russia[J]. *IOP conference series.Earth and environmental science*, 2020,548(3): 32011.
- [15]Walter A. How will digitalization change agriculture?[J]. *International trade forum*, 2016,2016(2): 28-29.
- [16]曹宏鑫,赵锁劳,葛道阔,等.农业模型与数字农业发展探讨[J].*江苏农业学报*,2012,28(05):1181-1188.
- [17]陈航英.小农户与现代农业发展有机衔接—基于组织化的小农户与具有社会基础的现代农业[J]. *南京农业大学学报(社会科学版)*,2019,19(02):10-19+155.
- [18]陈江,熊礼贵.数字农业内涵、作用机理、挑战与推进路径研究[J].*西南金融*,2022(10):92-102
- [19]陈明衡. 数字农业与数字普惠金融的融合[J].*中国金融*,2022,(10):65-66.
- [20]邓汉慧,邓璇.发达国家农业现代化经验对我国农业发展的启示[J].*农业经济问题*,2007,(09):106-109.
- [21]董晓芳,徐金良.中国数字农业高质量发展水平的综合评价[J].*现代农业研究*, 2022,28(11):11-15.
- [22]高亮之.数字化农业气象学[J].*中国农业气象*,2003(02):2-5.
- [23]葛佳琨,刘淑霞.数字农业的发展现状及展望[J].*东北农业科学*,2017,42(03):58-62.

- [24] 耿鹏鹏,杜文忠.基于“智慧”过程模型的广西智慧农业发展状态测度分析[J].科技管理研究,2020,40(19):94-102.
- [25] 郭庆海.小农户:属性、类型、经营状态及其与现代农业衔接[J].农业经济问题,2018,(06):25-37.
- [26] 何闪闪,王思秀.数字农业高质量发展:现状、影响因素及启示[J].统计理论与实践,2023(05):44-50.
- [27] 侯秀芳,王栋.新时代下我国“智慧农业”的发展路径选择[J].宏观经济管理,2017(12):64-68.
- [28] 胡雪瑶,张子龙,陈兴鹏,等.县域经济发展时空差异和影响因素的地理探测——以甘肃省为例[J].地理研究,2019,38(04):772-783.
- [29] 黄修杰,蔡勋,储霞玲,等.我国农业高质量发展评价指标体系构建与评估[J].中国农业资源与区划,2020,41(04):124-133.
- [30] 黄卓,王萍萍.数字普惠金融在数字农业发展中的作用[J].农业经济问题,2022,(05):27-36.
- [31] 姜长云.发展数字经济引领带动农业转型和农村产业融合[J].经济纵横,2022,(08):41-49.
- [32] 金建东,徐旭初.数字农业的实践逻辑、现实挑战与推进策略[J].农业现代化研究,2022,43(01):1-10.
- [33] 孔祥智,穆娜娜.实现小农户与现代农业发展的有机衔接[J].农村经济,2018,(02):1-7.
- [34] 李聪聪.中国数字农业发展的机制、水平及影响因素研究[D].辽宁大学,2023.
- [35] 李芳.中国式现代化背景下数字农业发展水平测度与空间区位分布[J].饲料研究,2023,46(19):186-192.
- [36] 李开宇,杨宁,冯良山.我国农业高质量发展过程中存在问题及发展对策[J].农业经济,2023,(03):32-33.
- [37] 廖泰来,张秋红.乡村振兴背景下数字农业发展水平评价指标体系研究[J].现代商贸工业,2023,44(01):19-21.
- [38] 刘学侠,陈传龙.数字技术推动农业产业结构转型升级路径研究[J].行政管理改革,2022(12):57-65.

- [39] 吕普生.数字乡村与信息赋能[J].中国高校社会科学,2020(02):69-79+158-159.
- [40] 刘博文.河南省数字农业应用研究概况与发展策略[J].河南农业科学,2011,40(03):14-18.
- [41] 梁斌,吕新,王冬海,等.规模化数字农业农村发展趋势探讨——以新疆生产建设兵团为例[J].农业经济,2020,(12):36-38.
- [42] 梁琳.数字经济促进农业现代化发展路径研究[J].经济纵横,2022,(09):113-120.
- [43] 刘海启.加快数字农业建设,为农业农村现代化增添新动能[J].中国农业资源与区划,2017,38(12):1-6.
- [44] 刘海启.以精准农业驱动农业现代化加速现代农业数字化转型[J].中国农业资源与区划,2019,40(01):1-6+73.
- [45] 卢钰,赵庚星.“数字农业”及其中国的发展策略[J].山东农业大学学报(自然科学版),2003(04):485-488+498.
- [46] 倪洪兴,刘武兵.农业对外开放与农业产业安全[J].中国党政干部论坛,2011,(09):43-47.
- [47] 倪国华,蔡昉.农户究竟需要多大的农地经营规模?——农地经营规模决策图谱研究[J].经济研究,2015,50(03):159-171.
- [48] 牛胜强.巩固拓展脱贫攻坚成果同乡村振兴有效衔接的战略考量与推进策略——基于农村集体经济与农业数字化转型协同发展[J].东北农业大学学报(社会科学版),2023,21(03):76-84.
- [49] 潘璐.村集体为基础的农业组织化——小农户与现代农业有机衔接的一种路径[J].中国农村经济,2021,(01):112-124.
- [50] 庞静.甘肃省发展数字农业的机遇和对策[J].农业科技与信息,2022,(22):125-128.
- [51] 彭傲天,安鑫丽,张良悦.中国农业数字化转型发展的问题与出路[J].区域经济评论,2023,(04):91-99.
- [52] 彭程.基于物联网技术的智慧农业发展策略研究[J].西安邮电学院学报,2012,17(02):94-98.
- [53] 齐文浩,张越杰.以数字经济助推农村经济高质量发展[J].理论探索,2021(03):93-99.

- [54] 秦秋霞,郭红东,曾亿武.乡村振兴中的数字赋能及实现途径[J].江苏大学学报(社会科学版),2021,23(05):22-33.
- [55] 沈剑波,王应宽.中国农业信息化水平评价指标体系研究[J].农业工程学报,2019,35(24):162-172.
- [56] 宋常迎,郑少锋,郑雯雯.“十四五”时期数字农业关键技术发展的创新路径[J].科学管理研究,2022,40(01):79-85.
- [57] 苏锦旗,潘婷,董长宏.中国农业数字化发展及区域差异评价[J].西北农林科技大学学报(社会科学版),2023,23(04):135-144.
- [58] 孙豹,田儒雅.中国数字农业发展现状与前景初探[J].农业展望,2021,17(04):62-67.
- [59] 谭曼舒.我国数字农业竞争力测度及影响因素研究[D].江西财经大学,2023.
- [60] 田娜,杨晓文,单东林,等.我国数字农业现状与展望[J].中国农机化学报,2019,40(04):210-213.
- [61] 万宝瑞.新形势下我国农业发展战略思考[J].农业经济问题,2017,38(01):4-8.
- [62] 王德振.西北五省区营商环境、农业对外开放与农业高质量发展时空关系研究[D].新疆农业大学,2022.
- [63] 王海宏,周卫红,李建龙,等.我国智慧农业研究的现状·问题与发展趋势[J].安徽农业科学,2016,44(17):279-282.
- [64] 王温淑.我国省域数字农业发展水平综合评价及影响因素分析[D].内蒙古财经大学,2022.
- [65] 王小君.数字农业与我国西部民族地区农业的可持续发展[J].中南民族大学学报(人文社会科学版),2005,(05):72-75.
- [66] 隗玮.“数字农业”与我国农业的可持续发展[J].经济问题探索,2003(11):71-72.
- [67] 夏玉林,唐剑.乡村振兴背景下数字农业发展困境与战略研究[J].农业经济,2023,(05):3-6.
- [68] 向红玲.大力推进数字农业高质量发展[J].宏观经济管理,2024,(01):55-61+77.
- [69] 肖艳,徐雪娇,孙庆峰.数字农业高质量发展评价指标体系构建及测度[J].农村经济,2022,(11):19-26.

- [70]徐君,郭徐青,崔珂珂.数字创新赋能农业高质量发展的水平测度与区域差异[J].中国流通经济,2023,37(08):54-64.
- [71]徐明峰.全球农产品贸易与中国农产品国际竞争力研究[D].东北财经大学,2012.
- [72]徐旭初,吴彬.合作社是小农户和现代农业发展有机衔接的理想载体吗?[J].中国农村经济,2018,(11):80-95.
- [73]杨秀芝.数字农业的发展态势与商业银行的策略选择[J].金融纵横,2019,(08):36-42.
- [74]杨印生,薛春序,许莹,等.智慧农业的社会经济特征、发展逻辑与系统阐释[J].吉林农业大学学报,2021,43(02):146-152.
- [75]杨宇姝,王福林,刘晓华.数字农业带动中国农业现代化的战略探讨[J].农机化研究,2007(12):246-247+250.
- [76]张默,孙科.农业高质量发展理论内涵、水平测度及评价研究[J].农业经济,2021(05):6-8.
- [77]张太宇,王燕红.数字农业高质量发展的财政支持机制[J].江苏农业科学,2021,49(22):1-11.
- [78]张鸿,王浩然,李哲.乡村振兴背景下中国数字农业高质量发展水平测度—基于2015—2019年全国31个省市数据的分析[J].陕西师范大学学报(哲学社会科学版),2021,50(03):141-154.
- [79]张彦军,李道亮.农业生产数字化率测度方法及实证研究[J].山东农业科学,2021,53(06):143-149.
- [80]张滨丽,卞兴超.基于AHP的黑龙江省智慧农业综合效益评估[J].中国农业资源与区划,2019,40(02):109-115.
- [81]张合林,王颜颜.数字普惠金融与农业高质量发展水平的收敛性研究[J].金融理论与实践,2021,(01):9-18.
- [82]张显萍,吴自爱.基于因子分析的农业信息化绩效评价指标体系研究——以安徽省为例[J].华东经济管理,2015,29(06):35-40.
- [83]张耀一.数字农业高质量发展的国际经验及其启示[J].技术经济与管理研究,2022,(10):93-98.



- [84]赵亮.乡村振兴视域中数字农业高质量发展探析[J].人民论坛,2023(02):81-83.
- [85]赵爽,赵丹丹.河北省数字农业高质量发展评价研究[J].农业与技术,2022,42(18):146-151.
- [86]周恩宇,赵浪.中国数字农业发展的区域差异、时空特征与驱动因素识别[J].四川农业大学学报,2024,42(01):215-223.
- [87]周国民.数字农业综述[J].农业图书情报学刊,2004(03):5-6+17.
- [88]周清波,吴文斌,宋茜.数字农业研究现状和发展趋势分析[J].中国农业信息,2018,30(01):1-9.
- [89]朱思柱,张萌.区块链技术在农业农村中的应用与对策研究[J].中国农机化学报,2021,42(07):170-176.
- [90]邹辉.农村数字经济发展的困境及解决方略[J].农业经济,2021(02):46-47.
- [91]钟文晶,罗必良,谢琳.数字农业发展的国际经验及其启示[J].改革,2021,(05):64-75.

## 致 谢

在我即将完成硕士学业的时刻，我由衷地感谢那些在我求学路上给予我支持和帮助的人们。他们的鼓励和支持是我不断前行的动力，让我能够克服重重困难，坚定地走向学术的道路。

首先，我要感谢我的导师牛胜强教授。在整个硕士研究期间，牛胜强教授给予了我悉心的指导和丰富的学术资源。他的学识渊博和悉心指导为我在学术研究上提供了坚实的支撑，更重要的是他让我明白了做学术研究的方法和态度，让我不断进步成长。

其次，我要感谢我的朋友们。他们在我生活中扮演了重要的角色，不仅在学业上互相鼓励，互相帮助，还在生活中给予我无尽的温暖和支持。我们共同度过了学习的艰辛，也分享了快乐和忧愁，这段宝贵的经历将会成为我人生中难以磨灭的记忆。

另外，我要特别感谢我的家人。是他们在迷茫的时候给予我坚定的支持，是他们在需要鼓励的时候给予我坚定的陪伴。他们无私的支持和包容让我能够全身心地投入研究工作，让我充满信心地迎接挑战。

最后，我要感谢我的母校。感谢母校对我的培养，感谢这里的每一个老师、工作人员，是你们为我们提供了优质的学习环境和生活条件，让我们能够安心学习，感谢你们的无私教诲，让我在整个求学期间收益颇丰。