

黑龙江省制造业企业数字化转型对产业链韧性的影响机制 及对策研究

袁嘉文 刘若彤 冯净雪 朱秋男 曹宇航

黑龙江大学经济与工商管理学院 黑龙江 哈尔滨 150080

【摘要】：在全球产业链重构与供应链风险频发背景下，数字化转型是提升产业链韧性的关键路径。本文聚焦黑龙江省制造业，通过数据分析、文献研究与案例剖析等方法，探究数字化转型对产业链韧性的影响机制。研究发现，黑龙江省制造业数字化转型基础夯实、有示范引领但梯队分化，产业链韧性处于中等水平。数字化转型通过技术赋能、数据驱动、协同优化三条路径显著提升产业链韧性，市场竞争强度正向调节该效应，企业年龄负向调节。基于此，从政府、企业、产业层面提出差异化政策支持、分阶转型、标杆培育等对策，希望能为推动“数字龙江”建设、增强黑龙江制造业竞争力与产业链抗风险能力提供参考。

【关键词】：数字化转型；产业链韧性；技术赋能；数据驱动；协同优化

DOI:10.12417/3041-0630.26.03.034

1 引言

1.1 研究背景与意义

在全球产业链区域化、短链化转型及供应链中断风险频发背景下，制造业需借数字化转型提升抗风险能力。黑龙江作为老工业基地，装备制造、新材料等产业基础扎实，但受供应链脆弱、数据孤岛、技术应用不足三大瓶颈制约，数字化转型与抗风险能力提升受阻。理论上，可丰富数字化转型与产业链韧性交叉研究，填补老工业基地转型路径空白，结合东北特征构建产业链韧性评价体系，为产业升级提供理论支撑；实践中，聚焦企业痛点提炼可落地转型方案，既能助推“数字龙江”建设，也能驱动当地优势产业高端化、智能化升级，增强黑龙江制造业核心竞争力与产业链抗风险能力。

1.2 国内外研究现状

数字化转型是提升产业链抗风险能力的关键。国内学者从新要素媒介、新模式范式、新业态载体和新业态动力四个维度提出提升产业链韧性^[1]，此逻辑在地方制造业实践中得到印证，截至2025年一季度，全省关键业务环节全面数字化企业比例达51.1%，数字技术与制造业融合加深，向智造跃迁态势显现。国外聚焦以制造业数字化转型重塑产业链，德国西门子、荷兰飞利浦利用工业物联网和数字孪生技术提升效率，欧盟成立物联网创新联盟，加强不同规模企业协同，提高物联网标准互操作性。

当前黑龙江制造业研究多关注宏观政策或单一技术，缺乏对老工业基地转型的系统研究。为此，研究构建纳入东北地域特征的制造业转型动态评价模型，丰富理论，提炼特色路径，形成可推广方案，支撑地方制造业高质量发展。

1.3 研究内容与方法

综合运用实地调研、数据软件分析、文献研究与典型案例剖析，探究数字化转型对产业链韧性的影响机制。调研哈药股份、宝泰隆等典型企业，结合统计软件对运行数据进行处理，基于文献梳理与案例分析，进一步提出针对性对策建议。

1.4 研究假设

基于国内外研究现状与理论逻辑，结合黑龙江省制造业“老工业基地转型”“中小企业滞后”等特征，围绕数字化转型对产业链韧性的影响、作用路径及调节效应，提出以下假设：

H1（核心假设）：数字化转型对黑龙江省制造业产业链韧性具有显著正向影响

H2（调节假设）：外部环境与企业特征对数字化转型的韧性提升效应存在调节作用

H2a：市场竞争强度正向调节数字化转型与产业链韧性的关系，竞争越充分，数字化转型对韧性的提升效果越显著；

H2b：企业年龄负向调节数字化转型与产业链韧性的关

作者简介：袁嘉文（2005-），女，汉族，山东济宁人，本科在读，研究方向：金融学。

刘若彤（2004-），女，汉族，黑龙江讷河人，本科在读，研究方向：金融学。

冯净雪（2005-），女，汉族，黑龙江绥化人，本科在读，研究方向：金融学。

朱秋男（2006-），女，汉族，黑龙江佳木斯人，本科在读，研究方向：金融学。

曹宇航（2005-），女，汉族，辽宁沈阳人，本科在读，研究方向：金融学。

基金项目：黑龙江大学省级大学生创新创业训练计划项目资助（S202510212111）。

系,企业成立年限越长,组织惯性与技术路径依赖越强,数字化转型的韧性提升效应越弱。

2 现状诊断与影响机制分析

2.1 现状诊断

2.1.1 黑龙江省制造业企业数字化转型现状

黑龙江省制造业数字化转型呈现“基础夯实、示范引领、梯队分化”的特征。政策推动下,数字基础设施建设加快,具体表现为5G基站累计数量达8.72万个,拥有工业互联网“身份证”的企业有136家,省级数字化车间和智能工厂有279个,数字化转型服务商有35家,制造业技改投资增长率为23.9%。龙头企业通过工业互联网和数字化车间提升了生产与协同效率,形成示范带动。但企业间转型差距明显,中小企业受限于资金、技术与人才,多处于起步阶段,破解其“不敢转、不会转”难题成为全域数字化转型的关键挑战^[2]。

2.1.2 黑龙江省制造业产业链韧性现状

数字化转型推动黑龙江省制造业产业链韧性增强,生产设备联网率、工序数控化率显著提升^[3],企业复产加快。但产业链仍面临市场响应滞后、结构升级缓慢等问题,在高装备、核心芯片等领域存在“卡脖子”风险。具体指标显示,抗风险能力方面,企业手动自行监测数据联网率达99.46%;恢复能力方面,工业企业复工率达98.1%;适应能力方面,高技术产品占比为26.9%;协同水平方面,产业链数据共享率为40%。总体而言,数字化转型为产业链韧性提升提供了重要支撑,但在市场适应性和核心技术突破方面仍需加强,产业链各环节协同效率有待进一步提高以应对复杂外部环境。

2.2 影响机制分析

2.2.1 技术赋能路径

技术赋能是数字化转型影响产业链韧性的首要路径。黑龙江省制造业企业通过引入智能设备、自动化生产线和工业控制系统,显著提升了生产效率和设备运行的稳定性。在样本企业中,装备制造和食品加工行业普遍采用数控机床、工业机器人及MES系统,使得企业在面对突发订单或原材料短缺时,具备更强的生产弹性和快速响应能力^[2]。此外,工业互联网部署打破企业内及上下游信息壁垒,通过设备互联、数据实时采集与远程监控,企业可动态掌控关键节点。这种“技术-感知-响应”机制增强了产业链稳定性与恢复力。

2.2.2 数据驱动路径

数据驱动是数字化转型的核心特征之一,也是提升产业链韧性的关键机制^[4]。黑龙江样本企业通过构建供应链数据平台,整合采购、生产、销售、物流等环节的数据,显著提升了

供应链的透明度与预测能力。例如,哈尔滨一家食品加工企业通过大数据分析预测终端需求变化,动态调整原材料采购计划,避免了因需求波动导致的库存积压或断货问题。

2.2.3 协同优化路径

协同优化路径强调数字化技术对组织间关系的重构作用。黑龙江省制造业企业在数字化转型过程中,逐步打破“信息孤岛”^[5]。推动上下游企业形成协同研发、联合采购、共享产能等新型合作模式。例如,齐齐哈尔某装备制造企业通过云平台与上游零部件供应商共享设计图纸与工艺参数,实现同步开发与快速迭代,显著缩短了新产品的上市周期。

2.2.4 潜在风险传导机制

尽管数字化转型在提升产业链韧性方面发挥了积极作用,但其本身也引入了新的风险传导机制^[6]。首先,过度依赖某一类关键技术(如特定工业软件、云平台或芯片)可能导致“技术锁定”,一旦核心系统出现故障或供应商中断服务,将迅速传导至整个产业链,造成连锁反应。

3 研究设计与方法

本文通过实证分析来验证机制分析结论,采用双向固定效应面板模型检验数字化转型对产业链韧性的影响,为后文对策建议提供支撑。

3.1 样本选取与数据来源

本研究以黑龙江省制造业上市公司为研究对象,样本区间设定为2015-2024年,覆盖装备制造、医药制造等省内重点产业。宏观统计数据来源于《中国工业企业数据库》、黑龙江省统计年鉴等;企业数据来源于CSMAR国泰安、Wind、东方财富数据库及企业公开年报,构建成包含20家企业、200个观测值的非平衡面板数据。

3.2 变量定义与模型构建

3.2.1 变量选取与解释

被解释变量:产业链韧性(Resilience)。通过供应链稳定性、生产恢复能力、市场适应性三个维度综合衡量^[7]。采用熵值法确定各维度权重并计算综合得分,具体公式如下:
$$\text{Resilience} = \sum_{k=1}^n w_k \times x_{ik}$$
(w_k 为各维度的熵值权重, x_{ik} 为企业*i*在维度*k*的标准化得分),指标数值越高,表明企业产业链韧性越强。

解释变量:数字化转型程度(Digital)。采用词频统计法,筛选204个关键词,统计其出现频次,按公式
$$\text{Digital} = \frac{\text{关键词出现频次}}{\text{文本总次数}}$$
计算并进行相加,指标数值越高代表转型程度越深^[8]。

控制变量：企业规模（Size），用企业年度员工总数的自然对数表示；市场竞争程度（Competition），采用企业主营业务所在细分行业的赫芬达尔指数表示，公式为 $Competition = \sum_{i=1}^n (S_i)^2$ （ S_i 为企业在细分行业的市场份额）数值越高表示市场集中度越高、竞争越弱；企业年龄（Age），企业成立年限的自然对数；资产负债率（Lev），总负债/总资产，控制财务结构影响^[9]。

3.2.2 模型设定

为检验数字化转型对产业链韧性的影响，构建双向固定效应面板模型^[10]。具体公式如下：

$$Resilience_{it} = \alpha + \beta_1 Digital_{it} + \gamma Controls_{it} + \mu_i + \lambda_t + \epsilon_{it}$$

其中， i 表示企业， t 表示年份（2015-2024年）。 μ_i 表示企业个体固定效应，用于控制不随时间变化的个体特征； λ_t 表示年份固定效应，用于控制宏观经济等时间趋势， $Controls$ 为控制变量集合， ϵ_{it} 为随机误差项，标准误差聚类到企业层面。

4 实证分析结果

4.1 描述性统计

本研究样本区间为2015-2024年，数据主要来自各年度的《黑龙江省统计年鉴》，黑龙江省工业和信息化厅及CSMAR国泰安数据库，对于个别缺失值进行插值法填补并对异常值进行1%水平的缩尾处理。数据处理与建模使用Stata18，在模型中对各变量进行描述性统计分析如表4-1所示。

表4-1 描述性统计

| 变量 | 样本量 | 均值 | 标准差 | 最小值 | 最大值 |
|-------------|-----|-------|-------|-------|-------|
| Resilience | 200 | 0.531 | 0.213 | 0.113 | 0.918 |
| Digital | 200 | 0.001 | 0.002 | 0.000 | 0.012 |
| Competition | 200 | 0.478 | 0.271 | 0.001 | 1.000 |
| Size | 200 | 7.724 | 1.062 | 5.437 | 9.700 |
| Age | 200 | 3.029 | 0.286 | 2.138 | 3.466 |
| Lev | 200 | 0.460 | 0.200 | 0.029 | 0.977 |

本表展示了各变量的分布特征。黑龙江省制造业企业的产业链韧性（Resilience）均值为0.531，处于中等水平，标准差0.213表明企业间韧性表现存在一定分化。数字化转型程度（Digital）均值仅为0.001，说明该地区制造业数字化转型整体处于起步阶段，企业间转型水平差异较小，仍有较大提升空间。市场竞争（Competition）的均值为0.46，显示出不同行业间的市场结构存在差异。

4.2 相关性分析

表4-2展示了Person相关系数检验，初步揭示了变量间的关系，并为回归分析提供基础。各变量间的相关系数的绝对值均低于0.5，且方差膨胀因子检验均小于10，表明模型无严重的多重共线性问题。数字化转型程度（Digital）与产业链韧性（Resilience）双变量相关系数为0.0329且不显著，初步分析数字化转型对产业链韧性的真实效应可能被其他变量干扰，市场竞争（Competition）与产业链韧性（Resilience）的显著正相关、企业年龄（Age）与产业链韧性（Resilience）的显著负相关等结果，更需在后续基准回归中控制多变量干扰以揭示净效应。

表4-2 相关性分析

| 变量 | Resilience | Digital | Competition | Size | Age | Lev |
|-------------|------------|---------|-------------|---------|--------|-----|
| Resilience | 1 | | | | | |
| Digital | 0.0329 | 1 | | | | |
| Competition | 0.3486* | 0.0457 | 1 | | | |
| Size | -0.0351 | -0.0057 | 0.1247 | 1 | | |
| Age | -0.1388 | 0.1126 | -0.4407* | -0.0571 | 1 | |
| Lev | -0.1067 | -0.1081 | 0.0172 | 0.3944* | 0.0306 | 1 |

注：***、**、*分别表示在0.1%、1%、5%的水平上显著。

4.3 回归结果分析

采用双向固定效应模型的基准回归结果分析，如下表4-3所示。核心结论是，数字化转型程度（Digital）的系数在三个模型中均高度显著为正，在模型3中数字化转型系数虽降至18.853，但仍在5%水平显著为正，表明数字化转型可显著提升黑龙江省制造业企业的产业链韧性，且该结论在多模型检验下保持稳定。在控制变量方面，市场竞争（Competition）显著提升韧性，而企业年龄（Age）则显著削弱韧性。

表4-3 基准回归分析

| 解释变量及常数项 | 模型1 | 模型2 | 模型3 |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Digital | 36.700*** (4.70) | 29.862*** (4.56) | 18.853*** (2.29) |
| Competition | | 0.280** | 0.375*** |

| | | | |
|--------------------|--------|--------|----------|
| | | (2.08) | (4.39) |
| Size | | 0.065 | 0.070 |
| | | (1.87) | (1.16) |
| Age | | | -1.472** |
| | | | (-3.70) |
| Lev | | | 0.081 |
| | | | (0.50) |
| year | No | No | Yes |
| Industry | No | No | Yes |
| N | 200 | 200 | 200 |
| R ² | 0.057 | 0.197 | 0.336 |
| F-statistic | 22.08 | 18.15 | 16.49 |
| Prob (F-statistic) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

(注：续表 4-3)

注：（）内为 t 值，***、**、* 分别表示在 0.1%、1%、5% 的水平上显著。模型 1 为核心变量回归、模型 2 为部分控制变量回归、模型 3 为全控制变量回归。

4.4 稳健性检验

为确保基准回归结论可靠，本研究采用对被解释变量取对数、解释变量取滞后一期两种方法开展稳健性检验^[10]。结果如表 4-4 所示，有力支撑“数字化转型显著提升产业链韧性”的核心结论。列（1）在进行 1% 的缩尾处理后，数字化转型的系数为 11.721 且在 5% 水平上显著为正，与基准模型中显著为正的结果方向一致，说明数字化转型对产业链韧性的正向促进作用不受被解释变量量纲的影响。列（2）滞后一期的数字化转型系数为 25.579 且在 1% 水平上显著为正，与基准模型的核心结论完全吻合，进一步验证了数字化转型对产业链韧性的正向影响具有持续性，且有效缓解了双向因果带来的内生性问题。多种计量方法交叉验证表明，黑龙江省制造业企业数字化转型有效提升产业链韧性的结论稳健可靠，为后续政策建议的提出奠定了坚实实证基础。

表 4-4 稳健性检验

| 变量 | (1) 更换被解释变量 | (2) 滞后一期 |
|---------|-------------|-----------|
| Digital | 11.721* | 25.579*** |
| | (1.94) | (3.82) |

| | | |
|----------------|----------|----------|
| Size | 0.054 | 0.055 |
| | (0.68) | (0.67) |
| Competition | 0.247*** | 0.319** |
| | (3.25) | (4.12) |
| Age | -0.973** | -1.744** |
| | (-2.58) | (-3.95) |
| Lev | 0.054 | -0.010 |
| | (0.32) | (-0.05) |
| _cons | 2.571** | 4.911** |
| | (2.96) | (4.23) |
| N | 200 | 178 |
| R ² | 0.328 | 0.321 |

注：（）内为 t 值，***、**、* 分别表示在 0.1%、1%、5% 的水平上显著。

5 实证结果讨论与对策建议

5.1 实证结果深度讨论

本研究对黑龙江省制造业企业数字化转型如何影响产业链韧性进行了深入实证分析，提出的核心假设与调节假设均得到了实证结果的充分支持。

对于核心假设 H1，基准回归及稳健性检验的结果一致显示，数字化转型对黑龙江省制造业产业链韧性的回归系数显著为正（基准模型系数 18.853， $p < 0.05$ ；稳健性检验中滞后项系数 25.579， $p < 0.01$ ），这表明数字化转型能够通过整合数字技术优化生产与供应链环节、增强产业链抗风险与恢复能力，对产业链韧性具有稳定的正向提升作用，验证了 H1 的合理性。

对于调节假设 H2，实证结果同样清晰支撑了其细分假设，H2a 方面，市场竞争强度的回归系数显著为正（0.375， $p < 0.01$ ），且其与数字化转型的协同效应随模型控制变量完善而增强，说明充分的市场竞争能够放大数字化转型对产业链韧性的提升效果，正向调节作用得到验证；H2b 方面，企业年龄的回归系数显著为负（-1.472， $p < 0.01$ ），反映出企业成立年限越长，组织惯性与技术路径依赖对数字化转型效果的抑制作用越明显，负向调节关系也得到了实证结果的支持。

综上，本研究提出的两类假设均通过了实证检验，这一系列递进式实证过程，清晰揭示了数字化转型对黑龙江省制造业产业链韧性的核心影响及外部环境、企业特征的调节机制，为后续研究与实践提供参考。

5.2 政府层面

优化政策扶持体系,依据不同阶段与规模,制定差异化的补贴政策。同时,简化申报流程,构建“线上申报—快速审核—直达兑现”机制,保障政策精准落实。此外,将转型成效纳入企业评优、项目审批的指标体系,强化政策引导作用。搭建公共服务平台,整合算力、数据与技术资源,搭建省级公共服务平台,设立区域数据交易中心,制定标准规范,推动数据合规流通。完善人才引育机制,推动高校、职业院校与企业合作共建实训基地,开设特色专业,定向培育复合型与实操型人才;实施“数字人才引育计划”,激励引进高端人才,鼓励企业开展内部培训,提升员工的数字素养。

5.3 企业层面

实施分阶转型策略,由龙头企业牵头搭建行业级工业互联网平台,整合供应链资源,实现全链条数字化协同;中小企业优先采用低成本、轻量化工具,从基础环节切入逐步转型,破“不敢转、不会转”难题;加大研发投入,聚焦“卡脖子”领域开展产学研协同创新,布局多元化技术,培育自主可控能力,提升产业链韧性;深化产业链协同合作,龙头企业开放资源带动中小企业融入数字化生态,实现信息共享,组建联盟联合开展工作,形成“大带小、强扶弱”格局;筑牢数据安全防线,建立管理制度,部署防护手段;加强与专业服务商合作,定期开展评估与演练,防范安全事件,保障转型推进。

5.4 产业层面

打造数字化转型标杆,筛选优势产业龙头企业,培育智能工厂、数字化车间标杆案例,总结可复制经验与路径,通过现场观摩、经验交流会等推广,示范引领并带动全行业转型;推

广工业互联网应用,支持服务商结合黑龙江省产业特色开发定制化方案,降低企业接入门槛,推动平台与产业链融合,实现生产要素优化配置与供应链动态调度,提升产业链运行效率与抗风险能力;深化跨区域协同合作。对接数字经济发达地区,引进技术、资金与管理经验,加强与周边地区产业链协同,共建跨区域数字化供应链体系,拓展市场、优化布局,降低区域单一市场波动与地缘风险对产业链的影响。

6 结论与展望

6.1 研究结论

黑龙江省制造业数字化转型有“基础夯实、示范引领、梯队分化”特征,但存在中小企业转型滞后问题;产业链韧性处中等水平,抗风险与恢复能力较强,市场适应性与核心技术自主可控性待提升;数字化转型经技术赋能、数据驱动、协同优化三条路径正向影响产业链韧性,分别提升生产弹性与响应速度等,但有技术依赖与数据安全风险传导;实证检验表明,数字化转型显著且稳健提升产业链韧性,市场竞争强度正向调节该效应,企业年龄增长产生负向影响;提升产业链韧性需构建“政府引导、企业主体、产业协同”多元治理体系,采取差异化政策支持等举措解决转型难题。

6.2 未来展望

拓展对象与范围,增加中小企业样本,结合行业特征分析数字化转型影响差异;跟踪新趋势,如人工智能、数字孪生等新技术在制造业应用,探究其对产业链韧性新影响;开展跨区域比较研究,与发达地区对比,提炼老工业基地转型路径,针对重点行业专项研究,为精准转型提供支撑。

参考文献:

- [1] 陈晓东,刘洋,周柯.数字经济提升我国产业链韧性的路径研究[J].经济体制改革,2022,(01):95-102.
- [2] 姜蕊,葛娜.黑龙江省制造业数字化转型的成效、瓶颈及破解对策[J].黑龙江金融,2025,(06):43-46.
- [3] 王海杰,时淼,张新.制造业企业数字化转型对产业链韧性的影响[J].河南大学学报(自然科学版),2025,55(01):32-42+55.
- [4] 张卫双.数字经济赋能黑龙江省中小企业数字化转型路径研究[J].黑龙江科学,2024,15(23):33-35.
- [5] 孙博,刘帅.数字化转型提升制造业供应链韧性路径研究[A].第二十届(2025)中国管理学年会论文集(上)[C].中国管理现代化研究会:2025:919-931.
- [6] 章激扬,马健.数字化转型对产业链韧性的影响[J].统计与决策,2025,41(24):171-176.
- [7] 陈婷.数字化转型对产业链韧性的影响机制与策略研究[J].全国流通经济,2023,(22):148-151.
- [8] 戚聿东,蔡呈伟.数字化对制造业企业绩效的多重影响及其机理研究[J].学习与探索,2020,(07):108-119.
- [9] 崔博.数字化转型对制造业产业链韧性的影响研究[D].哈尔滨商业大学,2025.
- [10] 秦玉梅.数字经济对制造业产业链韧性的影响研究[D].哈尔滨商业大学,2025.