

中小型企业数字化转型的阻碍因素分析

刘小月¹, 陈敬蕾¹, 鞠大伟²

¹对外经济贸易大学信息学院, 北京

²中国邮政集团有限公司邮政研究中心, 邮政科学研究规划院, 北京

收稿日期: 2024年6月29日; 录用日期: 2024年7月19日; 发布日期: 2024年7月30日

摘要

随着数字化技术的快速发展和普及, 中小型企业数字化转型已成为提升竞争力、适应市场变化的关键举措。本文利用DEMATEL-ISM方法, 从技术、组织、人员和环境等方面对中小型企业数字化转型的阻碍因素进行了深入分析, 寻找最关键的阻碍因素, 提出了相应的应对策略, 旨在为中小型企业实现数字化转型提供参考和借鉴。

关键词

数字化转型, DEMATEL, ISM方法, 决策模型

Analysis of Obstacles to Digital Transformation of Small and Medium-Sized Enterprises

Xiaoyue Liu¹, Jinglei Chen¹, Dawei Ju²

¹School of Information Technology & Management, University of International Business and Economics, Beijing

²Postal Scientific Research and Planning Academy, Postal Research Center of China Post Group Co., Ltd., Beijing

Received: Jun. 29th, 2024; accepted: Jul. 19th, 2024; published: Jul. 30th, 2024

Abstract

With the rapid development and popularization of digital technology, digital transformation of small and medium-sized enterprises has become a key measure to enhance competitiveness and adapt to market changes. This article uses the DEMATEL-ISM method to conduct an in-depth analysis of the obstacles to digital transformation of small and medium-sized enterprises from the as-

pects of technology, organization, personnel, and environment, aiming to find the most critical obstacles and propose corresponding countermeasures. The purpose is to provide reference for small and medium-sized enterprises to achieve digital transformation.

Keywords

Digital Transformation, DEMATAL, ISM Method, Decision Models

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着中国数字经济的蓬勃发展, 数字产业化和产业数字化已成为其数字经济的重要支柱。根据中国信息通信研究院发布的《中国数字经济发展白皮书(2023)》[1], 2022 年, 中国数字产业化规模达到 9.2 万亿元, 而产业数字化规模则达到 41 万亿元, 分别占据数字经济总规模的 18.3%和 81.7%。在当前新一轮科技革命和产业变革的历史机遇下, 产业数字化升级已成为推动中国经济实现高质量发展的重要动力。这种升级是数字经济发展的主要引擎, 其关键在于传统产业向更高附加值、更低能耗的数字化和智能化方向转型。

自 2015 年国务院发布《中国制造 2025》以来, 中国陆续出台了一系列政策文件, 推动数字化赋能产业转型升级。2018 年国务院发布《关于印发数字中国建设发展战略的通知》, 首次将传统产业数字化转型提升到国家战略层面。2021 年《第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》明确指出要以数字化转型驱动生产、生活和治理方式的全面变革。2022 年党的二十大报告提出要促进数字经济和实体经济深度融合。2023 年中共中央、国务院发布《数字中国建设整体布局规划》, 强调建设数字中国是推动中国式现代化的重要引擎。这些政策文件表明中国政府高度重视产业数字化转型升级, 数字化赋能产业升级前景广阔。

当前, 中小型企业日益重视数字化转型, 但不同企业在这方面的投入和进展各不相同。并且随着大数据云计算等科技不断发展, 数字化转型技术应用多样化, 但仍存在不足。作为中小型企业, 技术投入不足、人才短缺等问题仍然是一大问题, 数字化转型面临挑战。在当前的学术研究中, 多位学者对供应链数字化转型的成功案例与关键因素进行了深入的探讨。王梓和丁华燕等人以知名企业西门子为例, 详细剖析了其供应链数字化转型的成功经验, 揭示了实现转型的关键要素, 为企业界和学术界提供了宝贵的启示[2]。贾丽丽针对初创企业在数字化转型过程中取得成功的关键因素进行了系统研究, 为初创企业制定数字化转型战略提供了有力的理论和实践支持[3]。在更宏观的层面, 孙早等人立足于国家经济大局, 探讨了在新一代技术革命的推动下, 如何通过产业数字化转型推动中国经济实现质量和数量的双重增长, 为中国产业数字化升级提供了坚实的理论支撑和新的思考角度[4]。此外, 张书健利用先进的研究方法, 对制造业供应链韧性的影响因素进行了深入研究, 其研究成果对数字化转型过程中的供应链优化具有重要的参考价值[5]。周卫强等人针对中小型制造企业数字化转型的路径和策略进行了全面分析, 结合当前国内经济形势和政府政策, 提出了具有针对性的建议和策略, 为中小型制造企业开展数字化转型工作提供了有力的指导和支持[6]。

在数字化浪潮的推动下, 中小型企业正纷纷踏上这一变革之旅, 以期望在激烈的市场竞争中脱颖而出

出。制造企业可以通过引入先进的自动化生产线以及实施物联网技术来优化生产流程，提高产品质量。零售业纷纷采用大数据人工智能技术来改善库存管理和顾客个性化推荐，从而增加销售量和顾客满意度。农产品企业则可以利用数字化工具进行精准农业实践，以提高作物产量和可持续性。数字化转型广泛应用于不同的行业当中，是未来中小型企业发展的必由之路。

然而，数字化转型并非一蹴而就，也绝非一帆风顺。对于中小型企业而言，在实施数字化转型的过程中，他们面临着诸多挑战和障碍。本文将从技术、组织、人员和环境等多个方面对中小型企业数字化转型的阻碍因素进行深入分析，旨在为企业实现数字化转型提供全面的参考和借鉴。通过深入探讨这些阻碍因素，可以帮助中小型企业更好地应对挑战，制定有效的数字化转型策略，从而顺利实现数字化转型并获得持续的竞争优势。

2. 方法原理

2.1. DEMATEL 方法介绍

DEMATEL 方法，全称决策实验室分析法(Decision Making Trial and Evaluation Laboratory)，是一种系统科学的方法论，主要用于处理复杂的决策问题。它通过建立因果关系矩阵，将问题中的因果关系转化为数学模型，从而进行定量分析，帮助决策者更好地理解问题的本质和关键因素。以下是具体的步骤。

第 1 步：建立直接影响矩阵 W 。采用专家打分的方式，比较 x_i 对 x_j 的影响，自身没有影响，对角线为 0。得到直接影响矩阵 W 。

第 2 步：建立标准化影响矩阵 F 。将矩阵的每一行求和，取其中的最大值 c ，将矩阵中所有元素除以最大值，得到规范影响矩阵。规范影响矩阵 F 的计算公式为：

$$F = W/c \quad (1)$$

$$c = \max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n x_{ij} \quad (2)$$

第 3 步：计算综合影响矩阵 K 。综合系统矩阵体现系统中各个元素间的影响的综合效应。综合影响矩阵的计算公式为：

$$K = F(E - F)^{-1} \quad (3)$$

式中为 E 单位矩阵。

第 4 步：计算影响度 f_i 和被影响度 e_i 。 f_i 为综合影响矩阵 K 中因素 x_i 的行之和， e_i 为综合影响矩阵 K 中因素 x_i 的列之和。

$$f_i = \sum_{j=1}^n x_{ij} \quad (i=1,2,3,\dots,n) \quad (4)$$

$$e_i = \sum_{j=1}^n x_{ji} \quad (i=1,2,3,\dots,n) \quad (5)$$

第 5 步：计算中心度 M 与原因度 N 。中心度表示因素在体系中的重要性排序，中心度高，则影响因素重要。原因度是区分原因因素与结果因素的重要依据，由正负情况划分原因因素与结果因素，其中大于零部分为原因因素，小于零部分为结果因素。影响度 f_i 和被影响度 e_i 之和为因素的中心度 M_i ；影响度 f_i 和被影响度 e_i 之差为因素的原因度 N_i 。计算中心度以及原因度的公式为：

$$M_i = f_i + e_i \quad (i=1,2,3,\dots,n) \quad (6)$$

$$N_i = f_i - e_i \quad (i=1,2,3,\dots,n) \quad (7)$$

第 6 步：将中心度为横坐标，原因度为纵坐标，绘制因果关系图。基于 DEMATEL 方法的分析结果，

决策者可以更加明晰地认识问题，制定更科学、更有效的决策方案。

2.2. ISM 方法介绍

解释结构模型法(Interpretative Structural Modeling Method, 简称 ISM 方法)是一种系统科学方法, 广泛应用于多个领域。它起源于结构建模, 旨在通过一系列步骤, 理解和分析复杂系统的结构和功能。ISM 方法将待分析的系统拆分为各种子系统或要素, 并深入探究这些子系统或要素之间的直接二元关系。这种方法的核心在于分析系统内部因素之间的相互作用和联系。通过布尔逻辑运算, 这些关系被进一步梳理和整合, 形成一个概念模型。这种模型以有向图的形式呈现, 直观展示了系统因素之间的层次结构和因果关系。相较于传统的表格、文字或数学公式描述方式, ISM 方法以层级拓扑图的形式展现结论, 使得系统因素之间的因果层次和阶梯结构一目了然。在不损失系统整体功能的前提下, ISM 方法通过简化处理, 以层次化的有向拓扑图的方式呈现系统的结构。这使得研究者能够更清晰地了解系统的核心要素和它们之间的关系, 进而为优化系统、提升性能或解决问题提供有力支持。

具体步骤如下所示。

第 1 步: 构建邻接矩阵 T , 即原始数据。通过两两比较确定因素之间的直接关系, 并在一个二维数组中标记这些关系, 其中 1 表示存在直接影响, 0 表示不存在。

第 2 步: 计算可达矩阵 H , 公式为:

$$H = (T + E)^{n+1} = (T + E)^n \neq (T + E)^{n-1} \neq T + E \quad (8)$$

式中为 E 单位矩阵。

第 3 步: 计算得到先行集 P_i 和可达集 Q_i , 计算公式为:

$$P_i = \{F_j \in F \mid K_{ji} = 1\} (i = 1, 2, 3, 4, \dots, n) \quad (9)$$

$$Q_i = \{F_j \in F \mid K_{ij} = 1\} (i = 1, 2, 3, 4, \dots, n) \quad (10)$$

可达集 Q_i 是指在可达矩阵 K 中, 那些由特定影响因素 F 能够直接或间接触及到的所有其他影响因素的集合。代表了在某种逻辑关系或路径下, F 能够影响到的所有其他因素。

先行集 P_i 指的是在可达矩阵 K 中, 那些能够直接或间接触及到特定影响因素 F 的所有其他影响因素的集合。

第 4 步: 计算 P_i 和 Q_i 的交集 C , 若 C 满足公式, 则先识别出的 F_i 为底层级, 以此类推, 并在可达矩阵 K 中划去交集 C 所包含元素对应的行和列。重复步骤, 直至划去可达矩阵 K 中的所有因素。

$$C = \{F_i \in F \mid P_i \cap Q_i = Q_i\} \quad (11)$$

第 5 步: 计算得到层次分解, 并绘制层次结构图。依据第 4 步得到的层级划分结果, 先将各影响因素分按层级排序, 再依据可达矩阵 K 找出各影响因素之间的关系。将相关的因素进行连接, 最终得到层次结构图。

3. 中小型企业数字化转型阻碍因素

相较于大型的企业来说, 中小型企业的数字化转型仍存在一系列的限制与阻碍, 为更深入地了解其阻碍因素, 本文邀请 6 位数字化转型方面的专家学者, 结合相关的文献研究, 对中小型企业在数字化转型过程中所遇到的阻碍进行分析, 从中找到相关的因素, 并在次基础上进行修改、补充。并最终发现了导致数字化转型收到阻碍的 14 个相关因素, 相关因素如表 1 所示[7]。

Table 1. Index system of related factors
表 1. 相关因素指标体系

一级指标	二级指标
内部层面	缺乏技术人才 X_1
	数据互用性差 X_2
	技术基础薄弱 X_3
	数字化配置应用标准和规范不完善 X_4
	管理理念陈旧 X_5
	基层员工缺乏相关培训 X_6
	组织结构僵化 X_7
	内部反对声音过大 X_8
外部层面	合作者之间缺乏新的合作关系 X_9
	缺乏政府相关支持 X_{10}
	同行竞争激烈 X_{11}
安全层面	相关法律不健全带来的风险扩大效应 X_{12}
	担心数字化转型过程中重要数据丢失 X_{13}
	财务预期不准确导致资金链断裂 X_{14}

3.1. 内部层面

从内部层面来说，中小型企业存在一些劣势，数字化转型存在一系列的困难。首先是缺乏技术人才。数字化转型不仅涉及到企业业务流程的重新设计，还涉及到数据处理、系统升级、网络安全等多个方面，这些都需要专业的技术型人才来支撑。然而，由于中小型企业缺乏足够的技术储备和人才储备，难以找到足够的具备数字化技能的人才来推动这一进程。这种人才短缺的问题，在一定程度上制约了中小型企业数字化转型的速度和效果。由于缺乏专业人才，企业可能无法充分理解和应用新技术，无法有效地将数字化技术融入企业的日常运营和决策中。这不仅可能导致企业错失市场机遇，还可能使企业面临更大的运营风险。

其次，中小型企业的数字互用性较差，在中小型企业中，数据孤岛现象较为普遍，不同系统、平台或环境中，数据无法方便地进行共享、交换或集成，导致数字化转型过程受阻。

除此之外，技术基础薄弱也是普遍存在的一个问题。企业在技术设备、科研投入、人才素养、技术管理、技术应用等多个方面投入不足，大部分企业的生产线无法实现自动化和智能化，导致生产效率低下、成本高昂，在市场竞争中处于劣势地位。

同时，数字化配置应用标准和规范不完善，缺乏统一的标准和规范来指导数字化配置的实施和应用，是许多企业在数字化转型过程中面临的一个显著问题。这意味着企业在推进数字化转型时，往往缺乏明确的指导原则和操作规程，导致数字化配置的实施过程缺乏一致性和协调性。

管理理念陈旧也是中小型制造企业在数字化转型过程中面临的一大挑战。很多企业长期受到传统管理思维的束缚，管理理念滞后，思维僵化，管理模式老旧，难以适应数字化转型的新需求和新变化。在陈旧的管理理念下，企业往往过于注重短期的经济效益，而忽视了长期的可持续发展。这种短视行为导致企业在数字化转型时缺乏长远的规划和战略思考，难以形成有效的数字化转型战略[8]。

同时,对于中小型企业来说,大部分员工对数字化工具使用不熟练,操作技能欠缺,也会对企业的顺利转型造成困难。

而对于很多的传统制造业来说,组织机构缺乏灵活性和变通性,无法很好的适应数字化转型后的需求,也在无形当中对数字化转型造成阻碍。

与此同时,很多企业内部高层没有数字化转型意思,担心已有权益受到侵害,因此往往持有反对态度,导致企业内部反对变革的声音过大,数字化转型进程受阻。

3.2. 外部层面

从企业的外部层面来看,合作者、竞争者以及政府等方面也存在一些挑战与阻碍。企业进行数字化转型后,各种模式发生了新的变化,与合作伙伴的合作模式也有了新的变动,其业务模式、运营流程以及沟通方式都发生了显著的变化。但往往合作伙伴没有采用数字系统,此时的合作也会受到阻碍。

并且,中小型企业依靠自身进行数字化转型较为困难,往往需要政府给予政策上或资金上的支持。但目前政府在数字化转型方面的相关政策并不完善,资金支持力度也相对有限,这导致许多中小型企业无法获得足够的政策优惠和资金支持,从而难以有效推进数字化转型。

同时,同行竞争激烈也会导致企业没有充足的资金投入,导致数字化转型进程困难[9]。

3.3. 安全层面

从安全层面来说,法律、数据以及资金安全对于企业来说也尤为重要。

首先是目前的相关法律不健全,无法完全覆盖转型中存在的知识产权、数据安全以及隐私保护等法律问题,导致企业面临诸多不确定性和风险。这种法律不健全的状况增加了企业的法律风险和经济损失风险,还可能阻碍企业的技术创新和业务发展。其次是数据方面的风险。

其次,数字化转型涉及大量的数据迁移和整合工作,这些数据作为企业运营和决策的核心,其安全性在转型过程中显得尤为重要。在数据迁移和整合的过程中,企业往往面临着数据泄露、非法访问、数据损坏等安全风险,这些风险一旦发生,就会导致企业遭受巨大的经济损失,还可能严重影响企业的声誉和市场地位。

同时,企业转型过程中还存在财务预期不准确导致资金链断裂的风险,财务预期是企业制定战略、进行投资和融资决策的重要依据。如果财务预期不准确,很可能导致企业面临资金短缺的困境,进而引发资金链断裂,直接关系到企业的生死存亡[10]。

4. 基于 DEMATEL-ISM 的数字化转型阻碍因素分析

ISM 和 DEMATEL 是两种常用的结构化分析方法,用于探索复杂系统中各个因素之间的相互关系。它们可以帮助研究人员理清问题的结构,并识别出影响力最大的关键因素。而 DEMATEL-ISM 方法是一种结合 DEMATEL 和 ISM 两种方法的综合分析方法,旨在识别复杂系统中关键要素及其影响程度,并构建要素的层级结构。

在数字化转型问题的研究中,DEMATEL-ISM 方法相较于其他方法也具有极大的优势。首先 DEMATEL-ISM 方法能够系统地分析数字化转型中的复杂因素和它们之间的相互作用,提供更为全面的视角。其次,通过 ISM 层级结构的划分,研究者可以确定实施数字化转型过程中阻碍因素的优先级,从而更有效地分配资源。最后,数字化转型是一个动态过程,DEMATEL-ISM 方法可以适应这种变化,通过更新影响矩阵来反映新的情况。DEMATEL-ISM 方法不仅在理论上提供了分析框架,还能够与实际案例相结合,增强了研究的实用性。同时该方法能够提供深入的洞察力和结构化的分析过程,帮助研究者和实践者更好地理解 and 应对转型过程中的复杂性。

4.1. 直接影响矩阵的确定

为了确定相关因素的重要程度，本文邀请了 6 位该领域的专家对该问题进行评分。评分标准如表 2 所示。

Table 2. Relevant scoring criteria
表 2. 相关评分标准

意义	标度值
指标 X_i 对 X_j 没有影响	0
指标 X_i 对 X_j 影响较小	1
指标 X_i 对 X_j 影响一般	2
指标 X_i 对 X_j 影响较大	3
指标 X_i 对 X_j 影响很大	4

将中小型企业数字化转型的阻碍因素问题转化为“ X_i 对 X_j 的影响程度大小”，并对结果进行标准化处理，得到中小型制造业数字化转型阻碍的直接影响矩阵 $X = [X_{ij}]_{m \times n}$ ， X_{ij} 表示因素 i 对因素 j 的影响程度。该矩阵能够对系统内各因素间是否存在直接影响关系以及直接影响的程度做出一定意义上的解释。

绘制出的直接影响矩阵 W 如表 3 所示。

Table 3. Direct influence matrix
表 3. 直接影响矩阵

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	0.000	2.167	3.500	3.000	0.833	2.333	0.833	1.333	0.667	0.333	1.667	0.333	2.000	0.667
2	0.833	0.000	2.333	2.167	0.333	0.500	0.333	0.500	2.167	0.000	1.333	0.333	2.833	2.333
3	2.833	3.500	0.000	3.500	2.167	1.667	0.333	2.833	2.333	0.333	2.333	0.333	3.500	2.333
4	2.833	3.500	3.833	0.000	1.667	2.333	1.333	2.833	2.333	2.667	3.500	1.333	3.500	1.667
5	3.500	2.167	3.167	3.167	0.000	3.833	3.833	3.833	3.167	1.667	2.333	0.833	2.333	2.333
6	3.167	2.167	2.833	2.833	0.833	0.000	2.833	3.833	1.667	0.833	2.333	1.333	2.333	2.333
7	3.167	2.167	2.167	2.167	3.167	3.167	0.000	3.833	2.333	1.667	2.833	2.833	1.667	1.667
8	1.667	0.333	0.667	0.667	1.333	1.667	1.667	0.000	3.500	0.667	2.167	2.167	2.833	1.667
9	0.333	0.000	0.000	0.333	0.667	0.667	0.667	2.167	0.000	1.333	2.833	0.667	0.667	1.333
10	0.333	0.000	0.000	0.000	0.667	2.167	1.333	3.000	2.833	0.000	2.167	3.833	2.167	2.833
11	0.333	0.667	0.667	0.333	0.333	1.667	0.333	2.167	0.67	0.333	0.000	0.667	2.167	1.333
12	0.667	0.000	0.333	0.667	0.833	1.667	0.333	3.167	2.833	3.000	1.667	0.000	3.167	2.000
13	0.000	0.667	0.333	1.333	0.333	0.667	1.667	3.167	2.167	0.000	0.000	1.667	0.000	2.167
14	0.333	0.000	0.167	0.167	0.000	1.167	0.333	1.167	3.500	0.167	1.667	0.167	0.667	0.000

4.2. 综合影响矩阵的构建

建立规范化的直接影响矩阵后，利用公式(1)和(2)计算出最大值 c 以及标准化影响矩阵 F ，如表 4 所示。

Table 4. Normalized influence matrix
表 4. 标准化影响矩阵

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	0.000	0.060	0.097	0.083	0.023	0.065	0.023	0.037	0.018	0.009	0.046	0.009	0.055	0.018
2	0.023	0.000	0.065	0.060	0.009	0.014	0.009	0.014	0.060	0.000	0.037	0.009	0.078	0.065
3	0.078	0.097	0.000	0.097	0.060	0.046	0.009	0.078	0.065	0.009	0.065	0.009	0.097	0.065
4	0.078	0.097	0.106	0.000	0.046	0.065	0.037	0.078	0.065	0.074	0.097	0.037	0.097	0.046
5	0.097	0.060	0.088	0.088	0.000	0.106	0.106	0.106	0.088	0.046	0.066	0.023	0.065	0.065
6	0.088	0.060	0.078	0.078	0.023	0.000	0.078	0.106	0.046	0.023	0.065	0.037	0.065	0.065
7	0.088	0.060	0.060	0.060	0.088	0.088	0.000	0.106	0.065	0.046	0.078	0.078	0.046	0.046
8	0.046	0.009	0.018	0.018	0.037	0.046	0.046	0.00	0.097	0.018	0.060	0.060	0.078	0.046
9	0.009	0.000	0.000	0.009	0.018	0.018	0.018	0.060	0.000	0.037	0.078	0.018	0.018	0.037
10	0.009	0.000	0.000	0.000	0.018	0.060	0.037	0.083	0.078	0.000	0.060	0.106	0.060	0.078
11	0.009	0.018	0.018	0.009	0.009	0.046	0.009	0.060	0.018	0.009	0.000	0.018	0.060	0.037
12	0.018	0.000	0.009	0.018	0.023	0.046	0.009	0.088	0.078	0.083	0.046	0.000	0.088	0.055
13	0.000	0.018	0.009	0.037	0.009	0.018	0.046	0.088	0.060	0.000	0.000	0.046	0.000	0.060
14	0.009	0.000	0.005	0.005	0.000	0.032	0.009	0.032	0.097	0.005	0.046	0.005	0.018	0.000

在得到标准化影响矩阵 F 后，通过公式(3)计算得到综合影响矩阵 K ，如表 5 所示。

Table 5. Composite influence matrix
表 5. 综合影响矩阵

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	0.057	0.112	0.149	0.138	0.06	0.121	0.065	0.124	0.098	0.041	0.116	0.051	0.137	0.085
2	0.057	0.034	0.097	0.095	0.034	0.054	0.038	0.077	0.115	0.023	0.087	0.037	0.13	0.108
3	0.141	0.153	0.072	0.162	0.100	0.12	0.066	0.185	0.165	0.05	0.153	0.062	0.194	0.146
4	0.151	0.162	0.177	0.084	0.097	0.152	0.100	0.209	0.184	0.117	0.199	0.103	0.214	0.147
5	0.188	0.142	0.178	0.180	0.066	0.207	0.176	0.256	0.223	0.103	0.191	0.101	0.200	0.175
6	0.157	0.124	0.149	0.150	0.075	0.085	0.132	0.221	0.157	0.068	0.162	0.097	0.174	0.151
7	0.168	0.130	0.142	0.144	0.139	0.181	0.071	0.241	0.189	0.099	0.189	0.144	0.172	0.148
8	0.090	0.048	0.063	0.066	0.068	0.101	0.086	0.088	0.167	0.052	0.125	0.1	0.146	0.106
9	0.033	0.019	0.022	0.031	0.035	0.05	0.041	0.104	0.043	0.053	0.112	0.044	0.058	0.070
10	0.051	0.031	0.037	0.041	0.048	0.111	0.075	0.164	0.153	0.034	0.123	0.145	0.127	0.135
11	0.036	0.04	0.043	0.037	0.027	0.074	0.034	0.105	0.064	0.026	0.037	0.043	0.099	0.072
12	0.058	0.031	0.045	0.057	0.051	0.096	0.050	0.164	0.15	0.109	0.107	0.045	0.149	0.113
13	0.034	0.044	0.039	0.066	0.034	0.057	0.072	0.141	0.115	0.026	0.051	0.075	0.051	0.100
14	0.027	0.014	0.021	0.022	0.013	0.053	0.026	0.066	0.122	0.018	0.074	0.022	0.046	0.025

4.3. 关键影响因素分析

根据公式(4)以及公式(5)，可以求出各个因素的影响度 D 、被影响度 C 、中心度 M 以及原因度 R 如表 6 所示。

Table 6. The degree of influence of each factor
表 6. 各因素影响程度

因素	影响度 D	被影响度 C	中心度 M	原因度 R
1	1.354	1.249	2.603	0.105
2	0.987	1.084	2.071	-0.096
3	1.771	1.235	3.006	0.536
4	2.095	1.271	3.366	0.824
5	2.388	0.847	3.236	1.541
6	1.902	1.463	3.366	0.439
7	2.157	1.032	3.189	1.125
8	1.305	2.146	3.451	-0.841
9	0.716	1.946	2.661	-1.23
10	1.275	0.819	2.095	0.456
11	0.735	1.724	2.459	-0.989
12	1.224	1.068	2.292	0.156
13	0.906	1.897	2.803	-0.991
14	0.548	1.581	2.129	-1.033

以中心度为横轴，原因度为纵坐标轴建立坐标系，将各因素按照中心度和原因度的坐标点绘制坐标系，得到散点图如图 1 所示。

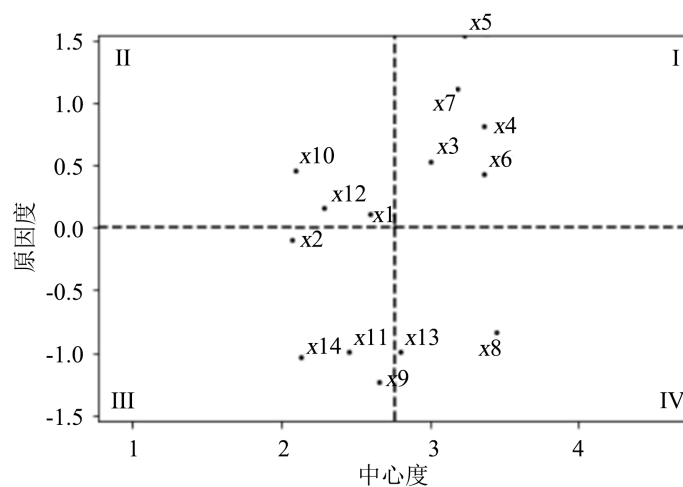


Figure 1. Central-causation scatter plot

图 1. 中心度 - 原因度散点图

4.4. 原因度与结果度分析

中心度表明了综合影响度的素质，中心度数值越大即在图中距离原点最远，说明该障碍因素对中小型企业数字化转型的阻碍程度越高。中心度排在前五的因素分别为数字化配置应用标准和规范不完善(X4)、基层员工缺乏相关培训(X6)、内部反对声音过大(X8)、管理理念陈旧(X5)以及组织结构僵化(X7)。仅从 DEMATEL 法可得出这五个因素对中小企业数字化顺利转型存在重大阻碍。

原因因素对其他因素的影响程度较大，结果因素容易受到其他因素的影响。其中，影响度排在前五位的因素分别为管理理念陈旧(X5)、组织结构僵化(X7)、数字化配置应用标准和规范不完善(X4)、技术基础薄弱(X3)、缺乏技术人才(X1)等因素，这五个因素对于企业数字化转型的影响程度最大，这一结论与 ISM 方法得出的结论相一致。被影响度中排在前五位的因素分别为：内部反对声音过大(X8)、合作者之间缺乏新的合作关系(X9)、担心数字化转型过程中重要数据丢失(X13)、同行竞争激烈(X11)、财务预期不准确导致资金链断裂(X14)等因素，这些因素容易受到其他因素的影响，因此在数字化转型过程中可以作为观测指标，来判断转型过程是否可以顺利。

4.5. 建立可达矩阵

计算出综合影响矩阵中所有元素的均值以及标准差，相加得到阈值 $y = 0.102$ 。根据所得阈值以及公式，计算得到关系矩阵 T ，具体公式为：

$$T_{ij} = \begin{cases} 0, & k_{ij} < y \\ 1, & k_{ij} \geq y \end{cases} \tag{12}$$

由于综合影响矩阵 K 、关系矩阵 T 只考虑了各因素对其他因素的影响关系，对自身的影响未考虑，由于影响因素与自身之间属于一一对应关系，所以各因素对自身的影响情况可用单位矩阵 E 计算。可达矩阵用于表示影响因素间是否存在相互影响，记可达矩阵为 $H(H = [h_{ij}])$ ，如表 7 所示，具体计算如公式 (13)所示。

Table 7. Reachable matrix
表 7. 可达矩阵

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0
2	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
3	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1
4	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
8	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1
9	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1
10	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1
11	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
13	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1

$$H = T + E$$

(13)

4.6. 层级划分

根据公式(7)以及公式(8)，求出可达矩阵的先行集 P_i 和可达集 Q_i ，并根据公式(10)计算 P_i 和 Q_i 的交集 C ，若 C 满足公式，则先识别出的 F_i 为底层级，以此类推，并在可达矩阵 K 中划去交集 C 所包含元素对应的行和列。重复步骤，直至划去可达矩阵 K 中的所有因素，最终该 14 个因素共划分得到五个层级，如表 8 所示。

Table 8. Hierarchical division
表 8. 层级划分

层级	影响因素
1	B9, B11, B13, B14
2	B2, B8
3	B1, B3, B6, B12
4	B7, B10
5	B4, B5

4.7. 绘制多层递阶结构模型图

在对这 14 个因素的层级进行划分之后，又结合可达矩阵深入分析，绘制出了如图 2 所示的多层递阶结构模型图。这张图可以直观地展示各个因素在同一层级内的相互影响关系，以及不同层级间因素之间的跨层影响关系。

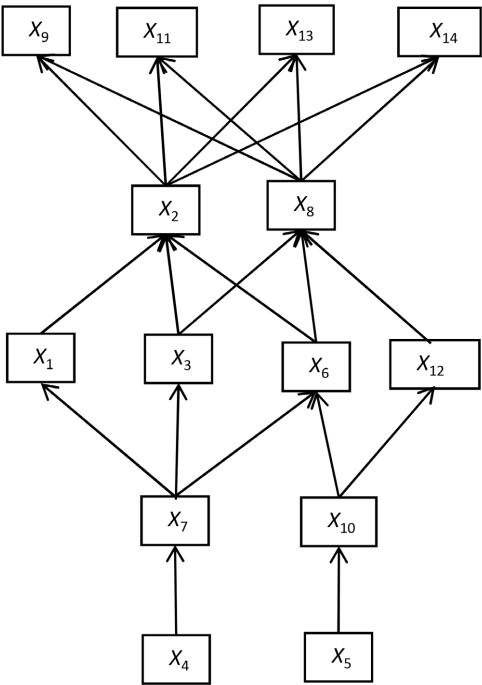


Figure 2. Multi-layer hierarchical structure model diagram
图 2. 多层递阶结构模型图

4.8. 基于 DEMATEL-ISM 模型的因素关系分析

在绘制出多层递阶结构模型图之后,进一步对各层次影响因素的作用规律进行分析。随着层级的提高,影响因素的重要程度不断增大。第一层是导致数字化转型受阻的直接因素,主要有合作者之间未能建立新的合作关系、同行竞争激烈、担心转型过程中数据丢失以及对财务预期不准确导致后期资金链断裂风险增大等。第二、三、四层是中间过渡因素,分别为第二层的数据互用性差和内部反对声音过大等因素,第三层的缺乏技术人才、基础技术薄弱、基层员工缺乏相关培训、相关法律不健全带来的风险扩大效应等因素以及第四层的组织机构僵化、缺乏政府相关支持等因素。第五层是根源障碍因素,分别为数字化配置应用标准和规范不完善、管理理念陈旧等因素。随着层级的提高,影响因素的重要程度不断增大。

根源障碍因素中,管理理念陈旧等因素导致了组织机构僵化,进而导致企业不重视技术人才的培养,从而导致企业缺乏相应的技术人才,基层员工也缺乏相应的培训,公司的基础技术薄弱。进而会导致公司内部的数据不互通,且员工持有很大的反对意见。从而表现出公司担心数字化转型过程中的数据丢失。同时,缺乏相应的政府支持,也会导致法律不健全所带来的风险扩大,从而导致公司内部存在反对声音,以及合作者不愿建立新的合作关系。企业在制定数字化转型战略时,必须从根源障碍入手,逐层解决问题,才能确保转型的成功。中小型企业也要与时俱进,引进先进的信息技术,并与之相匹配地更新企业软硬件设施,为数字化转型奠定坚实基础。建立统一的数据管理平台和标准,促进数据在不同部门和系统间的流通与共享,解决数据互用性差的情况。同时管理层应更新观念,充分认识到数字化转型的重要性和紧迫性,积极推动变革,优化组织结构,建立更加灵活高效的团队,以适应数字化转型的需求。通过差异化竞争策略,在数字化转型中寻找自身的竞争优势。

5. 结论

随着时代的进步和市场竞争的激烈,数字化供应链已成为企业发展的必然趋势。本文从综合管理的角度提出了解决中小型企业供应链数字化转型问题的方法。文章详细阐述了转型的驱动因素和机理,针对每一项驱动因素建立了决策模型并制定了相应的管理方案与策略。利用 DEMATEL-ISM 方法,从技术、组织、人员和环境等方面对中小型企业数字化转型的阻碍因素进行了深入分析。识别并分析了影响中小型企业数字化转型的关键因素,进而提出了相应的解决策略。通过全面分析中小型企业数字化转型的阻碍因素,识别出技术人才缺乏、数据互用性差和技术基础薄弱等关键问题,并提出了相应的应对策略。其创新点在于综合使用多种分析方法和多维度视角。但本文的样本存在一定的局限性,方法适用性需进一步验证,应对策略的实际效果也尚待检验。数字化转型是中小型企业发展的必然趋势,但也是一个充满挑战的过程。面对诸多阻碍因素,企业需要坚定信心,迎难而上。同时,数字化转型也是一个系统工程,需要企业从战略、组织、技术、管理等多个层面进行综合考虑和布局。

基金项目

教育部人文社会科学研究青年项目(19YJC630107)、对外经济贸易大学中央高校基本科研业务费专项资金资助(20YQ04)、对外经济贸易大学优秀青年学者资助项目(20YQ12)。

参考文献

- [1] 中国数字经济发展白皮书(2023) [R]. 北京: 中国信息通信研究院, 2023.
- [2] 王梓, 丁华燕. 供应链数字化转型的成功案例分析与关键因素探讨[J]. 价值工程, 2023, 42(29): 61-63.
- [3] 贾丽丽. 初创企业数字化转型的关键成功因素研究[J]. 商场现代化, 2024(1): 127-129.

-
- [4] 孙早, 王乐, 张希. 数字化赋能产业转型升级: 机遇、挑战与实现路径[J]. 西安交通大学学报(社会科学版), 2023, 43(6): 51-63.
 - [5] 张书健. 基于 DEMATEL-ISM 法的制造业供应链韧性影响因素研究[J]. 时代经贸, 2024, 21(3): 178-182.
 - [6] 周卫强, 王婷, 李淑珍, 等. 中小型制造企业数字化转型策略研究[J]. 企业科技与发展, 2024(1): 57-60.
 - [7] 邵延君, 廖秋洋. 基于 Fuzzy-DEMATEL-ISM 方法的制造类企业精益绿色转型的阻碍因素研究[J]. 河南科技, 2022, 41(15): 115-120.
 - [8] 孔雯. 专精特新企业数字化转型影响因素分析[J]. 企业经济, 2024, 43(3): 90-102.
 - [9] 朱燕群, 陈玲晖, 廖再珍, 等. 数字经济时代中小企业如何数字化转型[J]. 中国外资, 2024(1): 86-89.
 - [10] 和颖哲. 中小企业数字化转型关键与对策研究[J]. 现代工业经济和信息化, 2023, 13(11): 287-290.