

建筑供应链数字化转型对供应链韧性的影响研究

——基于供应链协同的中介作用

张涑贤, 李梦如

西安建筑科技大学管理学院, 陕西 西安

收稿日期: 2026年1月29日; 录用日期: 2026年2月9日; 发布日期: 2026年3月9日

摘要

在外部环境复杂多变、突发事件频发的背景下, 建筑供应链各节点企业进行数字化转型可促进其有效协同, 从而增强其韧性。基于资源基础理论与供应链管理理论, 聚焦建筑供应链上各节点企业, 揭示建筑供应链数字化转型、建筑供应链协同与建筑供应链韧性之间的作用路径。通过来自建筑供应链各节点企业的361份有效问卷数据, 运用结构方程模型对理论模型进行分析, 并采用Bootstrap方法检验中介效应的显著性。结果表明: 建筑供应链数字化转型对其协同和韧性具有显著正向影响; 建筑供应链协同在建筑供应链数字化转型与建筑供应链韧性之间发挥部分中介效应。建筑供应链数字化转型可以打破信息壁垒, 优化资源配置、提升协同和韧性, 助力行业高质量发展。

关键词

建筑供应链, 供应链数字化转型, 建筑供应链协同, 建筑供应链韧性

Research on the Impact of Digital Transformation of the Construction Supply Chain on Supply Chain Resilience

—Based on the Mediating Role of Supply Chain Collaboration

Suxian Zhang, Mengru Li

School of Management, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an Shaanxi

Received: January 29, 2026; accepted: February 9, 2026; published: March 9, 2026

Abstract

In the context of a complex and ever-changing external environment with frequent emergencies, the

digital transformation of enterprises at various nodes of the construction supply chain can promote effective collaboration, thereby enhancing resilience. Based on the resource-based theory and supply chain management theory, this study focuses on enterprises at different nodes of the construction supply chain to reveal the interaction pathways among digital transformation of the construction supply chain, supply chain collaboration, and supply chain resilience. Using 361 valid questionnaire responses from enterprises at various nodes of the construction supply chain, the theoretical model was analyzed using a structural equation model, and the significance of the mediating effect was tested using the Bootstrap method. The results indicate that digital transformation of the construction supply chain has a significant positive effect on both collaboration and resilience, and that supply chain collaboration plays a partial mediating role between digital transformation and supply chain resilience. Digital transformation in the construction supply chain can break down information barriers, optimize resource allocation, enhance collaboration and resilience, and contribute to the high-quality development of the industry.

Keywords

Construction Supply Chain, Digital Transformation of Supply Chain, Construction Supply Chain Collaboration, Construction Supply Chain Resilience

Copyright © 2026 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

建筑业是关系国计民生的基础性产业,对国民经济的贡献显著。新中国成立76年来,建筑业增加值稳步增长,其支柱产业地位不断巩固。2025年全年建筑业增加值86,425亿元,显示出建筑业在国民经济中的重要地位。但是国际形势的波谲云诡和公共卫生事件的巨大冲击,建筑业的各种不稳定性、不确定性因素明显增加[1]。再加上传统建筑业长期存在信息共享效率低、可预测性差、供应链流程复杂和缺乏协作等问题,无一不在制约着建筑业的进一步发展[2]。并且由于建筑行业管理不够细致,工程项目环节众多难以管理,建筑供应链往往会存在脆弱性和复杂性等问题,也时时刻刻需要面临内部和外部双重风险冲击[3],这就导致建筑供应链相对于其他供应链来说会更容易发生中断。研究发现,近些年来由建筑供应链节点企业中断引发的工期延误、工程烂尾现象频发[4],对于传统建筑供应链的改革已经迫在眉睫。

习近平总书记指出:“产业链、供应链在关键时刻不能掉链子,这是大国经济必须具备的重要特征。”但现实生活中,类似于公共卫生事件这样会造成建筑供应链断裂的风险却时有发生。因此如何有效提升“供应链韧性”并尽可能减小“供应链断裂”产生的风险,已成为学术界与实务界共同关注的核心议题。在新一轮技术革命的洪流下,以人工智能、区块链、云计算、大数据等为代表的数字科技迅猛发展,将人类经济社会推入一个以数字(数据)为核心特征的全新时代[5]。在该背景下,越来越多建筑供应链上的核心企业开始通过引入数字技术实现供应链的信息化、数字化、透明化,从而更好地响应国家战略、促进产业升级。并且现在多数企业的数字化转型不再局限于内部流程的自动化和智能化,而是集中在整个产业链条和价值网络中所产生的外溢效应,企业的数字化转型也从“点状”的个体优化升级,逐步演进为“链状”的系统协同,形成了以供应链数字化为核心特征的集成化转型路径[6]。

数字技术的加入和数字化平台的建设为建筑供应链数字化转型注入了活力,使得传统的建筑供应链焕发了新生机。并且供应链上各节点企业的数字化转型还可以促进结构的调整,从而增强供应链的稳定性[7]。供

应链协同这种紧密协作有助于提高生产效率、降低成本、缩短交付周期, 并灵活应对市场变化, 从而提升企业的整体竞争力。这与建筑业的理念是不谋而合的, 建筑供应链上的各节点企业可以通过协同作用, 使其更好地与供应链合作伙伴共享信息、资源和风险[8], 从而能够更好地识别风险、应对风险, 并达到提升建筑供应链韧性的目的。故有必要在此情景下探究建筑供应链数字化转型能否为建筑供应链韧性做出贡献。

2. 理论基础与研究假设

2.1. 建筑供应链数字化转型与建筑供应链协同

建筑供应链协同强调供应链中各节点之间的紧密合作与协同[9]。建筑供应链数字化转型可以建立数字化平台, 并促进建筑供应链上各节点企业的信息链接。阅读众多学者的研究发现, 数字化转型有两个突出的好处。第一, 数字化转型可以帮助改变建设过程中的投入, 使建筑企业摆脱传统市场的约束, 并帮助解决资源错配和市场扭曲等问题[10]。第二, 数字化转型可以帮助克服时间和空间的限制, 达到促进信息和知识的流动、减少信息不对称的目的, 从而促进建筑企业之间的协同[11]。由此可见, 给建筑供应链中各节点企业引入数字技术并建设数字化平台不仅可以影响建筑供应链上各节点企业的运作方式, 还可以促进建筑供应链上各节点企业之间的协同。基于此, 本研究提出如下假设:

H1: 建筑供应链数字化转型对建筑供应链协同有显著的正向影响。

2.2. 建筑供应链协同与建筑供应链韧性

建筑供应链的协同和韧性是确保建筑项目顺利实施的关键因素。建筑项目涉及多方合作, 包括设计、采购、施工、物流等多个环节, 建筑供应链的协同对提高供应链韧性至关重要。供应链协同是指供应链各个环节的合作, 通过协同来实现全面运营效率并达成共同的商业目标[9]。与供应链合作伙伴共享设施、设备和技术资产可以在优化资源利用的同时降低成本。供应链协同涉及所有利益相关者通过信息交换、资源整合和协同决策来有效运作[12]。在出现干扰事件时, 供应链协同已成为提升供应链韧性的关键因素[13]。决策同步和激励调整对于有效的系统级中断响应至关重要[14], 通过联合寻找解决方案来实现决策同步, 能够提高对干扰做出响应的速度[15]。供应链协同应注重畅通信息沟通渠道、制定统一的战略目标, 以期实现供应链协同中各环节的同步运作[16]。

H2: 建筑供应链协同对建筑供应链韧性有显著的正向影响。

2.3. 建筑供应链数字化转型与建筑供应链韧性

建筑供应链数字化转型成为提升建筑供应链韧性的重要突破口。供应链管理理论强调打破企业内部各部门以及上下游企业之间的壁垒, 以系统思维整合资源[17]。现在越来越复杂的供应链网络给管理增加了难度, 随着数字化转型浪潮的袭来, 数字技术的加入为建筑供应链上各节点企业带来了新的转折点, 它可以帮助各节点企业适应不断变化的市场。有学者研究发现, 供应链的数字化似乎是构建供应链韧性能力最有效的策略之一[18] [19]。在建筑行业, 外部风险和不确定性事件往往会对建筑供应链产生冲击, 建筑供应链上的各个企业管理此类会造成建筑供应链中断的能力不仅取决于内部能力, 还取决于周围的技术和网络基础设施[20], 因此在快速发展的数字经济背景下, 确定现在新兴的技术如何提高企业对供应链中断的能力是一项关键任务。基于此, 本研究提出如下假设:

H3: 建筑供应链数字化转型对建筑供应链韧性有显著的正向影响。

2.4. 建筑供应链协同的中介作用

建筑供应链数字化转型可以促进建筑供应链上各节点企业及时掌握市场动态, 提升对整个建筑供应

链的控制力, 更准确地预测潜在风险, 并快速应对突发事件[21], 从而提高建筑供应链的韧性。建筑供应链数字化转型带来的建筑企业数字化转型和数字化平台能够使建筑供应链上各节点企业拥有协同的条件, 可以一定程度上减少重复性和矛盾性决策[22], 提高了建筑供应链的灵活性与快速反应能力, 增强了抵抗和响应的效率, 并在恢复阶段帮助建筑供应链上各节点企业形成合力, 从而减少资源浪费。基于此, 本研究提出如下假设:

H4: 建筑供应链协同在建筑供应链数字化转型和建筑供应链韧性之间发挥中介效应。

本研究提出的理论模型如图 1 所示。



Figure 1. Theoretical model

图 1. 理论模型

3. 研究设计

3.1. 数据收集

本研究旨在探讨建筑供应链数字化转型与建筑供应链韧性之间的关系, 以及建筑供应链协同的中介作用。调查对象为参与形成建筑供应链的主要节点企业, 包含建筑企业、设计单位、工程管理咨询公司等。通过对有效样本进行整理和归纳, 得出被调研对象的基本信息, 如表 1 所示。

Table 1. Basic information of the respondents

表 1. 被调研对象的基本信息

基本信息	选项	频数	百分比(%)
1、贵公司的所有制性质:	国有企业	139	38.5
	集体所有制企业	46	12.7
	联营企业	64	17.7
	私营企业	90	24.9
	外贸投资企业	22	6.1
2、贵公司的所属类别:	设计单位	73	20.2
	建筑企业	164	45.4
	工程管理咨询公司	48	13.3
	数字建筑平台服务商	52	14.4
	其他	24	6.6
3、贵公司年营业收入:	小于 300 万元	63	17.5
	300 万元~5000 万元	143	39.6
	5000 万元~80,000 万元	107	29.6
	大于等于 80,000 万元	48	13.3

续表

4、您在贵公司的现任职位为:	普通员工	185	51.2
	基层管理者	106	29.4
	中层管理者	60	16.6
	高层管理者	10	2.8
5、您目前的最高学历:	专科及以下	137	38
	本科	187	51.8
	硕士研究生	34	9.4
	博士研究生	3	0.8
6、您在建筑行业的相关工作年限:	2年及以下	92	25.5
	2~5年	124	34.3
	6~10年	99	27.4
	11年及以上	46	12.7

3.2. 变量测量

本研究的各个变量测量题项均根据现有文献中的成熟量表结合着实际研究背景进行修改,使其能更符合建筑供应链的特性。正式问卷中的所有变量均是采用5级李克特量表来进行评估的,分别从“1(非常不同意)”到“5(非常同意)”。建筑供应链数字化转型的量表参考 Nasir 等[23]和 Garay-Rondero 等[24]的研究成果,共8个题项。建筑供应链协同参考 Mubarik 等[25]、Li 等[26]、Fawcett 等[27]的研究成果,并结合建筑供应链的实际背景加以更改,共9个题项。建筑供应链韧性的量表参考 Zhao 等[28]、Bai 等[29]和 Qader 等[30]的研究成果,共10个题项。

4. 数据分析与结果

4.1. 共同方法偏差检验

为降低共同方法偏差对研究结果存在的不利影响,本研究实施了以下措施。

4.1.1. 程序控制

问卷发放过程中,要求被调研者以自身所在企业现实情况为依据回答相关问题,以提高问卷的可信度。被调研者来自不同地区、不同单位,降低了因地域因素导致的共同方法偏差。

4.1.2. 统计控制

本研究采用了 Harman 单因素检验进行共同方法偏差的诊断,结果显示第一个因子解释了 29.776% 的方差,未超过规定的 40% 的阈值,初步表明共同方法偏差对于本研究来说不是一个严重的问题。

4.2. 信效度检验

采用 Cronbach's α 对本研究的测量量表进行信度检验。建筑供应链数字化转型的 Cronbach's α 系数分别为 0.887; 建筑供应链协同的 Cronbach's α 系数为 0.787; 建筑供应链韧性的 Cronbach's α 系数为 0.860。此外,各变量平均方差萃取量(AVE)为 0.599、0.627、0.640,均大于 0.5。组合信度(CR)为 0.923、0.938、0.946,均大于 0.8(见表 2)。同时,使用 SPSS27.0 对本研究模型进行多元回归分析,结果显示,

方差膨胀因子(VIF)值均在 1 到 1.313 之间, 均低于 2, 表明不存在严重共线性。

Table 2. Reliability and convergent validity of each latent variable

表 2. 各潜变量的信度及收敛效度

潜变量	观测变量	标准化因子载荷	α	AVE	CR
建筑供应链数字化转型	T1	0.77	0.887	0.599	0.923
	T2	0.765			
	T3	0.8			
	T4	0.788			
	T5	0.781			
	T6	0.822			
	T7	0.746			
	T8	0.713			
建筑供应链协同	T1	0.858	0.787	0.627	0.938
	T2	0.775			
	T3	0.774			
	T1	0.83			
	T2	0.724			
	T3	0.762			
建筑供应链韧性	T1	0.853	0.86	0.639	0.946
	T2	0.753			
	T3	0.786			
	T1	0.874			
	T2	0.827			
	T3	0.806			
	T1	0.851			
	T2	0.754			
	T3	0.789			
	T1	0.831			
T2	0.787				
T3	0.698				
T4	0.765				

所有测量题项的因子载荷均大于 0.7, 表明量表的收敛效度较好。在此基础上, 所有变量 AVE 值的平方根均大于它与其他变量间的相关系数, 表明变量间具有较高的区分效度。

4.3. 描述性统计和相关性分析

研究模型中主要变量的均值、标准差和 Pearson 相关系数如表 3 所示。结果显示, 建筑供应链数字化转型、建筑供应链协同、建筑供应链韧性显著正相关, 初步支持了本研究所提出的假设。

Table 3. Mean value, standard deviation and correlation coefficient of each variable
表 3. 各变量均值、标准差与相关性系数

变量	建筑供应链数字化转型	建筑供应链协同	建筑供应链韧性
建筑供应链数字化转型	1.000		
建筑供应链协同	0.488***	1.000	
建筑供应链韧性	0.470***	0.479***	1.000
AVE 平方根	0.774	0.792	0.800
均值	3.502	3.430	3.521
标准差	0.848	0.706	0.749

注: P < 0.1, *P < 0.05, **P < 0.01, ***P < 0.001。

4.4. 假设检验

本研究采用结构方程模型对假设进行验证, 标准化路径系数及具体假设检验结果如表 4 所示。

Table 4. Path verification results

表 4. 路径检验结果

路径	非标准化系数	标准化系数	S.E.	C.R.	P	假设成立情况
H1: CSCDT→CSCC	0.642	0.554	0.081	7.896	***	支持
H2: CSCC→CSCR	0.346	0.394	0.066	5.234	***	支持
H3: CSCDT→CSCR	0.329	0.324	0.072	4.583	***	支持

注: P < 0.1, *P < 0.05, **P < 0.01, ***P < 0.001。

由上述分析结果知, 建筑供应链数字化转型对建筑供应链协同、建筑供应链韧性分别存在正向且显著的影响, 假设 H1、H2、H3 得到支持。在此基础上, 采用 AMOS28.0 中的 Bootstrap 方法对建筑供应链协同的中介效应进行验证。设置有放回重复取样 5000 次, 将偏差校正置信区间调整为 95%, 检验结果如表 5 所示, 假设 H3 得到支持。

Table 5. Bootstrap mediating effect test

表 5. Bootstrap 法中介效应检验

路径		CSCDT 对 HFNL 的间接影响	CSCDT 对 HFNL 的总影响
效应值		0.222	0.552
SE		0.063	0.091
H4:建筑供应链数字化转型→ 建筑供应链协同→建筑供应 链韧性	Lower	0.13	0.383
	Upper	0.402	0.749
	P	0	0

注: 5000 个自举样本的标准化估计中 P < 0.1, *P < 0.05, **P < 0.01, ***P < 0.001。

5. 结论与启示

5.1. 研究结论

本研究基于供应链管理理论和资源基础理论, 提出了建筑供应链数字化转型 - 建筑供应链协同 - 建筑供应链韧性的研究框架, 深入探讨了建筑供应链数字化转型对建筑供应链韧性的影响机制, 主要结论如下:

(1) 建筑供应链数字化转型能够提高建筑供应链韧性。在风险来临前, 建筑供应链数字化转型可显著提升建筑供应链上的各节点企业的抵抗能力, 这主要体现在通过数字技术来实时预测未知的风险, 并提前做出风险预案。在风险来临时, 建筑供应链数字化转型能够通过数字技术来及时通知给建筑供应链上的各企业, 提高响应的速度, 尽可能地减少损失。在风险来临后, 建筑供应链上的各节点企业能够通过基于数字化分析精准溯源, 系统性优化运营策略, 推动建筑供应链快速恢复的同时积累实践经验, 持续增强建筑供应链韧性。

(2) 建筑供应链数字化转型通过提高建筑供应链协同对建筑供应链韧性产生积极影响。本研究采用实证研究法检验了建筑供应链数字化转型对建筑供应链韧性的提高作用, 表明建筑供应链数字化转型能够优化建筑供应链上各个企业自身和他们之间的数字配置, 减少因信息不对称、决策不对称、目标不对称而引发的建筑供应链上各个企业之间的协同障碍, 从而促进建筑供应链韧性水平的提高。

5.2. 管理启示

本研究表明建筑供应链数字化转型对建筑供应链韧性存在积极的直接和间接影响。

(1) 企业层面。企业可以充分运用前沿数字技术, 构建多元化供应链体系。例如企业可以在项目示范合同中强制纳入细化的 BIM 数据交付与管理条款, 并倡导业主直接采购统一的协同平台服务, 为各方提供标准化的数字工作环境。并且为降低企业对单一供应商或客户的依赖, 企业可以构建多元化、灵活的供应链体系来提升供应链韧性水平, 从而帮助自身在充满不确定性的商业环境中维持核心竞争力。

(2) 政府层面。政府需要持续地向企业传递数字化转型的重要性和紧迫性, 加强对企业数字化转型的支持。通过举办行业研讨会、高峰论坛等活动, 政府可以邀请国内外数字化转型的领军企业分享他们的成功经验, 让更多的企业认识到数字化转型不仅是提升效率的手段, 更是保持竞争力的关键, 通过这些举措, 政府可以激发企业主动拥抱数字化转型的内生动力。

6. 研究不足与展望

6.1. 研究不足

(1) 当前建筑供应链数字化转型的理论体系尚不完善, 在研究过程中, 大量理论是从制造业、零售业等其他行业借鉴而来。然而, 建筑行业具有独特的行业特性, 项目周期长使得其在数字化转型过程中面临更多的时间跨度挑战, 不同阶段的数据衔接与整合难度较大。(2) 建筑项目施工过程中, 可能会因为极端天气导致工程进度延误, 传统的供应链管理理论难以对这种突发情况进行有效应对和调整, 导致理论与建筑行业实践之间存在脱节现象, 无法为建筑供应链上各节点企业的数字化转型提供精准的指导。

6.2. 展望

未来的研究应紧密围绕建筑行业特性, 从多视角深入构建适配建筑供应链数字化转型的理论体系。

(1) 在项目管理视角下, 深入研究如何利用数字化技术优化建筑项目的进度管理、成本控制和质量管理, 形成基于数字化的建筑项目全生命周期管理理论。(2) 各节点企业还可以从组织架构视角出发来探讨如何调整建筑企业的组织结构, 以使其本身能够适应建筑供应链数字化转型带来的信息流通和决策方式的变化, 进而研究如何建立敏捷、高效的数字化组织架构理论。

基金项目

陕西省自然科学基金基础研究计划“BIM 应用下工程项目团队知识隐藏对虚拟协作有效性的影响机制研究”(2022JM-428)。

参考文献

- [1] 王泽彩. 提升产业链供应链韧性和安全水平的思考[J]. 人民论坛, 2025(9): 27-31.
- [2] Woodhead, R., Stephenson, P. and Morrey, D. (2018) Digital Construction: From Point Solutions to IoT Ecosystem. *Automation in Construction*, **93**, 35-46. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.05.004>
- [3] 张春生, 乔梦菲, 李瑚均, 等. 建筑领域区块链技术应用研究综述[J]. 铁道科学与工程学报, 2023, 20(3): 1105-1115.
- [4] Marandi Alamdari, A., Jabarzadeh, Y., Samson, D. and Sanoubar, N. (2021) Supply Chain Risk Factors in Green Construction of Residential Mega Projects—Interactions and Categorization. *Engineering, Construction and Architectural Management*, **30**, 568-597. <https://doi.org/10.1108/ecam-07-2021-0663>
- [5] 毛斯丽, 肖明, 李格. 供应链关系与企业数字化转型——基于动机与能力双重视角的分析[J]. 经济与管理研究, 2024, 45(2): 98-124.
- [6] 金亮, 管潇潇, 李元亨. 供应链数字化对企业 ESG 表现的影响研究[J]. 商业研究, 2025(5): 109-120.
- [7] Jiang, W. and Wang, X. (2024) Enterprise Digital Transformation Empowers Supply Chain Stability. *Finance Research Letters*, **66**, Article ID: 105693. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2024.105693>
- [8] Tian, H. and Shi, T. (2024) Corporate Digital Transformation and Supply Chain Synergy Effects. *Finance Research Letters*, **62**, Article ID: 105247. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2024.105247>
- [9] Zhang, J., Miao, X. and Shang, T. (2025) Impact Mechanism of Digital Transformation on Supply Chain Resilience. *Finance Research Letters*, **76**, Article ID: 106993. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2025.106993>
- [10] Mubarak, M.F., Tiwari, S., Petraite, M., Mubarik, M. and Raja Mohd Rasi, R.Z. (2021) How Industry 4.0 Technologies and Open Innovation Can Improve Green Innovation Performance? *Management of Environmental Quality: An International Journal*, **32**, 1007-1022. <https://doi.org/10.1108/meq-11-2020-0266>
- [11] Li, J., Chen, L., Chen, Y. and He, J. (2021) Digital Economy, Technological Innovation, and Green Economic Efficiency—Empirical Evidence from 277 Cities in China. *Managerial and Decision Economics*, **43**, 616-629. <https://doi.org/10.1002/mde.3406>
- [12] Li, S., Xu, T., Park, K.C. and Kang, M. (2023) The Effect of Supply Chain Collaboration on Firms' Risk Management under Technology Turbulence. *Production Planning & Control*, **35**, 1991-2006. <https://doi.org/10.1080/09537287.2023.2225474>
- [13] Zhou, J., Hu, L., Yu, Y., Zhang, J.Z. and Zheng, L.J. (2022) Impacts of IT Capability and Supply Chain Collaboration on Supply Chain Resilience: Empirical Evidence from China in COVID-19 Pandemic. *Journal of Enterprise Information Management*, **37**, 777-803. <https://doi.org/10.1108/jeim-03-2022-0091>
- [14] Jüttner, U. and Maklan, S. (2011) Supply Chain Resilience in the Global Financial Crisis: An Empirical Study. *Supply Chain Management: An International Journal*, **16**, 246-259. <https://doi.org/10.1108/13598541111139062>
- [15] Scholten, K. and Schilder, S. (2015) The Role of Collaboration in Supply Chain Resilience. *Supply Chain Management: An International Journal*, **20**, 471-484. <https://doi.org/10.1108/scm-11-2014-0386>
- [16] Daugherty, P.J., Richey, R.G., Roath, A.S., Min, S., Chen, H., Arndt, A.D., et al. (2006) Is Collaboration Paying off for Firms? *Business Horizons*, **49**, 61-70. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2005.06.002>
- [17] 赵先德, 谢金星. 现代供应链管理的几个基本观念[J]. 南开管理评论, 1999(1): 62-66.
- [18] Tsolakis, N., Harrington, T.S. and Srari, J.S. (2021) Digital Supply Network Design: A Circular Economy 4.0 Decision-Making System for Real-World Challenges. *Production Planning & Control*, **34**, 941-966. <https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1980907>
- [19] Zouari, D., Ruel, S. and Viale, L. (2020) Does Digitalising the Supply Chain Contribute to Its Resilience? *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, **51**, 149-180. <https://doi.org/10.1108/ijpdlm-01-2020-0038>
- [20] Christopher, M. and Peck, H. (2004) Building the Resilient Supply Chain. *The International Journal of Logistics Management*, **15**, 1-14. <https://doi.org/10.1108/09574090410700275>
- [21] Whipple, J.M. and Russell, D. (2007) Building Supply Chain Collaboration: A Typology of Collaborative Approaches. *The International Journal of Logistics Management*, **18**, 174-196. <https://doi.org/10.1108/09574090710816922>
- [22] Simatupang, T.M. and Sridharan, R. (2008) Design for Supply Chain Collaboration. *Business Process Management Journal*, **14**, 401-418. <https://doi.org/10.1108/14637150810876698>
- [23] Nasiri, M., Ukko, J., Saunila, M. and Rantala, T. (2020) Managing the Digital Supply Chain: The Role of Smart Technologies. *Technovation*, **96**, Article ID: 102121. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2020.102121>
- [24] Garay-Rondero, C.L., Martinez-Flores, J.L., Smith, N.R., Caballero Morales, S.O. and Aldrette-Malacara, A. (2019) Digital Supply Chain Model in Industry 4.0. *Journal of Manufacturing Technology Management*, **31**, 887-933.

- <https://doi.org/10.1108/jmtm-08-2018-0280>
- [25] Mubarik, M.S., Gunasekaran, A., Khan, S.A. and Mubarak, M.F. (2025) Decarbonization through Supply Chain Innovation: Role of Supply Chain Collaboration and Mapping. *Journal of Cleaner Production*, **507**, Article ID: 145492. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.145492>
- [26] Li, Y., Li, D., Liu, Y. and Shou, Y. (2023) Digitalization for Supply Chain Resilience and Robustness: The Roles of Collaboration and Formal Contracts. *Frontiers of Engineering Management*, **10**, 5-19. <https://doi.org/10.1007/s42524-022-0229-x>
- [27] Fawcett, S.E., Wallin, C., Allred, C., Fawcett, A.M. and Magnan, G.M. (2011) Information Technology as an Enabler of Supply Chain Collaboration: A Dynamic-Capabilities Perspective. *Journal of Supply Chain Management*, **47**, 38-59. <https://doi.org/10.1111/j.1745-493x.2010.03213.x>
- [28] Zhao, N., Hong, J. and Lau, K.H. (2023) Impact of Supply Chain Digitalization on Supply Chain Resilience and Performance: A Multi-Mediation Model. *International Journal of Production Economics*, **259**, Article ID: 108817. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.108817>
- [29] Bai, X., Zhou, K.Z., Jiang, W., Li, Y. and Chen, X. (2025) Smart Manufacturing and Supply Chain Resilience: Evidence from an Emerging Market. *Journal of Business Research*, **196**, Article ID: 115421. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2025.115421>
- [30] Qader, G., Junaid, M., Abbas, Q. and Mubarik, M.S. (2022) Industry 4.0 Enables Supply Chain Resilience and Supply Chain Performance. *Technological Forecasting and Social Change*, **185**, Article ID: 122026. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122026>