

# 数字化视域下智慧交通产业链韧性诊断研究

杨莹<sup>1</sup>, 史立凯<sup>1</sup>, 陈大志<sup>1</sup>, 唐帆<sup>2</sup>

(1. 江苏电子信息职业学院电子工程学院, 江苏 淮安 223001; 2. 中共淮安市委办公室, 江苏 淮安 223001)

**摘要:**近年来数字化新质生产力快速发展,智慧交通产业链应运而生。以智慧交通产业链韧性为研究对象,界定其韧性内涵及影响因素。采用OSM(目标-策略-度量)模型从抵抗、变革及恢复能力3个维度构建产业链韧性诊断指标体系,提出产业链韧性度G1+CRITIC(序关系法-基于指标间相关性的权重确定法)信息熵诊断模型,选取江苏省2015—2024年数据进行实例分析。结果表明,智慧交通产业链韧性度高低主要取决于产业链恢复能力,诊断模型能够有效评判产业链韧性水平并定位短板,根据诊断结果能够精准提出固链及强链措施。

**关键词:**智慧交通; 产业链韧性; OSM(目标-策略-度量)模型; G1(序关系法); CRITIC(基于指标间相关性的权重确定法); 信息熵

**中图分类号:** U495; TP391.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2025)15-0183-07

伴随新一轮科技革命和产业变革深入发展,国内传统产业链受到贸易保护主义、地缘政治博弈加剧等多种因素冲击。党的二十大报告强调“着力提升产业链供应链韧性和安全水平”,为经济高质量发展保驾护航。交通运输产业作为国民经济的重要支柱,目前已经进入精准补齐短板、提升服务质效的关键时期,然而传统交通产业链脱钩断链风险较大,因此加快交通产业转型升级,着力打造智慧交通产业链、提升产业链韧性刻不容缓。

国外学者重点关注供应链,对产业链研究较少<sup>[1]</sup>,部分学者将韧性概念界定为在单体或系统受到扰动后自我恢复的能力<sup>[2-3]</sup>。国内学者围绕产业链韧性内涵、影响因素及水平测度等方面开展了研究。曹得等<sup>[4]</sup>阐述轨道交通产业链韧性及脆弱性概念并分析内部及外部影响因子,构建了评价指标体系并进行实证分析得到不同指标对韧性-脆弱性的影响程度,进而针对性地提出强链措施;吴斌等<sup>[5]</sup>提出人工智能产业链韧性模型以及评估研究框架,指出今后研究重点应着眼于韧性评估指标体系及评估方法;常歆和韩平<sup>[6]</sup>对数字产业链韧性进行分析,从抵抗能力等4个维度构建评价指标体系并测算不同年份数字产业链韧性水平,结果表明国家数字产业链韧性水平逐年提升,各区域韧性水平差异不断

缩小;芦守义<sup>[7]</sup>充分解析西安轨道交通产业链,认为该产业链存在创新能力转化率低、产业集群效应不佳等突出问题,在对政策及市场研判后提出应对策略。谢家智和何雯好<sup>[8]</sup>对产业链韧性内涵、产业链风险进行深入剖析,提出产业链韧性指标体系并采用熵值法进行韧性评价,提出产业链韧性提升路径。

综上所述,在宏观产业链韧性内涵基础上,现有研究重点围绕某一专项领域产业链韧性影响因素及水平测度,国内关于交通运输专项领域的研究主要面向轨道交通产业链韧性,聚焦于智慧交通产业链开展韧性内涵、影响因素及测度方法研究较少。《“十四五”现代综合交通运输体系发展规划》着重提出“加快智能技术深度推广应用”,将大数据、人工智能等数字化新质生产力与交通行业深度融合形成智慧交通产业链,能够一定程度强化交通产业链韧性、提升抗冲击能力;通过对智慧交通产业链韧性进行诊断可以进一步锁定易断环节,有利于定向改善脆弱性、采取强链措施,对于持续增强综合交通运输发展新动能具有重要意义。

## 1 智慧交通产业链构成及韧性概述

### 1.1 数字化新质生产力引领打造智慧交通产业链

交通运输行业作为中国现代化的开路先锋,是新质生产力重要发展领域。伴随物联网、5G通信等

**收稿日期:** 2025-02-07

**基金项目:** 江苏省社科应用研究精品工程课题(24SYB-054);淮安市基础研究计划(联合专项)(HABL2023029)

**作者简介:** 杨莹(1993—),女,河北保定人,硕士,讲师,研究方向为智能交通、无人机应用技术;史立凯(1989—),男,江苏泗阳人,硕士,讲师,研究方向为综合交通模型、无人机航迹规划;陈大志(1989—),男,江苏淮安人,硕士,助教,研究方向为无人机应用技术;唐帆(1992—),男,江苏淮安人,硕士,副处长,研究方向为交通工程、公共管理。

新兴技术与交通行业深度融合,近年来传统交通产业向智能交通系统转型升级已趋向成熟<sup>[9]</sup>,目前在生成式 AI(人工智能)及大数据等数字化新质生产力的引领驱动下,智慧交通产业链应运而生。

智慧交通产业链以智慧交通服务为目标,是交通行业高质量发展的重要载体,产业链中的产业具备高新技术及综合性双重特征,根据产业功能将产业链分为上游基础层、中游集成层及下游应用层,如图 1 所示。

基础层产业涉及电子信息技术中的传感器研发、集成电路制造以及计算机技术中的算法设计、大数据采集等专项领域;集成层产业重点关注软件平台搭建、硬件设备组装以及方案咨询服务等系统模块;应用层产业则主要面向政府管理部门、交通运营企业及社会民众终端需求,包括停车管理、飞行器应用及物流分拣等智慧交通服务。智慧交通产业链上中下游产业环环相扣、交叉融合,与传统交通产业链相比,能够有效避免各层产业关联度不高、协同发展动能不足等问题。

## 1.2 智慧交通产业链韧性内涵及影响因素

产业链韧性是指产业链系统在受到扰动因素冲击时,为避免断链风险,利用自生特性消散冲击且在短时间内恢复正常运作状态的一种复杂性适应能力<sup>[10-11]</sup>。目前国内外关于智慧交通产业链韧性研究较少,基于产业链韧性基本内涵,结合智慧交通产业链产业规模大、产业技术难度高以及交叉融合性强等特点,通过参考相关文献及行业报告等资料<sup>[12]</sup>,经归纳总结初步界定了智慧交通产业链韧性内涵,具体描述为:由电子信息、计算机及交通运营管理等多行业产业构成的智慧交通产业链,当遭受贸易保护主义、地缘政治博弈、技术革新等多种内外部因素冲击时,为防止上中下游产业断链,通过科技创新、政府干预等手段抵御及适应干扰、重构及恢复稳定性并进一步

提升产业链服务质效的能力。

为了有效诊断智慧交通产业链韧性水平并提出产业链韧性提升对策,关键在于确定产业链韧性影响因素。现有研究大多从政府政策、技术迭代以及企业发展角度分析智慧交通产业链韧性影响因素<sup>[13-14]</sup>,往往忽略区域经济的影响。因此从政府、企业以及区域经济等综合视角出发,围绕智慧交通产业链抵抗能力、变革能力及恢复能力 3 个关键维度,结合智慧交通产业链各环节特点,深入分析其韧性影响因素,采用鱼骨图工具系统识别内部韧性影响因素和外部韧性影响因素,如图 2 所示。

与传统交通产业链相比,智慧交通产业链在数字化新质生产力的赋能下,上中下游产业关联性更紧密、产业之间协同性明显增强<sup>[15]</sup>,产业链韧性内部影响因素主要体现在产业链中大数据处理、芯片开发等高新技术企业规模及自主创新能力,通过科技创新实现产品迭代更新能够提升产业链变革能力、强化恢复能力,有效规避技术落后及同质化风险,实现强链良性循环。

相关研究表明,东部沿海地区产业链韧性总体强于经济欠发达的中西部地区<sup>[16-17]</sup>,因此区域经济实力是影响智慧交通产业链韧性的重要外部因素之一,地区经济越发达、对外开放程度越高,产业链受到干扰后的恢复能力越强;除此之外,智慧交通产业链服务于广大社会民众,其建设及运营通常由政府主导,因此政府干预能够极大增强产业链抵抗风险能力,主要涉及交通基建投入、政策支持力度等方面。

## 2 智慧交通产业链韧性诊断

### 2.1 智慧交通产业链韧性 OSM(目标-策略-度量)诊断指标体系

数据分析领域常借助 OSM(目标-策略-度量)模型<sup>[18]</sup>搭建指标体系用于达成特定分析目的,其中 O 代表目标(objective)、S 代表策略(strategy)、

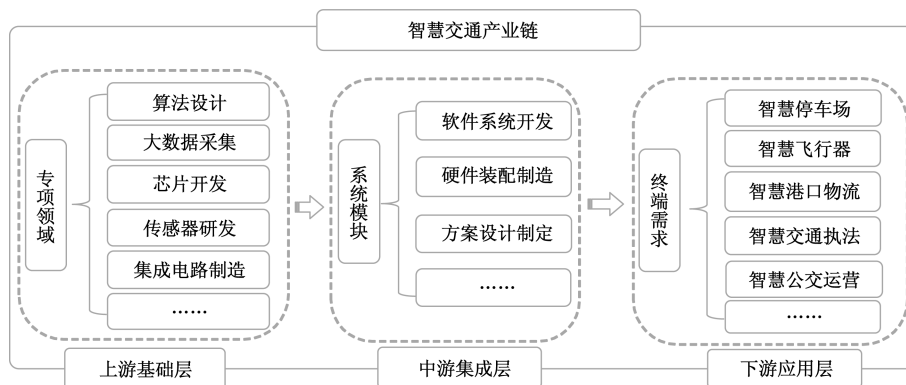


图 1 智慧交通产业链构成

M代表度量(measurement),即在进行数据分析时,首先要明确分析目标,其次需要制定目标达成策略,最后围绕策略制定度量指标。为了科学诊断智慧交通产业链韧性,基于OSM模型及智慧交通产业链韧性内涵和影响因素,遵从指标体系设计原则,以智慧交通产业链韧性度为诊断目标(O),从抵抗能力、变革能力及恢复能力3个策略维度(S)出发,选取了12个度量指标(M)并界定了测度准则,智慧交通产业链韧性诊断指标体系见表1。

(1)产业链抵抗能力。智慧交通产业链上中下游涉及大数据、芯片、系统开发集成等多类型高新技术产业,高新技术企业规模越大、发展趋势越好,越能增强产业链内部自生抵抗能力;除此之外,政府政策支持力度越大、交通基础设施建设投入越高,更有助于产业链抵御外部风险。因此选取交通基建投入、政策支持力度、高新企业规模、企业发展态势4个度量指标,用以诊断智慧交通产业链抵抗能力。

(2)产业链变革能力。智慧交通产业链在应对经济环境变化、关键技术壁垒等冲击时,将会进入学习自适应阶段,通过借鉴国外过往经验,引进先进技术短期维持产业链稳定,但为了从根本上提升产业链韧性,需要投入大量技术创新试验经费进而获得发明专利及高水平论文等自主技术创新成果,推动产业升级并实现产业链变革。因此选取科研经费投入、自主知识产权、知网论文发表、众创空间孵化4个度量指标,用以诊断智慧交通产业链变革能力。

(3)产业链恢复能力。智慧交通产业链具备明显的数字化特点,其受到扰动后的恢复能力与数字经济发展直接相关;此外,经济越发达、对外贸易越成熟的地区,人才储备越充足、资金链越稳定,更有利于产业链恢复正常运转。因此选取地区经济水平、数字经济规模、对外开放程度、工业增值增速4个度量指标,用以诊断智慧交通产业链恢复能力。

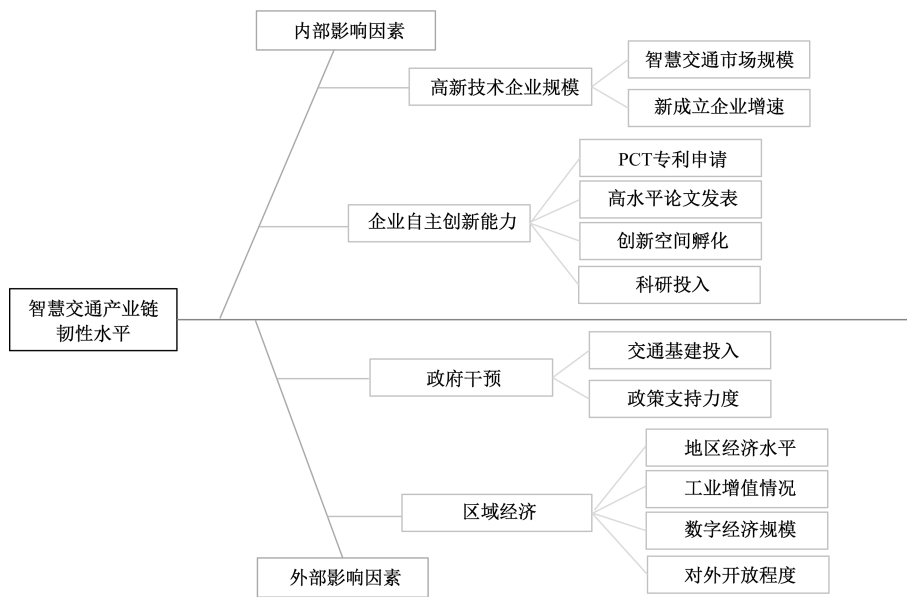


图2 智慧交通产业链韧性影响因素鱼骨分析图

表1 智慧交通产业链韧性诊断指标体系

诊断目标(O)	策略维度(S)	度量指标(M)	测度准则	单位	属性
智慧交通产业链韧性度	抵抗能力 S <sub>1</sub>	交通基建投入 M <sub>1</sub>	交通基础设施建设投资额	亿元	正向
		政策支持力度 M <sub>2</sub>	区域政策支持程度	%	正向
		高新企业规模 M <sub>3</sub>	高新技术产业产值占规上工业比重	%	正向
		企业发展态势 M <sub>4</sub>	高新技术企业年度新增率	%	正向
	变革能力 S <sub>2</sub>	科研经费投入 M <sub>5</sub>	R&D经费支出总额	亿元	正向
		自主知识产权 M <sub>6</sub>	PCT专利申请数	件	正向
		知网论文发表 M <sub>7</sub>	知网收录专业论文数量	篇	正向
		众创空间孵化 M <sub>8</sub>	省级以上众创空间数量	个	正向
	恢复能力 S <sub>3</sub>	地区经济水平 M <sub>9</sub>	地区生产总值 GDP	亿元	正向
		数字经济规模 M <sub>10</sub>	数字经济总量占 GDP 比重	%	正向
		对外开放程度 M <sub>11</sub>	对外贸易进出口总额	亿美元	正向
		工业增值增速 M <sub>12</sub>	规模以上工业增加值增长速度	%	正向

## 2.2 智慧交通产业链韧性 G1+CRITIC 信息熵诊断模型

智慧交通产业链韧性诊断指标体系中的各个指标对诊断结果均会产生影响,但不同指标对产业链韧性总体水平的贡献度不同,因此要对其权重加以区分。指标权重确定方法分为主观赋权和客观赋权两类,主观赋权法是基于行业专家经验对指标重要性进行主观排序从而确定指标权重,客观赋权法则是通过分析指标大数据寻找客观规律从而确定指标权重。为了兼顾专家主观经验与指标数据客观属性,现有智慧交通产业链韧性诊断研究一般将德尔非法或 AHP(analytic hierarchy process,层次分析)法作为主观赋权法、PCA(principal component analysis,主成分分析)法或 CRITIC(criteria importance through inter-criteria correlation,基于指标间相关性的权重确定)等方法作为客观赋权法,主客观组合赋权最终确定指标权重<sup>[19-20]</sup>。由对比分析可知,德尔非法专家意见独立性弱,AHP 法矩阵一致性检验复杂,CRITIC 法相较于 PCA 等方法更适用于多指标评价,因此综合考虑智慧交通产业链韧性诊断指标数量较多且具有随机性、波动性等特点,经过适用性筛选,最终锁定 G1 法(序关系法)确定指标主观权重、CRITIC 法确定指标客观权重,同时为了避免专家经验过度干扰以及客观数据偏离实际情况,引入最小相对信息熵构建“G1+CRITIC”信息熵诊断模型,用以诊断智慧交通产业链韧性总体水平并明确不同诊断指标的重要性。

### 2.2.1 G1 法主观赋权过程

G1 法是一种改进的主观赋权法,可以避免矩阵调整、一致性检验等烦琐步骤,具有简洁高效等优势<sup>[21]</sup>。主观赋权步骤如下。

**步骤 1:**专家排序,初定序关系式。基于 OSM 指标体系的层次性特征,邀请多名专家对 3 个策略维度及每个策略维度下的度量指标分别进行排序。设某排序集合为  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ ,对比各元素重要性,按照重要程度从高到低进行排序,即可得到序关系式  $a_1^* > a_2^* > \dots > a_n^*$ 。

**步骤 2:**对比赋值,量化重要程度。基于序关系式进一步对比相邻元素的相对重要性并赋值  $r_j$ ,量化界定重要程度。

$$r_j = \frac{\omega_{j-1}}{\omega_j} \quad (1)$$

式中: $\omega_j, \omega_{j-1}$ 分别为第  $j$  个、 $j-1$  个元素  $a_j^*, a_{j-1}^*$  的权重系数,  $j=2, 3, \dots, n$ 。  $r_j$  的取值见表 2。

表 2 重要程度对比赋值

指标重要程度对比	$r_j$ 赋值
$a_{j-1}^*$ 与 $a_j^*$ 同等重要	1.0
$a_{j-1}^*$ 比 $a_j^*$ 稍微重要	1.2
$a_{j-1}^*$ 比 $a_j^*$ 明显重要	1.4
$a_{j-1}^*$ 比 $a_j^*$ 强烈重要	1.6
$a_{j-1}^*$ 比 $a_j^*$ 极端重要	1.8

**步骤 3:**代入计算,确定权重系数。基于重要程度赋值  $r_j$ ,根据式(2)、式(3),计算序关系式中各个元素的权重系数,记为  $W = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n\}$ 。

$$\omega_j = \left(1 + \sum_{j=2}^n \prod_{m=j}^n r_m\right)^{-1} \quad (2)$$

$$\omega_{j-1} = r_j \omega_j \quad (3)$$

### 2.2.2 CRITIC 法客观赋权过程

CRITIC 法通过分析数据标准差凸显指标对比强度并由相关系数反向表明指标冲突性,结合对比强度及冲突性特点最终确定指标客观权重<sup>[22]</sup>。赋权步骤如下。

**步骤 1:**构建度量指标矩阵。假设有某地区  $k$  个年份的智慧交通产业链韧性诊断度量指标样本数据,则度量指标矩阵  $B = (b_{ij})_{k \times n}$ ,  $i=1, 2, \dots, k$ ;  $j=1, 2, \dots, n$ 。

**步骤 2:**处理指标数据量纲。由于指标量纲不一致,因此在计算之前需要对数据进行标准化处理,由于智慧交通产业链韧性诊断度量指标属性均为正向,因此兼顾正向指标特点及数据变异性特征,按照式(4)进行无量纲处理。

$$x_{ij} = \frac{b_{ij} - b_{j\min}}{b_{j\max} - b_{j\min}} \quad (4)$$

式中: $b_{ij}$ 为第  $i$  年第  $j$  个指标的原始值; $x_{ij}$ 为第  $i$  年第  $j$  个指标的标准化值; $b_{j\max}, b_{j\min}$ 分别为第  $j$  个指标在研究时段内的最大值和最小值。

**步骤 3:**计算对比强度标准差。按照式(5)利用  $k$  个年份的样本数据计算第  $j$  个指标的标准差  $S_j$ ,用以反映指标波动性,波动性越大,对比强度越明显,指标权重越大。

$$S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k \left(x_{ij} - \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k x_{ij}\right)^2}{k-1}} \quad (5)$$

**步骤 4:**计算冲突性相关系数。基于第  $p$  个指标与第  $j$  个指标之间的相关系数  $\gamma_{pj}$  计算第  $j$  个指标的冲突性  $R_j$ ,相关性越大则表示冲突性越小,因此指标权重越小。

$$R_j = \sum_{p=1}^n (1 - \gamma_{pj}) \quad (6)$$

**步骤 5:** 确定客观权重系数。基于第  $j$  个指标的对比强度  $S_j$  与冲突性  $R_j$ , 计算客观权重系数  $\omega'_j$ 。

$$\omega'_j = \frac{S_j R_j}{\sum_{j=1}^n S_j R_j} \quad (7)$$

### 2.2.3 “G1+CRITIC”信息熵诊断模型

为了避免单一赋权的局限性, 兼顾实际数据分布信息及专家经验, 利用最小相对信息熵理论将 G1 法与 CRITIC 法结合得到诊断度量指标组合权重  $W_j$ , 如式(8)所示。

$$W_j = \frac{(\omega_j \omega'_j)^{0.5}}{\sum_{j=1}^n (\omega_j \omega'_j)^{0.5}} \quad (8)$$

基于信息熵组合权重, 构建智慧交通产业链韧性诊断模型:

$$P_i = \sum_{j=1}^n W_j x_{ij} \quad (9)$$

式中:  $P_i$  为经诊断后第  $i$  个年份的智慧交通产业链韧性度, 得分越高则表明产业链韧性水平越高, 在受到各类风险干扰时, 不易断链且产业链能够较快地恢复稳定状态。

为了进一步验证诊断模型的可靠性, 采用单因素变化法计算权重敏感度系数<sup>[23]</sup>, 分析产业链韧性对某一指标权重变化的敏感度, 若诊断模型对某些指标权重变化过度敏感, 需及时做出调整。敏感度系数计算方法为

$$E_j = \frac{\Delta P_i / P_i}{\Delta W_j / W_j} \quad (10)$$

式中:  $E_j$  为第  $i$  个年份智慧交通产业链韧性度对第  $j$  个诊断指标权重变化的敏感度系数;  $\Delta W_j$  为第  $j$  个诊断指标权重  $W_j$  变化值;  $\Delta P_i$  为第  $i$  个年份智慧交通产业链韧性度  $P_i$  的变化值。

## 3 实例分析

交通产业发展与地域经济密切相关。江苏省地处长三角地区, 经济发达且智能交通建设发展起步较早, 智慧交通产业链完整且相关产业已具备较大规模, 因此以江苏智慧交通产业链韧性水平为研究对象进行实例分析。

### 3.1 G1 法确定主观权重

邀请 10 名分别来自政府部门、高校及企业的交通行业专家, 采用 G1 法对智慧交通产业链韧性诊断指标体系中的策略维度及所属度量指标重要性进行排序, 排序后判断相邻指标相对重要性, 列出重要程度比, 收集各专家经验数据, 利用 MATLAB 编程计算得到各指标主观权重(表 3)。

表 3 智慧交通产业链韧性诊断指标主观权重

指标	权重	指标	权重
$M_1$	0.079	$M_7$	0.040
$M_2$	0.123	$M_8$	0.062
$M_3$	0.068	$M_9$	0.165
$M_4$	0.059	$M_{10}$	0.101
$M_5$	0.059	$M_{11}$	0.089
$M_6$	0.054	$M_{12}$	0.101

表 3 显示, 专家普遍认为政策支持力度  $M_2$ 、地区经济水平  $M_9$ 、数字经济规模  $M_{10}$ , 以及工业增值增速  $M_{12}$  对江苏省智慧交通产业链韧性影响较大, 权重分别为 0.123、0.165、0.101、0.101, 后 3 个指标均属于产业链恢复能力维度。在统计专家意见时, 大部分专家认为在智慧交通产业链受到冲击后产业链恢复能力相对重要, 3 个诊断策略维度的主观权重依次为: 产业链恢复能力(0.456) > 产业链抵抗能力(0.329) > 产业链变革能力(0.215)。

### 3.2 CRITIC 法确定客观权重

综合考虑数据可得性及 CRITIC 法赋权科学性, 选取 2015—2024 年的相关数据作为样本。数据来源于《江苏统计年鉴》《江苏省科技统计公报》及江苏省交通运输厅统计信息等, 根据 2.2 中的客观权重计算步骤计算得出各指标客观权重, 见表 4。

表 4 显示, 基于实际数据经编程计算得出的客观权重中, 自主知识产权  $M_6$ 、数字经济规模  $M_{10}$  以及工业增值增速  $M_{12}$  对智慧交通产业链韧性度的影响较大, 其中数字经济规模  $M_{10}$  与工业增值增速  $M_{12}$  均属于产业链恢复能力维度, 3 个诊断策略维度的客观权重分别为: 产业链恢复能力(0.506) > 产业链变革能力(0.274) > 产业链抵抗能力(0.22), 其中产业链恢复能力权重最大, 与专家意见一致。

表 4 智慧交通产业链韧性诊断指标客观权重

指标	权重	指标	权重
$M_1$	0.048	$M_7$	0.060
$M_2$	0.063	$M_8$	0.050
$M_3$	0.051	$M_9$	0.052
$M_4$	0.058	$M_{10}$	0.131
$M_5$	0.057	$M_{11}$	0.076
$M_6$	0.107	$M_{12}$	0.247

### 3.3 信息熵诊断模型组合权重

对比表 4 与表 3 数据可知, 各诊断指标客观权重与主观权重存在一定差异, 为了科学结合专家经验及客观数据信息, 利用最小相对信息熵理论将 G1 法与 CRITIC 法结合得到诊断度量指标组合权重, 见表 5。经调整, 政策支持力度  $M_2$ 、地区经济水平

表5 智慧交通产业链韧性诊断指标组合权重

指标	权重	指标	权重
$M_1$	0.064	$M_7$	0.052
$M_2$	0.092	$M_8$	0.058
$M_3$	0.062	$M_9$	0.097
$M_4$	0.062	$M_{10}$	0.121
$M_5$	0.061	$M_{11}$	0.086
$M_6$	0.079	$M_{12}$	0.166

$M_9$ 、数字经济规模  $M_{10}$ ，以及工业增值增速  $M_{12}$  的权重相对较大，分别为 0.092、0.097、0.121、0.166，表明地方政策、区域经济发展水平、数字化新质生产力及工业发展状况对江苏省智慧交通产业链韧性度产生较大影响。

### 3.4 韧性度诊断结果及建议

基于“G1+CRITIC”信息熵诊断模型，诊断得出 2015—2024 年江苏省智慧交通产业链韧性度发展态势，如图 3 所示，产业链抵抗能力、变革能力、恢复能力及整体韧性均呈上升趋势，其中 2022 年出现了明显下降，此后又逐年回升。

基于江苏省 2015—2024 年智慧交通产业链韧性诊断相关数据，权重步长正向变化 5%，计算各诊断指标权重敏感度系数平均值，从而分析诊断模型是否稳定可靠，进一步确认诊断结果的有效性和准确性。计算结果见表 6。

表 6 显示，各诊断指标权重敏感度系数均值介于 0~0.2，说明诊断模型对各指标权重变化的敏感度较低，具有良好的稳定性，诊断结果可靠度高。

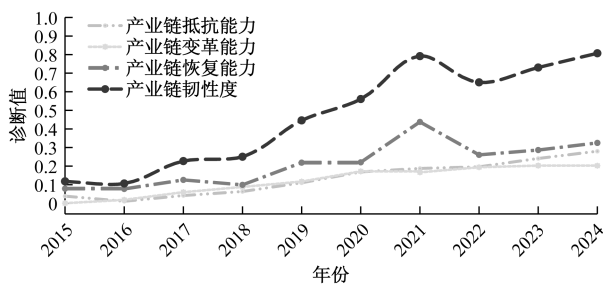


图3 2015—2024年江苏省智慧交通产业链韧性诊断态势

表6 江苏省智慧交通产业链韧性诊断指标权重敏感度系数平均值

指标	敏感度系数均值	指标	敏感度系数均值
$E_1$	0.048	$E_7$	0.042
$E_2$	0.105	$E_8$	0.072
$E_3$	0.064	$E_9$	0.092
$E_4$	0.045	$E_{10}$	0.135
$E_5$	0.056	$E_{11}$	0.093
$E_6$	0.070	$E_{12}$	0.178

为了进一步提升江苏省智慧交通产业链抗风险、抗冲击能力，综合分析上述诊断指标及权重系数，针对性提出以下几点固链及强链措施，旨在增强产业链韧性。

(1)加大支持力度，释放政策制度效能。区域经济政策与智慧交通产业链发展直接相关，通过制定并实施相关制度，能够为智慧交通产业链相关企业提供良好营商环境，进而增强企业活力、强化产业链韧性。例如，优化智慧交通企业税收减免制度，能够引导企业加强技术创新；制定并实施智慧交通产业发展规划，有助于拓宽市场应用场景、提升产业链经济效益。

(2)优化产业布局，增强协同发展后劲。江苏省目前已具备数字经济产业集群优势，包括南京软件与信息服务业集群、苏州工业互联网和智能制造集群等，智慧交通产业链中涉及了上述产业集群中的软件开发、集成电路设计等多种类型产业，通过优化产业布局、融合不同集群产业优势，可以实现车联网、共享单车等智慧交通应用，持续促进区域协同发展，扩大数字经济规模，增强智慧交通产业链韧性。

(3)重视标杆企业，充分发挥引领作用。企业是构成智慧交通产业链的基本单元，“专精特新”标杆企业具有创新能力强、关键技术竞争优势明显等特点，能够为产业链稳定性提供有力支撑，通过开展智能交通论坛、智能交通年会等活动，鼓励标杆企业分享新理念、展示新技术，充分发挥引领作用，企业互促提升市场竞争力，强化智慧交通产业链韧性。

## 4 结论

(1)在抵抗能力、变革能力及恢复能力3个诊断策略维度中，专家意见与数据反映结果一致，认为恢复能力相关指标对智慧交通产业链韧性影响最大。

(2)G1+CRITIC信息熵诊断模型能够有效诊断智慧交通产业链韧性水平，诊断结果与实际情况相符。

(3)根据诊断指标权重系数，能够明确指标贡献度，有利于相关部门精准找出短板并提出智慧交通产业链固链及强链措施。

## 参考文献

- [1] 张虎, 张毅, 刘嘉颖, 等. 产业链现代化目标下中国产业链政策的量化评价[J]. 统计与信息论坛, 2023, 38(9):

- 32-46.
- [2] WIELAND A, DURACH C F. Two perspectives on supply chain resilience[J]. *Journal of Business Logistics*, 2021, 42(3): 249-269.
- [3] IVANOV D, DOLGUI A, BLACKHURST J V, et al. Towards supply chain viability theory: from lessons learned through COVID-19 pandemic to viable ecosystems [J]. *International Journal of Production Research*, 2023, 61(8): 2469-2486.
- [4] 曹德, 贺正楚, 张嘉欣, 等. 轨道交通产业全产业链的韧性-脆弱性研究[J]. *经济数学*, 2020, 37(3): 16-26.
- [5] 吴斌, 柏双伟, 张新. 产业链韧性在人工智能产业链评估中的应用探讨[J]. *科技管理研究*, 2023, 43(7): 199-204.
- [6] 常敬, 韩平. 中国数字产业链韧性测度、时空演化与区域差异研究[J]. *统计与决策*, 2024, 40(16): 28-32.
- [7] 芦守义. 西安市轨道交通产业链分析及发展策略研究[J]. *科技和产业*, 2024, 24(2): 261-267.
- [8] 谢家智, 何雯好. 现代产业链韧性评价及提升路径[J]. *统计与信息论坛*, 2024, 39(2): 15-28.
- [9] 孔利媛. AI驱动下城市智能交通产业生态风险管理研究[D]. 北京: 北京邮电大学, 2021.
- [10] MA L, LI X, PAN Y. Global industrial chain resilience research: theory and measurement[J]. *Systems*, 2023, 11(9): 408.
- [11] 何亚莉, 杨肃昌. “双循环”场景下农业产业链韧性锻造研究[J]. *农业经济问题*, 2021(10): 78-89.
- [12] WANG Q, LI M. Analysis of the resilience connotation and influencing factors of the smart transportation industry Chain [J]. *Industrial Economy Review*, 2022, 28(2): 15-25.
- [13] LIU Y, ZHANG X. Research on the influencing factors of the resilience of the smart transportation industry Chain: a perspective of technological innovation and market competition[J]. *Journal of Industrial Economics Research*, 2023, 45(3): 35-48.
- [14] SMITH A, JOHNSON B. An empirical analysis of the factors affecting the resilience of the global smart transportation industry Chain: based on the supply-demand and geopolitical perspectives[J]. *International Journal of Transportation Research*, 2024, 30(2): 20-35.
- [15] 曹晔. 数字新质生产力对产业链韧性的影响研究[J]. *统计与决策*, 2024, 40(10): 23-27.
- [16] 隋建利, 李悦欣, 刘金全. 中国经济韧性的时空敛散与异质分化特征: 基于马尔科夫区制转移混频动态因子模型的识别[J]. *管理世界*, 2024, 40(3): 16-36.
- [17] 杜林远, 高红贵. 长江经济带产业链韧性的绿色发展效应检验[J]. *统计与决策*, 2024, 40(18): 132-137.
- [18] 李娟, 王顺利. 基于OSM-TFAHP的农村公路养护管理质量评价[J]. *工程建设*, 2024, 56(7): 73-78.
- [19] SMITH J, JOHNSON A. Subjective-objective weight allocation in assessing the resilience of the global smart transportation industry Chain [J]. *International Journal of Transportation Research*, 2024, 38(2): 20-35.
- [20] WANG J, ZHANG L. Subjective-objective integrated weighting for measuring the resilience of the global smart transportation industry Chain [J]. *International Journal of Logistics and Supply Chain Management*, 2024, 22(3): 25-36.
- [21] 张莹, 张子科, 曹小华, 等. 基于G1-EWM-TOPSIS的自动化立体仓库绩效评价[J]. *武汉理工大学学报(信息与管理工程版)*, 2024, 46(6): 910-916.
- [22] 于录. 基于G1-CRITIC与云模型相结合的地下空间工程施工安全风险评估[D]. 天津: 天津理工大学, 2024.
- [23] 徐海云, 冯超, 王超, 等. 基于多目标优化的电网工程施工安全风险评价指标权重敏感度分析[J]. *安全与环境学报*, 2021, 21(3): 1255-1261.

## Research on the Resilience Diagnosis of the Smart Transportation Industry Chain from Digital Perspective

YANG Ying<sup>1</sup>, SHI Likai<sup>1</sup>, CHEN Dazhi<sup>1</sup>, TANG Fan<sup>2</sup>

(1. Department of Electronic Engineering, Jiangsu Vocational College of Electronics and Information, Huai'an 223001, Jiangsu, China;

2. The Office of the Huaian Municipal Committee of the Communist Party of China, Huai'an 223001, Jiangsu, China)

**Abstract:** In recent years, the rapid development of digital new quality productivity has given rise to the smart transportation industry chain. Taking the resilience of the smart transportation industry chain as the research object, its resilience connotation and influencing factors were defined. The OSM(objective-strategy-measurement) model was employed to construct a diagnostic index system for industry chain resilience from three dimensions: resistance, transformation, and recovery capabilities. “G1+CRITIC”(order relation+CRITeria importance through intercriteria correlation) information entropy diagnostic model was proposed for diagnosing industry chain resilience. Data from 2015 to 2024 of Jiangsu Province was selected for empirical analysis. The results indicate that the level of resilience in the smart transportation industry chain mainly depends on the recovery capability of the industry chain. The diagnostic model can effectively evaluate the resilience level of the industry chain and identify weaknesses. Based on the diagnostic results, precise measures to solidify and strengthen the industry chain can be proposed.

**Keywords:** smart transportation; industry chain resilience; OSM(objective-strategy-measurement) model; G1 (order relation) method; CRITIC (CRITeria importance through intercriteria correlation) method; information entropy