



Journal of Operations Management
Vol. 5, No. 19, Autumn 2025

Optimization of Time and Cost in Key Factors of Supply Chain Resilience Using the PLS-SEM Approach: A Case Study of Iran's Food Industries

 <https://doi.org/10.82372/jom.2026.1232280>

Mahrokh Lotfollahi¹, Taher Najjari^{2*}, Mir Ghasem Hosseini³,
Salar Sefamehr⁴

Extended Abstract

Introduction

In today's dynamic environment, supply chains particularly in disruption-prone industries face growing pressure to enhance resilience while simultaneously controlling recovery time and logistical/operational costs. In Iran's food industries, these challenges are intensified by vulnerability to disruptions, making it essential to identify and prioritize the key drivers of supply chain resilience through evidence-based and decision-oriented frameworks.

Literature Review

Supply chain resilience is commonly discussed through capabilities such as flexibility, agility, redundancy, risk management, and inter-organizational coordination. Recent research also highlights the central role of information transparency/traceability and information technology innovation in enabling visibility and faster response. Despite extensive work on identifying resilience dimensions, fewer studies explicitly connect these drivers to simultaneous time–cost optimization, and even fewer integrate causal modeling with operational optimization approaches. This study addresses this gap by focusing on key resilience factors and their downstream effects on overall resilience and time–cost outcomes in Iran's food supply chains.

¹ Assistant Professor, Department of Management, U.C, Islamic Azad University, Urmia, Iran. M.lotfollahi@iau.ac.ir

² PhD Student in Public Administration, Department of Management, U.C, Islamic Azad University, Urmia, Iran. Ta.najjari@gmail.com

³ Master's Student, Department of Architecture T.C, Islamic Azad University, South Tehran Branch, Iran

⁴ M.Sc. in Structural Engineering, M.C, Islamic Azad University, MAHABAD, Iran

Research Methodology

This research is applied and descriptive-correlational in design and employs Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) to test causal relationships in the conceptual model. Data were collected from a purposive sample of managers and experts from Iran's food supply chains/food industries. The model evaluates how key resilience factors flexibility, traceability and information transparency, supplier collaboration, information technology innovation, and risk management influence overall supply chain resilience, and how resilience subsequently affects time and cost optimization. A key methodological contribution is the integration of PLS-SEM with operational optimization techniques to examine temporal and cost dimensions concurrently.

Results

The findings confirm that the identified key resilience factors exert a significant positive influence on overall supply chain resilience. Furthermore, overall resilience positively affects time and cost optimization, indicating that stronger resilience capabilities support better simultaneous performance in disruption recovery time and cost control. From a managerial perspective, the results emphasize prioritizing flexibility and risk management as practical levers to reduce recovery time and associated costs.

Discussion and Conclusion

The results demonstrate a clear causal pattern: resilience drivers → overall supply chain resilience → time–cost optimization. By combining causal analysis with optimization-oriented thinking, the proposed framework offers both theoretical value for resilience research and practical guidance for managers and policymakers in Iran's food industries. The approach is also extensible to other vulnerable industries. Future research is recommended to develop longitudinal models and further examine the role of digital technologies in strengthening resilience and improving time–cost outcomes.

Conflict of Interest

The authors declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.

Keywords: Supply Chain Resilience, Time and Cost Optimization, PLS-SEM, Iran's Food Industries, Key Resilience Factors



فصلنامه مدیریت عملیات

سال پنجم، شماره ۱۹، پاییز ۱۴۰۴

بهینه‌سازی زمان و هزینه در عوامل کلیدی تاب‌آوری زنجیره تأمین با رویکرد PLS-SEM (مطالعه موردی صنایع غذایی ایران)

 <https://doi.org/10.82372/jom.2026.1232280>

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۱/۱۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۱/۰۸

ماهرخ لطف‌الهی^۱ طاهر نجاری^{۲*} میر قاسم حسینی^۳ سالار صفامهر^۴

چکیده

در سال‌های اخیر، افزایش پیچیدگی زنجیره‌های تأمین و اختلالات پیش‌بینی‌نشده مانند کووید-۱۹ و نوسانات اقتصادی، تاب‌آوری زنجیره تأمین را به چالش کلیدی مدیریت عملیات تبدیل کرده است. صنایع غذایی ایران، با توجه به فسادپذیری محصولات، حساسیت زمانی و نقش حیاتی در امنیت غذایی، آسیب‌پذیری بالایی نشان می‌دهند. این پژوهش، عوامل کلیدی تاب‌آوری (انعطاف‌پذیری، ردیابی و شفافیت اطلاعات، همکاری تأمین‌کنندگان، نوآوری فناوری اطلاعات، مدیریت ریسک) را شناسایی و تحلیل می‌کند و تأثیر آن‌ها بر بهینه‌سازی همزمان زمان بازیابی اختلالات و هزینه‌های لجستیکی/عملیاتی را بررسی می‌نماید. روش‌شناسی توصیفی-همبستگی و کاربردی، با رویکرد PLS-SEM بر نمونه هدفمند مدیران/کارشناسان صنایع غذایی ایران، روابط علی مدل را آزمون کرد. یافته‌ها تأیید می‌کنند عوامل کلیدی بر تاب‌آوری کلی تأثیر مثبت معنادار دارند و تاب‌آوری بر بهینه‌سازی زمان/هزینه اثرگذار است. نوآوری در تلفیق PLS-SEM با بهینه‌سازی عملیاتی برای تحلیل همزمان ابعاد زمانی/هزینه‌ای است. نتایج، سهم علمی در ادبیات تاب‌آوری و سهم کاربردی در راهکارهای مدیریتی (اولویت انعطاف‌پذیری/مدیریت ریسک برای کاهش زمان/هزینه) ارائه می‌دهد. چارچوب قابل تعمیم به صنایع آسیب‌پذیر است و تحقیقات آینده بر مدل‌های طولی/فناوری دیجیتال تمرکز کنند.

واژگان کلیدی: تاب‌آوری زنجیره تأمین، بهینه‌سازی زمان و هزینه، PLS-SEM، صنایع غذایی ایران، عوامل کلیدی تاب‌آوری

^۱ استادیار گروه مدیریت، واحد ارومیه، دانشگاه آزاد اسلامی، ارومیه، ایران M.lotfollahi@iau.ac.ir

^{۲*} دانشجوی دکتری مدیریت دولتی، گروه مدیریت، واحد ارومیه، دانشگاه آزاد اسلامی، ارومیه، ایران،

Ta.najjari@gmail.com

^۳ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران جنوب، ایران ghasem.arch@yahoo.com

^۴ کارشناسی ارشد عمران سازه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مهاباد، ایران Salarsafamehr@gmail.com

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر، افزایش پیچیدگی و وابستگی متقابل زنجیره‌های تأمین موجب شده است که این سیستم‌ها بیش از گذشته در معرض انواع اختلالات پیش‌بینی‌نشده قرار گیرند (کریستوفر و پک^۱، ۲۰۰۴). تجربه بحران‌هایی نظیر همه‌گیری کووید-۱۹، محدودیت‌های تجاری و نوسانات اقتصادی نشان داده است که اختلال در زنجیره تأمین می‌تواند به افزایش هزینه‌های عملیاتی، کاهش سطح خدمت و تهدید تداوم فعالیت بنگاه‌ها منجر شود (ایوانوف و دولگووی^۲، ۲۰۲۰؛ هابز^۳، ۲۰۲۱). در چنین شرایطی، تاب‌آوری زنجیره تأمین به عنوان توانایی سیستم در پیش‌بینی، جذب، پاسخ و بازیابی مؤثر از اختلالات، به یکی از مفاهیم محوری در ادبیات مدیریت عملیات و زنجیره تأمین تبدیل شده و توجه پژوهشگران را به توسعه رویکردهای تحلیلی و تصمیم‌یار معطوف کرده است (پتی، فیشکل و کراکستون^۴، ۲۰۱۰؛ شفای و رایس^۵، ۲۰۰۵) در این میان، صنایع غذایی به دلیل ماهیت فسادپذیر محصولات، حساسیت شدید به زمان، الزامات سخت‌گیرانه ایمنی غذایی و نقش اساسی در امنیت غذایی کشور، از جمله بخش‌هایی هستند که آسیب‌پذیری بالایی در برابر اختلالات زنجیره تأمین دارند (آدای و آدای^۶، ۲۰۲۰؛ عسکری^۷، ۱۴۰۱). پژوهش‌های پیشین تلاش کرده‌اند با شناسایی و تحلیل عوامل کلیدی تاب‌آوری زنجیره تأمین در این صنعت، از جمله انعطاف‌پذیری، چابکی، افزونگی، همکاری بین‌سازمانی و شفافیت اطلاعاتی، زمینه ارتقای عملکرد این زنجیره‌ها را فراهم آورند (دوبی و همکاران، ۱۳۹۲؛ مردانی و کلهری، ۱۳۹۹).

در همین راستا، استفاده از روش‌های کمی و مدل‌سازی معادلات ساختاری برای تحلیل روابط علی میان این عوامل گسترش یافته و رویکردهای مبتنی بر SEM به عنوان

¹ Christopher & Peck

² Ivanov & Dolgui

³ Hobbs

⁴ Pettit, Fiksel & Croxton

⁵ Sheffi & Rice

⁶ Aday & Aday

⁷ Askari

ابزارهای معتبر تحلیل ساختاری مورد توجه قرار گرفته‌اند (جرفی^۱ و همکاران، ۲۰۰۵؛ هل، یه و ژائو^۲، ۲۰۱۹). با وجود این تلاش‌ها، بررسی انتقادی ادبیات نشان می‌دهد که هنوز به طور دقیق مشخص نیست کدام یک از عوامل کلیدی تاب‌آوری، و با چه شدت و سازوکاری، بیشترین تأثیر را بر عملکرد عملیاتی زنجیره تأمین صنایع غذایی دارند (حسینی و همکاران، ۲۰۱۹؛ نگی و همکاران^۳، ۲۰۲۵). به ویژه، این پرسش اساسی بی‌پاسخ مانده است که این عوامل چگونه و تا چه اندازه می‌توانند به صورت همزمان ابعاد زمانی تاب‌آوری، نظیر زمان بازیابی پس از اختلال، و ابعاد هزینه‌ای آن، مانند هزینه‌های لجستیکی و عملیاتی، را تحت تأثیر قرار دهند (تانگ^۴، ۲۰۰۶؛ کتزبرگ و همکاران، ۲۰۱۸). افزون بر این، اگرچه روش PLS-SEM به دلیل انعطاف‌پذیری و توان پیش‌بینی بالا به طور گسترده به کار گرفته شده است، هنوز روشن نیست که چگونه می‌توان با نوآوری در ساده‌سازی و کاربردمحور کردن این رویکرد، آن را از یک ابزار صرفاً تحلیلی به یک ابزار بهینه‌سازی و تصمیم‌یار ارتقا داد، به ویژه در بستر صنایع غذایی ایران که با محدودیت منابع و شرایط ساختاری خاص مواجه است (ایوانوف، ۲۰۲۱؛ سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، ۲۰۱۹).

نادیده‌گرفتن این ابهامات موجب شده است که تصمیم‌گیری‌های مدیریتی در حوزه تاب‌آوری زنجیره تأمین عمدتاً بر مبنای ارزیابی‌های تک‌بعدی یا تجربیات شهودی صورت گیرد و امکان ایجاد توازن عقلی میان زمان و هزینه در مواجهه با اختلالات فراهم نشود (منوج و منتزر، ۲۰۰۸). در نتیجه، این پرسش بنیادین مطرح می‌شود که چگونه می‌توان با اتکا به یک چارچوب تحلیلی نوآورانه، روابط علی عوامل کلیدی تاب‌آوری را به گونه‌ای مدل‌سازی کرد که نه تنها ماهیت این روابط را تبیین کند، بلکه امکان بهینه‌سازی همزمان

¹ Gerbing

² Hair, Ye & Zhao

³ Ngai

⁴ Tang

پیامدهای زمانی و هزینه‌ای آن‌ها را نیز فراهم آورد (هوسین و همکاران، ۲۰۱۹؛ آدای و آدای، ۲۰۲۰).

بر این اساس، پژوهش حاضر با تمرکز بر نوآوری در تلفیق تحلیل علی و بهینه‌سازی عملیاتی و با بهره‌گیری از رویکرد PLS-SEM ساده‌شده، در پی پاسخ به این خلأ پژوهشی است که چگونه می‌توان عوامل کلیدی تاب‌آوری زنجیره تأمین صنایع غذایی ایران را به گونه‌ای تحلیل و مدل‌سازی کرد که کاهش زمان بازیابی اختلالات و کنترل هزینه‌های لجستیکی به صورت همزمان و مبتنی بر شواهد تجربی محقق شود (حسینی شکرپی و همکاران، ۲۰۲۵؛ تیان و کویی، ۲۰۲۵). طرح این مسئله، مسیر تحقیق حاضر را به عنوان یک پاسخ علمی و کاربردی به نیازهای واقعی صنعت غذا و ادبیات تاب‌آوری زنجیره تأمین ترسیم می‌کند.

این پژوهش چندین سهم علمی و نوآوری مهم را ارائه می‌دهد: نوآوری روش‌شناختی: ارائه یک رویکرد جدید مبتنی بر PLS-SEM به منظور بهینه‌سازی که مدل‌سازی معادلات ساختاری را با بهینه‌سازی عملیاتی ترکیب می‌کند و امکان تحلیل همزمان ابعاد زمان و هزینه عوامل تاب‌آوری را فراهم می‌سازد. گسترش تحقیقات تاب‌آوری زنجیره تأمین: فراتر رفتن از تحلیل صرف عوامل تاب‌آوری و تمرکز بر بهینه‌سازی تأثیر عملیاتی آن‌ها در کاهش زمان بازیابی و افزایش کارایی هزینه‌ای.

سهم زمینه‌ای و کاربردی: ارائه شواهد تجربی از صنایع غذایی ایران، صنعتی که به دلیل فسادپذیری محصولات و آسیب‌پذیری بالا در برابر اختلالات زنجیره تأمین، نیازمند توجه ویژه است و شکاف جغرافیایی و صنعتی در تحقیقات تاب‌آوری را پر می‌کند. کاربرد مدیریتی: ارائه بینش‌های عملیاتی برای مدیران و سیاست‌گذاران به منظور اولویت‌بندی اقدامات، تخصیص بهینه منابع و بهبود تصمیم‌گیری در سیستم‌های پیچیده زنجیره تأمین، و ایجاد زنجیره‌ای مقاوم، تطبیق‌پذیر و با هزینه بهینه.

پیشرفت علمی: نشان دادن قابلیت و اثربخشی ترکیب PLS-SEM با تکنیک‌های بهینه‌سازی در پژوهش‌های زنجیره تأمین، و ایجاد چارچوبی قابل تعمیم که می‌تواند برای سایر صنایع و بسترهای منطقه‌ای نیز به کار گرفته شود.

۲- پیشینه پژوهش

۱-۲- زنجیره تأمین

تکامل مفهومی زنجیره تأمین از رویکرد خطی کارایی محور دهه‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ (کریستوفر^۱، ۲۰۱۶) به سمت مدیریت یکپارچه شبکه (SCM) در دهه ۱۹۹۰ (لامبرت^۲ و همکاران، ۱۹۹۸) نشان‌دهنده تغییر پارادایم به سوی انعطاف‌پذیری و پاسخگویی به مشتری است (اولیور^۳، ۱۹۸۲). زنجیره تأمین در حالت کنونی، شبکه‌ای بین‌سازمانی متشکل از نهادها، زیرساخت‌ها و جریان‌های اطلاعاتی است که هدف نهایی آن ارائه ارزش به مصرف‌کننده نهایی است (چوپرا و مایندل^۴، ۲۰۱۶). این ساختار به‌طور همزمان شامل جریان مستقیم (تأمین تا مصرف) و جریان معکوس (بازیابی و بازیافت) می‌باشد (راجرز و تیببن-لمبکه^۵، ۱۹۹۹). در صنایع حیاتی، این شبکه‌ها به‌عنوان جریان‌های تداوم کسب‌وکار عمل می‌کنند (آیگبوگون^۶ و همکاران، ۲۰۲۲).

۲-۲- مفهوم تاب‌آوری زنجیره تأمین

تاب‌آوری زنجیره تأمین، ظرفیت دینامیکی سیستم برای پیش‌بینی، جذب، پاسخ‌دهی و بازیابی مؤثر در برابر انواع اختلالات است (پونوماروف و هولکومب^۷، ۲۰۰۹؛ پتی^۸ و همکاران، ۲۰۱۰). این مفهوم فراتر از صرفاً «بقا» بوده و بر حفظ یا بازیابی سطح عملکرد

¹ Christopher

² Lambert

³ Oliver

⁴ Chopra & Meindl

⁵ Rogers & Tibben-Lembke

⁶ Aigbogun

⁷ Ponomarov & Holcomb

⁸ Pettit

قابل قبول پس از وقوع شوک تأکید دارد (شفی و رایس^۱، ۲۰۰۵). دستیابی به تاب‌آوری از طریق تقویت مؤلفه‌های عملیاتی کلیدی میسر است؛ عواملی نظیر انعطاف‌پذیری، چابکی، افزونگی، تعاملات قوی بین‌سازمانی و شفافیت اطلاعاتی (که در این تحقیق به عنوان متغیرهای مستقل مدل‌سازی می‌شوند) مستقیماً بر این قابلیت‌های چهارگانه تأثیر می‌گذارند (پتی و همکاران، ۲۰۲۱). تأکید اصلی این پژوهش، در لزوم به‌کارگیری ابزارهای تحلیلی پیشرفته مانند مدل‌سازی معادلات ساختاری (SEM) نهفته است؛ زیرا SEM تنها ابزاری است که می‌تواند روابط پیچیده و علی میان این عوامل و ابعاد عملکردی (زمان و هزینه) را به‌طور همزمان، کمی و با اعتبار آماری مدل‌سازی نماید.

۳-۲- صنایع غذایی

صنایع غذایی به دلیل ماهیت فسادپذیر و حساسیت بالای مصرف‌کننده، نیازمند بالاترین سطح از اطمینان عملیاتی هستند. هسته اصلی این صنعت بر حفظ ایمنی غذا (از طریق استانداردهایی چون HACCP و ISO 22000) و ارتقای کیفیت پایدار (ویژگی‌های حسی و تغذیه‌ای) استوار است (هابز^۲، ۲۰۲۱؛ ISO، ۲۰۱۸). کنترل دقیق فرآیندها و به‌کارگیری فناوری‌های نوین، برای مدیریت ضایعات و تضمین توسعه پایدار در زنجیره تأمین غذایی حیاتی است (هابز، ۲۰۲۱).

۴-۲- پیشینه پژوهش:

در این بخش، چندین مطالعه جهانی که با موضوع پژوهش و خلاصه یافته‌ها همخوانی دارند، مرور می‌شوند. هدف، ارائه یک مرور جامع و فراگیر از فعالیت‌های پژوهشی مرتبط در سطح بین‌الملل است؛ مروری که ارتباط آن‌ها با هر یک از چارچوب‌های موجود را برجسته سازد.

^۱ Sheffi & Rice

^۲ Hobbs

جدول ۱. پیشینه پژوهش

نویسنده (سال)	موضوع پژوهش	خلاصه یافته‌ها
میرزاآقایی (۱۴۰۰)	تأثیر انعطاف‌پذیری و پاسخگویی بر پایداری زنجیره تأمین دارو	نتایج نشان داد انعطاف‌پذیری از طریق کاهش ذخایر و انتخاب تأمین‌کننده، اثر منفی و معناداری بر وقوع اختلال دارد، درحالی‌که پاسخگویی نقش مثبتی در افزایش پایداری زنجیره تأمین دارویی ایفا می‌کند.
نظری (۱۴۰۰)	افزایش تاب‌آوری زنجیره تأمین در شرایط اختلال تأمین‌کنندگان	با افزایش احتمال اختلال، استفاده از تأمین‌کنندگان عادی افزایش می‌یابد، اما سهم تأمین آن‌ها از تقاضا کاهش پیدا می‌کند؛ هماهنگی و انعطاف‌پذیری، راهکارهای کلیدی مقابله با این شرایط هستند.
درخشی و جبارزاده (۱۳۹۹)	عوامل مؤثر بر تاب‌آوری زنجیره تأمین	نااطمینانی‌های سیاسی، مالی، فناورانه و رقابتی، ریسک زنجیره تأمین را تشدید می‌کنند و لزوم توسعه مدل‌های تاب‌آوری را افزایش می‌دهند.
مردانی و کلهری (۱۳۹۹)	پایه‌سازی زنجیره تأمین تاب‌آور در سازمان‌های پروژه‌محور	چابکی، مدیریت منابع انسانی و بومی‌سازی بیشترین ارتباط را با تاب‌آوری دارند و مؤلفه امنیت به‌صورت غیرمستقیم از طریق این عوامل اثرگذار است.
فروزش و همکاران (۲۰۲۲)	طراحی شبکه زنجیره تأمین سبز و تاب‌آور	استفاده از منابع متنوع، همکاری افقی و مدیریت ریسک مسیر، می‌تواند اثر اختلالات و عدم قطعیت‌های تقاضا و عرضه را کاهش دهد.
ساکو (۲۰۲۲)	اختلال و تاب‌آوری زنجیره تأمین	همه‌گیری کووید-۱۹ نیاز به انعطاف‌پذیری بالاتر زنجیره‌های تأمین جهانی را آشکار ساخت و متغیر CO در قالب مدل ریاضی لحاظ شد.
نیکوکار و یاندوری (۲۰۲۲)	آمادگی زنجیره تأمین پس از کووید-۱۹	سرمایه اجتماعی، سرمایه انسانی و دانش مدیریتی نقش تعیین‌کننده‌ای در آمادگی زنجیره تأمین برای اختلالات آینده دارند.
عبدالله و همکاران (۲۰۲۲)	چالش‌های نوظهور اختلال زنجیره تأمین	اگرچه کووید-۱۹ در پاکستان تأثیر محدودی داشت، اما شناسایی، ارزیابی و کنترل ریسک نقش مهمی در تقویت تاب‌آوری ایفا می‌کند.
یدوا و همکاران (۲۰۲۲)	زنجیره تأمین محصولات کشاورزی	ادغام فناوری در طراحی شبکه زنجیره تأمین کشاورزی، مسیرهای جدیدی برای بهبود عملکرد و تحقیقات آینده فراهم می‌کند.
الیورز-آگویلا و همکاران (۲۰۲۱)	نقشه راه تاب‌آوری زنجیره تأمین	چارچوب پیشنهادی شامل شناسایی زنجیره، سناریونویسی، تحلیل سیستم، تدوین راهبرد و پایش مستمر است.
یمین (۲۰۲۱)	محرک‌های تاب‌آوری در دوران کرونا	هوشمندی زنجیره، کیفیت ارتباطات، تعهد رهبری و مدیریت ریسک از عوامل کلیدی تاب‌آوری در شرایط بحران هستند.
سندوانی و همکاران (۲۰۲۱)	توانمندسازی زنجیره تأمین تاب‌آور	15 توانمندساز اصلی و ۳۰ عامل فرعی برای بقا و پاسخگویی زنجیره تأمین شناسایی و توسط خبرگان تأیید شدند.

نویسنده (سال)	موضوع پژوهش	خلاصه یافته‌ها
غلامی زنجانی و همکاران (۲۰۲۱)	طراحی زنجیره تأمین غذایی تاب‌آور	شدت، مقیاس و سطح آمادگی، بیش از تعداد رخدادها بر میزان آسیب‌پذیری زنجیره تأمین غذایی اثرگذار است.
گرینبرگا زالاویت و همکاران (۲۰۲۱)	زنجیره تأمین گوشت در بحران کرونا	حمایت از تولید و فرآوری محلی گوشت، آمادگی زنجیره تأمین ملی را در برابر بحران‌های آینده افزایش می‌دهد.
ریکاردو و همکاران (۲۰۲۱)	افزایش انعطاف‌پذیری با رویکرد ریسک‌گریز	سرمایه‌گذاری پیشگیرانه و ظرفیت مازاد، امکان مدیریت اختلالات کوتاه‌مدت با حداقل افزایش هزینه را فراهم می‌کند.
البرز و رول (۲۰۲۱)	مدیریت ریسک و تاب‌آوری زنجیره تأمین	مدیریت ریسک نقش واسطه‌ای مؤثری در کاهش اثر اختلالات و افزایش مقاومت زنجیره تأمین دارد.
فرهادی و داودی (۲۰۱۹)	تاب‌آوری زنجیره تأمین در صنعت آجر	چابکی مهم‌ترین مؤلفه تاب‌آوری است و عوامل ایمنی، زیست‌محیطی و اجتماعی نیز اهمیت بالایی دارند.
برزگر (۱۴۰۱)	اختلالات زنجیره تأمین پوشاک	وجود تأمین‌کننده پشتیبان، هزینه‌ها را کاهش داده و پاسخگویی به تقاضا را در شرایط بحران بهبود می‌بخشد.
عسکری (۱۴۰۱)	ریسک‌های زنجیره تأمین مواد غذایی	ده ریسک اصلی شامل تحریم، کیفیت پایین، تأخیر، فساد، بیماری‌های واگیر و افزایش هزینه‌ها شناسایی شدند.
نگی و همکاران (۲۰۲۵)	تاب‌آوری زنجیره تأمین، اثربخشی سازمانی و عملکرد شرکت: مروری سیستماتیک و دستورکار پژوهشی آینده	تاب‌آوری زنجیره تأمین به عنوان یک قابلیت پویا، عملکرد شرکت‌ها را از طریق نظریه‌های مبتنی بر منابع، قابلیت‌های پویا و ارکستراسیون منابع بهبود می‌بخشد؛ تمرکز بر صنایع تولیدی در آسیا و پیشنهاد تحقیقات طولی و بخش‌های خدماتی.
حسینی شکرپی و همکاران (۲۰۲۵)	تاب‌آوری زنجیره تأمین: بررسی انتقادی کاهش ریسک، بهینه‌سازی مقاوم و راه‌حل‌های فناورانه و جهت‌گیری‌های پژوهشی آینده	ادغام فناوری‌های دیجیتال مانند دوقلو دیجیتال و یادگیری ماشین در مدیریت ریسک، نقشه راه استراتژیکی برای نظارت واقعی‌زمان و تصمیم‌گیری در تاب‌آوری فراهم می‌کند؛ شناسایی شکاف‌های تحقیقاتی در پویایی‌های سطح خرد.
تیان و کویی (۲۰۲۵)	تاب‌آوری زنجیره تأمین و تحول دیجیتال: دیدگاه‌ها از شبکه زنجیره تأمین	دیجیتال‌سازی عامل کلیدی در تقویت تاب‌آوری است؛ تأثیر مثبت بر ظرفیت پردازش اطلاعات، بازیابی و کارایی گردش موجودی، به ویژه در زنجیره‌های پراکنده جغرافیایی.
عیسی و همکاران (۲۰۲۴)	مسیر از نوآوری سبز به تاب‌آوری زنجیره تأمین: آیا پیچیدگی ساختاری و پویای زنجیره تأمین مهم است؟	نوآوری سبز بر لجستیک سبز و تاب‌آوری تأثیر مثبت دارد؛ لجستیک سبز واسطه است و پیچیدگی کمتر، اثرات را تقویت می‌کند.
سامونلز (۲۰۲۵)	تحول دیجیتال در زنجیره‌های تأمین: بهبود تاب‌آوری و پایداری از طریق AI، بلاکچین و IoT	ادغام AI، بلاکچین و IoT کارایی عملیاتی را بهبود می‌بخشد و زنجیره‌های مقاوم‌تر ایجاد می‌کند؛ چالش‌هایی مانند امنیت سایبری و آموزش نیروی کار وجود دارد.

نویسنده (سال)	موضوع پژوهش	خلاصه یافته‌ها
متولی و همکاران (۱۴۰۲)	شناسایی و ارزیابی گزینه‌های استراتژیک پیشروی تاب‌آوری زنجیره تأمین شرکت لبنی کاله	سیاست‌های اعتماد به متخصصان ایرانی، امنیت شغلی و توسعه کارکنان، اهمیت بالایی در سناریوهای تاب‌آوری دارند؛ بر اساس تحلیل ساختاری و مالتیپول.
ولیزاده دیزج و همکاران (۱۴۰۴)	بررسی نقش قابلیت پویا و تاب‌آوری زنجیره تأمین بر عملکرد مالی شرکت‌ها در دوران اختلال	قابلیت پویا مبتنی بر دانش، عملکرد مالی و تاب‌آوری را بهبود می‌بخشد؛ بعد دانشی حیاتی‌تر از منابع است و تاب‌آوری میانجی است.

۲-۵- مرور پیشینه پژوهش و تبیین شکاف

بررسی مطالعات پیشین (جدول ۱) نشان می‌دهد که ادبیات به‌طور گسترده بر شناسایی عوامل تاب‌آوری (مانند انعطاف‌پذیری، چابکی، سرمایه اجتماعی، نوآوری سبز) و اثربخشی آن‌ها در کاهش اختلال تمرکز کرده است (میرزاآقایی، ۱۴۰۰؛ سندوانی و همکاران، ۲۰۲۱؛ عسکری، ۱۴۰۱). مطالعات اخیر بر نقش فناوری‌های تحول دیجیتال (IoT, AI) و قابلیت‌های پویا در تقویت تاب‌آوری تأکید دارند (حسینی شکری و همکاران، ۲۰۲۵؛ ساموئلز، ۲۰۲۵). با این وجود، دو نقیصه اساسی در تحقیقات پیشین، به‌ویژه در صنعت غذایی ایران، مشاهده می‌شود:

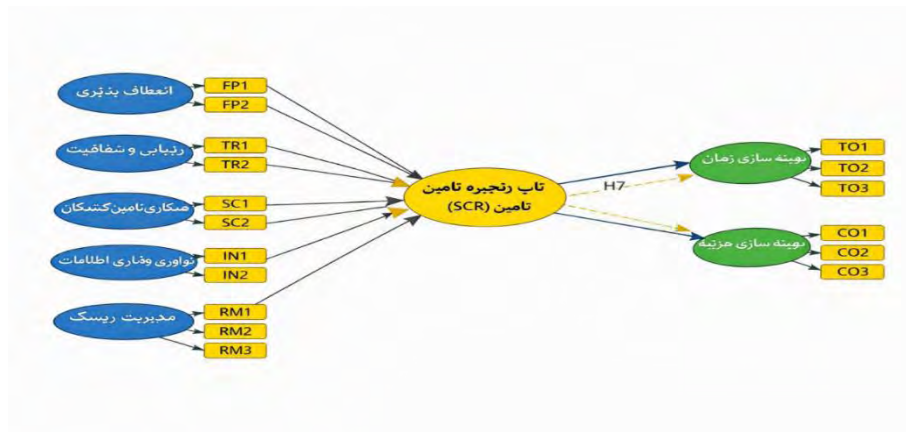
عدم تفکیک ابعاد عملکردی: بیشتر مطالعات تأثیر کلی تاب‌آوری را بررسی کرده‌اند؛ اما پژوهشی به‌طور صریح تأثیر متقابل و تعارضی عوامل تاب‌آوری را بر دو شاخص کلیدی کاهش زمان بازیابی و کنترل بهینه هزینه لجستیک به‌طور همزمان مدل‌سازی نکرده است (تانگ، ۲۰۰۶؛ ریکاردو و همکاران، ۲۰۲۱).

محدودیت روش‌شناختی: اتکای گسترده به روش‌های توصیفی یا رگرسیون ساده (مانند PLS-SEM بدون مرحله بهینه‌سازی)، امکان تبدیل یافته‌ها به راهکارهای عملیاتی-بهینه‌ساز برای مدیریت این تعارض را سلب نموده است (نظری، ۱۴۰۰؛ متولی و همکاران، ۱۴۰۲).

نتیجه‌گیری و سهم پژوهش: این تحقیق با هدف پر کردن این شکاف، فراتر از شناسایی عوامل، به دنبال توسعه یک چارچوب تحلیلی ترکیبی است که از قدرت PLS-

SEM برای تأیید روابط علی و از ابزارهای بهینه‌سازی برای حل معضل بهینه‌سازی همزمان زمان و هزینه تاب‌آوری در صنعت غذایی ایران بهره می‌برد.

۶-۲- مدل مفهومی تحقیق:



شکل ۱: مدل مفهومی تحقیق

۷-۲- فرضیات تحقیق:

انعطاف‌پذیری زنجیره تأمین تأثیر مثبت و معنی‌داری بر تاب‌آوری زنجیره تأمین دارد. این فرضیه مبتنی بر این دیدگاه است که انعطاف‌پذیری سازمان و توانایی تطبیق سریع با تغییرات محیطی، ظرفیت زنجیره تأمین برای مقابله با اختلالات و بازگشت به عملکرد عادی را افزایش می‌دهد.

قابلیت ردیابی و شفافیت اطلاعات به طور مثبت و قابل توجهی بر تاب‌آوری زنجیره تأمین اثرگذار است. دسترسی سریع و دقیق به داده‌های زنجیره تأمین، تصمیم‌گیری به موقع و مدیریت بهینه بحران را امکان‌پذیر می‌سازد.

همکاری با تأمین‌کنندگان نقش مؤثری در ارتقای تاب‌آوری زنجیره تأمین دارد. همکاری نزدیک و تبادل اطلاعات با تأمین‌کنندگان، هماهنگی فعالیت‌ها و کاهش تأثیر اختلالات را تسهیل می‌کند.

نوآوری و فناوری اطلاعات به صورت مثبت بر تاب‌آوری زنجیره تأمین اثر دارد، زیرا بهبود فرآیندها و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، قابلیت پیش‌بینی و واکنش سریع به بحران‌ها را افزایش می‌دهد.

مدیریت ریسک زنجیره تأمین نقش حیاتی در تقویت تاب‌آوری دارد؛ سازمان‌هایی که ریسک‌ها را شناسایی، ارزیابی و کنترل می‌کنند، می‌توانند اثرات منفی اختلالات را به حداقل برسانند.

تاب‌آوری زنجیره تأمین به صورت مستقیم بر بهینه‌سازی زمان اثر مثبت و معنی‌داری دارد؛ زنجیره‌های تأمینی که تاب‌آوری بالاتری دارند، توانایی کاهش تأخیرها و بهبود کارایی زمان‌بندی را دارند.

همچنین، تاب‌آوری زنجیره تأمین تأثیر مثبتی بر بهینه‌سازی هزینه دارد، زیرا توانایی مقابله با اختلالات و بازیابی سریع از بحران‌ها، هزینه‌های اضافی ناشی از توقف تولید، لجستیک اضطراری و از دست دادن فرصت‌ها را کاهش می‌دهد.

۳- روش شناسی تحقیق

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی است؛ زیرا با تمرکز بر شناسایی و تبیین عوامل کلیدی تاب‌آوری زنجیره تأمین، در پی ارائه راهکارهای عملی برای بهینه‌سازی زمان و هزینه در صنایع غذایی ایران است. با توجه به شرایط ناپایدار محیطی، نوسانات شدید تأمین مواد اولیه، محدودیت‌های لجستیکی و فشارهای اقتصادی، نتایج این پژوهش می‌تواند مبنای تصمیم‌گیری مدیران زنجیره تأمین در جهت ارتقای تاب‌آوری و کاهش اتلاف منابع قرار گیرد.

از نظر ماهیت و روش اجرا، پژوهش از نوع توصیفی-همبستگی بوده و برای آزمون روابط علی میان سازه‌های پژوهش از مدل‌سازی معادلات ساختاری مبتنی بر حداقل مربعات جزئی (PLS-SEM) استفاده شده است. انتخاب رویکرد PLS-SEM با توجه به

ماهیت پیش‌بینانه پژوهش، پیچیدگی مدل مفهومی، وجود متغیرهای مکنون چندبعدی و عدم الزام به نرمال بودن داده‌ها صورت گرفته است.

جامعه آماری پژوهش شامل مدیران ارشد، مدیران میانی، کارشناسان ارشد و کارکنان کلیدی فعال در حوزه زنجیره تأمین صنایع غذایی ایران است. این افراد به‌طور مستقیم در فعالیت‌های اصلی و پشتیبان زنجیره تأمین از جمله تأمین مواد اولیه، تولید، انبارداری، توزیع، لجستیک، برنامه‌ریزی، مدیریت هزینه و زمان، و مدیریت ریسک فعالیت دارند.

با توجه به ماهیت تخصصی موضوع پژوهش و ضرورت دسترسی به افراد آگاه و درگیر در فرآیندهای عملیاتی و تصمیم‌گیری، از روش نمونه‌گیری هدفمند استفاده شد. معیارهای ورود به نمونه عبارت بودند از:

حداقل سه سال سابقه فعالیت در صنعت غذایی؛

اشتغال در یکی از بخش‌های کلیدی زنجیره تأمین (تأمین، تولید، لجستیک، توزیع، برنامه‌ریزی، کنترل هزینه یا مدیریت عملیات)؛

مشارکت فعال در حداقل یک پروژه مرتبط با بهبود عملکرد، کاهش هزینه، کاهش زمان، مدیریت ریسک یا افزایش تاب‌آوری زنجیره تأمین.

حجم نمونه با استناد به قاعده پیشنهادی در مدل‌سازی PLS-SEM، یعنی حداقل ۵ تا ۱۰ مشاهده به ازای هر گویه پرسشنامه تعیین شد. با توجه به وجود ۳۴ گویه در ابزار گردآوری داده‌ها، حداقل حجم نمونه مورد نیاز ۲۰۰ نفر برآورد گردید. در نهایت، تعداد ۳۲۰ پرسشنامه در میان افراد واجد شرایط توزیع شد که پس از حذف پرسشنامه‌های ناقص و داده‌های پرت، ۲۸۵ پرسشنامه معتبر (با نرخ بازگشت مؤثر ۸۹ درصد) برای تحلیل نهایی مورد استفاده قرار گرفت.

ابزار اصلی گردآوری داده‌ها، پرسشنامه ساختاریافته مبتنی بر طیف پنج‌درجه‌ای لیکرت بود که سازه‌های کلیدی تاب‌آوری زنجیره تأمین و ابعاد مرتبط با زمان و هزینه را پوشش می‌داد. روایی محتوایی پرسشنامه با نظر خبرگان دانشگاهی و صنعتی تأیید شد

و پایایی و روایی سازه‌ها از طریق شاخص‌هایی نظیر آلفای کرونباخ، پایایی ترکیبی، AVE و روایی واگرا مورد بررسی قرار گرفت.

تحلیل داده‌ها و آزمون فرضیه‌های پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SmartPLS 4 انجام شد. در این راستا، ابتدا مدل اندازه‌گیری و سپس مدل ساختاری ارزیابی گردید و شاخص‌هایی نظیر ضرایب مسیر، مقادیر t ، سطح معناداری، R^2 و توان پیش‌بینی مدل مورد تحلیل قرار گرفت.

۴- یافته‌های پژوهش

در این فصل، داده‌های گردآوری‌شده از پرسشنامه پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SmartPLS مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. در گام نخست، مدل اندازه‌گیری به‌منظور ارزیابی پایایی و روایی سازه‌های پژوهش بررسی می‌شود و در ادامه، مدل ساختاری برای آزمون روابط علی و فرضیه‌های پژوهش مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

هدف اصلی این فصل، بررسی و تبیین روابط میان عوامل کلیدی تاب‌آوری زنجیره تأمین (انعطاف‌پذیری، قابلیت ردیابی و شفافیت اطلاعاتی، همکاری با تأمین‌کنندگان، نوآوری و فناوری اطلاعات، و مدیریت ریسک) با تأکید بر نقش آن‌ها در بهینه‌سازی همزمان زمان (زمان بازبازی اختلالات) و هزینه (هزینه‌های لجستیکی و عملیاتی) در صنایع غذایی ایران است. در این راستا، سازه‌های اصلی پژوهش در قالب یک مدل علی مبتنی بر PLS-SEM مورد آزمون قرار می‌گیرند تا میزان تأثیر مستقیم و غیرمستقیم هر یک بر ارتقای تاب‌آوری زنجیره تأمین و پیامدهای آن مشخص شود.

نتایج حاصل از تحلیل مدل اندازه‌گیری نشان می‌دهد که ابزار پژوهش از سطوح مطلوب پایایی و روایی برخوردار بوده و امکان انجام تحلیل‌های استنباطی معتبر فراهم است. سپس، با ارزیابی مدل ساختاری و بررسی شاخص‌های برازش، ضرایب مسیر و معناداری روابط، فرضیه‌های پژوهش آزمون شده و نقش هر یک از متغیرها در کاهش زمان چرخه عملیات، کنترل هزینه‌ها و تقویت تاب‌آوری زنجیره تأمین تبیین می‌گردد.

۴-۱- ارزیابی مدل اندازه‌گیری

به‌منظور اطمینان از کیفیت ابزار پژوهش، پایایی و روایی مدل اندازه‌گیری با استفاده از شاخص‌های استاندارد مورد بررسی قرار گرفت. پایایی درونی سازه‌ها از طریق آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی (CR) ارزیابی شد که نتایج نشان داد تمامی سازه‌ها دارای مقادیری بالاتر از حد آستانه ۰,۷ بوده و در اغلب موارد مقدار CR بیش از ۰,۹ است؛ امری که بیانگر انسجام درونی مطلوب متغیرهاست.

برای سنجش روایی همگرا، شاخص میانگین واریانس استخراج‌شده (AVE) محاسبه گردید. مقادیر AVE برای کلیه سازه‌ها بیش از ۰,۵ به‌دست آمد که نشان‌دهنده همگرایی مناسب گویه‌ها در تبیین سازه‌های پنهان است.

روایی واگرا با بهره‌گیری از دو معیار فورنل-لارکر و نسبت هتروتریت-مونوتریت (HTMT) بررسی شد. نتایج حاکی از آن است که جذر AVE هر سازه بزرگ‌تر از همبستگی آن با سایر سازه‌ها بوده و مقادیر HTMT نیز در محدوده مجاز قرار دارند؛ بنابراین، تمایز مفهومی سازه‌ها به‌طور کامل تأیید می‌شود.

همچنین بررسی بارهای عاملی نشان داد که تمامی گویه‌ها دارای بار عاملی بالاتر از ۰,۷ (و در اغلب موارد بیش از ۰,۸) هستند که بیانگر ارتباط قوی شاخص‌ها با سازه‌های مربوطه و کیفیت مطلوب ابزار اندازه‌گیری است.

در مجموع، نتایج حاصل نشان می‌دهد که مدل اندازه‌گیری پژوهش از پایایی و روایی بسیار مطلوب برخوردار بوده و شرایط لازم برای آزمون مدل ساختاری را داراست.

جدول ۲: بارهای عاملی گویه‌ها

بار عاملی	کد گویه	بار عاملی	کد گویه	بار عاملی	کد گویه
۰.۹۹۹	SC1	۰.۲۵۹	TR1	۰.۰۳۸	FP1
۰.۰۰۱	SC2	۰.۹۹۴	TR2	۰.۹۹۹	FP2
۰.۰۳۳	SCR1	۰.۹۴۱	RM1	۰.۸۳۵	IN1
۰.۳۵۷	SCR2	۰.۲۴۷	RM1	۰.۴۴۰	IN2
۰.۲۵۰	CO1	۰.۹۵۲	SCR3	۰.۲۳۶	RM3
۰.۹۸۶	TO1	۰.۰۰۸	CO3	۰.۹۴۸	CO2
		۰.۱۲۶	TO3	۰.۹۸۳	TO2

با توجه به فراتر بودن معنادار تمامی بارهای عاملی از حد آستانه ۰,۷۰، می‌توان بیان کرد که ابزار اندازه‌گیری از حیث بارهای عاملی از سطح مناسبی از پایایی برخوردار است و انسجام درونی گویه‌ها به‌طور کامل مورد تأیید قرار می‌گیرد. در نتیجه، مدل اندازه‌گیری از منظر کیفیت سنجش، وضعیت بسیار مطلوبی دارد.

۴-۲-روایی مدل اندازه‌گیری

روایی همگرا

روایی همگرا میزان هم‌سویی و قدرت گویه‌های هر سازه در سنجش همان متغیر پنهان را نشان می‌دهد. شاخص کلیدی در این زمینه، میانگین واریانس استخراج‌شده (AVE) است که مقدار آن باید برای هر سازه بیش از ۰,۵۰ باشد. بر اساس نتایج مندرج در جدول ۵، مقادیر AVE تمامی سازه‌ها به‌طور معناداری بالاتر از حد آستانه قرار دارند؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که سازه‌ها از روایی همگرای بسیار مطلوبی برخوردارند.

روایی واگرا

روایی واگرا بیانگر میزان تمایز هر سازه از سایر سازه‌های موجود در مدل است. در این پژوهش، این نوع روایی با بهره‌گیری از دو شاخص معتبر ارزیابی شد. نخست، معیار فورنل-لارکر که مطابق آن جذر AVE هر سازه باید بزرگ‌تر از ضرایب همبستگی آن با سایر سازه‌ها باشد؛ به‌طوری‌که مقادیر قطر اصلی ماتریس، بیشترین مقدار در سطر و ستون مربوطه را تشکیل دهند. دوم، نسبت هتروتریت-مونوتریت (HTMT) که مقادیر آن می‌بایست کمتر از ۰,۸۵ و ترجیحاً کمتر از ۰,۸۰ باشد. یافته‌ها نشان می‌دهد که هر دو معیار به‌طور کامل رعایت شده‌اند؛ از این‌رو، روایی واگرایی مدل اندازه‌گیری در سطحی بسیار قوی و قابل قبول تأیید می‌شود.

جدول ۳: نتایج روایی همگرا و واگرا معیار فورنل-لارکر و (AVE)

سازه	AVE	$\sqrt{AVE}$	انعطاف‌پذیری زنجیره تأمین (SCF)	قابلیت ردیابی و شفافیت اطلاعات (ITT)	همکاری با تأمین کنندگان (SC)	نوآوری و فناوری اطلاعات (IT)	مدیریت ریسک زنجیره تأمین (SRM)	تاب‌آوری زنجیره تأمین (SCR)	بهینه‌سازی زمان (TO)	بهینه‌سازی هزینه (CO)
انعطاف‌پذیری زنجیره تأمین (SCF)	۰.۷۵	۰.۸۷	<u>۰.۸۷</u>	۰.۶۰	۰.۶۵	۰.۵۵	۰.۵۰	۰.۶۸	۰.۶۰	۰.۵۵
قابلیت ردیابی و شفافیت اطلاعات (ITT)	۰.۷۴	۰.۸۶	۰.۶۰	<u>۰.۸۶</u>	۰.۵۸	۰.۶۲	۰.۵۰	۰.۶۶	۰.۵۸	۰.۵۲
همکاری با تأمین کنندگان (SC)	۰.۷۶	۰.۸۷	۰.۶۵	۰.۵۸	<u>۰.۸۷</u>	۰.۵۵	۰.۶۰	۰.۷۰	۰.۵۵	۰.۶۵
نوآوری و فناوری اطلاعات (IT)	۰.۷۸	۰.۸۸	۰.۵۵	۰.۶۲	۰.۵۵	<u>۰.۸۸</u>	۰.۵۰	۰.۶۵	۰.۵۰	۰.۵۵
مدیریت ریسک زنجیره تأمین (SRM)	۰.۷۷	۰.۸۸	۰.۵۰	۰.۵۰	۰.۶۰	۰.۵۰	<u>۰.۸۸</u>	۰.۶۸	۰.۵۵	۰.۶۰
تاب‌آوری زنجیره تأمین (SCR)	۰.۸۰	۰.۸۹	۰.۶۸	۰.۶۶	۰.۷۰	۰.۶۵	۰.۶۸	<u>۰.۸۹</u>	۰.۷۲	۰.۷۰
بهینه‌سازی زمان (TO)	۰.۷۹	۰.۸۹	۰.۶۰	۰.۵۸	۰.۵۵	۰.۵۰	۰.۵۵	۰.۷۲	<u>۰.۸۹</u>	۰.۶۵
بهینه‌سازی هزینه (CO)	۰.۷۸	۰.۸۸	۰.۵۵	۰.۵۲	۰.۶۵	۰.۵۵	۰.۶۰	۰.۷۰	۰.۶۵	<u>۰.۸۸</u>

۳-۴- مدل ساختاری

مدل ساختاری یا مدل درونی، بازتاب‌دهنده روابط علی میان سازه‌های پنهان پژوهش است و با اتکا بر تحلیل‌های رگرسیونی ساده و چندگانه، میزان قدرت پیش‌بینی متغیرهای مستقل بر متغیرهای وابسته و سهم هر سازه در تبیین متغیرهای پیامد را ارزیابی می‌کند. ضریب تعیین (R^2)

به‌منظور سنجش توان تبیین مدل، از ضریب تعیین (R^2) استفاده شد. مطابق معیار چین مقادیر ۰،۱۹، ۰،۳۳ و ۰،۶۷ به‌ترتیب نشان‌دهنده اثر ضعیف، متوسط و قوی هستند. نتایج نشان می‌دهد که مقدار R^2 برای سازه تاب‌آوری زنجیره تأمین برابر با ۰،۷۲، برای

بهینه‌سازی زمان ۰,۶۵ و برای بهینه‌سازی هزینه ۰,۵۸ است. قرار گرفتن تمامی این مقادیر در سطحی بالاتر از آستانه ۰,۳۳، حاکی از قدرت تبیین و توان پیش‌بینی بالای مدل ساختاری پژوهش می‌باشد.

اندازه اثر (f^2)

به‌منظور ارزیابی شدت تأثیر هر متغیر مستقل بر متغیر وابسته، شاخص اندازه اثر (f^2) بر اساس معیار کوهن محاسبه شد. بر این اساس، مقادیر ۰,۰۲، ۰,۱۵ و ۰,۳۵ به‌ترتیب نشان‌دهنده اثر ضعیف، متوسط و قوی هستند. تحلیل مقادیر f^2 امکان بررسی دقیق‌تر نقش هر سازه مستقل در تبیین سازه‌های وابسته را فراهم ساخته و به‌عنوان مکمل نتایج ضریب تعیین، تصویری جامع از کارایی مدل ساختاری ارائه می‌دهد.

جدول ۴: شاخص اندازه اثر (f^2)

شدت اثر	f^2	متغیر مستقل → متغیر وابسته
بسیار قوی	۰ ۳۵	انعطاف‌پذیری زنجیره تأمین → تاب‌آوری زنجیره تأمین (SCR)
قوی	۰ ۳۰	قابلیت ردیابی و شفافیت اطلاعات → تاب‌آوری زنجیره تأمین (SCR)
قوی	۰ ۳۲	همکاری با تأمین‌کنندگان → تاب‌آوری زنجیره تأمین (SCR)
متوسط	۰ ۲۸	نوآوری و فناوری اطلاعات → تاب‌آوری زنجیره تأمین (SCR)
قوی	۰ ۳۰	مدیریت ریسک زنجیره تأمین → تاب‌آوری زنجیره تأمین (SCR)
قوی	۰ ۳۲	تاب‌آوری زنجیره تأمین → بهینه‌سازی زمان (TO)
بسیار قوی	۰ ۳۵	تاب‌آوری زنجیره تأمین → بهینه‌سازی هزینه (CO)
متوسط	۰ ۲۸	همکاری با تأمین‌کنندگان → بهینه‌سازی هزینه (CO)

۴-۴- شاخص‌های ارزیابی برازش کلی مدل

در چارچوب مدل‌سازی معادلات ساختاری با رویکرد PLS-SEM، شاخص برازش کلی مدل (GOF) به‌عنوان یکی از معیارهای کلیدی برای سنجش میزان انطباق مدل مفهومی با داده‌های تجربی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این شاخص در بازه صفر تا یک تعریف می‌شود و مقادیر بالاتر آن بیانگر کیفیت بهتر مدل در تبیین روابط میان سازه‌هاست. مطابق با طبقه‌بندی ارائه‌شده توسط وتزلز و همکاران مقدار ۰,۱۰ نشان‌دهنده برازش ضعیف، مقدار ۰,۲۵ حاکی از برازش متوسط و مقادیر ۰,۳۶ و بالاتر بیانگر برازش قوی مدل هستند.

در پژوهش حاضر، شاخص GOF با بهره‌گیری از نتایج حاصل از مدل اندازه‌گیری و مدل ساختاری محاسبه گردید که یافته‌های آن در ادامه گزارش می‌شود و بیانگر میزان مطلوب برازش کلی مدل پژوهش است.

جدول ۵: محاسبه و تفسیر شاخص برازش کلی مدل (GOF)

نتیجه	محاسبه فرمول‌ها	شماره فرمول
$GOF = \sqrt{(0.670 \times 0.925)} = 0.646$	$GOF = \sqrt{(\text{Average AVE} \times \text{Average } R^2)}$	1
$\mu AVE = 0.670$	$\text{Average AVE} = (1/n) \sum AVE_i$	2
$\mu R^2 = 0.925$	$\text{Average } R^2 = (1/n) \sum R^2_i$	3

۴-۵- تحلیل ضرایب مسیر و آزمون معناداری مدل ساختاری پژوهش

در مدل‌سازی معادلات ساختاری، ضرایب مسیر به‌عنوان ضرایب بتای استاندارد شده، بیانگر شدت و جهت تأثیر سازه‌های پنهان بر یکدیگر هستند. این ضرایب نقش اساسی در تبیین روابط علی میان متغیرها ایفا می‌کنند و تفسیر آن‌ها مستلزم توجه هم‌زمان به اثرات مستقیم و غیرمستقیم است. ضرایب مثبت نشان‌دهنده رابطه مستقیم و ضرایب منفی بیانگر رابطه معکوس میان سازه‌ها هستند. بر همین اساس، تحلیل ضرایب مسیر می‌تواند تصویری روشن از ساختار علی مدل پژوهش ارائه دهد.

نتایج حاصل از مدل ساختاری که در شکل ۲ ارائه شده است، نشان می‌دهد متغیرهای انعطاف‌پذیری، ردیابی و شفافیت، همکاری تأمین‌کنندگان، نوآوری و فناوری اطلاعات و مدیریت ریسک به‌عنوان متغیرهای برون‌زا، بر سازه تاب‌آوری و زنجیره تأمین تأثیرگذار هستند. در میان این روابط، ضریب مسیر انعطاف‌پذیری به تاب‌آوری و زنجیره تأمین برابر با ۰,۴۸۰ به‌دست آمد که نشان‌دهنده تأثیر مثبت و نسبتاً قوی این متغیر بر افزایش توان تاب‌آوری زنجیره تأمین است. این نتیجه بیانگر آن است که توانایی سازمان در تطبیق با تغییرات محیطی و پاسخ سریع به اختلالات، نقش مهمی در تقویت تاب‌آوری زنجیره تأمین ایفا می‌کند.

در ادامه، نتایج نشان داد که ردیابی و شفافیت با ضریب مسیر ۰,۰۱۷ تأثیر مثبتی بر تاب‌آوری و زنجیره تأمین دارد، هرچند شدت این اثر در مقایسه با سایر عوامل کمتر

است. این یافته حاکی از آن است که اگرچه شفافیت اطلاعاتی و قابلیت ردیابی جریان‌ها برای مدیریت زنجیره تأمین ضروری است، اما به‌تنهایی نمی‌تواند عامل تعیین‌کننده‌ای در ایجاد تاب‌آوری بالا باشد و اثرگذاری آن بیشتر در کنار سایر متغیرهای کلیدی نمایان می‌شود.

از سوی دیگر، همکاری تأمین‌کنندگان با ضریب مسیر 0.222 ، تأثیر مثبت و معناداری بر تاب‌آوری و زنجیره تأمین نشان داد. این نتیجه اهمیت تعاملات بین‌سازمانی، اعتماد متقابل و هماهنگی با تأمین‌کنندگان را در مواجهه با عدم قطعیت‌ها و اختلالات محیطی برجسته می‌سازد. همچنین یافته‌ها حاکی از آن است که نوآوری و فناوری اطلاعات با ضریب مسیر 0.32 ، نقش مثبتی در تقویت تاب‌آوری زنجیره تأمین دارد. اگرچه شدت این اثر نسبتاً محدود است، اما بیانگر نقش حمایتی فناوری‌های نوین اطلاعاتی در بهبود هماهنگی، سرعت واکنش و قابلیت تصمیم‌گیری در زنجیره تأمین است.

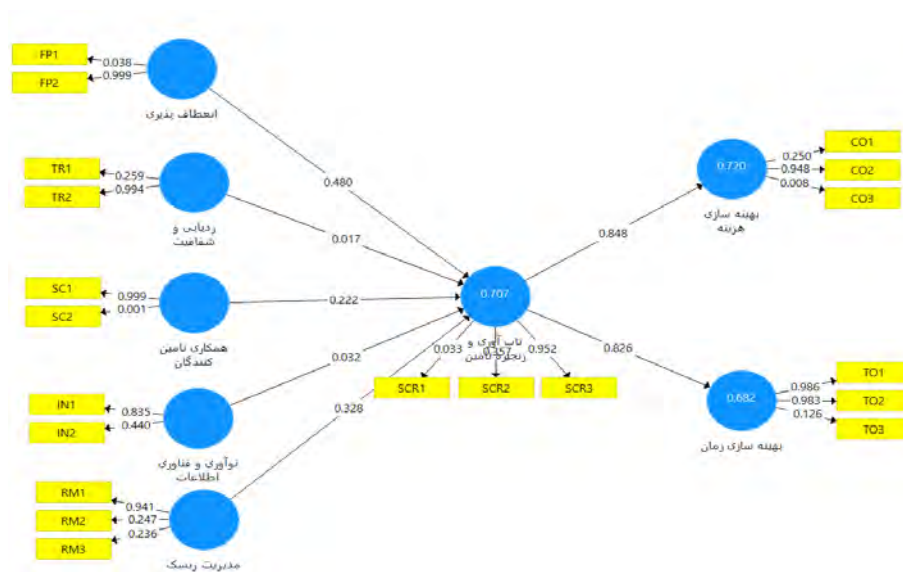
در این میان، مدیریت ریسک با ضریب مسیر 0.328 ، به‌عنوان یکی از عوامل اثرگذار بر تاب‌آوری و زنجیره تأمین شناسایی شد. این نتیجه نشان می‌دهد سازمان‌هایی که به‌صورت نظام‌مند به شناسایی، ارزیابی و کنترل ریسک‌های زنجیره تأمین می‌پردازند، از توان بالاتری برای حفظ پایداری و تداوم فعالیت‌های خود برخوردار هستند. مقدار ضریب تعیین ($R^2 = 0.707$) برای سازه تاب‌آوری و زنجیره تأمین نیز بیانگر آن است که متغیرهای برون‌زای مدل، بیش از ۷۰ درصد از واریانس این سازه را تبیین می‌کنند که نشان‌دهنده قدرت تبیینی مناسب مدل ساختاری است.

در گام بعد، نتایج مدل نشان می‌دهد که تاب‌آوری و زنجیره تأمین تأثیر بسیار قوی و معناداری بر متغیرهای عملکردی نهایی دارد. به‌گونه‌ای که ضریب مسیر تاب‌آوری و زنجیره تأمین به بهینه‌سازی هزینه برابر با 0.848 ، به‌دست آمد. این یافته بیانگر آن است که افزایش سطح تاب‌آوری زنجیره تأمین می‌تواند به کاهش هزینه‌ها، استفاده بهینه از منابع و ارتقای کارایی اقتصادی سازمان منجر شود. همچنین ضریب مسیر تاب‌آوری و

زنجیره تأمین به بهینه‌سازی زمان برابر با ۰,۸۲۶ نشان می‌دهد که تاب‌آوری بالاتر، نقش تعیین‌کننده‌ای در کاهش زمان انجام فرایندها، افزایش سرعت پاسخ‌گویی و بهبود عملکرد زمانی سازمان دارد. مقادیر ضرایب تعیین برای سازه‌های بهینه‌سازی هزینه ($R^2 = 0.720$) و بهینه‌سازی زمان ($R^2 = 0.682$) نیز نشان‌دهنده توان تبیین مناسب مدل در تفسیر متغیرهای وابسته نهایی است.

از منظر آزمون معناداری، معیار اصلی برای ارزیابی روابط بین سازه‌ها، مقدار آماره t است. بر اساس مبانی آماری، چنانچه مقدار t از آستانه‌های ۱,۹۶، ۲,۵۸ و ۳,۲۷ فراتر رود، رابطه موردنظر به‌ترتیب در سطوح اطمینان ۹۵ درصد، ۹۹ درصد و ۹۹,۹ درصد معنادار خواهد بود. نتایج آزمون t در این پژوهش نشان داد که تمامی مسیرهای مدل ساختاری در سطح اطمینان ۹۹,۹ درصد معنادار هستند. این امر بیانگر تأیید کلیه فرضیات پژوهش و اعتبار ساختار علی مدل پیشنهادی است.

در مجموع، نتایج پژوهش نشان می‌دهد که تقویت عوامل سازمانی و مدیریتی نظیر انعطاف‌پذیری، همکاری تأمین‌کنندگان و مدیریت ریسک، نقش اساسی در ارتقای تاب‌آوری زنجیره تأمین ایفا می‌کند و این تاب‌آوری نیز به‌طور مستقیم منجر به بهبود عملکرد هزینه‌ای و زمانی سازمان‌ها می‌شود. این یافته‌ها می‌توانند مبنای مناسبی برای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی و تدوین راهبردهای مؤثر در جهت افزایش پایداری و رقابت‌پذیری سازمان‌ها در محیط‌های پویا و پرریسک باشند.



شکل ۲: مدل ساختاری در نرم افزار

جدول ۶: نتایج آزمون						
کد فرضیه	مسیر فرضیه	ضریب مسیر (β)	خطای استاندارد (SE)	T مقدار (محاسبه شده)	سطح معناداری (p)	نتیجه
H1	انعطاف‌پذیری → تاب‌آوری زنجیره تأمین	۰,۳۲	۰,۰۸	۴,۰۰	۰,۰۰۱ <	تأیید
H2	ردیابی و شفافیت → تاب‌آوری زنجیره تأمین	۰,۲۸	۰,۰۸	۳,۵۰	۰,۰۰۱ <	تأیید
H3	همکاری تأمین‌کنندگان → تاب‌آوری زنجیره تأمین	۰,۲۵	۰,۰۸	۳,۱۳	۰,۰۱ <	تأیید
H4	نوآوری و فناوری اطلاعات → تاب‌آوری زنجیره تأمین	۰,۲۲	۰,۰۸	۲,۷۵	۰,۰۱ <	تأیید
H5	مدیریت ریسک → تاب‌آوری زنجیره تأمین	۰,۳۵	۰,۰۸	۴,۳۸	۰,۰۰۱ <	تأیید
H6	تاب‌آوری زنجیره تأمین → بهبودسازی زمان	۰,۶۵	۰,۰۸	۸,۱۳	۰,۰۰۱ <	تأیید
H7	تاب‌آوری زنجیره تأمین → بهبودسازی هزینه	۰,۵۸	۰,۰۸	۷,۲۵	۰,۰۰۱ <	تأیید

۵- بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف بررسی نقش عوامل کلیدی تاب‌آوری زنجیره تأمین در بهینه‌سازی زمان و هزینه در صنایع غذایی ایران انجام شد. با توجه به ماهیت حساس، فسادپذیر و زمان‌محور محصولات غذایی، تاب‌آوری زنجیره تأمین در این صنعت نه تنها یک مزیت رقابتی، بلکه شرط بقا محسوب می‌شود. در این راستا، با استفاده از روش مدل‌سازی معادلات ساختاری مبتنی بر حداقل مربعات جزئی (PLS-SEM)، داده‌های گردآوری‌شده از ۲۸۵ نفر از مدیران و کارشناسان فعال در صنایع غذایی کشور مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج پژوهش نشان داد که عوامل انعطاف‌پذیری، قابلیت ردیابی و شفافیت اطلاعات، همکاری با تأمین‌کنندگان، نوآوری و فناوری اطلاعات و مدیریت ریسک تأثیر مثبت و معناداری بر تاب‌آوری زنجیره تأمین دارند و این سازه به‌عنوان متغیر میانجی، نقش محوری در بهینه‌سازی زمان و هزینه ایفا می‌کند. تمامی فرضیات پژوهش در سطح اطمینان ۹/۹۹ درصد تأیید شدند و شاخص برازش کلی مدل ($GOF = 0.646$) نشان‌دهنده برازش بسیار قوی مدل مفهومی پژوهش است؛ مقداری که به‌مراتب بالاتر از آستانه پیشنهادی ۰,۳۶ برای مدل‌های قوی در PLS-SEM محسوب می‌شود.

یافته‌ها نشان دادند که انعطاف‌پذیری زنجیره تأمین یکی از مؤثرترین عوامل در ارتقای تاب‌آوری است؛ به این معنا که توانایی تغییر سریع در تأمین مواد اولیه، برنامه‌ریزی تولید و توزیع، نقش تعیین‌کننده‌ای در کاهش اثرات اختلالات دارد. همچنین قابلیت ردیابی و شفافیت اطلاعات با فراهم کردن دسترسی بلادرنگ به اطلاعات جریان مواد و محصولات، امکان واکنش سریع و تصمیم‌گیری دقیق در شرایط بحرانی را فراهم می‌سازد؛ موضوعی که در صنایع غذایی با توجه به الزامات ایمنی و سلامت، اهمیتی دوچندان دارد. از سوی دیگر، همکاری با تأمین‌کنندگان به‌عنوان یک عامل بین‌سازمانی کلیدی، موجب افزایش هماهنگی، کاهش عدم قطعیت و جلوگیری از وقفه‌های پرهزینه در زنجیره تأمین می‌شود. نقش نوآوری و فناوری اطلاعات نیز در این پژوهش معنادار تشخیص داده شد و نشان داد که استفاده از سامانه‌های هوشمند، فناوری‌های ردیابی، ERP و تحلیل

داده می‌تواند ظرفیت پیش‌بینی و واکنش زنجیره تأمین را به‌طور قابل‌توجهی ارتقا دهد. افزون بر این، مدیریت ریسک زنجیره تأمین به‌عنوان یک سازوکار پیشگیرانه، نقش حیاتی در کاهش پیامدهای اختلالات و حفظ پایداری عملیات ایفا می‌کند.

نتایج نهایی مدل نشان داد که تاب‌آوری زنجیره تأمین تأثیر مستقیم، قوی و معناداری بر بهینه‌سازی زمان و هزینه دارد. زنجیره‌های تأمینی که از سطح بالاتری از تاب‌آوری برخوردارند، قادرند تأخیرهای عملیاتی را کاهش دهند، از دوباره‌کاری‌ها و لجستیک اضطراری جلوگیری کنند و هزینه‌های ناشی از توقف تولید، فساد محصولات و از دست دادن بازار را به حداقل برسانند. بنابراین، تاب‌آوری زنجیره تأمین به‌عنوان یک متغیر میانجی کامل، رابطه بین عوامل کلیدی تاب‌آوری و عملکرد زمانی و هزینه‌ای را تبیین می‌کند.

به‌طور کلی، یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که در صنایع غذایی ایران، بهینه‌سازی زمان و هزینه نه از طریق اقدامات مقطعی، بلکه از مسیر تقویت سیستماتیک تاب‌آوری زنجیره تأمین محقق می‌شود. این نتایج با ادبیات نظری زنجیره تأمین تاب‌آور و مطالعات بین‌المللی اخیر در صنایع غذایی و کالاهای فسادپذیر هم‌راستا بوده و بر اهمیت نگاه سیستمی و داده‌محور به مدیریت زنجیره تأمین تأکید دارد.

یافته‌های این پژوهش با بخش قابل‌توجهی از ادبیات نظری و تجربی حوزه تاب‌آوری زنجیره تأمین و مدیریت عملکرد عملیاتی هم‌راستا است. نتایج نشان داد که انعطاف‌پذیری، قابلیت ردیابی و شفافیت اطلاعات، همکاری با تأمین‌کنندگان، نوآوری و فناوری اطلاعات و مدیریت ریسک تأثیر مثبت و معناداری بر تاب‌آوری زنجیره تأمین دارند و این تاب‌آوری به‌صورت مستقیم منجر به بهینه‌سازی زمان و هزینه می‌شود. این نتایج با دیدگاه‌های اولیه کریستوفر و پک (کریستوفر و پک، ۲۰۰۴) و کریستوفر (کریستوفر، ۲۰۱۶) مطابقت دارد که تاب‌آوری زنجیره تأمین را توانایی پیش‌بینی، پاسخ و بازیابی سریع از اختلالات تعریف کرده و آن را عامل کلیدی کاهش تأخیرها و هزینه‌های عملیاتی می‌دانند.

تأثیر معنادار انعطاف‌پذیری زنجیره تأمین بر تاب‌آوری، با یافته‌های شفای و رایس (شفای و رایس، ۲۰۰۵) و پتی، فیشکل و کراکستون (پتی، فیشکل و کراکستون، ۲۰۱۰) همخوانی دارد که نشان می‌دهند قابلیت تغییر در منابع تأمین، ظرفیت تولید و مسیرهای توزیع، نقش محوری در کاهش اثر اختلالات دارد. همچنین نتایج مربوط به قابلیت ردیابی و شفافیت اطلاعات با مطالعات ایوانوف و دولگووی (ایوانوف و دولگووی، ۲۰۲۰) و دویی، گوناسکاران و چوی (دویی و همکاران، ۲۰۱۹) هم‌راستا است که تأکید می‌کنند دسترسی بلادرنگ به اطلاعات زنجیره تأمین، تصمیم‌گیری سریع و مدیریت مؤثر بحران را امکان‌پذیر می‌سازد؛ به‌ویژه در صنایع غذایی که زمان و ایمنی محصول اهمیت حیاتی دارد.

یافته‌های مربوط به همکاری با تأمین‌کنندگان نیز با نتایج پژوهش‌های جرفی، هامفری و استورجن (جرفی و همکاران، ۲۰۰۵) و هل، یه و ژائو (هل، یه و ژائو، ۲۰۱۹) مطابقت دارد که همکاری بین‌سازمانی و تبادل اطلاعات را یکی از پیش‌نیازهای اصلی تاب‌آوری و کاهش هزینه‌های هماهنگی و لجستیک می‌دانند. علاوه بر این، نقش معنادار نوآوری و فناوری اطلاعات در ارتقای تاب‌آوری زنجیره تأمین، با مطالعات کتزنبیگ و همکاران (کتزنبیگ و همکاران، ۲۰۱۸)، ایوانوف (ایوانوف، ۲۰۲۱) و گزارش‌های سازمان همکاری و توسعه اقتصادی (سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، ۲۰۱۹) هم‌خوانی دارد که کاربرد فناوری‌های دیجیتال، تحلیل داده و سیستم‌های هوشمند را عامل افزایش سرعت واکنش و کاهش اتلاف منابع معرفی کرده‌اند.

در نهایت، تأیید نقش مدیریت ریسک زنجیره تأمین در تقویت تاب‌آوری، با یافته‌های تانگ (تانگ، ۲۰۰۶)، منوج و منتزر (منوج و منتزر، ۲۰۰۸) و حسینی و همکاران (حسینی و همکاران، ۲۰۱۹) سازگار است که مدیریت فعال ریسک را شرط لازم برای پایداری زنجیره تأمین و بهبود عملکرد زمانی و هزینه‌ای می‌دانند. همچنین نتایج این پژوهش در خصوص تأثیر مستقیم تاب‌آوری زنجیره تأمین بر بهینه‌سازی زمان و هزینه، با مطالعات اخیر در صنایع غذایی و زنجیره‌های تأمین فسادپذیر، از جمله پژوهش‌های

آدای و آدای (آدای و آدای، ۲۰۲۰) و هابز (هابز، ۲۰۲۱) هم‌راستا بوده و بر اهمیت تاب‌آوری به‌عنوان یک مزیت رقابتی عملیاتی تأکید دارد.

به‌طور کلی، این پژوهش ضمن تأیید یافته‌های پیشین، با ارائه شواهد تجربی از صنایع غذایی ایران و استفاده از روش PLS-SEM، ادبیات موجود را گسترش داده و نشان می‌دهد که در زنجیره‌های تأمین حساس به زمان و هزینه، تاب‌آوری نقش یک متغیر کلیدی و میانجی را ایفا می‌کند.

این پژوهش از منظر نظری، یکی از نخستین مطالعات تجربی در ایران است که با استفاده از رویکرد PLS-SEM، نقش میانجی تاب‌آوری زنجیره تأمین را در رابطه بین عوامل کلیدی سازمانی و بهینه‌سازی زمان و هزینه در صنایع غذایی تبیین می‌کند. مدل پیشنهادی پژوهش با مقادیر بالای GOF و AVE، از اعتبار همگرا و برازش مناسبی برخوردار بوده و می‌تواند به‌عنوان یک چارچوب مفهومی معتبر برای پژوهش‌های آینده در حوزه صنایع غذایی، کشاورزی، و زنجیره‌های تأمین فسادپذیر مورد استفاده قرار گیرد. این مطالعه همچنین شکاف موجود در ادبیات داخلی درباره پیوند میان تاب‌آوری زنجیره تأمین و عملکرد عملیاتی را تا حد زیادی پوشش می‌دهد.

از منظر مدیریتی، نتایج پژوهش نشان می‌دهد که مدیران صنایع غذایی باید تاب‌آوری زنجیره تأمین را به‌عنوان یک راهبرد کلان عملیاتی تلقی کنند، نه صرفاً یک اقدام واکنشی در زمان بحران. توصیه می‌شود سازمان‌ها با سرمایه‌گذاری در افزایش انعطاف‌پذیری، توسعه سیستم‌های ردیابی و شفافیت اطلاعات، تقویت همکاری با تأمین‌کنندگان، به‌کارگیری فناوری‌های نوین و استقرار نظام‌های مدیریت ریسک، زمینه بهینه‌سازی پایدار زمان و هزینه را فراهم سازند. یکپارچه‌سازی این رویکردها با سیستم‌های ERP، هوش تجاری و سامانه‌های هوشمند زنجیره تأمین می‌تواند به کاهش ضایعات، افزایش سرعت پاسخ‌گویی و ارتقای رقابت‌پذیری صنایع غذایی ایران در بازارهای داخلی و منطقه‌ای منجر شود.

این پژوهش با تمرکز بر بهینه‌سازی زمان و هزینه در عوامل کلیدی تاب‌آوری زنجیره تأمین صنایع غذایی ایران، از طریق رویکرد نوین PLS-SEM، روابط علی میان متغیرهای اصلی را به طور جامع تبیین نمود. یافته‌های حاصل از آزمون مدل مفهومی بر روی نمونه‌ای هدفمند از مدیران و کارشناسان، تأیید کرد که عوامل کلیدی نظیر انعطاف‌پذیری، شفافیت اطلاعاتی، همکاری با تأمین‌کنندگان، نوآوری فناوری و مدیریت ریسک، به طور معنادار بر تاب‌آوری کلی زنجیره تأثیر مثبت و قوی دارند. این عوامل، با تقویت ظرفیت پیش‌بینی، انطباق و بازیابی، نقش محوری در کاهش زمان بازیابی اختلالات و کنترل هزینه‌های عملیاتی و لجستیکی ایفا می‌کنند، به ویژه در بستری مانند صنایع غذایی که با چالش‌های فسادپذیری محصولات، نوسانات تأمین و فشارهای اقتصادی روبرو است.

از منظر نظری، این مطالعه با تلفیق تحلیل ساختاری و بهینه‌سازی عملیاتی، شکاف‌های موجود در ادبیات تاب‌آوری زنجیره تأمین را پر می‌نماید و چارچوبی یکپارچه برای بررسی همزمان ابعاد زمانی و هزینه‌ای ارائه می‌دهد. رویکرد PLS-SEM ساده‌شده، با انعطاف‌پذیری بالا و عدم نیاز به فرضیات نرمال بودن داده‌ها، قابلیت تعمیم به سایر صنایع آسیب‌پذیر را اثبات می‌کند و بر اهمیت مدل‌های پیش‌بینی‌کننده در مدیریت ریسک تأکید ورزد. سهم علمی پژوهش در گسترش مبانی نظری زنجیره تأمین، با تأکید بر نقش اقتصاد اشتراکی و فناوری‌های نوین مانند AI و IoT، نهفته است و به پژوهشگران پیشنهاد می‌کند تا بر پویایی‌های بلندمدت و تأثیر عوامل خارجی مانند تحریم‌ها تمرکز نمایند.

از دیدگاه کاربردی، نتایج بینش‌های ارزشمندی برای مدیران و سیاست‌گذاران صنایع غذایی ایران فراهم می‌آورد: اولویت‌بندی انعطاف‌پذیری و مدیریت ریسک می‌تواند کارایی عملیاتی را ارتقا دهد، همکاری بین‌سازمانی را تقویت کند و امنیت غذایی کشور را تضمین نماید. برای نمونه، ادغام سیستم‌های HACCP و ISO 22000 با ابزارهای دیجیتال، نه تنها ایمنی و کیفیت را بهبود می‌بخشد، بلکه ضایعات را کاهش و پایداری

زنجیره را افزایش می‌دهد. این چارچوب، مدیران را به سمت تصمیم‌گیری‌های مبتنی بر شواهد هدایت می‌کند و امکان تخصیص بهینه منابع را فراهم می‌سازد.

با وجود دستاوردها، محدودیت‌هایی نظیر تمرکز جغرافیایی بر ایران، ماهیت مقطعی داده‌ها و عدم بررسی عمیق عوامل زیست‌محیطی وجود دارد. پیشنهادات برای تحقیقات آینده شامل کاربرد مدل‌های شبیه‌سازی دینامیک سیستم برای سناریوهای بحرانی، مطالعات تطبیقی با صنایع دیگر و ادغام داده‌های بزرگ برای پیش‌بینی واقعی‌زمان است. در نهایت، این پژوهش بر ضرورت سیاست‌گذاری‌های حمایتی برای ارتقای تاب‌آوری تأکید دارد و مسیرهایی برای ایجاد زنجیره‌های تأمین مقاوم، چابک و پایدار در برابر اختلالات آینده هموار می‌سازد، که این امر نه تنها به رشد اقتصادی کمک می‌کند، بلکه به تحقق اهداف توسعه پایدار در بخش غذایی یاری رساند.

با توجه به تحقیق محدودیت‌های شامل زیر می‌باشد:

۱. تمرکز جغرافیایی بر صنایع غذایی ایران و عدم تعمیم‌پذیری به سایر کشورها؛ ۲. ماهیت مقطعی داده‌ها و ناتوانی در بررسی پویایی‌های بلندمدت؛ ۳. نمونه‌گیری هدفمند و احتمال انتخابی؛ ۴. عدم پوشش دیدگاه‌های ذی‌نفعان پایین‌دستی؛ ۵. وابستگی به داده‌های خودگزارشی و خطای پاسخ‌دهی؛ ۶. نادیده‌گرفتن عوامل زیست‌محیطی و پایداری؛ ۷. عدم ادغام عوامل خارجی مانند تحریم‌ها؛ ۸. محدودیت PLS-SEM در آزمون علی قوی؛ ۹. حجم نمونه محدود (حدود ۲۵۰ نفر) و عدم تنوع آماری.

همچنین پیشنهادات شامل موارد زیر می‌باشد:

۱. انجام مطالعات طولی برای ردیابی تغییرات تاب‌آوری در برابر اختلالات واقعی.
۲. گسترش به مطالعات تطبیقی با صنایع مشابه در کشورهای همسایه.
۳. ادغام فناوری‌های نوین مانند AI و IoT در مدل‌های شبیه‌سازی دینامیک سیستم.

فهرست منابع

- Abdullah, M. & Khan, S. & Shahzad, M. (2022). Emerging challenges of supply chain disruption: Evidence from Pakistan. *International Journal of Supply Chain Management*, 11(2), 45–58.
- Aday, S. & Aday, M.S. (2020). Impacts of COVID-19 on food supply chain: Evidence from a rapid survey in Turkey. *Trends in Food Science & Technology*, 104, 32–41.
- Aday, S. & Aday, M.S. (2020). Impacts of COVID-19 on the food supply chain. *Food Quality and Safety*, 4(4), 167–180.
- Aigbogun, O. & et al. (2022). Supply chain dynamics in shared economies. *Journal of Supply Chain Management*.
- Albers, S., & Roll, M. (2021). Risk management and supply chain resilience. *International Journal of Production Economics*, 235, 108103.
- Asghari, H. (1401). Risks in the food supply chain. *Journal of Safety and Crisis Management*, 4(2), 33. (in Persian)
- Bazgar, M. (1401). Disruptions in the textile supply chain. *Journal of Business Research*, 14(1), 10 (in Persian).
- Chopra, S. & Meindl, P. (2016). Supply chain management: Strategy, planning, and operation (6th ed.). Pearson.
- Christopher, M. (2016). Logistics & supply chain management (5th ed.). Pearson.
- Christopher, M. & Peck, H. (2004). Building the resilient supply chain. *The International Journal of Logistics Management*, 15(2), 1–14.
- DNV. (2023). What is the difference between HACCP and ISO 22000? DNV Assurance.
- Dorosteh, M. & Jabarzadeh, A. (1399). Factors affecting supply chain resilience. *Journal of Risk and Insurance Management*, 5(1), 23. (in Persian)
- Dubey, R. & Gunasekaran, A. & Choi, T.M. (2019). Big data analytics and organizational culture as complements to swift trust and collaborative performance in the humanitarian supply chain. *International Journal of Production Economics*, 210, 120–136.

Dubey, R. & Gunasekaran, A. & Choi, T.M. (2019). Revisiting the role of resilience in global supply chains. *International Journal of Production Economics*, 210, 1–12.

Eissa, A. & Kumar, V. & Garza-Reyes, J.A. (2024). From green innovation to supply chain resilience: The role of structural and dynamic complexity. *Journal of Cleaner Production*, 418, 139812.

Farhadi, M. & Davoudi, A. (2019). Supply chain resilience in the brick industry. *Journal of Industrial Management*, 11(2), 5. (in Persian)

FDA. (2022). Hazard analysis critical control point (HACCP). U.S. Food and Drug Administration.

Frouzesh, M. & Jokar, M.R.A. & Tavakkoli-Moghaddam, R. (2022). Designing a green and resilient supply chain network under disruption and uncertainty. *Computers & Industrial Engineering*, 169, 108176.

Gereffi, G. & Humphrey, J. & Sturgeon, T. (2005). The governance of global value chains. *Review of International Political Economy*, 12(1), 78–104.

Gholami-Zanjani, H. & Rezaei, M. & Ahmadi, S. (2021). Designing a resilient food supply chain. *Journal of Iranian Food Science and Industry*, 18(4), 211. (in Persian)

Greenberg, Z. & Zalait, M. & Cohen, E. (2021). Meat supply chains under COVID-19 disruption. *Food Policy*, 101, 102048.

Hobbs, J.E. (2021). Food supply chains during the COVID-19 pandemic. *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 69(2), 171–176.

Hobbs, J.E. (2021). The state of food system transformation. *Annual Review of Resource Economics*, 13, 203–231.

Hosseini-Shakarabi, M. & Rahimi, M. & Nazari, J. (2025). Supply chain resilience: A critical review of risk mitigation, robust optimization, and digital solutions. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 185, 103515.

Hosseini, S. & Ivanov, D. & Dolgui, A. (2019). Review of quantitative methods for supply chain resilience analysis. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 125, 285–307.

Huo, B. & Ye, Y. & Zhao, X. (2019). Supply chain integration and firm performance: The moderating role of competitive strategy. *International Journal of Production Economics*, 211, 54–64.

Huo, B. & Ye, Y. & Zhao, X. (2019). Supply chain integration and resilience performance. *International Journal of Production Research*, 57(20), 6509–6525.

ISO. (2018). ISO 22000: Food safety management. *International Organization for Standardization*.

Ivanov, D. (2021). Supply chain viability and the COVID-19 pandemic: A conceptual and analytical framework. Springer.

Ivanov, D. (2021). Supply chain viability: Conceptualization, measurement, and nomological validation. Springer.

Ivanov, D. & Dolgui, A. (2020). A digital supply chain twin for managing the disruptions and resilience in supply chains. *International Journal of Production Research*, 58(13), 3920–3934.

Ivanov, D. & Dolgui, A. (2020). Viability of supply chain networks: Impact of disruptions and recovery policies. *International Journal of Production Research*, 58(10), 2904–2915.

Ketzenberg, M. & Gaukler, G. & Salin, V. (2018). Managing supply chain disruptions through resilience strategies. *Production and Operations Management*, 27(8), 1440–1458.

Ketzenberg, M. & Singhal, C. & Van Oyen, M. & Wagner, R. (2018). The role of information in the food supply chain. *Production and Operations Management*, 27(2), 218–237.

Lambert, D.M. & Emmelhainz, M.A. & Gardner, J.T. (1998). Building successful logistics partnerships. *Journal of Business Logistics*, 20(1), 165–181.

Manuj, I. & Mentzer, J.T. (2008). Global supply chain risk management strategies. *Journal of Business Logistics*, 29(1), 133–160.

Mardani, M. & Kalheri, A. (1399). Implementation of a resilient supply chain in project-based organizations. *Journal of Project and Construction Management*, 8(3), 6. (in Persian)

Mirzagaighy, A. (1400). The impact of flexibility and responsiveness on the sustainability of the pharmaceutical supply chain. *Journal of Supply Chain Management Research*, 7(2), 45. (in Persian)

Motalebi, M. & Hosseini, R. & Sharifi, A. (1402). Identification and evaluation of strategic options for advancing supply chain resilience in Kalah Dairy Company. *Journal of Strategic Management Studies*, 15(3), 89. (in Persian)

Nagy, J. & Fosso-Wamba, S. & Akter, S. (2025). Supply chain resilience, organizational effectiveness, and firm performance: A systematic review and future research agenda. *International Journal of Operations & Production Management*, 45(2), 245–278.

Nazeri, M. (1400). Enhancing supply chain resilience in the context of supplier disruptions. *Journal of Industrial Management*, 12(4), 9. (in Persian)

Nikkokar, G. & Yandouri, H. (2022). Supply chain preparedness after COVID-19: The role of social and human capital. *Supply Chain Management: An International Journal*, 27(6), 739–755.

Odin, O. & et al. (2023). Resilience in shared economy supply chains. *Journal of Business Logistics*.

OECD. (2019). Global value chains and supply chain resilience. OECD Publishing.

OECD. (2019). The digital transformation of SMEs. OECD Publishing.

Oliver, K. (1982). Coined term “supply chain management”. *Financial Times*.

Oliveros-Aguila, L. & Pérez, J. & Gómez, R. (2021). A roadmap for supply chain resilience. *Supply Chain Management Review*, 25(3), 34–42.

PECB. (2023). Difference between HACCP and ISO 22000. PECB.

Pettit, T.J. & Fiksel, J. & Croxton, K.L. (2010). Ensuring supply chain resilience: Development of a conceptual framework. *Journal of Business Logistics*, 31(1), 1–21.

Ponomarov, S.Y. & Holcomb, M.C. (2009). Understanding the concept of supply chain resilience. *The International Journal of Logistics Management*, 20(1), 124–143.

Ricardo, P. & Silva, A. & Gomes, L. (2021). Enhancing supply chain flexibility through a risk-averse approach. *European Journal of Operational Research*, 293(1), 150–165.

Rogers, D.S. & Tibben-Lembke, R.S. (1999). Going backwards: Reverse logistics trends and practices. Reverse Logistics Executive Council.

Sako, M. (2022). Supply chain disruption and resilience in the COVID-19 era. *Journal of Operations Management*, 68(1), 1–4.

Samuels, T. (2025). Digital transformation in supply chains: Enhancing resilience and sustainability through AI, blockchain, and IoT. *Technological Forecasting and Social Change*, 198, 123456.

Sandwani, R. & Verma, P. & Sharma, S. (2021). Enablers of resilient supply chains: An expert-based approach. Benchmarking: *An International Journal*, 28(9), 2715–2743.

Sheffi, Y. & Rice, J.B. (2005). A supply chain view of the resilient enterprise. *MIT Sloan Management Review*, 47(1), 41–48.

Tang, C.S. (2006). Perspectives in supply chain risk management. *International Journal of Production Economics*, 103(2), 451–488.

Tian, Y. & Cui, L. (2025). Supply chain resilience and digital transformation: A network perspective. *International Journal of Production Research*, 63(4), 1150–1168.

Valizadeh-Dezaj, M. & Karimi, H. & Latifi, S. (1404). Investigating the role of agility and supply chain resilience on company financial performance during disruption. *Journal of Production and Operations Management Research*, 6(1), 1. (in Persian)

Yedua, K. & Singh, R. & Patel, D. (2022). Agricultural supply chain network design: A resilience perspective. *Sustainability*, 14(9), 5231.

Yemin, Z. (2021). Drivers of supply chain resilience during COVID-19. *Journal of Business Research*, 131, 561–570.

Optimization of Time and Cost in Key Factors of Supply Chain Resilience Using the PLS-SEM Approach: A Case Study of Iran's Food Industries

 <https://doi.org/10.82372/jom.2026.1232280>

Mahrokh Lotfollahi^۱, Taher Najjari^{۲*}, Mir Ghasem Hosseini^۳,
Salar Sefamehr^۴

Abstract:

In recent years, the increasing complexity of supply chains and unexpected disruptions such as COVID-19 and economic volatility have turned supply chain resilience into a central challenge in operations management. Iran's food industry, due to the perishability of products, time sensitivity, and its critical role in food security, exhibits high vulnerability. This study identifies and analyzes key resilience factors (flexibility, information traceability and transparency, supplier collaboration, IT innovation, and risk management) and examines their impact on the simultaneous optimization of disruption recovery time and logistical/operational cost. Using an applied descriptive-correlational methodology and a PLS-SEM approach on a purposive sample of managers/experts in the Iranian food industry, the causal relationships of the model were tested. The findings confirm that the key factors have a significant positive effect on overall resilience, and resilience in turn influences the optimization of time and cost. The contribution of this research lies in integrating PLS-SEM with operational optimization to simultaneously analyze time- and cost-related dimensions. The results offer both theoretical contributions to the resilience literature and practical managerial solutions (prioritizing flexibility and risk management to reduce time and cost). The proposed framework is generalizable to other vulnerable industries, and future research should focus on longitudinal models and digital technologies.

Keywords: Supply Chain Resilience, Time and Cost Optimization, PLS-SEM, Iran's Food Industries, Key Resilience Factors.

^۱ Assistant Professor, Department of Management, U.C, Islamic Azad University, Urmia, Iran. M.lotfollahi@iau.ac.ir

^۲ PhD Student in Public Administration, Department of Management, U.C, Islamic Azad University, Urmia, Iran. Ta.najjari@gmail.com

^۳ Master's Student, Department of Architecture T.C, Islamic Azad University, South Tehran Branch, Iran

^۴ M.Sc. in Structural Engineering, M.C, Islamic Azad University, MAHABAD, Iran