



Research in Production and Operations Management
University of Isfahan E-ISSN: 2981-0329
Vol. 15, Issue 1, No. 36, Spring 2024

 <https://doi.org/10.22108/POM.2024.138612.1523>

(Research paper)

Modelling and Scenario Analysis of the Causal Conditions of the Ripple Effect in the Supply Chain of Iran's Food Industry

Ali Mirzaei

Department of Business Administration, Faculty of Financial Science, Management and Entrepreneurship, University of Kashan, Kashan, Iran, ali.mirzaei.19am@gmail.com

Esmail Mazroui Nasrabadi *

Department of Business Administration, Faculty of Financial Science, Management and Entrepreneurship, University of Kashan, Kashan, Iran, drmazroui@kashanu.ac.ir

Purpose: The ripple effect, which refers to disturbances with a low probability of occurrence but a high impact, has been able to have many negative effects on the supply chain of Iran's food industry. Considering the strategic importance of the food industry, it is necessary to investigate the causal conditions of this effect.

Design/methodology/approach: This study has been performed in two phases with a mixed approach. The qualitative phase was conducted to identify the causes of the ripple effect and the quantitative phase was conducted to model and analyze the scenario. The participants in the qualitative phase were industrial experts, and judgmental sampling was used to collect data. The sample included 15 respondents, and the data analysis method was thematic analysis. The statistical population of the quantitative phase included industrial experts and university professors, and judgmental sampling was used to collect data. The sample included 10 respondents, and the data analysis method was fuzzy cognitive mapping. To analyze the scenarios, two categories of backward and forward scenarios have been designed. FCMapper software has been used to design the scenarios.

Findings: The results of the thematic analysis indicated 56 causes, which were grouped into 14 sub-categories: “business planning”, “production problems”, “financial problems of the organization”, “logistical problems”, “supply chain management”, “supplier problems”, “human disasters”, “natural disasters”, “legislative issues and law enforcement”, “political crises”, “macroeconomic issues”, “the

* Corresponding author, Orcid: 0000-0002-0270-4293 2981-0329 / © University of Isfahan

This is an open access article under the CC-BY-NC-ND 4.0 License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)



increasing complexity and uncertainty of the business environment', "infrastructure problems", and "problems of production of complementary industries". Finally, the sub-categories were grouped in four main categories: "business-level problems", "supply chain-level problems", "natural and unnatural disasters", and "macro problems of the country". The results of the second phase indicated that "political crises", "macroeconomic issues", and "complexity and uncertainty of the business environment" had the highest degree of influence. The results of the analysis of the scenarios implied the significance of "complexity and uncertainty of the business environment", "macroeconomic issues", and "political crises."

Research implications: Since inventory plays a significant role in dealing with the ripple effect, and inventory in the food industry is perishable, it is necessary to investigate how to balance the amount of buffer and perishable inventory. Another important issue in the supply chain of the food industry is the lack of advanced technologies and sufficient information on the areas under cultivation, the amount of harvest, and the amount of surplus or shortage of products in different parts, which strengthens the ripple effect. Studying the obstacles, challenges and key success factors of using advanced technologies in the supply chain of the food industry can help solve this problem.

Practical implications: According to the findings, it is suggested to include long-term factors, price flexibility, and support clauses in the contract with suppliers. For foreign products, it is recommended to contract with companies that have active agencies inside the country. The purchase of critical layers of the supply chain (vertical integration) is recommended to reduce risk. Contingency plans are necessary to deal with the ripple effect, while environmental and political issues must be monitored carefully to develop suitable contingency plans. As a result, it is necessary to form management teams in the food industry to investigate environmental and political issues and communicate with people with political influence to receive news faster.

Originality/value: Considering the problems that the supply chain of Iran's food industry has with the occurrence of a ripple effect, in this research the reasons for such an effect were investigated for the first time. Modelling and scenario analysis of the causes of the ripple effect was also performed for the first time.

Keywords: Ripple effect, Complexity and uncertainty, Macroeconomic issues, Political crises, Food industry supply chain



پژوهش در مدیریت تولید و عملیات، دوره ۱۵، شماره ۱، پیاپی ۳۶، بهار ۱۴۰۳

دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۱۵ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۲۶ ص ۱-۲۸



<https://doi.org/10.22108/POM.2024.138612.1523>

(مقاله پژوهشی)

مدل‌سازی و تحلیل سناریوی شرایط علی اثر موجی در زنجیره تأمین صنایع غذایی ایران

علی میرزایی^۱، اسماعیل مزروعی نصرآبادی^{۲*}

۱- کارشناس ارشد، گروه مدیریت کسب و کار، دانشکده علوم مالی، مدیریت و کارافرینی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران،

ali.mirzaei.19am@gmail.com

۲- استادیار، گروه مدیریت کسب و کار، دانشکده علوم مالی، مدیریت و کارافرینی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران، drmazroui@kashanu.ac.ir

چکیده: اثر موجی که به اختلالات با احتمال وقوع کم، اما اثرگذاری بالا اشاره دارد، توانسته است آثار منفی زیادی را بر زنجیره تأمین صنایع غذایی ایران بگذارد. با توجه به اهمیت استراتژیک صنایع غذایی، لازم است شرایط علی ایجاد این اثر بررسی شود. این تحقیق در دو مرحله و با رویکرد آمیخته، انجام شده است. مرحله کیفی به منظور شناسایی دلایل رخداد و مرحله کمی، به منظور مدل‌سازی و تحلیل سناریو انجام شده است. جامعه آماری در مرحله کیفی، خبرگان صنعتی، شیوه نمونه‌گیری قضاوتی، حجم نمونه برابر با ۱۵ نفر و شیوه تجزیه و تحلیل داده‌ها، تحلیل مضمون است. جامعه آماری مرحله کمی، خبرگان صنعتی و استادان دانشگاهی، شیوه نمونه‌گیری قضاوتی، حجم نمونه برابر با ۱۰ نفر و شیوه تجزیه و تحلیل داده‌ها، نگاشت‌شناختی فازی است. نتایج تحلیل مضمون، بیانگر ۵۶ علل رخداد است که در قالب ۱۴ دسته فرعی و ۴ دسته اصلی «مشکلات سطح کسب‌وکار»، «مشکلات سطح زنجیره تأمین»، «بلاهای طبیعی و غیرطبیعی» و «مشکلات کلان کشور» گروه‌بندی شدند. نتایج مرحله دوم بیانگر آن است که «بحران‌های سیاسی»، «مسائل کلان اقتصادی» و «پیچیدگی و نبود اطمینان فزاینده در فضای کسب‌وکار»، بالاترین درجه اثرگذاری‌اند. نتایج تحلیل سناریوها، بیانگر جایگاه و اهمیت بالای «پیچیدگی و نبود اطمینان در فضای کسب‌وکار»، «مسائل کلان اقتصادی» و «بحران‌های سیاسی» است. با توجه به یافته‌های تحقیق، پیشنهاد می‌شود در زمینه تهیه برنامه‌های کوتاه‌مدت و برنامه‌های اقتضایی، تهیه معیارهای انتخاب و ارزیابی تأمین‌کننده، بررسی شیوه‌های ادغام عمودی و بهسازی سیاست‌های لجستیکی، اقدام شود.

واژه‌های کلیدی: اثر موجی، پیچیدگی و عدم اطمینان فزاینده، مسائل کلان اقتصادی، بحران‌های سیاسی، زنجیره تأمین صنایع غذایی

۱- مقدمه

شرکت‌ها برای ارتقای رقابت‌پذیری، باید به زنجیره تأمین توجه کنند. با توجه به ماهیت پیچیده و جهانی زنجیره‌های تأمین، ریسک آسیب‌پذیری آنها زیاد است (لیاگونو و همکاران^۱، ۲۰۲۲). بروز اختلالات در زنجیره تأمین، اهمیت زیادی دارد؛ زیرا آسیب‌های زیادی را به زنجیره تأمین وارد می‌کند. مواردی مانند تأخیر در حمل‌ونقل، در دسترس نبودن نیروی کار و کمبود عرضه، در اثر اختلالات رخ می‌دهند و زنجیره تأمین مجبور به انعطاف‌پذیری بیشتر و در نظر گرفتن مواردی، مانند موجودی ایمنی بیشتر می‌شود (میرزایی و همکاران^۲، ۲۰۲۳) که برایش هزینه‌بر است.

به‌تازگی زنجیره‌های تأمین مجبور شدند با اختلالات مختلف برون‌زا کنار بیایند (کردر و همکاران^۳، ۲۰۲۳). کرونا، یکی از مهم‌ترین اختلالات است که زنجیره تأمین را به‌شدت تحت تأثیر قرار داده است (کک و همکاران^۴، ۲۰۲۲). بروز این اختلالات، به خرابی‌های آبشاری در زنجیره تأمین منجر می‌شود که به آن اثر موجی می‌گویند (کردر و همکاران، ۲۰۲۳) و بر عملکرد، طراحی و پارامترهای برنامه‌ریزی زنجیره تأمین تأثیر می‌گذارد (لیاگونو و همکاران، ۲۰۲۲). تأثیر اقتصادی اختلالات و اثر موجی، چشمگیر است. طبق تحقیقاتی که هندریک و سینکال^۵ در سال ۲۰۰۳ انجام دادند، مشخص شد شرکت‌هایی که تحت تأثیر اختلالاتی هرچند کوچک واقع شدند، درنهایت با کاهش رشد فروش، بازده سهام و ثروت سهامداران مواجه می‌شوند. اینها معضلاتی‌اند که رد پای آنها حداقل تا ۲ سال بعد از اختلال، در زنجیره تأمین به چشم می‌خورد (اشنایدر و همکاران^۶، ۲۰۱۶).

اثر موجی، بعد از همه‌گیری کرونا افزایش یافته (اسکارپین و همکاران^۷، ۲۰۲۲) و عواقب منفی زیادی برای زنجیره تأمین کشاورزی داشته است (وی و چن^۸، ۲۰۱۰). مصادیق مختلف اثر موجی، مانند تغییرات اقلیمی نیز آثار منفی زیادی در بخش کشاورزی و زنجیره تأمین غذایی دارد (گالی و همکاران^۹، ۲۰۲۳). در اثر وقوع کرونا، که مصداق دیگری از اثر موجی است، زنجیره تأمین غذا با بحران‌هایی نظیر مشکلات حمل‌ونقل، کمبود نیروی انسانی و بالارفتن هزینه نهاده‌ها (واریس و همکاران^{۱۰}، ۲۰۲۲) روبه‌رو شد. آثار مخرب این همه‌گیری در زنجیره تأمین غذایی، در ایران نیز بسیار مشهود است و مواردی مانند کاهش نرخ فروش، کاهش سودآوری، کاهش انعطاف‌پذیری، کاهش نرخ بازگشت سرمایه و ... (افضلی و زارع مهرجردی^{۱۱}، ۱۴۰۰) اتفاق افتاد. ایران کشوری بلاخیز است و دائماً از خشک‌سالی، سیل، آتش‌سوزی جنگل‌ها و طوفان‌های زیاد شن رنج می‌برد (سیدین و همکاران^{۱۲}، ۲۰۱۱) که مشکلات بسیاری را برای صنایع غذایی به وجود می‌آورد. اثر موجی، این مشکلات را تشدید می‌کند، درنتیجه باید به آن توجه ویژه‌ای شود. بروز تغییرات اقلیمی، آثار منفی زیادی را بر محصولات کشاورزی ایران بر جای می‌گذارد (قالیباف و همکاران^{۱۳}، ۲۰۲۲ و کیانی قلعه‌سرد و همکاران^{۱۴}، ۱۳۹۸) و این مورد به‌صورت موجی، باعث افزایش قیمت خوراک دام می‌شود (روستایی و همکاران^{۱۵}، ۲۰۲۳). افزایش قیمت خوراک دام، به افزایش قیمت محصولات دامی مانند شیر (همان) منجر می‌شود. درنهایت قیمت مواد غذایی افزایش می‌یابد (قالیباف و همکاران، ۲۰۲۲) و امنیت غذایی و رفاه اقتصادی، تحت تأثیر منفی قرار می‌گیرد (کیانی قلعه‌سرد و همکاران، ۱۳۹۸). این موضوع، بیانگر یک نمونه از اثر موجی (شروع با تغییرات اقلیمی و پایان با افزایش قیمت محصولات غذایی) در زنجیره تأمین محصولات غذایی است.

با توجه به اینکه صنایع غذایی برای کشور اهمیت استراتژیک دارند، بی‌توجهی به اثر موجی، عواقب سنگینی برای کشور دارد و به از دست رفتن امنیت غذایی و اقتصادی منجر می‌شود، در نتیجه لازم است اختلالات و به‌طور خاص اثر موجی در این صنعت، به‌دقت آنالیز شود. یکی از مهم‌ترین جنبه‌های هر پدیده‌ای، دلایل وقوع آن است، پس باید دلایل بروز اثر موجی بررسی شود. تحقیقات مختلفی در زمینه دلایل اثر موجی، انجام شده است، اما تحقیقی در زنجیره تأمین صنایع غذایی ایران، ملاحظه نشد و لازم است واکاوی بر آن انجام شود.

تحقیقات مختلفی در این زمینه انجام شده است. در زمینه شناسایی دلایل اثر موجی، ایوانف و همکاران^{۱۶} (۲۰۱۹) در پژوهشی، دلایل و استراتژی‌های کاهش اثر موجی را در زنجیره تأمین بیان کردند و چارچوب کنترل اثر موجی را ارائه دادند که از افزونگی و انعطاف‌پذیری تشکیل شده است. ایوانف و دولگویی^{۱۷} (۲۰۱۹) درباره روش‌های کاهش اختلالات زنجیره تأمین و بهبودی در صورت بروز اختلالات شدید بحث کردند. دولگویی و همکاران^{۱۸} (۲۰۱۸) با مرور پیشینه، دلایل و استراتژی‌های کاهش اثر موجی را در زنجیره تأمین بررسی کردند و چارچوب کنترل اثر موجی را ارائه دادند که شامل تجزیه و تحلیل افزونگی، تاب‌آوری و انعطاف‌پذیری است. تحقیقات دیگری نیز انجام شده است که اثر موجی را با لنزهای دیگری بررسی کرده‌اند. عمده تحقیقات در زمینه استراتژی‌های مقابله، واکنشی و بازایی است و دیگر تحقیقات نیز عمدتاً بر طراحی شبکه و تاب‌آوری و انعطاف‌پذیری زنجیره در مقابل این پدیده متمرکز بوده‌اند. در این زمینه، ازکلیک و همکاران^{۱۹} (۲۰۲۲) یک مدل بهینه‌سازی استوار را برای طراحی شبکه‌های زنجیره تأمین معکوس قوی برای مقابله با عدم قطعیت‌های ناشی از اثر موجی ارائه کرده‌اند. گیانوکارو و ایفتخار^{۲۰} (۲۰۲۲)، محرک‌های انعطاف‌پذیری شبکه تأمین را به‌عنوان ظرفیت تطبیقی با اختلالات، با تمرکز بر اعتماد و بررسی نقش تعدیل‌کننده توپولوژی شبکه در رابطه بین اعتماد و انعطاف‌پذیری بررسی کرده‌اند. آنچه با مرور پیشینه مشخص است، خلأ تحقیقاتی در زمینه دلایل بروز اثر موجی در صنعت غذایی ایران است؛ در نتیجه سؤال اول تحقیق عبارت است از: دلایل بروز اثر موجی در زنجیره تأمین صنایع غذایی ایران چیست؟

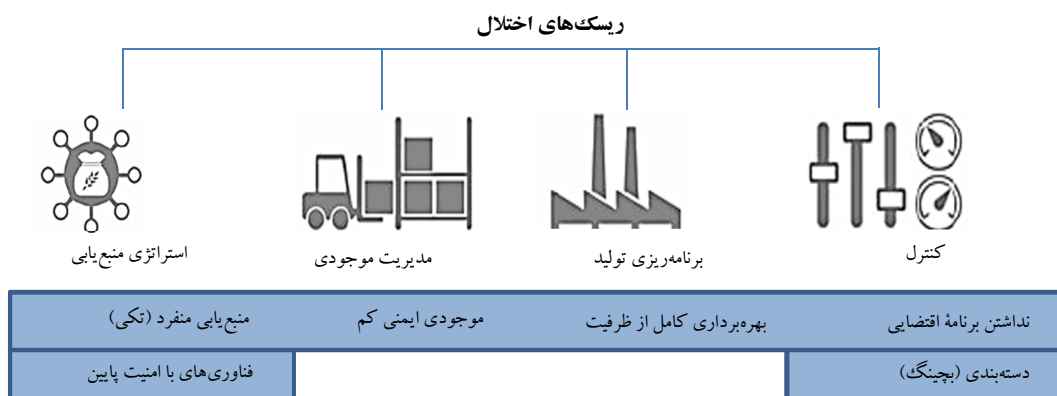
شناسایی مجموعه‌ای از زمانی اثربخشی بیشتری دارد که روابط فی‌مابین آنها تحلیل شود (مزروعی نصرآبادی و همکاران^{۲۱}، ۱۴۰۲)؛ در نتیجه لازم است مدل علل ایجاد اثر موجی در زنجیره تأمین صنایع غذایی ایران ترسیم شود. بر این اساس، سؤال دوم تحقیق عبارت است از: نگاشت‌شناختی فازی عوامل مؤثر بر بروز اثر موجی در زنجیره تأمین صنایع غذایی ایران چگونه است؟

به‌منظور تحلیل و واکاوی دقیق‌تر علل ایجاد اثر موجی، لازم است سناریونگاری روی آنها انجام شود؛ در نتیجه سؤال سوم تحقیق عبارت است از: سناریوهای روبه‌جلو و رو به عقب علل بروز اثر موجی در زنجیره تأمین صنایع غذایی ایران چگونه است؟

به‌منظور پاسخ به سؤالات تحقیق، در ادامه به ترتیب پژوهش و پیشینه، روش‌شناسی تحقیق، یافته‌ها، بحث و نتیجه‌گیری مرور می‌شود.

۲- مبانی نظری

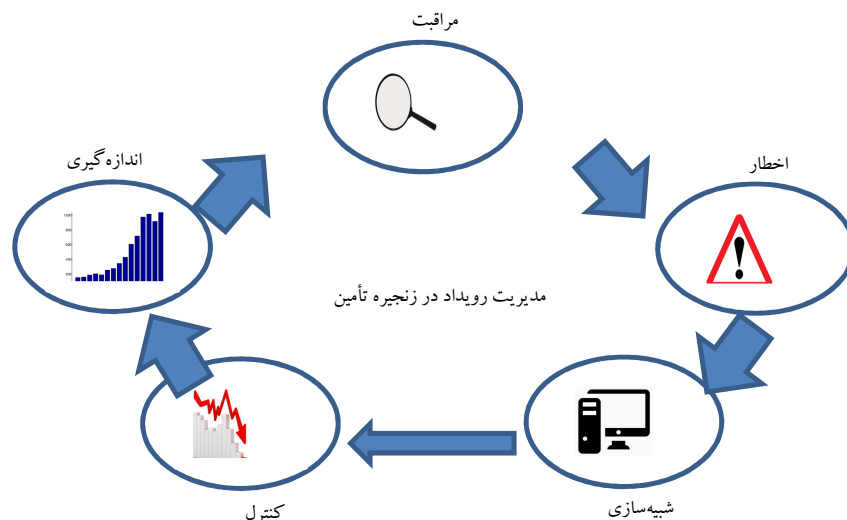
بلایا و اختلالاتی مانند همه‌گیری کووید-۱۹، زنجیره تأمین و صنایع را به‌طور چشمگیری مختل می‌کند (میرزایی و همکاران، ۲۰۲۳). اثر موجی، یکی از مهم‌ترین انواع اختلالات، یک موضوع خاص در مدیریت زنجیره تأمین و یک عامل استرس‌زای قوی برای تاب‌آوری زنجیره تأمین است (دونگ و همکاران^{۲۲}، ۲۰۲۳). اثر موجی در زنجیره تأمین آثار منفی بر عملکرد زنجیره تأمین دارد (مزروعی نصرآبادی، ۱۴۰۲) و انتشار یک اختلال اولیه، به دیگر مراحل زنجیره تأمین یعنی عرضه، تولید و توزیع تعریف می‌شود (دونگ و همکاران، ۲۰۲۳). اثر موجی برای اولین بار در مطالعه‌ای نام‌گذاری شد که لیبریتور و داسکین^{۲۳} (۲۰۱۲) آن را انجام دادند (به نقل از ایوانف^{۲۴}، ۲۰۱۷). در سال‌های اخیر به‌طور گسترده، دلایلی مطالعه شده است که به اختلال یا وقفه منجر می‌شود. همچنین بسیاری از مطالعات به این نتیجه رسیده‌اند که سطوح پایین موجودی، ظرفیت انعطاف‌ناپذیر یا تهیه از یک تأمین‌کننده در میان موارد دیگر، پیامدهای اثر موجی را بدتر می‌کند (لیاگونو و همکاران، ۲۰۲۲). در این زمینه ایوانف (۲۰۱۸)، شکل ۱ را برای دلایل ایجاد اثر موجی ارائه کرده است.



شکل ۱- دلایل ایجاد اثر موجی منبع: ایوانف (۲۰۱۸)

Fig. 1- Ripple Effect Causes. Source: Ivanov (2018)

برای مقابله با اثر موجی، باید به مدیریت رویداد در زنجیره تأمین توجه کرد. مدیریت رویداد زنجیره تأمین (شکل ۲)، به‌عنوان یک ابزار برای مدیریت اختلالات پیاپی و شامل شناسایی دوره‌ای اختلالات، تجزیه و تحلیل آنها و هشدار درباره خرابی‌های در شرف وقوع، اعلان‌های تصمیم‌گیری، ارزیابی امکان اقدامات اصلاحی و در آخر گسترش اقدامات کنترلی برای بازیابی عملیات زنجیره تأمین می‌شود (پالما و همکاران^{۲۵}، ۲۰۱۸).



شکل ۲- عملگرهای مدیریت رویداد زنجیره تأمین منبع: پالما و همکاران (۲۰۱۸)

Fig. 2- Supply chain event management operators. Source: Palma et al. (2018)

همان‌طور که پیش‌تر ارائه شد، تحقیقی در زنجیره تأمین صنایع غذایی وجود ندارد که علل رخداد اثر موجی را شناسایی کند. مهم‌تر از آن، واکاوی‌نکردن دلایل ایجاد در پژوهش‌هاست. ارائه مدل عوامل و تحلیل نقش هریک از دلایل و درنهایت سناریونگاری آنها، به اعمال مداخله‌های مؤثر در آنها به‌منظور پیشگیری از بروز اثر موجی منجر می‌شود. جدول ۱، بیانگر شکاف تحقیقاتی است.

جدول ۱- شکاف تحقیقاتی

Table 1- Research Gap

نویسنده	سال	هدف مقاله	استراتژی تحقیق	جامعه آماری	نتیجه‌گیری	شناسایی	مدل‌سازی	تحلیل سناریو
ایوانف و همکاران	۹۲۰۱	بررسی سیاست‌های بازیابی از اثر موجی در زنجیره تأمین صنایع غذایی استرالیا	مدل‌سازی ریاضی	صنایع غذایی استرالیا	ارائه دو مدل ریاضی برای رویکردهای پیشگیرانه و واکنشی در برابر اثر موجی در زنجیره تأمین صنایع غذایی استرالیا	-	-	-
ایوانف	۲۰۱۷	شبیه‌سازی مبتنی بر مدل‌سازی اثر موجی در زنجیره تأمین	شبیه‌سازی	مقالات و منابع مرتبط با اختلالات زنجیره‌سازی که بین شبیه‌سازی برطرف شود. یک مدل شبیه‌سازی سال‌های ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۷ منتشر شده‌اند. مثال تجربی تجربی، به‌منظور به تصویر کشیدن مناطق با استفاده از عمده‌ای از کاربرد شبیه‌سازی برای مدل‌سازی سناریونویسی اثر موجی ارائه شده است.	هدف از این مطالعه، آشکارکردن شکاف‌های مرتبط با اختلالات تحقیقاتی است که با کمک مدل‌سازی و شبیه‌سازی که بین شبیه‌سازی برطرف شود. یک مدل شبیه‌سازی سال‌های ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۷ منتشر شده‌اند. مثال تجربی تجربی، به‌منظور به تصویر کشیدن مناطق با استفاده از عمده‌ای از کاربرد شبیه‌سازی برای مدل‌سازی سناریونویسی اثر موجی ارائه شده است.	-	-	-
دولگویی و همکاران	۲۰۱۸	بررسی دلایل و استراتژی‌های کاهش اثر موجی در زنجیره تأمین	مرور نظام‌مند	مقالات و منابع مرتبط با اثر موجی که بین سال‌های	در این پژوهش، ویژگی‌های اصلی اثر موجی در مقایسه با اثر شلاقی مشخص می‌شود. پس از آن، پژوهش اخیر مرور شده است که به‌طور	*	-	-

نویسنده	سال	هدف مقاله	استراتژی تحقیق	جامعه آماری	نتیجه گیری	شناسایی مدل سازی تحلیل سناریو
		با رویکرد مرور سیستماتیک و ارائه چارچوب کنترل اثر موجی		۲۰۰۵ تا ۲۰۱۷ منتشر شده اند	صریح یا ضمنی، با اثر موجی مقابله کرده است. این پژوهش، انواع تحقیقات بهینه سازی، شبیه سازی، نظریه کنترل و پیچیدگی و قابلیت اطمینان ریاضی را شامل می شود. در این تحقیق، دلایل و استراتژی های کاهش اثر موجی در زنجیره تأمین بررسی و چارچوب کنترل اثر موجی ارائه شده است که شامل تجزیه و تحلیل افزونگی، تاب آوری و انعطاف پذیری می شود.	
ایوانف و همکاران	۲۰۱۹	بررسی و تحلیل اثر موجی در زنجیره تأمین و چشم اندازهای آن	مرور نظام مند	۲۰۰۳ تا ۲۰۱۹ منتشر شده اند	در این مورد، دو مسیر خاص بیان شده است: اولین مسیر تجزیه و تحلیل، ریسک زنجیره تأمین برای مخاطراتی است که به اختلال منجر می شوند و کنترل داده محور اثر موجی در زنجیره های تأمین است. مسیر دوم، مفهوم زنجیره های تأمین در حالت اطمینان کم است.	- *
ایوانف و دولگوی	۲۰۱۹	شناسایی استراتژی های کاهش اثر موجی و ارائه چارچوب کنترل اثر موجی که از افزونگی و انعطاف پذیری تشکیل شده است.	مرور نظام مند	۲۰۱۲ تا ۲۰۱۹ منتشر شده اند.	در باره روش های کاهش اختلالات زنجیره تأمین و بهبودی، در صورت بروز اختلالات شدید بحث شده است. این پژوهش دلایل و استراتژی های کاهش اثر موجی در زنجیره تأمین را بررسی می کند و چارچوب کنترل اثر موجی را ارائه می دهد که از افزونگی و انعطاف پذیری تشکیل شده است.	- *
ایلماز و همکاران ^{۲۶}	۲۰۲۱	بررسی پایداری زنجیره تأمین در حالت وقوع اثر موجی	مدل سازی ریاضی	یک شرکت در حال بازسازی لوازم خانوادگی	اثر موجی، میزان انتشار و هزینه کل را تا ۴۰ درصد افزایش می دهد. به همین دلیل، پیشنهاد شد که مقررات مربوط به ائتلاف تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی باید با در نظر گرفتن پایداری در کل شبکه زنجیره تأمین معکوس تهیه شود. علاوه بر این، مشخص شد که استراتژی توزیع متمرکز، به انعطاف پذیری بیشتری در طراحی شبکه زنجیره تأمین معکوس منجر می شود.	- -
کک و همکاران	۲۰۲۲	تجزیه و تحلیل اثر موجی در یک زنجیره تأمین چندلایه و بررسی عملکرد در گره های مختلف برای درک توانایی زنجیره تأمین برای مقاومت در برابر	شبیه سازی رویداد گسسته	یک شرکت ذوب مس در هند	فقدان ذخایر ایمنی و چند منبعی نبودن، دلایل اصلی اختلالات شناخته شدند.	- *

نویسنده	سال	هدف مقاله	استراتژی تحقیق	جامعه آماری	نتیجه‌گیری	شناسایی مدل‌سازی	تحلیل سناریو
		اختلالات در سطوح مختلف					
مزروعی نصرآبادی و همکاران	۱۴۰۲	شناسایی و مدل‌سازی عوامل کلیدی موفقیت برای مقابله با اثر موجی در زنجیره تأمین فرش ماشینی	تحلیل مضمون و نقشه‌شناختی	صنعت فرش ماشینی ایران	۲۳ عامل کلیدی موفقیت برای مقابله با اثر موجی شناسایی شد. در این تحقیق، دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین، «مدیران توانمند و کارآمد» و «هماهنگی در زنجیره تأمین»، مهم‌ترین عوامل اثرگذار و «هماهنگی در زنجیره تأمین»، «برنامه‌ریزی مناسب» و «انعطاف‌پذیری در تولید»، مهم‌ترین عوامل مرکزی شناسایی شدند.	-	-
سیندوانی و همکاران ^{۳۷}	۲۰۲۳	قابلیت کاهش اثر موجی در شبکه توزیع دارویی هند در طول اختلالاتی مانند همه‌گیری کرونا	شبکه‌بیزی، بهینه‌سازی ریاضی و روش‌های شبیه‌سازی رویداد گسسته	فروشگاه‌های «جان و شادی» (داروهای مردمی) در هند	بیکربندی مجدد زنجیره تأمین، سطح خدمات را تا ۹۵٫۷٪ بهبود می‌بخشد و ۱۰٫۷٪ تعداد سفارش‌ها را کاهش می‌دهد. مراکز توزیع منطقه‌ای و منابع تأمین پشتیبان، انعطاف‌پذیری کلی را ایجاد می‌کنند و سلامت و ایمنی شغلی را بهبود می‌بخشند.	-	-
مارکوسی و همکاران ^{۳۸}	۲۰۲۳	بررسی پیامدهای اثر موجی و تأثیر آنها بر تاب‌آوری زنجیره تأمین صنایع غذایی	مطالعه موردی و نقشه‌شناختی فازی	خبرگان زنجیره تأمین صنایع غذایی	در این تحقیق، پیامدهای اثر موجی و روابط فی‌مابین آنها تحلیل شد. در مجموع ۶۰ مسیر اصلی و ۶ چرخه اثرگذار بر انعطاف‌پذیری زنجیره تأمین واکاوی شد.		
پژوهش حاضر	۱۴۰۲	شناسایی، مدل‌سازی و تحلیل سناریوی علل رخداد اثر موجی	تحلیل مضمون، نقشه‌شناختی فازی	خبرگان زنجیره تأمین صنایع غذایی - ایران		*	*

مرور فوق نشان می‌دهد تاکنون تحقیقی به شناسایی علل رخداد اثر موجی در زنجیره تأمین صنایع غذایی، مدل‌سازی و تحلیل سناریوی آنها انجام نشده است. تحقیقات قبلی یا از عوامل موجود در پیشینه به‌منظور شبیه‌سازی و تحلیل سناریو استفاده کرده و یا بر جنبه‌های دیگر اثر موجی، مانند استراتژی‌های کاهش آن متمرکز بوده‌اند. با توجه به خلأ تحقیقاتی موجود، این پژوهش با هدف شناسایی، مدل‌سازی و سناریونگاری دلایل رخداد اثر موجی در زنجیره تأمین صنایع غذایی ایران انجام شده است.

۳- روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش رویکردی آمیخته دارد که در مرحله کیفی، دلایل رخداد اثر موجی را شناسایی و در مرحله کمی، سناریوی دلایل رخداد اثر موجی را مدل‌سازی و تحلیل کرده است. جامعه آماری پژوهش در مرحله اول، خبرگان صنعتی (صاحب‌نظران و مدیران فعال‌اند که سابقه حداقل ۱۰ ساله در زنجیره تأمین صنایع غذایی کشور و

تحصیلات دانشگاهی و تجربیات اختلالات را در زنجیره تأمین دارند. علت انتخاب این معیارها، لزوم تجربه کافی برای مواجهه با انواع دلایل اثر موجی، وجود دانش دانشگاهی برای تحلیل علمی این عوامل و همچنین داشتن تجربیات قبلی در زمینه اختلالات، به منظور درک سوالات مصاحبه بوده است) و در مرحله دوم، خبرگان صنعتی و استادان دانشگاهی است. در قسمت کیفی، از روش تحلیل مضمون استفاده شد. این روش بسیار پرکاربرد است و به طور گسترده در طیف وسیعی از معرفت‌شناسی‌ها و سوالات تحقیق به کار می‌رود (ناول و همکاران^{۲۹}، ۲۰۱۷).

پروتکل مصاحبه به صورت زیر است:

پرسش‌های عمومی و آغازین

- لطفاً درباره خودتان بگویید؛ اهل کجا هستید و به مدت چند سال در چه شرکت‌هایی کار کرده‌اید؟
- تحصیلاتتان چقدر است؟

- تاکنون در زنجیره تأمین با چه اختلالاتی مواجه شده‌اید؟ لطفاً توضیح دهید.
- آیا با اثر موجی و مفاهیم آن آشنایی دارید؟ لطفاً توضیح دهید.

سؤال کلی

- به نظر شما دلایل رخداد اثر موجی در زنجیره تأمین صنایع غذایی چیست؟
- پرسش‌های جزئی (براساس خلأهای موجود در پاسخ داده شده به سؤال کلی، سوالات زیر پرسیده شود)؛
- به نظر شما عوامل طبیعی در ایجاد اثر موجی در زنجیره تأمین صنایع غذایی نقش دارند؟ می‌توانید مصادیقی از آن را ذکر کنید؟

- شرایط کسب‌وکارهای فعال در زنجیره تأمین صنایع غذایی می‌تواند در رخداد اثر موجی اثرگذار باشد؟ لطفاً توضیح دهید.

- آیا در رخداد اثر موجی، ساختار زنجیره تأمین و مسائل مرتبط با آن اثرگذارند؟ لطفاً مصادیق آن را ذکر کنید؛

- آیا شرایط اقتصادی کشور می‌تواند علت ایجاد اثر موجی باشد؟ لطفاً توضیح دهید؛
- آیا شرایط فرهنگی و اجتماعی کشور می‌تواند علت ایجاد اثر موجی باشد؟ لطفاً توضیح دهید؛
- آیا شرایط سیاسی کشور می‌تواند علت ایجاد اثر موجی باشد؟ لطفاً توضیح دهید؛
- آیا مسائل قانونی کشور می‌تواند علت ایجاد اثر موجی باشد؟ لطفاً توضیح دهید؛
- آخرین بار چه زمانی یک اختلال به صورت موج‌دار در زنجیره تأمین پیچید؟ علت آن چه بود؟
- آیا شرایط فناوری کشور می‌تواند علت ایجاد اثر موجی باشد؟ لطفاً توضیح دهید؛
- شرایط مرتبط با همکاری در زنجیره تأمین (مشتریان و تأمین‌کنندگان)، به ایجاد اثر موجی منجر می‌شود؟ لطفاً توضیح دهید؛

- آیا حوادث غیرطبیعی نیز به ایجاد اثر موجی منجر می‌شوند؟ لطفاً مصادیقی از آن را ذکر بفرمایید.

سؤال پایانی

- آیا نکات تکمیلی دیگری هم وجود دارد که در زمینه علل ایجاد اثر موجی وجود داشته باشد و مایل باشید آن را بیان کنید؟

در قسمت کمی، براساس یافته‌های مرحله قبل، پرسش‌نامه محقق‌ساخته‌ای ایجاد و برای تحلیل یافته‌ها، از روش نقشه‌شناختی فازی استفاده شد. نقشه‌شناختی فازی، ترکیبی از منطق فازی و نقشه‌برداری شناختی و راهی برای نشان‌دادن دانش سیستم‌هایی است که عدم قطعیت و فرآیندهای پیچیده دارند (پاپاگورجو و سالمرون^۳، ۲۰۱۳)، در نتیجه یکی از بهترین روش‌ها برای مدل‌سازی است. نمادهای استفاده‌شده در روش، در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- نمادها و اختصارات

Table 2- Symbols and abbreviations

نماد	توضیح	نماد	توضیح	نماد	توضیح
m	تعداد دلایل	α_u	مقدار کران بالا	i	تعداد علت
n	تعداد خبرگان	α_l	مقدار کران پایین	j	تعداد خبره
V_i	بردار عددی برای علت‌ها با m درایه	S_i	بردار عددی برای هر علت با n درایه	X_i	نشان‌دهنده درجه عضویت درایه O_{ij} در بردار V_i
O_{ij}	درایه i ام در بردار m	d_j	نزدیک‌ترین رابطه بین بردارهای V_1 و V_2 به ازای هر j	AD	متوسط قدر مطلق فواصل

گام‌های روش نقشه‌شناختی فازی به‌صورت زیر است (رودریگوئز-ریسو و همکاران^{۳۱}، ۲۰۰۷):

تهیه ماتریس اولیه موفقیت: ماتریس اولیه موفقیت، یک ماتریس $[n \times m]$ است. n نشان‌دهنده دلایل شناسایی شده و m بیانگر تعداد خبرگان است. هر درایه در این ماتریس، نشان‌دهنده میزان وزن یا اهمیتی است که خبره (j) به علت (i) می‌دهد.

تهیه ماتریس فازی موفقیت: در این گام، بردارهای عددی به دست آمده از مرحله قبل، به مجموعه‌های فازی تبدیل می‌شوند که این تبدیل در بازه $[0, 1]$ انجام می‌شود. در این مرحله از روابط ۱ تا ۵ استفاده می‌شود.

$$\text{Max}(O_{iq}) \rightarrow Xi(O_{iq}) = 1 \quad (1)$$

$$\text{Min}(O_{iq}) \rightarrow Xi(O_{iq}) = 0 \quad (2)$$

$$Xi(O_{ij}) = \frac{O_{ij} - \text{Min}(O_{iq})}{\text{Max}(O_{iq}) - \text{Min}(O_{iq})} \quad (3)$$

X_i (نشان‌دهنده درجه عضویت درایه O_{ij} در بردار V_i است. برای واقعی ترشدن عضویت‌ها باید کران بالا و پایین تعریف شود. بر این اساس اگر V_i بردار عددی با m درایه باشد که به علت رخداد i اختصاص داده شده است و $j=1,2,...,M$ باشد، مقدار کران بالا α_u و کران پایین α_l به‌صورت زیر به دست می‌آید:

$$\forall j = 1, \dots, m \quad O_{ij} (O_{ij} \geq \alpha_u) \rightarrow X_i(O_{ij}) = 1 \quad (4)$$

$$\forall j = 1, \dots, m \quad O_{ij} (O_{ij} \leq \alpha_l) \rightarrow X_i(O_{ij}) = 0 \quad (5)$$

تهیه ماتریس قدرت روابط موفقیت: در این ماتریس سطرها و ستون‌ها نشان‌دهنده دلایل رخدادند و هر درایه در بازه $[0, 1]$ قرار می‌گیرد. هر علت رخداد به‌صورت یک بردار عددی (S_i) نشان داده می‌شود که دارای n درایه است. اگر بردارهای V_1 و V_2 رابطه مستقیم داشته باشند، نزدیک‌ترین رابطه بین آنها برای هر j به‌صورت رابطه ۴ است و اگر رابطه غیرمستقیم باشد، به‌صورت رابطه ۵ خواهد بود:

$$d_j = x_1(v_j) - x_2(v_j) \quad (۶)$$

$$d_j = x_1(v_j) - (1 - x_2(v_j)) \quad (۷)$$

$$AD = \frac{\sum_{i=1}^m |d_j|}{m} \quad (۸)$$

$$s = 1 - AD \quad (۹)$$

تهیه ماتریس نهایی موفقیت: بعد از تکمیل شدن ماتریس قدرت روابط موفقیت، ممکن است بعضی از داده‌ها گمراه‌کننده باشند، در نتیجه این روابط با نظر خبرگان، تعدیل می‌شود.

ایجاد نمایش گرافیکی نقشه‌شناختی فازی: ماتریس نهایی موفقیت به صورت یک نمایش گرافیکی در قالب نقشه‌شناختی فازی هدفمند برای علل رخداد اثر موجی ارائه می‌شود.

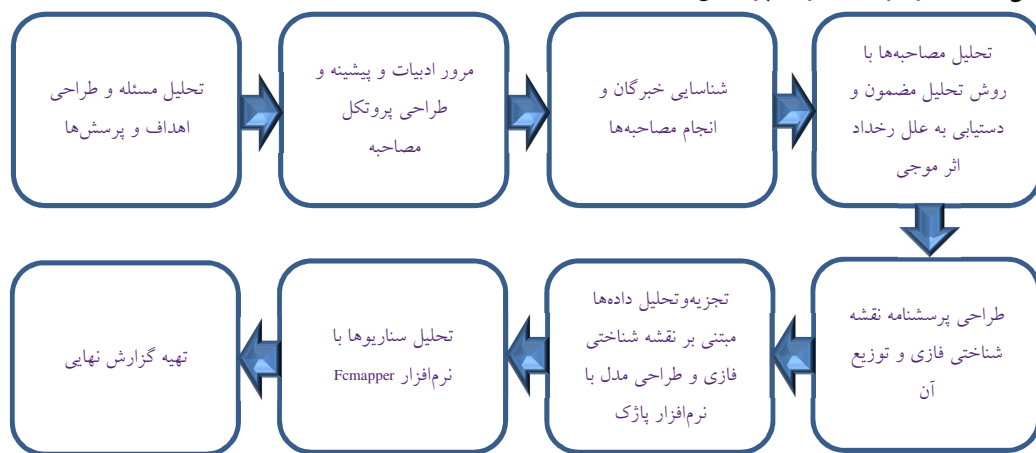
تحلیل سناریو: در این مرحله، دو دسته سناریوی رو به عقب و رو به جلو طراحی می‌شود. در سناریوهای رو به عقب، یکی از متغیرهای وابسته انتخاب و تمامی متغیرهای مؤثر روی آن شناسایی می‌شود و یکی یکی برابر با صفر قرار داده می‌شوند. همچنین اثر آنها بر وابسته بررسی و مؤثرترین آنها انتخاب می‌شود. همین روند بر آن متغیر اجرا می‌شود. این فرایند تا جایی ادامه پیدا می‌کند که هیچ متغیری بر متغیر انتخابی، اثرگذار نباشد یا حلقه ایجاد شود. در سناریوهای رو به جلو، یکی از متغیرهای مستقل انتخاب می‌شود و تمامی متغیرهای مؤثر از آن شناسایی می‌شوند. همچنین متغیر مستقل برابر صفر قرار داده و اثر آن بر وابسته‌ها بررسی می‌شود. در نهایت اثرپذیرترین متغیر انتخاب می‌شود و همین روند برای آن ادامه می‌یابد. این فرایند تا جایی ادامه پیدا می‌کند که متغیر انتخابی بر هیچ متغیر دیگری اثر نگذارد یا حلقه ایجاد شود. در جدول ۳، جزئیات مراحل تحقیق نشان داده شده است

جدول ۳- جزئیات مراحل مختلف پژوهش

Table 3- Details of different research stages

نوع مطالعه	قسمت‌های تحقیق	جامعه آماری	شیوه نمونه‌گیری	حجم نمونه	ابزار گردآوری	روز ارزیابی استحکام یافته‌ها	روش تحلیل
کیفی	شناسایی دلایل رخداد با اثر موجی	خبرگان	قضای	رسیدن به اشباع نظری	مصاحبه‌های یافته‌ها به مصاحبه‌شوندگان برای تأیید نیمه‌ساختاریافته	بررسی روایی توصیفی از طریق تکرار افراد مطالعه‌شده و روش مثلث‌سازی	تحلیل مضمون
کمی	مدل‌سازی و تحلیل سناریوی دلایل رخداد	خبرگان	قضای	۱۰ نفر (رضایی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۲)	روایی صوری	بررسی روایی توصیفی از طریق تکرار افراد مطالعه‌شده و روش مثلث‌سازی	روش
					توافق حداقل ۵۰ درصدی بین خبرگان در نقشه‌شناخت فازی	تأیید دقیق مصاحبه‌ها/ استفاده از کدگذار ثانویه	

شکل ۳، بیانگر فرایند اجرای پژوهش است.



شکل ۳- فرایند انجام پژوهش

Fig. 3- Research Process

۴- یافته‌ها

به منظور شناسایی دلایل رخداد اثر موجی در زنجیره تأمین صنایع غذایی ایران، مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با خبرگان انجام شد. آمار توصیفی خبرگان در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴- آمار توصیفی خبرگان

Table 4- Descriptive statistics of experts

جنسیت	سن	سابقه کاری	تحصیلات	مسئولیت	مشارکت در مرحله
مرد	۳۱-۴۰	۱۰-۲۰	کارشناسی	کارشناس	۱ و ۲
مرد	۴۱-۵۰	۱۰-۲۰	کارشناسی	سرپرست	۱ و ۲
مرد	≤ ۳۰	≤ ۹	کارشناسی	کارشناس	۱
مرد	۴۱-۵۰	۲۱-۳۰	کارشناسی ارشد	مدیر	۱
مرد	۳۱-۴۰	۲۱-۳۰	کارشناسی ارشد	مسئول	۱
مرد	۴۱-۵۰	۱۰-۲۰	کارشناسی ارشد	مدیر	۱
مرد	۴۱-۵۰	۱۰-۲۰	کارشناسی ارشد	مدیر	۱
مرد	۴۱-۵۰	۱۰-۲۰	کارشناسی	مدیر	۱ و ۲
مرد	۳۱-۴۰	۱۰-۲۰	کارشناسی	سرپرست	۱ و ۲
مرد	۵۱-۶۰	۱۰-۲۰	کاردانی	سرپرست	۱ و ۲
مرد	۵۱-۶۰	۱۰-۲۰	کارشناسی ارشد	سرپرست	۱ و ۲
زن	≤ ۳۰	۱۰-۲۰	کارشناسی ارشد	مسئول	۱ و ۲
زن	۵۱-۶۰	۱۰-۲۰	کارشناسی ارشد	سرپرست	۱ و ۲
زن	۴۱-۵۰	۱۰-۲۰	کارشناسی ارشد	سرپرست	۱
زن	۴۱-۵۰	۱۰-۲۰	کارشناسی	سرپرست	۱
مرد	۳۱-۴۰	۸	دکتری	هیئت علمی	۲
مرد	۳۱-۴۰	۵	دکتری	هیئت علمی	۲

براساس جدول ۴، در مرحله اول با ۱۵ نفر مصاحبه شده است. در این مرحله، مصاحبه‌ها در نفر ۱۲ ام به اشیاع رسید، اما برای اطمینان تا نفر ۱۵ ام ادامه یافت. در مرحله دوم تحقیق نیز، ۱۰ خبره در تکمیل پرسش‌نامه‌ها مشارکت داشتند. مصاحبه‌ها ۱۳ ساعت به طول انجامید. بعد از انجام مصاحبه‌ها، فرایند کدگذاری شروع و بعد از حصول کدها، دسته‌بندی آنها به منظور خلق تم‌ها انجام شد. نتایج تحلیل مضمون در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵- دسته‌بندی کدها

Table 5- Classification of codes

کد اولیه	مقوله فرعی	مقوله اصلی
وجودداشتن برنامه‌های اقتضایی، نداشتن مهارت تصمیم‌گیری و حل مسئله، برنامه‌ریزی بلندمدت	برنامه‌ریزی کسب‌وکار	مشکلات سطح کسب‌وکار
ناتوانی در تعمیرات، نبود نیروی کار خیره، انعطاف‌نداشتن در تولید و ظرفیت، خرابی ماشین‌آلات، تولید بهنگام، اعصاب	مشکلات تولید	
مشکلات تأمین مالی، مشکلات مالی سازمان، بار مالی اضافه	مشکلات مالی سازمان	
مشکلات حمل‌ونقل	مشکلات لجستیکی	مشکلات سطح زنجیره تأمین
نبود یکپارچگی بین سطوح عمودی زنجیره تأمین، همکاری‌نداشتن در سطوح مختلف	مدیریت زنجیره تأمین	
برون‌سپاری، ورشکستگی تأمین‌کننده، تک‌منبعی، تأمین‌کننده خارجی	مشکلات تأمین‌کننده	
انفجار، آتش‌سوزی، تروریسم، جنگ، دزدی دریایی، سرقت	بلایای بشری	بلایای طبیعی و غیرطبیعی
زلزله، طوفان، سیل، گرمای بی‌سابقه و کم‌آبی، سرمازدگی و از بین رفتن محصولات کشاورزی، باران و برف	حوادث طبیعی	
شکایات نهادهای ناظر، اختلافات حقوقی و قراردادهای ناسامانی در وضع و اجرای قوانین	مسائل قانون‌گذاری و اجرای قوانین	مشکلات کلان کشور
حکومتی، طولانی‌بودن تخصیص ارز دولتی، تعهدداشتن به تفاهم‌ها		
تحریم‌های سیاسی و اقتصادی، بحران‌های سیاسی، نبود ثبات منطقه‌ای، بحران‌های سیاسی	بحران‌های سیاسی	
بحران‌های مالی، ارز چند نرخ، رکود اقتصادی	مسائل کلان اقتصادی	
افزایش ناگهانی قیمت‌ها، تزلزل نرخ ارز، ثبات‌نداشتن و نبود اطمینان عرضه، پیچیدگی و نبود اطمینان فزاینده	پیچیدگی و نبود اطمینان فزاینده	
نبود اطمینان فزاینده، ثبات‌نداشتن تقاضا	فضای کسب‌وکار	
ازکارافتادگی نیروگاه‌ها و قطعی برق، مشکلات زیرساخت‌ها	مشکلات زیرساختی	مشکلات تولید صنایع مکمل
انحصار در تولید قطعات، کیفیت پایین تولیدات داخلی، نبود امکان تولید داخلی مواد و قطعات، نداشتن توانایی در تأمین ماشین‌آلات و قطعات	مشکلات تولید صنایع مکمل	

۵۶ کد اولیه در قالب ۱۴ دسته فرعی و ۴ دسته اصلی «مشکلات سطح کسب‌وکار»، «مشکلات سطح زنجیره تأمین»، «بلایای طبیعی و غیرطبیعی» و «مشکلات کلان کشور» گروه‌بندی شدند. تعداد زیادی از کدهای استخراجی مربوط به دسته اصلی «مشکلات کلان کشور» است که بیانگر اثر منفی بالای این دسته در فضای کسب‌وکار است و باعث بروز اثر موجی در سطح کسب‌وکارها می‌شود. بعد از جمع‌آوری پرسش‌نامه‌ها، ابتدا ماتریس اولیه موفقیت ایجاد شد. در این پرسش‌نامه، خبرگان براساس اهمیت هر عامل، از ۱ تا ۱۰۰ به آن نمره داده‌اند. ماتریس تکمیل‌شده، در جدول ۶ مشاهده می‌شود.

Table 6- Initial success matrix of the causes of the ripple effect event

بعد از محاسبه ماتریس اولیه، باید ماتریس فازی شده محاسبه شود. برای محاسبه ماتریس فازی شده از روابط (۱) تا (۵) استفاده شد. برای محاسبه ماتریس قدرت روابط (۶) تا (۹) استفاده شده است. براساس روابط گفته شده، ماتریس نهایی موفقیت محاسبه و در جدول ۷ ارائه شد. در این ماتریس، نمرات بین ۱- تا ۱+ قرار دارند. هرچه قدر مطلق عدد محاسبه شده به یک نزدیک تر باشد، شدت اثرگذاری بیشتر است. اگر عدد به دست آمده مثبت باشد، اثرگذاری به صورت مستقیم است و اگر منفی باشد، اثرگذاری معکوس است (رودریگوئز-رییسو و همکاران، ۲۰۰۷).

Table 7- The final success matrix of the causes of the ripple effect event

[illegible]

در مرحله بعد، برای طراحی نقشه‌شناختی فازی علل رخداد اثر موجی از نرم‌افزار FCMapper استفاده شد. جدول ۸ نشان‌دهنده اطلاعات مدل نقشه‌شناختی فازی است. همان‌طور که در جدول ۷ نشان داده شد، ۱۴ علت رخداد اثر موجی وجود دارد، از ۱۸۲ رابطه ممکن، ۹۱ عدد از آن ترسیم شده است (تراکم ۵۰ درصد) و سرانه اتصالات ۶۵ است. دو مورد از دلایل رخداد اثر موجی مستقل‌اند، هیچ‌کدام از دلایل وابسته نیستند و ۱۲ مورد از دلایل نیز معمولی‌اند (هم اثر می‌گیرند هم اثر می‌گذارند).

جدول ۸- نتایج تحلیل علل رخداد اثر موجی

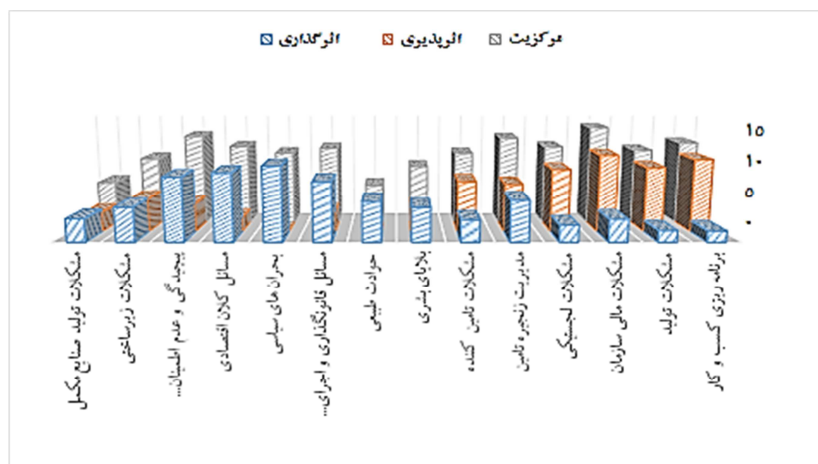
Table 8- The results of the analysis of the causes of the ripple effect

نوع	مرکزیت	اثرگذاری	وابستگی	علل ایجاد	کل اجزا
معمولی	۱۱/۷۷	۱/۵۵	۱۰/۲۲	برنامه‌ریزی کسب‌وکار	۱۴
معمولی	۱۰/۶۶	۱/۶	۹/۰۶	مشکلات تولید	کل روابط
معمولی	۱۳/۹۶	۳/۱۳	۱۰/۸۳	مشکلات مالی سازمان	۹۱
معمولی	۱۱/۱۸	۲/۳۶	۸/۸۲	مشکلات لجستیکی	تراکم
معمولی	۱۲/۴۵	۵/۷۱	۶/۷۴	مدیریت زنجیره تأمین	۰/۵
معمولی	۱۰/۲۳	۳/۰۶	۷/۱۷	مشکلات تأمین‌کننده	اتصالات در هر جزء
معمولی	۸/۳۱	۴/۷۷	۳/۵۴	بلایای بشری	۶/۵
پیشران	۵/۵۲	۵/۵۲	۰	حوادث طبیعی	تعداد جزء مستقل
معمولی	۱۰/۹۹	۸/۲۳	۲/۷۶	مسائل قانون‌گذاری و اجرای قوانین	۲
پیشران	۱۰/۲۹	۱۰/۲۹	۰	بحران‌های سیاسی	تعداد جزء وابسته
معمولی	۱۱/۲۶	۹/۳۶	۱/۹	مسائل کلان اقتصادی	۰
معمولی	۱۲/۷۶	۸/۸۲	۳/۹۴	پیچیدگی و نبود اطمینان فزاینده فضای کسب‌وکار	تعداد جزء معمولی
معمولی	۹/۴۵	۴/۷۸	۴/۶۷	مشکلات زیرساختی	۱۲
معمولی	۵/۹۳	۳/۲	۲/۸۳	مشکلات تولید صنایع مکمل	نمره پیچیدگی
					۰

همان‌طور که در جدول ۷ نمایش داده شده است، دلایل «بحران‌های سیاسی»، «مسائل کلان اقتصادی» و «پیچیدگی و نبود اطمینان فزاینده فضای کسب‌وکار»، بالاترین درجه اثرگذاری، دلایل «مشکلات مالی سازمان»، «برنامه‌ریزی کسب‌وکار» و «مشکلات تولید»، بالاترین درجه اثرپذیری و دلایل «مشکلات مالی سازمان»، «پیچیدگی و نبود اطمینان فزاینده فضای کسب‌وکار» و «مدیریت زنجیره تأمین»، بالاترین درجه مرکزیت را دارند. شکل ۴، نشان‌دهنده درجه اثرگذاری، اثرپذیری و مرکزیت هریک از دلایل ایجاد اثر موجی در زنجیره تأمین صنایع غذایی ایران است. درنهایت، با توجه به خروجی به دست آمده از نرم‌افزار Pajek، مدل نقشه‌شناختی فازی ترسیم شد.

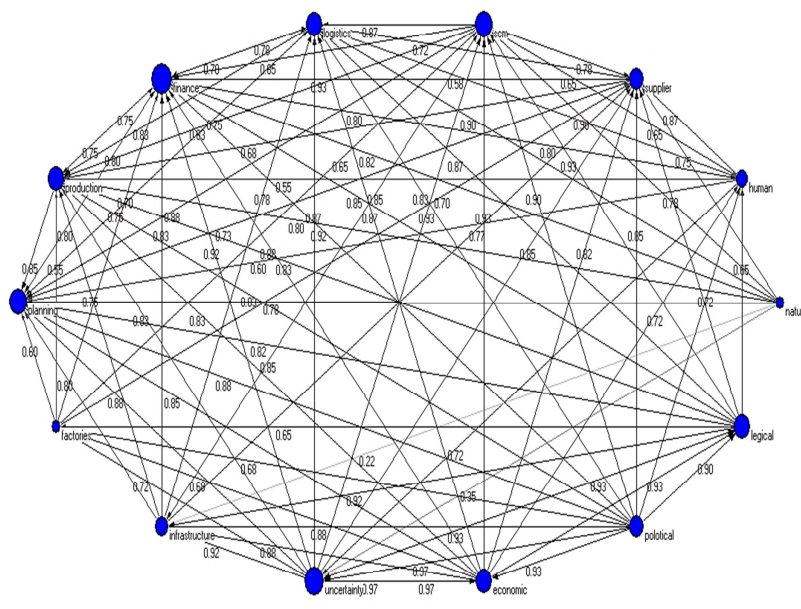
شکل ۵، بیانگر نگاشت‌شناختی فازی علل رخداد اثر موجی در زنجیره تأمین صنایع غذایی ایران است. این شکل بیانگر روابطی است که بین علل رخداد اثر موجی در زنجیره تأمین وجود دارد. از کل روابط ممکن، ۹۱ رابطه بین علل وجود دارد. در این شکل، جهت فلش، بیانگر جهت اثرگذاری و اعداد روی فلش، بیانگر میزان اثرگذاری است. براساس شکل ۵، روابط ناشی‌شده از یا ختم‌شده به متغیرهای «عدم قطعیت»، «بحران‌های سیاسی» و «مسائل

کلان اقتصادی»، اهمیت بسیار زیادی دارند؛ برای نمونه ۳ رابطه در شکل، ضریب ۰,۹۷ دارند که بالاترین ضریب است. این روابط از «پیچیدگی و نبود اطمینان فزاینده فضای کسب و کار» بر «مسائل کلان اقتصادی»، از «بحران‌های سیاسی» بر «پیچیدگی و نبود اطمینان فزاینده فضای کسب و کار» و از «شرایط اقتصادی» بر «مشکلات زیرساختی» است. درواقع این روابط بیانگر تأثیر «بحران‌های سیاسی» در ایجاد «پیچیدگی و نبود اطمینان فزاینده فضای کسب و کار» است که این «پیچیدگی و نبود اطمینان فزاینده فضای کسب و کار»، برهم‌زننده «مسائل کلان اقتصادی» است و «مسائل کلان اقتصادی»، باعث «تضعیف زیرساخت‌ها» می‌شود.



شکل ۴- وضعیت علل ایجاد اثر موجی از نظر قدرت وابستگی، نفوذ و مرکزیت

Fig. 4- The situation of the causes of the ripple effect from the perspective of indgree, outdegree and centrality



شکل ۵- نگاشت‌شناختی فازی علل ایجاد اثر موجی

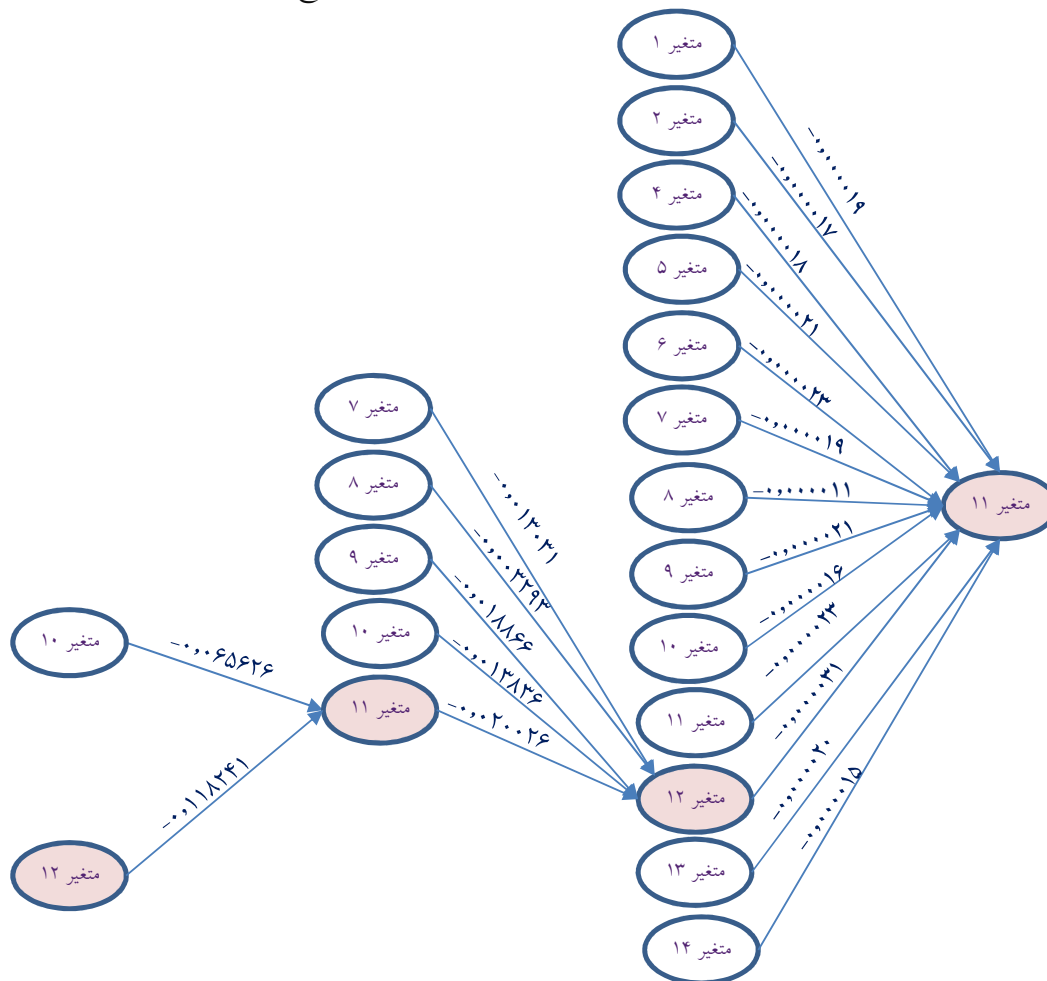
Fig. 5- Fuzzy cognitive mapping of the causes of the ripple effect

سناریوهای رو به عقب علل رخداد اثر موجی

برای بررسی سناریوها، سه سناریوی رو به عقب و سه سناریوی روبه جلو طراحی شد. در سناریوی رو به عقب، اثرپذیرترین متغیرها انتخاب و متغیرهای مؤثر بر آنها به صورت جداگانه و برابر با صفر قرار داده شدند تا اثر آن بر متغیر وابسته مدنظر بررسی شود. هر متغیری که بیشترین اثر را داشته باشد، در مسیر ترسیمی قرار می گیرد.

سناریوی روبه عقب شماره ۱

در این سناریو، متغیر «مشکلات مالی سازمان»، وابسته ترین متغیر انتخاب شد. تمامی متغیرها روی آن مؤثرند. هر کدام از این متغیرها به صورت جداگانه، برابر با ۰ قرار داده و اثر آن بر متغیر وابسته بررسی شد. همان طور که در جدول ۸ مشخص است، متغیر ۱۲ ام، یعنی «پیچیدگی و نبود اطمینان فزاینده فضای کسب و کار»، بیشترین تأثیر را بر متغیر ۳ «مشکلات مالی سازمان» دارد، در نتیجه این مسیر برای متغیر شماره ۱۲ انجام شد. متغیرهای ۷، ۸، ۹، ۱۰ و ۱۱ بر آن مؤثرند، اما بیشترین تأثیر را متغیر ۱۱ یا «مسائل کلان اقتصادی» دارد، در نتیجه ادامه مسیر با آن انجام شده است. متغیرهای ۱۰ و ۱۲ بر متغیر ۱۱ مؤثرند، اما بیشترین تأثیر را متغیر ۱۲ ام، یعنی «پیچیدگی و نبود اطمینان فزاینده فضای کسب و کار» دارد، در نتیجه حلقه ایجاد و فرایند متوقف می شود. نتایج در شکل ۶ آورده شده است.



شکل ۶- سناریوی رو به عقب اول برای علل ایجاد ۳

Fig. 6- The first backward scenario for the third causes

شکل ۷، براساس شکل ۶، ترسیم شد.

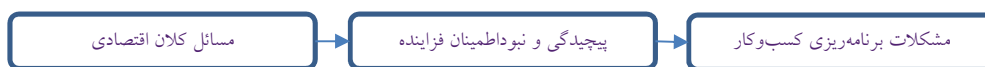


شکل ۷- سناریوی رو به عقب شماره ۱، دلایل ایجاد اثر موجی

Fig. 7- The first backward Scenario for the causes of Ripple Effect

با توجه به شکل ۷، مشکلات مالی سازمان بالاترین اثرپذیری را از پیچیدگی و نبود اطمینان فزاینده کسب‌وکار می‌گیرد و مسائل کلان اقتصادی نیز بالاترین اثرگذاری را بر آن دارد، درنتیجه مسیر مناسب برای اثرگذاری بر مشکلات مالی سازمان، این مسیر است.

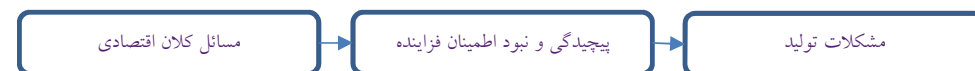
مشابه همین مورد برای دیگر سناریوها نیز انجام شد. نتایج آن در شکل‌های ۸ و ۹ ارائه شده است.



شکل ۸- سناریوی رو به عقب شماره ۲، دلایل ایجاد اثر موجی

Fig. 8- The second backward Scenario for the causes of Ripple Effect

با توجه به شکل ۸، مشکلات برنامه‌ریزی کسب‌وکار، بالاترین اثرپذیری را از پیچیدگی و نبود اطمینان فزاینده کسب‌وکار می‌گیرد و مسائل کلان اقتصادی نیز، بالاترین اثرگذاری را بر آن دارد، درنتیجه مسیر مناسب برای اثرگذاری بر مشکلات برنامه‌ریزی کسب‌وکار، همین مسیر است.

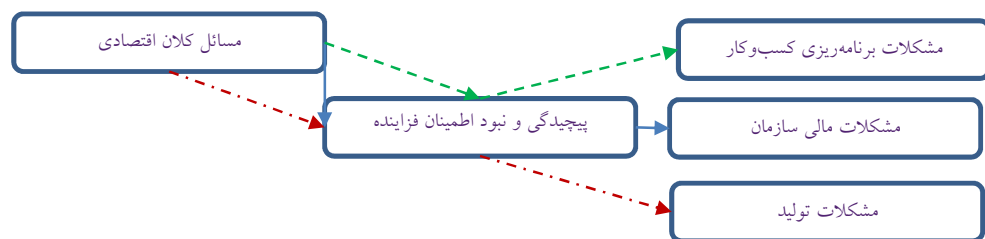


شکل ۹- سناریوی رو به عقب شماره ۳، دلایل ایجاد اثر موجی

Fig. 9- The third backward Scenario for the causes of Ripple Effect

با توجه به شکل ۹، مشکلات تولید، بالاترین اثرپذیری را از پیچیدگی و نبود اطمینان فزاینده کسب‌وکار می‌گیرد و مسائل کلان اقتصادی نیز، بالاترین اثرگذاری را بر آن دارد، درنتیجه مسیر مناسب برای اثرگذاری بر مشکلات تولید، همین مسیر است.

درنهایت به منظور تحلیل دقیق‌تر سناریوها، همپوشانی آنها در شکل ۱۰ ترسیم شد.



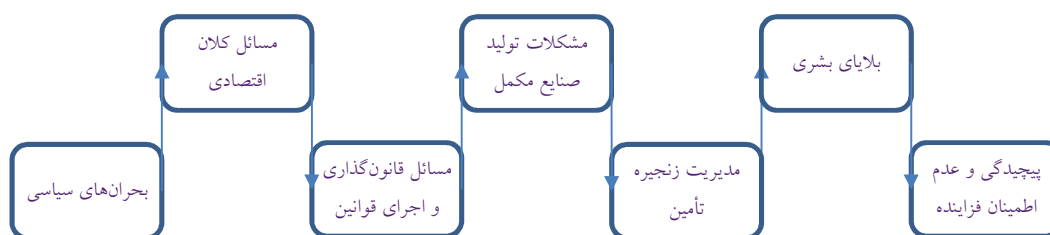
شکل ۱۰- همپوشانی سناریوهای رو به عقب دلایل ایجاد اثر موجی

Fig. 10- The overlap of backward Scenario for the causes of Ripple Effect

همان‌طور که در شکل ۱۰ نشان داده شده است، تمامی سناریوهای رو به عقب، از پیچیدگی و نبود اطمینان فزاینده کسب‌وکار و مسائل اقتصادی ناشی می‌شوند، در نتیجه مناسب‌ترین متغیرها برای اعمال مداخله‌اند.

سناریوهای روبه‌جلو، علل ایجاد اثر موجی

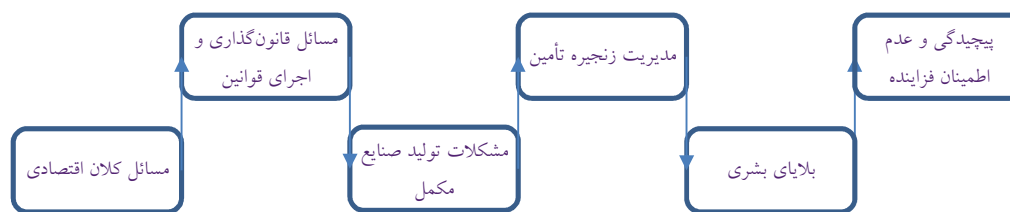
در این سناریوها، متغیرهایی انتخاب می‌شوند که بالاترین درجه اثرگذاری را دارند؛ در نتیجه متغیرهای «بحران‌های سیاسی»، «مسائل کلان اقتصادی» و «پیچیدگی و نبود اطمینان فزاینده فضای کسب‌وکار» انتخاب شدند. مطابق روندی که در روش‌شناسی تحقیق ارائه شد، سناریوهای روبه‌جلو طراحی و در شکل‌های ۱۱، ۱۲ و ۱۳ ارائه شدند:



شکل ۱۱- اولین سناریوی روبه‌جلوی دلایل ایجاد اثر موجی در زنجیره تأمین

Fig. 11- The first forward Scenario for the causes of Ripple Effect

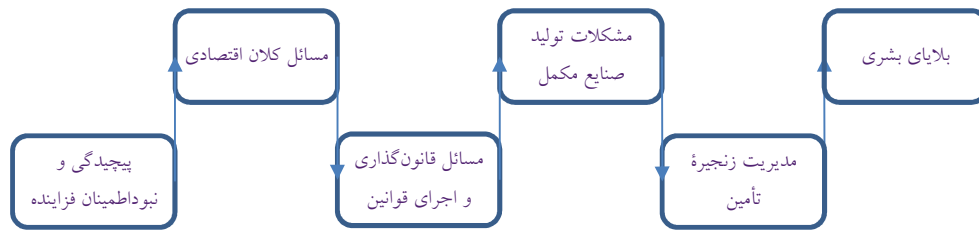
شکل ۱۱ نشان می‌دهد که بحران‌های سیاسی، بالاترین اثرگذاری را بر مسائل کلان اقتصادی دارند و به همین ترتیب مسائل کلان اقتصادی، بالاترین تأثیر را بر مسائل قانون‌گذاری و اجرای قوانین می‌گذارند. مسائل قانون‌گذاری نیز باعث بروز مشکلات تولید صنایع مکمل می‌شوند و وجود این مشکل، باعث بروز مشکلات در مدیریت زنجیره تأمین می‌شود. مشکلات مدیریت زنجیره تأمین، باعث بروز بلاای بشری و این مورد، باعث افزایش پیچیدگی و بی‌اطمینانی می‌شود.



شکل ۱۲- دومین سناریوی روبه‌جلو، دلایل ایجاد اثر موجی در زنجیره تأمین

Fig. 12- The second forward Scenario for the causes of Ripple Effect

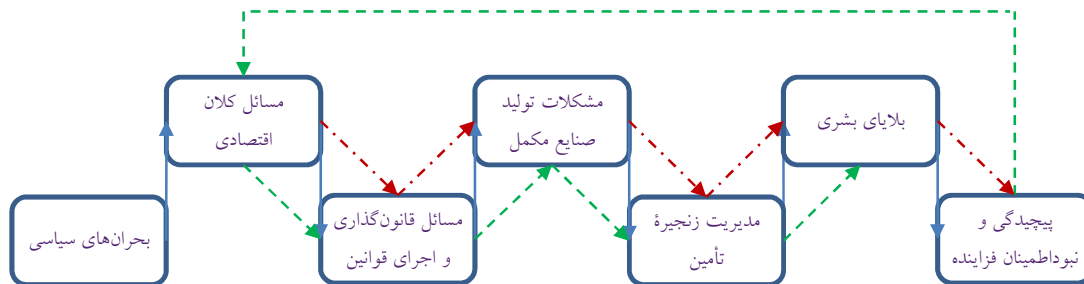
شکل ۱۲ نشان می‌دهد مسائل کلان اقتصادی، بالاترین اثرگذاری را بر مسائل قانون‌گذاری و اجرای قوانین دارند. مسائل قانون‌گذاری نیز باعث بروز مشکلات تولید صنایع مکمل می‌شوند و وجود این مشکل، باعث بروز مشکلات در مدیریت زنجیره تأمین می‌شود. مشکلات مدیریت زنجیره تأمین، باعث بروز بلاای بشری می‌شوند و این مورد باعث افزایش پیچیدگی و بی‌اطمینانی می‌شود.



شکل ۱۳- سومین سناریوی روبه‌جلو، دلایل ایجاد اثر موجی در زنجیره تأمین

Fig. 13- The third forward Scenario for the causes of Ripple Effect

شکل ۱۳ نشان می‌دهد پیشگیری و نبود اطمینان فزاینده، بالاترین اثرگذاری را بر مسائل کلان اقتصادی دارند و به همین ترتیب مسائل کلان اقتصادی، بالاترین تأثیر را بر مسائل قانون‌گذاری و اجرای قوانین می‌گذارند. مسائل قانون‌گذاری نیز باعث بروز مشکلات تولید صنایع مکمل می‌شوند و وجود این مشکل، باعث بروز مشکلاتی در مدیریت زنجیره تأمین می‌شود. مشکلات مدیریت زنجیره تأمین، باعث بروز بلایای بشری می‌شوند. به‌منظور تحلیل دقیق‌تر سناریوهای روبه‌جلو، همپوشانی آنها در شکل ۱۴ ترسیم شد.



شکل ۱۴- همپوشانی سناریوهای روبه‌جلو، دلایل ایجاد اثر موجی در زنجیره تأمین

Fig. 14- The overlap of forward Scenario for the causes of Ripple Effect

همپوشانی سناریوهای روبه‌جلو نشان داد مسیر بحران سیاسی ← مسائل کلان اقتصادی ← مسائل قانون‌گذاری و اجرای قوانین ← مشکلات صنایع مکمل ← مدیریت زنجیره تأمین ← بلایای بشری ← پیشگیری و نبود اطمینان فزاینده، مهم‌ترین مسیر است. مسائل کلان اقتصادی در نهایت به پیشگیری و بی‌اطمینانی فضای کسب‌وکار ختم و پیشگیری و بی‌اطمینانی فضای کسب‌وکار هم به ایجاد مسائل کلان اقتصادی منجر می‌شود. این موضوع بیانگر یک حلقه است که مانند گرداب، تمامی صنایع را غرق می‌کند، در نتیجه لازم است در این زمینه اقدام شود.

۵- بحث

در این تحقیق، ۵۸ علت برای ایجاد اثر موجی در زنجیره تأمین صنایع غذایی شناسایی شد. تحقیقات قبلی، موضوع دلایل ایجاد اثر موجی را به‌صورت پراکنده بررسی کرده‌اند. مطالعه دولگی و همکاران (۲۰۱۸)، یکی از تحقیقاتی است که تلاشی بر ارائه یک ساختار مفهومی، از دلایل ایجاد اثر موجی کرد و ۶ علت موجودی ایمنی کم، بهره‌برداری ۱۰۰ درصدی از ظرفیت، فناوری با سطح امنیت پایین، تک‌منبعی، دسته‌بندی و نبود برنامه اقتصادی را دلایل ایجاد اثر موجی دانست. در این تحقیق نیز، این عوامل شناسایی شد. عمدتاً در دیگر تحقیقات، این عوامل به‌صورت موردی ذکر شده‌اند. در مقالات بررسی‌شده، بعضی از دلایل شناسایی‌شده مشاهده شد؛ برای مثال،

مشکلات حمل و نقل و پیچیدگی و نبود اطمینان فزاینده در ایوانف (۲۰۱۸) ملاحظه شد، اما موارد دیگر در مقالات بررسی شده ملاحظه نشد. در ادامه، دسته‌های فرعی توضیح و درباره آنها بحث شده است.

برنامه‌ریزی کسب و کار: کسب و کارهایی که برنامه مشخصی برای مقابله با نوسانات و بی‌اطمینانی نداشته باشند، با مشکلات جدی مواجه می‌شوند. با بروز مشکلات، سازمان‌ها باید برنامه‌های جایگزینی را برای مقابله با آن داشته باشند. در این زمینه، دولگی و همکاران (۲۰۱۸) نقش وجودداشتن برنامه اقتضایی را در ایجاد اثر موجی بررسی کرده‌اند.

مشکلات تولید: نبود انعطاف‌پذیری در تولید، بهره‌برداری ۱۰۰ درصد از ظرفیت و ضعف سیستم‌های نت، مشکلات متعددی را برای تولید ایجاد می‌کنند و در صورتی که برای مدت‌زمان وقفه در تولید، موجودی مناسبی در سازمان وجود نداشته باشد، امکان پاسخ به تقاضای مشتریان از دست می‌رود و در نهایت به صورت موج‌دار، دیگر قسمت‌های زنجیره تأمین نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرند. در این زمینه، کک و همکاران (۲۰۲۲) نقش کمبود موجودی را در ایجاد اثر موجی و همچنین دولگویی و همکاران (۲۰۱۸) نیز، نقش بهره‌برداری زیاد از ظرفیت و موجودی ایمنی کم را بررسی کرده‌اند.

مشکلات مالی سازمان: مشکلات مالی سازمان و نبود راه مشخص برای تأمین مالی، دست سازمان را برای ایجاد هرگونه انعطاف‌پذیری می‌بندد و باعث می‌شود با کوچک‌ترین نوسان، عملیات مختل شود و به دیگر لایه‌های زنجیره تأمین انتشار یابد. در این زمینه ایوانف و همکاران (۲۰۱۹)، مشکلات مالی را یکی از عوامل ایجادکننده بی‌اطمینانی دانسته‌اند. نمونه‌های متعددی از این موضوع، در زنجیره تأمین صنایع غذایی ایران رخ داده است؛ برای مثال، مشکلات مالی کشاورزان باعث فروش محصولات به صورت فله‌ای به دلان می‌شود (خسروتاج^{۳۳}، ۱۳۹۹) و این موضوع نبود شفافیت در قیمت‌گذاری، ایجاد مافیا در قسمت تأمین مواد اولیه شرکت‌های غذایی و ... را به وجود می‌آورد.

مشکلات لجستیک: در حالت بروز اثر موجی، لجستیک مناسب یکی از مهم‌ترین جایگزین‌ها برای کاهش کاستی‌هاست. نبود لجستیک قوی که می‌تواند جایگزینی برای انعطاف‌ناپذیری باشد (چوپرا و میندل^{۳۴}، ۲۰۲۱)، به سرایت اثر موجی به دیگر لایه‌های زنجیره تأمین منجر می‌شود.

مدیریت زنجیره تأمین: نبود یکپارچگی در زنجیره تأمین، باعث ایجاد تصمیمات محلی می‌شود. تصمیمات محلی از اثر موجی جلوگیری نمی‌کند و در صورت بروز اثر موجی، لایه‌های دیگر زنجیره نیز آسیب می‌بینند و نقش مهمی را در تشدید اثر موجی ایجاد می‌کنند. وجود هماهنگی و یکپارچگی، جلوی این آسیب را می‌گیرد.

مشکلات تأمین‌کننده: برون‌سپاری غیراصولی، تک‌منبعی بودن، ورشکستگی تأمین‌کننده و استفاده از تأمین‌کنندگان خارجی، ایجادکننده و تشدیدکننده این اثر است. تک‌منبعی بودن در کک و همکاران (۲۰۲۲) نیز، تأکید شده است. شرایط خاص کشور ایران و وجود تحریم‌ها، استفاده از تأمین‌کنندگان خارجی را با مشکلات متعددی همراه می‌کند، بنابراین لازم است مدیریت شده اقدام شود. در صورتی که سازمان با یک تأمین‌کننده کار کند، در صورت اختلال در آن شرکت، سازمان نیز دچار وقفه در تولید می‌شود.

بلاایای بشری: مواردی مانند انفجار، آتش‌سوزی، جنگ، سرقت و ... که در منبعی مانند دولگویی و همکاران (۲۰۱۸) نیز به آنها اشاره شده است، باعث بروز وقفه و ایجاد اثر موجی در زنجیره تأمین می‌شوند. نمونه این مورد

در سال‌های اخیر، به‌دفعات اتفاق افتاده است؛ برای مثال جنگ روسیه و اوکراین، باعث کمبود غلات، گران‌شدن آرد، تعطیلی بعضی از صنایع تولید غذایی و گران‌شدن غذا شد.

حوادث طبیعی: بخش کشاورزی، نقش کلیدی در اقتصاد ایران ایفا دارد و بیشتر کشاورزان، خرده‌مالکانی‌اند که به‌شدت در معرض تغییرات آب و هوایی قرار دارند (جمشیدی و همکاران^{۳۵}، ۲۰۱۹). این حوادث باعث می‌شود لایه‌های بعدی زنجیره نیز، به‌صورت دومینویی تحت تأثیر قرار بگیرند. دربارهٔ مواردی همچون زلزله، طوفان و ... در منابعی مانند داری^{۳۶} (۲۰۱۵) و دولگویی و همکاران (۲۰۱۸) بحث شده است. اثر این حوادث در زنجیره تأمین صنایع غذایی محسوس‌تر است. سرمازدگی، گرم‌زدگی، بحران کم‌آبی و طوفان‌ها، باعث آسیب‌های زیادی به مزارع کشاورزی و در نتیجه ایجاد اثر موجی در دیگر لایه‌ها و حتی کمبود بعضی از محصولات در کشور شده است.

مسائل قانون‌گذاری و اجرای قوانین: وجود مشکلات قانونی که دولگویی و همکاران (۲۰۱۸) نیز به آن اشاره کرده‌اند، یکی از دلایل بروز اثر موجی است. این موضوع به‌علت ضعف قوانین و مقررات و اجرای نامناسب آنها، آسیب‌های جدی‌تری را در ایران ایجاد می‌کند؛ برای مثال، گاهی صادرات یک محصول کشاورزی آزاد و کمبود آن ایجاد می‌شود، گاهی صادرات آن ممنوع و مازاد آن و فسادش دامن‌گیر کشاورزان می‌شود و ... نمونه‌ای از این موضوع، بحث تخصیص ارز به نهاده‌های دامی است. تخصیص نیافتن صحیح این موضوع، باعث گران‌شدن نهاده‌های دامی، گوشت و فراورده‌های دامی و مواد غذایی شد.

بحران‌های سیاسی: بحران‌های سیاسی، یکی از اساسی‌ترین چالش‌های صنایع داخل کشور است. پایبند نبودن به قراردادهای بین‌المللی به‌وسیله شرکت‌های خارجی به‌علت تحریم‌ها و همکاری نکردن آنها، باعث افزایش هزینه تولید، ایجاد وقفه در یک یا چند لایه از زنجیره تأمین (به‌علت نبود قطعات یا مواد اولیه)، نبود امکان تبادلات مالی با دیگر کشورها و در نتیجه مشکلات مالی می‌شود. در حالت بروز اختلال، امکان برقراری ارتباط با تأمین‌کننده خارجی برای رفع مشکلات و واکنش سریع به اختلالات ممکن نیست و اثر موجی دامنه، اثرگذاری شدیدتری دارد. مسائل کلان اقتصادی: مواردی مانند بحران‌های مالی، ارز چندنرخه و رکود اقتصادی، سال‌هاست گریبان‌گیر کشور است و باعث به وجود آمدن مشکلات متعددی در فضای کسب‌وکار شده است؛ برای مثال، گاهی موارد اولیه با ارز نیمایی و گاهی با ارز آزاد، به صنایع غذایی اختصاص می‌یابد و نوسانات بسیار شدیدی را در کسب‌وکار ایجاد می‌کند.

پیچیدگی و نبود اطمینان فزاینده فضای کسب‌وکار: عدم قطعیت، سودآوری و عملکرد مالی یک شرکت را کاهش می‌دهد و ممکن است محدودیت‌های تأمین مالی را تشدید کند (ون و همکاران^{۳۷}، ۲۰۲۳). همچنین تحقیقات نشان داده است پیچیدگی، باعث کاهش تاب‌آوری می‌شود (فولتین و ناگی^{۳۸}، ۲۰۲۳) و این موضوع، اثر موجی را تشدید می‌کند. پیچیدگی و بی‌اطمینانی، دو عنصر مهم در فضای کسب‌وکارند که اگر به‌درستی مدیریت نشوند، رقابت سالم به رقابت ناسالم تبدیل می‌شود. اگر پیچیدگی و نبود اطمینان بر محورهای مختصات قرار بگیرند، در حالتی که یکی از آنها زیاد است یا در حالتی که آنها در نهایت متوسط به بالا هستند، امکان ایجاد شرایط مناسب برای کسب‌وکارها فراهم است، اما اگر هر دوی آنها زیاد باشند، شرایط از حالت مناسب خارج و التهاب موجود در فضا باعث می‌شود نقش شانس و رانت اطلاعاتی در موفقیت کسب‌وکارها، بسیار برجسته شود؛ در نتیجه لازم است به‌صورت جدی به آن توجه شود.

مشکلات زیرساختی: نبود زیرساخت‌های مناسب، آسیب‌های جدی را به کسب‌وکارها، به‌خصوص در شرایط بحرانی وارد می‌کند. مشکلاتی مانند نبود اینترنت مناسب در بعضی از نقاط و اختلال در آن، قطعی آب و گاز و برق، زیرساخت‌های جاده‌ای و ... باعث می‌شود در هنگام وقوع اختلال، هزینه‌های هنگفتی برای صنایع ایجاد شود و وقفه‌های زیادی در لایه‌های مختلف زنجیره تأمین رخ دهد. یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در حوزه محصولات کشاورزی است که اتصال‌نداشتن به اینترنت، باعث اطلاع‌نیافتن از میزان زمین‌های زیر کشت می‌شود و آسیب‌های زیادی را ایجاد می‌کند. قطعی گاز و برق گلخانه‌ها، آسیب‌های زیادی به آنها می‌زند و باعث بروز اثر موجی در لایه‌های مختلف زنجیره تأمین می‌شود. نمونه‌ای از این مورد، در قطع برق و آسیب آن به پرورش ماهیان سرد آبی ملاحظه می‌شود (نبی‌زاده^۲، ۱۴۰۰). این امر در نهایت باعث ایجاد اختلال در تولید فراورده‌های ناشی از این محصول شد.

مشکلات تولید صنایع مکمل: مشکلات متعددی در زمینه صنایع مکمل در داخل کشور وجود دارد و نبود امکان تولید و تعمیر ماشین‌آلات و محصولات خاص، باعث می‌شود در صورت خرابی ماشین‌آلات، امکان تعمیر آنها وجود نداشته باشد یا به جایگزینی آنها با ماشین‌آلات با کیفیت پایین، نرخ خرابی بالا و دقت پایین منجر شود. تمامی این موارد باعث ایجاد و تشدید اختلالات در زنجیره تأمین می‌شود.

درباره سناریونگاری علل ایجاد اثر موجی، در سناریوهای رو به عقب و روبه جلو، نقش و جایگاه نبود اطمینان فراینده کسب‌وکار و مسائل کلان اقتصادی واضح است. مسائل کلان اقتصادی نیز از مسائل سیاسی تأثیر می‌گیرد. این موضوع در کشور ایران، بسیار واضح و مشخص است و مسائل سیاسی کشور و تحریم‌های ظالمانه، باعث شده است صادرات کاهش یابد و مشکلات اقتصادی تشدید شود. کاهش صادرات و فروش نفت از یک‌سو و خروج پول از کشور برای سرمایه‌گذاری در دیگر کشورها، باعث شده است تا تأمین ارز با مشکلات متعددی مواجه شود. مواردی مانند تخصیص‌نیافتن ارز صادراتی، فروش ارز صنایع بزرگ به قیمت پایین و ... برای جلوگیری از کسری بودجه دولت و کنترل بازار ارز انجام شده است. این قبیل تصمیمات نیز بر نبود اطمینان در فضای کسب‌وکار تأثیر گذاشته و آن را تشدید کرده است. وجود بی‌اطمینانی زیاد در فضای کسب‌وکار، آسیب‌های زیادی را به الگوهای همکاری در کسب‌وکار وارد می‌کند و در نتیجه با بروز اثر موجی، آثار مخرب آن نمود بیشتری می‌یابد.

مانند هر پژوهش دیگری، این تحقیق با محدودیت‌هایی روبه‌رو بوده است. همکاری نکردن و دسترسی‌نداشتن به خبرگان، یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های پژوهش حاضر است. همچنین با توجه به اینکه این تحقیق در مرحله اول از روش کیفی استفاده کرده است، تعمیم یافته‌های آن باید با احتیاط در دیگر صنایع انجام شود.

۶- نتیجه‌گیری

در این تحقیق برای اولین بار، مدل دلایل رخداد اثر موجی ترسیم و سناریوهای آن تدوین شد. همچنین ۵۸ علت در قالب ۱۴ دسته فرعی و ۴ دسته اصلی گروه‌بندی شدند. نتایج تحلیل سناریوها بیانگر جایگاه و اهمیت بالای «پیچیدگی و نبود اطمینان فضای کسب‌وکار»، «مسائل کلان اقتصادی» و «بحران‌های سیاسی» است. با توجه به دلایل شناسایی‌شده، لازم است در قرارداد با تأمین‌کنندگان، فاکتورهای بلندمدت‌بودن، انعطاف در قیمت و بند پشتیبانی از قرارداد مدنظر قرار بگیرد. برای محصولات خارجی، قرارداد با شرکت‌هایی توصیه می‌شود که نمایندگی

فعال در داخل کشور دارند؛ زیرا ممکن است دیگر شرکت‌ها در اثر تحریم‌های جدید، سرویس‌دهی خود را به سرعت قطع کنند. خرید بخش‌های بحرانی زنجیره تأمین (ادغام عمودی) به منظور کاهش ریسک توصیه می‌شود. از روی منطق، خرید قسمت‌های فاقد ریسک نمی‌تواند از این منظر، ارزش افزوده‌ای برای سازمان داشته باشد. وجود برنامه‌های اقتضایی برای مقابله با اثر موجی ضروری است، اما برای تدوین برنامه‌های اقتضایی مناسب، باید پایش مسائل زیست‌محیطی و سیاسی با دقت انجام شود؛ در نتیجه تشکیل تیم‌های مدیریتی در صنایع غذایی، به منظور بررسی مسائل زیست‌محیطی و همچنین سیاسی و برقرار ارتباط با افراد دارای نفوذ سیاسی به منظور دریافت سریع‌تر اخبار، لازم است.

در تحقیقات قبلی، سه دسته استراتژی برای پیشگیری از اختلالات تأکید شده است که عبارت‌اند از موجودی کاهش ریسک، انعطاف ظرفیت، کانال‌ها و تسهیلات پشتیبان (دولگویی و همکاری، [۲۰۱۸](#)). فسادپذیری، مهم‌ترین مشکل این صنعت در زمینه موجودی است. باغدار نمی‌تواند محصولات خود را برای مدت زیادی انبار کند، در نتیجه مجبور است آن را در زمان مناسبی به فروش برساند. از سوی دیگر، شرکت‌های فراوری مواد غذایی نیز، محدودیت‌های نگهداری موجودی به علت فسادپذیری و ظرفیت انبار را دارند، در نتیجه باید با روش‌های مدیریت موجودی به وسیله فروشنده و آموزش روش‌های افزایش ماندگاری محصولات کشاورزی، در راستای حل این معضل اقدام کرد. البته سیاست‌های دولت در زمینه واردات محصولات کشاورزی در فصولی که آن محصول در ایران کشت‌شدنی نیست هم، می‌تواند در راستای اتخاذ تصمیمات مدیریت موجودی در این صنعت مفید باشد. انعطاف ظرفیت، یکی از اصلی‌ترین ویژگی‌های این صنعت است؛ زیرا محصولات کشاورزی به صورت فصلی به دست می‌آیند و شرکت‌ها باید ظرفیت بالایی برای مدیریت آنها در فصل خاص داشته باشند. در صورتی که این انعطاف‌پذیری در یک شرکت وجود نداشته باشد، آن شرکت مجبور است مواد اولیه را در دیگر فصول به قیمت بالاتری بخرد. البته تولید بیش از حد در یک ماه، به افزایش هزینه‌های موجودی منجر می‌شود و لازم است تعادل مناسبی بین ظرفیت و موجودی برقرار شود. مشکلات این صنعت در زمینه کانال‌ها و تسهیلات پشتیبان، بسیار زیاد است؛ زیرا بخش کشاورزی به شدت آسیب‌پذیر است. مواردی مانند بلایای طبیعی، سوء مدیریت در کشت (انباشت یا کمبود محصولات کشاورزی) در سال‌های اخیر، تلاطم‌های زیادی را در این صنعت ایجاد کرده است، در نتیجه لازم است از تسهیلات پشتیبان استفاده شود. به کارگیری تسهیلات و کانال‌های خارجی نیز، نیازمند وجود روابط سیاسی خوب با کشورها و همچنین ثبات قوانین واردات و صادرات است. این مورد نیز، نوسانات خاص خود را در سال‌های اخیر داشته است. گزینه جایگزین این موارد، به کارگیری کشت گلخانه‌ای به وسیله شرکت‌های بزرگ است. توسعه این مورد باعث کاهش آسیب بلایای طبیعی و اطمینان در تأمین پایدار مواد اولیه می‌شود.

با توجه به اینکه موجودی، نقش مهمی در مقابله با اثر موجی دارد و موجودی در صنایع غذایی فسادپذیر است، لازم است تحقیق در زمینه شیوه ایجاد تعادل بین میزان موجودی بافر و فسادپذیر انجام شود. یکی دیگر از مسائل مهم در زنجیره تأمین صنایع غذایی، نبود فناوری‌های پیشرفته و اطلاعات کافی در زمینه سطوح زیر کشت، میزان برداشت محصول و میزان اضافه و یا کمبود محصولات در قسمت‌های مختلف است و این موضوع تشدیدکننده اثر موجی است. انجام تحقیقی در زمینه موانع، چالش‌ها و عوامل کلیدی موفقیت و به کارگیری فناوری‌های پیشرفته در زنجیره تأمین صنایع غذایی، کمک شایانی در رفع این مشکل می‌کند.

References

- Afzali, Z., & Zare Nehrjerdi, M. (2021). Investigating the Impact of Corona on the Decline of Agricultural Cooperatives Business. *Journal of International Business Administration*, 4(3), 91-103. <https://dx.doi.org/10.22034/jiba.2021.45467.1681>. [In Persian]
- Chopra, S., & Meindl, P. (2007). *Supply chain management. Strategy, planning & operation*. Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-8349-9320-5_22
- Da Re, G. (2015). *The ripple effect of the business interruption that affects the supply chain of the SMEs (from an insurance point of view)* (Bachelor's thesis, Università Ca'Foscari Venezia).
- Dolgui, A., Ivanov, D., & Sokolov, B. (2018). Ripple effect in the supply chain: an analysis and recent literature. *International Journal of Production Research*, 56(1-2), 414-430. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1387680>.
- Duong, A. T. B., Pham, T., Truong Quang, H., Hoang, T. G., McDonald, S., Hoang, T. H., & Pham, H. T. (2023). Ripple effect of disruptions on performance in supply chains: an empirical study. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 31(13), 1-22. <https://doi.org/10.1108/ECAM-10-2022-0924>.
- Foltin, P., & Nagy, J. (2023). The effects of supply chain complexity on resilience—a simulation-based study. *LogForum*, 19(4), 641-654. <https://doi.org/10.17270/J.LOG.2023.933>.
- Galli, N., Govoni, C., & Rulli, M. C. (2023). Assessing food security disruptions in the aftermath of extreme events. *ESS Open Archive*. [A head of print. https://doi.org/10.22541/essoar.167751603.31304821/v1](https://doi.org/10.22541/essoar.167751603.31304821/v1).
- Ghalibaf, M. B., Gholami, M., & Mohammadian, N. (2022). Stability of Food Security in Iran; Challenges and Ways Forward: A Narrative Review. *Iranian Journal of Public Health*, 51(12), 2654. <https://doi.org/10.18502%2Fijph.v51i12.11456>.
- Giannoccaro, I., & Iftikhar, A. (2022). Mitigating ripple effect in supply networks: the effect of trust and topology on resilience. *International Journal of Production Research*, 60(4), 1178-1195. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1853844>.
- Hendricks, K. B., & Singhal, V. R. (2003). The effect of supply chain glitches on shareholder wealth. *Journal of operations Management*, 21(5), 501-522. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2003.02.003>
- Ivanov, D. (2017). Simulation-based ripple effect modelling in the supply chain. *International Journal of Production Research*, 55(7), 2083-2101. <https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1275873>
- Ivanov, D. (2018). *Supply Chain Risk Management: Bullwhip Effect and Ripple Effect*. In *Structural Dynamics and Resilience in Supply Chain Risk Management*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-69305-7_2.
- Ivanov, D., & Dolgui, A. (2019). New disruption risk management perspectives in supply chains: Digital twins, the ripple effect, and resilience. *IFAC-PapersOnLine*, 52(13), 337-342. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.138>.
- Ivanov, D., Sokolov, B., Solovyeva, I., Dolgui, A., & Jie, F. (2019). Ripple effect in the time-critical food supply chains and recovery policies. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), 1682-1687. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.328>
- Jamshidi, O., Asadi, A., Kalantari, K., Azadi, H., & Scheffran, J. (2019). Vulnerability to climate change of smallholder farmers in the Hamadan province, Iran. *Climate Risk Management*, 23(1), 146-159. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2018.06.002>
- KEK, V., Nadeem, S. P., Ravichandran, M., Ethirajan, M., & Kandasamy, J. (2022). Resilience strategies to recover from the cascading ripple effect in a copper supply chain through project management. *Operations Management Research*, 15(1-2), 440-460. <https://doi.org/10.1007/s12063-021-00231-x>.
- KEK, V., Nadeem, S. P., Ravichandran, M., Ethirajan, M., & Kandasamy, J. (2022). Resilience strategies to recover from the cascading ripple effect in a copper supply chain through project management. *Operations Management Research*, 15(1-2), 440-460. <https://doi.org/10.1007/s12063-021-00231-x>

- Khosrotaj, M. (2020). *Due to financial problems, farmers have to sell their goods to dealers*. Retrieved on 12/26/2023 from: www.90eghtesadi.com. [In Persian].
- Kiani ghalehsard, S., Shahraki, J., Akbari, A., & Sardar shahraki, A. (2019). Investigating the Effects of Climate Change on Food Security of Iran. *Journal of Natural Environmental Hazards*, 8(22), 19-40. doi: 10.22111/jneh.2018.24170.1380. [In Persian].
- Korder, B., Maheut, J., & Konle, M. (2023-january-10). *Ripple effect in supply chains: a systematic literature review protocol* [Conference presentation]. 4th International Conference Business Meets Technology. 119-130. <https://doi.org/10.4995/BMT2022.2022.15553>.
- Llaguno, A., Mula, J., & Campuzano-Bolarin, F. (2022). State of the art, conceptual framework and simulation analysis of the ripple effect on supply chains. *International Journal of Production Research*, 60(6), 2044-2066. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1877842>.
- Marcucci, G., Ciarapica, F. E., Mazzuto, G., & Bevilacqua, M. (2023). Analysis of ripple effect and its impact on supply chain resilience: A general framework and a case study on agri-food supply chain during the COVID-19 pandemic. *Operations Management Research*, 16(3), 1-26. <https://doi.org/10.1007/s12063-023-00415-7>
- Mazroui Nasrabadi, E. (2023). *Future study of ripple effect in the supply chain of Iran's machine-made carpet industry*. *Executive Management*. PsyArXiv. [In Persian]
- Mazroui Nasrabadi, E., Habibirad, A., & Shoul, A. (2023). Presenting a Model of Critical Success Factors to Cope with the Ripple Effect in Iran's Machine-Made Carpet Supply Chain: Corona Pandemic Effects. *Journal of Industrial Management Perspective*, 13(1), 199-217. doi: 10.48308/jimp.13.1.199. [In Persian].
- Mirzaee, H., Samarghandi, H., & Willoughby, K. (2023). *On designing a resilient green supply chain to mitigate ripple effect: a two-stage stochastic optimization model*. [arXiv preprint https://arxiv.org/abs/2303.01729](https://arxiv.org/abs/2303.01729).
- Nabizadeh, A. (2021). *Losses of cold water fish due to power outages*. Donya-e-eqtasad Newspaper, No. 5184, News Number: 3769107. [In Persian]. B2n.ir/q88230
- Nowell, L. S., Norris, J. M., White, D. E., & Moules, N. J. (2017). Thematic analysis: Striving to meet the trustworthiness criteria. *International Journal of Qualitative Methods*, 16(1), 1–13. <https://doi.org/10.1177/1609406917733847>
- Özçelik, G., Yeni, F. B., Gürsoy Yılmaz, B., & YILMAZ, Ö. F. (2022 Jun 10). *Achieving Medical Supply Chain Resiliency in Case of the Ripple Effect: A Bi-Objective Robust Optimization Model and an Exact Solution Method*. Available at SSRN 4129641. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4129641>.
- Palma, F., Saucedo, J. A., & Marmolejo, J. A. (2018, October 4-5). *Recovery Method of Supply Chain Under Ripple Effect: Supply Chain Event Management (SCEM) Application* [Conference presentation]. In International Conference on Intelligent Computing & Optimization (pp. 455-465). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-00979-3_48.
- Papageorgiou, E. I., & Salmeron, J. L. (2013). *Methods and algorithms for fuzzy cognitive map-based modeling*. In *Fuzzy cognitive maps for applied sciences and engineering: from fundamentals to extensions and learning algorithms*. Springer Berlin Heidelberg. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-39739-4_1.
- Rezaizadeh, M., Ansari, M., & Murphy, E. (2012). *Practical guide to research method: IM interactive management*. University Jihad Publications. [In Persian].
- Rodriguez-Repiso, L., Setchi, R., & Salmeron, J. L. (2007). Modelling IT projects success with fuzzy cognitive maps. *Expert systems with applications*, 32(2), 543-559. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2006.01.032>.
- Roustaei, R., Rafiee, H., Ghodsi, D., Omidvar, N., Hosseini, H., Toorang, F., & Eini-Zinab, H. (2023). Challenges and Obstacles to Dairy Consumption in Iran from Stakeholders' Perspectives Using a Food System Approach. *Sustainability* 15(16), 12568.
- Scarpin, M. R. S., Scarpin, J. E., Musial, N. T. K., & Nakamura, W. T. (2022). The implications of COVID-19: Bullwhip and ripple effects in global supply chains. *International Journal of Production Economics*, 251 (9), 108523. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108523>.
- Seyedin, H., Ryan, J., & Keshtgar, M. (2011). Disaster management planning for health organizations in a developing country. *Journal of Urban Planning and Development*, 137(1), 77-81.

- Sindhwani, R., Jayaram, J., & Saddikuti, V. (2023). Ripple effect mitigation capabilities of a hub and spoke distribution network: an empirical analysis of pharmaceutical supply chains in India. *International Journal of Production Research*, 61(8), 2795-2827. <https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2098073>.
- Snyder, L. V., Atan, Z., Peng, P., Rong, Y., Schmitt, A. J., & Sinsoysal, B. (2016). OR/MS models for supply chain disruptions: A review. *Iie Transactions*, 48(2), 89-109. <https://doi.org/10.1080/0740817X.2015.1067735>.
- Waris, A., Jangaiah, B., & Harish, J. (2022). Constraints Faced by Farmers due to COVID-19 Disruptions on Agricultural Activities in Nalgonda District of Telangana, India. *International Journal of Environment and Climate Change*, 12(10), 688-695. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2022/v12i1030851>.
- Wei, L., & Chen, H. (2010, October 23-24). *The ripple effect of natural disaster on the agricultural industry chain* [Conference presentation]. In 2010 International Conference on Management of e-Commerce and e-Government (pp. 85-89). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICMeCG.2010.25>.
- Wen, H., Liu, Y., & Zhou, F. (2023). Perceived uncertainty, low-carbon policy, and innovation investment: evidence from Chinese listed new energy companies. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 1-20. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2023.2166092>.
- Yılmaz, Ö. F., Özçelik, G., & Yeni, F. B. (2021). Ensuring sustainability in the reverse supply chain in case of the ripple effect: A two-stage stochastic optimization model. *Journal of cleaner production*, 282(5), 124548. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124548>.

1. Llaguno et al.
2. Mirzaee et al.
3. Korder et al.
4. KEk et al.
5. Hendricks & Singhal
6. Snyder et al.
7. Scarpin et al.
8. Wei & Chen
9. Galli et al.
10. Waris et al.
11. Afzali & Zare Nehrjerdi
12. Sevedin et al
13. Ghalibaf et al
14. kiani ghalehsard et al.
15. Roustae et al.
16. Ivanov et al.
17. Ivanov & Dolgui
18. Dolgui et al.
19. Özçelik et al.
20. Giannoccaro & Iftikhar
21. Mazroui Nasrabadi.
22. Duong et al.
23. Liberator & Daskin
24. Ivanov
25. Palma et al.
26. Yılmaz et al.
27. Sindhwani et al.
28. Marcucci et al.
29. Nowell et al.
30. Papageorgiou & Salmeron
31. Rodriguez-Repiso et al.
32. Rezaizadeh et al.
33. Khosrotaj
34. Chopra & Meindle
35. Jamshidi et al.
36. Da Re
37. Wen et al.
38. Foltin & Nagy
38. Nabizadeh