



Identification and Analysis of Critical Success Factors in Cold Supply Chain Risk Management: Aquatic Products

Hamidreza Talaie¹, Shahab Bayatzadeh^{2*}, Amirhossein Bayatzadeh³

Abstract

Purpose: This study aims to identify and analyze the critical success factors in risk management of the cold supply chain for aquatic products. Given the high sensitivity of these products to temperature fluctuations and stringent transportation and storage requirements, proper risk management plays a crucial role in improving quality, reducing waste, and enhancing supply chain efficiency.

Method: In this research, a combination of multi-criteria decision-making methods, including fuzzy Delphi for identifying key factors and fuzzy DEMATEL for analyzing causal relationships among them, was employed. The study sample consisted of 10 experts from the aquatic industry and cold supply chain sector, and data were collected using specialized questionnaires.

Findings: The finding of this show that "real-time temperature monitoring," "contingency planning," "transport route optimization," and "training and capacity building" are the most influential causal factors that significantly impact other elements. Conversely, "backup power supply," "redundant storage capacity," "collaboration in the supply chain," and "environmental considerations" were identified as the most affected factors, receiving the highest influence from other variables.

Conclusion: the results showed that improving monitoring systems, adopting real-time tracking technologies, implementing training programs, and enhancing cold chain infrastructure are essential measures for minimizing risks and optimizing the management of the cold supply chain for aquatic products. This study's results can assist policymakers and industry stakeholders in enhancing the sustainability and efficiency of the cold supply chain.

Keywords: Risk management, cold supply chain, aquatic products, fuzzy Delphi,

1.Assistant Prof, Department of Industrial Management, Faculty of Administrative Sciences and Economics, Arak University, Arak, Iran.

2.MSc. Industrial Management, Department of industrial management Faculty of Management and Accounting, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran. **Corresponding Author: Shahab Bayatzadeh Email: Shahabbayatzadeh@gmail.com**

3.BSc. Maritime engineering, Deck chief officer unlimited, Islamic republic of iran shipping lines, Tehran,Iran.

3.Associate Prof., Department of Educational Management, Faculty of Humanities, Islamic Azad University, Kazerun, Iran.

Journal of Maritime management sciences studies,2025,vol. 5,No 18,pp.115-154

Doi 10.22034/MMR.2025.316792.1178

Article Type: Research-based Published by Faculty of Management and Marine Commissary

Received:2024/09/06

Accepted: 2025/03/15





پروہشگاہ علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شناسایی و تحلیل عوامل حیاتی موفقیت در مدیریت ریسک زنجیره تأمین سرد: محصولات

آبزیان

حمیدرضا طلایی^۱، شهاب بیات زاده^{۲*}، امیرحسین بیات زاده^۳

چکیده

هدف: پژوهش حاضر با هدف شناسایی و تحلیل عوامل حیاتی موفقیت در مدیریت ریسک زنجیره تأمین سرد محصولات آبزیان انجام شده است. با توجه به حساسیت بالای این محصولات به تغییرات دمایی و الزامات سخت‌گیرانه حمل‌ونقل و نگهداری، مدیریت صحیح ریسک‌ها نقش کلیدی در بهبود کیفیت، کاهش ضایعات و افزایش بهره‌وری زنجیره تأمین دارد.

روش: در این پژوهش، از ترکیب روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره شامل دلفی فازی برای شناسایی عوامل کلیدی و دیمتل فازی برای تحلیل روابط علی-معلولی بین این عوامل استفاده شده است. جامعه آماری این تحقیق شامل ۱۰ خبره از صنعت آبزیان و زنجیره تأمین سرد بوده که داده‌های موردنیاز از طریق پرسشنامه‌های تخصصی گردآوری شده است.

یافته‌ها: یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که "پایش دمایی لحظه‌ای"، "برنامه‌ریزی برای شرایط اضطراری"، "بهینه‌سازی مسیرهای حمل‌ونقل" و "آموزش و توانمندسازی نیروی انسانی" به عنوان مهم‌ترین عوامل علی شناخته شدند که تأثیر زیادی بر سایر عوامل دارند. در مقابل، "تأمین برق اضطراری"، "ایجاد ظرفیت‌های ذخیره‌سازی پشتیبان"، "همکاری در زنجیره تأمین" و "ملاحظات زیست‌محیطی" به عنوان عوامل معلول شناسایی شدند که بیشترین تأثیر را از سایر متغیرها دریافت می‌کنند.

نتیجه‌گیری: نتایج تحقیق نشان داد که بهبود نظارت بر زنجیره تأمین سرد، توسعه فناوری‌های پایش لحظه‌ای، اجرای برنامه‌های آموزشی و ارتقای زیرساخت‌های حمل‌ونقل سرد از جمله اقدامات کلیدی برای کاهش ریسک‌ها و بهینه‌سازی مدیریت زنجیره تأمین محصولات آبزیان است. نتایج این مطالعه می‌تواند به سیاست‌گذاران و فعالان صنعت در بهبود پایداری و کارایی زنجیره تأمین سرد کمک کند.

کلیدواژه‌ها: مدیریت ریسک، زنجیره تأمین سرد، محصولات آبزیان، دلفی فازی، دیمتل فازی

استناد: طلایی، حمیدرضا، بیات زاده، شهاب، بیات زاده، امیرحسین. (۱۴۰۳). شناسایی و تحلیل عوامل حیاتی موفقیت در مدیریت ریسک زنجیره تأمین سرد: محصولات آبزیان. *مطالعات علوم مدیریت دریایی* (۴)، ص ۱۱۵-۱۵۴

۱. استادیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه اراک، اراک، ایران.

۲. E-mail: کارشناس ارشد مدیریت صنعتی، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.

نویسنده مسئول رایانامه: shahabbayatzaheh@gmail.com

۳. کارشناس مهندسی دریا، افسر اول عرشه نامحدود، سازمان کشتیرانی جمهوری اسلامی ایران، تهران، ایران.

نوع مقاله: علمی و پژوهشی

ناشر: دانشکده مدیریت و کمیسر دریایی دانشگاه علوم دریایی امام خمینی (ره)

Doi: 10.22034/MMR.2025.316792.1178

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۱۲/۲۵

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۰۵/۱۶



پروہشگاہ علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مقدمه

زنجیره تأمین سرد یکی از بخش‌های کلیدی در صنایع غذایی است که نقش اساسی در حفظ کیفیت و ایمنی محصولات فاسدشدنی، از جمله آبزیان، ایفا می‌کند. ماهیت فاسدشدنی محصولات دریایی و نیاز به کنترل دمای مناسب در تمام مراحل زنجیره تأمین، از صید یا پرورش تا مصرف‌کننده نهایی، چالش‌های متعددی را به همراه دارد. مدیریت صحیح این زنجیره نه تنها از هدررفت محصول جلوگیری می‌کند، بلکه موجب افزایش بهره‌وری، کاهش هزینه‌ها و حفظ سلامت مصرف‌کنندگان می‌شود (لارنس^۱، الیوت^۲، هویسمن^۳، دین^۴، روث^۵، ۲۰۲۴). در این میان، مدیریت ریسک در زنجیره تأمین سرد آبزیان اهمیت ویژه‌ای دارد، زیرا عدم کنترل صحیح ریسک‌ها می‌تواند منجر به فساد محصولات، کاهش کیفیت، ضررهای اقتصادی و حتی تهدید سلامت عمومی شود. ریسک در زنجیره تأمین سرد آبزیان می‌تواند ناشی از عوامل مختلفی مانند مشکلات لجستیکی، نوسانات دمایی، نارسایی‌های فناوری، اختلالات در حمل‌ونقل، چالش‌های نظارتی و تغییرات تقاضای بازار باشد. این ریسک‌ها می‌توانند بر کیفیت محصول، پایداری تأمین و کارایی اقتصادی تأثیرگذار باشند (پانی^۶، شارما^۷، گوپتا^۸، ۲۰۲۴). در نتیجه، شناسایی و رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر مدیریت این ریسک‌ها، امری ضروری برای کاهش خسارات و افزایش تاب‌آوری زنجیره تأمین است. مدیریت ریسک در زنجیره تأمین سرد شامل فرایندهای شناسایی، تحلیل، ارزیابی و کنترل خطرات بالقوه است. استفاده از فناوری‌های نوین مانند اینترنت اشیا (IoT)، بلاک‌چین و تحلیل داده‌های بزرگ می‌تواند به کاهش عدم قطعیت‌ها و بهبود نظارت بر زنجیره تأمین کمک کند. همچنین، همکاری بین بازیگران مختلف زنجیره، از تولیدکنندگان و توزیع‌کنندگان گرفته تا فروشگاه‌های خرده‌فروشی و مصرف‌کنندگان، در بهبود مدیریت ریسک نقشی حیاتی دارد (تانگ^۹، تی^{۱۰}، ۲۰۲۴) یکی از چالش‌های کلیدی در مدیریت زنجیره تأمین سرد، نوسانات دمایی و مشکلات نگهداری محصول در شرایط استاندارد است. حمل‌ونقل نامناسب و قطع زنجیره سرمایشی در طول مسیر می‌تواند منجر به کاهش کیفیت و حتی فساد محصول شود. علاوه بر این، وابستگی به سیستم‌های حمل‌ونقل خاص، کمبود زیرساخت‌های مناسب، محدودیت‌های قانونی و نظارتی، و چالش‌های مرتبط با مدیریت اطلاعات و ردیابی محصولات از دیگر مشکلاتی هستند که مدیریت ریسک این زنجیره را پیچیده‌تر می‌کنند. همچنین، تغییرات محیطی و اقلیمی، مانند افزایش دمای کره زمین و نوسانات سطح دریا، می‌توانند بر فرآیند تولید و عرضه آبزیان تأثیر بگذارند. از طرف دیگر، تغییرات در تقاضای بازار و انتظارات مصرف‌کنندگان برای محصولات سالم‌تر و پایدارتر، زنجیره تأمین را ملزم به اتخاذ راهکارهای

1 Lawrence

2 Elliott

3 Huisman

4 Dean

5 Ruth

6 Pani

7 Sharma

8 Gupta

9 Tang

10 Thi

نوبن برای مدیریت ریسک و کاهش اثرات منفی می‌کند (چونکوانگ^۱، انیاکا^۲، انکوچو^۳، ۲۰۲۴) به منظور بهینه‌سازی مدیریت ریسک زنجیره تأمین سرد آبیان، شناسایی و تحلیل عوامل مؤثر نقش اساسی دارد. برخی از این عوامل تأثیر بیشتری بر عملکرد زنجیره دارند و نیازمند توجه ویژه و راهکارهای مدیریتی مناسب هستند. به منظور بررسی این عوامل، بهره‌گیری از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) می‌تواند در اولویت‌بندی و تحلیل اثرگذاری آن‌ها نقش کلیدی ایفا کند. در این پژوهش، ابتدا با استفاده از روش دلفی فازی (Fuzzy Delphi Method) عوامل حیاتی موفقیت (CSFs) در مدیریت ریسک زنجیره تأمین سرد محصولات آبیان تأیید و نهایی خواهند شد. سپس، برای تحلیل روابط تأثیرگذاری میان این عوامل و تعیین میزان اثرگذاری آن‌ها بر یکدیگر، از روش دیمتل فازی (Fuzzy DEMATEL) استفاده خواهد شد. این روش‌ها با در نظر گرفتن معیارهای مختلف مانند حساسیت زمانی، قابلیت اطمینان، تأثیرات اقتصادی و میزان ریسک‌پذیری، به تحلیل جامع‌تری از ساختار ارتباطی میان عوامل کمک می‌کنند. علاوه بر این، بهره‌گیری از نظرات خبرگان و متخصصان زنجیره تأمین در صنعت آبیان موجب افزایش دقت و اعتبار نتایج خواهد شد. این پژوهش با ترکیب روش‌های دلفی فازی و دیمتل فازی، رویکردی نوین برای تحلیل عوامل مدیریت ریسک در زنجیره تأمین سرد محصولات آبیان ارائه می‌دهد. برخلاف مطالعات پیشین که اغلب به زنجیره تأمین سرد به صورت کلی پرداخته‌اند، این تحقیق بر صنعت آبیان تمرکز دارد و عوامل حیاتی موفقیت (CSFs) را در این حوزه شناسایی و تحلیل می‌کند. همچنین، با استفاده از دیمتل فازی، روابط میان این عوامل بررسی شده و میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری هر یک مشخص می‌شود. این روش، دیدگاه دقیق‌تری از نحوه تعامل عوامل و نقش آن‌ها در کاهش ریسک‌های این زنجیره ارائه می‌کند. در نهایت، یافته‌های پژوهش منجر به ارائه راهکارهای عملیاتی برای بهینه‌سازی مدیریت ریسک در صنعت آبیان می‌شود که می‌تواند نقش مهمی در بهبود عملکرد این زنجیره ایفا کند.

مبانی نظری

زنجیره تأمین سرد

زنجیره تأمین سرد (Cold Supply Chain) به مجموعه‌ای از فرآیندها و فعالیت‌ها اطلاق می‌شود که هدف آن حفظ دمای مطلوب محصولات حساس به دما، مانند مواد غذایی، داروها و محصولات بیولوژیکی، در طول مراحل تولید، ذخیره‌سازی، حمل‌ونقل و توزیع است. این زنجیره شامل زیرساخت‌هایی مانند انبارهای سرد، وسایل نقلیه یخچال‌دار، تجهیزات نظارت بر دما و فناوری‌های پیشرفته برای کنترل شرایط محیطی است. در زنجیره تأمین محصولات آبی، کنترل

¹ Tchonkouang

² Onyeaka

³ Nkoutchou

دقیق دما و رطوبت اهمیت ویژه‌ای دارد؛ چراکه این محصولات به سرعت فاسد شده و در صورت نوسان دمایی، کیفیت و ایمنی آن‌ها کاهش می‌یابد (چاوالا^۱، بگ^۲، پرتوریس^۳، رحمان^۴، لی^۵، لیو^۶، یانگ^۷، ۲۰۲۴). مدیریت زنجیره تأمین سرد با چالش‌های متعددی مواجه است که می‌تواند منجر به افزایش هزینه‌ها، کاهش کیفیت محصولات و بروز خطرات بهداشتی شود. یکی از مهم‌ترین چالش‌ها، اطمینان از حفظ دمای مناسب در تمام مراحل زنجیره تأمین است. قطع برق، خرابی تجهیزات سرمایشی، تأخیر در حمل‌ونقل و عدم هماهنگی میان بازیگران زنجیره می‌تواند باعث افزایش ریسک فساد محصولات شود. علاوه بر این، مسائل زیست‌محیطی مانند مصرف بالای انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای از سوی وسایل نقلیه یخچال‌دار نیز یکی از دغدغه‌های اصلی در توسعه پایدار زنجیره تأمین سرد است (کومار^۸، تیاگی^۹، ساجدوا^{۱۰}، ۲۰۲۲).

مدیریت ریسک در زنجیره تأمین سرد نقش کلیدی در کاهش خسارات مالی، جلوگیری از ضایعات محصولات و افزایش اعتماد مشتریان دارد. اجرای سیستم‌های پایش لحظه‌ای دما، استفاده از فناوری‌های هوشمند مانند اینترنت اشیا (IoT)، و تدوین برنامه‌های واکنش سریع در برابر اختلالات، از جمله راهکارهای اساسی برای کاهش ریسک‌ها در این زنجیره هستند. همچنین، اجرای استانداردهای بین‌المللی ایمنی غذا، مانند HACCP و ISO 22000، می‌تواند به بهبود انطباق زنجیره تأمین با الزامات قانونی و افزایش کیفیت محصولات کمک کند. در مجموع، مدیریت کارآمد زنجیره تأمین سرد نه تنها موجب افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها می‌شود، بلکه نقش مهمی در تضمین سلامت و ایمنی محصولات ایفا می‌کند (آووچی^{۱۱}، ۲۰۲۳، پاتل^{۱۲}، براهمبات^{۱۳}، باریا^{۱۴}، نایاک^{۱۵}، سینگ^{۱۶}، ۲۰۲۳).

اجزای زنجیره تأمین سرد

یک زنجیره تأمین سرد متشکل از چندین بخش کلیدی است که هر یک نقش مهمی در حفظ کیفیت محصولات و کاهش ریسک‌های مرتبط با فساد و افت کیفیت دارند. در زنجیره تأمین سرد محصولات غذایی آبزیان، این بخش‌ها اهمیت ویژه‌ای دارند، زیرا ماهیت این محصولات به گونه‌ای است که در صورت عدم رعایت استانداردهای دمایی، به سرعت فاسد شده و غیرقابل مصرف می‌شوند.

¹ Chavalala

² Bag

³ Pretorius

⁴ Rahman

⁵ Li

⁶ Liu

⁷ Yang

⁸ Kumar

⁹ Tyagi

¹⁰ Sachdeva

¹¹ Awuchi

¹² Patel

¹³ Brahmabhatt

¹⁴ Bariya

¹⁵ Nayak

¹⁶ Singh

در اولین مرحله، تأمین‌کنندگان قرار دارند که شامل مزارع پرورش آبزیان، شرکت‌های صیادی و کارخانه‌های تولیدی می‌شوند. این بخش مسئولیت اصلی تأمین مواد اولیه را بر عهده دارد و فرآیندهایی مانند صید، پرورش و آماده‌سازی اولیه محصولات در این مرحله انجام می‌شود. کنترل کیفیت آب، تغذیه مناسب آبزیان و رعایت استانداردهای بهداشتی در زمان صید یا برداشت، از نکات کلیدی برای اطمینان از کیفیت اولیه محصولات هستند. یکی از ریسک‌های مهم در این مرحله، آلودگی‌های زیستی و نوسانات دمایی در محیط نگهداری اولیه است که می‌تواند منجر به افت کیفیت یا رشد باکتری‌های مضر شود (پرومپاتاناپاک^۱، لوپتچارات^۲، ۲۰۲۰).

مرحله بعدی، پردازش و بسته‌بندی است که نقش مهمی در افزایش عمر مفید محصولات آبزی دارد. در این مرحله، آبزیان تمیز شده، قطعه‌بندی یا فیله شده و در بسته‌بندی‌های ویژه‌ای قرار می‌گیرند که از کاهش کیفیت جلوگیری می‌کند. استفاده از فناوری‌های بسته‌بندی هوشمند، مانند بسته‌های دارای جذب‌کننده اکسیژن یا بسته‌بندی‌های اتمسفر اصلاح‌شده (MAP)، می‌تواند از فساد زود هنگام محصولات جلوگیری کند. یکی از مهم‌ترین چالش‌های این مرحله، رعایت شرایط دمایی مناسب در حین بسته‌بندی است، زیرا هرگونه تغییر در دما می‌تواند منجر به رشد باکتری‌ها و از بین رفتن کیفیت محصول شود (آلمیدا^۳ و همکاران، ۲۰۲۲).

حمل‌ونقل سرد یکی از حیاتی‌ترین بخش‌های زنجیره تأمین سرد است، زیرا در این مرحله، محصولات از محل فرآوری به مراکز توزیع یا بازارهای مصرف منتقل می‌شوند. استفاده از وسایل نقلیه مجهز به سیستم‌های سرمایشی، نظارت بر دمای درون کامیون‌ها و کانتینرها و اطمینان از حفظ زنجیره سرد در طول مسیر، از الزامات اساسی این بخش هستند. حمل‌ونقل دریایی، هوایی و زمینی، بسته به فاصله و شرایط جغرافیایی، به عنوان روش‌های مختلف جابه‌جایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. یکی از چالش‌های این مرحله، خطر نوسانات دمایی ناشی از خرابی تجهیزات سرمایشی یا تأخیر در حمل‌ونقل است که می‌تواند منجر به فساد محصولات و خسارات اقتصادی سنگین شود (یانگ^۴، ژانگ^۵، دو^۶، ۲۰۲۰).

مراکز توزیع و انبارهای سرد، بخش دیگری از این زنجیره هستند که به عنوان نقاط میانی ذخیره‌سازی عمل می‌کنند. در این مراکز، محصولات پیش از انتقال به بازارهای خرده‌فروشی در شرایط دمایی کنترل‌شده نگهداری می‌شوند. طراحی مناسب انبارهای سرد، استفاده از سیستم‌های مانیتورینگ لحظه‌ای دما و اجرای برنامه‌های نگهداری پیشگیرانه برای تجهیزات سرمایشی، از جمله اقداماتی است که به کاهش ریسک فساد محصولات کمک می‌کند (لاو^۷ و همکاران، ۲۰۲۲). در نهایت، خرده‌فروشان و مصرف‌کنندگان آخرین حلقه زنجیره تأمین سرد را تشکیل می‌دهند. فروشگاه‌ها، سوپرمارکت‌ها و بازارهای مواد غذایی مسئول عرضه محصولات آبزی به مشتریان هستند. در این مرحله، رعایت استانداردهای بهداشتی و دمایی، آموزش کارکنان فروشگاه‌ها در زمینه مدیریت محصولات یخچالی و استفاده از بسته‌بندی‌های مقاوم در برابر تغییرات

1 Prompatanapak

2 Lopetcharat

3 Almeida

4 Yang

5 Zhang

6 Du

7 Love

دمایی، از جمله مواردی هستند که می‌توانند از کاهش کیفیت محصولات جلوگیری کنند. مصرف‌کنندگان نیز نقش مهمی در حفظ زنجیره سرد ایفا می‌کنند؛ رعایت شرایط نگهداری مناسب، استفاده از کیسه‌های عایق هنگام خرید، و نگهداری محصولات در دمای مناسب در یخچال یا فریزر، از جمله اقداماتی است که کیفیت و ایمنی محصولات را تضمین می‌کند (لاو و همکاران، ۲۰۲۲). در مجموع، زنجیره تأمین سرد محصولات غذایی آبزیان، شامل بخش‌های مختلفی است که هر یک تأثیر مستقیمی بر کیفیت نهایی محصولات و میزان ریسک‌های مرتبط با فساد و ضایعات دارند. مدیریت صحیح این زنجیره، به ویژه از طریق نظارت مستمر بر دما، بهینه‌سازی فرآیندهای حمل‌ونقل و ذخیره‌سازی و رعایت استانداردهای بسته‌بندی، می‌تواند موجب کاهش ضایعات، افزایش عمر مفید محصولات و بهبود عملکرد کلی زنجیره تأمین شود.

مدیریت ریسک زنجیره تأمین سرد

مدیریت ریسک یکی از مفاهیم اساسی در زنجیره تأمین محسوب می‌شود که هدف آن کاهش پیامدهای نامطلوب ناشی از عدم قطعیت‌ها و تهدیدهای بالقوه است. این فرایند شامل شناسایی، ارزیابی و اجرای راهکارهای کنترلی برای کاهش تأثیرات مخاطرات احتمالی است. در زنجیره تأمین سرد محصولات آبزیان، ریسک‌ها به دلیل حساسیت بالای این محصولات به شرایط محیطی، نوسانات دمایی، فسادپذیری سریع و الزامات قانونی سخت‌گیرانه، پیچیدگی بیشتری دارند. فساد سریع محصولات آبزیان در دمای نامناسب می‌تواند منجر به خسارات اقتصادی قابل توجه، مشکلات بهداشتی و حتی بازگشت محصول از سوی خریداران شود. بنابراین، مدیریت ریسک در زنجیره تأمین سرد آبزیان از اهمیت بالایی برخوردار است و مستلزم تدوین استراتژی‌هایی برای کاهش اختلالات، بهبود قابلیت اطمینان زنجیره و افزایش کیفیت محصولات است (وو، هسایو، ۲۰۲۱).

انواع ریسک در زنجیره تأمین سرد آبزیان

ریسک‌های موجود در زنجیره تأمین سرد محصولات آبزیان را می‌توان در چندین دسته کلی طبقه‌بندی کرد که هر یک تأثیرات خاصی بر کارایی و عملکرد زنجیره دارند. در اینجا به مهم‌ترین دسته‌بندی‌های ریسک و پیامدهای آن‌ها بر زنجیره تأمین سرد آبزیان پرداخته می‌شود.

ریسک‌های محیطی و اقلیمی

محیط زیست و شرایط اقلیمی از جمله عوامل تعیین‌کننده در پایداری زنجیره تأمین سرد محصولات آبزیان هستند. تغییرات دمایی و نوسانات اقلیمی می‌توانند اثرات گسترده‌ای بر تولید، نگهداری و توزیع این محصولات داشته باشند. در فصول گرم سال، کنترل دما در مراحل مختلف زنجیره به چالشی جدی تبدیل می‌شود، چرا که افزایش دمای محیط می‌تواند فرآیند فساد محصولات را تسریع کرده و نیاز به سیستم‌های سرمایشی پیشرفته‌تر را افزایش دهد. همچنین، وقوع طوفان‌ها، سیل‌ها و سایر بلایای طبیعی، علاوه بر آسیب به زیرساخت‌های لجستیکی، می‌تواند منجر به اختلال در تأمین مواد اولیه، کاهش تولید و افزایش هزینه‌های حمل‌ونقل شود (قادج، ورتمن، سورینگ، ۲۰۲۰).

1 Wu

2 Hsiao

3 Ghadge

4 Wurtmann

5 Seuring

یکی دیگر از تهدیدهای مهم، آلودگی منابع آبی است که می‌تواند به صورت مستقیم بر سلامت و کیفیت محصولات آبیان تأثیر بگذارد. ورود آلاینده‌های صنعتی، فلزات سنگین، میکروپلاستیک‌ها و عوامل بیماری‌زا به محیط‌های پرورش و صید آبیان، می‌تواند منجر به افزایش میزان آلودگی شیمیایی و بیولوژیکی این محصولات شود. چنین شرایطی نه تنها کیفیت محصولات را کاهش می‌دهد، بلکه می‌تواند منجر به وضع محدودیت‌های قانونی برای صادرات و حتی از بین رفتن بازارهای هدف شود (پدرو^۱ و همکاران، ۲۰۲۳).

ریسک‌های فناوری و عملیاتی

زنجیره تأمین سرد محصولات آبیان به شدت وابسته به فناوری‌های سرمایشی و سیستم‌های پایش دمایی است. نقص در عملکرد سیستم‌های سرمایشی، خرابی تجهیزات نگهداری و اختلال در تأمین برق می‌تواند منجر به افزایش دمای محصولات و فساد سریع آن‌ها شوند. یکی از چالش‌های رایج در این حوزه، عدم انجام تعمیرات و نگهداری منظم بر روی تجهیزات سردخانه‌ای و وسایل نقلیه یخچال‌دار است. در بسیاری از موارد، خرابی تجهیزات سرمایشی تنها زمانی مورد توجه قرار می‌گیرد که اختلال جدی ایجاد شده و بخشی از محصولات دچار آسیب شده‌اند (فاکس^۲، میچل^۳، دین^۴، الیوت^۵، کمپل^۶، ۲۰۱۸). علاوه بر این، ضعف در استفاده از فناوری‌های نوین مانند اینترنت اشیا (IoT) و سامانه‌های شناسایی با فرکانس رادیویی (RFID) می‌تواند باعث کاهش شفافیت در زنجیره تأمین شود. به عنوان مثال، در صورت عدم وجود سیستم‌های مانیتورینگ لحظه‌ای دما در طول زنجیره، احتمال بروز نوسانات دمایی بالا می‌رود و این موضوع ممکن است تنها زمانی آشکار شود که محصول به دست خریدار رسیده و کیفیت آن کاهش یافته است. نبود سامانه‌های هوشمند مدیریت زنجیره تأمین همچنین باعث می‌شود که فرآیندهای لجستیکی با کارایی پایین‌تری انجام شوند و ریسک‌هایی مانند تأخیر در حمل‌ونقل و کاهش سرعت تحویل محصولات افزایش یابد (رووان^۷، ۲۰۲۳).

ریسک‌های اقتصادی و بازار

نوسانات قیمت در بازارهای داخلی و بین‌المللی از جمله چالش‌های اساسی برای زنجیره تأمین محصولات آبیان است. عواملی مانند تغییرات نرخ ارز، افزایش هزینه‌های سوخت و حمل‌ونقل، و تغییرات در عرضه و تقاضای جهانی می‌توانند مستقیماً بر قیمت نهایی این محصولات تأثیر بگذارند. در بسیاری از موارد، افزایش هزینه‌های تولید و نگهداری در زنجیره تأمین سرد، بدون امکان افزایش متناسب قیمت فروش، منجر به کاهش سودآوری تولیدکنندگان و توزیع‌کنندگان می‌شود (فاکس، میچل، دین، الیوت، کمپل، ۲۰۱۸). از سوی دیگر، رقابت شدید در بازارهای داخلی و بین‌المللی باعث می‌شود که شرکت‌ها ناچار به ارائه محصولات با قیمت‌های رقابتی باشند. این امر می‌تواند باعث کاهش حاشیه سود تولیدکنندگان و محدود شدن سرمایه‌گذاری در بخش‌های کلیدی زنجیره، مانند نوسازی تجهیزات سرمایشی و بهبود فرآیندهای لجستیکی شود. در مواردی که بازار تحت تأثیر تحریم‌ها و محدودیت‌های تجاری قرار گیرد، زنجیره تأمین دچار ناپایداری شده و امکان صادرات محصولات به بازارهای هدف کاهش می‌یابد.

¹ Pedro

² Fox

³ Mitchell

⁴ Dean

⁵ Elliott

⁶ Campbell

⁷ Rowan

ریسک‌های قانونی و نظارتی

مقررات سخت‌گیرانه‌ای در زمینه بهداشت و ایمنی غذایی بر زنجیره تأمین سرد محصولات آبزیان حاکم است که عدم رعایت آن‌ها می‌تواند منجر به جریمه‌های سنگین، بازگرداندن محصولات از بازار و حتی تعطیلی خطوط تولید شود. استانداردهایی مانند HACCP، ISO 22000 و مقررات سازمان غذا و داروی کشورهای مختلف، الزاماتی را برای رعایت شرایط بهداشتی در تمامی مراحل زنجیره، از تولید تا مصرف، تعیین کرده‌اند (آووچی، ۲۰۲۳). علاوه بر قوانین بهداشتی، مقررات زیست‌محیطی نیز تأثیر بسزایی در مدیریت زنجیره تأمین سرد آبزیان دارند. برای مثال، محدودیت‌های صید در برخی از فصول سال، به منظور جلوگیری از کاهش بیش از حد ذخایر آبزیان، می‌تواند موجب افزایش قیمت مواد اولیه و اختلال در تأمین پایدار شود. همچنین، قوانین مربوط به کاهش مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای، تولیدکنندگان و توزیع‌کنندگان را ملزم به استفاده از فناوری‌های سازگار با محیط‌زیست کرده است. یکی دیگر از چالش‌های قانونی، عدم هماهنگی استانداردهای بین‌المللی است. بسیاری از کشورهای مقررات خاص خود را در زمینه کیفیت و ایمنی محصولات آبزیان اعمال می‌کنند که ممکن است با استانداردهای داخلی کشورهای تولیدکننده تفاوت داشته باشد. این امر باعث می‌شود که صادرکنندگان ناچار به انطباق با الزامات متنوعی شوند که می‌تواند هزینه‌ها و زمان فرآیندهای تأیید کیفیت را افزایش دهد (پاتل، براهمبات، باریا، نایاک، سینگ، ۲۰۲۳).

معیارهای حیاتی موفقیت در مدیریت ریسک زنجیره تأمین سرد آبزیان

در دنیای امروز، به دلیل افزایش تقاضای جهانی برای محصولات آبزیان، زنجیره تأمین این محصولات بیش از گذشته پیچیده و گسترده شده است. ماهی‌ها، میگوها، خرچنگ‌ها و سایر محصولات دریایی اغلب از آب‌های ساحلی و پرورشگاه‌های دوردست صید یا برداشت شده و از طریق مسیرهای طولانی حمل‌ونقل به بازارهای داخلی و بین‌المللی ارسال می‌شوند. این فرآیند مستلزم رعایت استانداردهای سخت‌گیرانه‌ای در زمینه حفظ دما، کنترل آلودگی‌های میکروبی، و جلوگیری از فساد است. هرگونه اختلال در زنجیره تأمین می‌تواند منجر به از بین رفتن مقادیر قابل توجهی از محصول، افزایش ضایعات، و خسارات اقتصادی سنگین شود (لارنس، الیوت، هویسمن، دین، روث، ۲۰۲۴). در این میان، عوامل حیاتی موفقیت (CSFs) در مدیریت ریسک زنجیره تأمین سرد آبزیان به مجموعه‌ای از روش‌ها، فناوری‌ها و استراتژی‌های مدیریتی اشاره دارد که به کاهش ریسک‌ها و تضمین کیفیت محصول نهایی کمک می‌کنند. از جمله این عوامل می‌توان به پایش لحظه‌ای دما، برنامه‌ریزی برای شرایط اضطراری، نگهداری منظم تجهیزات سرمایشی، استفاده از فناوری‌های هوشمند در نظارت بر حمل‌ونقل، و بهینه‌سازی مسیرهای لجستیکی اشاره کرد. در ادامه، مهم‌ترین این عوامل مورد بررسی قرار می‌گیرند.

پایش دمای لحظه‌ای

یکی از چالش‌های اساسی در زنجیره تأمین سرد آبزیان، کنترل دقیق دمای نگهداری در طول زنجیره حمل‌ونقل و ذخیره‌سازی است. هرگونه نوسان دمایی می‌تواند موجب رشد باکتری‌ها، کاهش کیفیت گوشت، تغییر در طعم و رنگ محصول، و در نهایت غیرقابل مصرف شدن آن شود. به همین دلیل، استفاده از سنسورهای پیشرفته و اینترنت اشیا (IoT)

برای نظارت لحظه‌ای بر دما ضروری است. سیستم‌های پایش دما می‌توانند در زمان واقعی اطلاعات مربوط به وضعیت محصول را ثبت کرده و در صورت بروز مشکل، هشدارهای لازم را ارسال کنند. این فناوری به ویژه در حمل‌ونقل‌های بین‌المللی، که محصولات باید ساعت‌ها یا حتی روزها در یخچال‌های حمل‌ونقل دریایی یا هوایی باقی بمانند، نقش حیاتی ایفا می‌کند (رحمان^۱، عالم^۲، مروفوزمن^۳، سمیلا^۴، ۲۰۲۱).

تأمین برق اضطراری

یکی از بزرگ‌ترین ریسک‌ها در زنجیره تأمین سرد محصولات آبزیان، قطع برق و خرابی تجهیزات سرمایشی در انبارها، مراکز توزیع و وسایل حمل‌ونقل است. از آنجایی که این محصولات در دماهای پایین نگهداری می‌شوند، حتی چند ساعت قطعی برق می‌تواند منجر به فساد کامل محصول شود. استفاده از ژنراتورهای پشتیبان، سیستم‌های تأمین برق بدون وقفه (UPS) و به‌کارگیری فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر در مراکز ذخیره‌سازی می‌تواند از بروز چنین مشکلاتی جلوگیری کند (کرونادو موندراگون^۵، کرونادو موندراگون^۶، کرونادو^۷، ۲۰۲۰).

نگهداری و تعمیرات منظم تجهیزات

تمام تجهیزات سرمایشی مورد استفاده در زنجیره تأمین سرد، از جمله سردخانه‌ها، کانتینرهای یخچالی و سیستم‌های خنک‌کننده کامیون‌ها، باید به‌طور مرتب مورد بررسی و نگهداری قرار گیرند. خرابی این تجهیزات می‌تواند منجر به افزایش دما و فساد محصولات شود. بنابراین، برنامه‌های تعمیر و نگهداری پیشگیرانه، از جمله کالیبراسیون دماسنج‌ها، بررسی میزان مصرف انرژی و تعویض قطعات مستهلک، باید به‌طور منظم انجام شوند (رحمان، عالم، مروفوزمن، سمیلا، ۲۰۲۱).

ایجاد ظرفیت‌های ذخیره‌سازی پشتیبان

در شرایطی که یکی از انبارهای سرد دچار مشکل شود، وجود انبارهای جایگزین می‌تواند از اتلاف محصولات جلوگیری کند. این امر به‌ویژه برای شرکت‌هایی که در بازارهای بین‌المللی فعالیت می‌کنند، بسیار اهمیت دارد. راه‌اندازی مراکز ذخیره‌سازی در نقاط مختلف جغرافیایی و استفاده از شبکه‌های توزیع انعطاف‌پذیر به بهبود پایداری زنجیره تأمین کمک می‌کند (فرای^۸ و همکاران، ۲۰۲۴).

ارزیابی و مدیریت ریسک

ریسک‌های مرتبط با زنجیره تأمین سرد آبزیان باید به‌طور مستمر شناسایی و تحلیل شوند. عواملی مانند نوسانات دمایی، تأخیر در تحویل، مشکلات بهداشتی و آلودگی‌های میکروبی از جمله تهدیدات اصلی هستند. به‌کارگیری روش‌های تحلیل داده، مدل‌های پیش‌بینی‌کننده و پایش هوشمند زنجیره تأمین می‌تواند در کاهش ریسک‌ها مؤثر باشد (رووان، ۲۰۲۳).

1 Rahman

2 Alam

3 Marufuzzaman

4 Sumaila

5 Coronado Mondragon

6 Coronado Mondragon

7 Coronado

8 Fry

برنامه‌ریزی برای شرایط اضطراری

یکی از اقدامات کلیدی در مدیریت ریسک، داشتن برنامه‌های جایگزین برای شرایط اضطراری است. این برنامه‌ها باید شامل مسیرهای حمل‌ونقل جایگزین، امکانات ذخیره‌سازی اضافی و تأمین تجهیزات یدکی باشند. برای مثال، در صورت خرابی یخچال‌های یک کامیون حمل، امکان انتقال سریع محصولات به یک وسیله دیگر می‌تواند از اتلاف جلوگیری کند (متیوز^۱، ۲۰۲۱).

استفاده از فناوری‌های صنعت ۴.۰

فناوری‌های مدرن مانند هوش مصنوعی، بلاک‌چین و حسگرهای هوشمند می‌توانند به بهبود کارایی زنجیره تأمین سرد آبریان کمک کنند. بلاک‌چین امکان ثبت و ردیابی دقیق دما، محل نگهداری و تاریخچه حمل‌ونقل محصولات را فراهم می‌کند، درحالی‌که هوش مصنوعی می‌تواند مسیرهای حمل‌ونقل را بهینه‌سازی کرده و ریسک‌های احتمالی را پیش‌بینی کند (رووان^۲، ۲۰۲۳).

بهینه‌سازی مسیرهای حمل‌ونقل

انتخاب مسیر مناسب برای حمل‌ونقل محصولات آبریان، به‌ویژه در حمل‌ونقل بین‌المللی، تأثیر مستقیمی بر کیفیت نهایی محصول دارد. استفاده از سیستم‌های پیشرفته مسیریابی، مانند الگوریتم‌های هوش مصنوعی، می‌تواند به کاهش زمان تحویل و جلوگیری از قرارگیری بیش از حد محصولات در معرض نوسانات دمایی کمک کند (مصلی نژاد^۳ و همکاران، ۲۰۲۳).

بیمه برای مدیریت ریسک زنجیره تأمین سرد

شرکت‌های فعال در صنعت آبریان باید از بیمه‌های تخصصی برای کاهش خسارات ناشی از قطع برق، خرابی تجهیزات، تأخیر در حمل‌ونقل، و سایر مخاطرات مرتبط استفاده کنند. این بیمه‌ها می‌توانند هزینه‌های ناشی از فساد و از بین رفتن محصولات را جبران کرده و از ضررهای مالی جلوگیری کنند (انگوين^۴ و همکاران، ۲۰۲۱).

آموزش و توانمندسازی نیروی انسانی

نیروی انسانی در زنجیره تأمین سرد محصولات آبریان نقش کلیدی در کاهش ریسک‌ها و بهینه‌سازی فرآیندها دارد. کارکنان باید با اصول نگهداری صحیح، کنترل دما، بهداشت مواد غذایی و واکنش به شرایط اضطراری آشنا باشند. برگزاری دوره‌های آموزشی مداوم در زمینه استانداردهای ایمنی، استفاده از تجهیزات سرمایشی، بسته‌بندی صحیح و مدیریت بحران می‌تواند خطای انسانی را کاهش دهد. همچنین، آموزش استفاده از فناوری‌های نوین مانند سیستم‌های پایش دما، به بهبود عملکرد کارکنان کمک می‌کند (استرلینگ^۴ و همکاران، ۲۰۱۵).

¹ Matthews

² Mosallanezhad

³ Nguyen

⁴ Sterling

همکاری و مشارکت در زنجیره تأمین

یکی از چالش‌های اساسی در زنجیره تأمین سرد محصولات آبزیان، نبود هماهنگی میان تولیدکنندگان، پردازشگران، شرکت‌های حمل‌ونقل، خرده‌فروشان و سایر بازیگران زنجیره است. همکاری نزدیک میان این بخش‌ها می‌تواند منجر به افزایش شفافیت، کاهش هزینه‌های عملیاتی، و بهبود کیفیت محصول شود (انگوین^۱ و همکاران، ۲۰۲۳). برای مثال، تولیدکنندگان و پردازشگران می‌توانند با شرکت‌های حمل‌ونقل قراردادی منعقد کنند که تضمین‌کننده رعایت دمای مناسب در تمام مراحل حمل باشد. همچنین، خرده‌فروشان می‌توانند اطلاعات مربوط به تقاضای بازار را به تأمین‌کنندگان منتقل کرده تا از تولید و عرضه بیش از حد یا کمتر از میزان نیاز جلوگیری شود. استفاده از پلتفرم‌های دیجیتال و سیستم‌های یکپارچه مدیریت زنجیره تأمین، امکان تبادل اطلاعات در زمان واقعی را فراهم کرده و به بهینه‌سازی فرآیندها کمک می‌کند.

انطباق با استانداردهای قانونی و بهداشتی

رعایت استانداردهای قانونی و بهداشتی در زنجیره تأمین سرد محصولات آبزیان امری ضروری است، چرا که این محصولات مستقیماً با سلامت مصرف‌کنندگان در ارتباط هستند. در سطح بین‌المللی، استانداردهایی مانند HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points)، ISO 22000، و مقررات FDA آمریکا، دستورالعمل‌های سخت‌گیرانه‌ای را برای اطمینان از کیفیت و ایمنی محصولات غذایی تعیین کرده‌اند. هر شرکت فعال در زنجیره تأمین سرد باید الزامات بهداشتی و دمایی را در تمام مراحل، از صید و فرآوری گرفته تا بسته‌بندی و حمل‌ونقل، رعایت کند. علاوه بر این، مستندسازی فرآیندهای زنجیره تأمین، مانند ثبت اطلاعات دمای نگهداری، گزارش‌های کنترل کیفی، و گواهینامه‌های بهداشتی، می‌تواند در تضمین انطباق با مقررات و کاهش ریسک‌های قانونی مؤثر باشد (آوچی، ۲۰۲۳؛ پاتل، براهمبات، باریا، نایاک، سینگ، ۲۰۲۳).

نوآوری در بسته‌بندی

بسته‌بندی یکی از عوامل کلیدی در حفظ کیفیت محصولات آبزیان در زنجیره تأمین سرد است. استفاده از فناوری‌های نوین بسته‌بندی می‌تواند تأثیر زیادی در افزایش ماندگاری، کاهش فساد و بهبود ایمنی این محصولات داشته باشد. یکی از نوآوری‌های مهم در این زمینه، بسته‌بندی هوشمند است که شامل موادی با قابلیت تغییر رنگ در صورت افزایش دما یا رشد باکتری‌ها می‌شود. این نوع بسته‌بندی به مصرف‌کنندگان و توزیع‌کنندگان کمک می‌کند تا از وضعیت کیفی محصول مطلع شوند. همچنین، استفاده از بسته‌بندی‌های خلأ و بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شده (MAP) باعث کاهش تماس محصول با اکسیژن و در نتیجه افزایش عمر مفید آن می‌شود (آلمیدا و همکاران، ۲۰۲۲).

ملاحظات زیست‌محیطی

فعالیت‌های زنجیره تأمین سرد محصولات آبزیان، از حمل‌ونقل با وسایل نقلیه یخچالی گرفته تا مصرف انرژی در سردخانه‌ها، تأثیرات زیست‌محیطی قابل‌توجهی دارند. بهینه‌سازی این فرآیندها و کاهش مصرف انرژی می‌تواند به کاهش ردپای کربنی زنجیره تأمین کمک کند.

¹ Nguyen

یکی از اقدامات کلیدی در این زمینه، استفاده از وسایل نقلیه الکتریکی یا هیبریدی برای حمل و نقل سرد است که میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش می‌دهد. همچنین، به کارگیری سیستم‌های سرمایشی کم‌مصرف و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، مانند پنل‌های خورشیدی در تأسیسات ذخیره‌سازی، می‌تواند به کاهش هزینه‌های عملیاتی و حفظ محیط‌زیست کمک کند. علاوه بر این، مدیریت پسماند و کاهش ضایعات غذایی از طریق بهینه‌سازی فرآیندهای پردازش و بسته‌بندی، نقش مهمی در پایداری زنجیره تأمین سرد ایفا می‌کند. ایجاد برنامه‌های بازیافت برای بسته‌بندی‌های مصرف‌شده و استفاده از فناوری‌های هوشمند برای پایش و کاهش ضایعات، می‌تواند تأثیرات منفی زیست‌محیطی این صنعت را به حداقل برساند (کانی^۱ و همکاران، ۲۰۲۳). مدیریت ریسک در زنجیره تأمین سرد محصولات آبزیان نیازمند ترکیبی از فناوری‌های پیشرفته، استراتژی‌های مدیریتی و همکاری مؤثر میان بازیگران مختلف زنجیره است. پایش مستمر دما، نوآوری در بسته‌بندی، بهینه‌سازی مسیرهای حمل و نقل، آموزش نیروی انسانی، رعایت استانداردهای قانونی و استفاده از بیمه‌های تخصصی، همگی از عوامل کلیدی موفقیت در این حوزه محسوب می‌شوند. با به کارگیری این راهکارها، می‌توان نه تنها از فساد محصولات و ضایعات غذایی جلوگیری کرد، بلکه به بهبود پایداری، کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری در زنجیره تأمین سرد کمک کرد.

پیشینه تجربی پژوهش

مطالعه لاو^۲ و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی ایمنی غذایی محصولات دریایی وارداتی به ایالات متحده پرداخته و نشان داده است که برخلاف تصورات مصرف‌کنندگان، خطرات این محصولات بیشتر به فرآیندهای زنجیره تأمین مرتبط است تا کشور مبدأ. نتایج تحقیق نشان داد که گونه‌های پرورشی مانند میگو، تیلاپیا و گریه‌ماهی در طول زنجیره تأمین ایمن‌تر می‌شوند و ریسک‌های غذایی عمدتاً ناشی از پردازش، شرایط نگهداری و انتقال آلودگی از مراحل بالادستی زنجیره است. آن‌ها پیشنهاد داده‌اند که تقویت نظارت بر ایمنی غذایی، بهبود شفافیت داده‌های دولتی و توسعه سیستم‌های ردیابی از مزرعه تا مصرف‌کننده می‌تواند به کاهش این خطرات کمک کند. همچنین، افزایش سرمایه‌گذاری در نهادهای دولتی و اجرای دقیق‌تر برنامه‌ها می‌تواند به بهبود ایمنی و کاهش شیلات غیرقانونی کمک کند.

مطالعه استنتیفورد^۳ و همکاران (۲۰۲۲) بر تعاملات پیچیده بین حیوانات آبی و محیط آن‌ها تمرکز دارد که آن‌ها را در معرض خطرات شیمیایی و بیماری‌زا قرار می‌دهد و می‌تواند زنجیره تأمین محصولات دریایی را مختل کند. این پژوهش چارچوبی برای ارزیابی تأثیر این خطرات بر زیرشاخه‌های مختلف آبی‌پروری ارائه می‌دهد و بر لزوم کنترل این تهدیدات برای اطمینان از تولید، برداشت، فرآوری، تجارت و مصرف ایمن تأکید دارد. آن‌ها پیشنهاد می‌کنند که سیاست‌های ملی و بین‌المللی باید به بهبود کیفیت آب و کاهش آلودگی‌های محیطی پرداخته و اقدامات نظارتی، پایش و آزمایشگاهی قوی‌تری را برای شناسایی و کنترل مخاطرات اعمال کنند. همچنین، تحقیق نشان می‌دهد که رشد صنعت آبی‌پروری باید همزمان با استراتژی‌هایی برای کاهش آلودگی‌های شیمیایی و میکروبی از منابع انسانی، کشاورزی و صنعتی صورت گیرد. در نهایت، پژوهشگران بر نیاز به سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های دولتی برای پایش و کنترل آلودگی‌ها تأکید کرده و توسعه سیستم‌های

¹ Cooney

² Love

³ Stentiford

ایمن برای تولید "غذای آبی" را یک منفعت عمومی با تأثیرات گسترده بر امنیت غذایی، تنوع زیستی و تغییرات اقلیمی می‌دانند.

مطالعه ویلیامز^۱، هرناندز-جوور^۲، ویلیامز^۳ و شمسی^۴ (۲۰۲۱) بر تغییرات قانون‌گذاری در استرالیا و تأثیر آن بر بازرسی محصولات دریایی وارداتی تمرکز دارد. این تحقیق یک سیستم امتیازدهی برای ارزیابی ریسک کشورها در زمینه تأمین ماهیان آب شیرین ارائه کرده و موارد نقض زنجیره تأمین در دو کشور با امتیاز بالا (کشورهای ۲۰ و ۲۲) را بررسی کرده است. نتایج نشان داد که کشور ۲۰، که سابقه طولانی در ارزی‌پروری دارد، پیشرفت‌هایی در ایمنی و بازرسی محصولات دریایی داشته، در حالی که کشور ۲۲ با مشکلات عمده‌ای در کنترل کیفیت مواجه است، از جمله وجود انگل‌ها، آلودگی‌های فیزیکی و رعایت نامناسب استانداردهای بهداشتی. این مطالعه نشان داد که عواملی مانند نیروی کار غیرماهر، ضعف نظارتی و مشکلات در تصفیه آب و فاضلاب بیشترین تأثیر را بر نقض‌های زنجیره تأمین دارند. همچنین، در بررسی محصولات مشخص شد که برخی از ماهیان برچسب‌گذاری شده با استاندارد HACCP همچنان دارای آلودگی‌های جدی هستند که نشان‌دهنده ضعف در فرآیندهای نظارتی است.

پژوهش استرلینگ^۵ و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی سیستم‌ها و شیوه‌های ردیابی در ۴۸ کسب‌وکار مرتبط با ۹ زنجیره ارزش جهانی محصولات دریایی پرداخته است. هدف اصلی این تحقیق، تحلیل تأثیر ردیابی بر بهبود عملکرد کسب‌وکارهای صنعت غذاهای دریایی، از جمله کاهش ضایعات و افزایش اعتماد مصرف‌کنندگان بوده است. این پروژه همچنین ابزاری برای ارزیابی بازگشت سرمایه (ROI) از اجرای سیستم‌های ردیابی توسعه داده است. از طریق مصاحبه‌های ساختاریافته و نیمه‌ساختاریافته با بیش از ۸۰ نفر، مشخص شد که کسب‌وکارهایی که ارتباطات و همکاری بیشتری با تأمین‌کنندگان و مشتریان خود دارند، ارزش بیشتری برای سیستم‌های ردیابی قائل هستند. علاوه بر این، یک نظرسنجی در ۵ کشور درباره درک و تصمیمات خرید مصرف‌کنندگان در زمینه غذاهای دریایی انجام شد که داده‌های آن در یک شبیه‌ساز انتخاب گسسته ادغام گردید تا مقایسه‌ای میان ترجیحات مصرف‌کنندگان این کشورها ارائه دهد.

مقاله البوسیدی^۶، جوکز^۷ و بوز^۸ (۲۰۱۶) به بررسی چالش‌های تجارت جهانی ماهی، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، می‌پردازد و سیستم کنترل غذاهای دریایی در عمان را تحلیل می‌کند. در این تحقیق، نشان داده شده که بسیاری از کشورها از جمله عمان، سیستم دوگانه‌ای دارند که در آن محصولات صادراتی به بازارهای بزرگ تحت کنترل‌های سختگیرانه قرار می‌گیرند، اما محصولات داخلی یا منطقه‌ای نظارت کمتری دارند. در عمان، تولید شیلات یک منبع اصلی اقتصادی است و بهبود سیستم‌های کنترل ایمنی غذا، از جمله پیاده‌سازی استانداردهایی مانند HACCP، در حال انجام است، ولی این اقدامات با چالش‌هایی مانند هزینه‌های بالا و نیاز به هماهنگی بین نهادهای دولتی روبه‌رو است. مقاله بر لزوم هماهنگ‌سازی قوانین و حرکت به سوی سیستم‌های کنترل مبتنی بر ریسک برای رقابت در بازار جهانی تأکید دارد.

1 Williams

2 Hernandez-Jover

3 Williams

4 Shamsi

5 Sterling

6 Al-Busaidi

7 Jukes

8 Bose

پژوهش له^۱ و ژوان-ثی-ثو^۲ (۲۰۲۴) به تحلیل عملکرد زنجیره تأمین محصولات دریایی در ویتنام با استفاده از تکنیک‌های یادگیری ماشین و شبیه‌سازی می‌پردازد. هدف این مطالعه ارائه مدلی برای برآورد مصرف سوخت و هزینه‌های حمل و نقل در زنجیره تأمین دریایی است که از مدل‌های رگرسیون خطی چندگانه (MLR) و شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) استفاده می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از مدل ANN برای پیش‌بینی هزینه‌های سوخت، دقت بالاتری نسبت به مدل‌های رگرسیون سنتی دارد. این مدل‌ها سپس در چارچوب شبیه‌سازی رویدادهای گسسته (DES) برای بهبود کارایی عملیات زنجیره تأمین به کار می‌روند. این پژوهش توصیه‌هایی برای بهینه‌سازی هزینه‌های سوخت، بهبود مدیریت موجودی و شبیه‌سازی شرایط مختلف زنجیره تأمین به منظور افزایش بهره‌وری ارائه می‌دهد.

مقاله پانی، شارما و گوپتا (۲۰۲۴) از بلاک‌چین اتریوم برای ایجاد شفافیت و پایداری در فرآیند تولید و توزیع محصولات دریایی استفاده می‌کند. تمام مراحل کلیدی مانند برداشت، فرآوری، حمل و نقل و توزیع به‌طور دیجیتال و ایمن ذخیره می‌شوند. این داده‌های غیرقابل تغییر، دقت و اعتبار اطلاعات را تضمین می‌کنند و به مصرف‌کنندگان و ذینفعان این امکان را می‌دهند که منبع، عملکرد و پایداری محصولات دریایی را بررسی کنند. استفاده از بلاک‌چین امکان پیگیری و ثبت فرآیند تولید محصولات دریایی از منبع تا مصرف‌کننده را فراهم می‌آورد و به این ترتیب اطلاعات دقیق و قابل اعتمادی را درباره تاریخچه، فرآوری و تأثیرات زیست‌محیطی این محصولات در اختیار مصرف‌کنندگان قرار می‌دهد. این سیستم می‌تواند باعث افزایش اعتماد، بهبود ایمنی غذا و کمک به پایداری بلندمدت محصولات دریایی شود.

مقاله کیلینگ^۳، کاریگان^۴ و جانسون^۵ (۲۰۲۳) به چالش‌های سیستم تأمین محصولات دریایی در سطح جهانی پرداخته و تأثیرات بحران‌هایی مانند همه‌گیری COVID-19، جنگ اوکراین، افزایش هزینه‌های انرژی و تغییرات اقلیمی را بر امنیت غذایی و تاب‌آوری زنجیره تأمین بررسی می‌کند. نویسندگان بر لزوم مداخلات سیاستی برای ایجاد یک سیستم غذایی پایدار و انعطاف‌پذیر تأکید دارند و سه راهکار کلیدی را پیشنهاد می‌کنند: (۱) توسعه مدل‌های پایدار مانند سیستم‌های احیاکننده و اقتصاد چرخشی برای بهبود پیامدهای زیست‌محیطی و انسانی، (۲) ترویج مصرف محصولات دریایی محلی به‌عنوان بخشی از امنیت غذایی ملی برای تقویت زنجیره تأمین و افزایش شفافیت، و (۳) تنوع‌بخشی به منابع و کانال‌های توزیع محصولات دریایی برای کاهش فشار بر ذخایر حیاتی و افزایش انعطاف‌پذیری سیستم غذایی. این مقاله بر اهمیت رویکردی جامع، سیاست‌گذاری فعال و همکاری میان ذینفعان تأکید دارد تا امنیت غذایی و تاب‌آوری زنجیره تأمین در برابر بحران‌های آینده تضمین شود.

رحمان، عالم، مروفوزمن و سمیلا (۲۰۲۱) در پژوهش خود به بررسی سیستم‌های ردیابی مبتنی بر فناوری RFID در مدیریت زنجیره تأمین (SCM) محصولات شیلاتی پرداخته و اهمیت این فناوری را در تضمین کیفیت و ایمنی مواد غذایی، به‌ویژه در صنعت شیلات، مورد تأکید قرار می‌دهد. با توجه به نگرانی‌های فزاینده مصرف‌کنندگان درباره ایمنی غذا و شفافیت اطلاعات در دوران همه‌گیری، سیستم‌های ردیابی مبتنی بر بلاک‌چین، اینترنت اشیا (IoT)، شبکه‌های حسگر بی‌سیم (WSN) و RFID به‌عنوان ابزارهای کلیدی برای افزایش قابلیت اطمینان زنجیره تأمین شناخته می‌شوند. این مطالعه نشان می‌دهد که RFID در بسیاری از زنجیره‌های تأمین مواد غذایی پیاده‌سازی شده، اما کاربرد آن در ردیابی

1 Le

2 Xuan-Thi-Thu

3 Kelling

4 Carrigan

5 Johnson

محصولات دریایی و شیلاتی هنوز محدود است. یافته‌ها حاکی از آن است که این فناوری می‌تواند از طریق قابلیت حسگرهای پیشرفته، کیفیت و امنیت غذا را افزایش دهد، اما هزینه‌های توسعه و ناسازگاری با سیستم‌های موجود، چالش‌هایی را ایجاد کرده است. این مقاله با ارائه راهکارهایی برای بهبود قابلیت اطمینان سیستم‌های ردیابی مبتنی بر RFID در مدیریت زنجیره تأمین مواد غذایی، به افزایش شفافیت اطلاعات و اعتماد مصرف‌کنندگان کمک می‌کند و بهینه‌سازی هزینه‌های عملیاتی را در راستای توسعه پایدار پیشنهاد می‌دهد.

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از منظر هدف، کاربردی، از منظر جمع‌آوری داده‌ها، پیمایشی و از منظر ماهیت، توصیفی است. در این پژوهش، ابتدا بر اساس مرور ادبیات پژوهش، عوامل حیاتی موفقیت در مدیریت ریسک زنجیره تأمین محصولات سرد آبزیان شناسایی شده است. برای شناسایی این عوامل، از مطالعات کتابخانه‌ای شامل مقالات معتبر خارجی استفاده شده است. مرور ادبیات بر اساس کلیدواژه‌های اصلی "مدیریت ریسک زنجیره تأمین محصولات دریایی"، "عوامل حیاتی موفقیت در زنجیره تأمین آبزیان" و "زنجیره تأمین محصولات سرد دریایی" در پایگاه‌های داده معتبر انجام شده است. بر همین اساس، در این پژوهش از نظر ۱۰ خبره آشنا به موضوع پژوهش با حداقل ۸ سال سابقه کاری در صنعت محصولات دریایی و زنجیره تأمین، به عنوان نمونه آماری مبتنی بر روش گلوله‌برفی استفاده شده است. در جدول شماره ۱، مشخصات نمونه آماری خبرگان ارائه شده است.

جدول ۱. مشخصات فردی و حرفه‌ای خبرگان

جنسیت	مدرک تحصیلی	تخصص	سابقه کاری (سال)	سمت شغلی
مرد	دکتری مدیریت زنجیره تأمین	مدیریت زنجیره تأمین و لجستیک	۱۵	استاد دانشگاه و مشاور صنعت
مرد	کارشناسی ارشد مهندسی صنایع	مدیریت ریسک در صنایع غذایی	۱۲	مدیر کنترل کیفیت یک شرکت فرآوری آبزیان
زن	دکتری مدیریت بازرگانی	بازاریابی و فروش محصولات دریایی	۱۰	استاد دانشگاه و مشاور فروشگاه‌های زنجیره‌ای
مرد	کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی	ایمنی و کیفیت محصولات آبزیان	۱۴	مدیر تضمین کیفیت سازمان شیلات
مرد	دکتری شیلات و آبی‌پروری	حمل و نقل و نگهداری آبزیان	۱۸	مدیر لجستیک یک شرکت صادرات آبزیان
مرد	کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی	زنجیره سرد و حمل و نقل مواد غذایی	۹	کارشناس لجستیک در یک شرکت پخش
زن	دکتری مدیریت دولتی	سیاست‌گذاری و مقررات صنایع غذایی	۱۳	مدیر بخش نظارت بر استانداردهای سازمان غذا و دارو

جنسیت	مدرک تحصیلی	تخصص	سابقه کاری (سال)	سمت شغلی
مرد	کارشناسی ارشد مهندسی صنایع	تحلیل ریسک در زنجیره تأمین	۱۱	مشاور ارشد مدیریت ریسک در صنایع غذایی
زن	کارشناسی ارشد مهندسی شیلات	پرورش و فرآوری آبزیان	۱۰	مدیر فنی یک شرکت تولید محصولات دریایی
مرد	دکتری اقتصاد کشاورزی	تأثیر اقتصادی ریسک‌های زنجیره تأمین	۱۶	پژوهشگر و مشاور اقتصادی در صنعت آبزیان

دلفی فازی

روش دلفی برای دستیابی به توافق میان متخصصان در یک حوزه خاص طراحی شده است. این روش با گردآوری نظرات گروهی از خبرگان از طریق چندین دور پرسشنامه ناشناس اجرا می‌شود. افراد انتخاب‌شده معمولاً در زمینه مورد بررسی دارای تخصص و تجربه عمیق هستند. فرآیند دلفی به گونه‌ای تنظیم شده که مشارکت‌کنندگان بتوانند دیدگاه‌های خود را به صورت مستقل بیان کنند، بدون اینکه تحت تأثیر نظرات دیگران قرار بگیرند. در هر مرحله، بازخوردهای دریافتی مورد بررسی قرار گرفته و در مراحل بعدی لحاظ می‌شود تا در نهایت، اجماع جمعی حاصل شود. با این حال، روش سنتی دلفی با چالش‌هایی همراه است که می‌تواند بر دقت و کارایی نتایج اثر بگذارد. برای مثال، تحلیل پاسخ‌ها و استنتاج نتایج ممکن است در برخی موارد پیچیده و مبهم باشد. علاوه بر این، فرآیند چندمرحله‌ای و زمان‌بر این روش می‌تواند منجر به خستگی خبرگان و کاهش سطح مشارکت آن‌ها شود. همچنین، طولانی شدن روند اجرا، به ویژه در شرایطی که متغیرهای محیطی دستخوش تغییر می‌شوند، ممکن است بر اعتبار و اثربخشی نتایج تأثیر منفی داشته باشد (سفی^۱، رسانی^۲، ۲۰۱۶). روش دلفی فازی با ترکیب نظریه مجموعه‌های فازی و تکنیک دلفی، به عنوان یک ابزار پیشرفته در تصمیم‌گیری گروهی توسعه یافته است. این رویکرد با تکیه بر عواملی مانند ناشناس ماندن پاسخ‌دهندگان، دستیابی تدریجی به اجماع، ارائه بازخوردهای ساختاریافته و استفاده از متغیرهای زبانی برای اولویت‌بندی نظرات، دقت و کارایی فرآیند را بهبود می‌بخشد. دلفی فازی به ویژه در شرایطی که ابهام و عدم قطعیت حاکم است، بسیار کاربردی بوده و در زمینه‌هایی همچون تحلیل ریسک، ارزیابی فناوری‌های نوظهور و تدوین راهبردهای کلان، نتایج قابل اعتمادی ارائه می‌دهد. این قابلیت‌ها، دلفی فازی را به ابزاری مؤثر برای کاهش عدم قطعیت و ارتقای کیفیت تصمیم‌گیری‌های گروهی تبدیل کرده است (خورشیدکیا^۳، ریمانچیان^۴، حبیبی^۵، ۲۰۲۴).

- 1 Saffie
- 2 Rasmani
- 3 Khorshidikia
- 4 Rismanchian
- 5 Habibi

مراحل اجرای روش دلفی فازی برای شناسایی و تحلیل عوامل حیاتی موفقیت در مدیریت ریسک زنجیره تأمین محصولات سرد آبزیان به صورت زیر تدوین می‌شود (رجب^۱، رجب^۲، کثوق^۳، زیلانی^۴، ۲۰۲۲):

گام اول، مطالعه ادبیات پژوهش: در این مرحله، مطالعات پیشین و منابع معتبر درباره مفاهیم مرتبط با مدیریت ریسک زنجیره تأمین محصولات سرد آبزیان مورد بررسی قرار می‌گیرد. هدف این گام، شناسایی اولیه عوامل حیاتی موفقیت و معیارهای مؤثر در مدیریت ریسک این زنجیره تأمین است.

گام دوم: ارزیابی عوامل شناسایی شده: عوامل به دست آمده از مرحله قبل، برای ارزیابی ارتباط آن‌ها با مدیریت ریسک زنجیره تأمین محصولات سرد آبزیان و تعیین میزان تأثیرگذاری آن‌ها، در قالب پرسشنامه دلفی فازی مورد بررسی قرار می‌گیرند. در این مرحله، خبرگان میزان اهمیت هر عامل را با استفاده از متغیرهای زبانی مشخص شده در جدول ۲ ارزیابی می‌کنند. برای تسهیل تجزیه و تحلیل داده‌ها، از اعداد فازی مثلثی استفاده می‌شود که در مطالعات مشابه نیز کاربرد دارند. یک عدد فازی مثلثی به صورت $F=(l,m,u)$ تعریف می‌شود، که در آن l حداقل مقدار ممکن، m مقدار محتمل و u حداکثر مقدار ممکن است. این رویکرد به مدیریت عدم قطعیت و بهبود دقت تصمیم‌گیری در فرایند تحلیل عوامل کمک می‌کند.

جدول ۲. اعداد فازی مثلثی طیف لیکرت ۵ درجه‌ای

متغیر کلامی	عدد فازی		
	l	m	u
خیلی کم	۰	۰	۰/۲۵
کم	۰	۰/۲۵	۰/۵
متوسط	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۵
زیاد	۰/۵	۰/۷۵	۱
خیلی زیاد	۰/۷۵	۱	۱

گام سوم، تعیین عوامل نهایی مدیریت ریسک در زنجیره تأمین محصولات سرد آبزیان: در این مرحله، وزن هر یک از عوامل شناسایی شده با مقدار آستانه مشخص مقایسه می‌شود. عواملی که وزن آن‌ها بالاتر از مقدار آستانه تعیین شده باشند، به عنوان عوامل نهایی و تأیید شده در نظر گرفته می‌شوند. برای محاسبه وزن هر عامل، از روابط مشخص شده در فرمول‌های مربوطه استفاده می‌شود تا میزان تأثیرگذاری هر عامل در مدیریت ریسک زنجیره تأمین محصولات سرد آبزیان به دقت ارزیابی گردد.

$$\tilde{a}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}) \text{ for } i = 1 \dots n; j = 1 \dots m \quad (\text{رابطه ۱})$$

¹ Rejeb

² Rejeb

³ Keogh

⁴ Zailani

$$\tilde{t}_j = (l_j, m_j, u_j) = \left(\min\{l_{ij}\}, \left(\prod_{i=1}^n m_{ij} \right)^{\frac{1}{n}}, \max\{u_{ij}\} \right) \quad \text{رابطه ۲}$$

که در این روابط i فرد خبره و n تعداد خبرگان، j معیار و m تعداد معیارها، $\tilde{a}$ ارزش فازی هر معیار توسط خبره و $\tilde{t}$ میانگین ارزش فازی هر معیار می‌باشد. با استفاده از رابطه ۳، میانگین فازی معیارها به روش مرکز ثقل، دی فازی می‌شود:

$$\text{crisp value} = \frac{l+m+u}{3} \quad \text{رابطه ۳}$$

در این مرحله، مقدار دی فازی شده هر عامل با مقدار آستانه تعیین شده مقایسه می‌شود. در صورتی که مقدار دی فازی شده یک عامل از مقدار آستانه بیشتر باشد، آن عامل تأیید شده و به عنوان یکی از عوامل نهایی در نظر گرفته می‌شود؛ در غیر این صورت، از فهرست عوامل مؤثر حذف خواهد شد. مقدار آستانه می‌تواند بسته به نظر پژوهشگر و خبرگان با استفاده از روش‌های مختلف تعیین گردد. در این پژوهش، مقدار آستانه معادل $0/7$ در نظر گرفته شده است.

دیمتل فازی

روش دیمتل (DEMATEL)، که مخفف Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory (آزمایشگاه ارزیابی و آزمون تصمیم‌گیری) است، یکی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره محسوب می‌شود که برای تجزیه و تحلیل روابط علی-معلولی بین عوامل یک سیستم به کار می‌رود. این روش با تمرکز بر شناسایی تأثیرات متقابل بین عوامل، به درک بهتر پیچیدگی‌ها و تعاملات درون یک سیستم کمک می‌کند. در دیمتل، با استفاده از ماتریس روابط مستقیم، میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری هر عامل محاسبه شده و عوامل علت و معلول مشخص می‌شوند. این رویکرد به‌ویژه برای تحلیل سیستم‌هایی با وابستگی‌های متقابل و ساختارهای غیرخطی مناسب بوده و می‌تواند ارتباطات شبکه‌ای میان عوامل را شفاف‌سازی کند (گازی^۱ و همکاران، ۲۰۲۵).

دیمتل فازی نسخه‌ای توسعه یافته از روش دیمتل کلاسیک است که با بهره‌گیری از منطق فازی، به مدیریت عدم قطعیت‌ها و ابهامات موجود در ارزیابی‌های انسانی کمک می‌کند. در روش دیمتل سنتی، داده‌ها به صورت عددی و دقیق ارائه می‌شوند، اما در تصمیم‌گیری‌های واقعی، ارزیابی‌ها اغلب با ابهام و عدم قطعیت همراه هستند. در چنین شرایطی، خبرگان معمولاً به جای تعیین تأثیر عوامل به صورت عددی، از عبارات زبانی مانند "کم"، "متوسط" یا "زیاد" استفاده می‌کنند. دیمتل فازی با بهره‌گیری از اعداد فازی مثلثی این ابهامات را در نظر گرفته و تحلیل را به شرایط واقعی نزدیک‌تر می‌کند. این روش به‌ویژه برای مسائل پیچیده و موقعیت‌هایی که داده‌های دقیق عددی در دسترس نیستند، بسیار مناسب است. استفاده از

دیمتل فازی امکان ورود دیدگاه‌های ذهنی خبرگان را به مدل فراهم کرده و موجب افزایش دقت و واقع‌گرایی در تصمیم‌گیری‌ها می‌شود (حسینی^۱، سلطانیپور^۲، پایدار^۳، ۲۰۲۲).

گام‌های اجرای روش دیمتل فازی به شرح زیر می‌باشد (ساتحیان^۴، پارثیبان^۵، هانالاکشمی^۶، ساجین^۷، ۲۰۲۳) :

گام ۱: تشکیل ماتریس ارتباط مستقیم فازی: برای شناسایی الگوی روابط میان n معیار، ابتدا یک ماتریس $n \times n$ تشکیل می‌شود که در آن تأثیر هر عنصر موجود در هر سطر بر عناصر موجود در ستون به صورت یک عدد فازی درج می‌گردد. در صورتی که برای تکمیل این ماتریس از نظرات چندین کارشناس یا خبره استفاده شود، هر یک از آن‌ها باید ماتریس موجود را پر کرده و مقادیر مربوط به روابط بین معیارها را وارد کنند. پس از جمع‌آوری نظرات مختلف، از میانگین ساده این ارزیابی‌ها استفاده می‌شود تا یک ماتریس ارتباط مستقیم جدید به نام ماتریس Z به دست آید. این ماتریس نشان‌دهنده شدت و نوع روابط بین معیارها به صورت فازی خواهد بود و می‌تواند به تحلیل دقیق‌تر و جامع‌تر الگوهای روابط میان معیارها کمک کند.

$$Z = \begin{bmatrix} 0 & \cdots & \tilde{z}_{n1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{z}_{1n} & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

جدول ۳. عبارات کلامی و طبق فازی مثلثی مورد استفاده در دیمتل فازی

عدد فازی			متغیر کلامی
l	m	u	
.	.	۰/۲۵	بدون تأثیر
.	۰/۲۵	۰/۵	تأثیر خیلی پایین
۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۵	تأثیر پایین
۰/۵	۰/۷۵	۱	تأثیر بالا
۰/۷۵	۱	۱	تأثیر خیلی بالا

گام ۲: نرمال کردن ماتریس ارتباط مستقیم فازی: به منظور نرمال سازی ماتریس ارتباط مستقیم فازی از رابطه ۴ استفاده می‌شود :

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{\tilde{z}_{ij}}{r} = \left(\frac{l_{ij}}{r}, \frac{m_{ij}}{r}, \frac{u_{ij}}{r} \right) \quad \text{رابطه ۴}$$

$$r = \max_{i,j} \left\{ \max_i \sum_{j=1}^n u_{ij}, \max_j \sum_{i=1}^n u_{ij} \right\} \quad \text{که در این رابطه } i, j \in \{1, 2, 3, \dots, n\}$$

1 Hosseini

2 Soltanpour

3 Paydar

4 Sathyan

5 Parthiban

6 Dhanalakshmi

7 Sachin

گام ۳: محاسبه ماتریس فازای ارتباط کامل: در این گام طبق رابطه ۵ ماتریس فازای روابط کل تشکیل می‌شود.

$$\tilde{T} = \lim_{k \rightarrow +\infty} (\tilde{x}^1 \oplus \tilde{x}^2 \oplus \dots \oplus \tilde{x}^k) \quad (\text{رابطه ۵})$$

هر درایه عدد فازای ماتریس روابط کل به صورت $\tilde{t}_{ij} = (l_{ij}^{\prime\prime}, m_{ij}^{\prime\prime}, u_{ij}^{\prime\prime})$ است و به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$[l_{ij}^{\prime\prime}] = x_l \times (I - x_l)^{-1}$$

$$[m_{ij}^{\prime\prime}] = x_m \times (I - x_m)^{-1}$$

$$[u_{ij}^{\prime\prime}] = x_u \times (I - x_u)^{-1}$$

به عبارت دیگر، ابتدا معکوس ماتریس نرمال محاسبه می‌شود، سپس این معکوس از ماتریس III کم می‌شود و در نهایت، ماتریس نرمال با ماتریس حاصل ضرب می‌شود.

گام ۴: فازای زدایی مقادیر ماتریس ارتباط کامل: برای فازای زدایی از روش CFCS اپریکویک و زنگ استفاده شده است. مراحل روش فازای زدایی به صورت زیر است:

$$l_{ij}^n = \frac{(l_{ij}^t - \min l_{ij}^t)}{\Delta_{\min}^{\max}}$$

$$m_{ij}^n = \frac{(m_{ij}^t - \min l_{ij}^t)}{\Delta_{\min}^{\max}}$$

$$u_{ij}^n = \frac{(u_{ij}^t - \min l_{ij}^t)}{\Delta_{\min}^{\max}} \quad (\text{رابطه ۶})$$

که در این رابطه :

$$\Delta_{\min}^{\max} = \max u_{ij}^t - \min l_{ij}^t$$

به منظور محاسبه کران بالا و پایین مقادیر نرمال از رابطه ۷ استفاده می‌کنیم:

$$l_{ij}^s = m_{ij}^n / (1 + m_{ij}^n - l_{ij}^n)$$

$$u_{ij}^s = u_{ij}^n / (1 + u_{ij}^n - l_{ij}^n) \quad (\text{رابطه ۷})$$

در نهایت کل مقادیر قطعی نرمال شده از طریق رابطه ۸ بدست می‌آید:

$$x_{ij} = \frac{[l_{ij}^s(1-l_{ij}^s) + u_{ij}^s \times u_{ij}^s]}{[1-l_{ij}^s + u_{ij}^s]} \quad (\text{رابطه ۸})$$

گام ۵: محاسبات مربوط به حد آستانه: تمام مقادیر ماتریس ارتباط کامل قطعی شده که از میانگین ماتریس ارتباط کامل کمتر باشند، با استفاده از رابطه زیر شناسایی و صفر می‌شوند. به عبارت دیگر، این روابط علی نادیده گرفته می‌شوند.

$$TS = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m V_{ij}}{m \times n}$$

$$U_{ij} = \begin{cases} V_{ij} & V_{ij} \geq TS \\ 0 & \text{Others} \end{cases} \quad (\text{رابطه ۹})$$

گام ۶: خروجی نهایی: گام بعدی محاسبه مجموع سطرها و ستون‌های ماتریس T است. مجموع سطرها (D) و مجموع ستون‌ها (R) بر اساس فرمول‌های زیر محاسبه می‌شوند:

$$D = \sum_{j=1}^n T_{ij}$$

$$R = \sum_{i=1}^n \tilde{T}_{ij} \quad (\text{رابطه ۱۰ و ۱۱})$$

سپس با استفاده از مقادیر D و R ، مقادیر $D+R$ و $D-R$ محاسبه می‌شوند که به ترتیب نشان‌دهنده میزان تعامل و قدرت تأثیرگذاری عوامل می‌باشند.

یافته‌های پژوهش

پس از شناسایی عوامل حیاتی موفقیت در مدیریت ریسک زنجیره تأمین سرد محصولات آبزیان بر اساس مطالعات پیشین، یک پرسشنامه طراحی شد تا این عوامل توسط خبرگان صنعت آبزیان مورد ارزیابی قرار گیرند. برای اجرای روش دلفی فازی، حداقل ۵ نفر خبره مورد نیاز است و تعداد بین ۵ تا ۲۰ نفر برای دستیابی به اجماع کافی در نظر گرفته می‌شود؛ البته در صورت امکان، استفاده از تعداد بیشتری از خبرگان توصیه می‌شود (داناچی^۱، ایلدرم^۲، ۲۰۲۳). این پرسشنامه بین ۱۰ نفر از خبرگان حوزه زنجیره تأمین سرد محصولات آبزیان، با توجه به ویژگی‌های ذکر شده در جدول ۱، توزیع گردید و پاسخ‌ها جمع‌آوری شد. پس از اجرای دو مرحله از فرآیند دلفی فازی، به دلیل اینکه اختلاف مقدار دی‌فازی عوامل در دو مرحله کمتر از ۰/۲ بود و هیچ عامل جدیدی توسط خبرگان پیشنهاد نشد، فرآیند دلفی متوقف شد (نقیپور^۳، رحیم^۴، اقبال^۵، ۲۰۲۴) در نهایت، با در نظر گرفتن مقدار آستانه ۰/۷، از ۱۴ عامل اولیه، تمامی عوامل تأیید شدند که محاسبات مربوط به آن‌ها در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴. تحلیل پرسشنامه دلفی فازی برای هر عامل

1 Danaci
2 Yıldırım
3 Naghipour
4 Rahim
5 Iqbal

مقدار دی‌فازی	میانگین فازی			عامل
	l	m	u	
۰/۸۳۴	۰/۵	۰/۹۱۷	۱	پایش دمای لحظه‌ای
۰/۷۶۶	۰/۲۵	۰/۹۰۷	۱	تأمین برق اضطراری
۰/۷۵۳	۰/۲۵	۰/۸۸۱	۱	نگهداری و تعمیرات منظم تجهیزات
۰/۷۶۶	۰/۲۵	۰/۹۰۷	۱	ایجاد ظرفیت‌های ذخیره‌سازی پشتیبان
۰/۸۶۱	۰/۵	۰/۹۷۲	۱	ارزیابی و مدیریت ریسک
۰/۷۳۵	۰/۲۵	۰/۸۴۶	۱	برنامه‌ریزی برای شرایط اضطراری
۰/۹۳۸	۰/۷۵	۱	۱	استفاده از فناوری‌های صنعت ۴.۰
۰/۷۷۹	۰/۲۵	۰/۹۳۳	۱	بهینه‌سازی مسیرهای حمل و نقل
۰/۷۲۳	۰/۴۵	۰/۸۲۲	۱	بیمه برای مدیریت ریسک زنجیره تأمین سرد
۰/۷۵۳	۰/۲۵	۰/۸۸۱	۱	آموزش و توانمندسازی نیروی انسانی
۰/۸۳۴	۰/۵	۰/۹۱۷	۱	همکاری و مشارکت در زنجیره تأمین
۰/۷۶۶	۰/۲۵	۰/۹۰۷	۱	انطباق با استانداردهای قانونی و بهداشتی
۰/۷۳۵	۰/۲۵	۰/۸۴۶	۱	نوآوری در بسته‌بندی
۰/۸۴۷	۰/۵	۰/۹۴۴	۱	ملاحظات زیست‌محیطی

به منظور آغاز تحلیل دیمتل فازی از نظرات خبرگان جدول ۱ استفاده شده است. این تعداد، با توجه به حداقل الزامات روش دیمتل فازی، مناسب ارزیابی شده و به دلیل تنوع تخصصی شرکت کنندگان، نتایج حاصل از این تحلیل معتبر و قابل استناد است (کیانی^۱، اردکانی^۲، میرفخرالدینی^۳، احمدآبادی^۴، ۲۰۲۳). در ادامه، یافته‌های به‌دست‌آمده از این ارزیابی ارائه می‌شود.

جدول ۵. ماتریس ارتباط مستقیم

عوامل	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴
پایش دمای لحظه‌ای	(۰/۴۰۰، ۰/۶۵۰، ۰/۹۰۰)	(۰/۴۵۰، ۰/۷۰۰، ۰/۹۰۰)	(۰/۴۵۰، ۰/۷۰۰، ۰/۹۰۰)	(۰/۳۷۵، ۰/۶۲۵، ۰/۹۰۰)	(۰/۵۵۰، ۰/۸۰۰، ۰/۹۵۰)	(۰/۴۵۰، ۰/۷۰۰، ۰/۹۲۵)	(۰/۳۷۵، ۰/۶۲۵، ۰/۹۲۵)	(۰/۳۷۵، ۰/۶۲۵، ۰/۸۵۰)	(۰/۴۳۵، ۰/۶۷۵، ۰/۹۰۰)	(۰/۵۰۰، ۰/۷۵۰، ۰/۹۰۰)	(۰/۴۰۰، ۰/۶۵۰، ۰/۸۷۵)	(۰/۴۰۰، ۰/۶۵۰، ۰/۹۰۰)	(۰/۴۵۰، ۰/۷۰۰، ۰/۹۰۰)	(۰/۴۰۰، ۰/۶۵۰، ۰/۹۰۰)
تأمین برق اضطراری	(۰/۳۲۵، ۰/۶۷۵، ۰/۹۲۵)	(۰/۴۰۰، ۰/۷۰۰، ۰/۹۰۰)	(۰/۵۲۵، ۰/۷۷۵، ۰/۹۷۵)	(۰/۴۰۰، ۰/۷۰۰، ۰/۹۲۵)	(۰/۴۵۰، ۰/۷۰۰، ۰/۹۲۵)	(۰/۳۷۵، ۰/۶۲۵، ۰/۹۰۰)	(۰/۴۰۰، ۰/۷۰۰، ۰/۸۰۰)	(۰/۴۰۰، ۰/۷۰۰، ۰/۸۰۰)	(۰/۵۰۰، ۰/۷۵۰، ۰/۹۰۰)	(۰/۵۰۰، ۰/۷۵۰، ۰/۹۵۰)	(۰/۴۰۰، ۰/۶۵۰، ۰/۹۰۰)	(۰/۳۷۵، ۰/۶۲۵، ۰/۸۵۰)	(۰/۴۵۰، ۰/۷۰۰، ۰/۹۲۵)	(۰/۳۷۵، ۰/۶۲۵، ۰/۷۵۰)
نگهداری و تعمیرات منظم تجهیزات	(۰/۳۲۵، ۰/۶۷۵، ۰/۹۲۵)	(۰/۵۲۵، ۰/۷۷۵، ۰/۹۷۵)	(۰/۴۰۰، ۰/۷۰۰، ۰/۹۰۰)	(۰/۵۰۰، ۰/۷۵۰، ۰/۹۵۰)	(۰/۴۵۰، ۰/۷۰۰، ۰/۹۵۰)	(۰/۴۰۰، ۰/۷۰۰، ۰/۸۷۵)	(۰/۳۲۵، ۰/۶۷۵، ۰/۹۰۰)	(۰/۴۰۰، ۰/۷۰۰، ۰/۸۷۵)	(۰/۳۲۵، ۰/۶۷۵، ۰/۸۷۵)	(۰/۳۲۵، ۰/۶۷۵، ۰/۸۷۵)	(۰/۳۲۵، ۰/۶۷۵، ۰/۹۰۰)	(۰/۳۲۵، ۰/۶۷۵، ۰/۹۰۰)	(۰/۳۲۵، ۰/۶۷۵، ۰/۸۷۵)	(۰/۵۲۵، ۰/۷۷۵، ۰/۹۵۰)
ایجاد ظرفیت‌های ذخیره‌سازی پشتیبان	(۰/۳۰۰، ۰/۶۵۰، ۰/۸۷۵)	(۰/۵۷۵، ۰/۸۲۵، ۰/۹۷۵)	(۰/۵۰۰، ۰/۷۵۰، ۰/۹۵۰)	(۰/۴۰۰، ۰/۷۰۰، ۰/۹۰۰)	(۰/۳۲۵، ۰/۶۷۵، ۰/۹۰۰)	(۰/۳۵۰، ۰/۷۰۰، ۰/۹۵۰)	(۰/۵۵۰، ۰/۸۰۰، ۰/۹۵۰)	(۰/۳۲۵، ۰/۶۷۵، ۰/۹۰۰)	(۰/۵۵۰، ۰/۸۰۰، ۰/۹۷۵)	(۰/۳۲۵، ۰/۶۷۵، ۰/۸۲۵)	(۰/۵۰۰، ۰/۷۵۰، ۰/۹۵۰)	(۰/۳۲۵، ۰/۶۷۵، ۰/۸۷۵)	(۰/۵۰۰، ۰/۷۵۰، ۰/۹۵۰)	(۰/۳۰۰، ۰/۶۵۰، ۰/۸۵۰)
ارزیابی و مدیریت ریسک	(۰/۵۰۰، ۰/۷۵۰، ۰/۹۲۵)	(۰/۴۲۵، ۰/۷۰۰، ۰/۹۲۵)	(۰/۴۲۵، ۰/۶۷۵، ۰/۹۲۵)	(۰/۳۲۵، ۰/۶۷۵، ۰/۹۰۰)	(۰/۴۰۰، ۰/۷۰۰، ۰/۹۰۰)	(۰/۳۲۵، ۰/۶۷۵، ۰/۹۰۰)	(۰/۵۵۰، ۰/۸۰۰، ۰/۹۵۰)	(۰/۴۵۰، ۰/۷۰۰، ۰/۹۲۵)	(۰/۴۲۵، ۰/۶۷۵، ۰/۹۷۵)	(۰/۵۲۵، ۰/۷۷۵، ۰/۹۷۵)	(۰/۴۵۰، ۰/۷۰۰، ۰/۹۲۵)	(۰/۴۵۰، ۰/۷۰۰، ۰/۹۲۵)	(۰/۵۰۰، ۰/۷۵۰، ۰/۹۰۰)	(۰/۳۷۵، ۰/۶۲۵، ۰/۸۷۵)

1 Kiani

2 Ardakani

3 Mirfakhredini

4 Ahmadabadi

[illegible]

عوامل	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴
نوآوری در بسته بندی	$(-0.375, -0.325, -0.125)$	$(-0.45, -0.0, 0.925)$	$(-0.375, -0.575, -0.0)$	$(-0.45, -0.0, 0.9)$	$(-0.45, -0.0, 0.9)$	$(-0.35, -0.0, 0.925)$	$(-0.375, -0.325, -0.5)$	$(-0.375, -0.325, -0.5)$	$(-0.5, -0.0, 0.925)$	$(-0.375, -0.325, -0.5)$	$(-0.5, -0.0, 0.925)$	$(-0.375, -0.325, -0.925)$	$(-0.0, -0.0, -0.0)$	$(-0.35, -0.0, 0.925)$
ملاحظات زیست محیطی	$(-0.375, -0.325, -0.125)$	$(-0.35, -0.5, -0.5)$	$(-0.4, -0.5, -0.125)$	$(-0.35, -0.5, -0.5)$	$(-0.375, -0.575, -0.125)$	$(-0.4, -0.5, -0.5)$	$(-0.45, -0.325, -0.925)$	$(-0.4, -0.5, -0.9)$	$(-0.375, -0.325, -0.5)$	$(-0.375, -0.325, -0.125)$	$(-0.45, -0.0, 0.925)$	$(-0.375, -0.325, -0.925)$	$(-0.45, -0.0, 0.925)$	$(-0.0, -0.0, -0.0)$

جدول ۶. ماتریس ارتباط مستقیم نرمال شده

عوامل	پایش دمای لحظه‌ای	تأمین برق اضطراری	نگهداری و تعمیرات منظم تجهیزات	ایجاد ظرفیت‌های ذخیره‌سازی پشتیبان
۱۴	(/./۰۳۳,././۰۵۳,././۰۷۳)	(././۰۲۲,././۰۴۳,././۰۶۱)	(-/./۰۳۳,././۰۶۳,././۰۷۷)	(././۰۳۳,././۰۵۳,././۰۶۹)
۱۳	(-/./۰۳۷,././۰۵۷,././۰۷۳)	(././۰۳۷,././۰۵۷,././۰۷۵)	(-/./۰۳۳,././۰۶۳,././۰۶۴)	(././۰۴۱,././۰۶۱,././۰۷۷)
۱۲	(-/./۰۳۳,././۰۵۳,././۰۷۳)	(././۰۳۰,././۰۵۱,././۰۶۹)	(-/./۰۳۹,././۰۵۹,././۰۷۳)	(././۰۳۰,././۰۵۱,././۰۷۱)
۱۱	(././۰۳۳,././۰۵۳,././۰۷۱)	(././۰۳۳,././۰۵۳,././۰۷۳)	(-/./۰۳۵,././۰۵۵,././۰۷۳)	(././۰۴۱,././۰۶۱,././۰۷۷)
۱۰	(-/./۰۴۱,././۰۶۱,././۰۷۳)	(././۰۴۱,././۰۶۱,././۰۷۷)	(-/./۰۳۰,././۰۵۱,././۰۷۱)	(././۰۴۶,././۰۶۶,././۰۶۷)
۹	(-/./۰۳۵,././۰۵۵,././۰۷۳)	(././۰۴۵,././۰۶۵,././۰۷۹)	(-/./۰۴۸,././۰۶۸,././۰۶۷)	(././۰۴۵,././۰۶۵,././۰۷۹)
۸	(-/./۰۴۰,././۰۵۱,././۰۶۹)	(././۰۴۰,././۰۶۰,././۰۷۳)	(-/./۰۳۳,././۰۵۳,././۰۷۱)	(-/./۰۴۵,././۰۵۵,././۰۷۳)
۷	(-/./۰۳۳,././۰۵۳,././۰۷۵)	(././۰۴۱,././۰۶۱,././۰۷۳)	(-/./۰۴۳,././۰۶۳,././۰۷۳)	(././۰۴۵,././۰۶۵,././۰۷۷)
۶	(-/./۰۳۷,././۰۵۷,././۰۷۵)	(././۰۴۳,././۰۵۹,././۰۷۳)	(-/./۰۳۳,././۰۵۳,././۰۷۱)	(././۰۴۷,././۰۵۷,././۰۷۷)
۵	(-/./۰۴۵,././۰۶۵,././۰۷۷)	(././۰۴۷,././۰۵۷,././۰۷۵)	(-/./۰۳۷,././۰۵۷,././۰۷۷)	(././۰۵۱,././۰۷۱,././۰۸۱)
۴	(-/./۰۴۳,././۰۵۳,././۰۷۳)	(././۰۴۳,././۰۶۳,././۰۷۹)	(-/./۰۴۱,././۰۶۱,././۰۷۷)	(././۰۰۰,././۰۰۰,././۰۰۰)
۳	(-/./۰۳۷,././۰۵۷,././۰۷۷)	(././۰۴۳,././۰۶۳,././۰۷۹)	(-/./۰۰۰,././۰۰۰,././۰۰۰)	(././۰۴۱,././۰۶۱,././۰۷۷)
۲	(-/./۰۴۱,././۰۶۱,././۰۷۷)	(././۰۰۰,././۰۰۰,././۰۰۰)	(-/./۰۴۳,././۰۶۳,././۰۷۹)	(././۰۴۷,././۰۶۷,././۰۷۷)
۱	(-/./۰۰۰,././۰۰۰,././۰۰۰)	(././۰۴۵,././۰۵۵,././۰۷۵)	(-/./۰۴۵,././۰۵۵,././۰۷۵)	(././۰۳۳,././۰۵۳,././۰۷۱)

ردیف	عوامل	ارزیابی و مدیریت ریسک	برنامه ریزی برای شرایط اضطراری	استفاده از فناوری های صنعت ۴.۰	بهینه سازی مسیرهای حمل و نقل	بیمه مدیریت ریسک زنجیره تامین سرد	آموزش و توانمندسازی نیروی انسانی	همکاری و مشارکت در زنجیره تامین
۱۴		(-./۳۰,./۰.۵۱,./۰.۷۱)	(-./۳۳,./۰.۵۳,./۰.۷۱)	(-./۳۷,./۰.۵۷,./۰.۷۷)	(-./۷۸,./۰.۳۹,./۰.۶۹)	(۰./۷۵,./۰.۵۵,./۰.۷۱)	(-./۳۰,./۰.۵۱,./۰.۶۷)	(-./۳۹,./۰.۵۹,./۰.۷۵)
۱۳		(-./۴۱,./۰.۶۱,./۰.۷۳)	(-./۴۱,./۰.۶۱,./۰.۷۵)	(-./۴۱,./۰.۶۱,./۰.۷۷)	(-./۳۳,./۰.۵۳,./۰.۷۱)	(-./۳۷,./۰.۵۷,./۰.۷۳)	(-./۳۹,./۰.۵۹,./۰.۷۷)	(-./۳۷,./۰.۵۷,./۰.۷۳)
۱۲		(-./۳۷,./۰.۵۷,./۰.۷۵)	(-./۳۷,./۰.۵۷,./۰.۷۵)	(-./۳۷,./۰.۵۷,./۰.۷۳)	(-./۳۳,./۰.۵۳,./۰.۷۱)	(-./۳۷,./۰.۵۷,./۰.۷۵)	(-./۴۳,./۰.۶۳,./۰.۷۷)	(-./۴۳,./۰.۶۳,./۰.۷۵)
۱۱		(-./۳۷,./۰.۵۷,./۰.۷۵)	(-./۴۱,./۰.۶۱,./۰.۷۷)	(-./۴۱,./۰.۶۱,./۰.۷۹)	(-./۴۳,./۰.۶۳,./۰.۷۹)	(-./۳۹,./۰.۵۹,./۰.۷۵)	(-./۴۳,./۰.۶۳,./۰.۷۹)	(-./۴۳,./۰.۶۳,./۰.۷۹)
۱۰		(-./۴۳,./۰.۶۳,./۰.۷۹)	(-./۴۱,./۰.۶۱,./۰.۷۷)	(-./۴۹,./۰.۶۹,./۰.۷۹)	(-./۴۵,./۰.۴۷,./۰.۶۷)	(-./۴۳,./۰.۶۳,./۰.۷۷)	(-./۴۳,./۰.۶۳,./۰.۷۷)	(-./۴۳,./۰.۶۳,./۰.۷۷)
۹		(-./۵۱,./۰.۷۱,./۰.۷۹)	(-./۳۵,./۰.۵۵,./۰.۷۳)	(-./۳۹,./۰.۵۹,./۰.۷۷)	(-./۴۹,./۰.۵۹,./۰.۷۱)	(-./۴۳,./۰.۶۳,./۰.۷۷)	(-./۴۱,./۰.۶۱,./۰.۷۹)	(-./۳۹,./۰.۵۹,./۰.۷۵)
۸		(-./۳۷,./۰.۵۷,./۰.۷۵)	(-./۴۱,./۰.۶۱,./۰.۷۵)	(-./۴۱,./۰.۶۱,./۰.۷۷)	(-./۴۳,./۰.۶۳,./۰.۷۷)	(-./۳۹,./۰.۵۹,./۰.۷۱)	(-./۳۳,./۰.۵۳,./۰.۷۱)	(-./۴۱,./۰.۶۱,./۰.۷۹)
۷		(-./۴۵,./۰.۶۵,./۰.۷۷)	(-./۴۳,./۰.۶۳,./۰.۷۷)	(-./۴۳,./۰.۶۳,./۰.۷۷)	(-./۴۱,./۰.۶۱,./۰.۷۷)	(-./۳۷,./۰.۵۷,./۰.۷۱)	(-./۵۱,./۰.۷۱,./۰.۸۱)	(-./۴۵,./۰.۶۵,./۰.۸۱)
۶		(-./۵۱,./۰.۷۱,./۰.۸۱)	(-./۴۳,./۰.۶۳,./۰.۷۷)	(-./۴۹,./۰.۶۹,./۰.۷۷)	(-./۴۹,./۰.۵۹,./۰.۷۷)	(-./۳۹,./۰.۵۹,./۰.۷۷)	(-./۴۱,./۰.۶۱,./۰.۷۷)	(-./۳۷,./۰.۵۷,./۰.۷۵)
۵		(-./۴۳,./۰.۶۳,./۰.۷۷)	(-./۴۳,./۰.۶۳,./۰.۷۷)	(-./۴۹,./۰.۶۹,./۰.۷۷)	(-./۴۹,./۰.۵۹,./۰.۷۷)	(-./۵۱,./۰.۷۱,./۰.۷۹)	(-./۴۱,./۰.۶۱,./۰.۷۷)	(-./۳۷,./۰.۵۷,./۰.۷۵)
۴		(-./۵۱,./۰.۷۱,./۰.۸۱)	(-./۴۳,./۰.۶۳,./۰.۷۷)	(-./۴۵,./۰.۶۵,./۰.۷۷)	(-./۴۵,./۰.۵۵,./۰.۷۳)	(-./۴۵,./۰.۶۵,./۰.۷۹)	(-./۴۵,./۰.۶۵,./۰.۶۷)	(-./۴۱,./۰.۶۱,./۰.۷۷)
۳		(-./۴۵,./۰.۶۵,./۰.۷۵)	(-./۴۳,./۰.۶۳,./۰.۷۷)	(-./۴۱,./۰.۶۱,./۰.۷۳)	(-./۴۳,./۰.۵۳,./۰.۷۱)	(-./۴۸,./۰.۴۸,./۰.۶۷)	(-./۴۳,./۰.۶۳,./۰.۶۹)	(-./۴۳,./۰.۶۳,./۰.۷۵)
۲		(-./۳۷,./۰.۵۷,./۰.۷۵)	(-./۴۵,./۰.۶۵,./۰.۷۹)	(-./۴۹,./۰.۵۹,./۰.۷۳)	(-./۴۵,./۰.۴۷,./۰.۶۷)	(-./۴۵,./۰.۶۵,./۰.۷۹)	(-./۴۵,./۰.۵۵,./۰.۷۳)	(-./۴۳,./۰.۵۳,./۰.۷۱)
۱		(-./۴۱,./۰.۶۱,./۰.۷۵)	(-./۴۷,./۰.۵۷,./۰.۷۵)	(-./۴۱,./۰.۶۱,./۰.۷۵)	(-./۴۳,./۰.۵۳,./۰.۶۹)	(-./۴۵,./۰.۵۵,./۰.۷۳)	(-./۴۱,./۰.۶۱,./۰.۷۵)	(-./۴۳,./۰.۵۳,./۰.۷۱)

جدول ۷. ماتریس ارتباط کامل

[illegible]

عوامل	نگهداری و تعمیرات منظم تجهیزات	ایجاد ظرفیت‌های ذخیره‌سازی پشتیبان	ارزیابی و مدیریت ریسک	برنامه‌ریزی برای شرایط اضطراری	استفاده از فناوری‌های صنعت ۴.۰	بهینه‌سازی مسیرهای حمل و نقل	بیمه برای مدیریت ریسک زنجیره تأمین سرد
۱۴	(./-۷۰,۰/-۷۰,۱/۹۹۹)	(./-۴۳,۰/-۳۰,۲/۰,۴۳)	(./-۴۳,۰/-۲۱,۱/۲,۰۸۰)	(./-۴۴,۰/-۲,۰/۲,۰۴۴)	(./-۴۴,۰/-۲۱,۸/۲,۰۷۳)	(./-۵۴,۰/-۹۲,۲/۹,۱۷۸)	(./-۴۵,۰/-۲,۰/۲,۰۳۴)
۱۳	(./-۵۴,۰/-۱۹۷,۲/۰,۱۳)	(./-۷۳,۰/-۲۳۳,۲/۰,۹۹)	(./-۷۴,۰/-۲۹۳,۲/۱,۱۶۷)	(./-۷۵,۰/-۲۳۴,۲/۱,۱۲۳)	(./-۷۴,۰/-۲۳,۰/۲,۱۱۸)	(./-۴۲,۰/-۲,۰/۲,۰۲۴)	(./-۷۰,۰/-۲۳,۰/۲,۰۸۰)
۱۲	(./-۴۲,۰/-۴,۴/۲,۰۱۳)	(./-۴۲,۰/-۳,۰/۲,۰/۵۵)	(./-۷۰,۰/-۲۱,۶/۲,۱۲۰)	(./-۴۹,۰/-۲,۱/۲,۰۴۰)	(./-۷۰,۰/-۲۲,۱/۲,۱۰۴)	(./-۴۰,۰/-۷۵,۲/۰,۱۵۵)	(./-۴۸,۰/-۲۱,۴/۲,۰۷۳)
۱۱	(./-۴۴,۰/-۱۱۶,۲/۰,۱۰۳)	(./-۷۵,۰/-۲۲۲,۲/۰,۴۴)	(./-۷۲,۰/-۲۳,۰/۲,۰۹۴)	(./-۷۴,۰/-۲۳۰,۲/۱,۱۷۹)	(./-۷۸,۰/-۲۳۵,۲/۱,۸۴۱)	(./-۷۲,۰/-۱۶,۲/۰,۹۴۱)	(./-۷۲,۰/-۲۳۴,۲/۰,۲۴۵)
۱۰	(./-۴۲,۰/-۲۰,۸/۰,۴۴)	(./-۴۲,۰/-۲۱۴,۲/۱,۰۰)	(./-۷۴,۰/-۲۳۴,۲/۱,۴۰۱)	(./-۷۴,۰/-۲۲۹,۲/۱,۲۴۰)	(./-۸۵,۰/-۲۴۱,۲/۱,۴۰۹)	(./-۵۸,۰/-۲,۰/۲,۰۴۸)	(./-۷۲,۰/-۲۳۹,۲/۱,۱۲۳)
۹	(./-۴۱,۰/-۴,۹/۲,۰۴۴)	(./-۸۰,۰/-۲۲۳,۲/۱,۱۳۳)	(./-۸۸,۰/-۲۴۵,۲/۱,۴۵۵)	(./-۷۱,۰/-۲۲۷,۲/۱,۲۴۰)	(./-۷۰,۰/-۲۳۴,۲/۱,۴۴۰)	(./-۷۰,۰/-۲۱۵,۲/۰,۵۵۵)	(./-۲۲,۰/-۱۱۳,۲/۰,۴۴۱)
۸	(./-۴۱,۰/-۲۰,۰/۲,۰۰۷)	(./-۴۴,۰/-۱۱۱,۲/۰,۴۴)	(./-۷۰,۰/-۲۱۹,۲/۰,۵۰۴)	(./-۷۲,۰/-۲۱۹,۲/۰,۸۱۱)	(./-۷۲,۰/-۲۲۴,۲/۰,۴۰۴)	(./-۲۰,۰/-۲۳,۱/۹,۱۲۴)	(./-۷۰,۰/-۲۱۵,۲/۰,۴۰۱)
۷	(./-۷۲,۰/-۲۳,۰/۲/۱۶۱)	(./-۸۲,۰/-۴۱,۲/۱,۷۸۳)	(./-۵۵,۰/-۲۳۸,۲/۱,۶۱۵)	(./-۸۷,۰/-۲۲۸,۲/۱,۹۰۹)	(./-۲۳,۰/-۸۹,۲/۰,۲۰۱)	(./-۷۰,۰/-۲۲۵,۲/۱,۰۰)	(./-۷۵,۰/-۲۲۵,۲/۰,۴۰۱)
۶	(./-۴۵,۰/-۱۶,۲/۰,۹۹۳)	(./-۷۲,۰/-۲۳۴,۲/۱,۵۴۴)	(./-۸۷,۰/-۲۴۵,۲/۱,۶۱۱)	(./-۳۸,۰/-۱۷۵,۲/۱,۰۰۰)	(./-۴۰,۰/-۲۴۴,۲/۱,۷۵۵)	(./-۷۰,۰/-۲۱۵,۲/۰,۸۴۳)	(./-۷۴,۰/-۲۲۸,۲/۰,۴۰۰)
۵	(./-۷۱,۰/-۲۲۳,۲/۱,۲۳۳)	(./-۸۲,۰/-۲۲۴,۲/۱,۹۴۵)	(./-۴۱,۰/-۱۸۵,۲/۱,۵۱۴)	(./-۸۸,۰/-۲۲۲,۲/۲,۲۱۲)	(./-۸۴,۰/-۲۲۲,۲/۲,۲۱۲)	(./-۷۲,۰/-۲۲,۰/۲,۱۱۸)	(./-۸۲,۰/-۲۳۵,۲/۱,۱۷۹)
۴	(./-۷۲,۰/-۲۳,۰/۲,۰۱۱)	(./-۳۲,۰/-۱۷,۲/۰,۷۰۷)	(./-۸۸,۰/-۲۳۵,۲/۱,۸۴۴)	(./-۷۳,۰/-۲۱,۶/۱,۲۴۰)	(./-۸۲,۰/-۲۴,۰/۲,۰۴۷)	(./-۴۴,۰/-۲۱,۶/۰,۷۳۳)	(./-۸۰,۰/-۲۲۴,۲/۰,۲۴۴)
۳	(./-۳۱,۰/-۱۵۴,۲/۱,۱۱۱)	(./-۷۲,۰/-۲۲۱,۲/۱,۱۱۱)	(./-۴۹,۰/-۲۲۱,۲/۱,۴۰۱)	(./-۴۴,۰/-۲,۱/۲,۰۱۳)	(./-۷۵,۰/-۲۲۸,۲/۱,۲۰۷)	(./-۴۱,۰/-۲,۰/۲,۰۳۵)	(./-۴۲,۰/-۲۱,۰/۲,۰۸۷)
۲	(./-۳۲,۰/-۱۷۱,۲/۱,۰۷۰)	(./-۸۰,۰/-۲۲۱,۲/۱,۱۳۱)	(./-۷۲,۰/-۲۲۱,۲/۱,۹۰۴)	(./-۷۹,۰/-۲۲۳,۲/۱,۵۴۳)	(./-۷۵,۰/-۲۲۱,۲/۱,۵۴۱)	(./-۵۲,۰/-۲,۰/۲,۰۵۵)	(./-۷۸,۰/-۲۲۲,۲/۱,۲۰۱)
۱	(./-۴۰,۰/-۵۰,۲/۰,۴۹۰)	(./-۴۵,۰/-۲۱۱,۲/۰,۷۸۵)	(./-۷۰,۰/-۲۴۱,۲/۱,۳۱۳)	(./-۷۰,۰/-۲,۰/۲,۰۱۱۷)	(./-۷۵,۰/-۲۲۲,۲/۱,۰۰)	(./-۴۰,۰/-۴۰,۲/۰,۲۰۵)	(./-۴۲,۰/-۲۱۵,۲/۰,۰۴۴)

جدول ۸ ماتریس ارتباط کامل که مقادیر کمتر از آستانه حذف شده است را نشان می دهد. بر اساس جدول ۸ روابط علی معلولی بین عناصر ترسیم می شود. مقدار آستانه (Ts) در این تحقیق برابر ۰.۵۳۴ است.

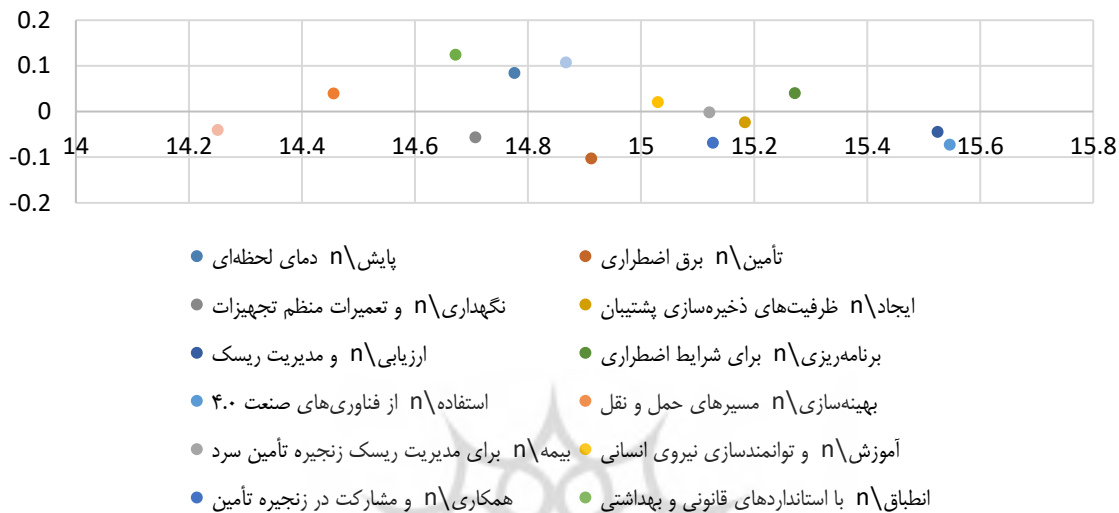
جدول ۸. الگوی روابط معنی‌دار

عوامل	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴
پایش دمای لحظه‌ای	۰	۰/۵۴	۰	۰/۵۴۴	۰/۵۶	۰/۵۴۳	۰/۵۵۶	۰	۰/۵۳۸	۰/۵۳۹	۰/۵۳۹	۰	۰	۰
تأمین برق اضطراری	۰	۰	۰	۰/۵۵۱	۰/۵۵۲	۰/۵۴۳	۰/۵۵۶	۰	۰/۵۴۴	۰/۵۳۸	۰/۵۳۷	۰	۰	۰
نگهداری و تعمیرات منظم تجهیزات	۰	۰/۵۳۵	۰	۰/۵۳۹	۰/۵۴۷	۰	۰/۵۵۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
ایجاد ظرفیت‌های ذخیره‌سازی پشتیبان	۰	۰/۵۵۴	۰/۵۴۱	۰	۰/۵۷۵	۰/۵۵۳	۰/۵۷	۰	۰/۵۵۵	۰/۵۳۷	۰/۵۵۵	۰	۰/۵۴۱	۰
ارزیابی و مدیریت ریسک	۰/۵۴۸	۰/۵۵۶	۰/۵۴۶	۰/۵۷۳	۰	۰/۵۷۴	۰/۵۸۱	۰/۵۳۶	۰/۵۷	۰/۵۶	۰/۵۶۲	۰/۵۴۱	۰/۵۵	۰
برنامه‌ریزی برای شرایط اضطراری	۰/۵۴	۰/۵۵۷	۰/۵۳۹	۰/۵۵۷	۰/۵۷۹	۰	۰/۵۷۸	۰/۵۳۴	۰/۵۵۲	۰/۵۵۳	۰/۵۶	۰/۵۳۶	۰/۵۴۵	۰
استفاده از فناوری‌های صنعت ۴.۰	۰/۵۴۸	۰/۵۵۶	۰/۵۵	۰/۵۶۷	۰/۵۷۹	۰/۵۷۱	۰	۰/۵۳۹	۰/۵۵۹	۰/۵۶۴	۰/۵۶۵	۰/۵۴	۰/۵۵	۰
بهینه‌سازی مسیرهای حمل و نقل	۰	۰	۰	۰	۰/۵۴۴	۰	۰/۵۴۶	۰	۰	۰	۰/۵۳۶	۰	۰	۰
بیمه برای مدیریت ریسک زنجیره تأمین سرد	۰	۰/۵۵۱	۰	۰/۵۵۷	۰/۵۷۳	۰/۵۵۳	۰/۵۶۲	۰	۰	۰/۵۴۹	۰/۵۵۲	۰	۰/۵۳۶	۰
آموزش و توانمندسازی نیروی انسانی	۰/۵۳۶	۰/۵۴۱	۰	۰/۵۴	۰/۵۶۳	۰/۵۵۳	۰/۵۷۳	۰	۰/۵۴۹	۰	۰/۵۵۳	۰	۰/۵۳۶	۰
همکاری و مشارکت در زنجیره تأمین	۰	۰/۵۳۸	۰/۵۳۷	۰/۵۵۲	۰/۵۶۱	۰/۵۵	۰/۵۶۸	۰	۰/۵۴۷	۰/۵۴۸	۰	۰	۰/۵۳۵	۰
انطباق با استانداردهای قانونی و بهداشتی	۰	۰	۰	۰/۵۳۹	۰/۵۵۴	۰/۵۴۲	۰/۵۵۳	۰	۰/۵۴۱	۰/۵۳۶	۰/۵۳۶	۰	۰	۰
نواوری در بسته‌بندی	۰	۰/۵۴	۰	۰/۵۴۶	۰/۵۵۷	۰/۵۴۷	۰/۵۶	۰	۰/۵۴۶	۰/۵۴۲	۰/۵۵۳	۰	۰	۰
ملاحظات زیست‌محیطی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۵۳۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

جدول ۹. محاسبه مقادیر D+R و D-R

عوامل	R	D	D+R	D-R
پایش دمای لحظه‌ای	۷/۳۴۶	۷/۴۳	۱۴/۷۷۶	۰/۰۸۴
تأمین برق اضطراری	۷/۵۰۷	۷/۴۰۴	۱۴/۹۱۲	-۰/۱۰۳
نگهداری و تعمیرات منظم تجهیزات	۷/۳۸۲	۷/۳۲۵	۱۴/۷۰۷	-۰/۰۵۷
ایجاد ظرفیت‌های ذخیره‌سازی پشتیبان	۷/۶۰۴	۷/۵۸	۱۵/۱۸۴	-۰/۰۲۴
ارزیابی و مدیریت ریسک	۷/۷۸۵	۷/۷۴	۱۵/۵۲۵	-۰/۰۴۵
برنامه‌ریزی برای شرایط اضطراری	۷/۶۱۶	۷/۶۵۶	۱۵/۲۷۲	۰/۰۴
استفاده از فناوری‌های صنعت ۴.۰	۷/۸۱	۷/۷۳۷	۱۵/۵۴۶	-۰/۰۷۳
بهینه‌سازی مسیرهای حمل و نقل	۷/۲۰۹	۷/۲۴۸	۱۴/۴۵۶	۰/۰۳۹
بیمه برای مدیریت ریسک زنجیره تأمین سرد	۷/۵۶۱	۷/۵۵۹	۱۵/۱۲۱	-۰/۰۰۲
آموزش و توانمندسازی نیروی انسانی	۷/۵۰۵	۷/۵۲۵	۱۵/۰۳	۰/۰۲
همکاری و مشارکت در زنجیره تأمین	۷/۵۹۸	۷/۵۲۹	۱۵/۱۲۷	-۰/۰۶۹
انطباق با استانداردهای قانونی و بهداشتی	۷/۲۷۴	۷/۳۹۸	۱۴/۶۷۲	۰/۱۲۴
نوآوری در بسته‌بندی	۷/۳۸	۷/۴۸۷	۱۴/۸۶۷	۰/۱۰۷
ملاحظات زیست‌محیطی	۷/۱۴۶	۷/۱۰۵	۱۴/۲۵۱	-۰/۰۴۱

Cause-Effect diagram



شکل ۱. نمودار الگوی روابط

با توجه به شکل ۱ و جدول ۹ هر عامل از چهار جنبه بررسی می‌شود:

- میزان تاثیر گذاری متغیرها: جمع عناصر هر سطر (D) برای هر عامل نشانگر میزان تاثیرگذاری آن عامل بر سایر عامل‌های سیستم است. در این تحقیق پایش دمای لحظه‌ای از بیشترین تاثیرگذاری برخوردار است و تأمین برق اضطراری، نگهداری و تعمیرات منظم تجهیزات، ایجاد ظرفیت‌های ذخیره‌سازی پشتیبان، ارزیابی و مدیریت ریسک، برنامه‌ریزی برای شرایط اضطراری، استفاده از فناوری‌های صنعت ۴۰۰، بهینه‌سازی مسیرهای حمل و نقل، بیمه برای مدیریت ریسک زنجیره تأمین سرد، آموزش و توانمندسازی نیروی انسانی، همکاری و مشارکت در زنجیره تأمین، انطباق با استانداردهای قانونی و بهداشتی، نوآوری در بسته‌بندی و ملاحظات زیست‌محیطی در درجات بعدی تاثیرگذاری قرار دارند.

- میزان تاثیرپذیری متغیرها: جمع عناصر ستون (R) برای هر عامل نشانگر میزان تاثیرپذیری آن عامل از سایر عامل‌های سیستم است. در این تحقیق استفاده از فناوری‌های صنعت ۴۰۰ از بیشترین تاثیرپذیری برخوردار است و ارزیابی و مدیریت ریسک، برنامه‌ریزی برای شرایط اضطراری، ایجاد ظرفیت‌های ذخیره‌سازی پشتیبان، همکاری و مشارکت در زنجیره تأمین، بیمه برای مدیریت ریسک زنجیره تأمین سرد، تأمین برق اضطراری، آموزش و توانمندسازی نیروی انسانی، نگهداری و تعمیرات منظم تجهیزات، نوآوری در بسته‌بندی، پایش دمای لحظه‌ای، انطباق با استانداردهای قانونی و بهداشتی، بهینه‌سازی مسیرهای حمل و نقل و ملاحظات زیست‌محیطی در درجات بعدی تاثیرپذیری قرار دارند.

- بردار افقی (D + R) میزان تاثیر و اثر عامل مورد نظر در سیستم را نشان می‌دهد. به عبارت دیگر هرچه مقدار D + R عاملی بیشتر باشد، آن عامل تعامل بیشتری با سایر عوامل سیستم دارد. در این تحقیق استفاده از فناوری‌های صنعت ۴۰۰ از بیشترین تاثیر گذاری برخوردار است و ارزیابی و مدیریت ریسک، برنامه‌ریزی برای شرایط اضطراری، ایجاد ظرفیت‌های ذخیره‌سازی پشتیبان، همکاری و مشارکت در زنجیره تأمین، بیمه برای مدیریت ریسک زنجیره تأمین سرد،

آموزش و توانمندسازی نیروی انسانی، تأمین برق اضطراری، نوآوری در بسته‌بندی، پایش دمای لحظه‌ای، نگهداری و تعمیرات منظم تجهیزات، انطباق با استانداردهای قانونی و بهداشتی، بهینه‌سازی مسیرهای حمل و نقل و ملاحظات زیست‌محیطی در درجات بعدی تأثیرگذاری قرار دارند.

- بردار عمودی ($D - R$) قدرت تأثیرگذاری هر عامل را نشان می‌دهد. بطور کلی اگر $D - R$ مثبت باشد، متغیر یک متغیر علی محسوب می‌شود و اگر منفی باشد، معلول محسوب می‌شود. در این تحقیق پایش دمای لحظه‌ای، برنامه‌ریزی برای شرایط اضطراری، بهینه‌سازی مسیرهای حمل و نقل، آموزش و توانمندسازی نیروی انسانی، انطباق با استانداردهای قانونی و بهداشتی، نوآوری در بسته‌بندی علی بوده و تأمین برق اضطراری، نگهداری و تعمیرات منظم تجهیزات، ایجاد ظرفیت‌های ذخیره‌سازی پشتیبان، ارزیابی و مدیریت ریسک، استفاده از فناوری‌های صنعت ۴.۰، بیمه برای مدیریت ریسک زنجیره تأمین سرد، همکاری و مشارکت در زنجیره تأمین، ملاحظات زیست‌محیطی معلول به حساب می‌آیند.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از تحلیل دیمتل فازی نشان می‌دهد که عوامل مؤثر بر مدیریت ریسک زنجیره تأمین سرد محصولات آبزیان دارای روابط پیچیده و وابستگی‌های متقابل هستند. این تحلیل به درک بهتر میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری هر عامل کمک کرده و امکان شناسایی عوامل علی (محرک) و معلول (متأثر) را فراهم می‌کند. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، پایش دمای لحظه‌ای به‌عنوان تأثیرگذارترین عامل در مدیریت این زنجیره شناسایی شده است. این مسئله نشان‌دهنده اهمیت بالایی کنترل دما در کاهش ضایعات و حفظ کیفیت محصولات آبزیان است. همچنین برنامه‌ریزی برای شرایط اضطراری، بهینه‌سازی مسیرهای حمل‌ونقل، آموزش و توانمندسازی نیروی انسانی، انطباق با استانداردهای قانونی و بهداشتی و نوآوری در بسته‌بندی نیز به‌عنوان دیگر عوامل کلیدی تأثیرگذار شناخته شده‌اند. این نتایج بیانگر آن است که تصمیم‌گیری‌های مرتبط با این عوامل نقش مستقیمی در افزایش کارایی زنجیره تأمین و کاهش ریسک‌های آن دارند.

در مقابل، عواملی مانند تأمین برق اضطراری، نگهداری و تعمیرات منظم تجهیزات، ایجاد ظرفیت‌های ذخیره‌سازی پشتیبان، ارزیابی و مدیریت ریسک، استفاده از فناوری‌های صنعت ۴.۰، بیمه برای مدیریت ریسک زنجیره تأمین سرد، همکاری و مشارکت در زنجیره تأمین و ملاحظات زیست‌محیطی به‌عنوان عوامل تأثیرپذیر در این سیستم شناسایی شدند. به این معنا که این عوامل بیشتر تحت تأثیر تصمیمات مدیریتی، فناوری‌های مورد استفاده و شرایط محیطی قرار دارند. به‌طور خاص، استفاده از فناوری‌های صنعت ۴.۰ دارای بیشترین میزان تعامل بوده که نشان می‌دهد به‌کارگیری فناوری‌های نوین مانند اینترنت اشیا، تحلیل داده‌های بزرگ و سیستم‌های هوشمند می‌تواند به بهبود عملکرد زنجیره تأمین سرد کمک کند. با این حال، این عامل به زیرساخت‌های مناسب، نیروی انسانی آموزش‌دیده و سیاست‌های حمایتی نیاز دارد تا بتواند تأثیر مثبت خود را در کل زنجیره نشان دهد.

یکی دیگر از یافته‌های مهم این تحقیق، نقش کلیدی برنامه‌ریزی برای شرایط اضطراری در مدیریت ریسک‌های زنجیره تأمین سرد است. نتایج نشان داد که این عامل نه تنها بر تصمیمات مرتبط با مدیریت بحران اثرگذار است، بلکه به‌طور مستقیم بر عواملی مانند تأمین برق اضطراری، ایجاد ظرفیت‌های ذخیره‌سازی پشتیبان و بیمه برای مدیریت ریسک تأثیر دارد. بنابراین، تدوین استراتژی‌های مناسب برای مواجهه با بحران‌های احتمالی، مانند قطع برق، مشکلات حمل‌ونقل یا افزایش ناگهانی تقاضا، می‌تواند تاب‌آوری زنجیره تأمین را افزایش دهد. از سوی دیگر، تأثیرپذیری بالای همکاری و

مشارکت در زنجیره تأمین نشان می‌دهد که ایجاد تعامل سازنده میان تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان و توزیع‌کنندگان می‌تواند در کاهش ریسک‌های عملیاتی نقش مؤثری ایفا کند.

مطالعه لاو و همکاران (۲۰۲۱) نشان داده است که ایمنی محصولات دریایی بیشتر به فرآیندهای زنجیره تأمین مرتبط است تا کشور مبدأ. در مقایسه، یافته‌های تحقیق حاضر نیز تأیید می‌کند که عوامل زنجیره تأمین مانند پردازش، شرایط نگهداری و حمل‌ونقل نقش کلیدی در کاهش یا افزایش خطرات ایمنی دارند. پیشنهاد لاو و همکاران شامل تقویت نظارت، شفافیت داده‌های دولتی و توسعه سیستم‌های ردیابی است که با نتایج مطالعه ما همخوانی دارد، زیرا تحقیق حاضر نیز بر اهمیت پایش مستمر و کنترل فرآیندهای زنجیره‌ای برای کاهش مخاطرات تأکید کرده است.

مطالعه استنیفورد و همکاران (۲۰۲۲) به مخاطرات زیست‌محیطی زنجیره تأمین آبزیان پرداخته و بر لزوم کنترل این تهدیدات برای حفظ امنیت غذایی تأکید دارد. در مقایسه، نتایج ما نیز نشان می‌دهد که آلودگی‌های محیطی و کیفیت آب تأثیر مستقیم بر ایمنی محصولات دریایی دارند و راهکارهایی مانند کاهش آلودگی‌های شیمیایی و میکروبی و بهبود سیاست‌های ملی و بین‌المللی برای مدیریت این بحران‌ها ضروری است. هر دو مطالعه بر سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های پایش و کنترل تأکید دارند تا اثرات منفی این مخاطرات کاهش یابد. مطالعه ویلیامز و همکاران (۲۰۲۱) نشان داده که ضعف‌های نظارتی و نیروی کار غیرماهر از عوامل اصلی نقض استانداردهای زنجیره تأمین محصولات دریایی هستند. این یافته‌ها با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد، زیرا بررسی‌های ما نیز حاکی از آن است که چالش‌های کنترل کیفیت و رعایت استانداردهای بهداشتی در فرآیندهای تولید و عرضه می‌توانند بر ایمنی محصولات تأثیر منفی بگذارند. پیشنهادات تحقیق حاضر در زمینه تقویت نظارت و استانداردسازی فرآیندهای تأمین، همسو با توصیه‌های ویلیامز و همکاران برای بهبود کیفیت و بازرسی‌های سختگیرانه‌تر است.

پژوهش استرلینگ و همکاران (۲۰۱۵) تأثیر سیستم‌های ردیابی بر عملکرد زنجیره تأمین محصولات دریایی را بررسی کرده و بهبود همکاری میان تأمین‌کنندگان و مشتریان را عامل موفقیت این سیستم‌ها دانسته است. در مقایسه، نتایج تحقیق ما نیز نشان داده که شفافیت و قابلیت ردیابی اطلاعات در زنجیره تأمین به کاهش ضایعات، افزایش اعتماد مصرف‌کنندگان و بهبود عملکرد کسب‌وکارها کمک می‌کند. هر دو تحقیق بر اهمیت فناوری‌های ردیابی و یکپارچگی داده‌ها برای افزایش کارایی زنجیره تأمین تأکید دارند. مقاله البوسیدی و همکاران (۲۰۱۶) چالش‌های سیستم کنترل ایمنی غذا در عمان را بررسی کرده و نشان داده که تفاوت‌های نظارتی بین بازارهای صادراتی و داخلی بر کیفیت محصولات تأثیر دارد. این یافته‌ها با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد، زیرا ما نیز دریافتیم که یکپارچگی استانداردها و بهبود کنترل‌های نظارتی می‌تواند رقابت‌پذیری در بازارهای جهانی را افزایش دهد. هر دو مطالعه بر لزوم اجرای سیستم‌های کنترل مبتنی بر ریسک و بهبود همکاری بین نهادهای دولتی برای ارتقای کیفیت محصولات دریایی تأکید دارند.

پژوهش له و ژوان-ئی-ثو (۲۰۲۴) با استفاده از یادگیری ماشین، هزینه‌های حمل‌ونقل و مصرف سوخت را در زنجیره تأمین محصولات دریایی تحلیل کرده است. در مقایسه، تحقیق حاضر نیز بر اهمیت مدل‌سازی و تحلیل داده‌ها برای بهینه‌سازی فرآیندهای زنجیره تأمین تأکید دارد. هر دو مطالعه نشان داده‌اند که استفاده از روش‌های پیشرفته تحلیلی مانند شبکه‌های عصبی مصنوعی و شبیه‌سازی می‌تواند بهبود بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها را به دنبال داشته باشد. مقاله پانی و همکاران (۲۰۲۴) از بلاک‌چین برای ایجاد شفافیت در زنجیره تأمین محصولات دریایی استفاده کرده و نشان داده که ثبت دیجیتال مراحل تولید و توزیع، اعتبار و امنیت اطلاعات را افزایش می‌دهد. این یافته‌ها با نتایج تحقیق حاضر سازگار است،

زیرا ما نیز دریافتیم که فناوری‌های دیجیتال و سیستم‌های هوشمند ردیابی می‌توانند به بهبود شفافیت و کاهش خطرات تقلب در زنجیره تأمین کمک کنند.

مطالعه کیلینگ و همکاران (۲۰۲۳) تأثیر بحران‌هایی مانند COVID-۱۹ و جنگ اوکراین بر زنجیره تأمین محصولات دریایی را بررسی کرده و بر توسعه مدل‌های پایدار و تنوع‌بخشی به منابع تأمین تأکید دارد. نتایج تحقیق حاضر نیز نشان می‌دهد که افزایش تاب‌آوری زنجیره تأمین از طریق بهبود انعطاف‌پذیری و استفاده از استراتژی‌های پایدار می‌تواند از آسیب‌های ناشی از بحران‌های جهانی جلوگیری کند. هر دو مطالعه بر اهمیت سیاست‌گذاری فعال و همکاری میان ذینفعان تأکید دارند. پژوهش رحمان و همکاران (۲۰۲۱) کاربرد فناوری RFID را در مدیریت زنجیره تأمین محصولات شیلاتی بررسی کرده و نشان داده که این فناوری به بهبود شفافیت و کیفیت کمک می‌کند. یافته‌های تحقیق ما نیز تأیید می‌کند که استفاده از سیستم‌های هوشمند و فناوری‌های نوین، اعتماد مصرف‌کنندگان را افزایش داده و بهره‌وری زنجیره تأمین را بهبود می‌بخشد. هر دو مطالعه به چالش‌هایی مانند هزینه‌های پیاده‌سازی و ناسازگاری با سیستم‌های موجود اشاره دارند و بر نیاز به توسعه زیرساخت‌های مناسب برای بهینه‌سازی ردیابی تأکید دارند.

برای بهبود مدیریت ریسک در زنجیره تأمین سرد محصولات آبزیان، سازمان‌ها می‌توانند مجموعه‌ای از راهکارهای عملی و کاربردی را در نظر بگیرند. در وهله اول، سرمایه‌گذاری در سیستم‌های پایش لحظه‌ای دما ضروری است. استفاده از حسگرهای هوشمند و اینترنت اشیا (IoT) به سازمان‌ها این امکان را می‌دهد که تغییرات دما را در تمام مراحل زنجیره تأمین، از تولید تا توزیع، کنترل کرده و از بروز مشکلاتی مانند فساد محصولات جلوگیری کنند. این فناوری‌ها باید با سامانه‌های هشداردهنده خودکار ترکیب شوند تا در صورت افزایش یا کاهش غیرمنتظره دما، اقدامات اصلاحی به‌موقع انجام شود.

بهینه‌سازی مسیرهای حمل‌ونقل و مدیریت لجستیک نیز یکی دیگر از راهکارهای کلیدی است. سازمان‌ها می‌توانند از الگوریتم‌های پیشرفته برنامه‌ریزی مسیر و سیستم‌های مدیریت ناوگان (FMS) استفاده کنند تا زمان حمل‌ونقل را کاهش داده و از مسیرهای بهینه برای حمل محصولات حساس به دما بهره‌برند. همچنین، تجهیز ناوگان حمل‌ونقل به وسایل نقلیه مجهز به سیستم‌های پایش و کنترل دما، می‌تواند نقش مهمی در حفظ کیفیت محصولات ایفا کند. علاوه بر این، ایجاد ظرفیت‌های ذخیره‌سازی پشتیبان در نقاط استراتژیک زنجیره تأمین می‌تواند از اتلاف محصول در مواقع بحران جلوگیری کند. این ظرفیت‌ها باید دارای امکانات کنترل دما و انرژی پشتیبان باشند تا در شرایط اضطراری، مانند قطع برق یا تأخیر در حمل‌ونقل، از فساد محصولات جلوگیری شود.

استفاده از فناوری‌های صنعت ۴.۰ از دیگر اقداماتی است که سازمان‌ها می‌توانند برای بهبود مدیریت ریسک اتخاذ کنند. به‌کارگیری هوش مصنوعی و تحلیل داده‌های بزرگ می‌تواند به پیش‌بینی ریسک‌ها و شناسایی الگوهای بحرانی در زنجیره تأمین کمک کند. همچنین، بهره‌گیری از بلاک‌چین برای ایجاد شفافیت در اطلاعات زنجیره تأمین، می‌تواند اطمینان مصرف‌کنندگان و نهادهای نظارتی را افزایش دهد. در کنار این اقدامات، آموزش و توانمندسازی نیروی انسانی نیز نباید نادیده گرفته شود. کارکنان در بخش‌های تولید، انبارداری و توزیع باید آموزش‌های تخصصی در زمینه مدیریت دما، تشخیص علائم فساد محصول و اقدامات اضطراری دریافت کنند تا در شرایط بحرانی بتوانند تصمیمات سریع و مؤثری اتخاذ کنند. از دیگر پیشنهادات کاربردی، تدوین و اجرای برنامه‌های مدیریت بحران و شرایط اضطراری است. سازمان‌ها باید سناریوهای مختلف بحران، مانند قطع برق، نوسانات شدید دما، مشکلات حمل‌ونقل و افزایش ناگهانی تقاضا را شناسایی کرده و برای هر یک از این شرایط، برنامه‌های جایگزین طراحی کنند. این برنامه‌ها باید شامل روش‌های بازیابی سریع، تأمین انرژی

پشتیبان و استراتژی‌های توزیع جایگزین باشند. در کنار این اقدامات، ارتقای سطح همکاری و مشارکت در زنجیره تأمین اهمیت زیادی دارد. سازمان‌ها می‌توانند با ایجاد قراردادهای مشارکتی با تأمین‌کنندگان، توزیع‌کنندگان و شرکت‌های بیمه، ریسک‌های موجود را به‌صورت مشترک مدیریت کرده و تاب‌آوری زنجیره تأمین را افزایش دهند.

در نهایت، سازمان‌ها باید به انطباق با استانداردهای قانونی و بهداشتی و توجه به ملاحظات زیست‌محیطی پایبند باشند. رعایت مقررات مربوط به حمل و نگهداری محصولات سرد، دریافت گواهینامه‌های بهداشتی و استفاده از روش‌های پایدار بسته‌بندی، می‌تواند به بهبود کیفیت محصول و افزایش اعتماد مشتریان منجر شود. همچنین، استفاده از مواد بسته‌بندی سازگار با محیط زیست و کاهش ضایعات غذایی از طریق مدیریت بهینه زنجیره تأمین، می‌تواند تأثیرات مثبت اقتصادی و زیست‌محیطی به همراه داشته باشد. به‌طور کلی، ترکیب فناوری‌های پیشرفته، برنامه‌ریزی دقیق، توسعه مهارت‌های انسانی و افزایش تعاملات زنجیره‌ای، می‌تواند نقش بسزایی در بهینه‌سازی مدیریت ریسک زنجیره تأمین سرد محصولات آبزیان داشته باشد و به سازمان‌ها کمک کند تا کارایی و تاب‌آوری خود را در برابر چالش‌های این صنعت افزایش دهند.

یکی از محدودیت‌های اصلی این پژوهش، وابستگی به داده‌های خبرگان و استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است که ممکن است تحت تأثیر قضاوت‌های ذهنی قرار گیرد. علاوه بر این، این مطالعه بر یک صنعت خاص متمرکز بوده و نتایج آن ممکن است به سایر صنایع به‌طور کامل تعمیم‌پذیر نباشد. همچنین، عدم دسترسی به داده‌های دقیق عملیاتی و مالی از شرکت‌های زنجیره تأمین محصولات دریایی، می‌تواند بر دقت تحلیل‌ها تأثیر بگذارد.

پیشنهاد می‌شود که پژوهش‌های آینده از ترکیب روش‌های کمی و کیفی برای تحلیل جامع‌تر استفاده کنند و مدل‌های پیشرفته‌تری مانند یادگیری ماشین و شبیه‌سازی را برای پیش‌بینی عملکرد زنجیره تأمین به کار گیرند. بررسی تأثیر فناوری‌های نوین مانند اینترنت اشیا و بلاک‌چین بر بهبود ایمنی و شفافیت زنجیره تأمین نیز می‌تواند موضوعی ارزشمند باشد. همچنین، انجام مطالعات تطبیقی در صنایع دیگر می‌تواند به تعمیم‌پذیری بهتر نتایج کمک کرده و چارچوب جامعی برای بهینه‌سازی زنجیره تأمین ارائه دهد.

منابع

- Al-Busaidi, M. A., Jukes, D. J., & Bose, S. (2016). Seafood safety and quality: An analysis of the supply chain in the Sultanate of Oman. *Food Control*, 59, 651-662.
- Almeida, C., Loubet, P., da Costa, T. P., Quinteiro, P., Laso, J., Baptista de Sousa, D., ... & Marques, A. (2022). Packaging environmental impact on seafood supply chains: A review of life cycle assessment studies. *Journal of Industrial Ecology*, 26(6), 1961-1978.
- Awuchi, C. G. (2023). HACCP, quality, and food safety management in food and agricultural systems. *Cogent Food & Agriculture*, 9(1), 2176280.
- Chavalala, M. M., Bag, S., Pretorius, J. H. C., & Rahman, M. S. (2024). A multi-method study on the barriers of the blockchain technology application in the cold supply chains. *Journal of Enterprise Information Management*, 37(2), 745-776.
- Cooney, R., de Sousa, D. B., Fernández-Ríos, A., Mellett, S., Rowan, N., Morse, A. P., ... & Clifford, E. (2023). A circular economy framework for seafood waste valorisation to meet challenges and opportunities for intensive production and sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 392, 136283.

- Coronado Mondragon, A. E., Coronado Mondragon, C. E., & Coronado, E. S. (2021). Managing the food supply chain in the age of digitalisation: A conceptual approach in the fisheries sector. *Production planning & control*, 32(3), 242-255.
- Danacı, M., & Yıldırım, U. (2023). Comprehensive analysis of lifeboat accidents using the Fuzzy Delphi method. *Ocean Engineering*, 278, 114371.
- Fox, M., Mitchell, M., Dean, M., Elliott, C., & Campbell, K. (2018). The seafood supply chain from a fraudulent perspective. *Food Security*, 10, 939-963.
- Fry, J. P., Scroggins, R. E., Garlock, T. M., Love, D. C., Asche, F., Brown, M. T., ... & Neff, R. A. (2024). Application of the food-energy-water nexus to six seafood supply chains: hearing from wild and farmed seafood supply chain actors in the United States, Norway, and Vietnam. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7, 1269026.
- Gazi, K. H., Raisa, N., Biswas, A., Azizzadeh, F., & Mondal, S. P. (2025). Finding the most important criteria in women's empowerment for sports sector by pentagonal fuzzy DEMATEL methodology. *Spectrum of Decision Making and Applications*, 2(1), 28-52.
- Ghadge, A., Wurtmann, H., & Seuring, S. (2020). Managing climate change risks in global supply chains: a review and research agenda. *International Journal of Production Research*, 58(1), 44-64.
- Hosseini, S. M., Soltanpour, Y., & Paydar, M. M. (2022). Applying the Delphi and fuzzy DEMATEL methods for identification and prioritization of the variables affecting Iranian citrus exports to Russia. *Soft Computing*, 26(18), 9543-9556.
- Kelling, I., Carrigan, M., & Johnson, A. F. (2023). Transforming the seafood supply system: challenges and strategies for resilience. *Food Security*, 15(6), 1585-1591.
- Khorshidikia, S., Rismanchian, M., & Habibi, E. (2024). A narrative review on the application of Delphi and fuzzy Delphi techniques in the cement industry. *Work*, 10519815241297468.
- Kiani, M., Andalib Ardakani, D., Mirfakhredini, S. H., & Zare Ahmadabadi, H. (2023). An analysis of the Barriers to the implementation of the circular economy and Industry 4.0 in the supply chain: the Meta-Synthesis approach and Fuzzy DANP. *Journal of Industrial Management Perspective*, 13(4), 9-45.
- Kumar, N., Tyagi, M., & Sachdeva, A. (2022). Depiction of possible solutions to improve the cold supply chain performance system. *Journal of Advances in Management Research*, 19(1), 106-138.
- Lawrence, S., Elliott, C., Huisman, W., Dean, M., & van Ruth, S. (2024). Food fraud threats in UK post-harvest seafood supply chains; an assessment of current vulnerabilities. *npj Science of Food*, 8(1), 30.
- Le, L. T., & Xuan-Thi-Thu, T. (2024). Discovering supply chain operation towards sustainability using machine learning and DES techniques: a case study in Vietnam seafood. *Maritime Business Review*, 9(3), 243-262.
- Li, J., Liu, Y., & Yang, G. (2024). Two-stage distributionally robust optimization model for a pharmaceutical cold supply chain network design problem. *International Transactions in Operational Research*, 31(5), 3459-3493.

- Love, D. C., Asche, F., Young, R., Nussbaumer, E. M., Anderson, J. L., Botta, R., ... & Thorne-Lyman, A. L. (2022). An overview of retail sales of seafood in the USA, 2017–2019. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 30(2), 259-270.
- Love, D. C., Nussbaumer, E. M., Harding, J., Gephart, J. A., Anderson, J. L., Asche, F., ... & Bloem, M. W. (2021). Risks shift along seafood supply chains. *Global Food Security*, 28, 100476.
- Matthews, A. (2021, November). Contingency plan for ensuring food supply and food security. In *Workshop Report-JRC Conference, Luxemburgo*.
- Mosallanezhad, B., Arjomandi, M. A., Hashemi-Amiri, O., Gholian-Jouybari, F., Dibaj, M., Akrami, M., & Hajiaghaei-Keshteli, M. (2023). Metaheuristic optimizers to solve multi-echelon sustainable fresh seafood supply chain network design problem: a case of shrimp products. *Alexandria Engineering Journal*, 68, 491-515.
- Naghipour, M. S., Rahim, Z. A., & Iqbal, M. S. (2024). A 5G competency model based on the fuzzy Delphi method. *Journal of Infrastructure, Policy and Development*, 8(10), 6788.
- Nguyen, K. A. T., Nguyen, T. A. T., Bui, C. T., Jolly, C., & Nguelifack, B. M. (2021). Shrimp farmers risk management and demand for insurance in Ben Tre and Tra Vinh Provinces in Vietnam. *Aquaculture Reports*, 19, 100606.
- Nguyen, T. T. T., Nguyen, X. H., Nguyen, H. D., Mai, T. L., Bui, T. T., Tran, N. D., & Nguyen, D. M. (2023). Factors affecting cooperation in the international supply chain of seafood enterprises: the case of vietnamese. *International Journal of Professional Business Review: Int. J. Prof. Bus. Rev.*, 8(5), 1.
- Patel, A. S., Brahmhatt, M. N., Bariya, A. R., Nayak, J. B., & Singh, V. K. (2023). Blockchain technology in food safety and traceability concern to livestock products. *Heliyon*, 9(6).
- Pedro, A. L., Rodolfo, R. V., Arturo, M. H. P., Nazmín, T. G. D., & Antonio, S. J. L. (2023). Cold chain relevance in the food safety of perishable products. *Foods and Raw materials*, 11(1), 116-128.
- Prompatanapak, A., & Lopetcharat, K. (2020). Managing changes and risk in seafood supply chain: A case study from Thailand. *Aquaculture*, 525, 735318.
- Rahman, L. F., Alam, L., Marufuzzaman, M., & Sumaila, U. R. (2021). Traceability of sustainability and safety in fishery supply chain management systems using radio frequency identification technology. *Foods*, 10(10), 2265.
- Rani, P., Sharma, P., & Gupta, I. (2024, January). Seamless seafood supply chain management: a dynamic blockchain contract with role-based flexibility and enhanced security. In *2024 Fourth International Conference on Advances in Electrical, Computing, Communication and Sustainable Technologies (ICAECT)* (pp. 1-7). IEEE.
- Rejeb, A., Rejeb, K., Keogh, J. G., & Zailani, S. (2022). Barriers to blockchain adoption in the circular economy: a fuzzy Delphi and best-worst approach. *Sustainability*, 14(6), 3611.
- Rowan, N. J. (2023). The role of digital technologies in supporting and improving fishery and aquaculture across the supply chain—Quo Vadis?. *Aquaculture and Fisheries*, 8(4), 365-374.

- Saffie, N. A. M., & Rasmani, K. A. (2016, July). Fuzzy delphi method: Issues and challenges. In *2016 International Conference on Logistics, Informatics and Service Sciences (LISS)* (pp. 1-7). IEEE.
- Sathyan, R., Parthiban, P., Dhanalakshmi, R., & Sachin, M. S. (2023). An integrated Fuzzy MCDM approach for modelling and prioritising the enablers of responsiveness in automotive supply chain using Fuzzy DEMATEL, Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS. *Soft Computing*, 27(1), 257-277.
- Stentiford, G. D., Peeler, E. J., Tyler, C. R., Bickley, L. K., Holt, C. C., Bass, D., ... & Hartnell, R. E. (2022). A seafood risk tool for assessing and mitigating chemical and pathogen hazards in the aquaculture supply chain. *Nature Food*, 3(2), 169-178.
- Sterling, B., Gooch, M., Dent, B., Marenick, N., Miller, A., & Sylvia, G. (2015). Assessing the value and role of seafood traceability from an entire value-chain perspective. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14(3), 205-268.
- Sterling, B., Gooch, M., Dent, B., Marenick, N., Miller, A., & Sylvia, G. (2015). Assessing the value and role of seafood traceability from an entire value-chain perspective. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14(3), 205-268.
- Tang, M. H. T. M. H., & Thi, T. H. H. (2024). The importance of technology and cold chain logistics in Vietnam's preservation of harvested seafood. *Tạp chí Khoa học-Công nghệ Thủy Sản, Trường Đại học Nha Trang*, (01), 049-057.
- Tchonkouang, R. D., Onyeaka, H., & Nkoutchou, H. (2024). Assessing the vulnerability of food supply chains to climate change-induced disruptions. *Science of the Total Environment*, 171047.
- Williams, M., Hernandez-Jover, M., Williams, T., & Shamsi, S. (2021). A risk scoring system for seafood supply chain breaches and examination of freshwater fish imported to Australia. *Food Quality and Safety*, 5, fyab004.
- Wu, J. Y., & Hsiao, H. I. (2021). Food quality and safety risk diagnosis in the food cold chain through failure mode and effect analysis. *Food Control*, 120, 107501.
- Yang, Y., Zhang, G., & Du, M. (2020). Research on seafood logistics path based on ant colony optimization algorithm. *Journal of Coastal Research*, 108(SI), 211-214.