



A Causal Model for Analyzing Factors Affecting the Implementation of Traceability in the Food Supply Chain

Mohsen Shafiei Nikabadi * , Alireza Moghaddam , Mahsa Eshghali

* Professor, Department of Industrial Management, Faculty of Economics, Management and Administrative Sciences, Semnan University, Semnan, Iran

(Received: 16/08/2024, Revised: 27/10/2024, Accepted: 19/11/2024, Published: 10/03/2025)

DOR: 20.1001.1.20089198.1403.26.85.1.4

ABSTRACT

The food supply chain, as one of the key production sectors, has a close relationship with human health. Therefore, the implementation of tracing technologies to monitor the product at all stages is very important. Various factors are involved in the implementation of tracing in the food supply chain. The aim of this research is to provide a causal model to analyze these factors. At first through a literature review, the most important factors related to the implementation of traceability were extracted, and their importance in the food supply chain was determined by experts using the fuzzy Delphi. Finally, the modeling and analysis of factors were carried out using the fuzzy DEMATEL. According to the findings, the level of realization of technological traceability capabilities in the supply chain and the level of access to modern technologies are the most influential factors, while the willingness of supply chain members to trace, the profitability level of the supply chain, and the product quality level are the most affected factors. Changes in product quality level affect consumer perception, and increasing consumer awareness and the level of legal and regulatory requirements increase companies' willingness to prove the quality level of their products by implementing traceability. In this regard, the informational integration of members in utilizing modern technologies for effective product traceability is a quality assurance strategy that leads to consumer satisfaction, profitability, and the reputation of the supply chain.

Keywords: Food Supply Chain, Traceability, Fuzzy DEMATEL, Causal Model

This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license.

Publisher: Imam Hussein University



* Corresponding Author Email: shafiei@semnan.ac.ir

مدلی علی به منظور تحلیل عوامل مؤثر در پیاده سازی قابلیت ردیابی در زنجیره تأمین مواد غذایی

محسن شفیعی نیکابادی^{۱*}، علیرضا مقدم^۲، مهسا عشقعلی^۳

۱- استاد، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اداری، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران ۲- دانشیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اداری، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران ۳- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اداری، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

DOR: 20.1001.1.20089198.1403.26.85.1.4

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۲۹

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۱۲/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۲۶

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۸/۰۶

چکیده

زنجیره تأمین مواد غذایی به عنوان یکی از بخش های تولیدی کلیدی، ارتباط تنگاتنگی با سلامت انسان دارد. از این رو استقرار فناوری های ردیابی به منظور نظارت بر محصول در تمامی مراحل بسیار اهمیت دارد. عوامل متعددی بر اجرای ردیابی در زنجیره تأمین مواد غذایی دخیل هستند. هدف این پژوهش ارائه مدلی علی جهت تحلیل این عوامل است. در ابتدا طی بررسی ادبیات، مهم ترین عوامل مرتبط با پیاده سازی قابلیت ردیابی، استخراج و میزان اهمیت آن ها در زنجیره تأمین مواد غذایی توسط خبرگان با روش دلفی فازی تعیین گردید. در انتها مدل سازی و تحلیل عوامل با استفاده از تکنیک دیمتل فازی صورت گرفت. بر اساس یافته ها میزان تحقق قابلیت های فناوریانه ردیابی در زنجیره تأمین و میزان دسترسی به فناوری های نوین تأثیرگذارترین عوامل و میزان تمایل اعضای زنجیره تأمین برای ردیابی، سطح سودآوری زنجیره تأمین و سطح کیفیت محصول تأثیرپذیرترین عوامل هستند. تغییرات در سطح کیفیت محصول، بر ادراک مصرف کننده مؤثر بوده و ارتقا سطح آگاهی مصرف کننده و میزان الزامات قانونی و نظارتی، تمایل شرکت ها را برای اثبات سطح کیفیت محصولاتشان با اجرای ردیابی افزایش می دهد. در این راستا یکپارچگی اطلاعاتی اعضا در به کارگیری فناوری های نوین برای ردیابی مؤثر محصول، یک راهکار تضمین کیفیت بوده که رضایت مصرف کننده، سودآوری و شهرت زنجیره را در پی دارد.

واژه های کلیدی: زنجیره تأمین مواد غذایی، قابلیت ردیابی، دیمتل فازی، مدل علی

۱- مقدمه

لزوم توجه به مسئله ایمنی و کیفیت مواد غذایی در شرایطی پررنگ جلوه می نماید که گسترده شدن بازار مواد غذایی امکان دسترسی مصرف کننده را به محصولات غیربومی فراهم می کند [۳]. بنابراین ورود مواد غیراصیل و یا تقلبی به هر مرحله از زنجیره تأمین بسیار محتمل است. از طرفی شیوع بیماری های ناشی از غذا می تواند اثرات جبران ناپذیری بر سلامت جامعه داشته باشد. در برخی کشورهای درحال توسعه که عمدتاً با محدودیت منابع اقتصادی مواجه هستند و هنوز هم زنجیره های سنتی عرضه مواد غذایی نقش اصلی را در تأمین این مواد ایفا می کنند، در غالب موارد، مصرف کننده نمی تواند اطلاعات منبع غذایی که اقدام به خرید آن می کند را به طور دقیق دریافت کند [۴]. بنابراین، به کارگیری ابزارها و روش هایی به منظور پایش و ردیابی محصول و اطلاعات مرتبط به آن حیاتی است.

امروزه در مواجهه با بازار جهانی شده محصولات غذایی، اهمیت تلاش برای حفظ سلامت و امنیت غذایی انسان ارتقا پیدا کرده است [۱]. یکی از عواملی که زنجیره تأمین مواد غذایی را از سایر زنجیره های تأمین متمایز می کند، تغییرات پیوسته کیفیت محصول تولیدی تا زمان رسیدن به دست مصرف کننده نهایی می باشد [۲].

از آنجایی که مصرف کنندگان محصول نقش تعیین کننده ای در تداوم زنجیره تأمین ایفا می نمایند، به کارگیری روش هایی از سوی اعضای زنجیره تأمین که علاوه بر ارائه محصول، اطمینان مشتریان از سلامت و کیفیت را در پی داشته باشد، ضروری به نظر می رسد.

۲- پیشینه پژوهش

زنجیره تأمین مواد غذایی یکی از بخش‌های تولیدی اصلی در جهان است و با توجه به ارتباط تنگاتنگی که محصول آن با سلامت انسان دارد، از جمله حساس‌ترین زنجیره‌های تأمین به شمار می‌رود. این زنجیره دربرگیرنده فعالیت‌هایی است که به منظور تأمین غذا برای جامعه و حفظ امنیت غذایی انجام می‌گیرد و مانند سایر زنجیره‌های تأمین اعضای آن در مراحل مختلف مانند تولید، پردازش، توزیع و مصرف با یکدیگر در تعاملند [۱۳] و مجموعه وسیعی از محصولات در دسته‌بندی متنوع مانند مواد اولیه، مواد غذایی تازه، محصولات فراوری شده را عرضه می‌کنند.

مواد غذایی به عنوان محصولاتی عمدتاً فسادپذیر، نیاز به مدیریت دقیق برای برآورده کردن استانداردهای ایمنی و کیفیت دارند [۱۴]. توجه به مساله تأمین امنیت غذایی به عنوان یکی از مؤلفه‌های اساسی سلامت و رفاه انسان بسیار اهمیت دارد. به عبارتی امنیت غذایی را می‌توان دربرگیرنده دو مفهوم اصلی دسترسی آسان همه انسان‌ها به مواد غذایی لازم و کافی، و عدم آلودگی مواد غذایی دانست [۱۵]. در حقیقت انتظار می‌رود که زنجیره تأمین مواد غذایی، با توجه به تقاضا، مقدار کافی غذا را مطابق با استانداردهای ایمنی و کیفیت مطلوب فراهم آورده و به مصرف‌کنندگان برساند. با این وجود، عوامل متعدد فناورانه، اجتماعی، اقتصادی، صنعتی، قانونی، تجاری بر صنعت مواد غذایی تأثیر گذاشته و تعیین‌کننده میزان در دسترس بودن مواد غذایی و تحویل آن به مصرف‌کننده نهایی هستند [۱۶]. از این رو، برآورده ساختن امنیت غذایی به یک نگرانی عمده در سراسر جهان تبدیل شده است [۱۷]. بدون تردید به منظور حفظ امنیت هر زنجیره تأمین، مدیریت مطلوب ایمنی و کیفیت اطلاعات مرتبط با محصولات، فرایندها و خدمات آن حائز اهمیت است. از سوی دیگر جهانی شدن و افزایش فاصله جغرافیایی میان تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان و دیگر اعضای زنجیره تأمین مواد غذایی ارتباط میان اعضا را با چالش‌هایی مواجه می‌سازد، که ممکن است بر کیفیت و ایمنی محصول تأثیر داشته باشد [۱۸] و نیاز سطح بالایی از اعتماد به صحت و کیفیت جریان اطلاعاتی محصول را ایجاد می‌کند [۱۰]. بنابراین، ایجاد شفافیت در جریان اطلاعاتی یکی از ضرورت‌های زنجیره تأمین مواد غذایی می‌باشد. شفافیت زنجیره تأمین به میزان درک مشترک و دسترسی ذینفعان در زنجیره تأمین به اطلاعات مربوط به محصولات غذایی بدون حذف، اختلال، تأخیر یا تحریف بستگی داشته [۱۹] و می‌تواند منجر به کاهش ضایعات و اتلاف در فرایندهای زنجیره تأمین گردد [۲۰].

قابلیت ردیابی به عنوان یک راهکار ایجاد شفافیت [۲۱] و توانایی ردیابی تولید، پردازش و توزیع محصول در مراحل مختلف برای حفظ یکپارچگی و پایداری جریان اطلاعات در زنجیره

ردیابی زمانی مورد توجه قرار گرفت که اتحادیه اروپا در سال ۱۹۹۳ استانداردهای عملیاتی ثابتی را در سراسر اروپا ایجاد کرد [۵]. از این رو، قابلیت ردیابی بر شناسایی فرایندهای سازمانی/عملیاتی اساسی برای تطابق با استانداردهای دولتی متمرکز بود [۶]. امروزه افزایش سطح آگاهی و به تبع آن انتظارات مشتریان از تولیدکنندگان باعث شده که قابلیت ردیابی نه به عنوان یک مزیت بلکه به عنوان یک الزام از سوی مشتریان درخواست شود [۷]. چرا که از دیدگاه مصرف‌کننده، قابلیت ردیابی به آرامش ذهن و ایجاد و افزایش اعتماد به سیستم غذایی کمک می‌کند [۸].

اگرچه ردیابی زنجیره تأمین مواد غذایی برای تضمین ایمنی و کیفیت مواد غذایی ضروری است، اما شرکای زنجیره برای پیاده‌سازی این قابلیت، با چالش‌های مهمی مواجه هستند. یکی از مسائل مهم، هزینه‌های بالای مرتبط با پیاده‌سازی سیستم‌های جامع ردیابی است. این هزینه‌ها شامل هزینه سرمایه‌گذاری در فناوری، آموزش و زیرساخت است [۹]. علاوه بر این، ماهیت پویای اطلاعات در زنجیره تأمین مواد غذایی که در آن محصولات تولید، پردازش و به‌وسیله چندین واسطه به مشتری نهایی ارسال می‌شوند، قابلیت پیگیری و ردیابی را دشوار کرده است [۱۰]. فقدان پروتکل‌های استاندارد برای ثبت داده‌ها و ردیابی اطلاعات در بخش‌های مختلف زنجیره، می‌تواند منجر به ایجاد شکاف و ناسازگاری در داده‌ها شده و فرایند پیاده‌سازی را پیچیده و دستیابی به یکپارچگی و قابلیت همکاری یکپارچه را دشوار می‌سازد [۱۱]. در نهایت، نگرانی‌های مربوط به حریم خصوصی و امنیت داده‌ها در ارتباط با سیستم‌های ردیابی وجود دارد. جمع‌آوری و به اشتراک‌گذاری اطلاعات دقیق در مورد محصولات و حرکت آنها می‌تواند داده‌های حساس را در معرض سوءاستفاده یا نقض احتمالی قرار دهد. ممکن است شرکت‌ها به دلیل ترس از رقابت یا عواقب قانونی، تمایلی به اشتراک‌گذاری اطلاعات اختصاصی نداشته باشند [۹]. تضمین یکپارچگی داده‌ها و محافظت در برابر تهدیدات سایبری مستلزم اقدامات امنیتی قوی است که لایه دیگری از پیچیدگی و هزینه را به سیستم‌های ردیابی اضافه می‌کند [۱۲]. پرداختن به این چالش‌ها برای افزایش قابلیت اطمینان و کارایی زنجیره‌های تأمین مواد غذایی بسیار مهم است و در نهایت به ایمنی بهتر محصولات و بهبود نتایج کمک می‌کند.

با توجه به این که پیاده‌سازی قابلیت ردیابی می‌تواند به‌نوعی در زمره تصمیمات استراتژیک شرکت‌ها قرار گیرد، بررسی عوامل تأثیرگذار در اجرای این قابلیت و تحلیل رابطه آن عوامل با عملکرد زنجیره تأمین چه به لحاظ مالی و چه غیرمالی قبل از اجرای این تصمیم ضروری به نظر می‌رسد. از این رو این پژوهش در پی پاسخ به این پرسش است که: مدلی علی به‌منظور تحلیل عوامل مؤثر در پیاده‌سازی قابلیت ردیابی در زنجیره تأمین مواد غذایی چگونه است؟

کیفیت و تغییرات در وضعیت محصول، عدم اعتماد، عدم تقاضای مشتری و تعدد مدل های تراکنش عمده موانع عملیات به شمار می روند.

ماتیوی و جونز [۲۸] مفهوم محرک ها، مزایا و موانع پیاده سازی قابلیت ردیابی را در شرکت های کوچک و متوسط با استفاده از رویکرد ترکیبی پیمایشی در صنعت غذای انگلستان مورد بررسی قرار دادند. یافته ها نشان داد که مهم ترین محرک های پیاده سازی سیستم های ردیابی، کنترل ایمنی و کیفیت محصولات و مقررات یا چارچوب نظارتی و کم اهمیت ترین محرک ها تکنولوژی، کسب مزیت رقابتی بهبود تصویر برند و آگاهی مصرف کننده می باشند.

ددیو و همکاران [۲۹] در مطالعه خود به تجزیه و تحلیل موانع و عوامل مؤثر بر اجرای سیستم های ردیابی در صنعت شیلات رومانی پرداختند. همچنین از رویکرد تحلیل مؤلفه های اصلی برای مطالعه انگیزه پیاده سازی فناوری بهره گرفتند. یافته ها نشان داد که فقدان سیاست های ترجیحی مرتبط، هزینه بالای پیاده سازی و به دنبال آن کمبود نیروی مدیریتی و فنی مهم ترین موانع هستند.

پاتیدار و همکاران [۳۰] به اولویت بندی محرک های پیاده سازی قابلیت ردیابی در زنجیره تأمین در صنعت مواد غذایی با استفاده از تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی پرداخته اند. یافته ها نشان داد که محرک های اطلاعاتی، برای پیاده سازی قابلیت ردیابی پیشرو بوده و به دنبال آن محرک های محیطی و اجتماعی هستند. علاوه بر محرک های اطلاعاتی، ایمنی و کیفیت مواد غذایی عاملی است که اجرای قابلیت ردیابی را هدایت کرده و سپس مقررات حاکم و استانداردهای رفاهی، نیاز به اجرای ردیابی را فراهم می کند.

حلیم و همکاران [۳۱] عوامل محرک در اجرای موفقیت آمیز سیستم ردیابی و روابط علی میان آن ها را با به کارگیری تکنیک دیمتل خاکستری در صنعت غذا مورد بررسی قرار داده اند. دوازده محرک برای اجرای سیستم ردیابی در زنجیره تأمین مواد غذایی از طریق بررسی ادبیات شناسایی و رتبه بندی شدند. یافته ها نشان داد که کیفیت و ایمنی غذا به عنوان تأثیرگذارترین محرک و مزیت رقابتی به عنوان تأثیرپذیرترین محرک معرفی شد.

سریواستاوا و داشورا [۳۲] یک رویکرد مدل سازی قابلیت ردیابی الکترونیکی در زنجیره تأمین را با هدف بررسی عوامل مؤثر بر اجرای ردیابی الکترونیکی در زنجیره تأمین محصولات کشاورزی در هند و با به کارگیری تکنیک های مدل سازی ساختاری تفسیری و میک مک فازی ارائه دادند. دوازده عامل توانمندساز برای پیاده سازی قابلیت ردیابی الکترونیکی در زنجیره های تأمین محصولات کشاورزی از طریق بررسی ادبیات و مصاحبه با کارشناسان شناسایی شدند. مدل سازی ساختاری تفسیری فازی برای درک روابط بین توانمندسازها و توسعه یک

تأمین مواد غذایی تعریف شده است [۲۲]. همچنین به اعتقاد شارما و همکاران [۲۳] این قابلیت بسیار بیشتر از یک ابزار شناسایی است و اهدافی از جمله برآورده کردن مطالبات مشتری، ارزیابی ریسک، تسریع در پرداختن به مسائل ایمنی و کیفیت، مستندسازی زنجیره حفاظت و سوابق فعالیت، پایداری زنجیره تأمین، یکپارچگی محصول و حفاظت از برند و رعایت مقررات را به دنبال دارد.

پیاده سازی قابلیت ردیابی به دلیل ماهیت پویا و پیچیده فرایندهای ردیابی در زمان واقعی چالش برانگیز بوده [۲۴] و به عوامل متعددی بستگی دارد [۸]. در ادامه به برخی پژوهش ها در این زمینه اشاره می گردد.

خوزه و پراساناونکاتسان [۲۵] با هدف شناسایی مزایا، محرک ها و موانع پذیرش قابلیت ردیابی در زنجیره تأمین ماهی خشک به توسعه یک مدل مفهومی و تحلیل آن از طریق ماتریس های همبستگی و رگرسیون چندگانه پرداختند. یافته ها نشان داد که موانع اجرای سیستم ردیابی در همبستگی منفی دارند، در حالی که مزایا، محرک ها و آگاهی همبستگی مثبت دارند. مهم ترین مزایای ردیابی بهبود کیفیت محصول، جذب مشتریان جدید و تمایز محصولات است که تأثیر مثبت قابل توجهی بر قصد پیاده سازی سیستم ردیابی دارد. همچنین محرک های اصلی نگرانی های کیفیت و ایمنی، مقررات ایمنی مواد غذایی و کسب مزیت رقابتی است. در نهایت، برای ردیابی هزینه بالا، محدودیت ظرفیت، آگاهی محدود، عدم حمایت دولت و عدم هماهنگی به عنوان موانع حیاتی شناسایی می شوند.

خان و همکاران [۲۶] به شناسایی موانع فناوری اینترنت اشیا به عنوان فعال کننده قابلیت ردیابی محصول، ایمنی و امنیت غذایی در صنعت مواد غذایی پرداختند با استفاده از تکنیک دلفی فازی پرداختند. در نتیجه ۱۲ مانع مهم عبارت اند از چارچوب پیچیده، مقرون به صرفه بودن اینترنت اشیا، زیرساخت ضعیف فناوری اطلاعات، استانداردهای قانونی و نظارتی، آگاهی کم، کمبود پرسنل ماهر، عدم وجود سیستم مدیریت دانش، مدیریت اعتماد، ناهمگونی داده ها، هزینه بالای سرمایه گذاری و نگهداری و کمبود تأمین کننده فناوری و امنیت داده ها شناسایی شد.

گونوان و همکاران [۲۷] به شناسایی موانع عملیاتی رایج در اجرای سیستم ردیابی و مدل سازی روابط میان آن ها به منظور بهبود قابلیت اطمینان سیستم ردیابی با به کارگیری تکنیک های دیمتل، مدل سازی ساختاری تفسیری و میک مک در صنعت روغن نباتی اندونزی پرداختند. یافته ها نشان داد که موانع رایج ردیابی در طول زنجیره در سه گروه موانع عرضه، موانع اتصال و موانع عملیات قرار می گیرند. موانع عرضه شامل تعدد

تأمین کنندگان، منبع یابی چندلایه، تعدد روش های پیش پردازش و فقدان ساینبدی استاندارد است. کیفیت غیر یکنواخت و حالات فیزیکی مختلف مهم ترین موانع اتصال بوده و در نهایت، پیچیدگی فرایند پردازش، برون سپاری، عدم هماهنگی، کاهش

زنجیره تأمین و اینکه آیا و چگونه می‌توان مزایای پیش‌بینی شده آن را تحقق بخشید، توسعه دادند.

گارسیا-تورس و همکاران [۳۵] به تأثیر پیاده‌سازی قابلیت ردیابی در زنجیره‌های تأمین جهانی برای دستیابی به اهداف پایداری و مدیریت زنجیره تأمین مورد بررسی قرار دادند. ژو [۳۶] به تجزیه و تحلیل هزینه-فایده سیستم ردیابی در یک زنجیره تأمین مواد غذایی فاسدشدنی پرداخت.

آیلو و همکاران [۳۷] با هدف نشان دادن تأثیر سیستم ردیابی بر تضمین مؤثر ایمنی محصول برای مصرف‌کننده و به‌طور هم‌زمان ابزاری برای افزایش کارایی و بازده آن در زنجیره تأمین مواد غذایی فاسدشدنی به ارائه یک مدل ریاضی با رویکرد تصادفی برای بهینه‌سازی سود زنجیره تأمین و ایجاد سطح قابل ردیابی اقتصادی پرداخت.

در بررسی مقالات عوامل مرتبط با پیاده‌سازی قابلیت ردیابی در زنجیره تأمین گردآوری و سپس در مواردی که مفهومی مشابه با عناوینی گوناگون ذکر شده بود، تجمیع صورت گرفته. مجموعه این عوامل به همراه تعریف مختصری از آن‌ها در جدول (۱) ارائه گردیده است.

۳- روش تحقیق

مطالعه پیش رو از منظر هدف کاربردی بوده و از متغیرهای کیفی برای ارائه یک مدل علی بهره گرفته شده است. از آنجایی که روابط میان متغیرها در یک مقطع زمانی مورد بررسی قرار گرفته، این پژوهش از منظر زمان، مقطعی می‌باشد. همچنین از منظر طرح تحقیق نیز پژوهش توصیفی-پیمایشی بوده و از ابزار پرسش‌نامه به منظور جمع‌آوری نظر کارشناسان بهره گرفته شده است. مراحل انجام پژوهش به‌طور خلاصه در شکل (۱) ارائه شده است.

در گام نخست جمع‌آوری عوامل مرتبط با پیاده‌سازی قابلیت ردیابی در زنجیره تأمین از طریق بررسی منابع و پژوهش‌های پیشین صورت گرفت که در نتیجه آن ۲۷ عامل اصلی شناسایی و استخراج گردید (جدول ۱). در مراحل تأیید عوامل و همچنین شناسایی روابط علی میان آن‌ها از نظر ۱۸ نفر از مدیران و متخصصان زنجیره تأمین مواد غذایی مدیران بخش‌های کنترل کیفیت، تولید، عملیات و لجستیک، تحقیق و توسعه و همچنین مشاورین تولید، اساتید دانشگاه که دارای حداقل مدرک کارشناسی و همچنین تجربه کاری پنج سال و بالاتر در حوزه صنایع غذایی بودند بهره گرفته شد. نمونه‌گیری در این پژوهش با استفاده از روش غیراحتمالی و هدفمند گلوله‌برفی صورت گرفت. در مرحله تجزیه و تحلیل و مدل‌سازی داده‌ها نیز از نرم‌افزارهای Excel و Vensim استفاده شده است. در نمودارهای شکل (۲) درصد فراوانی مرتبط با اطلاعات جمعیت‌شناختی پاسخ‌دهندگان ارائه شده است.

مدل مبتنی بر سلسله‌مراتب از عوامل کلیدی استفاده شد. نتایج این پژوهش نشان داد که فناوری مناسب برای ردیابی الکترونیکی، مزیت رقابتی، هماهنگی و شفافیت به عنوان توانمندسازهایی با بالاترین قدرت محرکه شناخته شدند که نشان می‌دهد این عوامل توانمندسازهای تأثیرگذارتری هستند.

فیصل و طالب [۱] یک مدل مبتنی بر سلسله‌مراتب را برای درک تعاملات میان محرک‌های قابلیت ردیابی در زنجیره تأمین مواد غذایی با استفاده از تکنیک مدل‌سازی ساختاری تفسیری توسعه دادند. یافته‌های پژوهش نشان داد که به‌منظور بهبود سیستم ردیابی و عملکرد تجاری صنایع غذایی، تمرکز بر روی عواملی که قدرت محرکه بالایی دارند مثل تهدیدات تروریسم کشاورزی، چارچوب نظارتی، ایمنی مواد غذایی، کیفیت غذا، گواهی‌نامه‌های ضروری و استانداردهای رفاه و سلامت لازم است. همچنین باید به متغیرهایی مثل کیفیت اطلاعات، سیستم‌های اطلاعاتی، به اشتراک‌گذاری اطلاعات و یکپارچگی اطلاعات به دلیل تأثیر زیادی که بر دیگر عوامل می‌گذارند توجه مداوم داشت. برخی متغیرها مانند زمان‌بندی و بهینه‌سازی تولید، پایداری و مزیت رقابتی بیشترین وابستگی را به متغیرهای بیان شده دارند.

گوپتا و همکاران [۱۷] به تجزیه و تحلیل ترکیبات استراتژیک همه اقدامات ممکن ذی‌نفعان مختلف به‌منظور درک پیچیدگی‌های موجود در زنجیره تأمین مواد غذایی و همچنین چگونگی تأثیر این ترکیب‌های استراتژیک در تصمیم‌گیری و تمایل آن‌ها برای اتخاذ قابلیت ردیابی پرداختند.

در زمینه تأثیر سیستم‌های ردیابی بر سودآوری اعضا و سایر معیارهای عملکرد زنجیره تأمین:

هوانگ و همکاران [۶] به ارائه یک چارچوب نوظهور اهمیت استراتژیک قابلیت ردیابی زنجیره تأمین با بهره‌گیری از تکنیک گردن‌دثوری در صنعت مواد غذایی پرداختند. این چارچوب به نقش قابلیت ردیابی فراتر از حمایت از ایمنی محصول، ارجاعات و پایداری اشاره داشته و می‌تواند به اصلاح توانمندی شرکای زنجیره تأمین کمک کرده و از طریق هماهنگی اعضا و اتخاذ مؤلفه‌های قابلیت ردیابی فرصت همسویی بهتر آن‌ها با استراتژی‌های زنجیره تأمین را فراهم آورد. همچنین در این مطالعه به بررسی نقش قابلیت ردیابی در کاهش ریسک و سودآوری کسب‌وکار نشان پرداخته شد.

دش و همکاران [۳۳] به توسعه مدلی برای قابلیت ردیابی در زنجیره تأمین، با هدف بررسی تأثیر اجرای سیستم ردیابی مؤثر با سرمایه‌گذاری گسترده بر سود اعضای زنجیره تأمین و همچنین هماهنگی میان آن‌ها در صنعت مواد غذایی فاسدشدنی با استفاده از رویکرد تئوری بازی‌ها و تحلیل آنالیز عددی پرداختند.

دونگ و همکاران [۳۴] یک مدل زنجیره تأمین سه‌لایه را با هدف بررسی چگونگی تأثیر پذیرش فناوری ردیابی بر انگیزه اعضای

جدول (۱): عوامل مرتبط با پیاده‌سازی قابلیت ردیابی در زنجیره تأمین

منبع	شرح	عامل (کد)
[۳۷، ۳۳، ۳۱، ۲۹، ۲۸، ۱۷، ۱]	پذیرش و اجرای روشی فناورانه که زنجیره تأمین را در جهت جمع‌آوری، ثبت و ضبط دقیق همه اطلاعات مرتبط با محصول و فرایندهای آن در هر لحظه در تمام مراحل، از تأمین‌کننده تا تحویل به مصرف‌کننده نهایی توانمند می‌سازد.	میزان تحقق قابلیت‌های فناورانه ردیابی در زنجیره تأمین (C ₁)
[۳۴، ۳۳، ۲۵، ۱۷]	سطح انگیزه اعضا برای ردیابی زنجیره تأمین که از طریق محرک‌ها به عنوان مثال بهبود عملکرد زنجیره تغییر می‌کند.	میزان تمایل اعضای زنجیره تأمین برای ردیابی (C ₂)
[۴۰، ۳۹، ۳۸، ۳۵، ۲۹، ۲۸، ۲۶، ۴۱]	هزینه‌های مورد نیاز برای پذیرش و اجرای فناوری ردیابی در طول زنجیره تأمین	هزینه‌های استقرار (C ₃)
[۴۴، ۴۳، ۴۲، ۳۰، ۲۸، ۲۷، ۳]	میزان اصالت و مطلوبیت ظاهری و محتوای محصول و ویژگی‌های مرتبط با فرایندهای تولید آن که به به‌عبارتی ارزش یک محصول را منعکس می‌کند.	سطح کیفیت محصول (C ₄)
[۴۲، ۳۶، ۳۰، ۲۵، ۱۰]	اتلاف در فرایندهای تولید و ضایعات محصول و یا از بین رفتن برخی ویژگی‌های آن که منجر به عدم استفاده از آن می‌گردد.	سطح اتلاف در تولید (C ₅)
[۳۷، ۳۶]	یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های محصول که بر تعیین شرایط نگهداری و حمل‌ونقل آن تأثیر دارد.	میزان فسادپذیری محصول (C ₆)
[۳۱، ۳۰، ۱]	میزان برنامه‌ریزی، بهینه‌سازی، مدیریت بحران و سطح کنترل داخلی در زنجیره تأمین	وضعیت مدیریت فرایندهای زنجیره تأمین (C ₇)
[۳۲، ۳۱، ۲۴، ۱]	استانداردهای تأیید شده جهت تضمین کیفیت محصولات.	گواهینامه‌های موجود تضمین کیفیت (C ₈)
[۴۱، ۲۴، ۶]	فراخوان محصول به دلیل نقص در آن و فرایندهای مرتبط به آن که به عنوان یکی از پیامدهای سیستم کنترل ضعیف مطرح می‌شود.	سطح ارجاع محصول (C ₉)
[۴۵، ۲۹، ۲۸، ۲۴]	میزان مطلوبیت تصویر عمومی و برند شرکت برای مصرف‌کننده	برند و شهرت زنجیره تأمین (C ₁₀)
[۴۵، ۲۹، ۲۵، ۲۴]	گسترش سهم بازار داخلی و بین‌المللی سازی محصول	سهم بازار (C ₁₁)
[۴۵، ۳۷، ۳۶]	میزان بازده اقتصادی در زنجیره تأمین	سطح سودآوری زنجیره تأمین (C ₁₂)
[۳۲، ۳۱، ۲۴، ۱۹، ۱]	میزان مطابقت با الزامات و استانداردهای زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی	سطح پایداری زنجیره تأمین (C ₁₃)
[۴۴، ۳۲، ۳۰، ۲۹، ۱]	میزان کاهش شکایات از طرف مشتری به دلیل مطابقت با الزامات و استانداردهای موجود	میزان رضایت مصرف‌کننده (C ₁₄)
[۳۸، ۳۶، ۲۶، ۲۵، ۲۴، ۱۰، ۱]	میزان هماهنگی اعضا در دسترسی به منابع اطلاعاتی، آمادگی سخت‌افزاری و نرم‌افزاری که جریان دانش و اطلاعات مداوم و با سرعت بالا را در داخل و خارج از مرزهای زنجیره تسهیل می‌کند.	میزان یکپارچگی اطلاعاتی در زنجیره تأمین (C ₁₅)
[۳۱، ۳۰، ۲۴، ۱]	میزان در اختیار قرار دادن اطلاعات و امکان دسترسی به داده‌ها در میان شرکای زنجیره	میزان اشتراک‌گذاری اطلاعات در میان اعضای زنجیره (C ₁₆)
[۴۰، ۳۸، ۲۹، ۲۶، ۲۴]	میزان توانمندی و آگاهی کارکنان زنجیره نسبت به استقرار و کنترل فناوری‌های نوظهور	سطح مهارت و دانش نیروی انسانی (C ₁₇)
[۴۶، ۲۹، ۲۴]	پافشاری اعضای سازمان‌ها بر حفظ مدل‌های و روش‌های موجود اجرای فرایندهای کاری و مدیریتی	میزان مقاومت کارکنان در برابر تغییر (C ₁₈)
[۳۹، ۳۳، ۳۲، ۲۷، ۲۶، ۲۴، ۱۰، ۴۷، ۴۵، ۴۰]	سطح مشاهده‌پذیری و کنترل داده‌ها به‌صورت بلادرنگ برای طرف‌های ذی‌نفع زنجیره تأمین	میزان شفافیت جریان داده‌ها در زنجیره تأمین (C ₁₉)
[۴۵، ۳۲، ۳۱، ۳۰، ۱]	دقت، کفایت و اعتبار اطلاعات در هنگام تبادل	میزان کیفیت و صحت داده‌ها (C ₂₀)
[۴۸]	میزان هماهنگی و پایداری اعضای زنجیره تأمین به الزامات پیاده‌سازی قابلیت ردیابی	سطح مسئولیت‌پذیری و همکاری اعضا در زنجیره تأمین (C ₂₁)
[۴۹، ۴۴، ۴۰، ۳۷، ۳۳، ۲۴]	فناوری‌ها و سیستم‌های جدید ردیابی، مانند بلاک‌چین، RFID، IOT، ...	میزان دسترسی به فناوری‌های نوین (C ₂₂)
[۳۱، ۳۰، ۲۹، ۲۸، ۲۵، ۲۴، ۶، ۴۵، ۳۹]	میزان مصونیت محصول از آلودگی و فاکتورهای تهدیدکننده سلامتی	سطح ایمنی محصول (C ₂₃)
[۲۶]	میزان برخورداری فناوری‌های نوین از معماری، برنامه‌ریزی و سازماندهی پیچیده	سطح پیچیدگی فناوری‌های ردیابی (C ₂₄)
[۳۲، ۳۱، ۳۰، ۲۹، ۲۵، ۲۴، ۱، ۳۹]	ایجاد وجه تمایز و مقبولیت محصول زنجیره تأمین در میان رقبا با ارائه اطلاعات محصول و فرایند	میزان توجه اعضای زنجیره به تمایز و مزیت رقابتی (C ₂₅)
[۴۰، ۳۹، ۳۲، ۳۱، ۲۸، ۲۶، ۱]	میزان سخت‌گیرانه بودن و اجبار در الزامات کنترل و نظارت بر محصول	میزان الزامات نظارتی و قانونی (C ₂₆)
[۴۲، ۳۶، ۳۰، ۲۸، ۳۱، ۲۵]	میزان آگاهی مصرف‌کننده از الزامات کیفیت محصول و قابلیت ردیابی	سطح دانش و ادراک مصرف‌کننده (C ₂₇)

نهایی سازی شد. مراحل اجرای این تکنیک در ادامه به طور خلاصه ارائه شده است.

مرحله اول: جمع آوری نظرات خبرگان به صورت عبارات کلامی در رابطه با میزان اهمیت عوامل در حوزه مورد نظر در قالب پرسش نامه لیکرت

مرحله دوم: تبدیل نظرات به مقادیر فازی در قالب سه کران بالا (U)، میانی (M) و پایین (L) به صورت $X_{ij} = (L, M, U)$ با توجه به جدول (۲) و محاسبه میانگین فازی (به تفکیک کران ها) با استفاده از رابطه (۱)

جدول (۲): معادل فازی مثلثی عبارات کلامی [۵۱]

عبارت کلامی	اعداد فازی مثلثی
بی اهمیت	(۰, ۰, ۰/۲۵)
کم اهمیت	(۰, ۰/۲۵, ۰/۵)
اهمیت متوسط	(۰/۲۵, ۰/۵, ۰/۷۵)
مهم	(۰/۵, ۰/۷۵, ۱)
بسیار مهم	(۰/۷۵, ۱, ۱)

$$AVG_{ij} = \frac{\tilde{x}^1 \oplus \tilde{x}^2 \oplus \tilde{x}^3 \oplus \dots \oplus \tilde{x}^n}{n} \quad (۱)$$

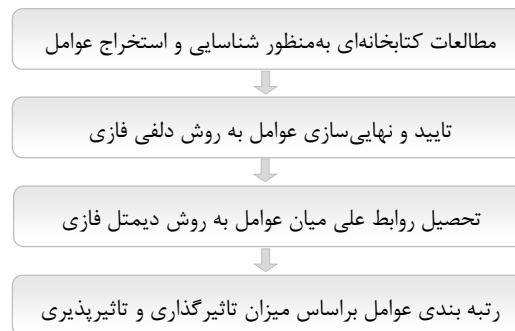
n: تعداد خبرگان

$\tilde{x}$: معادل فازی نظر خبرگان

مرحله سوم: تبدیل میانگین فازی هر عامل به امتیاز قطعی برای فازی زدایی روش های متعددی در مطالعات پیشنهاد شده است که انتخاب روش مناسب به نوع داده ها و نیازهای خاص پژوهش بستگی دارد. با توجه به اینکه هدف به کارگیری روش دلفی فازی در این پژوهش، اجماع نظرات خبرگان است، روش میانگین ساده می تواند به طور مؤثر امتیاز قطعی دقیق و متعادلی را از نظرات ارائه دهد. میانگین ساده با استفاده از رابطه (۲) محاسبه می گردد [۵۳].

$$Crisp Score = \frac{AVG_U + AVG_M + AVG_L}{3} \quad (۲)$$

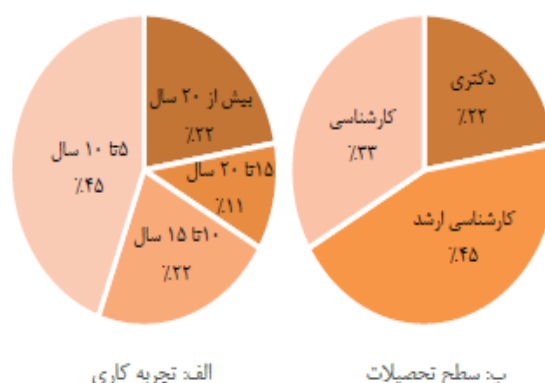
مرحله چهارم: تعیین حد آستانه (λ) و سپس مقایسه امتیازات قطعی با آن که در نتیجه آن عواملی که امتیاز قطعی بیشتر و یا مساوی با حد آستانه دارند، برای استفاده در مرحله تجزیه و تحلیل تأیید می شوند. در پژوهش های صورت گرفته مقدار حد آستانه از ۰/۶ تا ۰/۷ انتخاب شده است. حبیبی و همکاران [۵۱] معتقدند این مقدار می تواند بنا بر نظر محقق تعیین گردد.



شکل (۱): مراحل انجام پژوهش

۳-۱- تایید و نهایی سازی عوامل (دلفی فازی)

عوامل شناسایی استخراج شده برای استفاده در مرحله تجزیه و تحلیل می بایست مورد تأیید خبرگان قرار می گرفتند.



شکل (۲): درصد فراوانی خبرگان بر اساس اطلاعات جمعیت

یکی از روش های مفید برای تأیید متغیرها، تکنیک دلفی می باشد. دلفی، روش قاعده مند نیست که برای استخراج و توافق نظرات کارشناسانی که در رابطه با موضوع پژوهش دارای دانش و تخصص باشند، تحت عنوان اعضای پانل دلفی استفاده می شود [۵۰]. در این روش نظرات پاسخ دهندگان بر اساس عبارات کلامی است، اما از آنجایی که عبارات کلامی دارای محدودیت هایی برای انعکاس کامل تأخیرهای ذهنی پاسخ دهنده هستند [۵۱]، ترکیب مجموعه های فازی در تصمیم گیری نتایج واقع بینانه تری را با تبدیل دانش نامطمئن انسانی به یک فرمول ریاضی ایجاد می کند [۵۲]. انواع گوناگونی از اعداد فازی با ویژگی های متفاوت ارائه شده است. اما در اغلب پژوهش های مشابه برای مدل سازی عدم قطعیت در پاسخ ها، به دلیل سهولت در تفسیر از اعداد فازی مثلثی بهره گرفته شده است. به منظور اجرای این تکنیک در پژوهش حاضر میزان اهمیت عوامل استخراج شده در صنایع مواد غذایی میان خبرگان مورد سؤال قرار گرفت و ۲۵ عامل تأیید و

$$K = \max_{1 \leq i \leq n} \sum_j^n U_{ij} \quad (۴)$$

$$\tilde{N} = \frac{\tilde{M}_{ij}}{K} = (\frac{U_{ij}}{K}, \frac{M_{ij}}{K}, \frac{L_{ij}}{K}) \quad (۵)$$

مرحله چهارم: تفکیک ماتریس $\tilde{N}$ بر اساس سه کران و تشکیل ماتریس ارتباط کامل فازی ($\tilde{T}$) از طریق روابط ۶ و ۷ و ۸

$$[\tilde{T}_U] = \tilde{N}_U * (I - \tilde{N}_U)^{-1} \quad (۶)$$

$$[\tilde{T}_M] = \tilde{N}_M * (I - \tilde{N}_M)^{-1} \quad (۷)$$

$$[\tilde{T}_L] = \tilde{N}_L * (I - \tilde{N}_L)^{-1} \quad (۸)$$

مرحله پنجم: تبدیل مقادیر فازی به مقادیر صریح از طریق رابطه ۹ و تشکیل ماتریس ارتباط کامل قطعی (T)

$$T_{ij} = \frac{1}{4}(\tilde{T}_U + 2\tilde{T}_M + \tilde{T}_L) \quad (۹)$$

مرحله ششم: تعیین مقدار آستانه با محاسبه میانگین عناصر ماتریس T و مقایسه هر یک از درایه های ماتریس با مقدار آستانه برای تعیین عوامل تأثیرگذار و تأثیرپذیر

۴- نتایج

در بررسی مقالات پیشین و منابع معتبر، ۲۷ عامل در ارتباط با پیاده سازی قابلیت ردیابی در زنجیره تأمین شناسایی و استخراج گردید. سپس جهت تأیید و نهایی سازی این عوامل از تکنیک دلفی فازی بهره گرفته شد. برای تأیید عوامل مقدار ۰/۶ بوده که این عدد با توجه به میانگین امتیازات قطعی عوامل مورد مطالعه تعیین گردیده است. با توجه به جدول (۴)، طی مقایسه امتیازات قطعی با حد آستانه، تعداد ۲۵ عامل از ۲۷ عامل امتیاز ۰/۶ و بالاتر را کسب نموده و در نتیجه برای استفاده در مرحله تجزیه و تحلیل مورد تأیید قرار گرفته اند. دو عامل سهم بازار (C_{11}) و سطح پیچیدگی فناوری های ردیابی (C_{24}) به دلیل کسب امتیاز کمتر از حد آستانه مورد تأیید حذف شدند. به منظور شناسایی روابط علی میان عوامل از تکنیک دیمتل فازی استفاده شده است. پس از جمع آوری نظرات خبرگان و معادل سازی مقایسات زوجی عوامل در مجموعه اعداد فازی، ماتریس M مطابق شکل (۳) تشکیل شد. سپس برای نرمال سازی ماتریس M تمامی درایه های آن بر مقدار $K=19/06$ که برابر با بیشترین مجموع کران های بالا در هر سطر است، تقسیم شد. سپس با تفکیک ماتریس نرمالایز شده $\tilde{N}$ براساس سه کران و انجام محاسبات مربوطه، ماتریس های $\tilde{T}_L$ (کران پایین)، $\tilde{T}_M$ (کران میانی) و $\tilde{T}_U$ (کران بالا) تشکیل شده (شکل ۴) و در نهایت با فازی زدایی $\tilde{T}$ ، ماتریس ارتباط کامل T مطابق شکل (۵) تشکیل گردید.

۳-۲- تعیین روابط علی میان عوامل (دیمتل فازی)

تکنیک تصمیم گیری دیمتل در سال ۱۹۷۱ به عنوان الگویی برای سازماندهی مجموعه ای از عناصر یک سامانه و تعیین روابط میان آن ها معرفی شد که در آن علاوه بر نمایش ارتباطات جهت دار میان عناصر، می توان درجه تعاملات آن ها را نیز مشخص کرد [۵۴].

با توجه به وجود عدم قطعیت در دنیای واقعی در سال های اخیر به منظور شناسایی روابط میان عناصر سیستم، نسخه اصلاح شده روش دیمتل به عنوان ابزاری استاندارد برای حل مسائل پیچیده به کار گرفته می شود [۵۵]. وقتی دیمتل با تئوری مجموعه های فازی ادغام می شود، بر محدودیت دیمتل سنتی در مدیریت ابهام در استخراج درجه تأثیر عناصر بر یکدیگر غلبه می کند [۵۶]. مراحل پیاده سازی دیمتل فازی [۵۷] پس از تعیین گروه متخصصان و نهایی سازی مهم ترین عوامل مرتبط با پیاده سازی قابلیت ردیابی در زنجیره تأمین مواد غذایی به شرح زیر است.

مرحله اول: ایجاد ماتریس مقایسات زوجی بر اساس نظرات کارشناسان در رابطه با میزان تأثیر مستقیم هر عامل بر سایر عوامل که از طریق پرسش نامه با پاسخ های صریح ۰ تا ۴ که عبارات کلامی و معادل فازی متناظر با آن ها در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول (۳): معادل فازی و صریح متناظر با عبارات کلامی [۵۸]

مقیاس صریح	عبارت کلامی	معادل فازی مثلثی
۰	بی تأثیر	(۰, ۰, ۰/۲۵)
۱	تأثیر کم	(۰, ۰/۲۵, ۰/۵)
۲	تأثیر متوسط	(۰/۲۵, ۰/۵, ۰/۷۵)
۳	تأثیر زیاد	(۰/۵, ۰/۷۵, ۱)
۴	تأثیر بسیار زیاد	(۰/۷۵, ۱, ۱)

مرحله دوم: تبدیل نظرات به مقادیر فازی مثلثی به صورت $C_{ij} = (L, M, U)$ و تشکیل ماتریس ارتباط مستقیم (M) که مقادیر درایه های آن از طریق رابطه (۳) محاسبه می گردد.

$$M_{ij} = \frac{\tilde{y}^1 \oplus \tilde{y}^2 \oplus \tilde{y}^3 \oplus \dots \oplus \tilde{y}^n}{n} \quad (۳)$$

n : تعداد خبرگان

معادل فازی نظر خبرگان (به ازای هر کران): $\tilde{y}$

مرحله سوم: نرمال سازی ماتریس M که برای این منظور تمامی درایه های ماتریس M بر بیشترین مقدار مجموع کران های بالای نظرات واقع در هر سطر (K) تقسیم می گردد.

جدول (۴): وضعیت تأیید عوامل و امتیازات قطعی (دلفی فازی)

کد عامل	امتیاز قطعی	وضعیت تأیید	کد عامل	امتیاز قطعی	وضعیت تأیید
C_1	۰/۶۵	✓	C_{15}	۰/۶۷	✓
C_2	۰/۶۳	✓	C_{16}	۰/۶۲	✓
C_3	۰/۶۹	✓	C_{17}	۰/۷۲	✓
C_4	۰/۶۶	✓	C_{18}	۰/۶۵	✓
C_5	۰/۶	✓	C_{19}	۰/۶۳	✓
C_6	۰/۷۵	✓	C_{20}	۰/۷۲	✓
C_7	۰/۷۷	✓	C_{21}	۰/۶۷	✓
C_8	۰/۶	✓	C_{22}	۰/۶۱	✓
C_9	۰/۶۲	✓	C_{23}	۰/۷	✓
C_{10}	۰/۶۷	✓	C_{24}	۰/۵	-
C_{11}	۰/۵۱	-	C_{25}	۰/۶۳	✓
C_{12}	۰/۶۶	✓	C_{26}	۰/۶۹	✓
C_{13}	۰/۶۸	✓	C_{27}	۰/۶۳	✓
C_{14}	۰/۷۷	✓			

M	C1			C2			C3			C4			C5		
	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U
C1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C2	0.34	0.88	0.94	0.00	0.00	0.00	0.06	0.19	0.44	0.56	0.81	0.94	0.06	0.19	0.44
C3	0.81	0.63	0.81	0.63	0.88	1.00	0.31	0.50	0.63	0.31	0.50	0.63	0.31	0.50	0.63
C4	0.38	0.13	0.38	0.00	0.00	0.81	0.19	0.31	0.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C5	0.44	0.19	0.44	0.00	0.00	0.81	0.13	0.25	0.50	0.75	0.63	0.75	0.38	0.63	0.75
C6	0.50	0.25	0.50	0.00	0.00	0.88	0.31	0.44	0.63	0.75	0.63	0.75	0.38	0.63	0.75
C7	0.34	0.75	0.34	0.50	0.56	0.81	0.25	0.50	0.75	0.81	0.56	0.81	0.31	0.56	0.81
C8	0.38	0.13	0.38	0.00	0.00	0.75	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C9	0.63	0.38	0.63	0.13	0.63	0.88	0.44	0.63	0.88	0.19	0.31	0.56	0.31	0.56	0.81
C10	0.56	0.31	0.56	0.13	0.63	0.94	0.44	0.63	0.94	0.06	0.13	0.38	0.25	0.50	0.63
C11	0.81	0.56	0.81	0.31	0.56	1.00	0.31	0.50	0.63	0.13	0.25	0.50	0.13	0.25	0.50
C12	0.81	0.38	0.81	0.00	0.00	0.63	0.00	0.19	0.44	0.00	0.00	0.13	0.00	0.13	0.38
C13	0.38	0.13	0.38	0.25	0.44	0.63	0.44	0.63	0.88	0.25	0.44	0.63	0.25	0.44	0.63
C14	0.63	0.38	0.63	0.00	0.00	0.81	0.38	0.63	0.81	0.00	0.13	0.38	0.38	0.63	0.88
C15	0.88	0.63	0.88	0.50	0.75	0.81	0.25	0.50	0.63	0.50	0.75	0.81	0.25	0.50	0.63
C16	0.81	0.56	0.81	0.31	0.56	0.81	0.44	0.63	0.88	0.13	0.25	0.50	0.13	0.25	0.50
C17	0.88	0.63	0.88	0.38	0.63	0.88	0.25	0.44	0.63	0.06	0.13	0.38	0.06	0.13	0.38
C18	0.81	0.56	0.81	0.31	0.56	0.81	0.19	0.31	0.50	0.19	0.31	0.50	0.19	0.31	0.50
C19	0.88	0.63	0.88	0.06	0.25	0.88	0.06	0.25	0.50	0.06	0.25	0.50	0.06	0.25	0.50
C20	0.81	0.56	0.81	0.75	0.63	0.88	0.13	0.31	0.56	0.75	0.63	0.88	0.13	0.31	0.56
C21	0.63	0.38	0.63	0.75	0.63	0.88	0.06	0.25	0.50	0.75	0.63	0.88	0.06	0.25	0.50
C22	1.00	0.88	1.00	1.00	0.88	0.94	0.31	0.50	0.75	1.00	0.88	0.94	0.31	0.50	0.75
C23	0.63	0.38	0.63	0.81	0.63	0.81	0.13	0.25	0.50	0.81	0.63	0.81	0.13	0.25	0.50
C24	0.63	0.38	0.63	0.44	0.63	0.81	0.13	0.25	0.50	0.44	0.63	0.81	0.13	0.25	0.50
C25	0.63	0.38	0.63	0.44	0.63	0.81	0.13	0.25	0.50	0.44	0.63	0.81	0.13	0.25	0.50
C26	0.75	0.56	0.75	0.44	0.63	0.81	0.06	0.19	0.44	0.44	0.63	0.81	0.06	0.19	0.44
C27	0.56	0.31	0.56	0.50	0.75	0.94	0.06	0.13	0.38	0.50	0.75	0.94	0.06	0.13	0.38

شکل (۳): ماتریس ارتباط مستقیم (M)

C16			C15			C14			C13			C12			C10			C9			C8			C7			C6			M
L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	
0.50	0.75	0.34	0.50	0.75	0.34	0.56	0.81	0.34	0.44	0.69	0.34	0.38	0.63	0.88	0.56	0.81	1.00	0.38	0.63	0.88	0.25	0.44	0.69	0.56	0.81	0.34	0.13	0.31	0.56	C1
0.31	0.56	0.81	0.25	0.44	0.63	0.19	0.38	0.63	0.25	0.44	0.63	0.19	0.38	0.63	0.13	0.31	0.56	0.00	0.13	0.38	0.06	0.25	0.50	0.25	0.50	0.75	0.00	0.13	0.38	C2
0.13	0.25	0.50	0.19	0.31	0.56	0.19	0.31	0.56	0.44	0.69	0.34	0.63	0.88	1.00	0.13	0.25	0.50	0.25	0.38	0.56	0.13	0.25	0.50	0.19	0.38	0.63	0.13	0.25	0.50	C3
0.00	0.13	0.38	0.06	0.19	0.44	0.75	1.00	1.00	0.50	0.75	0.88	0.63	0.88	1.00	0.63	0.34	1.00	0.69	0.34	1.00	0.50	0.69	0.81	0.00	0.06	0.31	0.19	0.38	0.56	C4
0.06	0.19	0.44	0.00	0.13	0.38	0.38	0.63	0.81	0.56	0.81	0.34	0.75	1.00	1.00	0.63	0.88	0.34	0.31	0.56	0.75	0.25	0.44	0.69	0.13	0.38	0.63	0.19	0.38	0.56	C5
0.06	0.25	0.50	0.13	0.31	0.56	0.19	0.38	0.63	0.31	0.56	0.81	0.56	0.81	1.00	0.25	0.44	0.69	0.63	0.88	1.00	0.13	0.31	0.56	0.25	0.44	0.69	0.00	0.00	0.00	C6
0.44	0.69	0.34	0.31	0.56	0.81	0.31	0.56	0.81	0.44	0.69	0.88	0.44	0.69	0.88	0.44	0.69	0.88	0.31	0.56	0.81	0.31	0.50	0.75	0.00	0.00	0.00	0.19	0.31	0.50	C7
0.06	0.19	0.44	0.06	0.19	0.44	0.31	0.56	0.75	0.06	0.25	0.50	0.13	0.31	0.56	0.31	0.56	0.81	0.13	0.31	0.56	0.00	0.00	0.00	0.06	0.25	0.50	0.06	0.19	0.44	C8
0.06	0.19	0.44	0.00	0.13	0.38	0.44	0.69	0.88	0.25	0.50	0.75	0.56	0.81	1.00	0.50	0.75	0.84	0.00	0.00	0.00	0.25	0.44	0.63	0.06	0.25	0.50	0.19	0.31	0.50	C9
0.19	0.38	0.63	0.25	0.50	0.69	0.25	0.50	0.69	0.13	0.38	0.63	0.31	0.56	0.81	0.00	0.00	0.00	0.06	0.25	0.50	0.19	0.38	0.63	0.38	0.63	0.88	0.00	0.06	0.31	C10
0.06	0.25	0.50	0.06	0.25	0.50	0.19	0.38	0.63	0.38	0.63	0.88	0.00	0.00	0.00	0.31	0.56	0.75	0.25	0.38	0.63	0.13	0.31	0.56	0.25	0.50	0.75	0.19	0.25	0.44	C12
0.06	0.25	0.50	0.06	0.25	0.50	0.31	0.56	0.81	0.00	0.00	0.00	0.44	0.69	0.88	0.50	0.75	1.00	0.38	0.63	0.88	0.13	0.31	0.56	0.19	0.44	0.69	0.06	0.19	0.44	C13
0.00	0.19	0.44	0.00	0.19	0.44	0.00	0.00	0.00	0.25	0.50	0.69	0.50	0.75	1.00	0.44	0.69	0.84	0.38	0.56	0.75	0.25	0.44	0.63	0.13	0.31	0.56	0.19	0.31	0.56	C14
0.44	0.69	0.34	0.00	0.00	0.00	0.19	0.38	0.63	0.19	0.44	0.69	0.25	0.50	0.75	0.06	0.31	0.56	0.25	0.50	0.75	0.25	0.44	0.63	0.63	0.88	1.00	0.19	0.31	0.56	C15
0.00	0.00	0.00	0.44	0.69	0.88	0.19	0.31	0.56	0.13	0.31	0.56	0.13	0.38	0.63	0.06	0.25	0.50	0.06	0.25	0.50	0.00	0.19	0.44	0.38	0.63	0.88	0.06	0.19	0.44	C16
0.13	0.38	0.63	0.06	0.31	0.56	0.13	0.31	0.56	0.19	0.38	0.63	0.13	0.38	0.63	0.13	0.31	0.56	0.13	0.31	0.56	0.06	0.25	0.50	0.38	0.63	0.81	0.06	0.19	0.44	C17
0.19	0.38	0.63	0.06	0.25	0.50	0.00	0.13	0.38	0.06	0.19	0.44	0.13	0.31	0.56	0.31	0.44	0.63	0.00	0.13	0.38	0.06	0.19	0.44	0.31	0.56	0.81	0.00	0.13	0.38	C18
0.25	0.50	0.75	0.56	0.81	1.00	0.25	0.50	0.75	0.25	0.44	0.69	0.13	0.38	0.63	0.25	0.50	0.75	0.06	0.19	0.44	0.19	0.31	0.56	0.31	0.56	0.81	0.06	0.19	0.44	C19
0.25	0.50	0.75	0.38	0.63	0.81	0.38	0.63	0.81	0.19	0.38	0.56	0.13	0.38	0.63	0.38	0.63	0.88	0.06	0.31	0.56	0.19	0.31	0.56	0.38	0.63	0.88	0.06	0.19	0.44	C20
0.25	0.50	0.75	0.25	0.50	0.75	0.31	0.56	0.81	0.38	0.63	0.81	0.25	0.50	0.75	0.06	0.31	0.56	0.06	0.31	0.56	0.13	0.25	0.50	0.56	0.81	1.00	0.06	0.19	0.44	C21
0.31	0.56	0.81	0.25	0.50	0.75	0.31	0.56	0.75	0.19	0.44	0.69	0.25	0.50	0.75	0.31	0.56	0.75	0.25	0.44	0.63	0.00	0.13	0.38	0.25	0.50	0.75	0.13	0.31	0.56	C22
0.19	0.38	0.56	0.06	0.19	0.44	0.69	0.34	1.00	0.38	0.63	0.81	0.38	0.63	0.88	0.44	0.69	0.88	0.50	0.75	0.94	0.25	0.44	0.63	0.06	0.25	0.50	0.06	0.25	0.50	C23
0.25	0.50	0.75	0.25	0.44	0.69	0.25	0.50	0.75	0.25	0.50	0.75	0.31	0.56	0.81	0.44	0.69	0.88	0.25	0.50	0.75	0.31	0.56	0.81	0.31	0.56	0.81	0.13	0.25	0.50	C25
0.19	0.44	0.69	0.06	0.31	0.56	0.38	0.63	0.81	0.31	0.56	0.75	0.13	0.31	0.56	0.13	0.38	0.63	0.44	0.69	0.94	0.31	0.56	0.81	0.31	0.56	0.81	0.25	0.38	0.63	C26
0.25	0.44	0.69	0.13	0.25	0.50	0.50	0.75	0.92	0.13	0.31	0.56	0.06	0.31	0.56	0.25	0.50	0.75	0.25	0.50	0.75	0.13	0.38	0.63	0.13	0.38	0.63	0.13	0.25	0.50	C27

ادامه شکل (۳): ماتریس ارتباط مستقیم (M)

C27			C26			C25			C23			C22			C21			C20			C19			C18			C17			M
L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	
0.19	0.38	0.63	0.25	0.44	0.63	0.19	0.38	0.63	0.50	0.75	0.94	0.25	0.44	0.63	0.25	0.50	0.75	0.63	0.88	1.00	0.63	0.84	1.00	0.06	0.19	0.44	0.19	0.38	0.63	C1
0.06	0.25	0.50	0.19	0.38	0.56	0.25	0.44	0.63	0.13	0.25	0.50	0.06	0.25	0.50	0.44	0.63	0.88	0.31	0.50	0.75	0.31	0.50	0.69	0.19	0.31	0.50	0.13	0.25	0.50	C2
0.00	0.00	0.25	0.19	0.31	0.50	0.19	0.38	0.63	0.19	0.31	0.56	0.31	0.50	0.63	0.25	0.44	0.63	0.19	0.31	0.56	0.25	0.38	0.63	0.19	0.31	0.50	0.06	0.19	0.44	C3
0.38	0.56	0.81	0.19	0.25	0.44	0.19	0.38	0.56	0.56	0.81	1.00	0.13	0.19	0.44	0.25	0.50	0.75	0.06	0.25	0.50	0.00	0.19	0.44	0.06	0.13	0.38	0.06	0.19	0.44	C4
0.13	0.19	0.44	0.00	0.13	0.38	0.13	0.38	0.63	0.19	0.44	0.63	0.19	0.31	0.56	0.06	0.19	0.44	0.13	0.31	0.56	0.06	0.25	0.50	0.06	0.13	0.38	0.06	0.19	0.44	C5
0.06	0.13	0.38	0.19	0.38	0.56	0.25	0.50	0.63	0.38	0.63	0.88	0.13	0.25	0.50	0.19	0.38	0.63	0.06	0.19	0.44	0.00	0.13	0.38	0.06	0.19	0.44	0.06	0.19	0.44	C6
0.00	0.13	0.38	0.06	0.19	0.44	0.38	0.63	0.88	0.25	0.50	0.75	0.19	0.31	0.56	0.31	0.56	0.81	0.38	0.63	0.81	0.25	0.50	0.69	0.31	0.56	0.75	0.31	0.56	0.81	C7
0.13	0.38	0.63	0.19	0.31	0.50	0.25	0.50	0.63	0.25	0.50	0.63	0.06	0.19	0.44	0.31	0.56	0.75	0.13	0.25	0.50	0.06	0.13	0.38	0.00	0.06	0.31	0.00	0.13	0.38	C8
0.00	0.06	0.31	0.06	0.19	0.44	0.06	0.25	0.50	0.00	0.19	0.44	0.13	0.25	0.50	0.13	0.31	0.56	0.06	0.19	0.44	0.06	0.19	0.44	0.00	0.13	0.38	0.06	0.19	0.44	C9
0.06	0.31	0.56	0.25	0.44	0.63	0.31	0.56	0.75	0.25	0.50	0.75	0.13	0.31	0.56	0.31	0.56	0.81	0.00	0.25	0.50	0.13	0.38	0.63	0.06	0.25	0.50	0.00	0.25	0.50	C10
0.06	0.13	0.38	0.06	0.19	0.44	0.44	0.63	0.94	0.13	0.38	0.63	0.44	0.63	0.94	0.25	0.50	0.75	0.06	0.19	0.44	0.00	0.13	0.38	0.06	0.31	0.56	0.13	0.31	0.56	C12
0.00	0.13	0.38	0.00	0.19	0.44	0.06	0.25	0.50	0.25	0.50	0.63	0.06	0.19	0.44	0.13	0.44	0.63	0.13	0.25	0.50	0.13	0.25	0.50	0.00	0.13	0.38	0.06	0.19	0.44	C13
0.38	0.63	0.88	0.25	0.44	0.63	0.31	0.56	0.81	0.25	0.44	0.63	0.13	0.25	0.50	0.06	0.31	0.56	0.06	0.19	0.44	0.00	0.13	0.38	0.31	0.50	0.63	0.06	0.19	0.44	C14
0.00	0.06	0.31	0.13	0.25	0.50	0.06	0.31	0.56	0.38	0.63	0.88	0.06	0.25	0.50	0.44	0.63	0.94	0.63	0.88	0.94	0.63	0.88	1.00	0.25	0.50	0.63	0.19	0.44	0.63	C15
0.06	0.19	0.44	0.06	0.19	0.44	0.06	0.31	0.56	0.31	0.56	0.81	0.13	0.31	0.56	0.31	0.56	0.81	0.44	0.63	0.94	0.50	0.75	0.88	0.13	0.38	0.63	0.25	0.50	0.75	C16
0.00	0.00	0.25	0.06	0.19	0.44	0.13	0.38	0.63	0.31	0.56	0.81	0.06	0.19	0.44	0.31	0.56	0.81	0.25	0.50	0.75	0.38	0.56	0.81	0.56	0.81	0.94	0.00	0.00	0.00	C17
0.00	0.00	0.25	0.13	0.25	0.50	0.13	0.38	0.63	0.06	0.19	0.44	0.13	0.25	0.50	0.38	0.63	0.88	0.19	0.44	0.63	0.19	0.44	0.63	0.00	0.00	0.00	0.44	0.63	0.81	C18
0.00	0.06	0.31	0.06	0.25	0.50	0.13	0.38	0.63	0.31	0.56	0.81	0.06	0.19	0.44	0.25	0.44	0.63	0.31	0.56	0.81	0.00	0.00	0.00	0.13	0.25	0.50	0.13	0.25	0.50	C19
0.06	0.19	0.44	0.06	0.25	0.50	0.06	0.25	0.50	0.25	0.44	0.63	0.13	0.25	0.50	0.44	0.63	0.94	0.00	0.00	0.00	0.63	0.84	1.00	0.06	0.19	0.44	0.06	0.19	0.44	C20
0.00	0.06	0.31	0.06	0.19	0.44	0.25	0.50	0.75	0.25	0.50	0.75	0.06	0.19	0.44	0.00	0.00	0.00	0.44	0.63	0.88	0.44	0.63	0.88	0.13	0.38	0.63	0.06	0.31	0.56	C21
0.06	0.19	0.44	0.19	0.38	0.63	0.38	0.63	0.88	0.63	0.88	0.94	0.00	0.00	0.00	0.38	0.63	0.81	0.25	0.44	0.63	0.25	0.50	0.75	0.25	0.50	0.75	0.38	0.63	0.88	C22
0.06	0.19	0.44	0.06	0.25	0.50	0.13	0.38	0.63	0.00	0.00	0.00	0.38	0.56	0.75	0.25	0.50	0.75	0.25	0.44	0.63	0.25	0.44	0.63	0.00	0.06	0.31	0.06	0.19	0.44	C23
0.00	0.19	0.44	0.00	0.13	0.38	0.00	0.00	0.00	0.44	0.63	0.88	0.06	0.25	0.50	0.25	0.50	0.75	0.19	0.44	0.63	0.19	0.44	0.63	0.13	0.38	0.63	0.19	0.44	0.63	C25
0.13	0.25	0.50	0.00	0.00	0.00	0.06	0.19	0.44	0.56	0.81	1.00	0.13	0.31	0.56	0.31	0.56	0.81	0.25	0.50	0.63	0.44	0.63	0.88	0.19	0.38	0.63	0.31	0.56	0.75	C26
0.00	0.00	0.00	0.44	0.63	0.88	0.06	0.25	0.50	0.31	0.56	0.81	0.19	0.38	0.56	0.25	0.50	0.75	0.19	0.38	0.63	0.19	0.38	0.63	0.06	0.19	0.44	0.00	0.19	0.44	C27

ادامه شکل (۳): ماتریس ارتباط مستقیم (M)

$\tilde{T}_L$	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C25	C26	C27
C1	0.008	0.017	0.02	0.041	0.041	0.011	0.038	0.02	0.028	0.041	0.031	0.035	0.04	0.032	0.032	0.014	0.008	0.044	0.04	0.022	0.018	0.036	0.016	0.017	0.013
C2	0.037	0.006	0.006	0.013	0.01	0.002	0.019	0.007	0.004	0.012	0.015	0.018	0.016	0.017	0.02	0.009	0.012	0.022	0.021	0.028	0.006	0.012	0.016	0.012	0.005
C3	0.025	0.041	0.003	0.023	0.023	0.009	0.016	0.011	0.019	0.014	0.04	0.023	0.017	0.014	0.011	0.006	0.012	0.018	0.015	0.019	0.02	0.016	0.014	0.012	0.002
C4	0.005	0.033	0.012	0.003	0.033	0.013	0.006	0.031	0.042	0.045	0.042	0.033	0.047	0.006	0.004	0.006	0.006	0.004	0.008	0.019	0.011	0.035	0.015	0.013	0.022
C5	0.004	0.027	0.003	0.025	0.006	0.012	0.011	0.017	0.021	0.033	0.045	0.034	0.025	0.003	0.006	0.005	0.005	0.006	0.003	0.008	0.013	0.015	0.011	0.003	0.008
C6	0.005	0.031	0.019	0.026	0.033	0.003	0.018	0.011	0.038	0.021	0.037	0.023	0.017	0.003	0.007	0.006	0.006	0.004	0.007	0.015	0.01	0.025	0.017	0.012	0.005
C7	0.033	0.027	0.017	0.026	0.035	0.013	0.008	0.022	0.023	0.033	0.032	0.031	0.025	0.022	0.028	0.02	0.02	0.02	0.026	0.024	0.014	0.021	0.025	0.007	0.002
C8	0.003	0.022	0.002	0.027	0.017	0.005	0.006	0.003	0.01	0.021	0.011	0.007	0.021	0.005	0.006	0.001	0.002	0.006	0.003	0.02	0.005	0.017	0.016	0.012	0.006
C9	0.01	0.023	0.012	0.021	0.024	0.012	0.007	0.016	0.004	0.032	0.035	0.018	0.028	0.003	0.006	0.005	0.002	0.006	0.006	0.011	0.009	0.004	0.007	0.006	0.002
C10	0.011	0.023	0.005	0.018	0.012	0.002	0.024	0.013	0.007	0.005	0.021	0.011	0.018	0.016	0.013	0.002	0.006	0.011	0.004	0.021	0.009	0.018	0.02	0.015	0.005
C12	0.021	0.042	0.009	0.016	0.016	0.012	0.018	0.01	0.018	0.023	0.007	0.025	0.016	0.007	0.007	0.009	0.006	0.005	0.008	0.018	0.025	0.012	0.027	0.006	0.005
C13	0.003	0.016	0.002	0.014	0.024	0.005	0.013	0.009	0.023	0.031	0.028	0.004	0.021	0.005	0.005	0.005	0.002	0.009	0.009	0.013	0.006	0.016	0.006	0.002	0.001
C14	0.017	0.03	0.002	0.019	0.015	0.012	0.011	0.017	0.024	0.029	0.032	0.018	0.006	0.003	0.003	0.006	0.018	0.004	0.007	0.008	0.01	0.018	0.02	0.016	0.021
C15	0.03	0.03	0.01	0.038	0.036	0.013	0.04	0.019	0.02	0.013	0.022	0.018	0.019	0.006	0.028	0.013	0.016	0.04	0.033	0.03	0.007	0.027	0.008	0.01	0.002
C16	0.022	0.021	0.009	0.023	0.026	0.006	0.025	0.004	0.008	0.01	0.013	0.013	0.016	0.027	0.004	0.016	0.009	0.032	0.028	0.022	0.009	0.022	0.007	0.006	0.005
C17	0.025	0.031	0.016	0.026	0.029	0.005	0.025	0.007	0.011	0.024	0.014	0.016	0.013	0.008	0.011	0.003	0.032	0.025	0.018	0.022	0.007	0.022	0.011	0.006	0.002
C18	0.021	0.028	0.012	0.008	0.015	0.001	0.021	0.006	0.003	0.021	0.011	0.008	0.005	0.007	0.013	0.025	0.003	0.014	0.014	0.024	0.003	0.008	0.01	0.008	1E-03
C19	0.025	0.03	0.006	0.026	0.03	0.006	0.022	0.014	0.009	0.02	0.014	0.019	0.02	0.033	0.017	0.009	0.003	0.006	0.022	0.019	0.006	0.022	0.01	0.006	0.002
C20	0.022	0.028	0.009	0.02	0.027	0.006	0.026	0.014	0.008	0.026	0.014	0.016	0.026	0.024	0.018	0.006	0.006	0.041	0.006	0.028	0.01	0.019	0.008	0.006	0.005
C21	0.015	0.03	0.006	0.019	0.023	0.006	0.034	0.011	0.008	0.01	0.02	0.025	0.023	0.017	0.017	0.006	0.003	0.028	0.028	0.006	0.006	0.019	0.017	0.005	0.002
C22	0.033	0.034	0.02	0.042	0.035	0.01	0.021	0.006	0.021	0.027	0.023	0.019	0.026	0.018	0.022	0.023	0.017	0.02	0.02	0.027	0.005	0.041	0.025	0.013	0.006
C23	0.012	0.031	0.009	0.036	0.017	0.006	0.008	0.017	0.032	0.031	0.027	0.026	0.043	0.007	0.013	0.006	0.003	0.017	0.017	0.019	0.023	0.006	0.011	0.006	0.006
C25	0.015	0.028	0.009	0.029	0.017	0.009	0.021	0.02	0.018	0.03	0.023	0.019	0.02	0.017	0.017	0.012	0.003	0.015	0.014	0.019	0.007	0.028	0.004	0.003	0.002
C26	0.022	0.025	0.006	0.031	0.018	0.016	0.022	0.021	0.023	0.015	0.015	0.023	0.028	0.008	0.014	0.019	0.013	0.028	0.018	0.022	0.01	0.036	0.008	0.003	0.003
C27	0.014	0.027	0.006	0.032	0.019	0.009	0.011	0.011	0.018	0.02	0.01	0.012	0.033	0.01	0.016	0.002	0.006	0.014	0.014	0.018	0.013	0.022	0.007	0.025	0.002

T _M	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C25	C26	C27
C1	0.038	0.062	0.048	0.089	0.086	0.037	0.081	0.054	0.07	0.089	0.08	0.078	0.087	0.07	0.07	0.044	0.034	0.084	0.08	0.067	0.048	0.081	0.054	0.045	0.037
C2	0.07	0.033	0.025	0.047	0.039	0.02	0.053	0.033	0.031	0.046	0.049	0.05	0.048	0.044	0.051	0.03	0.032	0.051	0.05	0.062	0.029	0.041	0.044	0.034	0.024
C3	0.058	0.019	0.015	0.053	0.052	0.027	0.047	0.033	0.045	0.045	0.076	0.064	0.046	0.037	0.035	0.027	0.032	0.044	0.04	0.05	0.043	0.044	0.043	0.031	0.012
C4	0.035	0.076	0.032	0.036	0.076	0.035	0.033	0.059	0.077	0.085	0.082	0.071	0.086	0.032	0.03	0.028	0.024	0.035	0.038	0.057	0.03	0.073	0.046	0.031	0.043
C5	0.034	0.067	0.027	0.062	0.028	0.033	0.045	0.043	0.054	0.077	0.083	0.07	0.062	0.026	0.03	0.026	0.022	0.035	0.037	0.037	0.033	0.05	0.043	0.022	0.022
C6	0.033	0.072	0.038	0.062	0.075	0.015	0.05	0.038	0.072	0.057	0.076	0.06	0.052	0.037	0.035	0.027	0.026	0.031	0.033	0.048	0.031	0.061	0.05	0.035	0.019
C7	0.073	0.076	0.046	0.071	0.078	0.034	0.037	0.053	0.063	0.078	0.078	0.073	0.069	0.057	0.064	0.052	0.051	0.059	0.064	0.066	0.039	0.064	0.063	0.03	0.022
C8	0.027	0.057	0.015	0.06	0.042	0.021	0.034	0.017	0.037	0.055	0.042	0.036	0.054	0.026	0.027	0.02	0.016	0.025	0.031	0.051	0.023	0.043	0.044	0.023	0.03
C9	0.041	0.066	0.023	0.056	0.054	0.028	0.036	0.041	0.023	0.067	0.07	0.051	0.062	0.025	0.028	0.024	0.021	0.03	0.023	0.04	0.028	0.035	0.034	0.024	0.014
C10	0.042	0.069	0.021	0.054	0.042	0.017	0.059	0.04	0.038	0.031	0.059	0.047	0.055	0.047	0.041	0.03	0.029	0.044	0.037	0.056	0.033	0.054	0.052	0.038	0.028
C12	0.055	0.082	0.029	0.054	0.046	0.027	0.053	0.037	0.045	0.061	0.032	0.061	0.05	0.034	0.036	0.034	0.033	0.031	0.034	0.054	0.052	0.048	0.059	0.025	0.018
C13	0.023	0.053	0.023	0.043	0.057	0.022	0.045	0.034	0.054	0.066	0.064	0.025	0.056	0.031	0.031	0.024	0.021	0.033	0.033	0.046	0.025	0.05	0.034	0.023	0.017
C14	0.047	0.07	0.018	0.054	0.048	0.03	0.043	0.043	0.054	0.067	0.069	0.054	0.031	0.03	0.031	0.027	0.041	0.03	0.033	0.044	0.03	0.05	0.052	0.038	0.044
C15	0.07	0.078	0.04	0.083	0.078	0.034	0.081	0.05	0.059	0.059	0.068	0.061	0.06	0.023	0.064	0.045	0.047	0.078	0.077	0.072	0.035	0.069	0.047	0.033	0.018
C16	0.057	0.063	0.03	0.063	0.065	0.025	0.062	0.032	0.04	0.048	0.053	0.047	0.043	0.059	0.025	0.044	0.037	0.066	0.062	0.059	0.034	0.06	0.041	0.026	0.022
C17	0.061	0.073	0.04	0.066	0.068	0.025	0.062	0.036	0.044	0.064	0.055	0.051	0.043	0.04	0.044	0.019	0.059	0.056	0.052	0.06	0.028	0.06	0.045	0.026	0.013
C18	0.052	0.065	0.03	0.04	0.045	0.018	0.053	0.027	0.028	0.049	0.043	0.034	0.032	0.033	0.039	0.047	0.015	0.045	0.044	0.056	0.027	0.034	0.039	0.026	0.01
C19	0.06	0.072	0.03	0.066	0.064	0.025	0.059	0.039	0.038	0.06	0.054	0.054	0.059	0.065	0.05	0.031	0.031	0.028	0.055	0.053	0.028	0.06	0.044	0.029	0.016
C20	0.058	0.071	0.033	0.061	0.065	0.025	0.063	0.033	0.044	0.067	0.055	0.052	0.066	0.057	0.051	0.029	0.028	0.076	0.027	0.066	0.032	0.054	0.039	0.03	0.023
C21	0.052	0.073	0.03	0.06	0.062	0.025	0.072	0.036	0.044	0.052	0.061	0.064	0.062	0.05	0.05	0.035	0.038	0.063	0.062	0.031	0.028	0.057	0.051	0.026	0.016
C22	0.08	0.083	0.047	0.088	0.079	0.035	0.063	0.035	0.058	0.073	0.07	0.062	0.071	0.055	0.059	0.055	0.048	0.06	0.056	0.07	0.023	0.048	0.063	0.04	0.026
C23	0.047	0.074	0.029	0.076	0.052	0.028	0.042	0.046	0.067	0.071	0.068	0.064	0.082	0.033	0.043	0.028	0.021	0.043	0.047	0.056	0.047	0.031	0.045	0.03	0.024
C25	0.048	0.071	0.03	0.07	0.053	0.028	0.059	0.052	0.054	0.071	0.065	0.058	0.06	0.046	0.05	0.041	0.038	0.05	0.049	0.057	0.032	0.067	0.026	0.024	0.023
C26	0.059	0.071	0.028	0.073	0.059	0.036	0.061	0.054	0.066	0.058	0.054	0.063	0.069	0.041	0.049	0.043	0.039	0.064	0.054	0.062	0.036	0.075	0.038	0.019	0.027
C27	0.043	0.068	0.022	0.071	0.056	0.027	0.047	0.041	0.053	0.059	0.049	0.046	0.071	0.034	0.045	0.027	0.026	0.044	0.043	0.054	0.037	0.059	0.037	0.052	0.021

T	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C25	C26	C27
C1	0.071	0.101	0.076	0.123	0.119	0.063	0.114	0.084	0.103	0.124	0.116	0.112	0.12	0.099	0.101	0.074	0.063	0.113	0.11	0.102	0.077	0.115	0.086	0.072	0.063
C2	0.094	0.063	0.048	0.077	0.068	0.042	0.081	0.058	0.059	0.076	0.079	0.077	0.077	0.068	0.076	0.054	0.055	0.076	0.076	0.09	0.053	0.071	0.07	0.055	0.045
C3	0.085	0.109	0.038	0.084	0.081	0.049	0.076	0.06	0.073	0.076	0.105	0.092	0.077	0.064	0.063	0.052	0.056	0.071	0.068	0.081	0.066	0.075	0.07	0.054	0.035
C4	0.064	0.106	0.057	0.066	0.104	0.057	0.065	0.084	0.103	0.113	0.111	0.098	0.112	0.059	0.058	0.054	0.05	0.063	0.066	0.087	0.056	0.102	0.073	0.055	0.065
C5	0.062	0.096	0.051	0.09	0.056	0.053	0.073	0.068	0.08	0.103	0.109	0.095	0.089	0.053	0.057	0.05	0.047	0.061	0.064	0.067	0.058	0.078	0.068	0.045	0.044
C6	0.068	0.104	0.062	0.092	0.103	0.036	0.08	0.065	0.098	0.088	0.106	0.089	0.082	0.064	0.063	0.053	0.051	0.059	0.063	0.079	0.057	0.091	0.076	0.058	0.042
C7	0.105	0.112	0.073	0.106	0.111	0.06	0.071	0.084	0.095	0.112	0.113	0.106	0.103	0.087	0.096	0.08	0.077	0.089	0.095	0.101	0.069	0.098	0.094	0.058	0.048
C8	0.053	0.085	0.038	0.087	0.07	0.041	0.061	0.04	0.063	0.082	0.07	0.063	0.08	0.051	0.052	0.043	0.039	0.052	0.057	0.077	0.046	0.075	0.068	0.049	0.048
C9	0.068	0.095	0.052	0.084	0.082	0.049	0.065	0.065	0.049	0.094	0.098	0.078	0.089	0.05	0.055	0.048	0.044	0.057	0.057	0.07	0.052	0.063	0.06	0.046	0.036
C10	0.071	0.101	0.047	0.085	0.073	0.041	0.088	0.066	0.067	0.062	0.09	0.076	0.085	0.071	0.069	0.054	0.053	0.07	0.064	0.087	0.058	0.084	0.078	0.06	0.049
C12	0.084	0.112	0.053	0.085	0.077	0.05	0.083	0.063	0.075	0.091	0.063	0.09	0.08	0.061	0.063	0.059	0.056	0.06	0.063	0.084	0.076	0.078	0.086	0.05	0.042
C13	0.057	0.084	0.045	0.079	0.084	0.044	0.074	0.059	0.081	0.095	0.092	0.053	0.084	0.056	0.058	0.049	0.044	0.06	0.06	0.075	0.049	0.078	0.06	0.045	0.038
C14	0.077	0.101	0.044	0.084	0.078	0.053	0.073	0.069	0.082	0.097	0.1	0.082	0.06	0.057	0.059	0.052	0.064	0.058	0.061	0.074	0.056	0.081	0.079	0.061	0.065
C15	0.1	0.112	0.066	0.116	0.11	0.06	0.112	0.078	0.09	0.092	0.102	0.093	0.093	0.058	0.094	0.072	0.072	0.106	0.105	0.106	0.063	0.103	0.077	0.06	0.045
C16	0.087	0.097	0.056	0.095	0.095	0.049	0.093	0.06	0.07	0.08	0.086	0.078	0.082	0.085	0.053	0.069	0.061	0.092	0.09	0.091	0.06	0.091	0.069	0.051	0.046
C17	0.09	0.106	0.065	0.097	0.098	0.049	0.092	0.063	0.074	0.096	0.087	0.082	0.081	0.067	0.072	0.044	0.082	0.085	0.081	0.091	0.055	0.091	0.073	0.052	0.038
C18	0.079	0.094	0.052	0.07	0.074	0.04	0.081	0.053	0.056	0.079	0.073	0.063	0.062	0.057	0.065	0.07	0.037	0.069	0.07	0.085	0.051	0.064	0.065	0.049	0.032
C19	0.09	0.105	0.055	0.098	0.095	0.049	0.089	0.067	0.068	0.092	0.086	0.085	0.09	0.091	0.078	0.058	0.056	0.055	0.084	0.085	0.055	0.091	0.072	0.054	0.041
C20	0.088	0.104	0.058	0.093	0.095	0.049	0.094	0.068	0.074	0.099	0.087	0.082	0.096	0.083	0.079	0.056	0.054	0.101	0.056	0.098	0.059	0.087	0.068	0.055	0.047
C21	0.081	0.106	0.055	0.092	0.093	0.049	0.102	0.064	0.074	0.084	0.093	0.093	0.093	0.077	0.079	0.061	0.062	0.09	0.09	0.063	0.055	0.088	0.08	0.052	0.041
C22	0.11	0.119	0.074	0.121	0.111	0.061	0.096	0.066	0.089	0.106	0.104	0.095	0.103	0.084	0.09	0.083	0.075	0.09	0.087	0.103	0.051	0.115	0.094	0.067	0.052
C23	0.076	0.105	0.055	0.105	0.082	0.051	0.073	0.071	0.094	0.101	0.099	0.092	0.109	0.06	0.07	0.054	0.047	0.076	0.076	0.072	0.062	0.073	0.054	0.047	0.047
C25	0.079	0.105	0.056	0.102	0.084	0.053	0.09	0.079	0.084	0.103	0.098	0.089	0.092	0.074	0.079	0.067	0.062	0.078	0.078	0.089	0.059	0.098	0.055	0.05	0.046
C26	0.089	0.105	0.055	0.105	0.09	0.061	0.093	0.081	0.096	0.091	0.089	0.094	0.1	0.069	0.078	0.074	0.065	0.092	0.083	0.095	0.063	0.107	0.068	0.043	0.052
C27	0.073	0.101	0.048	0.101	0.086	0.051	0.077	0.067	0.081	0.09	0.081	0.076	0.1	0.062	0.073	0.053	0.052	0.073	0.072	0.085	0.061	0.089	0.065	0.074	0.034

شکل (۵): ماتریس ارتباط کامل قطعی (T)

با توجه به شاخص تعامل، میزان تحقق قابلیت‌های فناورانه ردیابی در زنجیره تأمین بیشترین تعامل را با سایر عوامل دارد. همچنین با توجه به شاخص نفوذ، میزان دسترسی به فناوری‌های نوین، سطح دانش و ادراک مصرف‌کننده، میزان الزامات نظارتی و قانونی و میزان فسادپذیری محصول، میزان یکپارچگی اطلاعاتی در زنجیره تأمین، سطح مهارت و دانش نیروی انسانی، میزان تحقق قابلیت‌های فناورانه ردیابی در زنجیره تأمین، هزینه‌های استقرار، میزان مقاومت کارکنان در برابر تغییر، وضعیت مدیریت فرایندهای زنجیره تأمین، میزان توجه اعضای زنجیره به تمایز و مزیت رقابتی، میزان اشتراک‌گذاری اطلاعات در میان اعضای زنجیره و میزان کیفیت و صحت داده‌ها به دلیل برخورداری از قدرت نفوذ بالا بر سایر عوامل به ترتیب علت‌های مدل و میزان تمایل اعضای زنجیره تأمین برای ردیابی، برند و شهرت زنجیره تأمین، سطح سودآوری زنجیره تأمین، سطح پایداری زنجیره تأمین، سطح ائتلاف در تولید، میزان رضایت مصرف‌کننده، سطح کیفیت محصول، سطح ارجاع محصول، سطح ایمنی محصول، سطح مسئولیت‌پذیری و همکاری اعضا در زنجیره تأمین، گواهینامه‌های موجود تضمین کیفیت و میزان شفافیت جریان داده‌ها در زنجیره تأمین که به ترتیب از قدرت وابستگی بالایی برخوردار بوده و عوامل معلولی در مدل به شمار می‌روند.

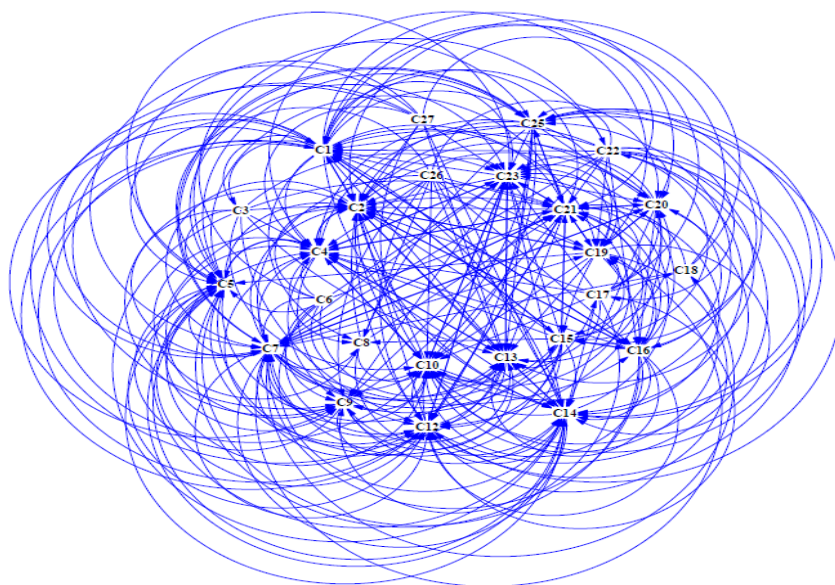
به‌منظور ترسیم مدل علت و معلولی مطابق شکل (۶)، با استفاده از پیکان عوامل تأثیرگذار به عوامل تأثیرپذیر متناظرشان متصل شد.

میزان تعامل میان عوامل با محاسبه شاخص R+J مشخص و همچنین جهت تعیین میزان نفوذ هر یک از آن‌ها از شاخص R-J استفاده شد که در آن‌ها مقدار R (میزان تأثیرگذاری عامل بر سایر عوامل) و J (میزان تأثیرپذیری عامل از سایر عوامل) به ترتیب مجموع مقادیر درایه‌های هر سطر و مجموع درایه‌های هر ستون در ماتریس T می‌باشد. عواملی که مقدار شاخص R-J آن‌ها مثبت است، به عنوان علت و در صورت منفی بودن، به عنوان عوامل معلولی در سیستم طبقه‌بندی شدند. در جدول ۵ عوامل مورد مطالعه بر اساس مقدار هر یک از شاخص‌های R، J، R+J و R-J به‌صورت نزولی ارائه شده است. در مرحله انتهایی میانگین درایه‌های ماتریس T به‌منظور دستیابی به مقدار حد آستانه محاسبه شد که برابر با عدد ۰/۰۷۵ است. در مقایسه مقدار هر درایه با حد آستانه، عامل متناظر سطری بیشتر از حد آستانه به عنوان عامل تأثیرگذار و عامل متناظر ستونی به عنوان تأثیرپذیر تعیین گردید.

بر اساس جدول (۵)، میزان تحقق قابلیت‌های فناورانه ردیابی در زنجیره تأمین، میزان دسترسی به فناوری‌های نوین، وضعیت مدیریت فرایندهای زنجیره تأمین، میزان یکپارچگی اطلاعاتی در زنجیره تأمین و میزان الزامات نظارتی و قانونی تأثیرگذارترین عوامل هستند. همچنین بیشترین تأثیرپذیری مربوط به میزان تمایل اعضای زنجیره تأمین برای ردیابی، سطح سودآوری زنجیره تأمین، سطح کیفیت محصول، برند و شهرت زنجیره تأمین و میزان رضایت مصرف‌کننده است.

جدول (۵): طبقه بندی نزولی عوامل مؤثر در پیاده‌سازی قابلیت ردیابی براساس مقادیر شاخص‌های R, J, R+J و R-J

کد عامل	R	کد عامل	J	کد عامل	R+J	کد عامل	R-J
C_1	۲/۴۰	C_2	۲/۵۳	C_1	۴/۴۰	C_{22}	۰/۷۷
C_{22}	۲/۲۵	C_{12}	۲/۳۴	C_7	۴/۳۴	C_{27}	۰/۶۹
C_7	۲/۲۴	C_4	۲/۳۴	C_4	۴/۲۷	C_{26}	۰/۶۷
C_{15}	۲/۱۸	C_{10}	۲/۳۳	C_2	۴/۲۲	C_6	۰/۵۷
C_{26}	۲/۰۴	C_{14}	۲/۲۴	C_{12}	۴/۱۲	C_{15}	۰/۴۸
C_{25}	۱/۹۵	C_5	۲/۲۲	C_{10}	۴/۰۸	C_{17}	۰/۴۳
C_{20}	۱/۹۳	C_{23}	۲/۱۸	C_{21}	۴/۰۷	C_1	۰/۴۰
C_4	۱/۹۳	C_{21}	۲/۱۵	C_{23}	۴/۰۷	C_3	۰/۳۸
C_{21}	۱/۹۲	C_{13}	۲/۱۴	C_{14}	۴/۰۱	C_{18}	۰/۱۷
C_{17}	۱/۹۱	C_7	۲/۱۰	C_5	۳/۹۴	C_7	۰/۱۵
C_{23}	۱/۸۹	C_1	۲/۰۰	C_{15}	۳/۸۹	C_{25}	۰/۱۲
C_{19}	۱/۸۹	C_9	۱/۹۸	C_{20}	۳/۸۰	C_{16}	۰/۱۱
C_{16}	۱/۸۹	C_{19}	۱/۹۰	C_{19}	۳/۷۹	C_{20}	۰/۰۵
C_6	۱/۸۳	C_{20}	۱/۸۷	C_{25}	۳/۷۸	C_{19}	-۰/۰۱
C_{27}	۱/۸۳	C_{25}	۱/۸۳	C_{13}	۳/۷۴	C_8	-۰/۱۹
C_{12}	۱/۷۸	C_{16}	۱/۷۸	C_{22}	۳/۷۲	C_{21}	-۰/۲۴
C_{14}	۱/۷۷	C_{15}	۱/۷۱	C_{16}	۳/۶۶	C_{23}	-۰/۲۸
C_3	۱/۷۶	C_8	۱/۶۸	C_9	۳/۵۸	C_9	-۰/۳۷
C_{10}	۱/۷۵	C_{17}	۱/۴۸	C_{26}	۳/۴۱	C_4	-۰/۴۱
C_5	۱/۷۲	C_{22}	۱/۴۸	C_{17}	۳/۴۰	C_{14}	-۰/۴۷
C_2	۱/۶۹	C_{18}	۱/۴۲	C_8	۳/۱۷	C_5	-۰/۵۰
C_9	۱/۶۱	C_3	۱/۳۸	C_3	۳/۱۴	C_{13}	-۰/۵۳
C_{13}	۱/۶۰	C_{26}	۱/۳۷	C_6	۳/۰۹	C_{12}	-۰/۵۵
C_{18}	۱/۵۹	C_6	۱/۲۶	C_{18}	۳/۰۱	C_{10}	-۰/۵۸
C_8	۱/۴۹	C_{27}	۱/۱۴	C_{27}	۲/۹۷	C_2	-۰/۸۴



شکل (۶): مدل علت و معلولی عوامل مؤثر بر پیاده‌سازی قابلیت ردیابی در زنجیره تأمین مواد غذایی

همانطور که مشاهده می‌شود، مدل علت و معلولی به وضوح تعاملات پیچیده میان عوامل را نشان می‌دهد. هر چه میزان تعامل یک عامل با سایر عوامل بیشتر باشد، تراکم مجموع پیکان‌های ورودی به آن و خروجی از آن عامل بیشتر است.

۵- بحث، نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در پژوهش حاضر با هدف تحلیل روابط میان عوامل مؤثر در پیاده‌سازی قابلیت ردیابی در زنجیره تأمین مواد غذایی به ارائه یک مدل علی از این عوامل پرداخته شد. اگرچه مطالعات متعددی در رابطه با موضوع ردیابی و همچنین عوامل تأثیرگذار در آن در انواع زنجیره تأمین صورت گرفته است، اما پژوهشی که در آن به شناسایی و تحلیل روابط علت و معلولی عوامل به‌طور جامع پرداخته شده باشد، کمتر مشاهده شد. عوامل مورد نظر در این مطالعه برخلاف پژوهش‌های مرتبط همچون خان و همکاران [۲۶]، و گوناوان و همکاران [۲۷] که به‌طور خاص موانع پیاده‌سازی قابلیت ردیابی، سریواستاو و داشورا [۳۲]، عوامل توانمندساز و پاتیدار و همکاران [۳۰]، حلیم و همکاران [۳۱] و فیصل و طالب [۱] محرک‌های پیاده‌سازی قابلیت ردیابی را مورد بررسی قرار داده اند، با نگاهی جامع گردآوری شده و بر کلیه جنبه‌های تأثیر (موانع، محرک‌ها و توانمندسازها) تمرکز دارند. این امر موجب می‌شود که پیاده‌سازی قابلیت ردیابی و نتایج آن در زنجیره تأمین مواد غذایی به‌طور همه جانبه مورد بررسی قرار گیرد.

در ابتدا ۲۷ عامل مرتبط با موضوع ردیابی و تأثیرگذار بر پیاده‌سازی این قابلیت در زنجیره تأمین از ادبیات استخراج شد که طی اجرای روش دلفی فازی، ۲۵ عامل توسط خبرگان صنعت مواد غذایی تایید شدند (جدول ۲). سپس به‌منظور شناسایی روابط میان آن‌ها از تکنیک دیمتل فازی بهره گرفته شد. بر اساس یافته‌ها تأثیرگذارترین عوامل میزان تحقق قابلیت‌های فناورانه ردیابی در زنجیره تأمین، میزان دسترسی به فناوری‌های نوین، وضعیت مدیریت فرایندهای زنجیره تأمین و میزان یکپارچگی اطلاعاتی در زنجیره تأمین بوده و همچنین میزان تمایل اعضای زنجیره تأمین برای ردیابی، سطح سودآوری زنجیره تأمین و سطح کیفیت محصول بیشترین تأثیرپذیری را از سایر عوامل دارا می‌باشند. در این راستا دونگ و همکاران [۳۴] استرانیبری و همکاران [۴۹] و آیلو و همکاران [۳۷] در نتایج مطالعات خود به تاثیر معنادار پیاده‌سازی فناوری ردیابی بر بازده اقتصادی زنجیره‌های تأمین تاکید کردند. فتحی و صادقی [۴۴] و ژو [۳۶] نیز پیاده‌سازی قابلیت ردیابی فناورانه را به عنوان یک سرمایه‌گذاری سودآور برای صنایع غذایی مطرح نموده و به تأثیر آن بر بهبود عملکرد زنجیره تأمین به واسطه کارآمدسازی

مدیریت فرایندهای آن اشاره کردند. با توجه به تعریف یکپارچگی اطلاعاتی که به لزوم هماهنگی میان شرکای زنجیره در دسترسی به منابع اطلاعاتی اشاره دارد، خان و همکاران [۴۸] دریافتند که برای اطمینان از سیستم ردیابی و حفظ محصول از مزرعه تا سفره، همکاری نزدیک میان شرکای مختلف زنجیره تأمین ضرورت دارد. همچنین براساس نتایج مطالعه دش و همکاران [۳۳] هماهنگی میان اعضا در صنعت مواد غذایی می‌تواند انگیزه اعضای زنجیره تأمین برای شروع سرمایه‌گذاری در سیستم ردیابی را افزایش دهد. بر این اساس و با در نظر گرفتن تأثیرپذیری میزان تمایل اعضای زنجیره تأمین برای ردیابی، نتایج پژوهش حاضر در این رابطه نیز تأیید می‌گردد.

در بررسی یافته‌ها مشخص شد میزان دسترسی به فناوری‌های نوین، سطح دانش و ادراک مصرف‌کننده، میزان الزامات نظارتی و قانونی و میزان فسادپذیری محصول عوامل علی با قدرت نفوذ بالا بر سایر عوامل هستند. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت پیاده‌سازی قابلیت ردیابی در زنجیره تأمین محصولات فسادپذیر و حساس همچون زنجیره تأمین مواد غذایی با به‌کارگیری فناوری‌های نوین با توجه به سطح الزامات نظارتی و آگاهی مصرف‌کننده می‌تواند عملکرد آن را تحت تأثیر قرار دهد. همچنین یافته‌ها نشان داد که تأثیرگذاری میزان شفافیت جریان داده‌ها در زنجیره تأمین با میزان تأثیرپذیری این عامل تقریباً برابر و از طرفی قدرت نفوذ این عامل بر سایر عوامل نزدیک به صفر است که بر این اساس، می‌توان نتیجه گرفت شفافیت علاوه بر نقش علت به عنوان یک عامل معلولی در سیستم تعیین می‌گردد. خان و همکاران [۲۶] و سانی و همکاران [۴۷] نیز نشان دادند که پیاده‌سازی قابلیت ردیابی مبتنی بر فناوری‌های نوین همچون اینترنت اشیاء و بلاک چین با افزایش شفافیت و بهبود کارایی عملیاتی، عملکرد زنجیره تأمین را ارتقا می‌دهد. از طرفی بر اساس نتایج سریواستاو و داشورا [۳۲] میزان شفافیت جریان داده‌ها در زنجیره تأمین در پیاده‌سازی قابلیت ردیابی تأثیرگذار است.

با توجه به یافته‌ها، تأثیرپذیری سطح کیفیت محصول از سایر عوامل مورد مطالعه بسیار زیاد است. این نتیجه با یافته‌های پژوهش‌های پیشین شامل تأثیر قابلیت ردیابی بر کیفیت محصول [۳۰ و ۴۳] مطابقت دارد. کمبل و همکاران [۴۰] نیز دریافتند که درک و دسترسی بدون تأخیر به اطلاعات دقیق محصول از طریق ردیابی موجب مدیریت مؤثر سطح کیفیت مواد غذایی برای همه ذی‌نفعان در یک زنجیره تأمین می‌گردد. خوزه و پراساناونکاتسان [۲۵] نشان دادند که به واسطه تأثیری که ردیابی بر بهبود کیفیت محصول دارد، انگیزه و تمایل اعضا برای پیاده‌سازی این قابلیت افزایش پیدا می‌کند.

محتمل حاصل از بررسی روابط میان عوامل با تکنیک پویایی های سیستم شناسایی شود. سپس مدل بهینه استخراج گردیده و سناریو برتر به منظور به کارگیری جهت بهبود سیستم ارائه گردد.

۶- مراجع

- [1] M. Faisal and F. Talib, "Implementing traceability in Indian food-supply chains: An interpretive structural modeling approach," *Foodserv. Bus. Res.*, vol. 19, no. 2, pp. 171-196, 2016, doi: <https://doi.org/10.1080/15378020.2016.1159894>.
- [2] M. Ravaghi, "Tracing of Packages in Supply Chain Based on IoT and Blockchain Technologies," *Packag. Sci. Art.*, vol. 12, no. 47, pp. 57-64, 2022, doi: [10.1001.1.22286675.1400.12.47.6.4](https://doi.org/10.1001.1.22286675.1400.12.47.6.4). (In Persian)
- [3] V. Marozzo, A. Vargas-Sánchez, T. Abbate, and A. D'Amico, "Investigating the importance of product traceability in the relationship between product authenticity and consumer willingness to pay," *Sinergie Ital. J. Manag.*, vol. 40, no. 2, pp. 45-60, 2022, doi: <https://doi.org/10.7433/s118.2022.02>.
- [4] M. Nasiri Galeh and S. Sahraei, "Investigating the Impact of Blockchain Implementation in the Supply Chain of Dairy Products in Iran," *J. Supply Chain Manag.*, vol. 26, no. 82, pp. 95-102, 2024, doi: [10.1001.1.20089198.1403.26.82.7.4](https://doi.org/10.1001.1.20089198.1403.26.82.7.4). (In Persian)
- [5] D. J. F. Kamann, J. A. Alfaro, and S. S. Sebrek, "28 years of traceability management: trends, bottlenecks and opportunities," *Int. J. Procurement Manag.*, vol. 12, no. 1, pp. 56-87, 2019, doi: <https://doi.org/10.1504/IJPM.2019.096997>.
- [6] T. T. Hoang, J. E. Bell, and T. J. Goldsby, "Making supply chain traceability strategic: insights from the food industry," *Int. J. Phys. Distrib. Logist. Manag.*, vol. 53, no. 9, pp. 913-945, 2023, doi: <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-03-2022-0064/FULL/HTML>.
- [7] A. Abbasi Rai, H. M. Qalandari, and I. Nakhai Kamalabadi, "Model for Traceability and Identification of products in Supply Chain," *J. Supply Chain Manag.*, vol. 17, no. 47, pp. 70-83, 2015. (In Persian)
- [8] F. Anastasiadis, I. Apostolidou, and A. Michailidis, "Food traceability: a consumer-centric supply chain approach on sustainable tomato," *Foods*, vol. 10, no. 3, p. 543, 2021, doi: <https://doi.org/10.3390/foods10030543>.
- [9] J. P. Curto and P. D. Gaspar, "Traceability in food supply chains: Review and SME focused analysis," *AIMS Agric. Food.*, vol. 6, no. 2, pp. 679-707, 2021, doi: <https://doi.org/10.3934/agrfod.2021041>.
- [10] L. Rezaei and R. Babazadeh, "Investigating the relationships between the influencing indicators of blockchain in the food industry," *Res. Prod. Oper. Manag.*, vol. 11, no. 3, pp. 95-116, 2020, doi: <https://doi.org/10.22108/jpom.2021.123858.1279>. (In Persian)
- [11] X. Zhou and Z. Xu, "Traceability in food supply chains: a systematic literature review and future research directions," *Int. Food Agribus. Manag. Rev.*, vol. 25, no. 2, pp. 173-196, 2022, doi: <https://doi.org/10.22434/IFAMR2020.0065>.
- [12] M. M. Aung and Y. S. Chang, "Traceability in a food supply chain: Safety and quality perspectives," *Food Control.*, vol. 39, no. 1, pp. 172-184, 2014, doi: <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2013.11.007>.
- [13] T. Perdana *et al.*, "Food supply chain management in disaster events: A systematic literature review," *Int. J. Disaster Risk Reduct.*, vol. 79, p. 103183, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.103183>.
- [14] N. Friedman and J. Ormiston, "Blockchain as a sustainability-oriented innovation?: Opportunities for and resistance to Blockchain technology as a driver of sustainability in global food supply chains," *Technol. Forecast. Soc. Change.*, vol. 175, p. 121403, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/J.TECHFORE.2021.121403>.
- [15] A. Souri, A. Fallahzadeh, and A. Markaz Malmiri, "Food and drug safety in the light of the doctrine of human security and international human rights instruments," *J. Med. Law.*, vol. 15, no. 56, pp. 349-364, 2021, URL: <http://ijmedicallaw.ir/article-1-1169->

به طور کلی نتایج پژوهش نشان می دهد که پیاده سازی قابلیت ردیابی به طور همه جانبه بر زنجیره تأمین مواد غذایی تأثیرگذار است. تغییرات در سطح کیفیت محصول تولیدی و عرضه آن می تواند ارتباط مستقیمی با سطح انتظارات و ادراک مصرف کننده از مفهوم کیفیت داشته باشد. ارتقا سطح آگاهی مصرف کننده و میزان الزامات قانونی و نظارتی در رابطه با زنجیره تأمین مواد غذایی به عنوان یک عامل محرک، تمایل شرکت ها را برای اثبات و تضمین سطح کیفیت محصولاتشان افزایش می دهد. در این راستا همکاری و هماهنگی شرکای زنجیره تأمین در به کارگیری فناوری های پیشرفته به منظور اجرای مؤثر و موفقیت آمیز قابلیت ردیابی محصول در تمامی مراحل تا رسیدن به مصرف کننده نهایی، یک راهکار تضمین کیفیت می باشد که منجر به رضایت مصرف کننده و ارتقای شهرت زنجیره تأمین می گردد.

با توجه به این که پیاده سازی قابلیت ردیابی در زنجیره تأمین مواد غذایی می تواند کنترل سطح اتلاف در فرایند تولید و ارجاع محصولات به سطوح قبلی زنجیره تأمین را در پی داشته باشد، در کاهش هزینه ها و به تبع آن افزایش سودآوری آن تأثیر مثبت دارد. از طرفی باید توجه داشت اجرای قابلیت ردیابی به دلیل پیچیدگی زنجیره های تأمین مواد غذایی به واسطه به کارگیری فناوری های نوین صورت می گیرد، در نتیجه هزینه های استقرار در مراحل اولیه قابل توجه می باشد ولی با برنامه ریزی صحیح منافع قابلیت ردیابی در بلندمدت قابل دستیابی است. با توجه به نتایج نظری حاصل از تجزیه و تحلیل داده ها از دیدگاه مدیریتی پیاده سازی و تحقق قابلیت ردیابی به عنوان یک عامل مهم می تواند عملکرد مالی و غیرمالی را تحت تأثیر قرار دهد. از این رو، می تواند در برنامه ریزی های بلندمدت به عنوان یک استراتژی توسط مدیران در نظر گرفته شود که در آن با همکاری و هماهنگی شرکت ها، مزایای بالقوه اجرای این قابلیت در زنجیره شناسایی و تمایل و انگیزه اعضا برای این اقدام افزایش یابد. اگرچه در گام نخست، اجرای این استراتژی در ایران به عنوان یک مزیت رقابتی مطرح می شود ولی در آینده ممکن است به یک الزام در صنعت مواد غذایی تبدیل شود. از این رو بررسی ابعاد عملیاتی کردن این استراتژی، نیاز به برنامه ریزی، تصمیم گیری و اقدام به موقع دارد.

با در نظر گرفتن گستردگی مقوله ردیابی و نتایج این پژوهش در رابطه با سطح سودآوری زنجیره تأمین و سطح کیفیت محصول، به نظر می رسد تحلیل عوامل مؤثر در پیاده سازی قابلیت ردیابی در زنجیره تأمین مواد غذایی و همچنین روابط میان آن ها با استفاده از رویکردهای کمی به منظور دستیابی به نتایج دقیق و کاربردی تر مفید واقع شود. از این رو پیشنهاد می گردد در پژوهش های آتی با بهره گیری از داده های کمی واقعی، سناریوهای

- "Modeling traceability in food supply chain," Benchmarking: Int. J., 2022, doi: <https://doi.org/10.1108/BIJ-03-2022-0156/FULL/HTML>.
- [34] L. Dong, P. Jiang, and F. Xu, "Impact of Traceability Technology Adoption in Food Supply Chain Networks," *Manag. Sci.*, vol. 69, no. 3, pp. 1518-1535, 2022, doi: <https://doi.org/10.1287/mnsc.2022.4440>.
- [35] S. García-Torres, L. Albareda, M. Rey-García, and S. Seuring, "Traceability for sustainability – literature review and conceptual framework," *Supply Chain Manag.*, vol. 24, no. 1, pp. 85-106, 2019, doi: <https://doi.org/10.1108/SCM-04-2018-0152/FULL/HTML>.
- [36] L. Zhu, "Economic analysis of a traceability system for a two-level perishable food supply chain," *Sustainability*, vol. 9, no. 5, p. 682, 2017, doi: <https://doi.org/10.3390/su9050682>.
- [37] G. Aiello, M. Enea, and C. Muriana, "The expected value of the traceability information," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 244, no. 1, pp. 176-186, 2015, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.01.015>.
- [38] E. Rao and S. Shukla, "Food traceability system in India," *Meas. Food*, vol. 5, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.meaf.2021.100019>.
- [39] G. M. Razak, L. C. Hendry, and M. Stevenson, "Supply chain traceability: a review of the benefits and its relationship with supply chain resilience," *Prod. Plan. Control*, vol. 34, no. 11, pp. 1114-1134, 2021, doi: <https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1983661>.
- [40] S. S. Kamble, A. Gunasekaran, and R. Sharma, "Modeling the blockchain enabled traceability in agriculture supply chain," *Int. J. Inf. Manage.*, vol. 52, p. 101967, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/J.IJINFORMGT.2019.05.023>.
- [41] I. Gunawan, I. Vanany, and E. Widodo, "Cost-benefit model in improving traceability system: case study in Indonesian bulk-liquid industry," *Supply Chain Forum An Int. J.*, vol. 20, no. 2, pp. 145-157, 2019, doi: <https://doi.org/10.1080/16258312.2019.1570671>.
- [42] H. Liu, "Combating unethical producer behavior: The value of traceability in produce supply chains," *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 244, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108374>.
- [43] S. Mangla Kumar, Y. Kazancoglu, E. Ekinici, M. Liu, M. Özbiltekin, and M. D. Sezer, "Using system dynamics to analyze the societal impacts of blockchain technology in milk supply chains refer," *Transp. Res. Part E Logist. Transp. Rev.*, vol. 149, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.tre.2021.102289>.
- [44] M. R. Fathi and R. Sadeghi, "Identification and ranking the key factors of block chain success in the sustainable supply chain of the food industry with an integrated approach of interpretive structural modelling and fuzzy DEMATEL," *Logistics Thought*, vol. 20, no. 76, pp. 175-202, 2021, doi: <https://doi.org/10.22034/lot.2021.95955>. (In Persian)
- [45] S. Stranieri, A. Cavaliere, and A. Banterle, "Voluntary traceability standards and the role of economic incentives," *Br. Food J.*, vol. 118, no. 5, pp. 1025-1040, 2016, doi: <https://doi.org/10.1108/BFJ-04-2015-0151/FULL/HTML>.
- [46] S. S. Kamble, A. Gunasekaran, H. Parekh, and S. Joshi, "Modeling the internet of things adoption barriers in food retail supply chains," *J. Retail. Consum. Serv.*, vol. 48, pp. 154-168, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2019.02.020>.
- [47] J. Sunny, N. Undralla, and V. Madhusudanan Pillai, "Supply chain transparency through blockchain-based traceability: An overview with demonstration" *Comput. Ind. Eng.*, vol. 150, p. 106895, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/J.CIE.2020.106895>.
- [48] S. Khan, A. Haleem, M. I. Khan, M. H. Abidi, and A. Al-Ahmari, "Implementing traceability systems in specific supply chain management (SCM) through critical success factors (CSFs)," *Sustainability*, vol. 10, no. 1, 2018, doi: <https://doi.org/10.3390/su10010204>.
- [49] S. Stranieri, F. Riccardi, M. P. M. Meuwissen, and C. Soregaroli, "Exploring the impact of blockchain on the performance of agri-food supply chains," *Food Control*, vol. 119, p. 107495, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2020.107495>.
- [50] P. Sarani, A. Shahraki, and S. A. Banihashemi, "Evaluating Agricultural Supply Chain Resilience [Performance] Using DEMATEL and SWARA Approaches in a Fuzzy Environment fa.html. (In Persian)
- [16] M. Sufiyan, A. Haleem, S. Khan, and M. I. Khan, "Analysing attributes of food supply chain management: a comparative study," *Adv. Ind. Prod. Eng.*, pp. 515-523, 2019, doi: https://doi.org/10.1007/978-981-13-6412-9_50.
- [17] N. Gupta, G. Soni, S. Mittal, I. Mukherjee, B. Ramtiyal, and D. Kumar, "Evaluating Traceability Technology Adoption in Food Supply Chain: A Game Theoretic Approach," *Sustainability*, vol. 15, no. 2, p. 898, 2023, doi: <https://doi.org/10.3390/su15020898>.
- [18] J. Duan, C. Zhang, Y. Gong, S. Brown, Z. L.-I. journal Of, and U. 2020, "A content-analysis based literature review in blockchain adoption within food supply chain," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 17, no. 5, 2020, doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph17051784>.
- [19] X. Zhou, M. Pullman, and Z. Xu, "The impact of food supply chain traceability on sustainability performance," *Oper. Manag. Res.*, vol. 15, no. 1-2, pp. 93-115, 2021, doi: <https://doi.org/10.1007/S12063-021-00189-W>.
- [20] J. Astill *et al.*, "Transparency in food supply chains: A review of enabling technology solutions," *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 91, pp. 240-247, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.024>.
- [21] H. Scholten, C. N. Verdouw, A. Beulens, and J. G. A. J. van der Vorst, "Defining and Analyzing Traceability Systems in Food Supply Chains," *Adv. Food Traceability Tech. Technol. Improv. Qual. Throughout Food Chain*, pp. 9-33, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100310-7.00002-8>.
- [22] L. Peng, L. Wen, L. Qiang, D. Yue, D. Min, and N. Y. Ying, "Research on Complexity Model of Important Product Traceability Efficiency Based on Markov Chain," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 166, pp. 456-462, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2020.02.065>.
- [23] R. Sharma, C. Hurburgh, and G. A. Mosher, "Developing guidance templates and terminology to support multiple traceability objectives in the grain supply chain," *Cereal Chem.*, vol. 98, no. 1, pp. 52-69, 2021, doi: <https://doi.org/10.1002/CCHE.10388>.
- [24] P. Reddy, S. Kurnia, and G. L. Tortorella, "Digital Food Supply Chain Traceability Framework," *Proc.*, vol. 82, no. 1, 2022, doi: <https://doi.org/10.3390/proceedings2022082009>.
- [25] A. Jose and S. Prasannavenkatesan, "Traceability adoption in dry fish supply chain SMEs in India: exploring awareness, benefits, drivers and barriers," *Sādhanā*, vol. 48, no. 19, pp. 1-13, 2023, doi: <https://doi.org/10.1007/s12046-023-02077-4>.
- [26] S. Khan, R. Singh, S. Khan, and A. H. Ngah, "Unearthing the barriers of Internet of Things adoption in food supply chain: A developing country perspective," *Green Technol. Sustain.*, vol. 1, no. 2, p. 100023, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/J.GRETS.2023.100023>.
- [27] I. Gunawan, I. Vanany, and E. Widodo, "Typical traceability barriers in the Indonesian vegetable oil industry," *Br. Food J.*, vol. 123, no. 3, pp. 1223-1248, 2021, doi: <https://doi.org/10.1108/BFJ-06-2019-0466/FULL/HTML>.
- [28] M. Mattevi and J. A. Jones, "Food supply chain: Are UK SMEs aware of concept, drivers, benefits and barriers, and frameworks of traceability?," *Br. Food J.*, vol. 118, no. 5, pp. 1107-1128, 2016, doi: <https://doi.org/10.1108/BFJ-07-2015-0261/FULL/HTML>.
- [29] L. Dediu, L. M. Moga, and V. Cristea, "The barriers for the adoption of traceability systems by Romanian fish farms," *AACL Bioflux*, vol. 9, no. 6, pp. 1323-1330, 2016.
- [30] A. Patidar, M. Sharma, and R. Agrawal, "Prioritizing drivers to creating traceability in the food supply chain," *Procedia CIRP*, vol. 98, pp. 690-695, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2021.01.176>.
- [31] A. Haleem, S. Khan, and M. I. Khan, "Traceability implementation in food supply chain: A grey-DEMATEL approach," *Inf. Process. Agric.*, vol. 6, no. 3, pp. 335-348, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/J.INPA.2019.01.003>.
- [32] A. Srivastava and K. Dashora, "A Fuzzy ISM approach for modeling electronic traceability in agri-food supply chain in India," *Ann. Oper. Res.*, vol. 315, no. 2, 2022, doi: <https://doi.org/10.1007/S10479-021-04072-6>.
- [33] A. Dash, S. P. Sarmah, M. K. Tiwari, and S. K. Jena,

- [55] N. Kumar, M. Tyagi, and A. Sachdeva, "Visualization and analysis of key performance indicators for agricultural cold supply chain in Indian context using fuzzy DEMATEL approach," *JADEE*, 2023, doi: <https://doi.org/10.1108/JADEE-10-2022-0223>.
- [56] L. Ocampo, C. B. Deiparine, and A. L. Go, "Mapping Strategy to Best Practices for Sustainable Food Manufacturing Using Fuzzy DEMATEL-ANP-TOPSIS," *EMJ - Eng. Manag. J.*, vol. 32, no. 2, pp. 130-150, 2020, doi: <https://doi.org/10.1080/10429247.2020.1733379>.
- [57] M. Shafiei Nikabadi, and A. Hakaki, "A multi-dimensional causal model of effective factors on open innovation in manufacturing SMEs in Iran," *IJABIM*, vol. 10, no. 2, pp. 91-110, 2019, doi: <https://doi.org/10.4018/IJABIM.2019040105>.
- [58] S. Khan, A. Haleem, and M. I. Khan, "Risk management in Halal supply chain: an integrated fuzzy Delphi and DEMATEL approach," *J. Model. Manag.*, vol. 16, no. 1, pp. 172-214, Apr. 2021, doi: <https://doi.org/10.1108/JM2-09-2019-0228>.
- (Case Study: Wheat Crop in the Sistan and Baluchestan Province)," *J. Supply Chain Manag.*, vol. 26, no. 82, pp. 43-53, 2024, doi: <https://doi.org/10.1108/JSCM-09-2023-0082>.
- [51] A. Habibi, F. F. Jahantigh, and A. Sarafrazi, "Fuzzy Delphi technique for forecasting and screening items," *Asian J. Res. Bus. Econ. Manag.*, vol. 5, no. 2, pp. 130-143, 2015, doi: <https://doi.org/10.5958/2249-7307.2015.00036.5>.
- [52] N. Banaeian, H. Mobli, I. E. Nielsen, and M. Omid, "Criteria definition and approaches in green supplier selection – a case study for raw material and packaging of food industry," *Prod. Manuf. Res.*, vol. 3, no. 1, pp. 149-168, 2015, doi: <https://doi.org/10.1080/21693277.2015.1016632>.
- [53] M. Shafiei Nikabadi and M. Eshghali, "A causal model to analyze factors related to collaboration in the supply chain of agri-food products," *Journal of Studies in Entrepreneurship and Sustainable Agricultural Development*, vol. 9, no. 4, pp. 1-18, 2022, doi: <https://doi.org/10.22069/jead.2022.20430.1621> (In Persian)
- [54] R. E'tesami and H. Rezaei, "An Assessment of Cause and Effect Relationship among the Elements of Supply Chain Performance Evaluation through Fuzzy Dematel Method," *SMRJ*, vol. 1, no. 3, pp. 37-52, 2020. (In Persian)