Journal of Supply Chain Management
Vol. 26, No. 3, Autumn 2024, Serial No. 84
ISSN: 2008-9198 , E-ISSN: 2717-1647

Analysis of Drivers for Implementing Traceability Capability in the Food Supply Chain

Hamid Reza Talaie*
*Assistant Professor, Department of Industrial Management, Faculty of Administrative Sciences and Economics, Arak University, Arak, Iran.
(Received: 08/08/2024, Revised: 28/09/2024, Accepted: 19/11/2024, Published: 10/12/2024)
DOR: 20.1001.1.20089198.1403.26.84.4.5

ABSTRACT

The traceability system minimizes unsafe and low-quality food products during production, processing, and distribution stages. To implement a traceability system, it is crucial to understand the drivers that enable traceability in the food supply chain. This study aims to analyze the drivers for implementing traceability capability in the food supply chain. The research method is applied in terms of purpose and survey-based in terms of data collection. The statistical sample consists of 20 food industry experts. Based on literature review and screening, 11 drivers for establishing a food traceability system were identified. A pairwise comparison questionnaire using interpretive structural modeling (ISM) was employed by the experts. To analyze the collected data, ISM was utilized to prioritize the drivers for implementing traceability capability in the food supply chain, resulting in a nine-level prioritization. In the structural model, the adoption of Industry 4.0 was identified as an influential driver, while market support and competitive advantage were highly influenced drivers. The MICMAC matrix was used to analyze the interrelationships between the drivers. Subsequently, the structural equation modeling (SEM) method using Smart PLS 3.0 software was employed to fit the obtained structure. A questionnaire containing 33 Likert scale questions was designed and completed by 170 food industry employees. The validity and reliability of the questionnaire, as well as the model fit, were confirmed. The results of this study can serve as a guideline for the sustainable implementation of the traceability system in the country's food industries.

Keywords: Supply Chain Management, Traceability Capability, Interpretive Structural Modeling, Structural Equation Modeling, Food Supply Chain

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 © Authors

* Corresponding Author Email: h-talaie@araku.ac.ir

نشریه «مدیریت زنجیره تامین»
سال بیست و ششم، شماره ۸۴، پاییز ۱۴۰۳؛ ص ۶۰-۴۵
شاپای چاپی: ۲۰۰۸-۹۱۹۸| شاپای الکترونیکی: ۲۷۱۷-۱۶۴۷

علمی – پژوهشی

تحلیل محرک‌های ایجاد قابلیت ردیابی در زنجیره‌تامین مواد غذایی

حمیدرضا طلایی[*1]

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

DOR: 20.1001.1.20089198.1403.26.84.4.5

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۲۹
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۷/۰۷ تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۹/۲۰

چکیده

سامانه ردیابی، مواد غذایی ناایمن و با کیفیت پایین را در مراحل تولید، پردازش و توزیع به حداقل می‌رساند. برای پیاده‌سازی سیستم ردیابی، باید محرک‌هایی که قابلیت ردیابی در زنجیره‌تامین مواد غذایی را فعال می‌کنند، درک کرد. پژوهش حاضر تلاشی برای تحلیل محرک‌های ایجاد قابلیت ردیابی در زنجیره‌تامین مواد غذایی است. روش پژوهش حاضر، از نظر هدف کاربردی و از حیث گردآوری داده‌ها، پیمایشی است. نمونه آماری پژوهش ۲۰ خبره صنایع غذایی هستند. براساس مرور ادبیات و غربال‌گری، ۱۱ محرک ایجاد سیستم ردیابی مواد غذایی مشخص شدند. از پرسشنامه مدلسازی ساختاری تفسیری برای مقایسات زوجی توسط خبرگان استفاده شد. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌های گردآوری‌شده، از روش مدلسازی ساختاری تفسیری به منظور سطح‌بندی محرک‌های ایجاد قابلیت ردیابی در زنجیره‌تامین مواد غذایی استفاده شد و براین اساس، محرک‌ها در نه سطح اولویت‌بندی شده اند. در مدل ساختاری، پذیرش صنعت ۴,۰ به‌عنوان محرک تاثیرگذار شناسایی شده و محرک‌های حمایت از بازار و مزیت رقابتی دارای اثرپذیری بالایی هستند. برای تحلیل تاثیرات متقابل بین محرک‌ها نیز از ماتریس تاثیرات متقابل (MICMAC) استفاده شد. در ادامه، به‌منظور برازش ساختار به‌دست آمده، از روش مدلسازی معادلات ساختاری با استفاده از نرم‌افزار Smart PLS 3.0 استفاده شده است. بدین منظور پرسشنامه‌ای حاوی ۳۳ سوال با طیف ۵ گانه لیکرت طراحی گردید و به منظور تکمیل آن از ۱۷۰ از کارکنان صنایع غذایی نظرخواهی گردید. روایی و پایایی پرسشنامه و همچنین برازش مدل نیز تائید شد. نتایج حاصل از این مطالعه می‌تواند به عنوان چراغ راهی برای استقرار پایدار سامانه ردیابی در صنایع غذایی کشور مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: مدیریت زنجیره‌تامین، قابلیت ردیابی، مدلسازی ساختاری تفسیری، مدلسازی معادلات ساختاری، زنجیره‌تامین مواد غذایی

۱- مقدمه

غذا و تامین آن همواره به عنوان یکی از مهمترین چالش‌های فرآوری بشر به شمار آمده و از این رو، وجود امنیت غذایی در هر کشوری به عنوان یکی از شاخص های مهم توسعه‌یافتگی آن کشور محسوب می‌شود [۱]. حساسیت قابل توجه مصرف‌کنندگان بر مواد غذایی به مساله‌ای مهم تبدیل شده‌است. آن‌ها می‌خواهند درمورد فرآیندهای تهیه، سطح ایمنی، روش‌های تولید و مسایل زیست‌محیطی مواد غذایی مطلع شوند. امروزه مصرف‌کنندگان مواد غذایی، معیارهایی چون کیفیت، ایمنی و انطباق زیست‌محیطی را برای تصمیم‌گیری خرید درنظر می‌گیرند [۲].

صنایع مواد غذایی یکی از نمونه‌های موفق در بهره‌گیری از مزیت‌های زنجیره‌تامین است. مدیریت زنجیره‌تامین مواد غذایی در فرآیندهای تولید و توزیع و تدارکات علاوه بر ارتقای سطح عملکردی شرکت‌ها، مردم را از مزیت دسترسی آسان به غذا بهره‌مند ساخته است [۳]. زنجیره‌تامین مواد غذایی شامل مراحل مختلف تولید، پردازش و توزیع، بازاریابی و مصرف مواد غذایی است [۴]. برخی مواقع، زنجیره‌تامین مواد غذایی به دلیل حوادث آلودگی مواد غذایی و تقلب در کیفیت مواد غذایی باعث نگرانی و دلهره جامعه می‌شود [۵]. مسائل و مشکلات آلودگی باعث نگرانی‌های جدی در مورد محصولات غذایی می‌شود. با توجه به افزایش آگاهی مصرف‌کنندگان و تبعاتی که توسط چنین حوادثی ایجاد می‌شود، نیاز به ردیابی و پیگیری محصولات غذایی پدید

[*] رایانامه نویسنده مسئول: h-talaie@araku.ac.ir

آمده است[۶]. این امر منجر به نیاز بـه ایجـاد سیسـتم ردیـابی و پیگیری در سراسر زنجیره‌تامین مواد غذایی شد تا ردیـابی نقطـه مبدا محصولات و ردیابی فرآیندهایی کـه طـی کـرده تحـت نظـر باشـد [۷]. سیسـتم ردیـابی، ایمنـی و کـاهش خطـرات در زنجیره‌تامین غذایی را تضمین کند [۸].

قابلیت ردیابی، به توانـایی یـک سیسـتم در ارائـه گـزارش از وضعیت جاری یا سوابق محصولات اطلاق می‌شـود [۹]. ضـرورت شناسایی محصـولات و دسـتیابی بـه اطلاعـات آن‌هـا بـه‌منظـور شناخت محصولات سالم و بـا کیفیـت و مراجـع عرضـه‌کننـده و تشخیص آن‌ها از محصولات بی‌کیفیت و تقلبـی باعـث شـده کـه امروزه قابلیت ردیابی بـه‌عنـوان یـک الـزام از سـوی دولـت‌هـا و مشتریان اکثر محصولات پذیرفته شود. این قابلیت، رکن اساسـی سیستم‌های کیفیت است [۱۰]. قابلیت ردیابی مواد غذایی بخشی از سیستم پشتیبانی از تمام فرآیندها و مواد خام و اولیـه موجـود در محصولات غذایی و سیستم مـدیریت جهـت ضـمانت کیفیـت است. براین اساس، تمام مواد غـذایی امکـان تعقیـب و شناسـایی لحظه‌به‌لحظه از مرحله تولید و توزیع تا مرحله تحویل به مشتری را دارند که این کار توسط نرم‌افزارهای اختصاصی انجام می‌گیـرد [۱۱]. در صورت بروز هرگونه مشکل، محصول معیـوب، از طریـق ردیابی فراخوانی و جمع آوری مـی‌شـود. تمـامی اطلاعـات مـواد غذایی در هر مرحله از زنجیره تامین باید ثبت شود تـا مشـتریان بتوانند از طریق شفافیت ایجاد شده از نوع مـواد غـذایی، مقصـد، نحوه تولید و کیفیت ماده غذایی مصرفی آگاه شوند [۱۲]. به‌طور خلاصه، ردیابی مواد غذایی شامل امکان دستیابی سریع به تمامی اطلاع تولیدی از مزرعه تـا کارخانـه و بسـته‌بنـدی و تحویـل بـه مشتری، تضمین کیفیت لحظه‌به‌لحظه مواد غذایی، امکان ردیـابی سریع عامل و محل ایجاد مشکل در زنجیره‌تامین، امکان فراخوانی و جمع‌آوری سریع محصولات مرجوعی، ایجاد شفافیت کافی برای مشتری در هر مرحله از تولید، امکان بهبود کیفیت محصولات بـا شناسایی سریع نقص‌ها در فرآیندهای تولید، حفـظ ارزش برنـد و بازاریابی موفق با ایجاد شفافیت مسـتمر در تهیـه مـواد غـذایی و به‌کارگیری الزامات و استانداردها است.

امروزه، تقریباً ۱,۳ میلیارد تن مواد غذایی تولید شده سـالانه از بین می‌رود. هر ساله حدود ۶۰۰ میلیون نفر بیمار مـی‌شـوند و ۴۲۰۰۰۰ نفر بر اثر بیماری هـای ناشـی از غـذا جـان خـود را از دست می‌دهند [۱۳]. همچنین، اختلالات زنجیـره‌تـامین غـذایی باعث افزایش ۲,۶ درصدی قیمت مواد غذایی شده اسـت [۷]. بـا توجه به ضرورت تغذیـه جمعیـت رو بـه رشـد، فشـار زیـادی بـر سیستم‌های غذایی وارد می‌شود و نیاز مبرمی به تمرکـز بـر رفـع ناکارآمدی‌های زنجیره‌تامین وجود دارد [۱۴]. صنایع غذایی بایـد روی قابلیت ردیابی مواد غذایی سرمایه‌گذاری کنند تا ایمنی غـذا و ایجاد اعتماد بین ذینفعان تضمین شود [۱۵].

تجزیه‌وتحلیل محرک‌های ایجاد قابلیت ردیـابی مـواد غـذایی اهمیت بالایی دارند، زیرا می‌توانند به غلبه بـر موانـع و مقابلـه بـا چالش‌هـای ایـن حـوزه کمـک کننـد. از ایـن رو تجزیـه‌وتحلیـل محرک‌ها می‌تواند از ایجاد سیستم ردیابی در زنجیره‌تامین مواد - غذایی پشتیبانی کند. پـژوهش حاضـر، تلاشـی بـرای شناسـایی، اولویت‌بندی و تحلیل روابط محرک‌ها برای ایجاد سیستم ردیـابی در زنجیره‌تامین غذایی است. پژوهش حاضر برای تحلیل محرک-ها، از تکنیک مدلسـازی سـاختاری تفسـیری بـرای سـطح‌بنـدی محرک‌ها، مدلسازی معادلات ساختاری برای تحلیل روابـط میـان آن‌هـا و مـاتریس تـاثیرات متقابـل بـرای تحلیـل قـدرت نفـوذ و وابستگی آن‌ها استفاده می‌کند. مرور ادبیات نشان می‌دهد تاکنون پژوهشی به‌طور خاص به تحلیل محرک‌های ایجاد قابلیت ردیـابی مواد غذایی در داخل کشور نپرداختـه اسـت. همچنـین، تـاکنون پژوهشی نیز محرک‌های ایجاد قابلیت ردیـابی مـواد غـذایی را بـا رویکرد ترکیبی مدلسازی ساختاری تفسیری، مدلسازی معـادلات ساختاری و ماتریس تاثیرات متقابل (میـک‌مـک) تحلیـل نکـرده است و لذا پژوهش حاضر دارای نوآوری علمی و کاربردی بـوده از این رو نتایج آن می‌تواند بـرای مـدیران صـنایع غـذایی کشـور و محققان زنجیره‌تامین مواد غذایی حائز اهمیت باشد.

۲- مرور ادبیات و پیشینه پژوهش

زنجیره‌تامین مواد غذایی شامل تمام مراحلی است که محصـولات غذایی در طول حرکت خود از تولیدکننده و مصـرف‌کننـده طـی می‌کنند. در حال حاضر بیش از هر زمـان دیگـری، زنجیـره‌هـای تامین مواد غذایی شاهد رشد عظیمی بوده‌اند [۱۶]. داشـتن یـک زنجیره غذایی که در آن کشاورزان، تولیدکننـدگان مـواد غـذایی، توزیع‌کنندگان و مصرف‌کنندگان بتوانند فرآیند را ردیـابی کننـد، شفافیت بیشتری را ممکن می‌سازد [۱].

مصرف‌کنندگان مواد غذایی تمایل زیادی به دریافت اطلاعات جامع در مورد محصولاتی که خریداری و مصرف می‌کننـد دارنـد

که شامل ترکیبات غذایی، منابع تامین مواد اولیه، تاریخچه فرآوری و مراحل حمل‌ونقل است [۱۷]. اتحادیه اروپا نیز از سال ۲۰۰۲ به اجرای سیستم ردیابی مواد غذایی برای تضمین کیفیت و ایمنی مواد غذایی پرداخته است. ردیابی، ابزاری کارآمد برای ارائه اطلاعات لازم به مصرف‌کنندگان و حفظ ایمنی و کیفیت غذا در هر مرحله از زنجیره‌تامین است [۱۲]. ردیابی همچنین به شناسایی سریع منابع و مسیرهای آلودگی در غذاهای دریایی کمک می‌کند و در شناسایی صید غیرقانونی و تقلب در بازار ماهیان نیز مفید است. مستندسازی و مدیریت داده‌ها دو عامل کلیدی در سیستم ردیابی محسوب می‌شوند [۱۷].

اگرچه زنجیره‌تامین مواد غذایی، طراحی و برنامه‌ریزی شده است تا بدون خطا اجرا شود، اما همیشه نمی‌توان از آن اجتناب کرد و چه به دلیل نقص سیستم، خطای انسانی یا حمله سایبری، موارد بسیاری ممکن است به خطا برود [۱۴]. تنها یک اختلال در زنجیره، خواه کوتاه مدت یا بلند مدت، داخلی یا خارجی، می‌تواند منجر به کمبود، مسمومیت یا افزایش قیمت محصولات شود و این اغلب آسیب‌پذیرترین افراد را در میان جمعیت تحت تاثیر قرار می‌دهد [۱۸].

قابلیت ردیابی به‌عنوان ابزاری برای ایمنی مواد غذایی، بهینه‌سازی فرآیند زنجیره‌تامین و دستاوردهای اقتصادی عمل می‌کند [۱۸]. قابلیت ردیابی، شفافیت را در اکوسیستم غذایی با دیجیتالی شدن و ردیابی نهایی محصول در تمام مراحل زنجیره‌تامین مواد غذایی به ارمغان می‌آورد [۱۹]. قابلیت ردیابی مواد غذایی در چند دهه اخیر با کاربردهای فراوان به‌طور گسترده مورد استفاده قرار گرفته‌است ولی با این حال، در کشورهای در حال توسعه، چارچوب‌های اجرای آن به ندرت بررسی شده‌اند [۲۰]. کارلسن و همکاران [۲۱] برای بررسی اینکه آیا یک چارچوب منسجم با توجه به کاربرد ردیابی مواد غذایی وجود دارد یا خیر، مشاهده کردند می‌توان قابلیت ردیابی را در زنجیره‌تامین مواد غذایی یکپارچه نمود [۲۱]. رگاتیری و همکاران [۲۲] یک چارچوب کلی طراحی و از شواهد تجربی برای تجزیه‌وتحلیل جنبه‌های قانونی و نظارتی قابلیت ردیابی مواد غذایی استفاده کردند. آن‌ها یک معماری سیستم ردیابی موثر را برای تجزیه وتحلیل معیارهای ارزیابی بارکدها و شناسایی فرکانس رادیویی (RFID)[1] طراحی کردند [۲۲].

زنجیره‌تامین مواد غذایی دارای بازیگران متعددی است که حفظ حقوق مصرف‌کنندگان در هنگام خرید مواد غذایی با مشکلات کیفی را دشوار می‌کند [۲۳]. به‌زودی، ردیابی مواد غذایی به حقوق مسلم مصرف‌کنندگان تبدیل خواهد شد و لازم است تا سازمان‌های غذایی تدابیری برای پیاده‌سازی جامع آن اتخاذ کنند [۱۹].

یکی از مهمترین ابزارهای ردیابی مواد غذایی، فناوری بلاکچین است. سنتی بودن شیوه ردیابی در زنجیره‌تامین مواد غذایی، نگرانی‌های جدی را در خصوص تقلب و عدم تضمین کیفیت به همراه دارد که ایجاد اعتماد و شفافیت بین ذینفعان زنجیره را دشوار می‌سازد. کاربرد فناوری بلاکچین در مدیریت زنجیره‌های تامین مزایای زیادی مانند قابلیت ردیابی، امنیت اطلاعات، شفافیت و اعتماد را در پی دارد [۲۴]. با توجه به مزایای بالقوه فناوری بلاکچین برای زنجیره‌تامین غذایی، میزان پیاده‌سازی این فناوری چشمگیر نبوده است [۲۵] و این نشان می‌دهد هنوز قابلیت ردیابی در صنایع غذایی نیاز به بررسی بیشتر دارد. صنعت غذایی به دلیل مصرف بالای محصولات آن توسط افراد جامعه و مدت زمان کوتاه ماندگاری آن جهت مصرف، همواره مورد توجه محققین و مصرف‌کنندگان بوده و از این رو پیاده‌سازی فناوری بلاکچین به‌منظور ردیابی مواد غذایی اهمیت بالایی دارد [۲۶]. عبدالله‌زاده [۱۷] به زنجیره‌تامین محصولات شیلاتی و اهمیت سیستم‌های ردیابی در حفظ کیفیت و ایمنی غذایی اشاره کرده و صرفا نقاط قوت و ضعف انواع سیستم‌های ردیابی مانند شناسایی از طریق امواج رادیویی، بارکدها، حسگرها، بلاکچین و اینترنت اشیاء را بررسی کرده‌است. رحیمی و همکاران [۲۷] ضمن تاکید بر امنیت غذایی از مزرعه تا سفره، بیان می‌کنند که فناوری بلاکچین، شفافیت، قابلیت ردیابی و امنیت داده‌ها را در مسیر محصولات غذایی از مزرعه تا سفره تضمین می‌کند و باعث ارتقای امنیت غذایی در زنجیره‌تامین مواد غذایی است که تقلب و فساد به عنصر جدانشدنی آن‌ها تبدیل شده و مطابق با یافته‌های پژوهش آن‌ها، موانع درون سازمانی و موانع قانونی مهم‌ترین موانع به‌کارگیری فناوری بلاکچین در

[1] Radio Frequency Identification

زنجیره‌تامین مواد غذایی هستند. رضایی و بابایی [۲۸] در پژوهشی به بررسی روابط میان شاخص‌های مؤثر بلاکچین برای بهبود رقابت‌پذیری صنایع غذایی پرداخته و نشان دادند که شاخص قابلیت ردیابی و جلوگیری از تقلب، مؤثرترین مزیت رقابتی شرکت‌های غذایی است. نتایج پژوهش آن‌ها حاکی از آن است که وجود یک سیستم ردیابی مطمئن در صنایع غذایی، تا چه میزان مهم بوده و بلاکچین، روشی برای حل مسائل قابلیت ردیابی و در عین حال، دستیابی به شفافیت است. نتایج پژوهش دیگری نیز بر اهمیت تمرکز بر بعد محیطی و اجتماعی پدیده بلاکچین و استفاده از آن برای بهبود کارایی زنجیره‌های کشاورزی-غذایی و کاهش ضایعات، ایجاد قابلیت ردیابی و استفاده از منابع تأکید می‌کند [۷].

پاتیدار و همکاران [۲۹] پژوهشی با عنوان اولویت‌بندی محرک‌های قابلیت ردیابی مواد غذایی با روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی انجام دادند و ۱۶ محرک را بر اساس مرور ادبیات و تائید نظر خبرگان در ۴ گروه اصلی اطلاعاتی، زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی شناسایی کردند که مهمترین آن‌ها خودکارسازی سیستم‌های اطلاعاتی و تسهیم و کیفیت اطلاعات بود [۲۹]. این پژوهش در دوران به‌طور خاص در دوران کووید-۱۹ انجام شد و روابط میان محرک‌ها و تاثیرات آن‌ها بر هم را بررسی نکرد. مطابق با یافته‌های پژوهش هلیم و همکاران [۸]، بر اساس روش دیمتل، توانمندسازهای قابلیت ردیابی در صنایع غذایی، به دو گروه تأثیرگذار (علت) و تحت تأثیر (معلول) تقسیم می‌شوند که مهم‌ترین عامل تأثیرگذار ایمنی و کیفیت غذا است که تأثیر بسزایی در اجرای سیستم ردیابی دارد [۸]. در این پژوهش توانمندسازها اولویت‌بندی نشدند و میزان اهمیت آن‌ها تعیین نشد. همچنین، در پژوهشی در هند، امنیت غذایی و مبارزه با تروریسم کشاورزی به‌عنوان مهمترین عوامل موثر بر پیاده‌سازی قابلیت ردیابی در زنجیره‌تامین غذایی معرفی شد [۹] که در این پژوهش صرفا از رویکردهای کیفی استفاده گردید و مربوط به تامین‌کنندگان مواد غذایی بود. همچنین، لاتینو و همکاران [۱۱]، به اهمیت پیاده‌سازی قابلیت ردیابی مواد غذایی در کشاورزی نسل چهارم (کشاورزی ۴,۰) تاکید کردند ولی عوامل دیگر را بررسی نکردند. مشابه با همین پژوهش، کامبل و همکاران [۱۵] نیز بر اهمیت ساخت زنجیره‌تامین محصولات کشاورزی مبتنی بر داده تاکید کردند. یافته‌های مطالعه زو و همکاران [۱۳] با روش رگرسیون نشان می‌دهد توسعه قابلیت ردیابی، تأثیر مثبت و قابل توجهی بر پایداری دارد و یکپارچه‌سازی دانش رابطه بین قابلیت ردیابی و عملکرد پایدار را میانجی‌گری می‌کند. با توجه به اهمیت غذای حلال در میان مسلمانان، پژوهش سوسانتی و همکاران [۱۴] مدلی به جهت بهبود مسئله تضمین حلال بودن مواد غذایی ارائه کرد. نتیجه این پژوهش صرفا استفاده از بلاکچین برای ساخت سیستم ردیابی محصولات غذایی حلال بود.

علی‌رغم پژوهش‌های فراوان در حوزه ردیابی مواد غذایی، هنوز این حوزه در کانون توجه محققان قرار دارد و شکاف‌های پژوهشی زیادی وجود دارد. مطابق با مرور ادبیات، اکثر پژوهش‌های انجام‌شده به بررسی اهمیت قابلیت ردیابی و تاثیر فناوری‌های مدرن مانند بلاکچین بر پیاده‌سازی و توسعه این سیستم پرداخته‌اند. برخی دیگر از تحقیقات به موانع پیاده‌سازی این سیستم پرداخته‌اند و برخی دیگر از تحقیقات نیز روابط علی معلولی از جمله تاثیر قابلیت ردیابی بر عملکرد و مزیت رقابتی صنایع غذایی پرداخته‌اند. دسته دیگری از تحقیقات نیز عوامل موثر بر پیاده‌سازی قابلیت ردیابی و توانمندسازهای آن را بررسی کرده‌اند که بعضا محدود به دوره پاندمی بوده و یا از روش‌های کیفی استفاده نموده‌اند و یا مربوط به بخش خاصی از زنجیره‌تامین مواد غذایی مثلا تامین‌کنندگان بوده‌اند. بنابراین، پژوهش حاضر دارای نوآوری علمی است. همچنین، با توجه به عدم رشد کافی صنعت ۴,۰ در برخی کشورهای درحال توسعه و مخاطرات فراوان دنیای امروزی، اهمیت پرداختن به مفهوم ردیابی مواد غذایی غیر قابل انکار است. از آنجا که این حوزه در کشور ایران نیز مغفول مانده و اهمیت بالایی نیز دارد، پژوهش حاضر به بررسی توانمندسازهای پیاده‌سازی قابلیت ردیابی در صنایع غذایی کشور پرداخته تا چراغ راهی برای مدیران این حوزه جهت اهتمام بیشتر بر پیاده‌سازی قابلیت ردیابی مواد غذایی باشد و دارای نوآوری کاربردی در این حوزه می‌باشد.

در این پژوهش، منظور از محرک‌های قابلیت ردیابی عواملی هستند که شرکای زنجیره‌تامین مواد غذایی را به تحرک وا دارد تا قابلیت ردیابی را تقویت کنند. با مرور ادبیات مرتبط با قابلیت ردیابی مواد غذایی در زنجیره‌تامین، محرک‌های ایجاد قابلیت ردیابی در زنجیره‌تامین مواد غذایی در جدول (۱) نشان داده شده‌است.

جدول (۱): محرک‌های ایجاد قابلیت ردیابی در زنجیره‌تامین مواد غذایی

ردیف	محرک	توصیف	مراجع
۱	ایمنی و کیفیت مواد غذایی	ایمنی مواد غذایی به الزاماتی اشاره دارد که از محصولات غذایی در برابر مخاطرات محافظت می‌کند تا برای مصرف بی‌خطر باشند. کیفیت مواد غذایی نیز به ویژگی‌هایی چون تازگی، ارزش تغذیه‌ای، طعم و ظاهر مرتبط است که انتظارات مصرف‌کنندگان را برآورده می‌کند. این عوامل منجر به رضایت مصرف‌کنندگان می‌گردد.	[۸], [۹], [۱۱], [۲۹]
۲	ضایعات مواد غذایی	فشارهای اقتصادی ناشی از ضایعات، همراه با الزامات قانونی و تقاضای مصرف‌کنندگان برای محصولات پایدار، باعث می‌شود که شرکت‌ها به دنبال بهبود فرآیندها و استفاده از سیستم‌های پیشرفته برای ردیابی مواد غذایی باشند.	[۸], [۲۹]
۳	کیفیت اطلاعات و اشتراک‌گذاری	اطلاعات دقیق، به‌موقع و شفاف بین اعضای زنجیره‌تامین، امکان تصمیم‌گیری بهتر و سریع‌تر را فراهم می‌کند. اشتراک‌گذاری مؤثر این اطلاعات نه تنها به بهبود ردیابی محصولات کمک می‌کند، بلکه موجب افزایش اعتماد میان اعضای زنجیره می‌شود. این محرک تولیدکنندگان و دیگر ذی‌نفعان را تشویق می‌کند تا فناوری‌های جدید و سیستم‌های اطلاعاتی پیشرفته را برای تقویت قابلیت ردیابی به کار گیرند.	[۳], [۱۵]
۴	استانداردهای سلامت و رفاه	استانداردهای سلامت و رفاه بر مقبولیت محصولات غذایی توسط مصرف‌کننده و رضایت او تاثیر دارد و می‌تواند محرک تقویت قابلیت ردیابی در زنجیره‌تامین غذایی باشد.	[۳], [۸], [۹]
۵	پذیرش فناوری‌های صنعت ۴,۰	پذیرش فناوری‌های صنعت ۴,۰، عاملی است که به تولیدکنندگان کمک می‌کند تا با به‌کارگیری فناوری‌های نوین، عملکرد و کارایی خود را بهبود بخشند. پذیرش فناوری‌های صنعت ۴,۰ نه تنها به افزایش شفافیت و بهبود ردیابی محصولات در زنجیره‌تامین کمک می‌کند، بلکه امکان نوآوری و توسعه محصولات جدید را نیز فراهم می‌آورد. به این ترتیب، این محرک می‌تواند به افزایش رقابت‌پذیری و بهبود عملکرد منجر شود.	[۱۱], [۱۵], [۱۸], [۱۹]
۶	آگاهی مصرف‌کننده	آگاهی مصرف‌کننده بر ارزش برند و توسعه بازار محصولات تاثیر دارد و منجر به اعتماد و رضایت او از محصولات غذایی گردد.	[۶], [۹]
۷	مدیریت فرآیند زنجیره‌تامین	مدیریت فرآیند زنجیره‌تامین، عاملی است که با بهینه‌سازی فعالیت‌های مختلف زنجیره، باعث افزایش کارایی و هماهنگی میان تمام اعضا می‌شود. هرچه فرایندهای زنجیره بهتر مدیریت گردد، تمایل به تقویت قابلیت ردیابی بیشتر و منطقی‌تر می‌گردد.	[۷], [۱۲]
۸	تروریسم کشاورزی	تروریسم کشاورزی باعث ایجاد بحران در زنجیره غذایی می‌گردد. در صورت نبود قابلیت ردیابی، بروز بحران تروریسم کشاورزی منجر به قطع زنجیره و کاهش عملکرد آن می‌گردد.	[۸], [۱۱]
۹	برنامه‌ریزی تولید و بهینه سازی	برنامه‌ریزی تولید و بهینه‌سازی به افزایش بهره‌وری، بهبود کیفیت محصولات، و پاسخگویی سریع به تغییرات بازار منجر می‌شود و نقش مهمی در تقویت رقابت‌پذیری در زنجیره‌تامین ایفا می‌کند. هرچه برنامه‌ریزی تولید ضعیف‌تر باشد، اقبال چندانی به ایجاد قابلیت ردیابی وجود ندارد.	[۳], [۲۲]
۱۰	حمایت از بازار	بازار پر رونق، موجب حیات و بقا و توسعه ذینفعان زنجیره می‌گردد و این خود انگیزه بالایی برای شرکای زنجیره جهت تقویت و یا ایجاد قابلیت ردیابی فراهم می‌آورد.	[۹], [۲۹]
۱۱	مزیت رقابتی	مزیت رقابتی، مهمترین اصل بقای سازمان‌های امروزی است و قابلیت ردیابی، یک مزیت رقابتی مهم است و نبود آن می‌تواند در آینده نزدیک منجر به بروز مشکلات جدی برای صنایع غذایی گردد.	[۸], [۹], [۱۱], [۲۹]
۱۲	قوانین	پذیرش قوانین ردیابی مواد غذایی یک اجبار است و فرار از آن می‌تواند منجر به جریمه‌های سنگین برای شرکای زنجیره‌تامین غذایی گردد.	[۱۴], [۱۸]
۱۳	گواهینامه	گواهینامه‌های اجرای قابلیت ردیابی قابل ارائه و موجب ارزش برند است و می‌تواند عامل مهمی در کسب رضایت و توجه مصرف‌کنندگان باشد.	[۱۴], [۲۹]
۱۴	حمایت از حیوانات	حمایت از حیات حیوانات، خواسته زیست‌محیطی و اجتماعی برخی افراد جامعه است و بی‌توجهی به آن منجر به نارضایتی برخی مصرف‌کنندگان می‌شود.	[۲۹]

۳-روش شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از منظر هدف، کاربردی، از منظر جمع‌آوری داده‌ها، پیمایشی و از منظر ماهیت، توصیفی است. در این پژوهش، ابتدا براساس مرور ادبیات پژوهش، محرک‌های ایجاد قابلیت ردیابی در زنجیره‌تامین مواد غذایی شناسایی شده‌است. در این پژوهش به‌منظور شناسایی محرک‌ها، از مطالعات کتابخانه‌ای (مقالات انگلیسی و فارسی) استفاده شده است. مرور ادبیات براساس کلیدواژه اصلی "ردیابی در زنجیره‌تامین غذایی" در پایگاه‌های داده معتبر خارجی و داخلی انجام شده‌است. سپس محرک‌های شناسایی‌شده با استفاده از نظرات خبرگان غربال شده‌است. محرک‌های شناسایی‌شده در قالب پرسشنامه ای با طیف ۱ تا ۵ در اختیار خبرگان قرار گرفت. اگر میانگین حسابی نمره هر عامل بالاتر از ۸۰٪ بالاترین نمره یعنی معادل ۴ باشد، نشان از تایید آن عامل می‌باشد [۳۰]. باتوجه به اینکه میانگین نمرات ۱۱ محرک بالاتر از ۴ شد، در نتیجه ۱۱ محرک شناسایی‌شده به‌عنوان محرک‌های ایجاد قابلیت ردیابی در زنجیره‌تامین مواد غذایی درنظر گرفته شدند و ۳ محرک قوانین، گواهینامه و حمایت از حیوانات حذف شدند. سپس، با استفاده از رویکرد مدلسازی ساختاری تفسیری، مدل ارتباطی میان محرک‌های ایجاد قابلیت ردیابی در زنجیره‌تامین مواد غذایی طراحی می‌شود. بدین‌منظور پرسشنامه مقایسات زوجی میان موانع پذیرش در اختیار خبرگان قرار گرفت. تعداد خبرگان برای پر کردن پرسشنامه روش مدلسازی ساختاری تفسیری بین ۸ تا ۲۰ خبره کفایت می‌کند [۳۱]. در این پژوهش، در بخش غربال‌گری و مدلسازی ساختاری تفسیری از ۲۰ خبره آشنا به موضوع پژوهش با حداقل ۸ سال سابقه کاری در صنعت غذایی به عنوان نمونه‌آماری مبتنی بر روش گلوله‌برفی و قضاوتی استفاده گردید. در این رویکرد نمونه‌گیری غیر احتمالی، محقق از نمونه‌های اولیه می‌خواهد که افراد دیگری را معرفی کنند، همچنین خود پژوهشگر نیز براساس قضاوت و تخصص خود در انتخاب نمونه‌ها دخالت دارد و تعیین می‌کند که کدام یک از معرفی‌شدگان برای پژوهش مناسب‌تر هستند. نمونه‌آماری بخش مدلسازی ساختاری تفسیری و غربال‌گری یک تیم واحد بودند. در جدول (۲)، مشخصات نمونه‌آماری خبرگان ارائه شده‌است.

جدول (۲): مشخصات فردی و حرفه‌ای خبرگان

تحصیلات			سمت/شغل		
	درصد	فراوانی		درصد	فراوانی
دیپلم	۵	۱	مدیرعامل شرکت غذایی	۱۳	۶۵
کارشناسی	۴۰	۸	کشاورز	۲	۱۰
کارشناسی ارشد	۳۵	۷	مدیر عامل شرکت پخش	۵	۲۵
دانشجوی دکتری	۱۰	۲		سن	سابقه
دکتری	۱۰	۲	حداقل	۳۶	۸
کل	۱۰۰	۲۰	حداکثر	۵۴	۲۳

مراحل روش مدلسازی ساختاری تفسیری، به‌شرح زیر است [۳۲].

۱) تشکیل ماتریس خودتعاملی ساختاری (SSIM)[1]: این ماتریس روابط دودویی میان موانع را نشان می‌دهد که باید از لحاظ انتقال‌پذیری بررسی گردد. برای تهیه ماتریس خودتعاملی ساختاری از روابط جدول (۳) استفاده می‌گردد. لازم به ذکر است برای تشکیل ماتریس خودتعاملی از بیشترین فراوانی هر درایه (مُد) استفاده شده‌است.

جدول (۳): نمادهای تعیین روابط در مقایسات زوجی ISM

V برای نشان دادن تاثیر یک طرفه (معیار i به معیار j منجر می شود)
A برای نشان دادن تاثیر یک طرفه (معیار j به معیار i منجر می شود)
X برای نشان دادن تاثیر دو طرفه
O برای نشان دادن عدم رابطه

۲) ایجاد ماتریس دستیابی اولیه[2]: به‌منظور بدست آوردن ماتریس دستیابی باید نمادهای فوق به صفر و یک تبدیل

[1] Structural Self-Interaction Matrix
[2] Initial Reachability Matrix

شوند. اگر خانه (i,j) در ماتریس خودتعاملی ساختاری نماد v گرفته است، خانه مربوطه در ماتریس دستیابی عدد ۱ و خانه قرینه آن یعنی خانه (j,i) عدد صفر می‌گیرد. اگر خانه (i,j) در ماتریس خودتعاملی ساختاری نمادA است، خانه مربوطه در ماتریس دستیابی عدد صفر و خانه قرینه آن، یعنی خانه (j,i) عدد ۱ می‌گیرد. اگر خانه (i,j) در ماتریس خودتعاملی ساختاری نماد X است، خانه مربوطه در ماتریس دستیابی عدد ۱ و خانه قرینه آن، یعنی خانه (j,i) هم عدد ۱ می‌گیرد. اگر خانه (j,i) در ماتریس خودتعاملی ساختاری نماد O است، خانه مربوطه در ماتریس دستیابی عدد صفر و خانه قرینه آن، یعنی خانه (j,i) هم عدد صفر می‌شود.

۳) ماتریس دستیابی نهایی: پس از به‌دست آوردن ماتریس دستیابی اولیه، با در نظر گرفتن خاصیت انتقال‌پذیری، ماتریس دستیابی نهایی به‌دست می‌آید. بدین منظور باید ماتریس اولیه را به توان $k+1$ رساند تا حالت پایدار ایجاد گردد.

۴) تعیین سطح عوامل: برای تعیین سطح، با استفاده از ماتریس دستیابی مجموعه قابل دستیابی (خروجی) و مجموعه پیش‌نیاز (ورودی) برای هر عامل تعیین می‌شود. مجموعه قابل دستیابی هر عامل شامل عواملی می شود که از طریق این عامل می‌توان به آن‌ها رسید و مجموعه پیش‌نیاز شامل عواملی می‌شود که از طریق آن‌ها می‌توان به این عامل رسید. پس از تعیین مجموعه قابل دستیابی و پیش‌نیاز برای هر عامل، عناصر مشترک در دو مجموعه قابل دستیابی و پیش نیاز شناسایی می‌شود. در اولین جدول عاملی دارای بالاترین سطح می‌باشد که مجموعه دستیابی و عناصر مشترک آن کاملا یکسان باشند. پس از تعیین این عوامل، آن ها را از جدول حذف کرده و با بقیه عوامل باقیمانده جدول بعدی تشکیل می‌شود. در جدول دوم نیز همانند جدول اول متغیر سطح دوم مشخص می‌شود و این کار تا تعیین سطح همه عوامل ادامه می یابد.

۵) ترسیم مدل ساختاری تفسیری: براساس سطوح تعیین‌شده و ماتریس دستیابی نهایی، چارچوب مفهومی پژوهش ترسیم می‌گردد.

تحلیل MICMAC یا ماتریس تاثیرات متقابل یک روش تحلیل سیستمی است که برای شناسایی و تحلیل تاثیرات متقابل بین متغیرهای مختلف در یک سیستم پیچیده استفاده می‌شود. این روش به‌طور گسترده‌ای در مطالعات راهبردی و برنامه‌ریزی آینده‌نگر به کار می‌رود [۳۳]. این روش ساختارمند و شفاف است و به مدیران کمک می‌کند تا درک بهتری از سیستم و روابط بین متغیرهای آن داشته باشند. تحلیل میک‌مک می‌تواند به کاهش پیچیدگی و ابهام در سیستم‌های پیچیده کمک کند [۳۴]. با این روش، روابط بین متغیرها به صورت ساختارمند و قابل فهم‌تر نمایش داده می‌شوند. تحلیل میک‌مک به شناسایی متغیرهایی کمک می‌کند که بیشترین تأثیر را بر سیستم دارند. این متغیرها معمولاً نقاطی هستند که با مدیریت صحیح آن‌ها می‌توان بهبودهای چشمگیری در سیستم ایجاد کرد [۳۵]. در ادامه مراحل و تحلیل MICMAC توضیح داده شده است [۳۳], [۳۴], [۳۵]:

۱)ماتریس اثرات مستقیم[1]: ماتریسی مربعی که سطر و ستون آن متغیرهای پژوهش هستند در اختیار هر یک از خبرگان قرار می‌گیرد. خبرگان میزان تاثیر متغیر اول (سطر) بر متغیر دوم (ستون) را ارزیابی می‌کنند. این ارزیابی معمولاً به صورت کمی (با اعداد ۰ تا ۳) انجام می‌شود و عدد صفر به مفهوم بدون تاثیر، عدد ۱ تاثیر ضعیف، عدد ۲ تاثیر متوسط و عدد ۳ تاثیر قوی می‌باشد. سپس بر اساس قاعده بیشترین فراوانی (مُد)، ماتریس نهایی تاثیرات متقابل به‌دست می‌اید.

۲) تحلیل ماتریس: پس از تکمیل ماتریس نهایی تاثیرات متقابل، مجموع تاثیر ورودی (تاثیرپذیری) و خروجی (تاثیرگذاری) برای هر متغیر محاسبه می‌شود. این مقادیر نشان‌دهنده میزان تاثیرگذاری و تاثیرپذیری هر متغیر است. برای تحلیل، از دو روش تاثیر مستقیم[2]و تاثیر غیرمستقیم [3] استفاده می شود. در روش مستقیم، تأثیر مستقیم متغیر K بر دیگر متغیرها حاصل جمع تمامی مقادیر سطر K از ماتریس M است و تأثیرپذیری متغیر K از سایر متغیرها حاصل جمع مقادیر ستون K است. همچنین، اساس کار برای محاسبه تأثیرات غیرمستقیم، به توان n رساندن ماتریس اثرات مستقیم است.

[1] Matrix of Direct Influence
[2] Direct Method
[3] Indirect Method

۳) دسته‌بندی متغیرها: بر اساس نتایج تحلیل ماتریس، متغیرها به چهار دسته اصلی مستقل (متغیرهایی که تاثیرگذاری بالایی دارند ولی تاثیرپذیری کمی دارند)، پیوندی یا کلیدی (متغیرهایی که هم تاثیرگذاری بالایی دارند و هم تاثیرپذیری بالایی دارند)، وابسته (متغیرهایی که تاثیرگذاری کمی دارند ولی تاثیرپذیری بالایی دارند) و خودمختار (متغیرهایی که هم تاثیرگذاری و هم تاثیرپذیری کمی دارند) تقسیم می‌شوند.

برای تحلیل برازش مدل طراحی‌شده ساختاری تفسیری، از نرم افزار Smart PLS 3.0 استفاده شده‌است. برای این منظور پرسشنامه‌ای حاوی ۳۳ سوال مبتنی بر طیف ۵ گانه لیکرت براساس مرور ادبیات و نظر خبرگان طراحی گردید و در اختیار ۱۷۰ نفر از کارکنان صنایع غذایی کشور قرار گرفت. در روش مدلسازی معادلات ساختاری، برای محاسبه حجم نمونه معمولا از رابطه $5q<n<15q$ استفاده می‌شود که در فرمول فوق q تعداد سوالات پرسشنامه و n اندازه نمونه است [۳۶]. تعداد سوالات پرسشنامه ۳۳ سوال بوده و تعداد نمونه آماری باید بین ۱۶۵ تا ۴۹۵ نفر باشد. در پژوهش حاضر نیز از رابطه فوق برای محاسبه حجم نمونه استفاده شد و ۱۷۰ نفر به عنوان نمونه‌آماری و بر اساس نمونه‌گیری در دسترس در نظر گرفته شدند.

در روش مدلسازی معادلات ساختاری، سه سطح مدل بیرونی (روایی و پایایی)، مدل درونی (مدل ساختاری) و برازش کلی مدل ارزیابی می‌گردد. در این پژوهش، به منظور بررسی روایی، از روایی همگرا به معنی همبستگی سوالات مرتبط با یک متغیر با همان متغیر استفاده شده که با سه معیار ضرایب بار عاملی (حد قابل قبول ۰/۴)، میانگین واریانس به اشتراک گذاشته‌شده (AVE) (حد قابل قبول ۰/۵) و آماره عامل تورم واریانس (VIF) سنجیده می‌گردد [۳۶]. آماره عامل تورم واریانس (VIF) برای ارزیابی هم‌خطی بین شاخص‌های اندازه‌گیری یک سازه استفاده می‌شود. این معیار نشان می‌دهد که آیا شاخص‌های یک سازه به شدت با هم همبسته هستند یا نه. اگر مقدار VIF بیرونی یک شاخص بیشتر از ۵ باشد، نشان‌دهنده هم‌خطی چندگانه قابل توجهی است و ممکن است نیاز به بازنگری یا حذف شاخص‌های مشکل‌دار باشد [۳۷]. هدف اصلی از ارزیابی VIF بیرونی، تضمین این است که شاخص‌های اندازه‌گیری یک سازه مستقل از هم بوده و به‌صورت معتبر و پایا سازه را اندازه‌گیری می‌کنند برای سنجش پایایی از معیارهای آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی استفاده شده است که حد قابل قبول این دو معیار ۰/۷ است. آلفای کرونباخ نشانگر همبستگی یک سازه و شاخص‌های مربوط به آن است و پایایی ترکیبی، پایایی سازه‌ها را نه به صورت مطلق بلکه با توجه به همبستگی سازه‌هایشان با هم محاسبه می‌کند. برای سنجش برازش مدل درونی از معیارهای Q^2 و R^2 استفاده شده‌است. معیار Q^2 قدرت پیش‌بینی مدل را مشخص می‌سازد. یک مقدار Q^2 بزرگتر از صفر برای یک متغیر پنهان درون‌زا نشان می دهد که مدل مسیر دارای ارتباط پیش‌بینی‌کننده برای این سازه است. معیار R^2 برای متصل کردن بخش اندازه‌گیری و بخش ساختاری مدل‌سازی معادلات ساختاری به کار می‌رود و نشان از تأثیری دارد که یک متغیر مستقل بر یک متغیر وابسته می‌گذارد. معیار R^2 تنها برای سازه‌های وابسته مدل محاسبه می‌گردد و در مورد سازه‌های برون‌زا (مستقل) مقدار این معیار صفر است. مقدار این شاخص بین صفر تا یک می‌باشد و اگر از ۰/۶ بیشتر باشد نشان می‌دهد، متغیرهای مستقل تا حد زیادی توانسته‌اند تغییرات متغیر وابسته را تبیین کنند. هر چه مقدار R^2 مربوط به سازه‌های درون‌زای یک مدل بیشتر باشد، نشان از برازش بهتر مدل است [۳۶].

در این پژوهش، برازش کلی مدل با شاخص ریشه میانگین مربعات باقیمانده استاندارد (SRMR) و شاخص تناسب به‌هنجار (NFI) مورد سنجش قرار گرفته‌است. شاخص SRMR بین صفر تا یک است و هرقدر که کوچکتر باشد بیانگر برازش بیشتر کل مدل است. خط برش این شاخص ۸٪ است. به عبارت دیگر چنانچه SRMR یک مدل ۸٪ یا کمتر باشد بیانگر برازش کلی بالای مدل است و هرقدر که بیشتر از ۸٪ باشد بیانگر برازش کمتر مدل است. شاخص تناسب به‌هنجار (NFI) نیز بالای ۰/۷ قابل قبول و بالاتر از ۰/۹ مطلوب است [۳۷].

۴-یافته‌های پژوهش

با توجه به محرک‌های ایجاد قابلیت ردیابی در زنجیره‌تامین مواد غذایی و نظرات خبرگان در مقایسه‌های زوجی، ارتباط بین محرک‌ها در جدول(۴) نمایش داده شده‌است.

جدول (۴): ماتریس خودتعاملی ساختاری

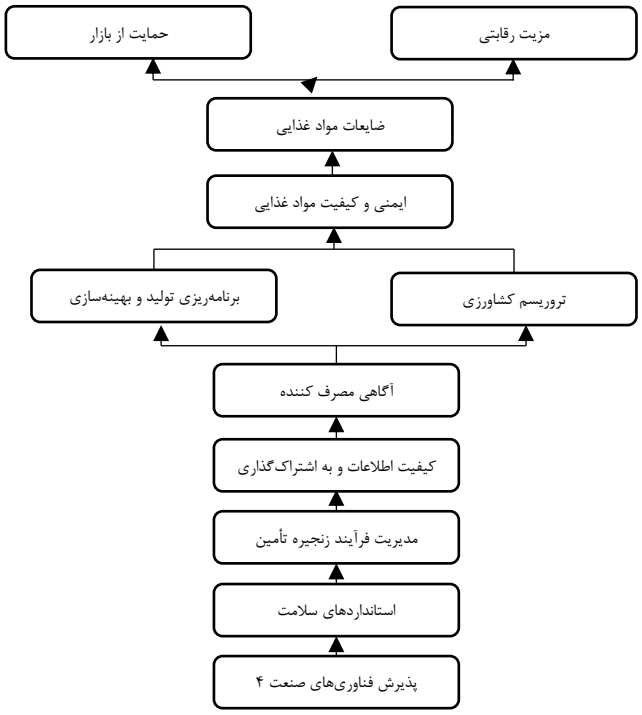
محرک	۱- ایمنی و کیفیت مواد غذایی	۲- ضایعات مواد غذایی	۳- کیفیت اطلاعات و اشتراک گذاری	۴- استانداردهای سلامت و رفاه	۵- پذیرش فناوری های صنعت ۴,۰	۶- آگاهی مصرف کننده	۷- مدیریت فرآیند زنجیره تأمین	۸- تروریسم کشاورزی	۹- برنامه ریزی تولید و بهینه سازی	۱۰- حمایت از بازار	۱۱- مزیت رقابتی
۱- ایمنی و کیفیت مواد غذایی		A	A	A	A	A	A	A	A	V	V
۲- ضایعات مواد غذایی			A	A	A	O	A	O	A	V	V
۳- کیفیت اطلاعات و اشتراک گذاری				O	A	V	X	O	V	V	V
۴- استانداردهای سلامت و رفاه					A	O	V	V	V	V	V
۵- پذیرش فناوری های صنعت ۴,۰						V	V	V	V	V	V
۶- آگاهی مصرف کننده							A	V	O	V	V
۷- مدیریت فرآیند زنجیره تأمین								O	V	V	V
۸- تروریسم کشاورزی									O	V	V
۹- برنامه ریزی تولید و بهینه سازی										V	V
۱۰- حمایت از بازار											X
۱۱- مزیت رقابتی											

با استفاده از جدول (۴)، ماتریس دستیابی اولیه تشکیل داده شد و سپس جدول دستیابی نهایی به دست آمد. برای تعیین سطح موانع، نیاز به شناسایی مجموعه‌های دستیابی، پیش‌نیاز و مشترک است که در جدول (۵) مشخص شده‌است.

جدول (۵): تعیین سطح محرک‌های ایجاد قابلیت ردیابی در زنجیره‌تامین مواد غذایی

محرک	مجموعه دستیابی	مجموعه مقدم	مجموعه مشترک	تعیین سطوح
۱- ایمنی و کیفیت مواد غذایی	۱۱ و ۱۰ و ۲ و ۱	۹ و ۸ و ۷ و ۶ و ۵ و ۴ و ۳ و ۱	۱	سوم
۲- ضایعات مواد غذایی	۱۱ و ۱۰ و ۲	۹ و ۸ و ۷ و ۶ و ۵ و ۴ و ۳ و ۲ و ۱	۲	دوم
۳- کیفیت اطلاعات و اشتراک‌گذاری	۱۱ و ۱۰ و ۹ و ۸ و ۷ و ۶ و ۳ و ۲ و ۱	۷ و ۵ و ۴ و ۳	۷ و ۳	ششم
۴- استانداردهای سلامت و رفاه	۱۱ و ۱۰ و ۹ و ۸ و ۷ و ۶ و ۴ و ۳ و ۲ و ۱	۵ و ۴	۴	هشتم
۵- پذیرش فناوری های کلیدی انقلاب صنعتی چهارم	۱۱ و ۱۰ و ۹ و ۸ و ۷ و ۶ و ۵ و ۴ و ۳ و ۲ و ۱	۵	۵	نهم
۶- آگاهی مصرف‌کننده	۱۱ و ۱۰ و ۸ و ۶ و ۲ و ۱	۷ و ۶ و ۵ و ۳	۶	پنجم
۷- مدیریت فرآیند زنجیره تأمین	۱۱ و ۱۰ و ۹ و ۸ و ۷ و ۶ و ۳ و ۲ و ۱	۷ و ۵ و ۴ و ۳	۷ و ۳	هفتم
۸- تروریسم کشاورزی	۱۱ و ۱۰ و ۸ و ۲ و ۱	۸ و ۷ و ۶ و ۵ و ۴ و ۳	۸	چهارم
۹- برنامه ریزی تولید و بهینه سازی	۱۱ و ۱۰ و ۹ و ۲ و ۱	۹ و ۷ و ۵ و ۴ و ۳	۹	چهارم
۱۰- حمایت از بازار	۱۱ و ۱۰	۱۱ و ۱۰ و ۹ و ۸ و ۷ و ۶ و ۵ و ۴ و ۳ و ۲ و ۱	۱۱ و ۱۰	اول
۱۱- مزیت رقابتی	۱۱ و ۱۰	۱۱ و ۱۰ و ۹ و ۸ و ۷ و ۶ و ۵ و ۴ و ۳ و ۲ و ۱	۱۱ و ۱۰	اول

براساس خروجی جدول (۵)، مدل ساختاری تفسیری در شکل (۱) نمایش داده شده‌است.

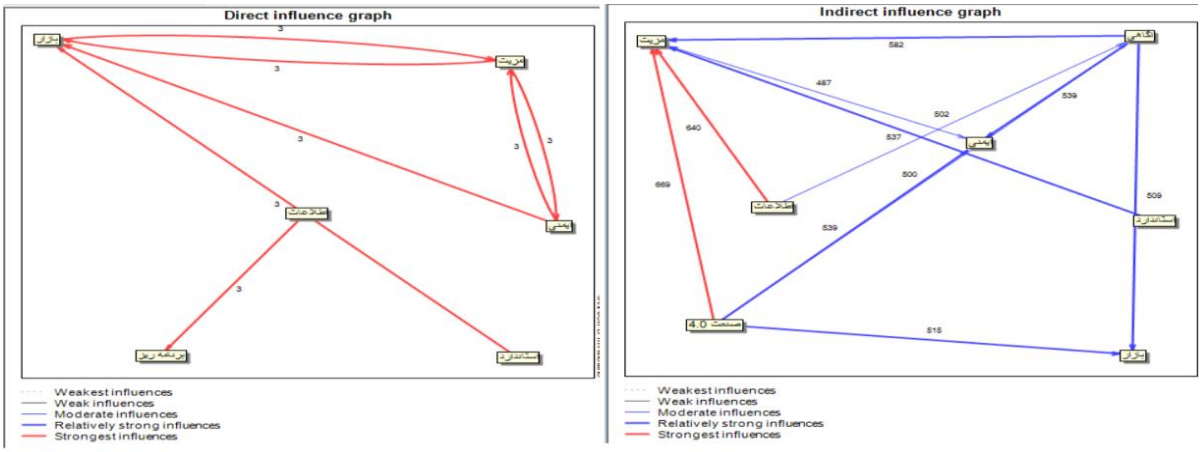


شکل (۱): چارچوب ساختاری تفسیری

با استفاده از تحلیل ماتریس تاثیرات متقابل، نقشه تاثیرگذاری و تاثیرپذیری مستقیم و غیر مستقیم محرک‌ها در شکل (۲) نمایش داده شده‌است.

شکل (۲): نقشه تاثیرگذاری و تاثیرپذیری مستقیم و غیر مستقیم محرک‌ها

همچنین، نمودار تاثیرات مستقیم و غیر مستقیم محرک‌ها بر هم در شکل (۳) نشان داده شده‌است.



شکل (۳): نمودار تاثیرات مستقیم و غیر مستقیم محرک‌ها بر هم

به‌منظور برازش آماری مدل ساختاری تفسیری، داده‌های جمع‌آوری شده از ۱۷۰ تن از کارکنان صنعت غذایی کشور در نرم‌افزار Smart PLS 3.0 تحلیل شد. جدول (۶) مقادیر روایی و پایایی برای هر یک از ابعاد مدل را نشان می‌دهد.

جدول (۶): مقادیر پایایی و روایی

متغیر	گویه	بار عاملی	AVE	آلفای کرونباخ	پایایی ترکیبی
پذیرش فناوری‌های صنعت ۴,۰	Q1	۰/۹۷۰	۰/۸۶۲	۰/۹۱۹	۰/۹۴۹
	Q2	۰/۹۵۰			
	Q3	۰/۸۶۲			
استانداردهای سلامت و رفاه	Q4	۰/۹۲۷	۰/۸۲۴	۰/۸۹۳	۰/۹۳۴
	Q5	۰/۹۰۷			
	Q6	۰/۸۸۹			
مدیریت فرایند زنجیره	Q7	۰/۸۶۱	۰/۷۳۶	۰/۸۱۹	۰/۸۹۳
	Q8	۰/۸۱۱			
	Q9	۰/۸۹۹			
کیفیت اطلاعات و تسهیم	Q10	۰/۹۰۹	۰/۸۰۵	۰/۸۷۹	۰/۹۲۵
	Q11	۰/۸۶۹			
	Q12	۰/۹۱۳			
آگاهی مصرف‌کننده	Q13	۰/۸۷۴	۰/۷۳۷	۰/۸۲۱	۰/۸۹۳
	Q14	۰/۸۲۷			
	Q15	۰/۸۷۳			
برنامه‌ریزی تولید	Q16	۰/۸۳۹	۰/۸۰۸	۰/۸۸۱	۰/۹۲۶
	Q17	۰/۹۴۴			
	Q18	۰/۹۱۰			
تروریسم کشاورزی	Q19	۰/۸۷۳	۰/۶۹۰	۰/۷۷۶	۰/۸۶۸
	Q20	۰/۹۰۲			
	Q21	۰/۷۰۳			
ایمنی و کیفیت غذا	Q22	۰/۸۴۱	۰/۷۶۷	۰/۸۴۷	۰/۹۰۸
	Q23	۰/۸۴۳			
	Q24	۰/۹۳۹			
ضایعات	Q25	۰/۸۵۴	۰/۷۸۱	۰/۸۶۰	۰/۹۱۵
	Q26	۰/۹۱۷			
	Q27	۰/۸۸۰			
حمایت از بازار	Q28	۰/۸۹۶	۰/۷۵۲	۰/۸۳۵	۰/۹۰۱
	Q29	۰/۸۷۹			
	Q30	۰/۸۲۵			
مزیت رقابتی	Q31	۰/۸۲۹	۰/۷۴۴	۰/۸۲۷	۰/۸۹۷
	Q32	۰/۸۸۳			
	Q33	۰/۸۷۵			

با توجه به جدول (۶)، روایی و پایایی پرسشنامه معادلات ساختاری تایید شده‌است.

براساس جدول (۷)، مقادیر Q^2 و R^2 برای متغیرهای وابسته مدل محاسبه شده است. براساس مقادیر جدول (۶)، برازش ساختاری مورد تائید قرار گرفته است. همچنین، مقدار SRMR برابر با ۰/۰۷۸ به‌دست آمده است، که نشان از برازش قابل قبول مدل پژوهش دارد. شاخص تناسب به‌هنجار (NFI) نیز ۰/۷۹ به‌دست آمده است که قابل قبول است.

جدول (۷): معیارهای مرتبط با برازش مدل ساختاری

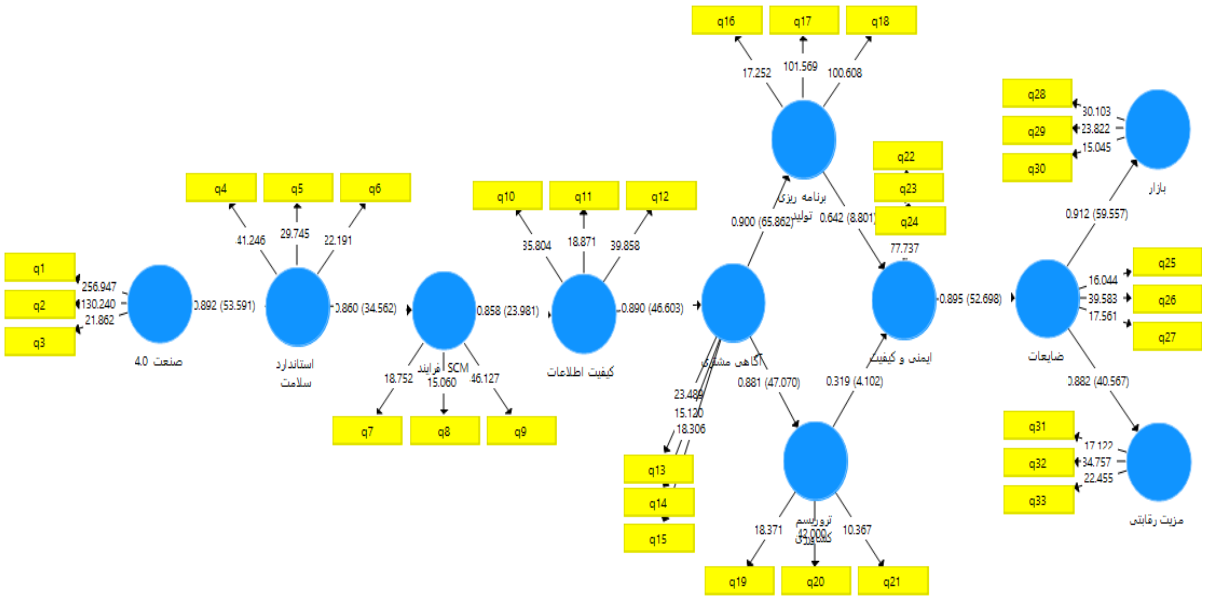
ردیف	متغیرهای درون زا	R^2	Q^2
۱	استانداردهای سلامت و رفاه	۰/۷۹۵	۰/۶۱۹
۲	مدیریت فرایند زنجیره	۰/۷۳۹	۰/۵۰۹
۳	کیفیت اطلاعات و تسهیم	۰/۷۳۶	۰/۵۵۴
۴	آگاهی مصرف‌کننده	۰/۷۹۳	۰/۵۴۸
۵	برنامه‌ریزی تولید	۰/۸۱۱	۰/۶۱۶
۶	تروریسم کشاورزی	۰/۷۷۷	۰/۴۹۶
۷	ایمنی و کیفیت غذا	۰/۸۶۱	۰/۶۱۵
۸	ضایعات	۰/۸۰۱	۰/۵۸۵
۹	حمایت از بازار	۰/۸۳۳	۰/۵۹۰
۱۰	مزیت رقابتی	۰/۷۷۹	۰/۵۴۶

در جدول (۷) مقادیر ضرایب مسیر و آماره تی نشان داده شده‌است. طبق نتایج، مقادیر آماره تی برای تمامی مسیرها به جز یک مسیر بالاتر از قدر مطلق ۱/۹۶ است.

جدول (۸): آماره تی و ضرایب مسیر

فرضیه	رابطه	جهت رابطه	ضریب مسیر	آماره تی	نتیجه آزمون	P-value
۱	پذیرش صنعت ۴,۰ بر استانداردهای سلامت و رفاه	مستقیم	۰/۸۹۲	۵۳/۲۳۸	تائید	۰/۰۰
۲	استانداردهای سلامت و رفاه بر مدیریت فرایند زنجیره	مستقیم	۰/۸۶۰	۳۵/۳۵۴	تائید	۰/۰۰
۳	مدیریت فرایند زنجیره بر کیفیت اطلاعات و تسهیم آن	مستقیم	۰/۸۵۸	۲۴/۷۷۲	تائید	۰/۰۰
۴	کیفیت اطلاعات و تسهیم بر آگاهی مصرف‌کننده	مستقیم	۰/۸۹۰	۴۷/۰۵۶	تائید	۰/۰۰
۵	آگاهی مصرف‌کننده بر تروریسم کشاورزی	مستقیم	۰/۸۸۱	۴۶/۵۱۹	تائید	۰/۰۰
۶	آگاهی مصرف‌کننده بر برنامه‌ریزی تولید و بهینه‌سازی	مستقیم	۰/۹۰۰	۶۳/۷۰۳	تائید	۰/۰۰
۷	برنامه‌ریزی تولید و بهینه‌سازی بر ایمنی و کیفیت غذا	مستقیم	۰/۶۴۲	۹/۳۵۸	تائید	۰/۰۰
۸	تروریسم کشاورزی بر ایمنی و کیفیت غذا	مستقیم	۰/۳۱۹	۴/۳۵۲	تائید	۰/۰۰
۹	ایمنی و کیفیت غذا بر ضایعات	مستقیم	۰/۸۹۵	۵۲/۳۵۳	تائید	۰/۰۰
۱۰	ضایعات بر مزیت رقابتی	مستقیم	۰/۸۸۲	۴۰/۶۳۹	تائید	۰/۰۰
۱۱	ضایعات بر حمایت و توسعه بازار	مستقیم	۰/۹۱۲	۵۶/۱۷۳	تائید	۰/۰۰

در شکل (۴) مدل ساختاری نمایش داده شده‌است.



شکل (۴): مدل ساختاری پژوهش

۵- بحث و نتیجه‌گیری

برای پیاده‌سازی سیستم ردیابی در صنایع غذایی، مدیران باید از محرک‌ها و تأثیر آن‌ها بر سیستم مطلع باشند. از آنجایی که مدیران نمی‌توانند به‌طور همزمان بر روی هر محرک تمرکز کنند، باید بدانند که کدام محرک را بیشتر و کدام محرک را می‌توان بعداً متمرکز کرد، بنابراین نیاز به اولویت‌بندی آن‌ها دارند. با توجه به نقصان این سیستم در داخل کشور، پژوهش حاضر به تحلیل محرک‌های ایجاد قابلیت ردیابی در زنجیره‌تامین مواد غذایی پرداخت.

براساس نتایج مدلسازی ساختاری تفسیری، حمایت از بازار و مزیت رقابتی در بالاترین سطح (تاثیرپذیر) و پذیرش فناوری‌های انقلاب صنعتی چهارم در پایین‌ترین سطح (تاثیرگذار) قرار گرفت. در پژوهش پاتیدار و همکاران [۲۹]، پذیرش فناوری‌های صنعت ۴,۰ در اولویت چهارم و خودکارسازی اطلاعاتی در اولویت اول و کیفیت اطلاعات در رتبه دوم قرار گرفتند. فناوری‌های مدرن اطلاعاتی و استفاده صحیح از آن‌ها، یکی از محرک‌های اصلی ایجاد قابلیت ردیابی مواد غذایی است. همچنین در پژوهش مذکور، مزیت رقابتی و حمایت از بازار دارای پایین‌ترین اولویت شده‌اند و با نتایج پژوهش حاضر همراستا است. در پژوهش دیگری در کشور هند، خطرات تروریسم کشاورزی و ایمنی مواد غذایی به‌عنوان اثرگذارترین عوامل موثر بر ایجاد قابلیت ردیابی مواد غذایی شناسایی شدند [۹] که کاملا با نتایج پژوهش حاضر متفاوت است. اما مزیت رقابتی در پژوهش مذکور تاثیرپذیر است و از این حیث با نتیجه پژوهش حاضر همراستا است. همچنین، تفاوت جمعیت و وضعیت بهداشتی دو کشور نیز می‌تواند عامل تفاوت جایگاه محرک ایمنی و کیفیت مواد غذایی باشد. رحیمی و همکاران [۲۷] نیز بیان کردند که فناوری بلاکچین، قابلیت ردیابی و امنیت داده‌ها را در مسیر محصولات غذایی تضمین می‌کند و باعث ارتقای امنیت غذایی در زنجیره‌تامین مواد غذایی است. سوسانتی و همکاران [۱۴] نیز بر استفاده از بلاکچین برای ایجاد قابلیت ردیابی غذایی حلال تاکید کرده‌اند.

براساس نتایج تحلیل ماتریس تاثیرات متقابل (میک‌مک) میان توانمندسازهای ایجاد قابلیت ردیابی در زنجیره‌تامین مواد غذایی، فناوری‌های صنعت ۴,۰، استانداردهای سلامت و رفاه و مدیریت فرایند زنجیره‌تامین در گروه مستقل قرار گرفته‌اند. آگاهی مصرف‌کننده، برنامه‌ریزی تولید و بهینه‌سازی و مزیت رقابتی در گروه پیوندی و یا به‌اصطلاح کلیدی قرار گرفته‌اند. همچنین، متغیر کیفیت اطلاعات و به‌اشتراک‌گذاری در حالت غیرمستقیم در گروه مستقل و در حالت مستقیم در گروه پیوندی قرار می‌گیرد. متغیرهای پیوندی، اهمیت بالایی دارند و نقش محوری در زنجیره‌تامین ایفا می‌کنند. تغییرات در این متغیرها می‌تواند تأثیر گسترده‌ای بر سایر جنبه‌های زنجیره‌تامین داشته باشد و باید به‌طور ویژه مورد توجه قرار گیرند. ضایعات، حمایت از بازار و امینی و کیفیت مواد غذایی در گروه وابسته و تروریسم کشاورزی در گروه خودمختار قرار گرفتند. اگر اتفاق خاصی در

حوزه حملات شیمیایی و بیولوژیک رخ ندهد، متغیر تروریسم کشاورزی تاثیری بر سایر توانمندسازها ندارد و تاثیری هم نمی‌پذیرد. باتوجه به نمودارهای تاثیرات مستقیم و غیر مستقیم، متغیرهای کیفیت اطلاعات و به‌اشتراک‌گذاری و صنعت ۴,۰ تاثیر غیر مستقیم بسیار قوی بر مزیت رقابتی دارند. همچنین، حمایت از بازار و ایمنی و کیفیت مواد غذایی نیز تاثیر مستقیم بسیار قوی بر مزیت رقابتی دارند. علاوه بر این، کیفیت اطلاعات و به‌اشتراک‌گذاری تاثیر مستقیم بسیار قوی بر برنامه‌ریزی تولید و بهینه‌سازی و استانداردهای سلامت و رفاه دارد. این یافته‌ها نشان از اهمیت بالای توجه به متغیر کیفیت اطلاعات و تسهیم صحیح آن‌ها میان شرکای زنجیره‌تامین دارد، چرا که تاثیرات بسیار قوی بر ایجاد موفق قابلیت ردیابی دارد. براساس نتایج، استفاده از اینترنت اشیا (IoT)، هوش مصنوعی (AI) و بلاکچین برای ردیابی و نظارت بر زنجیره‌تامین و فراهم کردن بستر ایجاد کیفیت در ساخت و جریان اطلاعات، مزیت رقابتی را افزایش داد که یک توانمندساز کلیدی برای ایجاد قابلیت ردیابی در زنجیره‌تامین مواد غذایی است.

براساس نتایج مدلسازی معادلات ساختاری، تمامی روابط مدل ساختاری تائید شدند که به‌معنی تاثیر مثبت و معنادار متغیر هر سطح بر سطح بعدی خود می‌باشد. براساس نتایج حاصل، پذیرش و به کارگیری صنعت ۴,۰ می‌تواند تأثیرات گسترده‌ای بر استانداردهای سلامت و رفاه داشته باشد. درحقیقت، استفاده از فناوری‌های پیشرفته برای ردیابی دقیق‌تر و سریع‌تر مواد غذایی از مزرعه تا سفره، که تضمین می‌کند محصولات سالم و باکیفیت به دست مصرف‌کنندگان می‌رسد و سطح سلامت و رفاه جامعه افزایش می‌یابد. استانداردهای سلامت و رفاه بر مدیریت فرایند زنجیره‌تامین تاثیر دارد. در مواقع بروز بحران یا آلودگی و به‌خطر افتادن سلامت و رفاه جامعه، قابلیت ردیابی سریعاً اطلاعاتی درباره محل دقیق وقوع مشکل فراهم می‌آورد و این امر به شرکت‌ها امکان می‌دهد تا اقداماتی سریع و مؤثر انجام دهند و هزینه‌های ناشی از بحران را کاهش دهند و فرایند دچار اختلال نگردد [۴]. مدیریت فرایند زنجیره‌تامین بر کیفیت اطلاعات تاثیر دارد. مدیریت مؤثر فرآیند زنجیره‌تامین باعث می‌شود که داده‌های مربوط به موجودی، سفارشات، حمل و نقل و سایر اطلاعات حیاتی به‌طور دقیق و به‌روز جمع‌آوری شوند. این دقت و صحت اطلاعات به تصمیم‌گیری‌های مؤثرتر کمک می‌کند [۵]. آگاهی مصرف‌کننده بر برنامه‌ریزی تولید و بهینه‌سازی تاثیر دارد. آگاهی از ترجیحات و نیازهای خاص مصرف‌کنندگان می‌تواند به شرکت‌ها کمک کند تا محصولات جدید را طراحی و تولید کنند که به‌طور خاص به این نیازها پاسخ می‌دهند که منجر به بهبود کیفیت مواد غذایی در جامعه می‌گردد. ایمنی و کیفیت غذا نیز بر ضایعات تاثیر مثبتی دارد چرا که، با بهبود کیفیت و ایمنی محصولات، می‌توان موجودی‌های غذایی را بهتر مدیریت کرد و از انباشت و هدررفت محصولات جلوگیری نمود [۹،۸]. سیستم‌های پیشرفته صنعت ۴,۰ و استفاده از قابلیت‌های هوش مصنوعی برای پیش‌بینی تقاضا و مدیریت موجودی می‌توانند به بهبود فرآیند تولید کمک کنند و با کاهش ضایعات، منجر به ایجاد مزیت رقابتی برای صنایع غذایی گردند [۳۸].

به‌عنوان پیشنهادهای عملی برای مدیران و فعالان صنایع غذایی، باتوجه به اهمیت بالای فناوری‌های صنعت ۴,۰، مدیران باید زیرساخت‌های لازم برای پیاده‌سازی سیستم‌های ردیابی فناور فراهم کنند. همچنین، در این راستا، حمایت دولت بدون شک الزامی است. هزینه‌های بالای خرید و پیاده‌سازی فناوری-های نوین صنعت ۴,۰ باید در قالب وام‌های بلندمدت، تسهیلات و آموزش همگانی برای سازمان‌ها توسط دولت پشتیبانی گردد تا بتوان ضمن اجرای قابلیت ردیابی جامع در صنایع غذایی کشور، از خطرات و ریسک‌های احتمالی دور بود. باتوجه به اهمیت فرایندهای مدیریت زنجیره‌تامین، برای برقرار شدن ردیابی در زنجیره‌تامین، استاندارد ردیابی GS1، الزامات حداقلی برای برقرار شدن کامل ردیابی در فرایندهای کسب‌وکار را تعریف می‌کند. استاندارد ردیابی GS1 با برقراری ارتباط بین جریان‌های فیزیکی و اطلاعاتی در زنجیره‌تامین، چارچوبی برای سیستم‌های ردیابی ایجاد می‌کند. هوشمندسازی قراردادها در سراسر زنجیره‌تامین با استفاده از فناوری بلاکچین می‌تواند ضمن ردیابی دقیق، از فساد و تقلب در زنجیره جلوگیری کرده و اعتماد و شفافیت در زنجیره را افزایش دهد. همچنین، استفاده از فناوری RFID در مبدا زنجیره یعنی خرید مواد اولیه از کشاورزان اجرا گردد تا مسیر حرکت مواد اولیه غذایی و انبارش آن‌ها در سازمان قابل ردیابی مستمر و به‌هنگام باشد. از آنجا که برنامه‌ریزی تولید در گروه پیوندی و کلیدی قرار گرفت، لذا توصیه می‌گردد مدیران صنایع غذایی پیاده‌سازی برنامه‌ریزی منابع سازمانی (ERP) و بهره‌برداری جامع از آن در کلیه فرایندهای زنجیره را مد نظر قرار دهند. این استفاده تنها محدود به مرزهای داخلی سازمان نباشد و بتواند یکپارچگی را در میان شرکای تجاری زنجیره هم برقرار نماید.

از جمله زمینه‌ها در پژوهش‌های آینده، ترکیب رویکرد مدلسازی ساختاری تفسیری و یکی از رویکردهای رتبه‌بندی و تصمیم‌گیری چندمعیاره نظیر ANP می‌باشد، تا علاوه بر نمودار سطح‌بندی شده محرک‌ها، بتوان وزن هر کدام از آن‌ها را نیز

به‌دست آورد. همچنین، پیشنهاد می‌شود از رویکردهای تئوری فازی و یا خاکستری به‌منظور رتبه‌بندی محرک‌ها استفاده کرد. با توجه به مدلسازی محرک‌های ایجاد قابلیت ردیابی در زنجیره‌تامین مواد غذایی، پیشنهاد می‌گردد در پژوهش‌های آتی، مدل‌هایی جهت شناسایی موانع ایجاد قابلیت ردیابی در زنجیره‌تامین غذایی ارائه گردد. از آنجا که پژوهش حاضر با تمرکز بر صنایع غذایی انجام شده‌است، لذا در تعمیم نتایج آن به سایر صنایع باید احتیاط نمود.

۶- مراجع

[1] T. K. Dasaklis, T. G. Voutsinas, G. T. Tsoulfas, and F. Casino, "A systematic literature review of blockchain-enabled supply chain traceability implementations," Sustainability, vol. 14, no. 4, p. 2439, 2022, doi: https://doi.org/10.3390/su14042439.

[2] L. Dong, P. Jiang, and F. Xu, "Impact of traceability technology adoption in food supply chain networks," Manage Sci, vol. 69, no. 3, pp. 1518–1535, 2023, doi: https://doi.org/10.1287/mnsc.2022.4440.

[3] D. Kafetzopoulos, S. Margariti, C. Stylios, E. Arvaniti, and P. Kafetzopoulos, "Managing the traceability system for food supply chain performance," Int. J. Product. Perform. Manag, vol. 73, no. 2, pp. 563–582, 2023, doi: https://doi.org/10.1108/IJPPM-12-2021-0690.

[4] X. Zhou, M. Pullman, and Z. Xu, "The impact of food supply chain traceability on sustainability performance," Oper. Manag. Res., vol. 15, no. 1, pp. 93–115, 2022, doi: https://doi.org/10.1007/s12063-021-00189-w.

[5] 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.

[6] 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, pp. 2115–2133, 2022, doi: https://doi.org/10.1007/s10479-021-04072-6.

[7] G. Chiaraluce, D. Bentivoglio, A. Finco, M. Fiore, F. Contò, and A. Galati, "Exploring the role of blockchain technology in modern high-value food supply chains: Global trends and future research directions," Agric. food econ., vol. 12, no. 1, p. 6, 2024, doi: https://doi.org/10.1186/s40100-024-00301-1.

[8] 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.

[9] M. N. Faisal and F. Talib, "Implementing traceability in Indian food-supply chains: An interpretive structural modeling approach," J. Foodserv. Bus. Res., vol. 19, no. 2, pp. 171–196, 2016, doi: https://doi.org/10.1080/15378020.2016.1159894.

[10] J. Razmi, R. Tavakoli Moghadam, F. Jolai, and B. Yari, "Design of a conceptual reference model for implementation of traceability in a supply chain based upon structured modeling approach," IMJ, vol. 2, no. 2, pp. 19–60, 2010, doi: https://dorl.net/dor/20.1001.1.20085885.1389.2.2.2.6. [In Persian].

[11] M. E. Latino, M. Menegoli, M. Lazoi, and A. Corallo, "Voluntary traceability in food supply chain: a framework leading its implementation in Agriculture 4.0," Technol Forecast Soc Change, vol. 178, p. 121564, 2022, doi: https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121564.

[12] 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, 2023, doi: https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1983661.

[13] X. Zhou, H. Lu, and Z. Xu, "A balance of economic advancement and social needs via improving supply chain traceability for future food sustainability: an empirical study from China," PROD PLAN CONTROL, pp. 1–21, 2023, doi: https://doi.org/10.1080/09537287.2023.2240751.

[14] A. Susanty, N. B. Puspitasari, Z. F. Rosyada, M. A. Pratama, and E. Kurniawan, "Design of blockchain-based halal traceability system applications for halal chicken meat-based food supply chain," Int. J. Inf. Technol., vol. 16, no. 3, pp. 1449–1473, 2024, doi: https://doi.org/10.1007/s41870-023-01650-8.

[15] S. S. Kamble, A. Gunasekaran, and S. A. Gawankar, "Achieving sustainable performance in a data-driven agriculture supply chain: A review for research and applications," Int J Prod Econ, vol. 219, pp. 179–194, 2020, doi: https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.05.022.

[16] H. Talaie, "Analyzing the Factors Affecting the Financial Sustainability of the Food Industry Supply Chain during the Pandemic," Industrial Innovations: Requirements and Strategies (JII), vol. 1, no. 3, pp. 197–216, 2023, doi: https://doi.org/10.61186/jii.1.3.197. [In Persian].

[17] E. Abdollahzadeh, "Application of food traceability systems in the seafood supply chain and sturgeon products: increasing safety and quality, reducing smuggling and fraud," Sturgeon Extention Journal (SEJ), vol. 4, no. 7, pp. 38–47, 2022, [Online]. Available: https://sej.areeo.ac.ir/article_126561.html [In Persian].

[18] A. Hassoun et al., "Food traceability 4.0 as part of the fourth industrial revolution: key enabling technologies," Crit Rev Food Sci Nutr, vol. 64, no. 3, pp. 873–889, 2024, doi: https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2110033.

[19] R. Gupta and R. Shankar, "Managing food security using blockchain-enabled traceability system," Benchmarking: An International Journal (BIJ), vol. 31, no. 1, pp. 53–74, 2024, doi: https://doi.org/10.1108/BIJ-01-2022-0029.

[20] P. Blaettchen, A. P. Calmon, and G. Hall, "Traceability technology adoption in supply chain networks," Manage Sci, 2024, doi: https://doi.org/10.1287/mnsc.2022.01759.

[21] K. M. Karlsen, B. Dreyer, P. Olsen, and E. O. Elvevoll, "Literature review: Does a common theoretical framework to implement food traceability exist?" Food Control, vol. 32, no. 2, pp. 409–417, 2013, doi: https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.12.011.

[22] A. Regattieri, M. Gamberi, and R. Manzini, "Traceability of food products: General framework and experimental evidence," J Food Eng, vol. 81, no. 2, pp. 347–356, 2007, doi: Traceability of food products: General framework and experimental evidence.

[23] S. Thangamayan, K. Pradhan, G. B. Loganathan, S. Sitender, S. Sivamani, and M. Tesema, "[Retracted] Blockchain□Based Secure Traceable Scheme for Food Supply Chain," J Food Qual, vol. 2023, no. 1, p. 4728840, 2023, doi: https://doi.org/10.1155/2023/4728840.

[24] R. Yahyayi and M. Kavoosi-Kalashami, "Evaluation of the effective drivers in the use of blockchain technology in the rice supply chain," Agricultural Market and Economics (AME), vol. 1, no. 2, pp. 89–100, Jan. 2024, doi: 10.61186/ame.1.2.89. [In Persian].

[25] E. Hedayati, M. Zeinalnezhad, and S. Samiallah, "Identify and Rank Barriers to the Use of Blockchain Technology in the Sustainable Supply Chain of the Food Industry," Supply Chain Management (SCMJ), vol. 26, no. 82, pp. 17–42, 2024, [Online]. https://scmj.ihu.ac.ir/article_208846.html

[26] M. Nasiri Galeh and S. Sahraei, "Investigating the Impact of Blockchain Implementation in the Supply Chain of Dairy Products in Iran," Supply Chain Management (SCMJ), vol. 26, no. 82, pp. 95–102, 2024, doi: DOR: 20.1001.1.20089198.1403.26.82.7.4. [In Persian].

[27] A. Rahimi, G. Taghizadeh, and S. Mahmoudabadi, "Proposing an interpretive structural model of barriers to using blockchain

technology in the food supply," Research in Production and Operations Management (jpom), vol. 13, no. 1, pp. 79–104, 2022, doi: 10.22108/jpom.2022.131836.1412. [In Persian].
[28] L. Rezaee and R. Babazadeh, "Investigating the relationships between the influencing indicators of blockchain in the food industry," Research in Production and Operations Management (jpom), vol. 11, no. 3, pp. 95–116, 2020, doi: 10.22108/jpom.2021.123858.1279. [In Persian].
[29] 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.
[30] W. J. Potter, An analysis of thinking and research about qualitative methods. Routledge, 2013. doi: https://doi.org/10.4324/9780203811863.
[31] S. Shoar and N. Chileshe, "Exploring the Causes of Design Changes in Building Construction Projects: An Interpretive Structural Modeling Approach," Sustainability, vol. 13, no. 17, p. 9578, 2021, doi: https://doi.org/10.3390/su13179578.
[32] A. Dixit, P. Suvadarshini, and D. V. Pagare, "Analysis of barriers to organic farming adoption in developing countries: a grey-DEMATEL and ISM approach," J Agribus Dev Emerg Econ, vol. 14, no. 3, pp. 470–495, 2024, doi: https://doi.org/10.1108/JADEE-06-2022-0111.
[33] A. Arantes and L. M. D. F. Ferreira, "Development of delay mitigation measures in construction projects: A combined interpretative structural modeling and MICMAC analysis approach," Prod. Plan. Control., vol. 35, no. 10, pp. 1164–1179, 2024, doi: https://doi.org/10.1080/09537287.2022.2163934.
[34] N. Mkedder and M. Das, "Metaverse integration challenges: An in-depth ISM and MICMAC analysis," J. Retail. Consum. Serv., vol. 77, p. 103684, 2024, doi: https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2023.103684.
[35] M. A. Palsodkar, M. R. Nagare, R. B. Pansare, and V. S. Narwane, "An adoption framework for agile new product development using hybrid RBWM-ISM-Fuzzy MICMAC approach," J. Model. Manag., 2024, doi: https://doi.org/10.1108/JM2-11-2023-0262.
[36] J. F. Hair Jr, M. Sarstedt, L. Hopkins, and V. G. Kuppelwieser, "Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM): An emerging tool in business research," Eur. Bus. Rev., vol. 26, no. 2, pp. 106–121, 2014, doi: https://doi.org/10.1108/EBR-10-2013-0128.
[37] J. F. Hair Jr et al., "An introduction to structural equation modeling," Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) using R: a workbook, pp. 1–29, 2021, doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-80519-7_1.
[38] N. Safaie, S. Yousefpour, and S. Mohammadi, "A systematic review on previous research of radio frequency identification systems in supply chain," Supply Chain Management (SCMJ), vol. 23, no. 71, pp. 15-32. https://scmj.ihu.ac.ir/article_206674.html