



Investigating the Impact of Smart and Sustainable Packaging Dimensions on Supply Chain Efficiency in the Food Industry

Mohammad Bashokouh Ajirlo* , Niksa Jabbari Kordlar

*Professor, Department of Business Administration, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
(Received: 21/12/2024, Revised: 12/05/2025, Accepted: 09/06/2025, Published: 20/06/2025)

DOR: 20.1001.1.22286675.1404.16.61.2.6

ABSTRACT

This study investigates the impact of smart and sustainable packaging dimensions on supply chain efficiency in the food industry. The research is applied in purpose and employs a descriptive-survey methodology for data collection. The statistical population comprises managers and specialists in the packaging industry with at least a bachelor's degree in relevant fields and a minimum of 10 years of experience in the food sector. A sample of 198 participants was selected using convenience sampling, and data were gathered through a standardized questionnaire. The questionnaire was divided into two sections: the first section collected demographic information, including age, gender, and work experience, while the second section assessed key study variables, namely traceability and monitoring, optimal design, biodegradable and recyclable materials, product shelf-life extension, and supply chain efficiency. Each variable was evaluated using standard items on a five-point Likert scale. The questionnaire's face and content validity were confirmed through expert opinions and the Content Validity Ratio (CVR) index, while its reliability was established using Cronbach's alpha coefficient. Data were analyzed using SPSS software for descriptive statistics and PLS software for confirmatory factor analysis and structural equation modeling (SEM). The findings indicate that smart and sustainable packaging dimensions significantly enhance supply chain efficiency in the food industry. These results offer valuable insights for improving managerial decision-making in packaging and supply chain management.

Keywords: Smart Packaging, Sustainability, Supply Chain, Food Industry

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: mohammadbashokouh@gmail.com

بررسی تأثیر ابعاد بسته‌بندی هوشمند و پایدار بر کارایی زنجیره تأمین در صنعت غذایی

محمد باشکوه اجیرلو^{۱*}، نیکسا جباری کردلر^۲

۱- استاد، گروه مدیریت بازرگانی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران ۲- دانشجوی دکتری بازاریابی، گروه مدیریت

بازرگانی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

DOR: 20.1001.1.22286675.1404.16.61.2.6

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۹

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۳/۳۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۰۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۲/۲۲

چکیده

هدف این پژوهش، بررسی تأثیر ابعاد بسته‌بندی هوشمند و پایدار بر کارایی زنجیره تأمین در صنعت غذایی است. این تحقیق از نظر هدف، کاربردی و از نظر روش گردآوری داده‌ها، توصیفی از نوع پیمایشی می‌باشد. جامعه آماری شامل مدیران و متخصصان صنعت بسته‌بندی با حداقل مدرک لیسانس در رشته‌های مرتبط و ۱۰ سال سابقه فعالیت در صنعت غذایی است. تعداد ۱۹۸ نفر از این افراد به عنوان نمونه در دسترس انتخاب شدند و اطلاعات از طریق پرسشنامه استاندارد جمع‌آوری گردید. پرسشنامه تحقیق در دو بخش اصلی تدوین شد: بخش اول به ویژگی‌های جمعیت‌شناختی پاسخ‌دهندگان مانند سن، جنسیت و سابقه کاری اختصاص یافت و بخش دوم به بررسی متغیرهای کلیدی پژوهش پرداخت. این متغیرها شامل ردیابی و نظارت، طراحی بهینه، مواد زیست‌تخریب‌پذیر و قابل بازیافت، افزایش ماندگاری محصول و کارایی زنجیره تأمین بودند. هر یک از این متغیرها با استفاده از گویه‌های استاندارد سنجیده شد و پاسخ‌ها در طیف پنج‌درجه‌ای لیکرت ارزیابی شدند. روایی صوری و محتوایی پرسشنامه با نظر خبرگان و استفاده از شاخص روایی محتوایی نسبی تأیید شد. پایایی پرسشنامه نیز با محاسبه ضریب آلفای کرونباخ مورد تأیید قرار گرفت. برای تحلیل داده‌ها، از نرم‌افزارهای اسپاس برای تحلیل‌های توصیفی و پی‌ال‌اس برای تحلیل عاملی تأییدی و مدل‌سازی معادلات ساختاری استفاده شد. نتایج پژوهش نشان داد که ابعاد بسته‌بندی هوشمند و پایدار تأثیر معناداری بر بهبود کارایی زنجیره تأمین در صنعت غذایی دارند. این یافته‌ها می‌تواند به ارتقای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی در حوزه بسته‌بندی و زنجیره تأمین کمک نماید.

کلیدواژه‌ها: بسته‌بندی هوشمند، پایداری، زنجیره تأمین، صنعت غذایی

۱- مقدمه

می‌کنند و در عین حال عملکرد کلی زنجیره تأمین را بهبود می‌بخشند [۴].

بسته‌بندی هوشمند از فناوری‌های پیشرفته‌ای مانند سنسورها، شناسایی فرکانس رادیویی و کدهای کیو آر برای نظارت و ردیابی وضعیت محصولات در طول زنجیره تأمین استفاده می‌کند [۵]. این قابلیت امکان ارزیابی بلادرنگ وضعیت محصول را فراهم می‌کند و به کسب و کارها اجازه می‌دهد تا کیفیت کالاهای خود را در هر زمان مدیریت و کنترل کنند [۶]. چنین نظارتی نه تنها ایمنی و کیفیت محصول را افزایش می‌دهد بلکه شفافیت را در زنجیره تأمین افزایش می‌دهد و به کاهش ضایعات مواد غذایی کمک می‌کند [۷].

علاوه بر این، بسته‌بندی هوشمند می‌تواند با ارائه اطلاعات دقیق به مصرف‌کنندگان و تأمین‌کنندگان، عملیات عرضه و توزیع را ساده کند و در نهایت رضایت مشتری را افزایش دهد [۸].

بسته‌بندی نقش مهمی در بخش غذا ایفا می‌کند و به‌طور قابل توجهی بر کیفیت، ایمنی و ماندگاری محصول تأثیر می‌گذارد [۱]. با گسترش جمعیت جهانی و تکامل عادات مصرفی، نیاز به محصولات ایمن و با کیفیت بالا در حال افزایش است و راه‌حل‌های بسته‌بندی نوآورانه و موثر را به طور فزاینده‌ای حیاتی می‌کند [۲]. در این زمینه، بسته‌بندی هوشمند و سازگار با محیط زیست به عنوان یک راهبرد پیشگامانه برای افزایش کارایی زنجیره تأمین صنعت غذا ظهور کرده است [۳]. این مفاهیم بسیاری از چالش‌های صنعت را برطرف

* رایانامه نویسنده مسئول: mohammadbashokouh@gmail.com

می‌دهد و هزینه‌ها را کاهش می‌دهد، بلکه نقش مهمی در ایجاد یک سامانه غذایی پایدارتر و مسئولانه‌تر ایفا می‌کند [۲۱]. تمرکز اصلی این تحقیق بررسی چگونگی تأثیر جنبه‌های مختلف بسته‌بندی نوآورانه و پایدار بر کارایی زنجیره تأمین در صنعت غذا و همچنین کشف چالش‌ها و فرصت‌های پیش رو در این حوزه است.

۲- مبانی نظری و فرضیه‌های تحقیق

۲-۱-۲- درک بسته‌بندی هوشمند

بسته‌بندی هوشمند مجموعه‌ای از فناوری‌ها و روش‌های است که برای بهبود عملکرد بسته‌بندی و اطمینان از ایمنی و کیفیت محصولات از طریق تبادل اطلاعات بلادرنگ طراحی شده است [۲۲]. با استفاده از فناوری‌های پیشرفته مانند سنسورها، شناسایی فرکانس رادیویی، کدهای کیو آر و سایر راه‌حل‌های دیجیتال، بسته‌بندی هوشمند به تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان امکان نظارت و ردیابی وضعیت محصولات در طول چرخه عمر کامل آن‌ها را می‌دهد [۲۳]. فراتر از صرفاً بهبود نظارت بر شرایط محصول، بسته‌بندی هوشمند همچنین تسهیل ذخیره‌سازی، حمل و نقل و آگاهی از ویژگی‌های محصول را برای مصرف‌کنندگان تسهیل می‌کند [۲۴].

در اصل، بسته‌بندی هوشمند را می‌توان به عنوان نوعی بسته‌بندی در نظر گرفت که با استفاده از فناوری‌های مدرن، داده‌های مربوط به وضعیت محصول و محیط آن را جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل می‌کند [۲۵]. این داده‌ها می‌تواند شامل عواملی مانند دما، رطوبت، فشار هوا، شاخص‌های فساد یا اطلاعات انقضای محصول باشد [۲۶]. بسته‌بندی هوشمند معمولاً به دو دسته اصلی تقسیم می‌شود:

۲-۱-۱- بسته‌بندی فعال

بسته‌بندی فعال با جو داخلی بسته تعامل کرده و آن را تغییر می‌دهد تا کیفیت محصول را حفظ کرده و عمر مفید آن را افزایش دهد [۲۷]. این بسته‌بندی به‌طور فعال متغیرهایی مانند دما، رطوبت و ترکیب هوا را در داخل بسته مدیریت می‌کند و به‌طور موثر از فساد یا خراب شدن محتویات جلوگیری می‌کند [۲۸].

۲-۱-۲- بسته‌بندی هوشمند

بسته‌بندی هوشمند به نظارت و پیگیری وضعیت محصول و محیط اطراف آن اختصاص دارد و اطلاعات بلادرنگی در خصوص ایمنی و یکپارچگی محصول را به مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان ارائه می‌دهد. [۲۹]. این سبک از بسته‌بندی با استفاده از سنسورها و ابزارهای فناوری مختلف می‌تواند تغییرات در وضعیت محصول مانند فساد، تغییر دما یا خطرات آلودگی را شناسایی و انتقال دهد [۳۰].

از سوی دیگر، بسته‌بندی پایدار با استفاده از مواد تجدیدپذیر، قابل بازیافت و زیست تخریب پذیر، هدف کاهش آسیب‌های زیست محیطی را دنبال می‌کند [۹]. به جای وابستگی به پلاستیک‌های یکبار مصرف، بسته‌بندی پایدار از جایگزین‌های زیست تخریب پذیر حمایت می‌کند و به کاهش آلودگی کمک می‌کند [۱۰].

هدف اساسی بسته‌بندی مواد غذایی حفظ ایمنی، سلامت و کیفیت آن‌ها است. برای کاهش اثرات زیست محیطی ناشی از ضایعات بسته‌بندی اولیه، می‌توان با انتخاب دقیق مواد، پایبندی به استانداردهای سازمان‌های حفاظت از محیط زیست و ارزیابی کامل نیازهای بسته‌بندی با توجه به تغییرات محیطی، اقدام کرد. همچنین، بسته‌بندی‌های سازگار با محیط زیست به خوبی طراحی شده می‌توانند تازگی محصولات را افزایش دهند و ضایعات مواد غذایی را کاهش دهند [۱۱]. در عصر کنونی که با مسائل فوری زیست محیطی و تغییرات آب و هوایی مواجه است، بسته‌بندی پایدار به عنوان یک نیاز ضروری در صنایع مختلف مطرح شده است [۱۲]. این راهبرد نه تنها اثرات منفی زیست محیطی را کاهش می‌دهد بلکه به کسب و کارها اجازه می‌دهد تا اصول اقتصاد چرخشی را اتخاذ کنند و الگوهای تولید و مصرف آگاهانه را ترویج دهند [۱۳]. ترکیب بسته‌بندی نوآورانه و پایدار می‌تواند کارایی زنجیره تأمین را افزایش دهد، هزینه‌ها را کاهش دهد، ایمنی را بهبود بخشد و همزمان ضایعات را کاهش دهد [۱۴]. این رویکرد یکپارچه به عنوان ابزاری قدرتمند برای تقویت عملکرد زنجیره تأمین در عین حال که پاسخگوی تقاضای رو به رشد مصرف‌کنندگان و استانداردهای نظارتی است، عمل می‌کند [۱۵]. با توجه به چالش‌های زیست محیطی رو به رشد و تکامل عادات مصرف، پذیرش این فناوری‌ها در بخش غذا می‌تواند مزایای قابل توجهی را برای کسب و کارها به همراه داشته باشد [۱۶].

با وجود مزایای فراوان، کاربرد عملی بسته‌بندی نوآورانه و پایدار با چندین مانع مواجه است [۱۷]. این مشکلات شامل افزایش هزینه‌های تولید، نگرانی‌های مربوط به امنیت داده‌ها و پیچیدگی‌های مربوط به ادغام این فناوری‌ها در چارچوب‌های فعلی زنجیره تأمین است [۱۸]. بنابراین، تحقیقات بیشتر برای شناسایی و بررسی دقیق این موانع و توسعه روش‌های موثر برای مقابله با آن‌ها ضروری است. علاوه بر این، همکاری بین بازیگران مختلف صنعت - از تولیدکنندگان مواد بسته‌بندی تا توزیع کنندگان و کاربران نهایی - برای حداکثر بهره‌برداری از مزایای این پیشرفت‌ها به طور فزاینده‌ای اهمیت دارد [۱۹].

با توسعه مداوم فناوری و الزامات نظارتی برای رعایت استانداردهای پایداری، بسته‌بندی نوآورانه و سازگار با محیط زیست به عنوان یک راه‌حل پیشگامانه و ضروری در بخش غذا شناخته می‌شود [۲۰]. این شکل از بسته‌بندی نه تنها کارایی را افزایش

۲-۲- کاربردهای بسته‌بندی هوشمند

بسته بندی هوشمند در بخش غذا و همچنین صنایع مختلف دیگر رواج دارد. عملکردهای اصلی آن عبارتند از:

نظارت فوری بر شرایط محصول: بسته‌بندی هوشمند می‌تواند به سرعت تغییرات در وضعیت محصول را تشخیص دهد. به عنوان مثال، اگر دمای یک آیتم از حد تعیین شده فراتر رود، بسته بندی هوشمند می‌تواند برای جلوگیری از فساد یا آسیب هشدار ارسال کند [۳۱ و ۳۲].

بهبود ایمنی و سلامت محصول: با ارائه جزئیات دقیق در مورد تاریخ انقضا، الزامات نگهداری و سلامت کلی محصول، بسته بندی هوشمند به خریداران کمک می‌کند تا از خرید اقلام فاسد یا تاریخ گذشته خودداری کنند. این نه تنها ایمنی محصول را افزایش می‌دهد بلکه اعتماد مصرف کننده را نیز تقویت می‌کند [۳۳ و ۳۴].

بهینه‌سازی مدیریت زنجیره تأمین: بسته‌بندی هوشمند ردیابی محصولات را در طول زنجیره تأمین، از تولید تا مصرف کننده نهایی، ساده می‌کند. می‌تواند مشکلاتی مانند فساد یا آسیب در حین حمل و نقل را شناسایی کند و اقدام فوری را امکان پذیر کند. علاوه بر این، با ارائه اطلاعات دقیق در مورد وضعیت محصول، تضمین می‌کند که اقلام در بهترین حالت ممکن به دست مصرف کنندگان می‌رسد [۳۵ و ۳۶ و ۳۷].

کاهش ضایعات غذایی: با نظارت مداوم بر شرایط محصول و شناسایی زود هنگام فساد، بسته‌بندی هوشمند می‌تواند به میزان قابل توجهی از ضایعات مواد غذایی بکاهد. این فناوری همچنین به مصرف کنندگان توصیه‌های قابل اعتمادی در مورد استفاده و نگهداری صحیح محصولات ارائه می‌دهد و در نتیجه ضایعات را بیشتر کاهش می‌دهد [۳۸ و ۳۹].

در نتیجه، بسته‌بندی هوشمند راه حل‌های پیشرفته‌ای ارائه می‌دهد که کارایی زنجیره تأمین را افزایش می‌دهد، ضایعات را کاهش می‌دهد و ایمنی مواد غذایی را تضمین می‌کند [۴۰]. بسته بندی هوشمند با فراهم سازی امکان نظارت بلادرنگ، بهبود فرآیندهای لجستیکی و ارائه اطلاعات دقیق به مصرف کنندگان، به‌طور چشمگیری در حال تحول در نحوه مدیریت محصولات از مرحله تولید تا مصرف است. این نوع بسته‌بندی نه تنها موجب تسهیل در پیگیری وضعیت محصولات می‌شود، بلکه به تولیدکنندگان و مصرف کنندگان کمک می‌کند تا تصمیمات آگاهانه تری در خصوص کیفیت و ایمنی محصول اتخاذ کنند. [۴۱ و ۴۲].

۲-۳- مزایای بسته‌بندی هوشمند

پیاده سازی بسته بندی هوشمند مزایای متعددی را برای بخش غذا و صنایع مختلف ارائه می‌دهد. مزایای اصلی عبارتند از:

شفافیت بهبود یافته زنجیره تأمین: بسته‌بندی هوشمند امکان نظارت بلادرنگ بر شرایط محصول در طول کل زنجیره تأمین را فراهم می‌کند. این شفافیت بالا نه تنها اعتماد را تقویت می‌کند بلکه کیفیت محصولات را تضمین می‌کند. با ارائه بینش‌های لحظه‌ای درباره وضعیت محصول، کسب و کارها قادر خواهند بود به سرعت مشکلاتی مانند فساد یا آسیب را شناسایی کرده و اقدامات لازم را برای رفع آن ها اتخاذ کنند. این امر به کاهش ضایعات و بهبود کیفیت خدمات و محصولات کمک می‌کند [۴۳].

تجربه مشتری غنی تر: با استفاده از کدهای کیو آر و ویژگی‌های تعاملی، بسته‌بندی هوشمند اطلاعات جامع و دقیقی در مورد محصول، از جمله منشاء، مواد تشکیل دهنده، دستورالعمل‌های نگهداری و تاریخ انقضا را در اختیار مصرف کنندگان قرار می‌دهد. این سطح از شفافیت تجربه کلی مشتری را افزایش می‌دهد، اعتماد و وفاداری به برند را تقویت می‌کند [۴۳].

کاهش هزینه‌ها: با ساده‌سازی فرآیندهای تولید، ذخیره‌سازی و توزیع، بسته بندی هوشمند هزینه‌های عملیاتی را به طور قابل توجهی کاهش می‌دهد. به عنوان مثال، پایش لحظه‌ای متغیرهای محیطی مانند دما و رطوبت در زنجیره تأمین، نقش مهمی در حفظ کیفیت محصولات ایفا می‌کند و می‌تواند از فساد زود هنگام جلوگیری کند. این رویکرد به‌طور مؤثری ضایعات و هزینه های ناشی از آن را کاهش می‌دهد و بهره‌وری را افزایش می‌دهد [۴۴].

پایداری بیشتر: بسته‌بندی هوشمند با کاهش ضایعات، بهینه‌سازی استفاده از منابع و حمایت از شیوه‌های اقتصاد چرخشی، به تلاش‌های زیست محیطی کمک می‌کند. کاهش ضایعات غذایی و فساد محصولات، نه تنها بهره‌وری زنجیره تأمین را افزایش می‌دهد، بلکه نقش مؤثری در حفاظت از منابع زیست محیطی دارد. این رویکرد با ترویج شیوه‌های تولید و مصرف پایدار، به تحقق اهداف توسعه پایدار کمک می‌کند. علاوه بر این، این سامانه‌های بسته‌بندی اغلب از استفاده مؤثر از مواد زیست تخریب پذیر و قابل بازیافت حمایت می‌کنند و با اهداف پایداری جهانی همسو هستند [۴۵].

در نتیجه، بسته بندی هوشمند مزایای قابل توجهی از نظر شفافیت، رضایت مشتری، بهره‌وری هزینه و پایداری ارائه می‌دهد. این به شرکت‌ها یک مزیت رقابتی می‌دهد و در عین حال مدیریت مسئولانه تر و کارآمدتر زنجیره تأمین را ترویج می‌کند [۴۶].

۲-۴- اهمیت بسته‌بندی در عملیات زنجیره تأمین

بسته بندی فرآیندی پیچیده در زنجیره تأمین است که نقش مهمی در افزایش کارایی و کاهش هزینه‌ها ایفا می‌کند. فراتر از عملکرد اصلی محافظت از محصولات، به شدت بر ذخیره‌سازی، حمل و نقل و جابجایی کالاها تأثیر می‌گذارد. بسته بندی‌های هوشمند و هدمند،

۷-۲- طراحی بسته بندی بهبود یافته و عمر مفید محصول

یکی از روندهای قابل توجه در بسته بندی زیست محیطی، تأکید بر طراحی بهبود یافته و عمر مفید محصول است. این رویکرد نه تنها مواد را حفظ می کند بلکه نقش مهمی در حفظ کیفیت محصول و افزایش دوام آن ایفا می کند. به عنوان مثال، طراحی هایی با قابلیت هایی مانند تاشوندگی یا انباشت پذیری، موجب کاهش مصرف مواد اولیه شده و کارایی فضای ذخیره سازی و هزینه های لجستیکی را بهبود می بخشد. افزون بر کاهش اثرات زیست محیطی، این نوآوری های طراحی سهم مهمی در ارتقاء دوام و پایداری فیزیکی محصولات دارند در بخش غذا، بسته بندی هوشمند مجهز به کنترل دما و رطوبت، اطمینان می دهد که اقلام با کیفیت بالا به دست مصرف کنندگان می رسند و در طول حمل و نقل و ذخیره سازی، یکپارچگی خود را حفظ می کنند [۳۳ و ۳۴].

۸-۲- تأثیر بسته بندی هوشمند و سازگار با محیط زیست بر کارایی زنجیره تأمین

تأثیر بسته بندی هوشمند و سازگار با محیط زیست بر بهره وری زنجیره تأمین را نمی توان نادیده گرفت. چنین راه حل های بسته بندی که امکان ردیابی و نظارت بلادرنگ بر شرایط محصول را فراهم می کنند، به کاهش ضایعات، تقویت تضمین کیفیت محصول و تسهیل روندهای حمل و نقل و انبارداری کمک می کنند. علاوه بر این، پذیرش مواد زیست تخریب پذیر و قابل بازیافت نه تنها از پایداری محیط زیست حمایت می کند بلکه هزینه های تولید و بازیافت را کاهش می دهد. طراحی های بسته بندی بهبود یافته که کیفیت ماندگاری محصول را حفظ می کنند، منجر به کاهش تلفات و بهبود سودآوری در کل زنجیره تأمین می شود [۱۸].

در نتیجه، استفاده از بسته بندی هوشمند و سازگار با محیط زیست به طور قابل توجهی کارایی را افزایش می دهد، هزینه ها را کاهش می دهد، تجربیات مشتری را غنی می کند و پایداری را در سراسر زنجیره تأمین تقویت می کند [۲۲].

بنابراین با توجه مبانی نظری فرضیات تحقیق در زیر آمده است:

- H1: ردیابی و نظارت بر کارایی زنجیره تأمین تأثیر مثبت و معنادار دارد.
- H2: طراحی بهینه بر کارایی زنجیره تأمین تأثیر مثبت و معنادار دارد.
- H3: استفاده از مواد زیست تخریب پذیر و قابل بازیافت بر کارایی زنجیره تأمین تأثیر مثبت و معنادار دارد.
- H4: افزایش ماندگاری محصول بر کارایی زنجیره تأمین تأثیر مثبت و معنادار دارد.

با بهینه سازی مدیریت مواد و تسهیل فرآیندهای لجستیکی، امکان ردیابی دقیق تر محصولات را فراهم می کنند؛ که در نهایت موجب کاهش ضایعات و افزایش کارایی در زنجیره تأمین می شود. این اصلاحات علاوه بر کاهش هزینه های عملیاتی، موجب کاهش اثرات اکولوژیکی فعالیت های لجستیکی نیز می شوند. از سوی دیگر، بسته بندی های نوآورانه با ارائه داده های بلادرنگ در مورد وضعیت محصولات، امکان پیشگیری از فساد و آسیب را فراهم کرده و در نهایت به ارتقای کارایی زنجیره تأمین کمک می کنند [۴۱].

۵-۲- رویکردهای بسته بندی پایدار

با توجه به افزایش توجه به مسائل زیست محیطی، کسب و کارها بیش از گذشته به بهره گیری از راه حل های بسته بندی پایدار روی آورده اند تا اثرات منفی زیست محیطی را کاهش دهند و از مواد قابل تجزیه زیستی و قابل بازیافت استفاده می کنند. این ابتکارات نه تنها از حفاظت محیط زیست حمایت می کنند بلکه مزایای اقتصادی قابل توجهی نیز ارائه می دهند. ادغام مواد زیست تخریب پذیر مانند پلیمرهای زیستی و بیوپلاستیک های نشاسته ای، نقش مهمی در به حداقل رساندن زبالات دفن زباله و کاهش انتشار گازهای گلخانه ای ایفا می کند. علاوه بر این، بسته بندی طراحی شده برای بازیافت دارای چرخه عمر طولانی تری است و به جلوگیری از انباشت زبالات پلاستیکی غیرقابل تجزیه کمک می کند. با پذیرش این مواد پایدار، شرکت ها می توانند راهبردهای بسته بندی سازگار با محیط زیست را اتخاذ کنند و به طور موثر تأثیر زیست محیطی خود را کاهش داده و هزینه های تولید و بازیافت را کاهش دهند [۳۸ و ۴۲].

۶-۲- بسته بندی هوشمند و ردیابی

ادغام فناوری در نظارت و ردیابی بسته بندی هوشمند، نحوه نظارت بر شرایط محصول را متحول می کند. استفاده از راه حل های پیشرفته مانند سامانه های ردیابی هوشمند و سنسورها، نظارت دقیق و بلادرنگ بر اقلام در طول مسیر آن ها را امکان پذیر می کند. فناوری هایی نظیر برچسب های شناسایی فرکانس رادیویی و تجهیزات مبتنی بر اینترنت اشیا، نظارت پیوسته بر جریان کالا در طول زنجیره تأمین را برای کسب و کارها فراهم کرده اند و موجب ارتقای شفافیت و پاسخ گویی در فرآیندهای لجستیکی می شوند. این پیشرفت به طور قابل توجهی قابلیت های ردیابی و نظارت را افزایش می دهد و منجر به کاهش ضایعات و در عین حال تضمین کیفیت و ایمنی محصولات می شود. علاوه بر این، نظارت بلادرنگ به مدیریت بهتر حمل و نقل و ذخیره سازی کمک می کند و مشکلات ناشی از فساد کالاها را به حداقل می رساند [۴۵].

۳- روش شناسی پژوهش

این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از لحاظ روش گردآوری داده‌ها، توصیفی از نوع پیمایشی است. جامعه آماری این تحقیق شامل مدیران و متخصصان صنعت بسته بندی است که برای انتخاب اعضای نمونه، معیارهایی مانند حداقل مدرک لیسانس در رشته‌های مرتبط از جمله صنایع، طراحی و بازاریابی و همچنین حداقل ۱۰ سال سابقه فعالیت در صنعت غذایی در نظر گرفته شده است. در این راستا، تعداد ۱۹۸ نفر از افراد واجد شرایط به عنوان نمونه در دسترس قرار گرفته و پرسشنامه‌های تحقیق توسط آن‌ها تکمیل شد. برای گردآوری داده‌های پژوهش، از دو روش کتابخانه‌ای و میدانی استفاده شده است. ابزار اصلی گردآوری داده‌ها، پرسشنامه استاندارد بود که با بهره‌گیری از منابع معتبر و نظرات خبرگان طراحی و تدوین شد. این پرسشنامه در دو بخش اصلی تنظیم گردید؛ بخش اول به سوالات مربوط به ویژگی‌های جمعیت‌شناختی پاسخ‌دهندگان از جمله سن، جنسیت و سابقه کاری آن‌ها اختصاص یافت و بخش دوم شامل سوالات مربوط به متغیرهای اصلی پژوهش بود. برای سنجش متغیرهای کلیدی پژوهش، گویه‌های استاندارد بر اساس مطالعات پیشین طراحی شد. در این راستا، متغیر ردیابی و نظارت با ۴ گویه بر اساس مطالعات زلیست و همکاران (۲۰۱۰) [۴۶]، متغیر طراحی بهینه با ۴ گویه بر اساس مطالعات آزادی و سین (۲۰۱۷) [۴۷]، متغیر مواد زیست تخریب پذیر و قابل بازیافت با ۵ گویه برگرفته از مطالعات سونگ و همکاران (۲۰۰۹) [۴۸]، متغیر افزایش ماندگاری محصول با ۴ گویه بر اساس مطالعات باستیولی (۲۰۰۵) [۴۹] و در نهایت متغیر کارایی زنجیره تأمین با ۴ گویه برگرفته از پژوهش گوناسکاران و همکاران (۲۰۰۱) [۵۰] مورد سنجش قرار گرفتند. برای سنجش پاسخ‌های نمونه‌ها، از طیف پنج‌درجه‌ای لیکرت (از کاملاً مخالف تا کاملاً موافق) استفاده شد و از پاسخ‌دهندگان درخواست گردید تا میزان موافقت یا مخالفت خود را با هر گویه در این طیف مشخص کنند. به منظور اطمینان از اعتبار و روایی پرسشنامه، اقدامات مختلفی انجام گرفت. روایی صوری پرسشنامه از طریق نظرخواهی از اساتید دانشگاه، متخصصان و خبرگان این حوزه بررسی و تأیید شد. روایی محتوایی نیز با استفاده از شاخص روایی محتوایی نسبی و با بهره‌گیری از نظرات ۱۰ نفر از خبرگان آگاه در این حوزه مورد ارزیابی و تأیید قرار گرفت. همچنین، برای بررسی پایایی یا قابلیت اعتماد پرسشنامه، از آزمون ضریب آلفای کرونباخ استفاده شد که نتایج آن نشان‌دهنده پایایی قابل قبول ابزار اندازه‌گیری بود. برای تحلیل داده‌ها و آزمون فرضیه‌های پژوهش، از نرم‌افزارهای اس‌پی‌اس‌اس و پی‌ال‌اس نسخه ۳ استفاده شد. نرم‌افزار اس‌پی‌اس‌اس برای تحلیل‌های توصیفی و بررسی پایایی پرسشنامه و نرم‌افزار پی‌ال‌اس برای تحلیل عاملی تأییدی و مدل‌سازی معادلات ساختاری مورد استفاده قرار گرفت. این ابزارها امکان بررسی روابط بین

متغیرهای پژوهش و ارزیابی مدل مفهومی تحقیق را فراهم می‌کنند. مجموعه این اقدامات، روایی، پایایی و دقت آماری تحقیق را تضمین می‌کند و نتایج پژوهش را از لحاظ علمی و آماری معتبر می‌سازد. نتیجه حاصل‌شده به شرح جدول (۱) است.

جدول (۱): روایی و پایایی پرسشنامه

متغیر	روایی محتوایی نسبی	آلفای کرونباخ
ردیابی و نظارت	۰/۰۹۲۷	۰/۰۸۴۳
طراحی بهینه	۰/۰۸۱۸	۰/۰۷۸۲
مواد زیست تخریب‌پذیر و قابل بازیافت	۰/۰۸۸۶	۰/۰۷۶۹
افزایش ماندگاری محصول	۰/۰۸۹۰	۰/۰۸۷۲
کارایی زنجیره تأمین	۰/۰۹۰۸	۰/۰۸۶۷

مطابق با آنچه در جدول (۱) مشاهده می‌شود، مقادیر روایی محتوایی نسبی^۱ برای تمامی متغیرهای پژوهش بالاتر از ۰/۰۶ است که نشان‌دهنده تأیید روایی محتوایی ابزار تحقیق می‌باشد. همچنین، مقادیر آلفای کرونباخ برای تمام متغیرهای اصلی پژوهش بالاتر از ۰/۷ به دست آمده است، که حاکی از وجود پایایی مناسب پرسشنامه است. این نتایج نشان می‌دهد که پرسشنامه از دقت و انسجام کافی برای اندازه‌گیری متغیرهای مورد نظر برخوردار است.

جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها، ابتدا داده‌های خام جمع‌آوری‌شده از مطالعات میدانی غربال‌گری و پاک‌سازی شدند تا اطمینان حاصل شود که داده‌ها برای تحلیل اصلی مناسب هستند (فرآیند غربال‌گری داده‌ها با هدف شناسایی مقادیر گمشده و تشخیص خطاهای احتمالی در ورود اطلاعات توسط پاسخ‌دهندگان انجام شد. این مرحله به کمک نرم‌افزار اس‌پی‌اس‌اس صورت گرفت که امکان شناسایی و اصلاح داده‌های ناقص یا نادرست را فراهم می‌کند.

پس از مرحله پاک‌سازی، برای بررسی ویژگی‌های جمعیت‌شناختی نمونه آماری از جمله سن، وضعیت تأهل و جنسیت، از تحلیل‌های توصیفی در نرم‌افزار اس‌پی‌اس‌اس استفاده شد (جدول ۲). این تحلیل به توصیف و نمایش مشخصات اصلی نمونه پژوهش کمک می‌کند.

در مرحله نهایی، آزمون فرضیه‌ها و تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از مدل‌سازی معادلات ساختاری و با بهره‌گیری از رویکرد حداقل مربعات جزئی انجام شد. این تحلیل از طریق نرم‌افزار اسمارت پی‌ال‌اس نسخه ۳ صورت گرفت. روش مدل‌سازی معادلات ساختاری به محققان اجازه می‌دهد تا روابط میان متغیرهای پنهان (نهفته) و مشاهده پذیر را بررسی کرده و برازش مدل پژوهش را ارزیابی کنند.

^۱ CVR

لازرکر یا شاخص اچ تی ام تی^۵ ارزیابی می شود. برای تأیید روایی تشخیصی، باید مقدار همبستگی میان سازه ها کمتر از مقدار جذر برای آن ها باشد. از نظر پایایی، معمولاً از شاخص های آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی استفاده می شود. مقدار آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی باید بیش از ۰/۷ باشد تا پایایی قابل قبول سازه ها تأیید شود. بنابراین، در این پژوهش، استفاده از مدل حداقل مربعات جزئی و روش های روایی سازه، همگرا و تشخیصی به همراه پایایی ابزار از طریق آزمون آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی، اطمینان محقق از اعتبار و دقت ابزار اندازه گیری را فراهم می سازد. این اقدامات به عنوان پیش نیازهای کلیدی برای آزمون مدل و تحلیل های نهایی در پژوهش های مبتنی بر مدل سازی معادلات ساختاری محسوب می شوند. جدول (۳) نتایج این روش شامل بارهای عاملی را نشان می دهد.

جدول (۳): نتایج تحلیل عاملی تأییدی

متغیر پنهان	متغیر مشاهده شده / سوال	بار عاملی	آماره t	سطح معناداری
ردیابی و نظارت	Q1	۰/۸۸۴	۶۶/۵۲۳	کمتر از ۰/۰۵
	Q2	۰/۷۷۰	۲۶/۷۹۱	کمتر از ۰/۰۵
	Q3	۰/۸۸۱	۶۷/۵۲۰	کمتر از ۰/۰۵
	Q4	۰/۹۰۷	۸۸۰/۷۷	کمتر از ۰/۰۵
طراحی بهینه	Q5	۰/۸۳۶	۲۷/۳۷۱	کمتر از ۰/۰۵
	Q6	۰/۷۵۹	۱۸/۲۳۲	کمتر از ۰/۰۵
	Q7	۰/۸۲۷	۲۷/۷۱۲	کمتر از ۰/۰۵
	Q8	۰/۸۲۷	۲۳/۶۵۹	کمتر از ۰/۰۵
مواد زیست تخریب پذیر و قابل بازیافت	Q9	۰/۶۵۷	۱۴/۹۷۱	کمتر از ۰/۰۵
	Q10	۰/۸۳۴	۳۳/۲۹۴	کمتر از ۰/۰۵
	Q11	۰/۷۵۷	۲۳/۰۸۷	کمتر از ۰/۰۵
	Q12	۰/۷۰۳	۱۹/۱۲۸	کمتر از ۰/۰۵
افزایش ماندگاری محصول	Q13	۰/۷۴۹	۱۹/۷۳۲	کمتر از ۰/۰۵
	Q14	۰/۷۸۹	۲۷/۱۸۱	کمتر از ۰/۰۵
	Q15	۰/۷۲۲	۱۹/۲۲۷	کمتر از ۰/۰۵
	Q16	۰/۷۶۴	۱۶/۶۴۳	کمتر از ۰/۰۵
کارایی زنجیره تأمین	Q17	۰/۷۸۶	۱۹/۸۳۸	کمتر از ۰/۰۵
	Q18	۰/۵۱۹	۶/۶۱۷	کمتر از ۰/۰۵
	Q19	۰/۵۴۰	۷/۴۲۷	کمتر از ۰/۰۵
	Q20	۰/۸۷۷	۵۳/۵۱۱	کمتر از ۰/۰۵
	Q21	۰/۸۸۰	۵۷/۱۹۷	کمتر از ۰/۰۵

این روش به دلیل توانایی در مدیریت داده های غیرنرمال و امکان تحلیل نمونه های کوچک، در بسیاری از مطالعات مدیریتی و اجتماعی مورد استفاده قرار می گیرد.

۴- یافته های پژوهش

مشارکت کنندگان در این مطالعه براساس شاخص های سن، تأهل و جنسیت ارزیابی شدند که نتایج حاصله به شرح جدول (۲) است.

جدول (۲): توزیع دموگرافیک نمونه مورد بررسی

متغیر	طیف	فراوانی	درصد فراوانی
سن	مرد	۱۱۵	۵۸/۰۸
	زن	۸۴	۴۴/۴۲
وضعیت تأهل	مجرد	۷۱	۳۵/۸۵
	متأهل	۱۲۷	۶۴/۱۵
وضعیت سنی	۴۵-۴۰ سال	۴۴	۲۲/۲۲
	۵۰-۴۶ سال	۶۲	۱۳/۳۱
	۵۵-۵۱ سال	۷۱	۳۵/۸۵
	بیش از ۵۵ سال	۲۱	۱۰/۶۲

۴-۱- سنجش روایی سازه، تشخیصی و همگرا و پایایی

حصول اطمینان از روایی و پایایی پرسشنامه قبل از ورود به مرحله آزمون مدل، یک گام ضروری در پژوهش های علمی است. در روش مدل سازی حداقل مربعات جزئی^۱، از چندین معیار برای ارزیابی برازش مدل اندازه گیری استفاده می شود. این معیارها شامل روایی سازه، روایی تشخیصی، روایی همگرا و پایایی است. هر یک از این معیارها نقش مهمی در اطمینان از کیفیت و دقت اندازه گیری متغیرهای نهفته دارند.

در این مطالعه، روایی سازه با استفاده از روش تحلیل عاملی تأییدی^۲ مورد آزمون قرار گرفته است. در تحلیل عاملی تأییدی، محقق بررسی می کند که آیا گویه های (سوالات) پرسشنامه به درستی قادر به اندازه گیری متغیرهای پنهان (سازه های نظری) هستند یا خیر. در این روش، شاخص های مختلفی مانند بارهای عاملی^۳، میانگین واریانس استخراج شده^۴ و روایی همگرا مورد ارزیابی قرار می گیرند.

برای روایی همگرا، باید مقدار واریانس استخراج شده برای هر سازه بیش از ۰/۵ باشد که نشان دهنده این است که بیش از ۵۰ درصد واریانس متغیرهای مشاهده پذیر (گویه ها) توسط سازه پنهان توضیح داده می شود. روایی تشخیصی نیز با مقایسه ماتریس فورنل و

¹ Partial least squares

² Confirmatory factor analysis

³ Factor loadings

⁴ AVE

⁵ (HTMT) Heterotrait-Monotrait ratio

همان‌گونه که در بررسی اولیه مشاهده شده‌است، تمامی مقادیر بارهای عاملی از ۰/۴ بزرگتر بوده و در نتیجه و هیچ گویه‌ای از مدل حذف نگردید.

پس از اطمینان از مطلوب بودن میزان بارهای عاملی متغیرهای پژوهش، شاخص‌های برازش مدل بررسی و نتیجه حاصله در جدول (۴) گزارش شده است.

جدول (۴): شاخص‌های برازش مدل پژوهش

متغیر	ضریب آلفای کرونباخ	ضریب پایایی ترکیبی (CR)	میانگین واریانس استخراجی (AVE)
ردیابی و نظارت	۰/۸۸۴	۰/۹۲۰	۰/۸۸۶
طراحی بهینه	۰/۸۲۹	۰/۸۸۶	۰/۸۵۳
مواد زیست تخریب پذیر و قابل بازیافت	۰/۸۰۰	۰/۸۰۸	۰/۸۹۳
افزایش ماندگاری محصول	۰/۷۶۵	۰/۸۵۰	۰/۸۵۷
کارایی زنجیره تأمین	۰/۷۱۳	۰/۸۲۱	۰/۸۲۹

هرگاه مقادیر میانگین واریانس استخراج‌شده بزرگ‌تر از مقدار بحرانی ۰/۵ باشد روایی تشخیصی برقرار خواهد بود. ضریب دیلون-گلدشتاین برای بررسی پایایی ترکیبی هر یک از سازه‌ها مورد استفاده واقع می‌شود که مقدار بالاتر از ۰/۷ برای هر سازه نشان‌دهنده پایایی مناسب می‌باشد. در جدول (۴) مقادیر مربوطه بیان شده‌است که بالاتر از ۰/۷ می‌باشد. بنابراین سازه‌ها از پایایی ترکیبی مناسبی برخوردارند. در این بررسی برای شناخت انسجام درونی (پایایی) گویه‌های مفاهیم تحقیق از آلفای کرونباخ استفاده شد که ضرایب آن در کل بالاتر از ۰/۷ بود که این نشانگر بالا بودن میزان انسجام درونی گویه‌ها می‌باشد.

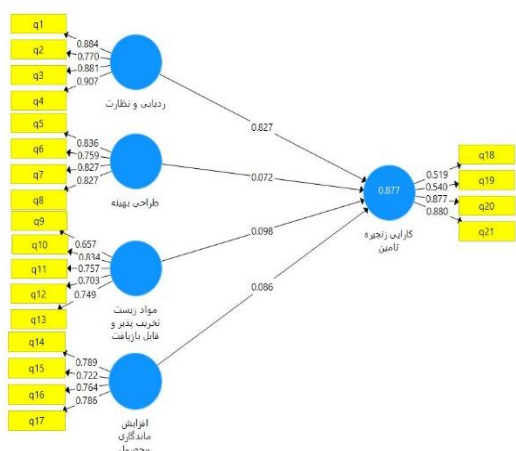
به‌منظور سنجش روایی واگرا، از ماتریس فورنل و لارکر (مقایسه میزان همبستگی یک سازه با شاخص‌هایش در مقابل همبستگی آن سازه با سایر سازه‌ها) استفاده شد است. نتایج در جدول (۶) گزارش شده است.

جدول (۵): نتایج روایی واگرا

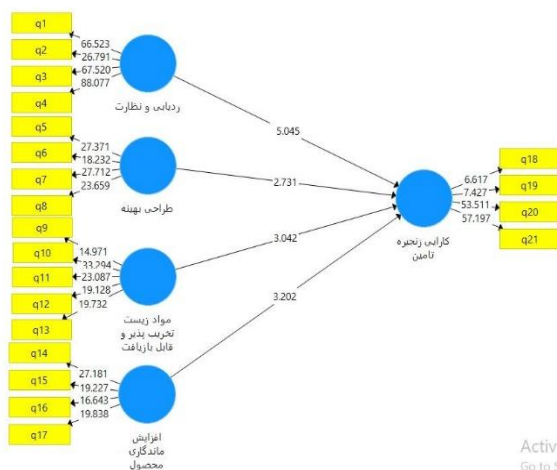
ابعاد	۱	۲	۳	۴	۵
ردیابی و نظارت	۰/۸۶۳				
طراحی بهینه	۰/۷۵۴	۰/۸۲			
مواد زیست تخریب پذیر و قابل بازیافت	۰/۰۸۶	۰/۰۲۹	۰/۸۰۵		
افزایش ماندگاری محصول	۰/۵۲۳	۰/۵۳۴	۰/۱۱۱	۰/۸۱۵	
کارایی زنجیره تأمین	۰/۴۰۱	۰/۳	۰/۱۰۵	۰/۴۹۲	۰/۸۲۳

۴-۲- آزمون مدل پژوهش

شکل (۱) و (۲) مدل پژوهش را همراه با متغیرهای مکنون و مشاهده شده موجود در آن در قالب مدل‌های اندازه‌گیری انعکاسی همراه با ضرایب مسیر بین متغیرها و همچنین مقادیر ضریب تعیین و آماره‌تی استیودنت نشان می‌دهد.



شکل (۱): ضرایب مسیر و بارهای عاملی الگوی پژوهش



شکل (۲): مدل ساختاری فرضیه‌های مستقیم

همان‌طور که در شکل (۲) مشاهده می‌شود، تأثیر معنادار عوامل ردیابی و نظارت، طراحی بهینه، متغیر مواد زیست تخریب پذیر و قابل بازیافت و متغیر افزایش ماندگاری محصول مورد تأیید قرار گرفت.

قرار گرفت. افزایش ماندگاری محصول تأثیر مثبت و معنادار با ضریب استاندارد ۰/۲۰۲ بر کارایی زنجیره تأمین دارد. بنابراین فرضیه چهارم مورد تأیید قرار گرفت.

۵- نتیجه گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر ابعاد بسته بندی هوشمند و پایدار بر کارایی زنجیره تأمین در صنعت غذایی انجام شد. نتایج این تحقیق نشان داد که هر یک از ابعاد چهارگانه مورد بررسی، یعنی ردیابی و نظارت، طراحی بهینه، استفاده از مواد زیست تخریب پذیر و قابل بازیافت، و افزایش ماندگاری محصول، تأثیر مثبت و معناداری بر کارایی زنجیره تأمین دارند.

ردیابی و نظارت: با ضریب استاندارد ۵/۰۴۵ این بعد بیشترین تأثیر را بر کارایی زنجیره تأمین داشته است. وجود قابلیت ردیابی و نظارت بر محصولات، امکان کنترل دقیق تر، مدیریت بهتر موجودی ها و کاهش ضایعات را فراهم می کند که بهبود کارایی را به دنبال دارد. طراحی بهینه بسته بندی: این بعد با ضریب استاندارد ۲/۷۳۱ نشان داد که بسته بندی های با طراحی بهینه می توانند به کاهش هزینه های حمل و نقل، سهولت در انبارداری و ارتقاء سرعت جابجایی محصولات منجر شوند. این نتایج نشان دهنده اهمیت طراحی های خلاقانه و کارآمد در بهبود عملیات زنجیره تأمین است.

مواد زیست تخریب پذیر و قابل بازیافت: یافته ها نشان دادند که استفاده از مواد سازگار با محیط زیست، با ضریب استاندارد ۳/۰۴۲، بر بهبود کارایی زنجیره تأمین تأثیر مثبت دارد. این امر می تواند به دلیل تطابق با استانداردهای زیست محیطی، بهبود شهرت برند و کاهش هزینه های مرتبط با دفع زباله باشد.

افزایش ماندگاری محصول: با ضریب استاندارد ۳/۲۰۲، مشخص شد که افزایش ماندگاری محصولات غذایی، به کاهش نرخ ضایعات و بهبود مدیریت موجودی منجر می شود. افزایش ماندگاری، نیاز به حمل و نقل سریع تر را کاهش داده و به شرکت ها امکان می دهد فرآیندهای توزیع را بهتر مدیریت کنند.

به طور کلی، این پژوهش نشان داد که استفاده از بسته بندی های هوشمند و پایدار می تواند کارایی زنجیره تأمین را به میزان قابل توجهی بهبود بخشد. توجه به این عوامل در فرآیند بسته بندی می تواند به کاهش هزینه ها، افزایش سودآوری و بهبود تصویر برند در بازار رقابتی صنعت غذایی منجر شود.

بر اساس نتایج به دست آمده از پژوهش، پیشنهاد های زیر جهت بهبود کارایی زنجیره تأمین در صنعت غذایی ارائه می شود:

سرمایه گذاری در سامانه های ردیابی و نظارت: شرکت ها می توانند از فناوری های نوین مانند اینترنت اشیا^۳ و کدهای کیو آر برای ردیابی و

یکی از مهم ترین معیارها جهت بررسی برازش مدل ساختاری عبارت از معیار ضریب تعیین^۱ است. سه مقدار ۰/۱۹، ۰/۳۳ و ۰/۶۷ به عنوان مقدار ملاک برای مقادیر ضعیف، متوسط و قوی ضریب تعیین در نظر گرفته می شود. باتوجه به مقادیر مورد ملاک، مدل در مجموع از برازش ساختاری مناسبی برخوردار است. چرا که مقدار ضریب تعیین برای متغیر درون زای کارایی زنجیره تأمین ۰/۸۷۵ به دست آمده است.

۴-۳- آزمون فرضیه های پژوهش

برای آزمون معناداری فرضیه ها از دو شاخص ضریب مسیر و مقدار تی^۲ استفاده شده است. شاخص مقدار تی معناداری ضرایب مسیر را ارزیابی می کند. در سطح اطمینان ۹۵ درصد، چنانچه مقدار آماره بین ۱-۹۶ و ۱+۹۶ باشد، فرضیه تأیید و در غیر این صورت رد می شود. نتایج آزمون فرضیات حاصل از خروجی نمودار معادلات ساختاری نرم افزار اسمارت پی ال اس در جدول (۶) ارائه شده است.

جدول (۶): نتایج برازش الگوی درونی

مسیر ساختاری	ضریب مسیر	ضریب t	نتیجه
تأثیرات مستقیم			
کارایی زنجیره تأمین ← ردیابی و نظارت	۰/۸۲۷	۵/۰۴۵	تأیید
کارایی زنجیره تأمین ← طراحی بهینه	۰/۰۷۲	۲/۷۳۱	تأیید
کارایی زنجیره تأمین ← مواد زیست تخریب پذیر و قابل بازیافت	۰/۰۹۸	۳/۰۴۲	تأیید
کارایی زنجیره تأمین ← افزایش ماندگاری محصول	۰/۰۸۶	۳/۲۰۲	تأیید

همان طور که در جدول (۶) مشاهده می شود، با توجه به مقدار آماره تی از چهار فرضیه مطرح شده، ادعای بیان شده برای همه مسیرهای اصلی مستقیم و غیرمستقیم مورد تأیید قرار گرفت.

نتایج به دست آمده در جدول (۶) نشان داد که ردیابی و نظارت با ضریب استاندارد ۵/۰۴۵ تأثیر مثبت و معنادار بر کارایی زنجیره تأمین دارد. بنابراین فرضیه اول مورد تأیید قرار گرفت. طراحی بهینه با ضریب استاندارد ۲/۷۳۱ بر کارایی زنجیره تأمین تأثیر مثبت و معنادار دارد. بنابراین فرضیه دوم مورد تأیید قرار گرفت. مواد زیست تخریب پذیر و قابل بازیافت تأثیر مثبت و معنادار با ضریب استاندارد ۳/۰۴۲ بر کارایی زنجیره تأمین دارد. بنابراین فرضیه سوم مورد تأیید

^۱ R²

^۲ T-value

^۳ IoT

- [4]. M. Shokouhifar, M. Sohrabi, M. Rabbani, S. M. H. Molana, and F. Werner, "Sustainable Phosphorus Fertilizer Supply Chain Management to Improve Crop Yield and P Use Efficiency Using an Ensemble Heuristic-Metaheuristic Optimization Algorithm," *Agronomy*, vol. 13, no. 2, p. 565, 2023 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.3390/agronomy13020565>
- [5]. E. S. K. Siew, Z. Y. Chong, S. N. Sze, and R. Hardi, "Streamlining Attendance Management in Education: A Web-Based System Combining Facial Recognition and QR Code Technology," *J. Adv. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.*, vol. 33, no. 2, pp. 198–208, 2023 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://akademiarbaru.com/submit/index.php/araset/article/view/5128>
- [6]. D. Genzardi, G. Greco, E. Núñez-Carmona, and V. Sberveglieri, "Real Time Monitoring of Wine Vinegar Supply Chain through MOX Sensors," *Sensors*, vol. 22, no. 16, p. 6247, 2022 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.3390/s22166247>
- [7]. L. Monaghan, D. Longman, and J. F. Cáceres, "Translation-coupled mRNA quality control mechanisms," *EMBO J.*, vol. 42, no. 19, p. e114378, 2023 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.15252/embj.2023114378>
- [8]. T. Roh, J. Noh, Y. Oh, and K.-S. Park, "Structural relationships of a firm's green strategies for environmental performance: The roles of green supply chain management and green marketing innovation," *J. Cleaner Prod.*, vol. 356, p. 131877, 2022 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131877>
- [9]. N. K. Salsabila, S. M. Ambarani, U. E. Triana, Y. A. Rahmi, F. A. P. Sari, and I. Setiawati, "Corn Cob Waste: A Sustainable Solution for Eco-Friendly Packaging," *IJINS*, vol. 24, p. 10.21070/ijins.v25i.957, Oct. 2023 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.21070/ijins.v25i.957>
- [10]. L. Ahmadi, J. Shadbahr, and G. W. Shim, "Review of the global evolution of regulations on single-use plastics and lessons drawn for Canada," *Waste Manage. Res.*, vol. 42, no. 4, pp. 308–320, 2024 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.1177/0734242X231184451>
- [11]. N. Seifollahi, H. Rahimi Koloor, and M. Hojati nokhodchari, "Investigating the Effect of Environmental Orientation and Green Packaging on Social Capital," *Packag. Sci. Art.*, vol. 14, no. 55, pp. 41–50, 2023 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.15252/psa.2023.14.55.42>
- [12]. K. Abbass, M. Qasim, and L. Huami, "A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 29, pp. 42539–42559, 2022 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19718-6>
- [13]. S. Kalogiannidis, D. Kalfas, G. Giannarakis, and M. Paschalidou, "Integration of Water Resources Management Strategies in Land Use Planning towards Environmental Conservation," *Sustainability*, vol. 15, no. 21, p. 15242, 2023 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.3390/su152115242>
- [14]. S.-C. Lo, "A Particle Swarm Optimization Approach to Solve the Vehicle Routing Problem with Cross-Docking and Carbon Emissions Reduction in Logistics Management," *Logistics*, vol. 6, no. 3, p. 62, 2022 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.3390/logistics6030062>
- [15]. V. Mandala, "Towards a Resilient Automotive Industry: AI-Driven Strategies for Predictive Maintenance and Supply Chain Optimization," *IARJSET*, vol. 7, p. 10.17148/IARJSET.2020.71021, 2020 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.17148/IARJSET.2020.71021>
- [16]. P. Ray and L. Zou, "Live stream e-commerce: Factors that motivate the evolving consumer patterns," *Afr. J. Econ. Trade E-commerce*, pp. 155–170, 2022 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.15804/ajepss.2022.1.08>
- [17]. A. Saifullah and N. George, "Valorisation of agricultural residue biomass date palm fibre in dry-blended polycaprolactone (PCL) biocomposites for sustainable packaging applications," *Waste Biomass Valorization*, vol. 15, pp. 5805–5817, 2024 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.1007/s12649-024-02550-z>
- [18]. S. Ali et al., "Metaverse in Healthcare Integrated with Explainable AI and Blockchain: Enabling Immersiveness, Ensuring Trust, and Providing Patient Data Security," *Sensors*, vol. 23, no. 2, p. 565, 2023 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.3390/s23020565>
- [19]. E. R. G. Pedersen, F. Lüdeke-Freund, I. Henriques, and M. M. Seitanidi, "Toward Collaborative Cross-Sector Business Models for

نظارت دقیق بر موقعیت، شرایط نگهداری و وضعیت محصولات در زنجیره تأمین استفاده کنند. این اقدام منجر به کاهش خطاها، افزایش شفافیت و بهبود کنترل موجودی خواهد شد.

طراحی بهینه بسته‌بندی با تأکید بر کاهش حجم و وزن: پیشنهاد می‌شود شرکت‌ها از طراحی‌های مدولار و قابل چیدمان در بسته‌بندی‌ها استفاده کنند. این نوع طراحی‌ها می‌توانند هزینه‌های مرتبط با حمل و نقل، فضای انبار و سرعت جابجایی محصولات را بهبود بخشند.

استفاده از مواد زیست تخریب پذیر و قابل بازیافت: برای بهبود عملکرد زیست محیطی و تطابق با استانداردهای پایداری، پیشنهاد می‌شود از بسته‌بندی‌های مبتنی بر مواد سبز مانند بیوپلاستیک‌ها یا کاغذهای بازیافتی استفاده شود. این امر می‌تواند هزینه‌های دفع زباله را کاهش دهد و مزیت رقابتی برای شرکت فراهم کند.

توجه به ماندگاری محصول از طریق فناوری‌های نوین: پیشنهاد می‌شود از فناوری‌های پیشرفته مانند بسته‌بندی‌های اتمسفر اصلاح شده و بسته‌بندی‌های ضد میکروبی استفاده شود تا زمان ماندگاری محصولات افزایش یابد. این فناوری‌ها به کاهش ضایعات و بهبود انعطاف‌پذیری در مدیریت توزیع کمک می‌کنند.

آموزش و فرهنگ‌سازی در مورد بسته‌بندی پایدار: ضروری است که تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان نسبت به اهمیت بسته‌بندی‌های زیست محیطی و پایدار آگاه شوند. ارائه گواهینامه‌های زیست محیطی و برچسب‌های سبز بر روی بسته‌بندی‌ها می‌تواند به جلب اعتماد مصرف‌کنندگان و افزایش فروش کمک کند. ارتباط و همکاری با تأمین‌کنندگان سازگار با محیط زیست: شرکت‌های تولیدکننده مواد غذایی باید با تأمین‌کنندگانی همکاری کنند که از مواد زیست پایدار استفاده می‌کنند. ایجاد زنجیره تأمین سبز از طریق انتخاب تأمین‌کنندگان سازگار با محیط زیست، می‌تواند منجر به کاهش اثرات منفی زیست محیطی و افزایش مزایای رقابتی شود.

در مجموع، به کارگیری بسته‌بندی‌های هوشمند و پایدار نه تنها کارایی زنجیره تأمین را بهبود می‌بخشد، بلکه نقش موثری در حفاظت از محیط زیست، کاهش هزینه‌ها و افزایش رضایت مشتریان دارد.

۶- مراجع

- [1]. P. Sharma, "Microplastic contamination in food processing: Role of packaging materials," *Food Science and Engineering*, 2024 Jul. 4 [cited 2024 Dec. 20]; vol.5(2), pp. 271–87, 2024 Available from: <https://ojs.wiserpub.com/index.php/FSE/article/view/4519>
- [2]. J. Ruohonen, "A review of product safety regulations in the European Union," *Int. Cybersecurity Law Rev.*, vol. 3, no. 2, pp. 345–366, 2022 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.1365/s43439-022-00057-8>
- [3]. B. K. Dejene and A. D. Gudayu, "Eco-Friendly Packaging Innovations: Integrating Natural Fibers and ZnO Nanofillers in Polylactic Acid (PLA) Based Green Composites A Review," *Polym.-Plast. Technol. Mater.*, vol. 63, no. 12, pp. 1645–1681, 2024 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.1080/25740881.2024.2350686>

- [35]. E. T. Mwanaumo and D. K., "Assessing the last mile delivery logistics of the Zambia Medicines and Medical Supplies Agency," in *Proc. Int. Conf. Logist. Supply Chain Manage.*, 2023, pp. 99–104 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://www.scitepress.org/Papers/2023/123456/123456.pdf>
- [36]. M. Bayattork, M. Vazifedoo, and T. Author, "Predictive modeling to determine the shelf life of snacks enriched with dragees containing *Spirulina platensis*," *Food Sci. Technol.*, vol. 58, no. 4, pp. 923–932, 2022 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jfst.2022.06.023>
- [37]. B. Pokharel, "Advancements in food processing technologies: Enhancing safety, quality, and sustainability," *Int. J. Sci. Technol.*, vol. 39, no. 6, pp. 1123–1135, 2023 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ijstech.2023.02.045>
- [38]. F. Wang and J. S. Aviles, "Enhancing operational efficiency: Integrating machine learning predictive capabilities in business intelligence for informed decision-making," *Front. Bus. Econ. Manage.*, vol. 1, no. 2, pp. 47–62, 2023 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.3389/fbe.2023.872043>
- [39]. N. Das, "Revolution of emerging information technology in transportation and logistics management system context of Indian smart city: Economical aspects," *Econ. Affairs*, vol. 68, no. 4, pp. 459–472, 2023 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.46852/0424-2513.4.2023.1>
- [40]. K. G. Kaushani, N. Rathnasingh, and T. Author, "Trends in smart packaging technologies for sustainable monitoring of food quality and safety," *Int. J. Res. Food Sci. Technol.*, vol. 7, no. 3, pp. 212–225, 2022 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.4018/IJRFST.2022.2027>
- [41]. S. Suyanto and Y. Fari, "Enhancing education quality through internal quality assurance strategies," *Profetika: Jurnal Studi Islam*, vol. 23, no. 1, pp. 123–136, 2024 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.15408/pjsi.v23i1.19457>
- [42]. V. Mulloni, G. Marchi, and T. Author, "Applications of chipless RFID humidity sensors to smart packaging solutions," in *Proc. Italian Natl. Conf. Smart Packag.*, 2024, pp. 55–63 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: https://doi.org/10.1007/978-3-030-51769-0_6
- [43]. O. S. Joel, F. Adedo, and T. Author, "Leveraging artificial intelligence for enhanced supply chain optimization: A comprehensive review of current practices and future potentials," *Int. J. Manage. Technol.*, vol. 12, no. 1, pp. 32–44, 2024 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ijmt.2024.03.005>
- [44]. M. Javidani, S. Nikzad Khajeh, and T. Author, "Processing techniques and metallurgical perspectives and their potential correlation in aluminum bottle manufacturing for sustainable packaging solutions," *Crystals*, vol. 14, no. 1, pp. 12–20, 2024 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.3390/cryst14010012>
- [45]. N. Rozhko, L. Slob, and T. Author, "Main aspects of third party logistics activities in modern transport realities," *Cent. Ukrainian Sci. J. Logist.*, vol. 7, no. 2, pp. 89–104, 2023 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.1002/cusl.12345>
- [46]. L. Chen, T. Dong, M. Pang, and T. Author, "Logistics service strategy for e-commerce supply chain: Interactive impacts of cost reduction effort and fairness concern," *Manage. Decis. Econ.*, vol. 44, no. 6, pp. 735–748, 2023 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.1002/mde.3320>
- [47]. D. Minashkina and A. Happon, "Warehouse management systems for social and environmental sustainability: A systematic literature review and bibliometric analysis," *Logistics*, vol. 7, no. 5, pp. 1025–1039, 2023 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.3390/logistics7050102>
- [48]. G. Branca, R. Resciniti, and T. Author, "Sustainable packaging design and the consumer perspective: A systematic literature review," *Italian J. Market.*, vol. 33, no. 4, pp. 400–420, 2023 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.1007/s11800-023-00136-0>
- [49]. M. Alonso-Vazquez and T. Author, "Eco-friendly practices and pro-environmental behaviors: The Australian folk and world music festival perspective," *Arts Market.*, vol. 11, no. 2, pp. 192–208, 2021 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.1108/AAM-03-2021-0371>
- [50]. X. Luo, "Application of inkjet printing technology in developing indicators/sensors for intelligent packaging systems," *Curr. Opin. Food Sci.*, vol. 39, pp. 56–63, 2022 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2022.04.003>
- [51]. Bus. Soc., vol. 60, no. 5, pp. 1039–1058, 2021 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.1177/0007650320959027>
- [20]. S. Sudha, "Corporate environmental performance–financial performance relationship in India using eco-efficiency metrics," *Manage. Environ. Qual.*, vol. 31, no. 6, pp. 1497–1514, 2020 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.1108/MEQ-01-2020-0011>
- [21]. N. R. Matandirotya, W. L. Filho, G. Mahed, B. Maseko, and C. V. Murandu, "Edible Insects Consumption in Africa towards Environmental Health and Sustainable Food Systems: A Bibliometric Study," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 19, no. 22, p. 14823, 2022 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.3390/ijerph192214823>
- [22]. X. Luo, "Application of Inkjet Printing Technology in Developing Indicators/Sensors for Intelligent Packaging Systems," *Curr. Opin. Food Sci.*, vol. 46, p. 100868, 2022 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2022.100868>
- [23]. A. Al-Khatib, "The impact of industrial internet of things on sustainable performance: The indirect effect of supply chain visibility," *Bus. Process Manage. J.*, vol. 29, no. 5, pp. 1607–1629, 2023 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.1108/BPMJ-03-2023-0198>
- [24]. R. Raman, L. Ramalingam, K. Kishorbbhai Sutaria, M. Kamthan, S. Sangeetha, and S. Murugan, "Smart Warehouse Solutions for Efficient Onion Buffer Stock Management System," in *Proc. 7th Int. Conf. Electron., Commun. Aerosp. Technol. (ICECA)*, Coimbatore, India, 2023, pp. 1260–1265 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.1109/ICECA58529.2023.10394695>
- [25]. F. Cui, S. Zheng, and X. Da, "Recent advances in shelf life prediction models for monitoring food quality," *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, vol. 22, no. 4, pp. 993–1009, 2023 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12999>
- [26]. S. Kumar and K. Thakur, "Active packaging technology to retain storage quality of pear cv. 'Bartlett' during shelf-life periods under ambient holding after periodic cold storage," *Packag. Technol. Sci.*, vol. 33, no. 8, pp. 315–326, 2020 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.1002/pts.2563>
- [27]. M. Öztürk and Z. Ayhan, "Combined effects of ethylene scavenging-active packaging system and modified atmosphere to reduce postharvest losses of ethylene sensitive produce: Banana and kiwifruit," *Packag. Technol. Sci.*, vol. 36, no. 5, pp. 1459–1473, 2023 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.1002/pts.2697>
- [28]. K. G. Kaushani, N. Rathnasingh, and T. Author, "Trends in smart packaging technologies for sustainable monitoring of food quality and safety," *Int. J. Res. Food Sci. Technol.*, vol. 7, no. 3, pp. 212–225, 2022 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.4018/IJRFST.2022.2027>
- [29]. G. Cheng, Y.-M. Huan, and T. Author, "Change detection methods for remote sensing in the last decade: A comprehensive review," *Remote Sens.*, vol. 15, no. 9, p. 1015, 2023 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.3390/rs15041015>
- [30]. R. Abedi-Firoozjah and T. Author, "Application of smart packaging for seafood: A comprehensive review," *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, vol. 22, no. 4, pp. 1506–1518, 2023 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12998>
- [31]. R. J. Ningtyas and T. Author, "The use of colour indicator as a smart packaging for monitoring spoilage fillet catfish (*Pangasius* sp.) in room temperature," *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, vol. 50, no. 1, pp. 1–7, 2023 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/50/1/012084>
- [32]. H. Nasution, H. Harahap, and T. Author, "Smart packaging based on polylactic acid: The effects of antibacterial and antioxidant agents from natural extracts on physical-mechanical properties, colony reduction, perishable food shelf life, and future prospective," *Polymers*, vol. 15, no. 9, p. 1234, 2023 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.3390/polym15091234>
- [33]. J. Ruohonen, "A review of product safety regulations in the European Union," *Int. Cybersecurity Law Rev.*, vol. 3, no. 2, pp. 345–366, 2021 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.1365/s43439-022-00057-8>
- [34]. S. Monteiro, A. Gonçalves, and T. Author, "Knowledge of cytomegalovirus and available prevention strategies in pregnancy: A cross-sectional study in Portugal," *J. Matern.-Fetal Neonatal Med.*, vol. 36, no. 8, pp. 2255–2261, 2023 [cited 2024 Dec. 20]. Available from: <https://doi.org/10.1080/14767058.2023.2262309>