مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال بیست و یکم، شماره چهارم (پیاپی ۸۳)،زمستان ۰۳، ص ص ۳۱-۱۵
شاپا ۷۲۸۶-۲۲۵۱

طراحی مدلی جهت استقرار زنجیره تامین حلقه بسته در صنایع کاغذسازی ایران

پوریا مالکی نژاد[۱]، سید حیدر میرفخرالدینی[۲]*، علی مروتی شریف آبادی[۳]، سید محمد زنجیرچی[۴]

۱- دانشجوی دکتری، رشته مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران

۲- استاد، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران

۳- استاد، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران

۴-استاد، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران

رسید مقاله: ۲۷ خرداد ۱۴۰۳

پذیرش مقاله: ۲۴ آبان ۱۴۰۳

چکیده

امروزه کمبود منابع طبیعی در تمامی نقاط جهان و آلودگی بالای ناشی از زباله‌های مختلف تولیدی سبب ایجاد مفاهیم بازیافت گردیده است تا ضمن استفاده مجدد از زباله‌های تولیدی گذشته، آلودگی ناشی از دفع زباله‌ها را کاهش داده و از منابع طبیعی استفاده نمایند. زنجیره تامین حلقه بسته سعی دارد تا با ایجاد یک ساختار روند انجام بازیافت و استفاده مجدد را تسهیل نماید. هدف از انجام این پژوهش، استفاده از ابعاد موثر و اثرگذار بر زنجیره تامین حلقه بسته است تا با استفاده از آن به طراحی مدلی در جهت استقرار زنجیره تامین حلقه بسته در صنایع کاغذسازی کشور اقدام گردد. به منظور انجام پژوهش حاضر در ابتدا به شناسایی ابعاد اثرگذار در استقرار مناسب زنجیره تامین حلقه بسته با استفاده از مطالعه پیشینه پژوهش پرداخته شد. در ادامه و به منظور ایجاد یک ساختار برای استقرار زنجیره تامین حلقه بسته در صنعت کاغذسازی ایران، از تکنیک مدل‌سازی ساختاری تفسیری استفاده گردیده است. مدل ساختاریافته به‌دست آمده در این بخش به منظور برازش مورد آزمون از طریق تکنیک معادلات ساختاری با کاربرد نرم‌افزار Smartpls3 قرار گرفت. جامعه آماری پژوهش حاضر را در بخش طراحی مدل تعداد ۱۳ تن از خبرگان صنایع کاغذسازی کشور و در بخش برازش مدل تعداد ۲۰۰ تن از مدیران، خبرگان و کارکنان شاغل در صنایع کاغذ کشور تشکیل دادند. نتایج پژوهش نشان از قرارگیری ۸ بعد اصلی پژوهش در ۵ سطح کلی دارد. همچنین بر اساس یافته‌های پژوهش عامل طراحی سیستم مدیریت اطلاعات جامع در زنجیره صنایع کاغذ کشور نقشی کلیدی در استقرار زنجیره تامین حلقه بسته دارد.

کلمات کلیدی: زنجیره تامین حلقه بسته، مدل‌سازی، صنایع کاغذسازی.

* عهده‌دار مکاتبات

آدرس الکترونیکی: mirfakhr@yazd.ac.ir

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2218]

۱ مقدمه

منابع طبیعی، از جمله مواد، آب، انرژی و زمین‌های حاصل‌خیز اساس زندگی انسان‌ها بر روی زمین را تشکیل می‌دهد. با این حال، استفاده بیش از حد از منابع توسط بشر باعث ایجاد آسیب‌های جدی زیست محیطی از جمله تغییر کاربری زمین، تولید زباله‌های سمی، آلودگی هوا، آب و ... گردیده است [۱]. از سوی دیگر، در چند دهه گذشته، عواملی مانند صنعتی شدن و افزایش جمعیت تاثیر فزاینده‌ای بر محیط زیست و منابع طبیعی داشته است [۲]. با افزایش آگاهی از حفاظت از محیط زیست در جوامع مختلف توجه به مسایل زیست محیطی در کنار مسایل اقتصادی توسط شرکت‌ها و صنایع مختلف دوچندان شده است [۳]. در همین راستا روش‌های مختلفی همچون خرید سبز [۴]، تولید مجدد [۵]، بازیافت محصولات [۶] و ... توسط محققین مختلف ارایه گردیده است. یکی از مباحثی که می‌تواند شرکت‌ها و صنایع مختلف را جهت بازیافت و تولید مجدد محصولات یاری کند، زنجیره تامین حلقه بسته است [۷]. در سال‌های اخیر زنجیره تامین حلقه بسته به دلیل تمرکز بر مواردی همچون افزایش هماهنگی در طول زنجیره تامین، بازیافت محصولات و ... مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است [۸]. زنجیره تامین حلقه‌بسته به عنوان طراحی، کنترل و عملکرد یک سیستم برای حداکثرسازی ارزش‌آفرینی در کل چرخه عمر یک محصول با بازیابی پویا ارزش از انواع مختلف و حجم بازده در طول زمان تعریف شده است [۹]. زنجیره تامین حلقه بسته شامل بازیافت فلزات و پلاستیک‌ها، تعمیر و استفاده مجدد از قطعات و اجزای سازنده برای تولید دستگاه‌های جدید و بازسازی کل محصولات دور ریخته شده است [۱۰]. یکی از تفاوت‌های آشکار زنجیره تامین سنتی با زنجیره تامین حلقه بسته، عدم توجه به محیط زیست و مدیریت ضایعات و حرکت رو به عقب محصولات در فرایندهای مختلف زنجیره تامین است [۱۱]. به عبارتی دیگر، در زنجیره تامین سنتی، حرکت مواد اولیه و جریانات محصول از تولیدکنندگان به کاربران نهایی مورد بررسی قرار گرفته در حالی که در زنجیره تامین حلقه بسته ترکیب جریان رو به جلو و جریان معکوس (شامل جریان از سمت محصولات به تامین‌کنندگان از طریق تعمیر، بازسازی و ...) نیز مورد توجه قرار گرفته است [۱۲]. در چنین زنجیره‌های تامینی، وابستگی متقابل بین جریان رو به جلو و جریان معکوس محصولات به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد، زیرا بازیافت‌کنندگان در نقش تامین‌کننده برای تولیدکنندگان ظاهر می‌شوند [۱۳]. از دیگر تفاوت‌های بین زنجیره تامین سنتی و زنجیره تامین حلقه بسته می‌توان به تمرکز زنجیره تامین سنتی بر کاهش هزینه و بهبود کارایی و توجه زنجیره تامین حلقه بسته بر کاهش مصرف منابع و انتشار آلاینده‌ها در راستای بهبود عملکرد اقتصادی زنجیره تامین اشاره کرد [۱۴]. از سوی دیگر نیاز به کاغذ و فرآورده‌های مختلف حاصل از آن از جمله مقوا، شومیز، مصالح ساختمانی و ... در صنایع مختلف بسیار بالا رفته است. بر اساس آمارهای جهانی مصرف سرانه کاغذ به ازای هر فرد در جهان بیش از ۵۷ کیلوگرم است [۱۵]. این در حالی است که بر اساس آمارهای جهانی، جنگل‌ها که ماده اولیه در تولید کاغذ هستند روز به روز در حال از بین رفتن هستند [۱۶]. بر این اساس جهانیان چاره‌ای جز استفاده از فرآیند بازیافت کاغذ به منظور تامین نیازهای کاغذی خود ندارند [۱۷]. در طی دو دهه اخیر تولید کاغذ از بازیافت کاغذ در کشورهای مختلف جهان به سرعت رشد یافته است [۱۸]. دلیل این رشد را می‌توان در بالا رفتن توجهات به مسایل زیست محیطی از یک سو و تکنولوژی بسیار پیشرفته تولید کاغذ از نیشکر

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2218]

که هزینه بسیار بالایی را برای صاحبان صنایع دارد جستجو کرد [۱۹]. از سوی دیگر با شدت یافتن مصرف کاغذ در صنایع بسته‌بندی به دلایل مختلفی از جمله بیماری‌های همه‌گیر، نداشتن فرصت خرید حضوری، دسترسی راحت‌تر به تنوع مختلف و ... به چرخه صنایع کشورهای مختلف جهان، لزوم استفاده از صنایع بازیافت‌کننده کاغذ در کشورهای مختلف جهان کاملا مشهود است [۲۰]. در صورتی که یک زنجیره تامین حلقه بسته برای صنایع کاغذی طراحی گردد قادر خواهد بود تا ضمن استفاده مناسب از منابع طبیعی فعلی در تولید کاغذ، از ضایعات حاصل از تولید کاغذ، ضایعات حاصل از استفاده از کاغذ، ضایعات استفاده از حمل‌ونقل کاغذ و ... نیز به بهترین صورت استفاده نماید [۲۱]. کشور ایران نیز به واسطه استفاده از تکنولوژی بازیافتی کاغذ در صنایع کاغذ خود، می‌تواند با سیاست مناسب در جهت ارتقا عملکرد زنجیره تامین کاغذ اقدام نماید و به یک ساختار حلقه بسته در زنجیره تامین خود دست یابد تا ضمن استفاده مناسب از تولید از بازیافت کاغذ نیز بیشترین سودآوری را کسب نماید. اما آمارهای مختلف ارایه‌شده در ایران نشان می‌دهد که سهم بازیافت کاغذ در ایران از کل حجم مورد نیاز برای کشور کمتر از ۲ درصد است [۲۲]. این نگرانی در عدم توجه به مساله بازیافت کاغذ از یک‌سو و تخریب بی‌شمار جنگل‌ها و مراتع کشور در چند دهه اخیر از سوی دیگر بحران نیاز کشور به کاغذ را در چند سالی آتی برای کشور رقم خواهد زد. این مساله زمانی دغدغه بیشتری به خود می‌گیرد که به این نکته توجه شود که میزان مصرف کاغذ در کشور به صورت کلی در چند ساله اخیر روندی صعودی به خود داشته است و نیاز به گسترش این صنعت خود را بیش از گذشته نشان می‌دهد [۲۳]. به نظر می‌رسد استفاده از ظرفیت‌های مختلف توضیح داده شده زنجیره تامین حلقه بسته بتواند کمک شایان توجهی به این صنعت در بهبود عملکرد و حفظ منابع محیط زیستی داشته باشد. این پژوهش قصد دارد با استفاده از مفهوم زنجیره تامین حلقه بسته اقدام به طراحی یک مدل در جهت استقرار و سازماندهی مناسب این زنجیره در صنایع کاغذ ایران اقدام نماید.

۲ مبانی نظری و پیشینه پژوهش

زنجیره تامین حلقه بسته بر روی استفاده مجدد از کالاها و بازیابی ارزش افزوده با استفاده مجدد از کل محصول و یا برخی از ماژول‌ها و قطعات آن تمرکز دارد [۲۴]. زنجیره تامین حلقه بسته برای بازیابی مقدار باقی‌مانده محصولات استفاده‌شده از طریق استفاده مجدد، به‌سازی یا جایگزینی قطعات مورد استفاده قرار می‌گیرد به گونه‌ای که محصول نهایی به حالت مشابه تبدیل شود [۲۵]. زنجیره تامین حلقه بسته می‌تواند مزایایی همچون ذخیره انرژی، کاهش هزینه‌های تلف‌شده، کاهش هزینه مواد و بهبود چهره اجتماعی و غیره را به همراه خود داشته باشد [۲۶]. از اهداف اصلی زنجیره تامین حلقه بسته می‌توان به رسیدگی به نگرانی‌های کلیدی زیست محیطی پسماندها و مواد خطرناک از طریق فعالیت‌های پیشگیری از آلودگی [۲۷] و همچنین ایجاد ارزش اقتصادی از طریق افزایش عمر محصول و امکان استفاده مجدد، تولید مجدد و بازیافت محصولات اشاره کرد [۲۸]. در مطالعه‌ای که توسط شکاریان (۲۰۲۰) تحت عنوان مرور عوامل مؤثر بر زنجیره تامین حلقه بسته صورت گرفت، عواملی همچون به اشتراک گذاری اطلاعات، بازیافت با کیفیت محصولات و ... به عنوان عوامل موثر بر

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2218]

زنجیره تامین حلقه بسته شناسایی گردید [۲۹]. در مطالعه‌ای دیگر شاهاردین[1] و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی نقش میانجی اثرات بازیافت محصولات بر رابطه بین قابلیت‌های سبز و زنجیره تامین حلقه بسته پرداخته‌اند [۳۰]. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که قابلیت‌های سبز بر زنجیره تامین حلقه بسته تاثیر مثبت و معناداری دارد. همچنین نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که بازیافت محصولات نقش میانجی بر تأثیر قابلیت‌های سبز بر زنجیره تامین حلقه بسته دارد. لیو[2] و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای به تاثیر استراتژی‌های طراحی تولید بر عملکرد زنجیره تامین حلقه بسته پرداخته‌اند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تولید مجدد لزوما سودآوری عرضه کننده یا تولیدکننده را افزایش نمی‌دهد اما تنظیم استراتژی‌های طراحی محصول می‌توان به کاهش ضرر در صورت آسیب رساندن به سودآوری کمک کرد. نتایج این پژوهش می‌تواند به بینش مدیران زنجیره تامین در تصمیمات عملیاتی خود در راستای تنظیم صحیح فعالیت‌های بازسازی کمک کند [۳۱]. توانا[3] و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی به ارایه یک چارچوب جامع برای طراحی شبکه زنجیره تامین حلقه بسته پایدار پرداختند. در چارچوب مورد بررسی این پژوهش، ملاحظات مربوط به پایداری محیطی، اجتماعی و اقتصادی در نظر گرفته شده‌اند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که سازمان‌ها قادر خواهند بود تا با استفاده از آن کاهش هزینه‌ها، بهبود عملکرد شبکه، کاهش آلودگی محیطی و افزایش رضایت مشتریان را تجربه نمایند. همچنین، بررسی‌ها نشان می‌دهد که در نظر گرفتن ملاحظات پایداری در طراحی شبکه زنجیره تامین حلقه بسته می‌تواند بهبود قابل توجهی در عملکرد شبکه داشته باشد [۳۲]. اولاه[4] (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای به بررسی تاثیر حمل و نقل و انتشارات کربن بر انتخاب کانال بازگشتی در مدیریت زنجیره تامین حلقه بسته پرداخت. نتایج این نشان داد که در نظر گرفتن انتشارات کربن در انتخاب کانال بازگشتی، می‌تواند منجر به افزایش سود و کاهش آلودگی محیطی شود. همچنین، نتایج دیگر این پژوهش نشان می‌دهد که استفاده از حمل و نقل دریایی و جاده‌ای می‌تواند بهبود قابل توجهی در عملکرد زنجیره تامین و کاهش هزینه‌های حمل و نقل داشته باشد [۳۳]. گلی[5] و همکاران (۲۰۲۳) به انجام پژوهشی با هدف طراحی یک شبکه زنجیره تامین حلقه بسته برای محصولات لبنی با رویکرد مالی پرداختند. در این پژوهش از الگوریتم تجزیه بندرز شتاب‌یافته[6] برای بهینه‌سازی استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که با استفاده از این الگوریتم، می‌توان به طراحی یک شبکه زنجیره تامین باز پایدار و با کمترین هزینه‌ها رسید. همچنین، این رویکرد مالی به کاهش هزینه‌های تولید، مدیریت موجودی و حمل و نقل منجر شده و بهبود قابل توجهی در سودآوری شرکت‌ها حاصل شده است [۳۴].

۲-۱ جمع‌بندی پیشینه پژوهش

با مرور ادبیات و پیشینه مرتبط با زنجیره تامین حلقه بسته مشخص گردید اکثر مطالعات صورت گرفته در این حوزه به طراحی و ارایه مدل‌های بهینه‌سازی در راستای توسعه زنجیره‌تامین حلقه بسته و همچنین طراحی مدل‌های

[1] Shaharudin
[2] Liu
[3] Tavana
[4] Ullah
[5] Goli
[6] Accelerated Benders decomposition algorithm

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2218]

ریاضی چند هدفه تحت شرایط عدم قطعیت پرداخته‌اند. مرور ادبیات مرتبط با زنجیره تامین حلقه بسته نشان می‌دهد که در ادبیات زنجیره تامین حلقه بسته عوامل اثرگذار بر زنجیره تامین حلقه بسته و همچنین راهکارهای استقرار آن در صنایع مختلف کمتر مورد توجه قرار گرفته است. لذا در این پژوهش سعی گردیده تا این شکاف تحقیقاتی مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار بگیرد. با توجه به هدف پژوهش در راستای استقرار زنجیره تامین حلقه بسته در صنعت کاغذ، با مرور پیشینه پژوهش عوامل موثر بر پیاده‌سازی و استقرار زنجیره تامین حلقه بسته به صورت جدول ۱ شناسایی گردیده است.

جدول ۱. عوامل مؤثر بر استقرار زنجیره تامین حلقه بسته

ردیف	عوامل	تعریف	منابع
۱	مدیریت برنامه‌ریزی تولید	این بخش در زنجیره تامین حلقه بسته به کلیه اقدامات درون سازمانی در جهت ارتقا و بهبود تولید کاغذ اشاره دارد. این اقدامات شامل گردش مواد اولیه و جریانات مختلف، تعمیرات و نگهداری، چیدمان سازمانی و ... می‌باشد.	[۲۴، ۲۵]
۲	نگرانی‌های زیست محیطی	منظور از نگرانی‌های زیست محیطی در این پژوهش نوع نگرش و ارتباطات مشتریان و صاحبان کسب‌وکار نسبت به آینده زمین از جهت محیط زیست می‌باشد. این بخش به زنجیره تامین از دیدگاه مشتری و صاحبان کسب‌وکار با هم توجه و دقت دارد.	[۲۷، ۲۸]
۳	کمبود منابع	این عامل مربوط به عدم دسترسی مناسب به مواد اولیه تولید اشاره دارد. در نظر گرفتن این عامل سبب می‌گردد تا اختلالات مختلف در زمینه زنجیره تامین کاهش قابل توجهی داشته باشد.	[۳۳، ۳۴]
۴	طراحی سیستم اطلاعاتی جامع و هماهنگ	این عامل به طراحی یک سیستم مناسب اطلاعاتی در جهت به اشتراک‌گذاری اطلاعات در درون زنجیره تامین حلقه بسته و بازیگران آن اشاره دارد. این عامل به نقش پررنگ هماهنگی در درون زنجیره تامین نیز به نوعی اشاره می‌کند تا بوسیله آن بتوان، اطلاعات مناسب را در زمان مناسب در اختیار استفاده‌کنندگان قرار داد.	[۳۱]
۵	دریافت حق امتیاز جمع ضایعات از خرده فروشان	منظور از حق امتیاز جمع ضایعات از خرده‌فروشان این است که جمع‌آوری ضایعات مختلف مورد نیاز در تولید از خرده فروشان که در حقیقت مصرف‌کننده نهایی صنایع هستند در قالب یک برنامه منسجم و به صورت مرتب صورت پذیرد تا از هدر رفت ضایعات و دسترسی دلالان به آن کاسته شود.	[۱۶، ۳۳]
۶	قیمت مواد اولیه	قیمت مواد اولیه به دو بخش اشاره دارد. در بخش اول منظور بهای تمام شده مواد اولیه در زنجیره تامین رو به جلو است و در بخش دوم منظور قیمت تمام شده ضایعات مختلف استفاده شده در بخش جریان معکوس در زنجیره تامین حلقه بسته اشاره دارد.	[۲۹، ۳۴]
۷	کیفیت بازیافت	این عامل به کیفیت مطابق با استانداردهای ملی و بین‌المللی اشاره دارد. لازم به ذکر است در این بخش مواد اولیه در جریان رو به جلو و رو به عقب در زنجیره تامین باید به دقت مورد بررسی قرار بگیرد تا بتوان از کیفیت مناسب در جریانات ابتدایی اطمینان حاصل نمود. همچنین کیفیت تولیدات در زنجیره تامین نیز مد نظر قرار می‌گرد تا بتوان در استفاده مجدد از ضایعات در تولید نیز بهترین بهره‌برداری را نمود.	[۳۱، ۳۳]
۸	طراحی الگوهای پیش‌بینی مناسب از شرایط بازار	این عامل به بررسی و تجزیه و تحلیل روند شکل‌گیری و رشد بازار در مصرف تولیدات حوزه خاصی اشاره دارد. اطمینان از شرایط آتی در زمینه تولیدات مختلف سازمان‌ها می‌تواند پویایی اقتصادی و مالی در زنجیره تامین را فراهم سازد و زمینه شکل‌دهی مناسب یک زنجیره تامین حلقه بسته را تضمین نماید.	[۲۹، ۳۲]

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2218]

۳ روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از جهت نوع هدف در زمره پژوهش‌های کاربردی است زیرا به دنبال حل یک مساله واقعی در صنعت کشور ایران است. از سوی دیگر این پژوهش از جنبه نوع و نحوه گردآوری داده‌ها یک پژوهش پیمایشی است که به صورت توصیفی انجام یافته است. به منظور انجام این پژوهش، در ابتدا عوامل اثرگذار بر استقرار زنجیره تامین حلقه بسته با استفاده از مطالعه پیشینه پژوهش شناسایی گردیده و در ادامه با استفاده از نظرات ۴ خبره دانشگاهی در این حوزه بومی‌سازی شد. منظور از بومی‌سازی در این بخش تعاریف خاصی بود که بتوان با استفاده از آن مفاهیم کلی این بخش را بیشتر توضیح داد. توضیحات خبرگان در این بخش به پرسشنامه‌ها اضافه گردید تا خبرگان بهتر بتوانند با موضوع پژوهش ارتباط بقرار نمایند. خبرگان دانشگاهی این بخش اساتید دانشگاهی بودند که در زمینه مدیریت زنجیره تامین در طی چند سال اخیر سابقه فعالیت‌های پژوهشی داشته و همچنین در حداقل یکی از کارخانه‌های کاغذسازی دارای سابقه کاری و تحقیقاتی مختلف بوده باشند. با استفاده از اطلاعات به‌دست آمده از حاصل از تعریف خاص عوامل و توضیحات خبرگان یک پرسشنامه مقایسه زوجی طراحی گردید تا بتوان با استفاده از آن ارتباط میان عوامل پژوهش شناسایی گردد. این پرسشنامه ارتباط بین هر یک از ابعاد مدل را با استفاده از چهار نماد اصلی مدل‌سازی ساختاری تفسیری (A، V، X و O) مشخص می‌ساخت. به منظور پاسخ به سؤالات مقایسه زوجی طراحی‌شده در این پژوهش که بر اساس آن ارتباط میان عوامل شناسایی می‌شد؛ از نظر ۱۳ خبره آشنا با موضوع بهره گرفته شد. خبرگانی که در این بخش به سؤالات مقایسه زوجی پاسخ دادند، مدیران، معاونین و کارکنان شاغل در کارخانه‌های کاغذ سازی کشور بودند که در زمینه مدیریت تولید و یا بازیافت در زنجیره تامین کاغذ اطلاعات بالایی دارا بودند. لازم به ذکر است در این بخش بیان گردد که تعداد خبرگان پاسخگو به سؤالات به منظور ادراک بهتر مدل مفهومی در تکنیک مدل‌سازی ساختاری تفسیری[1] بین ۸ تا ۱۵ خبره کفایت می‌کند [۳۵]. این افراد با استفاده از روش نمونه‌گیری گلوله برفی شناسایی گردیدند. بر اساس این روش نمونه‌گیری، با مراجعه به چند خبره ابتدایی و جمع‌آوری اطلاعات از آن‌ها خواسته شد تا نفرات دیگری در این حوزه که قادر هستند به مطالعه و تعیین ارتباط بین عوامل بهتر کمک کنند را معرفی کنند. این معرفی نفرات جدید تا جایی ادامه پیدا کرد که بر اساس آن دیگر نتایج به‌دست آمده تغییر نکند و به اصطلاح به اشباع نظری محققین دست یابند. [۳۶]. تکنیک مدل‌سازی ساختاری تفسیری، یک تکنیک ساخت مدل است که ویژگی ممتاز آن ایجاد مفهومی از یک مساله پیچیده به صورت گرافیگی است تا از پیچیدگی‌های مدل کاسته شود. به منظور استفاده از تکنیک مدل‌سازی ساختاری تفسیری مراحل مختلفی می‌بایست طی گردد که در ادامه بدان پرداخته شده است [۳۷].

الف) تشکیل ماتریس خود تعاملی ساختاری: در این ماتریس روابط بین عوامل استخراج‌شده جهت انجام پژوهش، مورد ارزیابی قرار گرفته و به‌منظور بروز یک زبان مشترک در جمع‌آوری داده از چهار نماد زیر استفاده می‌شود. لازم به ذکر است در این بخش تنها ارتباطات بالا یا پایین قطر اصلی مورد بررسی قرار می‌گیرد؛ زیرا سوالات به نحوی بیان می‌شوند تا با استفاده از آن بتوان سمت دیگر ماتریس را تکمیل نمود. نماد V، به معنای

[1] Interpretive Structural Modeling (ISM)

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2218]

اثرگذاری عامل سطر i بر روی عامل ستون j است. نماد A، به معنای اثرگذاری عامل ستون j بر عامل سطر i است. نماد X، به معنای برقراری رابطه دوطرفه بین i و j است و در نهایت استفاده از نماد O، به معنای این است که عوامل i و j بر روی یکدیگر تاثیر نمی‌گذارند.

ب) ایجاد ماتریس دست‌یابی اولیه: در این گام، بر اساس ماتریس خود تعاملی ساختاری چنانچه خانه‌ای از نظر خبرگان دارای ارتباط شناسایی‌شده باشد عدد یک و در غیر این صورت آن خانه عدد صفر را به خود اختصاص می‌دهد. به منظور تکمیل این ماتریس باید توجه داشت که در صورت استفاده از نمادهای V و A تنها یک خانه از دو خانه ارتباطی ممکن یعنی خانه i به j و خانه j به I عدد یک می‌گیرد. همچنین اگر از نماد X استفاده شده باشد، ارتباطات متقابل بین دو سمت ماتریس عدد یک و اگر از نماد O استفاده شده باشد، هر دو خانه متقابل عدد صفر می‌گیرند. در تشکیل این ماتریس به صورت کلی عدد یک معنای وجود ارتباط و عدد صفر به معنای عدم وجود ارتباط بین دو عامل است.

ج) تشکیل ماتریس دست‌یابی نهایی: در این گام، ماتریس دست‌یابی اولیه شکل گرفته در گام قبل سازگار می‌گردد. بدین منظور باید ماتریس صفر و یکی که در گام دوم به‌دست آمده بود را به توان $n+1$ رساند تا حالت پایدار برقرار شود ($M^n = M^{n+1}$). منظور از حالت پایدار این است که دیگر تغییری در اعداد ارتباطی شکل نگیرد و به اصطلاح رابطه جدیدی به‌وجود نیاید. بدین ترتیب برخی عناصر صفر تبدیل به ۱ خواهد شد که با نماد (۱*) نشان داده می‌شود. این نماد در حقیقت نشان می‌دهد که بین عوامل مختلف در پژوهش چه نوع از روابط غیرمستقیم برقرار است.

د) تعیین سطح عوامل در مدل: در این گام بر اساس روابط شناسایی شده بین عوامل مختلف پژوهش، مجموعه قابل دست‌یابی (خروجی) و مجموعه مقدم (ورودی) برای هر عنصر تعیین و مجموعه مشترک، بر اساس مجموعه مقدم و مجموعه دستیابی حاصل گردد. مجموعه قابل دست‌یابی برای هر عنصر، مجموعه‌ای است که در آن سطرها ماتریس دست‌یابی نهایی به‌صورت یک یا یک استار ظاهر شده باشند و مجموعه مقدم، مجموعه‌ای است که در آن ستون‌ها به‌صورت یک و یا یک استار ظاهر شده باشند. با به‌دست آوردن اشتراک این دو مجموعه، مجموعه مشترک به دست خواهد آمد. عناصری که مجموعه مشترک با مجموعه قابل دست‌یابی یکسان باشد، سطح اول اولویت را به خود اختصاص می‌دهند. با حذف این عناصر و تکرار این مرحله برای سایر عناصر، سطح کلیه عناصر تعیین می‌شود.

هـ) ترسیم مدل ساختاری تفسیری: بر اساس سطوح تعیین‌شده و ماتریس دست‌یابی نهایی، مدل ساختاری تفسیری پژوهش ترسیم می‌گردد. در این مدل عوامل از بالا به پایین سطح‌بندی می‌گردند. اما جهت فلش‌ها از پایین به بالا و در ارتباط بین سطوح برقرار می‌گردد.

لازم به‌ذکر است به منظور تشکیل ماتریس خود تعاملی که بتوان با استفاده از آن مراحل تکنیک مدل‌سازی ساختاری تفسیری را پیش برد، از روش مد بر اساس بیشترین فراوانی در هر درایه استفاده شده است. [۳۶]. ماتریس خود تعاملی ساختاری در این پژوهش پس از اعمال مد در نظرات ۱۳ خبره مورد استفاده قرار گرفته است. این ۱۳ خبره افرادی بودند که در صنعت کاغذسازی ایران دارای سوابق تولیدی و سیاست‌گذاری بوده‌اند.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2218]

از این تعداد خبره، ۷ خبره مدیر یا معاون یک کارخانه تولید کاغذ در ایران بوده‌اند و ۶ نفر نیز در بخش‌های مختلف اداری و سازمانی دولتی در حوزه کاغذسازی فعالیت داشند. در ادامه مراحل انجام این پژوهش و به منظور سنجش برازش مدل مفهومی شکل گرفته بر اساس تکنیک مدل‌سازی ساختاری تفسیری، از تکنیک مدل‌سازی معادلات ساختاری نسل دوم استفاده گردید. به منظور استفاده از تکنیک مدل‌سازی معادلات ساختاری از نرم افزار SmartPLS3 استفاده گردید. بدین منظور پرسشنامه‌ای متشکل از ۳۰ گویه با توجه به پیشینه پژوهش طراحی گردید و در اختیار خبرگان، کارشناسان و کارمندان ۱۲ کارخانه تولید کاغذ در کشور به منظور پاسخگویی قرار گرفت. این کارخانه‌های تولید کاغذ در شش استان یزد، تهران، اصفهان، خوزستان، خراسان رضوی و آذربایجان شرقی قرار داشتند. در مطالعات مربوط به معادلات ساختاری نسل دوم 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 [۳۹]. در پژوهش حاضر نیز بر اساس رابطه فوق تعداد ۲۰۰ پرسشنامه میان کارکنان کارخانه‌های کاغذسازی توزیع گردیده که از این میان، تعداد ۱۶۲ پرسشنامه بازگشت داده شد. از میان ۱۶۲ پرسشنامه اخذ شده در این بخش، تعداد ۱۲۹ پرسشنامه توسط آقایان و ۳۳ پرسشنامه توسط خانم‌ها تکمیل گردیده است. از میان افراد پاسخ‌دهنده به پرسشنامه، تعداد ۱۴ نفر دارای مدرک دکتری، ۶۹ نفر دارای مدرک کارشناسی ارشد و ۷۹ نفر نیز دارای مدرک کارشناسی بوده‌اند. در میان کارکنان تکمیل‌کننده پرسشنامه در این بخش تعداد ۸۳ نفر دارای سابقه بین ۵ تا ۱۰ سال کاری، ۳۹ نفر بین ۱۰ تا ۱۵ سال سابقه کاری و مابقی دارای سابقه کاری بالای ۱۵ سال بودند.

روش نمونه‌گیری استفاده شده در بخش معادلات ساختاری روش نمونه‌گیری در دسترس بوده است. گویه‌های تشکیل‌دهنده پرسشنامه با استفاده از مطالعه پیشینه پژوهش به‌دست آمد و سپس روایی صوری این پرسشنامه توسط خبرگان دانشگاهی و صنعت مورد تعدیل و تایید قرار گرفت. خبرگان مورد استفاده در این بخش را اساتید دانشگاهی و خبرگان صنعتی تشکیل داده‌اند که دارای سابقه تحقیقاتی در زمینه مدیریت زنجیره تامین بوده‌اند.

در این پژوهش و در بخش معادلات ساختاری آن برای بررسی روایی از ابزار روایی همگرا استفاده شده است. روایی همگرا نشان‌دهنده همبستگی سؤالات مرتبط با یک متغیر با همان متغیر است که با استفاده از دو معیار ضرایب بار عاملی و میانگین واریانس به اشتراک گذاشته مورد سنجش قرار گرفته است. به عبارت دیگر، روایی همگرا بررسی می‌کند که آیا گروه سؤالاتی که برای اندازه‌گیری یک متغیر در نظر گرفته شده‌اند، با یکدیگر همبستگی قوی دارند و آیا این گروه سؤالات متفاوت با سایر گروه‌های سؤالات در مدل هستند یا خیر. برای معیار ارزیابی روایی همگرا، دو معیار ضرایب بار عاملی[1] و میانگین واریانس به اشتراک گذاشته شده[2] است. حد قابل قبول برای این دو معیار به ترتیب ۰/۴ و ۰/۵ در نظر گرفته شده است. به عبارت دیگر، اگر ضریب بار عاملی یک سؤال در مدل بیشتر از ۰/۴ و میانگین واریانس آن کمتر از ۰/۵ باشد، نشان‌دهنده روایی همگرا بالایی

[1] Outer Loadings
[2] Average Variance Extracted (AVE)

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01]
[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2218]

است و گروه سؤالاتی که برای اندازه‌گیری یک متغیر در نظر گرفته شده‌اند، با یکدیگر همبستگی قوی دارند و در مدل متفاوت با سایر گروه‌های سؤالات هستند [۴۰].

به منظور سنجش پایایی در این پژوهش از معیارهای آلفای کرونباخ[1] و پایایی ترکیبی[2] استفاده شده است. آلفای کرونباخ یک شاخص ارزیابی پایایی در پژوهش‌های روان‌شناسی است که نشان‌دهنده میزان همبستگی داخلی بین آیتم‌های یک مقیاس یا آزمون است. یعنی آلفای کرونباخ نشان می‌دهد که آیا تمامی سؤالات یک مقیاس یا آزمون، به یک مفهوم یا ویژگی مشترک اشاره می‌کنند یا خیر. مقدار حد قابل قبول برای آلفای کرونباخ برابر با ۰/۷ می‌باشد، به عبارت دیگر اگر مقدار آلفای کرونباخ برای یک مقیاس یا آزمون بیشتر از ۰/۷ باشد، پایایی این مقیاس یا آزمون به عنوان یک ابزار اندازه‌گیری مناسب شناخته می‌شود. معیار پایایی ترکیبی، برای ارزیابی پایایی سازه‌های یک مدل ساختاری استفاده می‌شود و پایایی سازه‌ها را نه به صورت مطلق بلکه با توجه به همبستگی سازه‌هایشان با یکدیگر محاسبه می‌کند. به عبارت دیگر، این معیار نشان می‌دهد که آیا سازه‌های مدل به خوبی با یکدیگر همبستگی دارند یا خیر. حد قابل قبول برای معیار پایایی ترکیبی نیز برابر با ۰/۷ می‌باشد، به عبارت دیگر اگر مقدار پایایی ترکیبی برای هر سازه بالاتر از ۰/۷ باشد، نشان از برازش مناسب پایایی مدل دارد و سازه‌های مدل با یکدیگر همبستگی قوی دارند [۴۱].

٤ یافته‌های پژوهش

با توجه به عوامل به‌دست آمده و اثرگذار بر زنجیره تامین حلقه بسته و همچنین نظرات خبرگان مقایسه زوجی ارتباط بین این عوامل به صورت جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول۲. ماتریس خود تعاملی ساختاری

عامل	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
۱- مدیریت برنامه‌ریزی تولید		X	A	A	A	A	V	A
۲- نگرانی‌های زیست محیطی			A	O	O	O	V	O
۳- کمبود منابع				O	V	V	V	V
۴- طراحی سیستم اطلاعاتی جامع و هماهنگ					O	V	O	V
۵- دریافت حق امتیاز جمع ضایعات از خرده فروشان						V	O	V
۶- قیمت مواد اولیه							X	V
۷- کیفیت بازیافت								O
۸- طراحی الگوهای پیش‌بینی مناسب از شرایط بازار								

با استفاده از ماتریس خودتعاملی شکل گرفته در جدول ۲، مطابق با توضیحات ارایه‌شده در بخش روش‌شناسی پژوهش، ماتریس دستیابی اولیه تشکیل داده شد و سپس بر مبنای آن جدول دستیابی نهایی به‌دست

[1] Cronbach's Alpha
[2] Composite Reliability (CR)

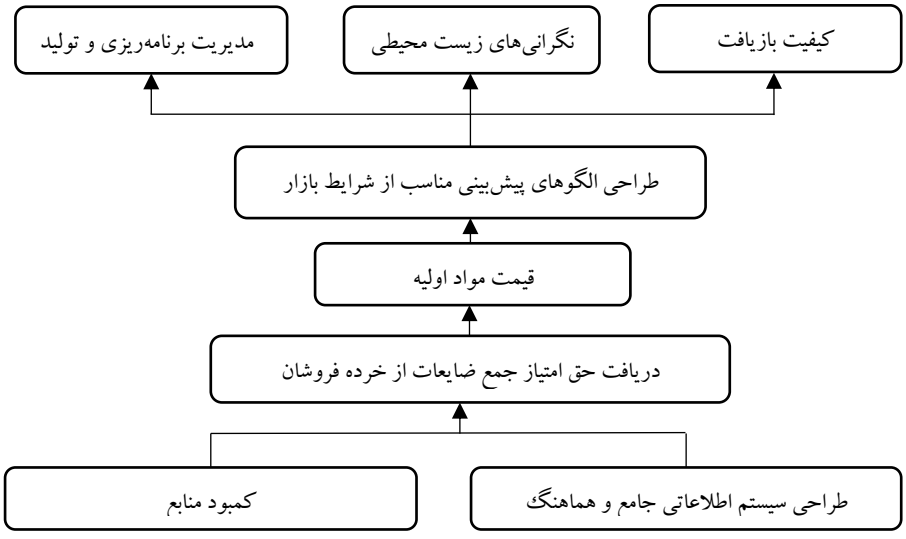
[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01]
[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2218]

آمد. برای تعیین سطح ابعاد مطابق با آنچه در روش تحقیق بیان شد نیاز به شناسایی، مجموعه‌های دست‌یابی، مقدم و مشترک است که در جدول ۳ مشخص گردید.

جدول ۳. تعیین سطوح عوامل زنجیره تامین حلقه بسته

عامل	مجموعه دستیابی	مجموعه مقدم	مجموعه مشترک	سطح
۱- مدیریت برنامه‌ریزی تولید	{۷و ۶ و ۲ و ۱}	{۸و ۷و ۶ و ۵ و ۴ و ۳ و ۲ و ۱}	{۷و ۶ و ۲ و ۱}	۱
۲- نگرانی‌های زیست محیطی	{۷و ۶ و ۲ و ۱}	{۸و ۷و ۶ و ۵ و ۴ و ۳ و ۲ و ۱}	{۷و ۶ و ۲ و ۱}	۱
۳- کمبود منابع	{۸و ۷و ۶ و ۵ و ۳ و ۲ و ۱}	{۳}	{۳}	۵
۴- طراحی سیستم اطلاعاتی جامع و هماهنگ	{۸و ۷و ۶ و ۵ و ۴ و ۲ و ۱}	{۴}	{۴}	۵
۵- دریافت حق امتیاز جمع ضایعات از خرده فروشان	{۸و ۷و ۶ و ۵ و ۲ و ۱}	{۵و ۳}	{۵}	۴
۶- قیمت مواد اولیه	{۸و ۷و ۶ و ۲ و ۱}	{۷و ۶ و ۵ و ۴ و ۳ و ۲ و ۱}	{۷و ۶ و ۲ و ۱}	۳
۷- کیفیت بازیافت	{۸و ۷و ۶ و ۲ و ۱}	{۸و ۷و ۶ و ۵ و ۴ و ۳ و ۲ و ۱}	{۸ و ۷ ۶ و ۲ و ۱}	۱
۸- طراحی الگوهای پیش‌بینی مناسب از شرایط بازار	{۸و ۷و ۲ و ۱}	{۸و ۷و ۶ و ۵ و ۴ و ۳}	{۸و ۷}	۲

با توجه به جدول ۳، بر اساس مراحل گفته شده در قسمت روش‌ها، ترسیم مدل ساختاری تفسیری به‌صورت شکل ۱ صورت پذیرفته است.



شکل ۱. مدل مفهومی

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2218]

مدل به‌دست آمده در پژوهش که در شکل ۱ به آن پرداخته شد، به منظور برازش آماری در نرم‌افزار Smart PLS3 قرار داده شد تا با استفاده از اطلاعات به‌دست آمده از ۱۶۲ تن از کارکنان و مدیران کارخانه‌های کاغذسازی در ایران، مورد آزمون قرار بگیرد. جدول ۴ مقادیر روایی و پایایی به‌دست آمده برای هر یک از ابعاد مدل را نشان می‌دهد.

جدول٤. آزمون پایایی و روایی

متغیرهای پژوهش	گویه‌های مرتبط با هر متغیر	ضرایب بار عاملی	AVE	آلفای کرونباخ	پایایی ترکیبی
کمبود منابع	Q_1	۰/۸۰۷	۰/۶۲۸	۰/۸۰۳	۰/۸۷۱
	Q_2	۰/۷۸۰			
	Q_3	۰/۷۶۸			
	Q_4	۰/۸۱۴			
طراحی سیستم اطلاعاتی جامع و هماهنگ	Q_5	۰/۸۲۰	۰/۶۷۵	۰/۸۴۰	۰/۸۹۳
	Q_6	۰/۸۳۹			
	Q_7	۰/۸۲۵			
	Q_8	۰/۸۰۱			
دریافت حق امتیاز جمع ضایعات از خرده فروشان	Q_9	۰/۸۶۳	۰/۷۲۳	۰/۸۰۸	۰/۸۸۷
	Q_{10}	۰/۸۴۷			
	Q_{11}	۰/۸۳۹			
قیمت مواد اولیه	Q_{12}	۰/۸۴۹	۰/۷۰۰	۰/۷۸۶	۰/۸۷۵
	Q_{13}	۰/۸۲۹			
	Q_{14}	۰/۸۳۱			
طراحی الگوهای پیش‌بینی مناسب شرایط بازار	Q_{15}	۰/۸۱۹	۰/۶۵۱	۰/۸۲۱	۰/۸۸۲
	Q_{16}	۰/۷۹۶			
	Q_{17}	۰/۸۲۴			
	Q_{18}	۰/۷۸۹			
کیفیت بازیافت	Q_{19}	۰/۸۳۲	۰/۶۸۳	۰/۸۴۵	۰/۸۹۶
	Q_{20}	۰/۸۱۹			
	Q_{21}	۰/۸۲۷			
	Q_{22}	۰/۸۲۸			
نگرانی‌های زیست محیطی	Q_{23}	۰/۸۱۰	۰/۶۸۳	۰/۸۴۳	۰/۸۹۵
	Q_{24}	۰/۸۲۴			
	Q_{25}	۰/۸۳۲			
	Q_{26}	۰/۸۳۸			
مدیریت برنامه‌ریزی و تولید	Q_{27}	۰/۸۴۸	۰/۶۸۶	۰/۸۴۷	۰/۸۹۷
	Q_{28}	۰/۸۳۹			
	Q_{29}	۰/۸۳۴			
	Q_{30}	۰/۷۹۱			

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2218]

بر اساس جدول ۵ و به منظور برازش مدل ساختاری، در این بخش از پژوهش مقادیر Q^2 و R^2 برای متغیرهای وابسته مدل پژوهش مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. لازم به ذکر است به منظور برازش مدل در این بخش نیاز به بررسی متغیرهای برون‌زا (مستقل) نمی‌باشد.

جدول ۵. معیارهای مرتبط با برازش مدل ساختاری

ردیف	متغیرهای درون‌زا	R^2	Q^2
۱	دریافت حق امتیاز جمع ضایعات از خرده فروشان	۰/۷۵۶	۰/۵۱۶
۲	طراحی الگوهای پیش‌بینی مناسب از خرده فروشان	۰/۶۸۵	۰/۴۲۱
۳	قیمت مواد اولیه	۰/۶۳۶	۰/۴۲۱
۴	مدیریت برنامه‌ریزی و تولید	۰/۷۱۰	۰/۴۶۰
۵	نگرانی‌های زیست محیطی	۰/۷۳۶	۰/۴۷۵
۶	کیفیت بازیافت	۰/۷۳۹	۰/۴۷۶

معیار Q^2 به عنوان یک معیار ارزیابی، قدرت پیش‌بینی مدل را مشخص می‌سازد. مدل‌هایی که برازش بخش ساختاری قابل قبول دارند، باید قابلیت پیش‌بینی شاخص‌های مربوط به سازه‌های درون‌زای مدل را نیز داشته باشند. در این راستا، در مورد شدت قدرت پیش‌بینی مدل در مورد سازه‌های درون‌زا، سه مقدار ۰/۰۲، ۰/۱۵ و ۰/۳۵ برای این معیار تعیین شده است. به عبارتی دیگر، مدل‌هایی که با این مقادیر معیار Q^2 سازگار هستند، قابلیت پیش‌بینی شاخص‌های مربوط به سازه‌های درون‌زای خود را دارا می‌باشند [۴۲]. بر اساس اطلاعات جدول ۵، تمامی مقادیر Q^2 مدل در وضعیت قوی قرار دارد که نشان دهنده قدرت پیش‌بینی قابل قبول مدل است. معیار R^2 برای ارتباط بخش اندازه‌گیری و بخش ساختاری مدل‌سازی معادلات ساختاری به‌کار می‌رود و نشان می‌دهد که چه تأثیری از یک متغیر برون‌زا بر یک متغیر درون‌زا وجود دارد. این معیار تنها برای سازه‌های درون‌زای (وابسته) مدل محاسبه می‌شود و در مورد سازه‌های برون‌زا (مستقل)، مقدار آن صفر است. برای این معیار، سه مقدار ۰/۱۹ ، ۰/۳۳ و ۰/۶۷ به عنوان مقادیر ضعیف، متوسط و قوی معرفی شده‌اند و هر چه مقدار R^2 مربوط به سازه‌های درون‌زای یک مدل بیشتر باشد، نشان از برازش بهتر مدل است. به عبارت دیگر، اگر مقدار R^2 بیشتر باشد، بیشترین تاثیر برازش مدل به داده‌ها اعطا شده است [۴۳]. در این پژوهش مقادیر مربوط به R^2 در وضعیت متوسط و قوی قرار دارد. در ارزیابی برازش کلی مدل، از شاخص SRMR استفاده می‌شود. مقدار این شاخص بین صفر تا یک قرار می‌گیرد و هر چه مقدار آن کوچک‌تر باشد، نشان می‌دهد برازش کلی مدل در وضعیت مناسب‌تری قرار دارد. به عبارت دیگر، هر چه بارهای عاملی و ضرایب رگرسیونی مدل در سطح بالاتری باشند، این شاخص به صفر نزدیک‌تر خواهد بود. خط برش این شاخص در مقدار هشت درصد قرار دارد و به این معنی است که اگر SRMR مدل کمتر از هشت درصد باشد، برازش کلی مدل بالاتر است و اگر بیشتر از هشت درصد باشد، برازش کمتر است. به عبارت دیگر، اگر SRMR در مدل کمتر از ۸ درصد باشد، بهترین برازش را نشان می‌دهد و هر چه این مقدار بیشتر باشد، برازش مدل به داده‌ها کاهش می‌یابد [۴۴]. شاخص SRMR به‌دست آمده در این پژوهش ۰/۰۴۹ است که نشان از برازش مناسب کلی مدل این پژوهش دارد. مقادیر آماره تی برای تمامی مسیرها باید از میزان استاندارد قدر مطلق ۱/۹۶ بالاتر باشد [۴۵]. در این مطالعه آماره تی برای تمامی روابط بالاتر

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01]

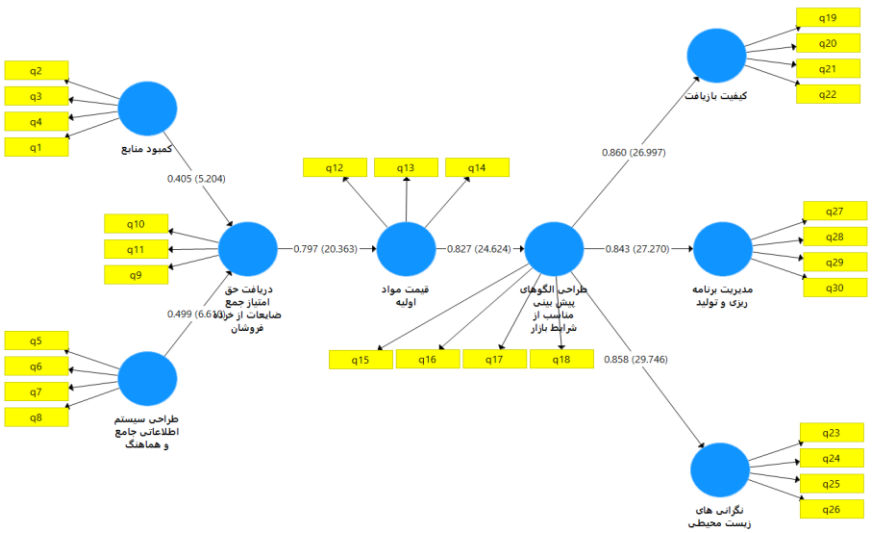
[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2218]

از مقدار ۱/۹۶ است که گواهی بر وجود رابطه‌های معنی‌دار بین ابعاد پژوهش است. در جدول ۶ ضرایب مسیر و آماره تی و همچنین شدت ارتباطات نشان داده شده است.

جدول ٦. نتایج حاصل از آماره تی و ضرایب مسیر

فرضیه	رابطه	جهت رابطه	ضریب مسیر	آماره تی	شدت تأثیر	نتیجه آزمون
۱	دریافت حق امتیاز جمع ضایعات از خرده فروشان بر قیمت مواد اولیه	مستقیم	۰/۷۹۷	۲۰/۶۳	۱/۷۴	تأیید
۲	طراحی الگوهای پیش‌بینی مناسب از شرایط بازار بر مدیریت برنامه‌ریزی و تولید	مستقیم	۰/۸۴۳	۲۷/۲۷	۲/۴۵	تأیید
۳	طراحی الگوهای پیش‌بینی مناسب از شرایط بازار بر نگرانی‌های زیست محیطی	مستقیم	۰/۸۵۸	۲۹/۷۴	۲/۷۹	تأیید
۴	طراحی الگوهای پیش‌بینی مناسب از شرایط بازار بر کیفیت بازیافت	مستقیم	۰/۸۶۰	۲۶/۹۹	۲/۸۲	تأیید
۵	طراحی سیستم اطلاعاتی جامع و هماهنگ بر دریافت حق امتیاز جمع ضایعات از خرده فروشان	مستقیم	۰/۴۹۹	۶/۶۱	۰/۲۸۵	تأیید
۶	قیمت مواد اولیه بر طراحی الگوهای پیش‌بینی مناسب از شرایط بازار	مستقیم	۰/۸۲۷	۲۴/۶۲	۲/۱۷	تأیید
۷	کمبود منابع بر دریافت حق امتیاز جمع ضایعات از خرده فروشان	مستقیم	۰/۴۰۵	۵/۲۰	۰/۱۸۷	تأیید

شکل ۲، مقادیر مرتبط با آماره آزمون و ضرایب تی را نشان می‌دهد. در این شکل، اعداد داخل پرانتز مقادیر آماره تی را نشان می‌دهد و اعداد بیرون از آن مقادیر ضریب مسیر را مشخص می‌نماید.



شکل ۲. آماره تی و ضرایب مسیر

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2218]

۵ بحث و نتیجه‌گیری

پرداختن به مبحث ضایعات به منظور کاهش بالقوه اثرات مختلف مخرب زیست محیطی، امروزه به عنوان یکی از مهم‌ترین دستاوردهای زنجیره تامین حلقه بسته نمایان گردیده است. در این پژوهش سعی گردیده است تا با طراحی یک ساختار حلقه بسته در درون زنجیره تامین صنایع کاغذ کشور، نحوه استفاده از ضایعات کاغذی را بهبود بخشیده و با طراحی یک مدل سعی گردد تا مدیران و دست اندرکاران صنعت کاغذ کشور ایران را به سمتی هدایت نماید تا به نحوی مؤثر از فواید زنجیره تامین حلقه بسته استفاده نمایند. به منظور انجام این پژوهش، ۸ عامل اثرگذار بر طراحی مؤثر و موفق زنجیره تامین حلقه بسته با استفاده از ادبیات پژوهش استخراج گردید. در ادامه این عوامل در اختیار خبرگان صنعت کاغذ در کشور ایران قرار داده شد تا با استفاده از آن با طراحی یک مدل ارتباطی اقدام نمایند.

مدل به‌دست آمده از برآیند نظرات خبرگان نشان می‌دهد که ۸ عامل موثر در استقرار بهینه زنجیره تامین حلقه بسته در صنعت کاغذ کشور در ۵ سطح قرار گرفته است. به منظور برازش مدل ۵ سطحی شکل گرفته در این پژوهش از تکنیک معادلات ساختاری نسل دوم با رویکرد مربعات جزیی با کاربرد نرم افزار Smart PLS3 استفاده گردید. نتایج برازش‌شده مدل ساختاری شکل گرفته در این پژوهش نشان از برازش ساختاری، اندازه‌گیری و کلی مناسب مدل دارد.

مدل طراحی‌شده در این پژوهش نشان می‌دهد که در صورتی که زنجیره تامین حلقه بسته بخواهد در صنایع کاغذسازی ایران استقرار یابد؛ باید به صورت موزون دو عامل اصلی طراحی سیستم اطلاعات موزون و هماهنگ را از یک‌سو و عامل هشدارهای کمبود منابع به تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان را از سوی دیگر تقویت نمود. با تقویت این دو عامل اصلی، ساختار مناسب استقرار زنجیره تامین حلقه بسته در صنایع کاغذ هموار می‌گردد. زیرا این ۲ عامل به عنوان پایه و اساس استقرار زنجیره تامین حلقه بسته در صنعت کاغذسازی ایران خود را نمایان ساخته‌اند. بر این اساس به مدیران صنایع کاغذ کشور توصیه می‌گردد تا در جهت تقویت هر چه بهتر این دو عامل گام بردارند. بدین منظور مدیران صنعت کاغذسازی ایران می‌توانند در زمینه تهیه بانک اطلاعاتی و ارایه یک ساختار هوشمند و موزون از اطلاعات و زمینه فرهنگ‌سازی در درک هر چه بهتر کمبود منابع، تلاش‌های سازمانی و زنجیره‌ای خود را معطوف نمایند. با بهبود شرایط دو عامل سطح آغازین مدل، امکان دریافت حق امتیاز از خرده فروشان به منظور جمع‌آوری ضایعات کاغذی فراهم می‌آید. دریافت اینگونه از حق امتیازها می‌تواند قیمت مواد اولیه مصرفی برای صنایع کاغذ کشور را به شدت تحت تاثیر قرار دهد که این موضوع منجر به یک طراحی ساختار پیش بینی از قیمت آتی بازار خواهد شد. این موضوع می‌تواند زمینه تغییرات مختلف آتی در مدل و امکان سودآوری بهتر برای صنعت کاغذ در ایران را فراهم آورد. با طراحی مناسب این ساختار، زنجیره‌های تامین حلقه بسته شکل گرفته در صنایع کاغذسازی کشور قادر خواهند بود تا به یک برنامه‌ریزی تولید مناسب دست یابند و همچنین نگرانی‌های زیست محیطی شکل گرفته در این مباحث را به روشی مناسب پاسخ دهند. همچنین پیش‌بینی مناسب روند بازار می‌تواند کیفیت بازیافت را در سطوح مختلف تولیدی زنجیره به شدت تحت تاثیر قرار دهد. بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر قیمت مواد اولیه دارای ارتباط مثبت و معنی‌دار با عامل

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2218]

طراحی الگوی پیش‌بینی مناسب از شرایط بازار می‌باشد. این یافته پژوهش با یافته‌های پژوهش [۴۶] هم‌راستا است. از سوی دیگر بر اساس یافته‌های پژوهش عامل طراحی الگوی پیش‌بینی مناسب از شرایط بازار دارای ارتباط مثبت و معنی‌دار با عامل برنامه‌ریزی تولید است. این یافته پژوهش با یافته‌های پژوهش [۴۷] هم‌راستا است. نتایج به‌دست آمده در پژوهش حاضر دارای سرنخ‌های مختلف پژوهشی به سایر پژوهشگران این حوزه است. از جمله این موارد به سایر پژوهشگران علاقمند در این حوزه توصیه می‌گردد با توجه به قرارگیری عامل طراحی سیستم اطلاعاتی جامع و هدفمند در سطح آغازین مدل، اقدام به طراحی نقشه استفاده مناسب از این عامل در صنایع کاغذسازی نمایند. همچنین سایر پژوهشگران علاقمند در این حوزه می‌توانند با دخالت دادن عامل زمان در پژوهش خود به نحوی مدل شکل گرفته در این پژوهش را به صورتی پویا مورد بررسی قرار دهند.

منابع

[1] Özceylan, E., Demirel, N., Çetinkaya, C., & Demirel, E. (2017). A closed-loop supply chain network design for automotive industry in Turkey. Computers & Industrial Engineering, 113, 727–745.

[2] Wei, J., Chen, W., & Liu, G. (2021). How manufacturer's integration strategies affect closed-loop supply chain performance. International Journal of Production Research, 59(14), 4287–4305.

[3] Rajabi-Kafshgar, A., Gholian-Jouybari, F., Seyedi, I., & Hajiaghaei-Keshteli, M. (2023). Utilizing hybrid metaheuristic approach to design an agricultural closed-loop supply chain network. Expert Systems with Applications, 217, 119504.

[4] Shan, Q., Rehman, Z. U., & Tahir, A. (2021). Environmental Knowledge and Premium Price on Green Purchase Behavior; Testing through Advanced Statistical Approach, Smart Partial Least Squares. Journal of Managerial Sciences, 15(3), 18–35.

[5] Wang, L., Zhu, S., Evans, S., Zhang, Z., Xia, X., & Guo, Y. (2023). Automobile recycling for remanufacturing in China: A systematic review on recycling legislations, models and methods. Sustainable Production and Consumption.

[6] Ahmad, N. N. R., Ang, W. L., Teow, Y. H., Mohammad, A. W., & Hilal, N. (2022). Nanofiltration membrane processes for water recycling, reuse and product recovery within various industries: A review. Journal of Water Process Engineering, 45, 102478.

[7] Gaur, J., & Mani, V. (2018). Antecedents of closed-loop supply chain in emerging economies: A conceptual framework using stakeholder's perspective. Resources, Conservation and Recycling, 139, 219–227.

[8] Suvadarshini, P., Biswas, I., & Srivastava, S. K. (2023). Impact of reverse channel competition, individual rationality, and information asymmetry on multi-channel closed-loop supply chain design. International Journal of Production Economics, 259, 108818.

[9] Gaur, J., Amini, M., & Rao, A. K. (2017). Closed-loop supply chain configuration for new and reconditioned products: An integrated optimization model. Omega, 66, 212–223.

[10] MahmoumGonbadi, A., Genovese, A., & Sgalambro, A. (2021). Closed-loop supply chain design for the transition towards a circular economy: A systematic literature review of methods, applications and current gaps. Journal of Cleaner Production, 323, 129101.

[11] Liao, Y., Kaviyani-Charati, M., Hajiaghaei-Keshteli, M., & Diabat, A. (2020). Designing a closed-loop supply chain network for citrus fruits crates considering environmental and economic issues. Journal of Manufacturing Systems, 55, 199–220.

[12] Braz, A. C., De Mello, A. M., de Vasconcelos Gomes, L. A., & de Souza Nascimento, P. T. (2018). The bullwhip effect in closed-loop supply chains: A systematic literature review. Journal of Cleaner Production, 202, 376–389.

[13] Marcos, J. T., Scheller, C., Godina, R., Spengler, T. S., & Carvalho, H. (2021). Sources of uncertainty in the closed-loop supply chain of lithium-ion batteries for electric vehicles. Cleaner Logistics and Supply Chain, 1, 100006.

[14] Kumar, N. R., & Kumar, R. S. (2013). Closed loop supply chain management and reverse logistics-A literature review. International Journal of Engineering Research and Technology, 6(4), 455-468.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2218]

[15] Shahzad, U., Elheddad, M., Swart, J., Ghosh, S., & Dogan, B. (2023). The role of biomass energy consumption and economic complexity on environmental sustainability in G7 economies. Business Strategy and the Environment, 32(1), 781-801.
[16] Yu, T., Zhang, T., & Yuan, S. (2022). Dynamic analysis of a size-structured model describing insect destruction in forests. Chaos, Solitons & Fractals, 159, 112116.
[17] Li, X., Zhu, P., Zhang, S., Wang, X., Luo, X., Leng, Z., ... & Mao, Y. (2022). A self-supporting, conductor-exposing, stretchable, ultrathin, and recyclable kirigami-structured liquid metal paper for multifunctional E-skin. ACS nano, 16(4), 5909-5919.
[18] Li, J., Mei, M., Han, Y., Hong, M., & Man, Y. (2020). Life cycle cost assessment of recycled paper manufacture in China. Journal of Cleaner Production, 252, 119868.
[19] Man, Y., Li, J., Hong, M., & Han, Y. (2020). Energy transition for the low-carbon pulp and paper industry in China. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 131, 109998.
[20] Sudheshwar, A., Malinverno, N., Hischier, R., Nowack, B., & Som, C. (2023). The need for design-for-recycling of paper-based printed electronics–a prospective comparison with printed circuit boards. Resources, Conservation and Recycling, 189, 106757.
[21] Battini, D., Bogataj, M., & Choudhary, A. (2017). Closed loop supply chain (CLSC): economics, modelling, management and control. International Journal of Production Economics, 183, 319-321.
[22] Shajari, M. M., & Azizi Mouselu, A. (2020). An overview of paper and paperboard recycling in Iran. In Proceedings of the 3rd National Conference on Knowledge and Innovation in Wood and Paper Industry, Tehran, Iran. [In Persian].
[23] MohammadAli Enayati Shiraz, Seyed Abdollah Heydariyeh , MohammadAli Afshar Kazemi, (2022). Design of Supply Chain Strategies Model Using System Dynamics (SD) in Wood and Paper Industry, Journal of Industrial Management Studies, 20(64), 153-182. magiran.com/p2439657. [In Persian].
[24] Zu-Jun, M., Zhang, N., Dai, Y., & Hu, S. (2016). Managing channel profits of different cooperative models in closed-loop supply chains. Omega, 59, 251–262.
[25] Wang, W., Zhou, S., Zhang, M., Sun, H., & He, L. (2018). A closed-loop supply chain with competitive dual collection channel under asymmetric information and reward–penalty mechanism. Sustainability, 10(7), 2131.
[26] Becerra, P., Mula, J., & Sanchis, R. (2023). Optimising location, inventory and transportation in a sustainable closed-loop supply chain. International Journal of Production Research, 1-24.
[27] Wang, Y., Su, M., Shen, L., & Tang, R. (2021). Decision-making of closed-loop supply chain under Corporate Social Responsibility and fairness concerns. Journal of Cleaner Production, 284, 125373.
[28] Ashby, A. (2018). Developing closed loop supply chains for environmental sustainability: Insights from a UK clothing case study. Journal of Manufacturing Technology Management.
[29] Shekarian, E. (2020). A review of factors affecting closed-loop supply chain models. Journal of Cleaner Production, 253, 119823.
[30] Shaharudin, M. R., Tan, K. C., Kannan, V., & Zailani, S. (2019). The mediating effects of product returns on the relationship between green capabilities and closed-loop supply chain adoption. Journal of Cleaner Production, 211, 233–246.
[31] Liu, Z., Li, K. W., Li, B.-Y., Huang, J., & Tang, J. (2019). Impact of product-design strategies on the operations of a closed-loop supply chain. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 124, 75–91.
[32] Tavana, M., Kian, H., Nasr, A. K., Govindan, K., & Mina, H. (2022). A comprehensive framework for sustainable closed-loop supply chain network design. Journal of Cleaner Production, 332, 129777.
[33] Ullah, M. (2023). Impact of transportation and carbon emissions on reverse channel selection in closed-loop supply chain management. Journal of Cleaner Production, 394, 136370.
[34] Goli, A., & Tirkolaee, E. B. (2023). Designing a portfolio-based closed-loop supply chain network for dairy products with a financial approach: Accelerated Benders decomposition algorithm. Computers & Operations Research, 155, 106244.
[35] Zayed, E. O., & Yaseen, E. A. (2021). Barriers to sustainable supply chain management implementation in Egyptian industries: an interpretive structural modeling (ISM) approach. Management of environmental quality: an international journal, 32(6), 1192-1209.
[36] Warfield, J. N. (1974). Toward interpretation of complex structural models. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, (5), 405–417.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2218]

[37] Malekinejad, P., Ziaeian, M., & Bamakan, S. M. H. (2022). A communication model for reducing the bullwhip effect in closed-loop supply chain. Advances in Industrial and Manufacturing Engineering, 5, 100086.
[38]. Agrawal, P., & Narain, R. (2023). Analysis of enablers for the digitalization of supply chain using an interpretive structural modelling approach. International Journal of Productivity and Performance Management, 72(2), 410-439.
[39] Rasoolimanesh, S. M., Ringle, C. M., Sarstedt, M., & Olya, H. (2021). The combined use of symmetric and asymmetric approaches: partial least squares-structural equation modeling and fuzzy-set qualitative comparative analysis. International Journal of Contemporary Hospitality Management.
[40] Becker, J. M., Cheah, J. H., Gholamzade, R., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2023). PLS-SEM's most wanted guidance. International Journal of Contemporary Hospitality Management, 35(1), 321-346.
[41] AlNuaimi, B. K., Khan, M., & Ajmal, M. M. (2021). The role of big data analytics capabilities in greening e-procurement: A higher order PLS-SEM analysis. Technological Forecasting and Social Change, 169, 120808.
[42] Henseler, J., Hubona, G., & Ray, P. A. (2016). Using PLS path modeling in new technology research: updated guidelines. Industrial Management & Data Systems.
[43] Amora, J. T. (2023). On the validity assessment of formative measurement models in PLS-SEM. Data Analysis Perspectives Journal, 4(2), 1-7.
[44] Khazaei Pool, J., Jaberi, A., & Asadi, H. (2013). Presenting a model for developing recreational sports strategies and measuring their effectiveness using integrated SWOT and fuzzy analytic hierarchy process approaches and structural equation modeling. Journal of Operations Research and its Applications, 10(4). [In Persian].
[45] Mirzaei, M., Satoudeh, M. R., & Ahmadkhanbeigi, N. (2022). Presenting a model for identifying and analyzing the factors affecting supply chain management planning in SAIPA Automotive Company. Journal of Operations Research and its Applications, 19(3), 89-111. [In Persian].
[46] Moheb-Alizadeh, H., & Handfield, R. (2018). The Impact of raw materials price volatility on cost of goods sold (COGS) for product manufacturing. IEEE Transactions on Engineering Management, 65(3), 460–473.
[47] Windler, T., Busse, J., & Rieck, J. (2019). One month-ahead electricity price forecasting in the context of production planning. Journal of Cleaner Production, 238, 117910.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2218]