Multi-Objective Modeling of Financial Provision and Expenses in Sustainable Supply Chains – Emphasizing the Effects of Financial Ratios

Azizollah Soltani[1]
Reza Ehtesham-Rasi[2]
Sadegh Abedi[3]

Received: 27/12/2021 | Accepted: 11/01/2023

Abstract In this research, a multi-objective model is presented for the optimization of financial flows in a sustainable supply chain closed-loop. The objectives of this model include maximizing profits, minimizing environmental and social impacts, and maximizing financial ratios. The supply chain used in this research is the supply chain of production and recycling of polymer parts. As for modeling and optimization, the memetic hybrid meta-heuristic algorithm has been used. The memetic algorithm is an algorithm that is obtained by combining a genetic algorithm and a refrigeration simulation algorithm. The proposed model includes production planning, distribution, and waste collection, and is designed for multi-period and multi-product. The financial analysis parameters of the model include the current ratio, the debt-to-equity ratio, the net profit margin, the cash ratio, and the rate of return on investment. The analysis of the results shows that consideration of financial goals and indicators will lead to improved profitability. The findings also indicate that the firms can enhance their economic value through better legitimacy stemming from adopting social responsibilities and environmental concerns.

Keywords: Memetic Algorithm, Optimization of Financial Flows, Supply Chain, Mathematical Modeling, Financial Ratios.

JEL Classification: G21, C02, E51, C61, Z1.

1. Ph.D. Student of Management, Faculty of Accounting and Management, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran.
2. Assistant Professor, Faculty of Accounting and Management, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran (Corresponding Author).
3. Assistant Professor, Faculty of Accounting and Management, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran.

The Journal of PLANNING & BUDGETING | Vol. 27 | No. 4 | Winter 2023 | doi 10.52547/jpbud.27.4.61 | ISSN: 2251-9092 | PP 61-90

مدلسازی تامین مالی و مصارف آن با اهداف چندگانه در زنجیره‌های تامین پایدار با تمرکز بر آثار نسبت‌های مالی

عزیزاله سلطانی
دانشجوی دکتری رشته مدیریت، دانشکده حسابداری و مدیریت، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران.

رضا احتشام راثی | rezaehteshamrasi@gmail.com
استادیار، دانشکده حسابداری و مدیریت، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران. (نویسنده مسئول).

صادق عابدی
استادیار، دانشکده حسابداری و مدیریت، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران.

مقاله پژوهشی

دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۰۶ | پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۲۱

چکیده: رشد و توسعه زنجیره‌های تامین، مدیریت جریان‌های مالی، و افزایش اثربخشی آن دستاوردهای مهمی هستند که سبب ایجاد پایداری و کارامدی می‌شوند. مدل پژوهش با اهداف چندگانه به منظور بهینه‌سازی جریانات مالی حلقه‌بسته و پایدار در دوره‌های زمانی مختلف، تاثیرگذاری عوامل اجتماعی و زیست‌محیطی را بر ارزش‌آفرینی شرکت در صنایع تولید و بازیافت قطعات پلیمری بررسی می‌کند. برای مدلسازی از الگوریتم‌های فراابتکاری ترکیبی ممتیک، که حاصل ترکیب الگوریتم ژنتیک و شبیه‌سازی تبرید است، استفاده شده و پارامترهای مالی شامل نسبت‌های جاری، آنی، بدهی به حقوق صاحبان سهام، حاشیه سود خالص، نسبت وجه نقد و نرخ بازگشت سرمایه به‌کار رفته است. بررسی و تحلیل نتایج حاکی از آن است که شاخص‌های مالی به بهبود سودآوری منجر می‌شود و حذف آن‌ها سودآوری را کاهش می‌دهد. بر مبنای یافته‌های مذکور، شرکت‌ها می‌توانند با ایفای مسئولیت‌های اجتماعی و رسالت حفظ محیط‌زیست به مسائل اجتماعی و عوامل زیست‌محیطی در کنار سودآوری توجه کنند و بدین ترتیب مشروعیت خویش را توسعه دهند که افشای این موضوع در جامعه سودآوری را بهبود می‌دهد و سبب افزایش ارزش اقتصادی می‌شود.

کلیدواژه‌ها: الگوریتم ممتیک، بهینه‌سازی جریانات مالی، زنجیره تامین پایدار، مدلسازی ریاضی، نسبت‌های مالی.

طبقه‌بندی JEL: G21, C02, E51, C61, Z1.

فصلنامه علمی - پژوهشی پژوهش‌های بودجه
شاپا (چاپی) ۲۲۵۱-۹۰۹۲ | doi 10.52547/jpbud.27.4.61
سال بیست و هفتم | شماره ۴ | زمستان ۱۴۰۱ | ص ص ۹۰-۶۱

مقدمه

با گسترش روزافزون کسب‌وکارها سطح رقابت تنگاتنگی بین صنایع حاکم می‌گردد و همین امر تاثیر چشمگیری بر صنایع در سطح جهان می‌گذارد. از نظر دانشمندان حوزه‌های مربوطه و مدیریت، در این برهه از تغییرات پرتلاطم مرتبط با رقابت جهانی، شرکت‌ها و صاحبان کسب‌وکارها برای دستیابی به سطح مطلوب بهره‌وری و ارائه خدمات و محصولاتِ باکیفیت ناگزیر هستند در محورهایی تلاش کنند که با گسترش و ایجاد راه‌حل‌های بهینه به هدف فوق نائل شوند (Jafari Samimi *et al*., 2016). پس کاهش هزینه‌ها نیز در این خصوص از اولویت‌هایشان خواهد بود. برای این‌که راه رسیدن به تمایز ماندگار هموارتر شود، ناگزیر هستند مقوله پایداری[1] را در زنجیره‌های تامین سرلوحه اهدافشان قرار دهند (Carter & Rogers, 2008). چرا که امروزه شرکت‌های پیشرو در صنایع مختلف تولید، خدماتی و بازرگانی به این مفهوم پرداخته‌اند و آن را به عنوان راهبردهایی برای افزایش قدرت رقابتی پذیرفته‌اند. چالش‌های موجود در شبکه‌های امروزی مبتنی بر این است که آیا تحویل به‌موقع اتفاق می‌افتد؟ آیا تضمینی در راستای این‌که واکنش مناسبی در محیط پیرامونی کسب‌وکار ایجاد شود، برای بهینه‌سازی هزینه‌ها و ارتقای سطح مطلوب در زمان حمل‌ونقل مورد توجه قرار می‌گیرد؟ آیا فعالیت‌های سرمایه‌گذاری به صورت صحیح انجام می‌شود؟ وانگ و همکاران[2] (۲۰۱۸)، دریافتند که فعالیت‌های سرمایه‌گذاری مشترک بین شرکای زنجیره تامین و ارائه‌دهندگان خدمات مالی به مدیران کمک می‌کند که راه‌حل‌های تامین مالی جدیدی را درک کنند و استفاده مکفی از شیوه‌های تامین مالی موجود برای تسهیل در جریانات مالی شبکه داشته باشند.

اینک با بررسی این پرسش‌ها و سطح جامعه به این امر واقف می‌شویم که آگاهی محیط پیرامونی و جامعه موجود در آن راجع به تحولات اجتماعی و محیط‌زیست سبب شده است که در رفتار مصرف‌کنندگان نیز تغییراتی ایجاد شود. آن‌ها انتظار دارند که کالاها و خدماتی را دریافت کنند که دارای نشان استاندارد باشد و گواهی کیفیت لازم را داشته باشد و عارضه‌های زیست‌محیطی و اجتماعی آن‌ها در کم‌ترین میزان ممکن باشد. پس این امر رسالت سازمان‌ها را خطیرتر می‌کند و موجب می‌شود معیارهای جدیدی را سرلوحه کارشان قرار دهند. به‌نحوی که علاوه بر رعایت الزامات سودآوری برای شرکت، مسائل مرتبط به اجتماع و محیط‌زیست را هم در نظر بگیرند. این دغدغه برای صاحبان کسب‌وکار و زنجیره‌های تامین آن‌ها و درک نیاز گفته‌شده برای جامعه سبب خواهد

1. Sustainability
2. Wang *et al*.

شد که عوامل پایداری نیز مورد توجه مضاعف قرار بگیرد و توجه به مدیریت زنجیره تامین پایدار باعث می‌شود که مدیریت بر جریانات مالی، مدیریت بر جریانات مواد، و همچنین مدیریت بر جریان اطلاعات در شبکه زنجیره تامین در راستای اهداف اصلی زنجیره، که همانا افزایش ارزش است، هدایت شود (Guillén *et al*., 2006).

عواملی که بیانگر سلامت مالی یک شرکت است و در کنار آن بر ارزشگذاری سهام نیز موثر باشد، شامل تصمیماتی در زنجیره تامین است که با تصمیمات سرمایه‌گذاری اعم از دارایی‌های ثابت و جاری و تصمیمات تامین مالی همسوست. در نگاهی دیگر، می‌توان به مدیریت جریان مالی در زنجیره تامین اشاره کرد که کنترل‌های داخلی موثر برای بهینه‌سازی و ایجاد مطلوبیت به سرمایه در گردش و جستجو در چگونگی مدیریت موثر آن‌ها از هر دو منظر داخلی و خارجی سازمان است. از این‌رو، با کمک مدیریت زنجیره تامین پایدار و مفاهیمی در خصوص زنجیره تامین سبز[1] و مدیریت آن، به‌نحوی که دغدغه‌های مرتبط با عوامل محیط‌زیستی و اجتماعی در نظر گرفته شود و در برنامه‌ریزی‌های آن‌ها و زنجیره تامین عوامل اقتصادی هم لحاظ شود، می‌توان مطرح کرد که جریان‌های هر زنجیره تامین شامل جریان مواد، جریان اطلاعات، و جریان مالی است. هر کدام از آن‌ها بر مبنای سهمی که در بهای تمام‌شدهٔ محصول دارند، از اهمیت خاصی برخوردار است. در برخی از موارد، مدل‌های زنجیره تامین کلاسیک معمولاً از تاثیر عوامل مالی بر عملکرد کلی زنجیره تامین غافل می‌شوند، ولی در عمل ثابت شده است که جریان مالی، به عنوان یکی از سه جریان اصلی، به‌طور قابل‌توجهی بر تصمیمات عملیاتی تاثیر می‌گذارد (Lan & Zhong, 2016).

از موضوعات مهم دیگری که قابل‌توجه و کمی پیچیده است و در راستای بهبود و افزایش ارزش شرکت، این است که محاسبات لازم برای ارزش سهامداران و بهبود ارزش آن‌ها تابع عواملی از قبیل سرمایه‌گذاری‌ها، سود خالص حاصل از فعالیت‌ها و نهایتاً دارایی‌هاست. از سوی دیگر، با توجه به این‌که یکی از اهداف اصلی مدیران مالی بیشینه‌سازی ارزش شرکت است، بنابراین لازم است که آن‌ها در هنگام مدلسازی زنجیره تامین عوامل مهمی مانند تامین مالی شرکت و تقاضا را با زنجیره تامین پیوند دهند (Laínez *et al*., 2009)، زیرا تصمیم‌های بازاریابی و درخواست‌هایی که مدیران تولید و سطوح مختلف تولید دارند، همواره بر تصمیم‌های مالی موثر است. توجه به متغیرهای مالی نیز از اهمیت خاصی برخوردار است و گاه اشاره به اهمیت کنترل‌های داخلی موثر بر مدیریت وجه نقد، که در راستای مدیریت مالی موفق از عوامل مهم است، ضرورت پیدا می‌کند. بنابراین، توجه به ملاحظات

1. Green Supply Chain

مالی در زنجیره تامین و در نظر داشتن مطالعاتی که تحلیل‌های مالی را نیز همسو با تحلیل‌های مرتبط با عملیات فرایندی در نظر می‌گیرند، به‌شدت احساس می‌شود.

با توجه به این‌که جریانات مالی و همسوسازی آن با جریانات فیزیکی به عنوان سیستمی یکپارچه حائز اهمیت است، از جمله شکاف اساسی موجود در ادبیات آن است که در زنجیره‌های تامین پایدار و پیاده‌سازی برنامه‌های تاکتیکی و ملاحظات راهبردی برای آن‌ها، ایجاد سیستم جامعی برای روابط مالی و عملیاتی از توجه پژوهشگران این حوزه مغفول مانده و مدلسازی‌های اشاره‌شده حاکی از بهینه‌سازی مجزا در خصوص جریان‌های مالی یا تصمیم‌های فیزیکی است. در سایر پژوهش‌های مشابهی که یکپارچگی را بررسی نموده‌اند (Mohammadi *et al*., 2017)، پارادایم توسعه و پایداری در زنجیره‌های تامین در نظر گرفته نشده است. بنابراین، سهم پژوهش حاضر در جهت رفع شکاف گفته‌شده این است که موضوع توسعه و پایداری زمانی محقق خواهد شد که عوامل اقتصادی همزمان با عوامل اجتماعی و زیست‌محیطی مورد توجه قرار گیرد. تلاش پژوهش حاضر ارائه مدلی ریاضی است که با اهداف چندگانه و به‌طور همزمان به بهینه‌سازی جریانات مالی، با توجه به آثار پارامترهای اجتماعی و عوامل زیست‌محیطی در سودآوری و ارزش‌آفرینی اقتصادی بپردازد و نقش واسطه‌ای نسبت‌های مالی و کنترل‌های داخلی شرکت را نیز در زنجیره تامین حلقه‌بسته پایدار مورد توجه قرار دهد.

مبانی نظری پژوهش

در ادبیات پژوهش، اشاره به محرک‌هایی شده است که سازمان‌ها زیرساخت‌های لازم را برای پیاده‌سازی زنجیره تامین پایدار فراهم نمایند. این عوامل شامل رسالت‌های اجتماعی، فشارهای ایجادی توسط سهامداران، مقررات و قوانین کلانِ وضع‌شده و عوامل اقتصادی قابل‌بیان است. به‌طور معمول، در اصول حسابداری تمرکز اصلی بر سودآوری است. پس مسائلی مانند تغییرات جوّی، استفاده از منابع تجدیدناپذیر، عوامل مرتبط با مسائل محیط‌زیست و متغیرهای اجتماعی نادیده گرفته می‌شود. همین عامل سبب شد که در مباحث مرسوم حسابداری انتقاد وارد شود و مبحثی تحت عنوان حسابداری مدیریت محیط‌زیست و گسترده‌تر از آن حسابداری پایداری، زیست‌محیطی و اجتماعی مطرح شود (Pelster & Schaltegger, 2022). برای این‌که سازمان ترغیب شود مدیریت زنجیره تامین پایدار را بپذیرد، عواملی چون رقبای موجود و تنوع بازارها مفید هستند. زمانی که همانند تجارت جهانی امروزی در بین سازمان‌ها رقابت بیش‌تری حاکم باشد، سازمان‌ها ناگزیر هستند

مزیت رقابتی خویش را در مقابل رقبا حفظ کنند و در راستای ترغیب مشتریان و جذب آن‌ها موقعیت مناسب‌تری از منظر رقابت با دیگران قرار گیرند. در این ارتباط، الزاماتی مانند توجه به محیط‌زیست و مسائل اجتماعی که ایفای مسئولیت‌های اجتماعی را در پی دارد می‌تواند دلایل بر وجه تمایز باشد. ولی اگر رقبا نیز از اصول مدیریت زنجیره تامین پایدار پیروی کنند، در این صورت سازمان ناگزیر خواهد بود فشار مضاعفی برای استقرار زنجیره تامین پایدار تحمل نماید. از منظر گروه‌بندی مشتریان به دسته‌هایی چون مشتریان نهایی، سازمان‌های خصوصی-دولتی و نهایتاً نهادهای قانونگذاری، عوامل و محرک‌هایی که سبب می‌شود سازمان در راستای زنجیره تامین پایدار حرکت نماید، متفاوت خواهد بود. چرا که برخی از سازمان‌ها به منظور ارتقای سطح سودآوری خویش یا اجابت درخواست مشتریان قوانین مربوطه را به‌درستی درک و اجرا می‌کنند. از طرف دیگر، همین قوانین قابل‌اجراست که شرکت را وادار به اجرای مسائل زیست‌محیطی می‌کند. پس می‌توان گفت محرک و عامل اصلی توجه به پایداری می‌تواند قوانین و مقررات باشد (Lan & Zhong, 2016).

شیوه‌های تامین مالی زنجیره تامین

برای تامین مالی از شیوه‌هایی مانند تنزیل اسناد دریافتنی توسط دارندهٔ اسناد، خرید دِین، عاملیت (که مبتنی بر شیوه‌های تامین مالی مطالبات فروشنده کالا و خدمات از طریق موسسه اعتباری است)، عاملیت معکوس (که مبتنی بر شیوه‌های تامین مالی تعهدات خریدار نزد فروشنده از طریق موسسه اعتباری است)، پرداخت تسهیلات و اوراق بهادرسازی اسناد دریافتنی توسط موسسه اعتباری استفاده می‌شود. ابزارهای مورد استفاده برای روش‌های گفته‌شده در راستای تامین مالی راجع به تمامی سطوح زنجیره تامین ابزارهایی مانند برات الکترونیکی، سفته الکترونیکی، کارت اعتباری، اعتبار اسنادی داخلی مدت‌دار، اوراق گواهی اعتبار مولد و سایر ابزارهای مالی و تجاری مجاز که موسسه اعتباری طبق دستورالعمل بتواند به‌کار بگیرد، قابل‌استفاده خواهد بود (بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، ۱۴۰۰).

فتح‌اله و نجفی (۱۳۹۵)، مبحث تامین مالی در زنجیره تامین را در نظر گرفته و به موضوع توسعه در مدیریت مالی پرداخته‌اند. کانون توجه آن‌ها موضوع مالی در زنجیره تامین بوده است. توکلی دهاقانی و همکاران (۲۰۱۸)، رابطه بین عوامل محیط‌زیست و زنجیره تامین پایدار را بررسی کردند و دریافتند که آلودگی‌های محیط‌زیست، که حاصل گازهای گلخانه‌ای است، با افزایش فعالیت‌های حمل‌ونقل افزایش می‌یابد و این موضوع به عنوان یک عامل اجتماعی و زیست‌محیطی منفی برای

شرکت محسوب می‌گردد. شول و همکاران (۲۰۱۴)، عنوان می‌کنند که توجه به رشد و توسعه تغییرات در بازه‌های جهانی و شرایط حاکم بر آن‌ها که رقابتی گریزناپذیر در بین زنجیره‌های تامین حاکم نموده است، سازمان‌ها را به سوی حفظ و ایجاد مزیت رقابتی سوق داده است تا بتوانند در شرایط پرتلاطم موجود به حیات خویش ادامه دهند. با توجه به همه این مسائل، از سوی دیگر موارد دیگری از جمله محیط‌زیست و مسئولیت‌های اجتماعی نیز فشار مضاعف دیگری توسط مشتریان و همچنین ذی‌نفعان است که توجه به مدیریت زنجیره تامین پایدار را دوچندان می‌کند.

آکگول و همکاران[1] (۲۰۱۲)، مدلسازی بهینه‌ای را برای زنجیره تامین با شرایط چندمحصولی و در نظر گرفتن چند دوره تولید به روش برنامه‌ریزی عدد صحیح ارائه و با اهداف مرتبط با محیط‌زیست و عوامل اقتصادی زنجیره تامین چندسوختی طراحی کردند. هدف آن‌ها تحلیل رابطه‌های موجود در عملکرد پایداری، عوامل محیط‌زیستی و زنجیره‌های تامین سبز بوده است. در پژوهش آنان پایداری کسب‌وکار به عنوان توانایی برای انجام کسب‌وکار با اهداف بلندمدت اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی تعریف شده که در موفقیت بلندمدت کسب‌وکار حیاتی است. در پژوهش دیگری کارتر و روجرز (۲۰۰۸) مدلی مطرح کردند که هدف آن طراحی شبکه‌ای برای زنجیره تامین بوده که مقوله بازیافت و فعالیت‌های مرتبط با آن‌ها را که همان استفاده مجدد است به‌کار بگیرند تا مدل یکپارچه‌ای تحت عنوان زنجیره تامین حلقه‌بسته ارائه کنند که به هر دو صورت مستقیم و غیرمستقیم با محیط‌زیست سازگاری داشته باشد و شرایط محیطی را هم در نظر بگیرد. عربی و غلامیان (۲۰۲۱)، شبکه زنجیره تامین پایدار با تقاضای قیمتی را با در نظر گرفتن آلودگی صدا و گردوغبار مورد بررسی قرار دادند. در پژوهشی که توسط عطیه و سَلما[2] (۲۰۱۸) انجام شد، دو عامل مالی و زیست‌محیطی در نظر گرفته شد و مدلی با اهداف چندگانه با روش برنامه‌ریزی عدد صحیح پیاده‌سازی گردید که توجه آن‌ها زنجیره‌ای با چند محصول مختلف بوده و کانون برنامه‌ریزی آن تمرکز تاکتیکی و برنامه راهبردی برای ضایعاتِ مورد نظر بوده است. گیولن و همکاران (۲۰۰۶)، با ارائه مدلی که اهداف چندگانه داشته است، به کاستن هزینه‌ها و آثار محیط‌زیست توجه نمودند. چابان و همکاران[3] (۲۰۱۲)، ضمن این‌که بررسی اهداف اقتصادی را در نظر داشتند، به اهداف زیست‌محیطی هم توجه کرده و در این راستا به کمینه‌سازی انتشار گازهای گلخانه‌ای پرداخته‌اند.

الفت و مزروعی نصرآبادی (۲۰۱۴)، شبکه‌ای برای زنجیره تامین پایدار طراحی نمودند که استفاده از

1. Akgul *et al*.
2. Attia & Salama
3. Chaabane *et al*.

مدلسازی غیرخطی و اهداف چندگانه برای بخش سلامت موضوع اصلی آن‌ها بود. مدل آن‌ها که یکی از اهدافشان بهینه‌سازی عدالت دسترسی به امکانات درمانی بوده است، توسط الگوریتم ژنتیک حل گردید. آن‌ها در واقع به دنبال بیشینه‌سازی سود در کنار کمینه‌سازی انحرافات از نقاط مطلوب برای شاخص‌های مورد نظر مدلسازی بودند. این مدلسازی به‌نوعی یکپارچگی را برای عملیات فیزیکی و مالی در برنامه‌های زنجیره تامین مورد بررسی قرار داده است. لان و ژونگ (۲۰۱۶)، عنوان می‌کنند که از طریق تحقیق در زمینهٔ مدیریت زنجیره تامین و مسئولیت اجتماعی شرکتی، ساختار سلسله‌مراتبی از مدیریت زنجیره تامین را پیشنهاد می‌کنند و مقیاس اندازه‌گیری چندمنظوره را برای نشان دادن شیوه‌های مدیریت خاص مدیریت زنجیره تامین ارائه می‌دهند. محمدی و همکاران (۲۰۱۷)، متغیرهای مالی را با عوامل عملیاتی در یک زنجیره تامین به صورت سیستمی و نگرش چهارسطحی، که به صورت کل‌گرا در نظر گرفته شده است، و مبحث افزایش ثروت برای سهامداران را مورد توجه قرار داده‌اند. در راستای تسهیل‌گری جریان‌های مالی، لو و همکاران[1] (۲۰۲۲) بررسی نمودند که بهره‌گیری از فرصت‌های تسهیل‌گری جریانات مالی و استفاده از ابزارهای تامین مالی متناسب بین تامین‌کننده و خریدار، تامین مالی زنجیره تامین را بهبود خواهد بخشید که نهایتاً ارزش‌افزوده مضاعفی عاید سطوح زنجیره تامین خواهد شد. ذکایی و همکاران (۱۳۹۴)، یک مدل بهینه‌سازی استوار تصادفی در خصوص جریان مالی ارائه داده و جریان مالی را یکی از عوامل مهم و اثرگذار بر زنجیره تامین تلقی نموده‌اند. آن‌ها به بیشینه‌سازی سود زنجیره تامین در شرایط نااطمینانی تاکید نمودند. همچنین، وفاآرانی و ترابی (۲۰۱۸) با بهره‌گیری از مدلسازی چندهدفه به پیاده‌سازی برنامه‌ریزی تاکتیکی در زنجیره تامین پایدار در خصوص جریان‌های مالی و فیزیکی اقدام نمودند. در این پژوهش، مقوله اثربخشی با استفاده از رویکرد فازی مورد بررسی قرار گرفته و نتیجه‌گیری آن‌ها نیز تایید این اثر بخشی بوده است. محمدی و همکاران (۲۰۱۸)، نشان دادند که برای تفسیر اهداف در زنجیره تامین از منظر مالی، نیازمند ایجاد حلقه است تا ارتباط عملکرد مالی را با سایر عملیات در زنجیره تامین نشان دهد. در واقع، هدف این پژوهش مدلسازی برای نمایش ارتباط در خصوص عملیات مالی و مدیریت زنجیره تامین است.

روش‌شناسی پژوهش

روش‌شناسی پژوهش و مراحل انجام آن در زمره پژوهش‌های کمّی و کاربردی قرار دارد. این قبیل از پژوهش‌ها به منظور رفع نیازهای جوامع بشری و بهینه‌سازی و بهبود ابزارهای آنان و همچنین توسعه

1. Lu *et al*.

الگوها و اشیای موجودی که مورد استفاده هستند، از پژوهش‌های بنیادی دیگران و نتایج زمینه‌ها و بسترهای شناختی آنان بهره‌مند می‌شود تا در جهت ارتقای سطح زندگی جوامع بشری و توسعه آسایش و رفاه آنان گام بردارد. هدف پژوهش‌های کاربردی به‌کارگیری مفاهیم نظری و آزمودن آن‌ها در مسائل و موقعیت‌های واقعی است تا به بهبود محصول و بهینه‌سازی فرایندها نائل شوند. بنابراین، هدف پژوهش حاضر توسعه دانش کاربردی در زمینه بررسی آثار عملکرد زیست‌محیطی و مفروض‌های اجتماعی در کنار جریان‌های مالی بر سودآوری شرکت مورد مطالعه و زنجیره‌های تامین پایدار است. بنابراین، در مرحله ابتدایی تاریخچه نظری مسئله پژوهش مطالعه می‌شود و سپس مدلسازی ریاضی تبیین می‌گردد. در گام بعد، مدل ریاضی مطرح‌شده حل می‌شود و داده‌ها و نتایج مورد تحلیل قرار می‌گیرد. با بهره‌گیری از روش میدانی برای جمع‌آوری داده‌ها، در شرکت مورد بررسی از ۱۲ نفر خبرگان و صاحب‌نظران شرکت به صورت بسته با میانگین زمان مصاحبه ۳۵ دقیقه مصاحبه شده و با جمع‌آوری اطلاعات حاصل از مصاحبه و مقایسه آن‌ها با اطلاعات موجود در پایگاه‌های اطلاعاتی جامع، داده‌های لازم برای پژوهش در شرکت صحت‌سنجی شده است. به منظور حل مدل از الگوریتم‌های فراابتکاری ترکیبی ممتیک[1] استفاده شده است. از دلایل اصلی پژوهشگر این است که اگر الگوریتم‌های فراابتکاری در مواقعی به صورت انفرادی به‌کارگیری شوند، سبب ایجاد دام بهینگی محلی و قرارگیری در آن می‌شود. به همین منظور، از الگوریتمی استفاده می‌شود که حاصل ترکیب یک جستجوی همسایگی با الگوریتم ژنتیک است. همچنین، در این پژوهش برای الگوریتم جستجوی همسایگی از شبیه‌سازی تبرید[2] استفاده شده است.

الگوریتم ممتیک

الگوریتمی است که از ترکیب الگوریتم ژنتیک با یک جستجوی همسایگی حاصل می‌شود. هدف الگوریتم ممتیک تکامل جمعیت اولیه با بیش‌ترین تنوع جواب برای رسیدن به پاسخ بهینه است. از آن‌جا که الگوریتم‌های فراابتکاری به صورت انفرادی برخی اوقات در دام بهینه محلی قرار می‌گیرند، به همین منظور از الگوریتم فراابتکاری ترکیبی ممتیک استفاده شده است. در انجام جستجو، عموماً به دنبال برآورده کردن دو هدف اکتشاف[3] و بهره‌برداری[4] در فضای مسئله هستیم. اکتشاف به معنای اطمینان از سراسری بودن جستجوست و از آن جهت دارای اهمیت است که فضای مسئله باید به‌نحو

1. Memetic
2. Simulated Annealing
3. Exploring
4. Exploiting

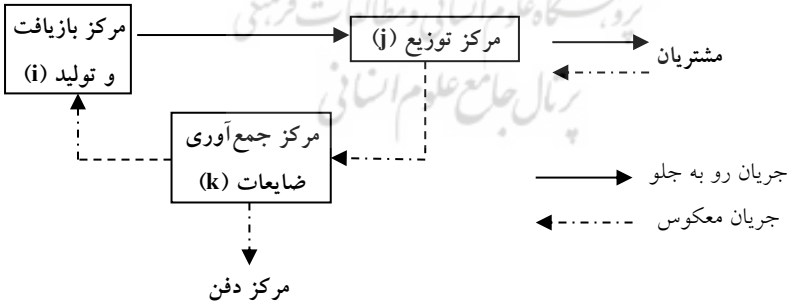
قابل‌توجهی برای یافتن نقطه بهینه سراسری جستجو شود. در بهره‌برداری به دنبال یافتن پاسخ‌های بهتر حول یک پاسخِ به‌دست‌آمده و جستجوی محلی هستیم. الگوریتم‌های ژنتیک دارای ساختار قوی در جستجوی سراسری هستند، اما برای تقویت مقوله بهره‌برداری به ترکیب با الگوریتم‌های جستجوی محلی نیاز دارند که برای بهبود جواب‌ها و افزایش سرعت همگرایی، از الگوریتم تبرید شبیه‌سازی‌شده استفاده شده است. در سال‌های اخیر، علاقه اکثر پژوهشگران به سمت الگوریتم‌های تکاملی و الگوریتم‌هایی افزایش یافته است که از روش‌های محاسباتی بر مبنای طبیعت برای حل مسائل پیچیده استفاده می‌کنند (Lu & Zhang, 2021). اما در این بخش دو مشکل وجود دارد: ۱) ممکن است زمان زیادی تا رسیدن به پاسخ بهینه صرف شود؛ و ۲) احتمال این‌که بخشی از فضای پاسخ جستجو نشود نیز وجود دارد.

اما الگوریتم ممتیک با رفع این دو نقص می‌تواند فضای بیش‌تری از ناحیه را جستجو کند و زمان حل را نیز کاهش دهد. در واقع، می‌توان گفت الگوریتم ممتیک گسترش‌یافتهٔ الگوریتم‌های تکاملی است که با استفاده از جستجوهای همسایگی مانند (شبیه‌سازی تبرید، تپه‌نوردی و جستجوی ممنوعه) باعث می‌شود که مسئله در دام بهینه محلی قرار نگیرد (Ong & Keane, 2004). از ترکیب الگوریتم‌ها، الگوریتم ممتیک تشکیل می‌شود، مانند: الگوریتم ژنتیک + جستجوی ممنوعه؛ الگوریتم ژنتیک + الگوریتم شبیه‌سازی تبرید؛ بهینه‌سازی ذرات + جستجوی ممنوعه؛ و بهینه‌سازی ذرات + شبیه‌سازی تبرید.

از آن‌جا که مسئلهٔ طراحی‌شده پژوهش دارای چند تابع هدف است، به همین دلیل الگوریتم ژنتیک ابتدا تابع هدف اول را بهینه می‌کند و زمانی که تابع هدف اول بهینه شد، برای این‌که تابع هدف دوم در دام بهینه محلی قرار نگیرد از روش شبیه‌سازی تبرید استفاده می‌شود. بنابراین، برای حل مسئله ابتدا جمعیت اولیه‌ای تولید می‌کند و بعد از انجام عمل تقاطع و جهش و انتخاب نسل جدید، اگر شرط توقف برقرار باشد، تابع هدف اول محاسبه می‌شود و مسئله برای حل تابع هدف دوم از الگوریتم بازپخت شبیه‌سازی‌شده استفاده می‌کند. اما اگر شرط توقف برقرار نباشد و مسئله در دام بهینه محلی گیر افتاده باشد الگوریتم برای جستجوی بهتر از فضای پاسخ از الگوریتم شبیه‌سازی تبرید استفاده می‌کند. و بعد از این‌که تابع هدف اول توسط الگوریتم به پاسخ بهینه رسید، الگوریتم شبیه‌سازی تبرید شروع به حل تابع هدف دوم مسئله می‌کند.

تشریح جامع مسئله پژوهش

زنجیره‌ای که در این پژوهش بررسی می‌شود در خصوص قطعات پلیمری و ظروف یک‌بار مصرفی است که در صنایع غذایی استفاده می‌شود و مدیریت زنجیره تامین و فعالیت‌های مرتبط به صورت یکپارچه و سیستمی اعم از جریانات تولید و بازیافت، جریانات مالی و فیزیکی مدلسازی می‌شوند. از جمله اصلی دلایل مرتبط با انتخاب صنعت پلیمری و استفاده از فرایند مواد بازیافت، آثار بالقوه آن در اقتصاد جوامع است. همان‌گونه که در ساختار ترسیمی زنجیره تامین در شکل (۱) مشاهده می‌شود، ابتدا محصولات از سوی شرکت تولید می‌گردد و محصول نهایی به‌وجود می‌آید. ناگفته نماند که در فرایند تولید محصول نهایی، مبحث بازیافت نیز در چرخه تولید مورد توجه است. به منظور ارائه محصولات تولیدی به مشتریان، در ابتدا محصولات از سوی شرکت تولیدی به سمت توزیع‌کننده‌ها هدایت می‌شود و مشتریان باید محصولات مورد نیازشان را از توزیع‌کننده‌ها خریداری کنند. در ادامه، چرخه فعالیت مشتریان نهایی ضایعاتشان را به توزیع‌کننده‌ها می‌فروشند تا در چرخه بازیافت مورد استفاده قرار گیرد. ضایعاتی که توسط توزیع‌کننده‌ها خریداری شده است، به مراکز جمع‌آوری ضایعات ارسال می‌شود. طبیعی است که برخی از ضایعات قابلیت بازیافت را نخواهند داشت و در مراکز دفن ناپدید خواهند شد. آن بخشی که قابلیت بازیافت دارد به مراکز بازیافت و چرخه تولید ارسال می‌شوند. همان‌گونه که در ساختار شکل (۱) مشاهده می‌شود، اهداف مدل، بیشینه‌سازی درآمد و ارزش مالی و کمینه‌سازی آثار حاصل از عوامل اجتماعی و زیست‌محیطی است.



شکل ۱: ساختار زنجیره تامین

مفروضات پژوهش

در مدل ارائه‌شده مراکز جمع‌آوری، مکان‌های توزیع‌کننده‌ها، تعداد و مکان‌های تولیدکننده‌ها مشخص هستند. مواد اولیه لازم برای تولید شامل ضایعاتی است که تفکیک شده و توسط واحدهای جمع‌آوری به سمت تولید هدایت شده‌اند. همچنین، در مراکز جمع‌آوری نیز ضایعات برگشت‌شده از واحدهای توزیع به عنوان مواد اولیه تفکیک و پِرس می‌شوند. انباری که برای مواد اولیه و همچنین واحدهای تولیدی در نظر گرفته شده است، با انبار واحدهای جمع‌آوری ضایعات اعم از تفکیک‌شده و نشده یکسان است. مرکزهای جمع‌آوری ضایعات و واحدهای تولیدی میزان قابل‌اطمینانی از محصولات تولیدی و مواد اولیه لازم را به عنوان ذخیره نگهداری می‌کنند. همچنین، واحدهای تولید توانایی لازم را برای تولید تمامی محصولات دارند. اگر واحدهای توزیع درخواست محصول نمایند در دوره خواسته‌شده اجابت می‌گردد. اگر در پایان دوره محصولات تولید و مواد اولیه داشته باشند، به دوره مالی جدید منتقل می‌شود. شبکه‌ای که برای زنجیره تامین طراحی می‌شود، متشکل از چند محصول متفاوت است. ولی میزان ظرفیت تولیدکننده و همچنین مراکز جمع‌آوری ضایعات نامحدود نخواهد بود و میزان مشخصی برای آن‌ها در نظر گرفته نخواهد شد. دارایی‌های ثابت به عنوان دارایی غیرجاری است و شامل دارایی‌های نامشهود نمی‌شود.

فرمول‌بندی مسئله

با توجه به این‌که تمامی پارامترها و متغیرهای به‌کاررفته در مدلسازی مسئله از جنس اعداد حقیقی هستند، موارد زیر را بیان می‌کنیم. i اندیس مراکز تولید و بازیافت، j اندیس مراکز توزیع، k اندیس مراکز جمع‌آوری ضایعات، p اندیس محصولات، و t اندیس دوره‌های زمانی است

عوامل اقتصادی

$Mvol_{pkt}$: حداکثر ظرفیت جمع‌آوری و پِرس ضایعات محصول p در مرکز جمع‌آوری k در دوره t

d_{jpt}: تقاضای مرکز توزیع برای محصول p در دوره t

wc_p: ظرفیت انباری است که ضایعات مربوط به محصول تولیدی p در واحدهای جمع‌آوری نگهداری و سپس پِرس می‌شوند.

Afs_{pt}: ذخیره اطمینان ضایعات محصول p در دوره t پس از پِرس در مرکز جمع‌آوری

WC_k: اندازه انباری است که واحد جمع‌آوری K باید داشته باشد.

rp_p: میزان اُفتی است (به درصد) که برای ضایعات در تولید محصول p ایجاد می‌شود.

$Svol_i$: حداکثر گنجایش انبارها در واحدهای بازیافت و مراکز تولید i

PWC_{pt}: برای محصول p در دوره زمانی t میزان مبلغی که بابت یک واحد ضایعات از نوع پِرس‌نشده خریداری می‌شود.

VCP_{pt}: برای جمع‌آوری یک واحد محصول p هزینه متغیری است که در دوره زمانی t پرداخت می‌شود.

vc_{pt}: برای یک واحد محصول p تولیدی هزینه متغیری که در دوره زمانی t لازم است.

Aps_{pt}: نگهداری حداقل اندازه لازم از محصول p در واحدهای بازیافتی و تولیدی برای اطمینان در دوره زمانی t

$Mvol_{pit}$: بیش‌ترین توان واحدهای بازیافتی و تولیدی در دوره زمانی i از دوره t برای تولید محصول p

Ov_p: فضای لازم برای نگهداری یک واحد از محصول p در انبارها

wrv_p: فضای لازم برای نگهداری هر واحد از ضایعاتی که پس از پِرس در تولید محصول p به‌کار می‌رود.

Aos_{pt}: در دوره زمانی t حداقل ضایعاتی از محصول p که برای اطمینان باید در واحدهای جمع‌آوری نگهداری شود.

Ais_{pt}: در دوره زمانی t حداقل ضایعات از نوع پِرسی برای محصول p که در واحدهای بازیافتی و تولیدی برای اطمینان باید نگهداری شود.

hnv_p: واحدهای جمع‌آوری چه ضریبی از محصول p را جمع‌آوری می‌کنند.

wrp_p: میزان ضریب اُفتی که در زمان جمع‌آوری و پِرس نمودن ضایعات در واحدهای جمع‌آوری برای محصول p رخ می‌دهد.

عوامل اجتماعی

Aif_{ij}: سطح آلودگی جاده‌ای حمل از مرکز تولید i به مرکز توزیع j

Akf_{ki}: سطح آلودگی جاده‌ای حمل از مرکز جمع‌آوری k به مرکز تولید و بازیافت i

Wel_p: در سلامت کارکنان در واحد جمع‌آوری، ضایعات لازم برای محصول p چه میزان تاثیر منفی دارد.

Ajf_{jk}: میزان آلایندگی فرایند حمل به مرکز جمع‌آوری k در جاده از واحد توزیع j

Hec_p: در سلامت استفاده‌کنندگان محصول p چه میزان تاثیر منفی دارد.
Hep_p: در سلامت کارکنان در واحدهای بازیافتی و تولیدی محصول p چه میزان تاثیر منفی دارد.

عوامل مرتبط با محیط‌زیست

Eii_{ijp}: اندازه انرژی که برای حمل‌ونقل واحد محصول p به واحد توزیع j از واحد تولیدی i مصرف می‌شود.
Eis_{jkp}: انرژی لازم برای انتقال یک واحد ضایعات محصول p به واحد جمع‌آوری k از واحد توزیع j
Eit_{kip}: اندازه انرژی که برای حمل‌ونقل واحد ضایعات پرسی محصول p به واحد بازیافتی و تولید j از واحد جمع‌آوری k مصرف می‌شود.
Ein_p: تاثیر منفی عملیات دفن واحدی از ضایعات که از محصول p ایجاد می‌شود.

پارامترهای مالی

TC_{ijpt}: هزینه‌ای که برای انتقال واحدی از محصول p به واحد توزیع j از واحد تولیدی i لازم است.
KC_{kip}: هزینه لازم برای انتقال ضایعات پرسی محصول p به واحد بازیافتی و تولیدی i از واحد جمع‌آوری k
DR_t: در دوره زمانی t چه نرخ استهلاکی وجود دارد.
CK_t: پارامتر ضریب نقدینگی برای دوره زمانی t
rt_t: در پایان دوره زمانی t ضریب مالیات
JC_{jkp}: میزان هزینه‌ای که بابت حمل ضایعات برای محصول p (یک واحد) به واحد جمع‌آوری k از مرکز توزیع j لازم است.
SP_{pt}: در انتهای دوره زمانی t یک واحد از محصول p با چه قیمتی به فروش می‌رسد.
FII_t: در طی دوره زمانی t چه اندازه سرمایه‌گذاری انجام می‌شود.
IPA_t: برای حساب‌های دریافتنی در دوره زمانی t چه نرخ بهره‌ای به‌کار می‌رود.

متغیرهای تصمیم

PX_{ipt}: میزان محصول p تولیدشده در مرکز تولید i در دوره t
Gp_{kpt}: میزان ضایعات محصول پرس‌شده محصول p در مرکز جمع‌آوری k در دوره t

IX_{ijpt}: میزان محصول p حمل‌شده از مرکز تولید i به مرکز توزیع j در دوره t

KX_{kipt}: میزان ضایعات محصول پرس‌شده p حمل‌شده از مرکز جمع‌آوری k به مرکز تولید و بازیافت i در دوره t

LK_{kpt}: سطح نهایی موجودی ضایعاتِ پرس‌شده محصول p در مرکز جمع‌آوری k در دوره t

CIM_t: موجودی نقدی در انتهای دوره t

FIA_t: دارایی‌های غیرجاری در پایان دوره t

IQV_t: موجودی ارزش کالای انبار در پایان دوره t

NIS_t: فروش خالص در پایان دوره t

NMS_t: عایدی حاصل از عرضه سهام تازه در پایان دوره t

TTP_t: سود خالص در انتهای دوره t

LI_{ipt}: سطح نهایی موجودی ضایعاتِ پرس‌شده محصول p در مرکز تولید i در دوره t

JX_{jkpt}: میزان ضایعات محصول p حمل‌شده از مرکز توزیع j به مرکز جمع‌آوری k در دوره t

LF_{jpt}: سطح نهایی موجودی محصول p در مرکز تولید i در دوره t

LIF_{kpt}: حداکثر مانده ضایعاتِ پرس‌نشده حاصل از محصول p در دوره زمانی t در واحد جمع‌آوری k

SHR_t: جمع حقوق صاحبان سهام پایان دوره زمانی t

AR_t: حساب‌های دریافتنی که در پایان دوره t وصول می‌شوند.

SID_t: بدهی‌های کوتاه‌مدت در پایان دوره زمانی t

LID_t: بدهی‌های غیرجاری در پایان دوره t

BI_t: سود حاصل از عملیات در دوره زمانی t که دارای مالیات است.

CIA_t: مانده دارایی‌های جاری پایان دوره t

تعریف تابع هدف و مدلسازی

توابع هدفی که در این پژوهش بررسی می‌شوند شامل بیشینه کردن سود، کمینه کردن آثار عملیات در محیط‌زیست و نهایتاً کمینه کردن آثار منفی عوامل اجتماعی است. بنابراین، رابطه‌های موجود در مدل تحقیق را به شرح زیر مطرح می‌کنیم:

رابطه (۱)، میزان سودآوری را نشان می‌دهد. در این رابطه، ارزش میزان فروش در دوره‌های مختلف را از هزینه‌های لجستیک شامل هزینه‌های خرید، تولید و توزیع در زنجیره تامین کسر می‌نماییم.

$$\text{Max } Z_1 = \left(\sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}\sum_{p=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} SP_{pt}.\text{IX}_{ijpt}\right) - \left(\left(\sum_{j=1}^{I}\sum_{k=1}^{K}\sum_{p=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} PWC_{pt}\cdot JX_{jkpt}\right) + \left(\sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{K}\sum_{p=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} JC_{jkp}\cdot JX_{jkpt} + \sum_{i=1}^{I}\sum_{k=1}^{K}\sum_{p=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} \text{KC}_{kip}\cdot KX_{kipt}\right)\right) - \left(\sum_{i=1}^{I}\sum_{p=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} vc_{pt}\cdot PX_{ipt}\right) + \left(\sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}\sum_{p=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} \text{IX}_{ijpt}\cdot \text{TC}_{ijpt}\right) \quad (۱)$$

رابطه ۲: کمینه کردن تاثیرات زیست‌محیطی را نشان می‌دهد. مهم‌ترین تاثیر زیست‌محیطی حمل عبارت است از: میزان مصرف انرژی و مهم‌ترین تاثیر زیست‌محیطی دفن ضایعات در طبیعت است.

$$\text{Min } Z_2 = \left(\sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}\sum_{p=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} \text{IX}_{ijpt}.Eii_{ijp}\right) + \left(\sum_{k=1}^{K}\sum_{j=1}^{J}\sum_{p=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} JX_{jkpt}.Eis_{jkp}\right) + \left(\sum_{k=1}^{K}\sum_{i=1}^{I}\sum_{p=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} KX_{kipt}.Eit_{kip}\right) + \left(\sum_{k=1}^{K}\sum_{j=1}^{J} JX_{jkpt}\cdot Ein_p\cdot(1-Hnv_p)\right) \quad (۲)$$

رابطه ۳: کمینه‌سازی تاثیرات زنجیره تامین در بُعد اجتماعی است. در این رابطه، سطح آلودگی جاده‌ای و میزان تاثیر منفی بالقوه ضایعات محصولات بر سلامت کارکنان در بخش تولید و حمل‌ونقل نشان داده می‌شود.

$$\text{Min } Z_3 = \left(\sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}\sum_{p=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} \text{IX}_{ijpt}\cdot Aif_{ij}\right) + \left(\sum_{k=1}^{K}\sum_{j=1}^{J}\sum_{p=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} JX_{ipt}\cdot \text{Ajf}_{jk}\right) + \left(\sum_{k=1}^{K}\sum_{i=1}^{I}\sum_{p=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} KX_{kipt}\cdot \text{Akf}_{ki}\right) + \left(\sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}\sum_{p=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} \text{IX}_{ijpt}\cdot \text{Hec}_p.\text{Hep}_p\right) + \left(\sum_{k=1}^{K}\sum_{j=1}^{J}\sum_{p=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} JX_{ipt}.\text{Hec}_p.\text{Wel}_p\right) + \left(\sum_{k=1}^{K}\sum_{i=1}^{I}\sum_{p=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} KX_{kipt}.\text{Hep}_p\right) \quad (۳)$$

ارزش فروش شامل ضرب ریاضی ارزش فروش شرکت در واحدهای توزیع در بهای فروش هر محصول که در رابطه (۴) نشان داده شده است.

$$TTR = \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}\sum_{p=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} SP_{pt}.\mathrm{I}X_{ijpt} \qquad (۴)$$

برای ساده‌سازی رابطه (۴) از تبدیل (۵) استفاده می‌نماییم:

$$TTR_t = \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}\sum_{p=1}^{P} SP_{pt}.\mathrm{I}X_{ijpt} \qquad (۵)$$

هزینه کل لجستیک مطابق رابطه (۶) شامل هزینه کل خرید، تولید، و توزیع است و برابر است با:

$$TTC_t = TCL_t + TCP_t + TCD_t \qquad (۶)$$

مطابق رابطه (۷) نیز هزینه کل خرید شامل مجموع هزینه مواد اولیه که ضایعاتِ خریداری‌شده است، هزینه حمل آن‌ها از واحد توزیع به جمع‌آوری، هزینه انتقال ضایعاتی که در واحدهای جمع‌آوری پِرس شده‌اند به واحدهای تولید و نهایتاً هر آنچه رسوبی در مراحل مختلف از موجودی‌های ضایعات داریم.

$$TCL_t = \left(\sum_{p=1}^{P}\sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{K} PWC_{pt}\cdot JX_{jkpt}\right) + \left(\sum_{p=1}^{P}\sum_{i=1}^{J}\sum_{k=1}^{K} \mathrm{KC}_{kip}\cdot KX_{kipt}\right) + \left(\sum_{p=1}^{P}\sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{K} JC_{jkp}\cdot JX_{jkpt}\right) \qquad (۷)$$

هزینه کل تولید، مطابق رابطه (۸) و بر اساس هزینه‌های متغیر تولید و محصولات محاسبه می‌شود.

$$TCP_t = \sum_{p=1}^{P}\sum_{i=1}^{I} vc_{pt}\cdot PX_{ipt} \qquad (۸)$$

هزینه توزیع مطابق رابطه (۹) نیز برابر است با میزان محصولاتِ حمل‌شده به مرکز توزیع‌ها ضرب در هزینه حمل هر واحد:

$$TCD_t = \sum_{p=1}^{P} \sum_{i=1}^{J} \sum_{j=1}^{J} \mathrm{I}X_{ijpt} \cdot \mathrm{PC}_{ijpt} \qquad (۹)$$

تعریف محدودیت‌ها در مدل

نخستین دسته از محدودیت‌ها مسئله مربوط به موجودی در بخش‌های مختلف زنجیره تامین است. محدودیت‌های (۱۰) و (۱۱) به‌ترتیب مربوط به برقراری توازن موجودی مواد اولیه (ضایعاتِ پرس‌شده و محصولات در مراکز تولید و بازیافت) هستند.

$$LI_{ipt-1} + \sum_{k=1}^{K} KX_{kipt} - LI_{ipt} = \frac{PX_{ipt}}{(1 - rp_p)} \quad \forall p, i, t \qquad (۱۰)$$

$$LF_{jpt-1} + PX_{ipt} - LF_{jpt} = \sum_{j=1}^{J} \mathrm{I}X_{ijpt} \quad \forall p, i, t \qquad (۱۱)$$

روابط (۱۲) و (۱۳) محدودیتی است که باید موجودی ضایعات در واحدهای جمع‌آوری از نوع پرس‌شده و پرس‌نشده با هم در توازن باشند.

$$LF_{kpt-1} + \sum_{j=1}^{J} urs_{jkpt} - LF_{kpt-1} = \frac{KX_{kipt}}{(1 - wrp_p)} \forall p, k, t \qquad (۱۲)$$

$$LK_{kpt-1} + Gp_{kpt} - LK_{kpt} = \sum_{i=1}^{I} KX_{kipt} \quad \forall p, i, t \qquad (۱۳)$$

محدودیت (۱۴)، مربوط به ارضای تقاضای مرکز توزیع‌ها در هر دوره است. محدودیت‌های (۱۵) تا (۱۸) راجع به نگهداری حداقل ذخیره‌ای از مانده محصول و ضایعات در واحدهای تولیدی، بازیافتی و جمع‌آوری برای اطمینان خاطر است.

$$\sum_{i=1}^{I} \mathrm{I}X_{ijpt} = \mathrm{D}_{\mathrm{jpt}} \quad \forall p, j, t \qquad (۱۴)$$

$$LK_{kpt} \geq Afs_{pt} \quad \forall p, k, t \qquad (۱۵)$$

$$LIF_{kpt} \geq Aos_{pt} \quad \forall p, k, t \qquad (۱۶)$$

$$LF_{ipt} \geq Aps_{pt} \qquad \forall p,i,t \qquad (۱۷)$$

$$LI_{ipt} \geq Ais_{pt} \qquad \forall p,k,t \qquad (۱۸)$$

ظرفیت‌های لازم در واحدهای بازیافتی، تولید و جمع‌آوری را محدودیت‌های (۱۹) و (۲۰) نشان می‌دهند.

$$PX_{ipt} \geq Mvol_{pit} \quad \forall p,i,t \qquad (۱۹)$$

$$Gp_{kpt} \geq Mvol_{pkt} \quad \forall p,k,t \qquad (۲۰)$$

محدودیت‌های گنجایش انبارهای مرکزها اعم از جمع‌آوری، بازیافتی و تولیدی در رابطه (۲۱) و (۲۲) بیان شده است.

$$\sum_{P=1}^{P} Ov_p \cdot LF_{jpt} + \sum_{P=1}^{P} Wrv_p . LI_{ipt} \leq Svol_i \qquad \forall i,t \qquad (۲۱)$$

$$\sum_{P=1}^{P} rs_p \cdot pnlf_{kpt} + \sum_{P=1}^{P} rv_p \cdot plf_{kpt} \leq sk_k \quad \forall k,t \qquad (۲۲)$$

متغیرهای مربوط به تصمیم نیز دارای محدودیت‌هایی هستند که در رابطه (۲۳) بیان شده است.

$$PX_{ipt}, LI_{ipt}, Gp_{kpt}, \mathrm{I}X_{ijpt}, KX_{kipt}, KX_{kipt}, LF_{ipt}, LK_{kpt}, LIF_{kpt} \geq 0 \qquad (۲۳)$$

رابطه‌های مالی و متغیرهای موجود در آن‌ها با محدودیت‌هایی مواجه هستند که در ادامه به شرح آن‌ها می‌پردازیم. رابطه (۲۴) بیان می‌کند که سود شرکت بعد از این‌که مالیات کسر شده باشد، بر مبنای نرخ مالیات و بخشی از سودی که دارای مالیات است چگونه محاسبه می‌شود.

$$TTP_t = (1 - rt_t).BI_t \qquad \forall t \qquad (۲۴)$$

رابطه (۲۵)، نشان‌دهندهٔ سود عملیاتی است.

$$BI_t = TTR_t - TTC_t \qquad \forall t \qquad (۲۵)$$

معادله اساسی حسابداری در رابطه (۲۶) بیان می‌کند که مجموع دارایی‌های شرکت با جمع حقوق صاحبان سهام و بدهی‌ها برابر است.

$$FIA_t + CIA_t = SHR_t + LID_t + CID_t \qquad \forall t \qquad (۲۶)$$

بر اساس رابطه (۲۷)، دارایی‌های جاری سرفصل‌های موجودی کالا، حساب‌ها و اسناد دریافتنی و وجه نقد است.

$$CIA_t = SHR_t + AR_t + IQV_t \qquad \forall t \qquad (۲۷)$$

رابطه (۲۸)، وجه نقد موجود در پایان دوره را نشان می‌دهد. بخشی از آن شامل درصدی از سودی است که بعد از کسر مالیات در طی دوره مالی دریافت می‌شود. بخش دیگر آن مربوط به فروش دوره

گذشته است که در حساب‌های دریافتنی تودیع و به دوره جدید منتقل می‌شود. در مفروض‌ها بیان شده است که حساب‌ها و اسناد دریافتنی در دوره مالی جدید نقد می‌گردد. پس عددی که از حاصل این حساب‌ها سرمایه‌گذاری شده است از وجه نقد کسر می‌نماییم.

$$\mathrm{CSH}_t = CK_t \cdot TTP_t + AR_{t-1} - FII_t \qquad \forall t \qquad (۲۸)$$

در رابطه (۲۹)، حساب‌ها و اسناد دریافتنی برای هر انتهای دوره زمانی، بخشی از سود عاید شده است که مالیات از آن کم شده ولی به صورت نقدی دریافت نشده است و عددِ حاصل‌شده ضرب در نرخ بهره مرتبط با هزینه حساب‌های دریافتنی است.

$$AR_t = (1 - CK_t) \cdot (1 + IPA_t).TTP_t \qquad \forall t \qquad (۲۹)$$

میزان ارزش موجودی کالا بخش دیگری از دارایی جاری است و رابطه آن در معادله (۳۰) نشان داده شده است.

$$IQV_t = \sum_{p=1}^{P}\sum_{i=1}^{I} VC_{pt} \cdot LI_{ipt} + \sum_{p=1}^{P}\sum_{k=1}^{K} VCP_{pt} \cdot LK_{kpt} + \sum_{p=1}^{P}\sum_{i=1}^{I} VCP_{pt}.LF_{jpt} + \sum_{p=1}^{P}\sum_{k=1}^{K} PWC_{pt} \cdot LIF_{kpt} \qquad \forall t \qquad (۳۰)$$

ارزش دارایی‌های غیرجاری برای پایان دوره در رابطه (۳۱) بیان شده و آن شامل حاصل جمع سرمایه‌گذاری‌هایی است که به شکل دارایی ثابت انجام شده است.

$$FIA_t = \sum_{t=1}^{t} FII_t \qquad \forall t \qquad (۳۱)$$

رابطه (۳۲)، نشان‌دهندهٔ نحوهٔ محاسبه حقوق صاحبان سهام است.

$$SHR_t = NMS_t \quad \forall t \qquad (۳۲)$$

نسبت‌های تحلیل مالی

۱- اندازه قدرت و توان شرکت راجع به ادای بدهی‌های کوتاه‌مدت نسبت به دیگران، نسبت جاری خوانده می‌شود. این بخش از نسبت‌های نقدینگی از تقسیم دارایی‌های جاری بر میزان بدهی جاری به‌دست می‌آید. نسبت جاری باید از عدد ۱ بزرگ‌تر باشد، زیرا اگر از ۱ کم‌تر باشد، یعنی شرکت توانایی پرداخت بدهی‌های خود را ندارد. بنابراین، نسبت جاری نباید از مقدار مشخصی (معمولاً

عدد ۲) بیش‌تر گردد، زیرا زیاد بودن نسبت جاری، یعنی بدون استفاده ماندن دارایی‌های شرکت یا خوابیدن سرمایه شرکت.

$$\frac{CIA_t}{CID_t} = \quad CRI_t \qquad \forall t \qquad (۳۳)$$

۲- در نمایش قدرت بازپرداخت بدهی‌های جاری شرکت، اگر از مانده دارایی‌های جاری اندازه موجودی کالا و پیش‌پرداخت‌ها را کم کنیم و حاصل آن تقسیم بر بدهی‌های جاری شود، نسبت آنی به‌دست می‌آید. بزرگ‌تر بودن این نسبت نشان‌دهندهٔ توانایی بیش‌تر شرکت در پرداخت بدهی جاری است.

$$\frac{IQV_t - SQV_t}{CID_t} = \quad QRI_t \qquad \forall t \qquad (۳۴)$$

۳- از دیگر نسبت‌های مالی که بررسی می‌کنیم، بدهی به حقوق صاحبان سهام است که مقیاسی برای سنجش اهرم مالی خواهد بود. اگر کل بدهی‌ها اعم از جاری و بلندمدت را بر حقوق صاحبان سهام تقسیم کنیم، این نسبت محاسبه می‌شود. همان‌گونه که مشخص است، بزرگ‌تر بودن این نسبت بیان می‌کند که برای تامین مالی متکی به بدهی است و هزینه‌های تامین مالی بالاتر خواهد بود. ولی اگر این روش تامین مالی عایدی بیش‌تری داشته باشد، سهامداران و ذی‌نفعان شرکت درآمد مضاعفی نسبت به سرمایه و سهام خویش نصیبشان می‌شود.

$$\frac{CID_t + LID_t}{CIM_t} = DERI_t \quad \forall t \qquad (۳۵)$$

۴- اگر سود خالص را به کل فروش تقسیم کنیم، مطابق رابطه (۳۶) یکی از نسبت‌های سودآوری که حاشیه سود خالص است، به‌دست می‌آید که با درصد بیان می‌شود.

$$\frac{TTP_t}{NIS_t} = NPMI_t \quad \forall t \qquad (۳۶)$$

۵- نسبت وجه نقد: در این نسبت موجودی کالا، دارایی‌های جاری و حساب‌های دریافتنی در نظر گرفته نمی‌شوند. اگر شرکتی توانایی نقدشوندگی‌اش، علی‌رغم سودآوری بالا، به اندازه مکفی نباشد، دچار مشکل خواهد شد. با استفاده از این نسبت می‌توانیم پیش‌بینی بهتری از قدرت توان پرداختی در زمان ضرورت، در قیاس با نسبت قبلی، داشته باشیم.

نسبت نقد = (سرمایه‌گذاری‌های کوتاه‌مدت + دارایی‌های نقد) / بدهی‌های جاری

$$\frac{CIM_t}{CID_t} = CRBI_t \qquad \forall t \qquad (۳۷)$$

۶- اگر بخواهیم بدانیم که هر واحد از دارایی‌های ما چقدر سود خالص عاید شرکت می‌کند، نرخ بازگشت دارایی را محاسبه کرده‌ایم. رابطه (۴۳)، این نسبت را نشان می‌دهد.

$$\frac{TTP_t}{FIA_t + CIA_t} = ARRI_t \qquad \forall t \tag{۳۸}$$

تحلیل داده و یافته‌های پژوهش

مدل ارائه‌شده در گروهی از کارخانه‌های پلیمری که فعالیت اصلی آن تولید پلاستیک و ظروف غذایی یک‌بار مصرف است به‌کار می‌رود. این شرکت دارای ۳ سایت تولید، ۴ مرکز جمع‌آوری ضایعات، و ۲ مرکز توزیع است. هر یک از سایت‌ها و مراکز جمع‌آوری ضایعات انبار محصول دارد. محصولات تولیدی پس از دریافت در مراکز توزیع به مشتریان ارسال می‌شود. تمام مواد اولیه برای تولید قطعات از بازار داخل تهیه می‌شود و به انبارهای مواد اولیه منتقل و از انبارهای مواد اولیه به پای دستگاه‌های تزریق برده می‌شود و سپس قطعات تولید به قسمت مونتاژ یا بسته‌بندی محصول نهایی می‌روند. برای اعتبارسنجی، ابتدا مدل را در نرم‌افزار گَمز[1] حل می‌کنیم و سپس در ابعاد بالا مسئله را توسط الگوریتم فراابتکاری مورد تحلیل قرار می‌دهیم. ابعاد مسئله در جدول (۱) آمده است:

جدول ۱: ابعاد مسئله طراحی‌شده

تعداد دوره	تعداد محصول	مراکز توزیع	مراکز جمع‌آوری ضایعات	مراکز تولید
t	p	j	k	i
۵	۲	۲	۴	۳

حال پس از آن‌که مقادیر پارامترها مشخص شد، لازم است مقادیر بهینه متغیرهای خروجی نمایش داده شود که در ادامه مقدار بهینه متغیرها محاسبه شده و در جدول (۲) آمده است.

جدول ۲: شاخص‌های مالی عملکردی در دوره مورد مطالعه

پارامتر	شاخص‌های مالی عملکردی	مقدار
NIS_4	خالص فروش	۷/۱۰۵/۳۵۰/۵۳۵
BI_4	سود عملیاتی مشمول مالیات	۳/۱۵۲/۴۰۷/۴۱۰
TTP_4	سود خالص	۲/۳۶۴/۳۰۵/۸۰۶

1. GAMS Distribution$_{v24.1.2}$

ادامه جدول ۲: شاخص‌های مالی عملکردی در دوره مورد مطالعه

پارامتر	شاخص‌های مالی عملکردی	مقدار
CRI_4	نسبت جاری	۱/۱۶
QRI_4	نسبت آنی	۰/۷۸
$DERI_4$	نسبت بدهی به حقوق صاحبان سهام	۰/۲۹
$NPMI_4$	حاشیه سود خالص	۳۳/۲۸
$CRBI_4$	نسبت وجه نقد	۰/۲۱
$ARRI_4$	نرخ بازگشت	۰/۳۳

نسبت جاری برابر با ۱/۱۶ است، یعنی شرکت توانایی پرداخت بدهی‌های خود را دارد. نسبت جاری از تقسیم دارایی‌های جاری بر میزان بدهی جاری، که شامل نسبت‌های نقدینگی است و بیان‌کنندهٔ میزان قدرت بازپرداخت بدهی‌های جاری، به‌دست می‌آید. نسبت آنی برابر با ۰/۷۸ است. این نسبت بیان می‌کند که توان شرکت در پرداخت بدهی‌های جاری با اتکا به دارایی‌های جاری، بدون توجه به موجودی کالا و پیش‌پرداخت ۰/۷۸ است. عدد حاصل از تقسیم بدهی‌ها به حقوق صاحبان سهام ۰/۲۹ است که نسبت بدهی به حقوق صاحبان سهام از دیگر نسبت‌های مالی را نشان می‌دهد. سنجش اهرم مالی شرکت را به کمک این عدد در نظر می‌گیریم و درک می‌کنیم که شرکت در راستای تامین مالی خویش برای دارایی‌ها از روش‌های مختلف، چه درصدی از حقوق صاحبان سهام و بدهی استفاده کرده است. حاشیه سود خالص برابر با ۳۳/۲۸ و نسبت وجه نقد ۰/۲۱ است. به عبارتی، از هر ۱۰۰ واحد فروش کالا با ۳۳ واحد سود مواجه است و توان بازپرداخت بدهی‌های شرکت با اتکا به صِرف دارایی‌های گروه نقد ۱ به ۵ است. در صورت نداشتن توان نقدشوندگی و توجه به متوسط، این نسبت در صنایع مشابه، حتی اگر سودآوری مطلوبی داشته باشند، گاه دچار مشکل خواهند شد. نرخ بازگشت که بیانگر سودآوری به‌ازای هر واحد دارایی است، ۰/۳۳ به‌دست آمد.

با توجه به این‌که مقدار بهینه متغیرها را به شرح فوق محاسبه کردیم و به‌دست آوردیم، در ادامهٔ مسیر حل مسئله لازم است که میزان بهینه تابع هدف را محاسبه کنیم. بنابراین، در جدول (۳) بر اساس ابعادی که برای مسئله مشخص می‌نماییم، مقدار بهینه هر کدام از توابع هدف را محاسبه و زمان اجرای هر بخش را به تفکیک درج و نتایج را مقایسه می‌کنیم.

جدول ۳: میزان توابع هدف مسئله در ابعاد مختلف

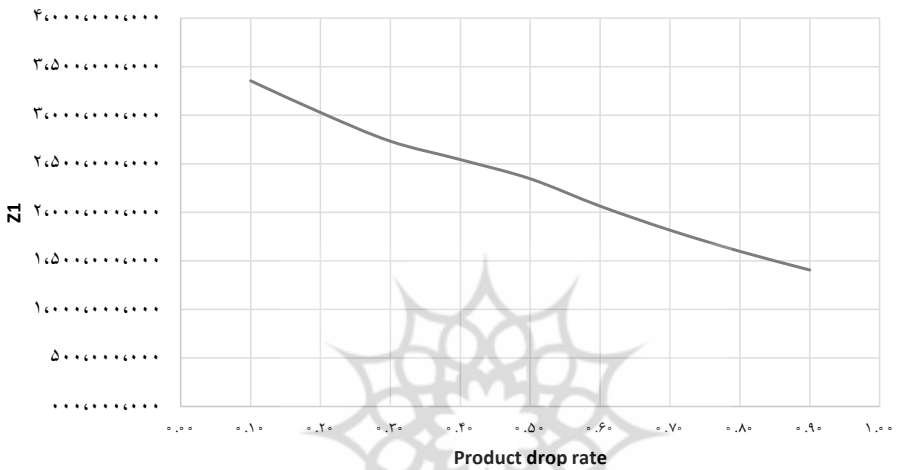
ابعاد مسئله	نتیجهٔ اولین تابع هدف	عدد دومین تابع هدف	عدد سومین تابع هدف	زمان برای حل به ثانیه
۳-۲-۴-۲	۲۳۴۵۶۵۴۶۷۸	۲۴۵۳۲۵	۱۸۲۳۴	۲
۵-۳-۴-۵	۲۷۷۵۶۵۴۱۶۵	۲۷۶۵۳۲	۲۱۳۶۴	۵
۵-۶-۳-۸	۲۹۵۵۳۵۴۶۱۶	۲۹۴۳۵۶	۲۴۴۳۳	۱۲۰
۱۰-۹-۷-۶	-	-		-
۵-۱۲-۱۶-۸	-	-		-
۱۲-۱۶-۱۲-۶	-	-		-
۲۱-۲۰-۱۹-۱۰	-	-		-

همان‌طور که در جدول (۳) مشاهده شد، با افزایش مراکز تولید و بازیافت، مسئله دیگر توسط نرم‌افزار گمز قابل‌حل نبود، به همین منظور مسئله در ابعاد بالا، باید توسط الگوریتم فراابتکاری حل شود. اما قبل از این‌که مسئله را در ابعاد بالا حل کنیم، به تحلیل حساسیت مسئله نسبت به نرخ اُفت محصول در جمع‌آوری و پرس ضایعات در مرکز جمع‌آوری خواهیم پرداخت تا تاثیر این پارامتر را در مسئله مشاهده کنیم. تحلیل حساسیت تابع هدف مسئله نسبت به نرخ اُفت محصول ضایعاتی در جدول (۴) آورده شده است.

جدول ۴: تحلیل حساسیت تابع هدف مسئله نسبت به نرخ اُفت محصول ضایعاتی

نرخ اُفت محصول ضایعاتی	تابع هدف اول	تابع هدف دوم	تابع هدف سوم
۰/۱	۳/۳۵۴/۳۲۴/۶۷۸	۳۰/۴۲۴	۴۲۳/۹۲۲
۰/۲	۳/۰۲۷/۳۸۲/۷۸۳	۲۷/۳۸۲	۳۵۳/۲۶۸
۰/۳	۲/۷۳۲/۲۵۴/۳۲۴	۲۴/۶۴۳	۲۹۴/۳۹۰
۰/۴	۲/۵۴۳/۲۵۴/۳۲۴	۱۸/۲۳۴	۲۴۵/۳۲۵
۰/۵	۲/۳۴۵/۶۵۴/۶۸۷	۱۵/۴۵۲	۲۲۸/۶۴۳
۰/۶	۲/۰۶۴/۱۷۶/۱۱۷	۱۲/۱۳۴	۲۱۳/۰۹۵
۰/۷	۱/۸۱۶/۴۷۴/۹۸۳	۱۱/۸۹۱	۱۹۸/۶۰۵
۰/۸	۱/۵۹۸/۴۹۷/۹۸۵	۹/۰۵۵	۱۸۵/۱۰۰
۰/۹	۱/۴۰۶/۶۷۸/۲۲۷	۸/۸۷۴	۱۷۲/۵۱۳

همان‌طور که از جدول (۴) مشاهده می‌شود، هرچقدر که نرخ اُفت محصول ضایعاتی در جمع‌آوری ضایعات افزایش پیدا می‌کند، تابع سودآوی کم می‌شود، که چگونگی آن در شکل (۲) ترسیم شده است و این امر برای تابع دوم و سوم نیز مصداق دارد.



شکل ۲: تغییرات تابع هدف اول مسئله نسبت به پارامتر نرخ اُفت محصول ضایعاتی

نتایج محاسباتی حاصل الگوریتم فراابتکاری

همان‌طور که در بخش قبل ملاحظه شد، نرم‌افزار گَمز قادر به حل مسئله در ابعاد بالا نیست و لازم است از الگوریتم فراابتکاری استفاده شود. نتایج در جدول (۵) مطرح شده است.

جدول ۵: مقایسه نتایج توسط نرم‌افزار گمز و الگوریتم فراابتکاری

حل توسط الگوریتم فراابتکاری				حل توسط نرم‌افزار گمز			
مدت حل به ثانیه	عدد سومین تابع هدف	تابع هدف دوم	عدد اولین تابع هدف	زمان حل (ثانیه)	تابع هدف سوم	تابع هدف دوم	تابع هدف اول	ابعاد مسئله
۲	۱۸۲۳۴	۲۴۵۳۲۵	۲۳۴۵۶۵۴۶۷۸	۲	۱۸۲۳۴	۲۴۵۳۲۵	۲۳۴۵۶۵۴۶۷۸	۳-۲-۴-۲
۲	۲۱۳۶۴	۲۷۶۵۳۲	۲۷۷۵۶۵۴۱۶۵	۵	۲۱۳۶۴	۲۷۶۵۳۲	۲۷۷۵۶۵۴۱۶۵	۵-۳-۴-۵
۱۵	۲۴۴۳۳	۲۹۴۳۵۶	۲۹۵۵۳۵۴۶۱۶	۱۲۰	۲۴۴۳۳	۲۹۴۳۵۶	۲۹۵۵۳۵۴۶۱۶	۵-۶-۳-۸
۲۵	۳۰۲۹۷	۳۵۹۱۱۴	۳۵۴۶۴۲۵۵۳۹	-	-	-	-	۱۰-۹-۷-۶
۳۰	۳۳۳۲۷	۳۹۵۰۲۶	۳۹۰۱۰۶۸۰۹۳	-	-	-	-	۵-۱۲-۱۶-۸
۳۵	۴۳۳۲۵	۵۱۳۵۳۵	۵۰۷۱۳۸۸۵۲۱	-	-	-	-	۱۲-۱۶-۱۲-۶
۴۵	۵۶۳۲۲	۶۶۷۵۹۴	۶۵۹۲۸۰۵۰۷۷	-	-	-	-	۲۱-۲۰-۱۹-۱۰

در پژوهش حاضر، ابتدا مسئله در ابعاد پایین مورد ارزیابی قرار داده شد و سپس ابعاد بالاتر برای مسئله طراحی گردید، زیرا نرم‌افزار گمز قادر به حل مسئله نبود. همچنین، از طرف دیگر مسئله را نسبت به نرخ ضایعات آزمایش کردیم و، همان‌طور که مشاهده شد، با افزایش ضایعات تابع هدف کاهش پیدا کرد.

بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش به دنبال بهینه‌سازی جریان‌های مالی در زنجیره تامین پایدار بوده است که با مدلسازی از نوع برنامه‌ریزی خطی و طراحی سه هدف اساسی در ابعاد اقتصادی ـ مالی، اجتماعی، و زیست‌محیطی سیستم یکپارچه‌ای را بررسی نمود. علی‌رغم این‌که ابعاد مذکور وابستگی طبیعی با هم دارند، ولی کارکرد آن‌ها تکمیل‌کنندهٔ یکدیگر بود و بر هم تاثیر گذاشت. بنابراین، ضرورت مدیریت جامع و توجه سیستمی به اجزای گفته‌شده، به‌نحوی که بازدهی بیش‌تری داشته باشد، اجتناب‌ناپذیر است.

همان‌گونه که بیان شد، مسئولیت‌های اجتماعی و توجه به رعایت اصول و ارزش‌های تبیین‌شده برای مسئولیت‌پذیری اجتماعی سبب بهبود ارزش برای واحدهای انتفاعی خواهد گردید. اگرچه توجه به شاخص‌هایی مانند شرایط محیط کار و بهبود آن، بهینه ساختن حقوق کارکنان، رعایت رفتارهای

اخلاقی در محیط کسب‌وکار اعم از محافظت محیط‌زیست، در نظر داشتن منافع جامعه همسو با منافع شرکت، توجه به درخواست‌ها و نیاز مشتریان و سایر عوامل دیگر در کوتاه‌مدت هزینه‌زا هستند، ولی همین عوامل و رعایت آن‌ها سبب افزایش تعداد مشتریان و بهبود ارزش و عایدی شرکت در بلندمدت می‌شود و نتیجهٔ آن کسب مزیت رقابتی و ارتقای بهره‌وری و کارایی سیستم است. از منظر تحلیلگران اقتصادی و اجتماعی، کارامدی زیست‌محیطی به عنوان بخشی از مسئولیت‌پذیری اجتماعی کانون توجه است و ارتباط آن با شاخص‌های مالی و اقتصادی و عملکرد شرکت‌ها در این زمینه، محور برخی از پژوهش‌های حسابداری اجتماعی و اقتصادی است. بنابراین، در راستای مدلسازی مسئله و تعریف شاخص‌ها و پارامترهای مورد نظر، متغیرهایی شناسایی شدند. پارامترهای اقتصادی مدل شامل ظرفیت جمع‌آوری و حمل ضایعات، تقاضای مراکز مختلف تولید، توزیع و جمع‌آوری در دوره‌های متفاوت تولیدی، قیمت خرید و فروش ضایعات و محصول نهایی، هزینه متغیر تولید و بازیافت محصول است. پارامترهای اجتماعی مدل شامل سطح آلودگی جاده‌ای حاصل از حمل ضایعات و محصول نهایی، میزان تاثیر منفی و بالقوه ضایعات محصول بر سلامت کارکنان و همچنین مصرف‌کننده‌ها می‌شود. پارامترهای زیست‌محیطی مدل شامل میزان مصرف انرژی حمل محصول و ضایعات و تاثیر زیست‌محیطی دفن ضایعات است. پارامترهای تحلیل مالی مدل شامل نسبت‌های جاری و آنی، حاشیه سود خالص، نسبت بدهی به حقوق صاحبان سهام، نسبت وجه نقد و نرخ بازگشت سرمایه است.

بر مبنای بررسی‌ها و تحلیل‌های پژوهش و نتایج حاصل از آن، بیان می‌کنیم که توجه به اهداف اقتصادی و عوامل مالی به بهبود سودآوری منجر می‌شود. از طرف دیگر، اگر در زنجیره تامین فقط به دنبال بهبود عملکرد زیست‌محیطی و بهبود عوامل اجتماعی باشیم، سودآوری واحد انتفاعی کاهش خواهد یافت. در این پژوهش، همزمانی عوامل بیان‌شده را به منظور تحقق ارزش بیش‌تر بررسی و برای بهبود جریان‌های مالی در زنجیره تامین، نسبت‌های مالی مختلفی را که مورد نیاز تصمیم‌گیرندگان در هر سازمان است، تحلیل کرده‌ایم. این عوامل نشان می‌دهد که بهره‌گیری از فرصت‌های تسهیل‌گری جریان‌های مالی و استفاده از ابزارهای تامین مالی متناسب بین تامین‌کننده و خریدار، تامین مالی زنجیره تامین را در راستای ارزش‌افزوده مضاعف بهبود خواهد بخشید.

برای تحلیل حساسیت مدل از شاخص نرخ اُفت ضایعات استفاده گردید و مشاهده شد که هرچقدر نرخ اُفت محصول ضایعاتی در جمع‌آوری ضایعات افزایش پیدا کند، متناسب با آن سبب می‌شود که تابع سودآوری کاهش یابد. همین موضوع برای کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی و اجتماعی نیز مصداق داشت و اثبات گردید. بنابراین، توصیه می‌شود مدیران با توجه به یافته‌ها، سعی

در کاهش هزینه‌ها و بهبود خط تولیدی در جهت کاهش نرخ ضایعات داشته باشند. مدیران برای دستیابی به اهداف فوق در بلندمدت باید پارامترهای صنعتی، یعنی تعداد مراکز فرآوری و مراکز بازده را مطالعه کنند. با توجه به یافته‌ها، پیشنهاد می‌شود مدیران بر میزان محصولات برگشتی در زنجیره تامین نظارت داشته باشند. با توجه به این‌که ما فرایندهای بازیابی، تعمیر، دفع و استفاده مجدد را بررسی نمودیم، در زنجیره تامین معکوس، مولفه‌های تاثیرگذار دیگری مانند آلاینده‌ها وجود دارد که می‌توان آن‌ها را برای حفاظت از محیط‌زیست بررسی کرد. در راستای روش‌های حل مسئله نیز می‌توان از سایر روش‌های فراابتکاری جدید مانند الگوریتم علف‌های هرز و الگوریتم تبخیر قطرات استفاده نمود. در نهایت با در نظر داشتن عدم قطعیت در مسئله، استفاده از رویکرد فازی یا سایر روش‌ها مانند رویکردهای احتمالی و راهکارهای سناریومحور توصیه می‌شود.

برای پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌کنیم ضمن بررسی دیدگاه خبرگان و صاحب‌نظران، به نیازسنجی‌های لازم راجع به گزارشگری مالی و غیرمالی مرتبط به محیط‌زیست و فرهنگ اجتماعی از سوی مدیران توجه شود و نارسایی‌های حرفه‌ای و فنی در این خصوص بررسی شوند. همچنین، اهداف مالی متفاوت در راستای تسهیل‌سازی جریان‌ها، لحاظ کردن ریسک‌های مالی و تجاری در محدودیت‌ها و آزمون مدل بر اساس داده‌های واقعی می‌توانند لحاظ شوند. ضمناً از آن‌جایی که در این پژوهش همه تولیدکنندگان قابلیت تولید همه محصولات را داشته‌اند، می‌توان در پژوهش‌های آتی این قابلیت را از مدل حذف کرد و در نظر داشته باشیم که هر یک از تولیدکنندگان و مراکز بازیافت، قابلیت تولید برخی از محصولات خاص را داشته باشد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

اظهاریه قدردانی

نویسندگان این پژوهش بر خود لازم می‌دانند که از حمایت‌های دلسوزانه و معنوی همکاران علمی و داوران محترم نشریه برنامه‌ریزی و بودجه و همچنین ویراستار محترم علمیِ (مازیار چابک) این نشریه سپاسگزاری نمایند.

منابع

الف) انگلیسی

Akgul, O., Shah, N., & Papageorgiou, L. G. (2012). An Optimisation Framework for a Hybrid First/Second Generation Bioethanol Supply Chain. *Computers & Chemical Engineering, 42*(1), 101-114. https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2012.01.012

Arabi, M., & Gholamian, M. R. (2021). Sustainable Supply Chain Network Design with Price-Based Demand Considering Sound and Dust Pollutions: A Case Study. *Advances in Industrial Engineering, 55*(3), 285-306. [In Farsi] https://aie.ut.ac.ir/article_84999.html

Arani, H. V., & Torabi, S. A. (2018). Integrated Material-Financial Supply Chain Master Planning under Mixed Uncertainty. *Information Sciences, 423*(1), 96-114. https://doi.org/10.1016/j.ins.2017.09.045

Attia, A., & Salama, I. (2018). Knowledge Management Capability and Supply Chain Management Practices in the Saudi Food Industry. *Business Process Management Journal, 24*(2), 459-477. https://doi.org/10.1108/BPMJ-01-2017-0001

Carter, C. R., & Rogers, D. S. (2008). A Framework of Sustainable Supply Chain Management: Moving Toward New Theory. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 38*(5), 360-387. https://doi.org/10.1108/09600030810882816

Chaabane, A., Ramudhin, A., & Paquet, M. (2012). Design of Sustainable Supply Chains under the Emission Trading Scheme. *International Journal of Production Economics, 135*(1), 37-49. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.10.025

Guillén, G., Badell, M., Espuna, A., & Puigjaner, L. (2006). Simultaneous Optimization of Process Operations and Financial Decisions to Enhance the Integrated Planning/ Scheduling of Chemical Supply Chains. *Computers & Chemical Engineering, 30*(3), 421-436. https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2005.10.015

Jafari Samimi, A., Montazeri Shoorekchali, J., & Khazaei, A. (2016). Impact of Methods of Financing Government Expenditures on Economic Growth in Iran (Emphasizing the Oil and Tax Revenues). *Planning and Budgeting, 21*(1), 3-21. http://jpbud.ir/article-1-998-fa.html

Laínez, J. M., Puigjaner, L., & Reklaitis, G. V. (2009). Financial and Financial Engineering Considerations in Supply Chain and Product Development Pipeline Management. *Computers & Chemical Engineering, 33*(12), 1999-2011. https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2009.06.025

Lan, S., & Zhong, R. Y. (2016). An Evaluation Model for Financial Reporting Supply Chain Using DEMATEL-ANP. *Procedia Cirp, 56*(1), 516-519. https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.10.101

Lu, J., & Zhang, Z. (2021). An Improved Simulated Annealing Particle Swarm Optimization Algorithm for Path Planning of Mobile Robots using Mutation Particles. *Wireless Communications and Mobile Computing, 2021*, 1-12. https://doi.org/10.1155/2021/2374712

Lu, Q., Liu, B., & Yu, K. (2022). Effect of Supplier-Buyer Cooperation on Supply Chain Financing Availability of SMEs. *International Journal of Logistics Research and Applications, 25*(9), 1244-1262. https://doi.org/10.1080/13675567.2021.1897090

Mohammadi, A. S., Alem Tabriz, A., & Pishvaee, M. S. (2018). Proposing Model for Master Planning of Sustainable Supply Chain with Considering Integration of Physical and Financial Flow. *Journal of Industrial Management Perspective, 8*(1), 39-62. [In Farsi] https://jimp.sbu.ac.ir/article_87179.html?lang=en

Mohammadi, A., Khalifeh, M., Abbasi, A., Alimohammadlou, M., & Eghtesadifard, M. (2017). Designing Supply Chain and Integrating Financial and Operational

Approach. *Journal of Industrial Management Perspective, 7*(2), 139-168. [In Farsi] https://jimp.sbu.ac.ir/article_87204.html

Olfat, L., & Mazrooii Nasr Abadi, E. (2014). A Model for Measuring Sustainability of Supply Chain, Case Study: Mechain Made Carpet Industry of Iran. *Iranian Journal of Management Sciences, 9*(33), 29-46. [In Farsi] http://journal.iams.ir/article_178.html?lang=en

Ong, Y. S., & Keane, A. J. (2004). Meta-Lamarckian Learning in Memetic Algorithms. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 8*(2), 99-110. https://doi.org/10.1109/TEVC.2003.819944

Pelster, M., & Schaltegger, S. (2022). The Dark Triad and Corporate Sustainability: An Empirical Analysis of Personality Traits of Sustainability Managers. *Business Ethics, the Environment & Responsibility, 31*(1), 80-99. https://doi.org/10.1111/beer.12398

Shoul, A., Amiri, M., Olfat, L., & Khalili Damghani, K. (2014). Multi-Period, Multi-Product Supply Chain Network Design Using an Approach Combining Multi-Objective Mathematical Programming and Data Envelopment Analysis. *Journal of Industrial Management Perspective, 4*(2), 117-137. https://jimp.sbu.ac.ir/article_87288.html?lang=en

Tavakoli Dehaghani, M. R., Shahverdiyani, S., & Mosapur, H. (2018). Sustainable Supply Chain and Environmental and Financial Performance. *Iranian Journal of Trade Studies, 22*(85), 171-194. http://pajooheshnameh.itsr.ir/article_30555.html?lang=en

Wang, J., Dou, R., Muddada, R. R., & Zhang, W. (2018). Management of a Holistic Supply Chain Network for Proactive Resilience: Theory and Case Study. *Computers & Industrial Engineering, 125*(1), 668-677. https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.12.021

ب) فارسی

بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران (۱۴۰۰). دستورالعمل ارائه خدمات تامین مالی زنجیره تامین توسط موسسه اعتباری. https://www.cbi.ir/showitem/22575.aspx

ذکایی، شیوا؛ جبارزاده، آرمین، و سجادی، سیدجعفر (۱۳۹۴). طراحی شبکه زنجیره تامین امدادرسانی با استفاده از رویکرد بهینه‌سازی استوار داده‌های بازه‌ای. *نشریه بین‌المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید*، ۲۶(۴)، ۵۵۶-۵۴۳.

فتح‌اله، مهدی، و نجفی، مهدی (۱۳۹۵). توسعه الگوی مدیریت مالی زنجیره تامین و تامین مالی زنجیره‌ای. *پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید*، ۴(۹)، ۲۶۹-۲۵۷.

نحوه ارجاع به مقاله:

سلطانی، حمیدرضا؛ احتشام راثی، رضا، و عابدی، صادق (۱۴۰۱). مدلسازی تامین مالی و مصارف آن با اهداف چندگانه در زنجیره‌های تامین پایدار با تمرکز بر آثار نسبت‌های مالی. *نشریه برنامه‌ریزی و بودجه*، ۲۷(۴)، ۹۰-۶۱.

Soltani, H., Ehtesham Rasi, R., & Abedi, S. (2022). Multi-Objective Modeling of Financial Provision and Expenses in Sustainable Supply Chains and the Study Effects of Financial Ratios. *Planning and Budgeting*, *27*(4), 61-90.
DOI: https://doi.org/10.52547/jpbud.27.4.61

Copyrights:
Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Planning and Budgeting. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://Creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.