مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال بیست و یکم، شماره دوم (پیاپی ۸۱)،تابستان ۰۳، ص ص ۳۳-۱۷
شاپا ۷۲۸۶-۲۲۵۱

یک مدل ریاضی جهت تولید – توزیع یکپارچه در یک زنجیره تامین چند سطحی

سحر خوش فطرت[1*]
۱- استادیار، گروه ریاضی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

رسید مقاله: ۱۲ مرداد ۱۴۰۱
پذیرش مقاله: ۱۲ دی ۱۴۰۱

چکیده
در دنیای کنونی، هر سیستمی به تسهیلات بیشتری جهت پیشرفت متناسب با سرعت تغییرات امروزه نیاز دارد. برای این منظور، فعالیت‌های زیادی، برنامه‌های اختصاصی خود را جهت عملکرد مستقل به‌کار می‌برند تا تمام سیستم خود را کنترل کنند. زنجیره‌های تامین، شامل سطوح مختلفی هستند که می‌توانند جهت تامین مواد اولیه برای تبدیل آن‌ها به محصولات مورد نیاز به‌کار گرفته شوند و در نهایت، محصولات را از طرق گوناگون در اختیار مشتریان قرار می‌دهند. یکی از بحث‌های مهم در زنجیره تامین، برنامه‌ریزی یکپارچه تولید-توزیع است. در مقالات اخیر، زنجیره تامین با رقابت خاص کمتر مورد توجه واقع شده است. در این مقاله، یک مدل ریاضی برای برنامه‌ریزی یکپارچه تولید-توزیع بر اساس رقابت در یک زنجیره تامین چندسطحی ارایه شده است. مدل پیشنهادی برای دو دوره و چندمحصول با رقابت عمودی در زنجیره تامین به‌وسیله چهار تابع هدف و محدودیت‌های مربوطه فرمول‌بندی شده است. مدل با به‌کارگیری روش محدودیت اپسیلون حل شده است. نتایج مثال عددی، مزایا و کاربردهای بالقوه مدل معرفی‌شده را ارایه داده است.

کلمات کلیدی: برنامه‌ریزی یکپارچه، تولید، توزیع، زنجیره تامین چندسطحی، رقابت عمودی.

۱ مقدمه
مدیریت زنجیره تامین نیز تحلیلی نظام‌مند است که عهده‌دار هماهنگی و هم‌زمان‌سازی جریان منابع اطلاعات در زنجیره‌ی تامین کنندگان، تسهیلات تولیدی، مراکز توزیع و مشتری‌ها است. در برنامه‌ریزی زنجیره تامین می‌توان با تفکیک اجزای زنجیره، آن را به مسایلی با ابعاد کوچک‌تر تبدیل نمود و نسبت به حل آن اقدام کرد، اما جداگانه در نظر گرفتن اجزای زنجیره تامین باعث در نظرنگرفتن روابط بین اجزای مختلف آن می‌شود، که این امر ممکن است به افزایش هزینه‌ها، کاهش کارایی زنجیره و افزایش روابط بین اجزای مختلف منجر شود. به همین منظور از رویکردهای یکپارچه‌سازی در زنجیره تامین استفاده می‌شود. بدین معنا

* عهده‌دار مکاتبات
آدرس الکترونیکی: saharkhoshfetrat@iaut.ac.ir

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-13]
[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2172]

که ضمن برنامه‌ریزی هم‌زمان اجزای زنجیره تامین تا حد امکان به تعاملات بین آنها نیز توجه می‌شود[۱]. در دنیای واقعی، مسایل تولید و توزیع در بسیاری از صنایع به خصوص در سیستم‌های تولیدی زنجیره تامین، فرآیندهایی بسیارحیاتی هستند. برنامه‌ریزی تولید و توزیع یکی از مهم‌ترین رویکردها در بهینه‌سازی جهانی مدیریت زنجیره تامین می‌باشد. عملکردهای کلیدی زنجیره تامین عملیات‌های عرضه و تولید و توزیع هستند که جهت رسیدن به عملکرد در سطح قابل قبول در زنجیره تامین، ضروری است که این عملیات‌ها با یکدیگر ادغام‌شده و در حالت هماهنگ از آنها بهره برده شود. امروزه شیوه‌های مدیریت تولید گذشته که یکپارچگی کمتری را در فرآیندهایشان دنبال می‌کرده‌اند، کارایی خود را از دست داده‌اند و زنجیره تامین به عنوان یک رویکرد یکپارچه‌سازی برای مدیریت مناسب جریان مواد، کالا و اطلاعات مالی توانایی پاسخگویی به شرایط را دارا می‌باشد از آنجایی که فرآیندهای اصلی زنجیره تامین به دو دسته؛ ۱) برنامه‌ریزی تولید و کنترل موجودی،۲) فرآیندهای توزیع و تدارکات تقسیم می‌شوند. لذا، مدیریت زنجیره تامین به دلیل مشخصه‌های بازار رقابتی امروزه مانند تنوع طراحی، سرعت ساخت و روش توزیع محصولات، افزایش سطح خدمت رسانی، افزایش کارایی و کاهش هزینه ها در شرکت‌ها اهمیت زیادی یافته است. از مهم‌ترین اهداف مدیریت زنجیره تامین، یکپارچه‌سازی تصمیم‌ها در بخش‌های مختلف سیستم مانند برون سپاری، برنامه‌ریزی تولید، موجودی و مدیریت توزیع است، که تمرکز روی این عوامل باعث بهینه‌سازی هزینه‌های کل سیستم می‌شود[۲].

جهانی‌سازی اقتصاد و رشد تجارت در سراسر دنیا منجر به پیچیده شدن زنجیره‌های تامین شده است. در مطالعات مدیریتی و مهندسی صنایع، اختلالات موجود در یک زنجیره تامین؛ فرمول‌بندی در این زمینه را پررنگ نموده است. مدلی برای زنجیره تامین سه سطحی شامل چند تامین کننده، یک تولید کننده و و چند خرده فروش با هدف کمینه‌سازی هزینه‌ها بعد از وقوع اختلال در زنجیره فرمول‌بندی شده است[۳]. در رقابت‌های جهانی موجود در عصر حاضر، باید محصولات متنوع را با توجه به درخواست مشتری، در دسترس وی قرار داد. خواست مشتری بر کیفیت بالا و خدمت‌رسانی سریع، موجب افزایش فشارهایی شده است که قبلاً وجود نداشته است، در نتیجه شرکت‌ها بیش از این نمی‌توانند به تنهایی از عهده تمامی کارها برآیند. در بازار رقابتی موجود، بنگاه‌های اقتصادی و تولیدی علاوه بر پرداختن به سازمان و منابع داخلی، خود را به مدیریت و نظارت بر منابع و ارکان مرتبط خارج از سازمان نیازمند یافته‌اند. علت این امر در واقع دستیابی به مزیت یا مزایای رقابتی با هدف کسب سهم بیشتری از بازار است. بر این اساس، فعالیت‌های نظیر برنامه‌ریزی عرضه و تقاضا، تهیه مواد، تولید و برنامه‌ریزی محصول، خدمت نگهداری کالا، کنترل موجودی، توزیع، تحویل و خدمت به مشتری که قبلا همگی در سطح شرکت انجام می‌شده اینک به سطح زنجیره عرضه انتقال پیدا کرده است. مساله کلیدی در یک زنجیره تامین، مدیریت و کنترل هماهنگ تمامی این فعالیت‌ها است. مدیریت زنجیره تامین[1] (SCM) پدیده‌ای است که این کار را به طریقی انجام می‌دهد که مشتریان بتوانند خدمت قابل اطمینان و سریع را با حداقل هزینه دریافت

[1] Supply chain management (SCM)

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-13]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2172]

کنند[۴]. زنجیره تامین شبکه‌ای از سازمان‌های بالادستی تا پایین‌دستی است که با فرآیندها و فعالیت‌های مختلفی، محصولات و خدمات مورد نیاز و تقاضای مشتری را نهایی و ارزشگذاری می‌نمایند[۵].

تولید جمعی به‌عنوان یک تکنولوژی درهم گسیخته منجر به چند تغییر از جمله عدم تمرکز در استقلال طراحی و تولید در یک زنجیره تامین در نظر گرفته می‌شود. برای ایجاد تمرکز و انسجام در یک زنجیره تامین، مطالعه و رویکردی معرفی شده است[۶].

۲ مرور ادبیات

با افزایش رقابت در دنیای کسب و کار و ظهور و توسعه فناوری‌های نوین، بسیاری از شرکت‌ها به سوی یکپارچگی روی آورده‌اند. نیاز به انعطاف‌پذیری، کاهش هزینه‌ها و برقراری ارتباطات نزدیک وگسترده بین تامین‌کنندگان، تولیدکنندگان و توزیع کنندگان، شرکت‌ها را بر آن داشته است که برای بقا و فعالیت در محیط رقابتی و کاملاً متغیر امروز با یکپارچه‌سازی سیستم و سازمان خود، به کسب مزیت رقابتی بپردازند[۷]. تنوع به‌عنوان یکی از مشخصه‌های طبیعی تمامی فعالیت‌های تجاری شناخته می‌شود و هر سازمانی می‌بایست خود را برای مواجهه با تغییر در ورودی و خروجی مراحل مختلف زنجیره تامین آماده نماید. بسیاری از سازمان‌ها به‌دلیل عدم وجود فرآیندهای برنامه‌ریزی یکپارچه کارا، به‌عنوان رکن اصلی در اتصال و ایجاد هماهنگی بین عناصر مختلف زنجیره تامین، امکان دست‌یابی به بیشینه عملکرد خود را ندارند. برنامه‌ریزی یکپارچه زنجیره تامین از یک سو شامل فرآیند هماهنگ‌سازی برنامه‌های تقاضا و تامین با یکدیگر و از سوی دیگر هماهنگ نمودن برنامه عملیاتی با طرح کسب و کار می‌باشد. برنامه‌ریزی در چنین محیط یکپارچه‌ای، و با مد نظر قرار دادن داده‌های عملیاتی و مالی، سبب می‌شود تا سازمان به یک زنجیره تامین با انعطاف‌پذیر بالا و کاراتر دست یابد. شکی نیست که برنامه‌ریزی زنجیره تامین یکپارچه، کلید بقای سازمان در محیط کسب و کار رقابتی امروز است [۸]. امروزه عصر تولید و خدمات با تغییر الگوی رقابت از میان شرکت‌های مستقل با رقابت میان زنجیره‌های تامین مواجه است. در این بین، اهمیت جریان مواد در زنجیره تامین از میان جریان‌های سه گانه مالی و اطلاعاتی و مواد مورد توجه می‌باشد. در غالب واحدهای تولیدی ایران هنوز از دیدگاه سنتی برای برنامه‌ریزی تامین، تولید و توزیع استفاده می‌شود. یعنی هر کدام از این اجزا به طور مستقل اقدام به برنامه‌ریزی برای فعالیت خود می نمایند. این امر در اکثریت مواقع باعث افزایش هزینه‌های کل زنجیره تامین می‌گردد[۹].

امروزه شیوه‌های مدیریت تولید سنتی که یکپارچگی کمتری را در فرایندهایشان دنبال می‌کنند، کارایی خود را از دست داده‌اند و زنجیره تامین به عنوان یک رویکرد یکپارچه برای مدیریت مناسب جریان مواد، کالا، اطلاعات و مالی، معرفی شده است. این نگرش از رویکردهایی است که در چند دهه اخیر به دلیل افزایش روز افزون رقابت‌پذیری و تلاش سازمان‌ها برای بقا، مورد توجه قرار گرفته است. بنابراین، مدیریت زنجیره تامین یک مجموعه از روش‌هایی است که برای یکپارچه نمودن موثر تامین کنندگان، تولیدکنندگان، انبارها و خرده فروشان به کار می‌رود، تا محصولات مورد نیاز به مقدار مشخص و در زمان معین و در مکان معین تولید شده و به مشتریان عرضه شود تا هزینه های کل زنجیره حداقل گردد و در ضمن نیاز مشتریان با سطح خدمت بالا برآورده شود[۱۰].

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-13]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2172]

هسته اصلی مسایل مدیریت زنجیره تامین، مربوط به برنامه‌ریزی تولید و توزیع است. مساله برنامه‌ریزی تولید در زنجیره تامین تصمیماتی است که سازنده جهت تولید کالای سفارش شده و زمان و تعداد آن به منظور برآورده کردن نیاز مشتری خواهد گرفت. مساله برنامه‌ریزی توزیع در زنجیره تامین نیز در برگیرنده تصمیماتی برای پیدا کردن کانالی جهت تحویل کالا از یک سازنده به یک توزیع کننده یا به یک مشتری است.

یکی از مهم‌ترین کلیدهای بهبود زنجیره‌های تامین برای رسیدن به کلاس جهانی، مدیریت زنجیره تامین به صورت یکپارچه و استفاده از فناوری اطلاعات است. هرجا که این نگرش یکپارچه به کار رفته، صرفه‌جویی‌های اقتصادی و افزایش کارایی زیادی حاصل شده است. به‌طوری‌که با همان فعالیت‌های گذشته، منافع زیادی به مشتریان رسیده است. از جمله اقدامات استراتژیک در مدیریت زنجیره تامین، سعی در ایجاد یک سیستم کارا و یکپارچه می‌باشد، که از طریق آن اثرات هر گونه حرکت و یا تغییری که در یک یا چند حلقه زنجیر ایجاد می‌شود، در سایر حلقه‌ها مشخص بشود[۱۱]. هدف مهم مدیریت زنجیره تامین، هماهنگ کردن همه فعالیت‌ها یا محدودیت‌های مختلف زنجیره است، به صورتی که بتوان کالاها را هنگامی‌که موجودی نگهداری شده کم و هزینه‌ها پایین است در زمان موردنیاز در اختیار مشتریان قرار داد. با افزایش رقابت در دنیای کسب و کار و ظهور و توسعه فناوری‌های جدید، بسیاری از شرکت‌ها به سوی یکپارچگی روی آورده‌اند. نیاز به انعطاف‌پذیری، کاهش هزینه‌ها و برقراری ارتباطات نزدیک و گسترده بین تامین‌کنندگان، تولیدکنندگان و توزیع‌کنندگان، شرکت‌ها را بر آن داشته است که برای بقا و فعالیت در محیط رقابتی و کاملا متغیر امروزی با یکپارچه‌سازی سیستم و سازمان خود، به کسب مزیت رقابتی بپردازند[۱۲].

با توجه به رقابت تولیدکنندگان برای تولید و ارایه سریع‌تر کالاها و انتظار مشتریان برای دریافت کالاها و خدمات مورد نیاز در کمترین زمان ممکن با کمترین میزان تاخیر، اهمیت مسایل زمانبندی و هماهنگی به مراتب بیشتر از قبل شده است. از طرف دیگر، تولیدکنندگان تمایل دارند محصولات خود را با کمترین هزینه حمل ونقل به مشتری تحویل دهند و مشتریان مایلند درخواست خود را با کمترین میزان تاخیر دریافت نمایند. در صورت ارضا و برآورد کردن منفعت هر یک از عناصر ذکر شده در یک زنجیره تامین، بهینه‌سازی کل زنجیره تامین محقق نخواهد شد. برای حل این مشکل، مدل‌های یکپارچه در زنجیره‌های تامین ارایه شده‌اند. در واقع، شیوه‌های مدیریت تولید گذشته که یکپارچگی کمتری را در فرایندهایشان دنبال می‌کردند کارایی خود را از دست داده‌اند و زنجیره تامین به عنوان یک رویکرد یکپارچه برای مدیریت مناسب جریان مواد، کالا، اطلاعات و مالی، توانایی پاسخگویی به شرایط را دارا می‌باشد[۱۳].

برای مطالعه یک رویه، مدل یا یک دیدگاه، برخی شاخص‌های عملکرد سیستم معرفی‌شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند. بیشتر شاخص‌های عملکردی که برای توصیف سیستم‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، مرتبط با سیستم‌های تولید، توزیع و موجودی است. به طور کلی، تحقیقات اندازه‌گیری عملکرد بر تجزیه و تحلیل سیستم‌های اندازه‌گیری عملکردی تمرکز دارند که در حال حاضر مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این تحقیقات ابتدا شاخص‌های عملکرد طبقه‌بندی می‌شوند و سپس این شاخص‌ها در هر طبقه بررسی می‌شوند. در ادامه نیز

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-13]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2172]

چارچوب‌هایی ایجاد می‌گردند که توسط آنها می‌توان سیستم‌های اندازه‌گیری را برای انواع مختلف سیستم‌ها به‌کار گرفت.

محققین ویژگی‌های مختلفی را که باید در هر سیستم اندازه‌گیری عملکرد موثر وجود داشته باشد، بیان کرده‌اند[۱۴].

از این ویژگی ها می‌توان هنگام ارزیابی این سیستم‌های اندازه‌گیری استفاده نمود. برخی از این ویژگی‌ها عبارتند از:

۱- جامعیت: اندازه‌گیری همه جنبه‌های وابسته.
۲- فراگیری: انجام مقایسه تحت شرایط گوناگون عملیاتی.
۳- اندازه‌گیری: لازم است داده‌ها قابل اندازه‌گیری باشند.
۴- سازگاری: مطابقت شاخص‌ها با اهداف سازمان.

علاوه بر تجزیه و تحلیل شاخص‌ها بر اساس اثربخش بودن آن‌ها، قیاس‌سنجی نیز یکی دیگر از مهم‌ترین روش‌هایی است که در ارزیابی عملکرد مورد استفاده قرار می‌گیرد. قیاس‌سنجی اگر به عنوان ابزاری برای شناسایی فرصت‌های بهبود به‌کار گرفته شود، می‌تواند مفید واقع گردد.

مطالعات زیادی در مورد شاخص‌های عملکرد صورت گرفته و محققان این شاخص‌ها را طبقه‌بندی نموده‌اند. این طبقه‌بندی‌ها ابزار مفیدی جهت تجزیه و تحلیل سیستم‌ها هستند. تعدادی از این طبقه‌بندی ها شامل: کیفیت، زمان، انعطاف‌پذیری و هزینه می‌باشد[۱۵].

برنامه‌ریزی تولید- توزیع و بهینه‌سازی آن در مدیریت زنجیره تامین، اهمیت زیادی در میان پژوهشگران یافته است. دو موضوع مهم مسایل بهینه‌سازی در زنجیره تامین، برنامه‌ریزی تولید و توزیع هستند. در واقع یکی از مهم‌ترین مباحث مطرح‌شده در زنجیره تامین، برنامه‌ریزی یکپارچه تولید- توزیع است. تولید و توزیع یکپارچه محصولات در یک زنجیره تامین نقش مهمی را در کاهش هزینه های زنجیره بر عهده دارد. برنامه‌ریزی یکپارچه تولید و توزیع به دلیل ادغام شدن فعالیت‌ها و بخش های مختلف زنجیره تامین باعث کاهش هزینه‌های زنجیره می‌شود و از این رو از مباحث بسیار مهم و کلیدی در مدیریت زنجیره تامین می‌باشد و توجه بسیاری از محققان را در دهه‌های گذشته به خود جلب کرده است. امروزه دنیای کسب و کار و تجارت نیز همواره زنجیره‌های تامین را ملزم می کند تا با یکدیگر به رقابت بپردازند و در این راه، ادغام برنامه ریزی تولید-توزیع اهمیت روزافزونی یافته است.

باهوتیا[1] و همکاران[۱۶] مطالعه‌ای با هدف برنامه‌ریزی یکپارچه تولید-توزیع با رویکرد فازی چندهدفه انجام دادند. در این تحقیق یک مدل فازی چندهدفه بر اساس محصولات مختلف، دوره‌های زمانی مختلف و چندین مکان تولید فرموله شده است. در این تحقیق سه هدف اصلی شامل ظرفیت ناهمگن حمل و نقل، بازگشت درخواست‌های تامین‌نشده و بهینه‌سازی زمان/هزینه مورد نظر قرار گرفته است. در ادامه مدل پیشنهادی در صنعت

[1] Badhotiya et al.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-13]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2172]

خودروسازی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که مدل پیشنهادی باعث کاهش هزینه‌ها، کاهش زمان تحویل و بهینه سازی پاسخگوی به سفارشات می‌شود.

کسن و بکتاش[1][۱۷] در تحقیقی به بررسی برنامه‌ریزی یکپارچه تولید-توزیع در پنجره های زمانی مختلف پرداختند. این تحقیق با رویکردی توصیفی و به شکل فراتحلیل و با مطالعه تحقیقات پیشین در راستای یگپارچه سازی زنجیره تامین انجام شده است. در این تحقیق اظهار شده است که برنامه‌ریزی یکپارچه تولید-توزیع در زنجیره تامین از یک سو باعث کاهش هزینه‌ها شده و از سوی دیگر به بهبود انعطاف‌پذیری زنجیره تامین کمک می‌کند. در این مقاله با ذکر چند مثال موردی، اهمیت برنامه‌ریزی یکپارچه تولید-توزیع در بهبود عملکرد زنجیره تامین مورد تاکید قرار گرفته است.

فرازون[2] و همکاران [۱۸] یک مدل هیبرید برای برنامه‌ریزی یکپارچه تولید-توزیع در زنجیره تامین را ارایه کردند. در این مقاله از برنامه‌ریزی خطی ترکیبی، شبیه‌سازی وقایع گسسته و الگوریتم ژنتیک برای برنامه‌ریزی تولید و توزیع به شکلی تلفیقی استفاده شده است. مدل پیشنهادی در این تحقیق در یک مطالعه موردی تجربی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که مدل پیشنهادی باعث کاهش معنادار تعداد تاخیر در برآورده‌سازی سفارشات، کاهش زمان و کاهش هزینه‌های تولید و تحویل محصول می‌شود. بر این اساس، محققان مدل فوق را برای به‌کارگیری در زنجیره تامین پیشنهاد کردند.

اونیل[3] و همکاران[۱۹] یک مدل برنامه‌ریزی یکپارچه مختلط صحیح و تصادفی معرفی کردند که در آن معیارها و شاخص‌هی محیطی را در نظر گرفتند و با یک مطالعه موردی مدل معرفی‌شده را پیاده‌سازی کردند.

اوتوما[4] و همکاران [۲۰] یک مقاله مروری بر تولید – توزیع یکپارچه در زنجیره تامین ارایه دادند.

علی‌رغم این که در بسیاری از مطالعات داخلی و خارجی بر یکپارچه‌سازی سیستم تولید-توزیع تاکیدشده و منافع بی‌شمار آن برای شرکت بیان شده است؛ اما آنچه در عمل دیده می‌شود؛ این است که در اغلب شرکت‌های تولیدی داخل کشور توجه زیادی به سیستم یکپارچه تولید-توزیع نشده و این امر باعث بروز مشکلات عدیده‌ای برای شرکت‌های داخلی می‌شود. بدین ترتیب با بروز کوچک‌ترین مشکل در سیستم تولید و یا توزیع، بخش‌های مختلف زنجیره تامین دچار اختلال‌شده و بدین ترتیب چابکی شرکت‌ها در عرضه به موقع محصولات به بازار کاهش می‌یابد. با توجه به اهمیت برنامه‌ریزی تولید-توزیع، و مشکل نبود برنامه‌ریزی در سیستم بسیاری از شرکت‌ها و موسسه‌ها مطالعه حاضر با هدف ارایه یک مدل ریاضی برای برنامه‌ریزی یکپارچه تولید-توزیع بر اساس رقابت در یک زنجیره تامین چند سطحی با هماهنگ کردن همه فعالیت‌ها یا محدودیت‌های مختلف زنجیره؛ انعطاف‌پذیری، کاهش هزینه‌های کلی وکاهش هزینه های حمل و نقل و برقراری ارتباطات نزدیک و گسترده بین تامین‌کنندگان، تولیدکنندگان و توزیع‌کنندگان به طوری‌که زمان دریافت محصول به مشتری کاهش

[1] Kesen and Bektaş
[2] Frazzon et al.
[3] Oneill et al.
[4] Utama et al.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-13]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2172]

یابد؛ انجام شده است و به طور کلی هدف اصلی به حداقل رساندن هزینه‌های زنجیره تامین و به حداکثر رساندن سطح ارایه خدمات می‌باشد.

۳ روش تحقیق

در این مقاله، حداقل رساندن هزینه‌های زنجیره تامین و حداکثر رساندن سطح ارایه خدمات مد نظر گرفته شده است. کاهش هزینه‌ها و افزایش رضایت مشتریان بحث مهم و ضروری در زنجیره تامین است[۱]. برای این منظور، رویکردهایی جهت برآورد این اهداف ارایه شده است[۳ و ۹].

در این پژوهش، سیاست‌های بهبود هماهنگی و همخوانی بین عرضه‌کنندگان و توزیع‌کنندگان و تاثیر هر سیاست بر زنجیره تامین چندسطحی بررسی می‌شوند. هزینه‌های حمل‌ونقل و رقابت‌های بازاری ارزیابی شده، تا کاهش و افزایش آن‌ها برآورد شود و به این ترتیب رضایت مشتریان تامین شود. یک مدل ریاضی برای برنامه‌ریزی یکپارچه تولید-توزیع بر اساس رقابت در یک زنجیره تامین چندسطحی با هدف حداقل‌سازی هزینه‌ها و حداکثر رساندن سطح خدمات ارایه می‌شود. با توجه به ادبیات موضوع و تحقیقات پیشین [۸، ۱۰، ۱۷ و ۲۰]، نوع رقابت در برنامه‌ریزی یکپارچه تولید-توزیع در یک زنجیره تامین چندسطحی حایز اهمیت است.

٤ مفروضات مساله

مفروضات مساله عبارتند از:

۱- کیفیت خدمات با رضایت مشتریان رابطه مستقیم دارد.

۲- نوع رقابت تکنیک مناسب برای افزایش سطح خدمات است.

۳- مدل ریاضی پیشنهادی باعث افزایش معنی دار سطح خدمات زنجیره تامین می‌شود.

٥ مدل ریاضی

اندیس‌ها، مجموعه‌ها، پارامترها و متغیرهای تصمیم‌گیری به‌کار گرفته‌شده در مدل به شرح زیر هستند:

٥-۱ اندیس‌ها و مجموعه‌ها

تعداد کارخانه‌های تولیدی	$p = ۱, ۲, ..., P$
تعداد مراکز توزیع	$d = ۱, ۲, ..., D$
تعداد مشتریان نهایی	$c = ۱, ۲, ..., C$
تعداد دوره‌های زمانی	$t = ۱, ۲, ..., T$
تعداد محصولات	$i = ۱, ۲, ..., I$

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-13]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2172]

۵-۲ پارامترهای مدل

C_d حداکثر ظرفیت مراکز توزیع d

PC_{ip} حداکثر ظرفیت تولید محصول i توسط کارخانه p

S_{idc} حداکثر محصول i فرستاده شده از مرکز توزیع d به مشتری c

D_{ct} تقاضای مشتری c در دوره t

F_{pt} هزینه تهیه ماده اولیه برای کارخانه p در دوره t

SC_{ipdt} هزینه تولید هر واحد محصول i در کارخانه p برای مرکز توزیع d در دوره t

Sh_{ipdt} هزینه ارسال هر واحد محصول i در کارخانه p برای مرکز توزیع d در دوره t

M_{idt} هزینه نگهداری هرواحد محصول i در مرکز توزیع d در دوره t

T_{pdit} هزینه حمل و خرید هر واحد محصول i از کارخانه p به مرکز توزیع d در دوره t

N_{pt} زمان تهیه ماده اولیه برای کارخانه p در دوره t

E_{ipdt} زمان تولید و توزیع هر واحد محصول i از کارخانه p به مرکز توزیع d در دوره t

B_{icdt} زمان ارسال هر واحد محصول i به مشتری c ازمرکز توزیع d در دوره t

α_{ipt} قدرت فروش محصول i تولید شده توسط کارخانه p (رهبر) در دوره t

α'_{idt} قدرت فروش محصول i توزیع شده توسط مرکزتوزیع d (رقیب) در دوره t

β_{ipt} کشش قیمتی یرای محصول i تولید شده توسط کارخانه p (رهبر) در دوره t

β'_{idt} کشش قیمتی یرای محصول i توزیع شده توسط مرکز توزیع d (رقیب) در دوره t

γ_{icpt} کشش قیمت مشتری c برای محصول i تولید شده توسط کارخانه p (رهبر) در دوره t

γ'_{icdt} کشش قیمت مشتری c برای محصول i توزیع شده توسط مرکز توزیع d (رقیب) در دوره t

۵-۳ متغیرهای تصمیم‌گیری

Y_{pt} مقدار ماده اولیه استفاده شده برای کارخانه p در دوره t

Q_{ipdt} مقدار محصول i ارسالی از کارخانه p به مرکز توزیع d در دوره t

H_{idt} مقدار محصول i نگهداری شده توسط مرکز توزیع d در دوره t

In_{dit} موجودی محصول i در مرکز توزیع d در دوره t

W_{idct} مقدار محصول i ارسالی از مرکز توزیع d به مشتری c در دوره t

pr_{ipt} قیمت فروش محصول i تولید شده توسط کارخانه p (رهبر) در دوره t

pr'_{idt} قیمت فروش محصول i توزیع شده توسط مرکز توزیع d (رقیب) در دوره t

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-13]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2172]

x_{ipt} میزان فروش محصول i تولید شده توسط کارخانه p (رهبر) در دوره t

x'_{idt} میزان فروش محصول i توزیع شده توسط مرکز توزیع d (رقیب) در دوره t

dl_{icpt} میزان تقاضای بالقوه مشتری c برای محصول i تولید شده توسط کارخانه p (رهبر) در دوره t

df_{icdt} میزان تقاضای بالقوه مشتری c برای محصول i توزیع شده توسط مرکز توزیع d (رقیب) در دوره t

۵-٤ توابع هدف مدل

توابع هدف به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$Min\ Z_1 = \sum_{p=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} F_{pt} \times Y_{pt} + \sum_{i=1}^{I}\sum_{p=1}^{P}\sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T} (Sh_{ipdt} + Sc_{ipdt}) \times Q_{ipdt} + \sum_{i=1}^{I}\sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T} M_{idt} \times H_{idt} \quad (1)$$

$$Min\ Z_2 = \sum_{p=1}^{P}\sum_{d=1}^{D}\sum_{i=1}^{I}\sum_{t=1}^{T} T_{pdit} \times Q_{ipdt} + \sum_{d=1}^{D}\sum_{i=1}^{I}\sum_{t=1}^{T} M_{idt} \times In_{dit} \quad (2)$$

$$Min\ \ Z_3 = \sum_{p=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} N_{pt} Y_{pt} + \sum_{i=1}^{I}\sum_{p=1}^{P}\sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T} E_{ipdt} Q_{ipdt} + \sum_{i=1}^{I}\sum_{d=1}^{D}\sum_{c=1}^{C}\sum_{t=1}^{T} B_{idct} \times W_{idct} \quad (3)$$

$$Max\ z_4 = \sum_{i=1}^{I}\sum_{p=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} pr_{ipt} \times x_{ipt} + \sum_{i=1}^{I}\sum_{d=1}^{D}\sum_{t=1}^{T} pr'_{idt} \times x'_{idt} \quad (4)$$

تابع هدف اول مجموع هزینه‌های شبکه را کمینه می‌کند. هزینه‌ها به ترتیب عبارتند از: هزینه تهیه ماده اولیه، هزینه تولید و ارسال محصول به مراکز توزیع، هزینه نگهداری در مراکز توزیع.

تابع هدف دوم نیز کل هزینه‌های مربوط به سطح توزیع کننده شامل هزینه‌های حمل و خرید و هزینه نگهداری موجودی درمراکز توزیع را به حداقل می‌رساند.

تابع هدف سوم نیز مجموع زمان‌های ارسال شبکه را کمینه می‌کند. زمان‌ها به ترتیب عبارتند از: زمان تهیه ماده اولیه، زمان تولید و ارسال محصول به مراکز توزیع، زمان ارسال محصول به مشتری.

تابع هدف چهارم درآمد حاصل از فروش را برای شرکت‌های رهبر و رقیب بیشینه می‌کند.

۵-۵ محدودیت‌های مدل

محدودیت‌ها به‌صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$\sum_{p=1}^{P} Q_{pdit} \geq 0 \qquad \forall d,i,t \quad (5)$$

$$\sum_{d} W_{idct} \geq D_{ct} \qquad \forall i,c,t \quad (6)$$

$$H_{idt} \leq C_d \qquad \forall i,d,t \quad (7)$$

$$\sum_{d} Q_{ipdt} \leq PC_{ip} \qquad \forall i,p,t \quad (8)$$

$$\sum_{c} W_{idct} \geq S_{idc} \qquad \forall i,d,t \quad (9)$$

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-13]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2172]

$$\sum_{d} Q_{ipdt} \le Y_{pt} \qquad \forall \text{i,t,p}$$

$$H_{idt} \le Q_{ipdt} + H_{id(t-1)} - \sum_{c} W_{idct} \qquad \forall \text{i,d,p,t}$$

$$\sum_{d=1}^{D} Q_{pdit} + In_{dit} \le PC_{ip} \qquad \forall \text{p,i,t}$$

$$dL_{icpt} = \alpha_{ipt} - \beta_{ipt} \times pr_{ipt} + \gamma_{icpt} \times pr'_{idt} \quad \forall i,c,p,d,t$$

$$df_{icdt} = \alpha'_{idt} - \beta'_{idt} \times pr'_{idt} + \gamma'_{icdt} \times pr_{ipt} \qquad \forall i,c,p,d,t$$

$$x_{ipt} \le dL_{icpt} \qquad \forall \text{i,c,p,t}$$

$$x'_{idt} \le df_{icdt} \qquad \forall \text{i,c,d,t}$$

$$Q_{ipdt}, W_{idct}, Y_{pt}, H_{idt}, In_{dit} \ge 0$$

محدودیت اول بیانگر این است که مقدار محصول ارسالی از تمامی کارخانه‌ها به مرکز توزیع d حداقل به اندازه مقدار محصول ارسالی از آن مرکز توزیع به تمامی مشتریان در دوره زمانی t می‌باشد.

محدودیت دوم تضمین می‌کند که مقدار محصول فرستاده شده به هر مشتری باید بزرگ‌تر مساوی تقاضای مشتری باشد.

محدودیت سوم تضمین می‌کند که مقدار محصول نگهداری‌شده در مراکز توزیع حداکثر باید برابر ظرفیت آن مرکز باشد.

محدودیت چهارم حداکثر ظرفیت تولید محصول در کارخانه را نشان می‌دهد.

محدودیت پنجم حداکثر مقدارمحصولی که هر مرکز توزیع می‌تواند به مشتریان ارسال کند را نشان می‌دهد.

محدودیت ششم تضمین می‌کند که کالای تولیدشده در هر کارخانه باید کوچک‌تر یا مساوی با مقدار ماده اولیه موجود در هر کارخانه باشد.

محدودیت هفتم این محدودیت تضمین می‌کند که مقدار محصول نگهداری‌شده در مراکز توزیع باید کوچک‌تر مساوی با مجموع مقدار کالای ارسالی و مقدار کالای نگهداری‌شده دوره قبل منهای مقدار کالای ارسال‌شده به مشتری در آن دوره باشد.

محدودیت هشتم نشان‌دهنده ظرفیت مرکز توزیع به منظور حمل و نگهداری هرواحد محصول در دوره t است.

محدودیت نهم این محدودیت بیان می‌کند که تغییرات هرواحد از قیمت فروش محصول نهایی توسط رقیب چند واحد بر تقاضای مشتری از کارخانه (رهبر) تاثیر می‌گذارد. γ کشش قیمت مشتری-رهبر را برحسب میزان تقاضای مشتری تعریف می‌نماید.

محدودیت دهم این محدودیت بیان می‌کند که تغییرات هرواحد از قیمت فروش محصول نهایی توسط رهبر چند واحد بر تقاضای مشتری از شرکت رقیب تاثیر می‌گذارد. γ کشش قیمت مشتری-رقیب را برحسب میزان تقاضای مشتری تعریف می‌نماید.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-13]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2172]

محدودیت‌های یازدهم و دوازدهم بیان می‌کنند که به ترتیب میزان فروش رهبر و رقیب برای یک محصول خاص، نباید از میزان تقاضایی که برای آن ها بالقوه می گردد تجاوز کند.
در محدودیت سیزدهم متغیرهای پیوسته غیرمنفی نشان داده شده است.

٦ مثال عددی

جهت بررسی کارایی و اعتبار مدل ریاضی ارایه‌شده، یک مثال عددی جامع ازکارخانه تولیدی محصولات لبنی کاله به‌عنوان زنجیره تامین در نظر گرفته شده است. با استفاده از نرم افزار گمز، مثال حل‌شده و نتایج مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

٦-١ معرفی روش حل

روش محدودیت اپسیلون یکی از معروف‌ترین روش‌های حل مسایل بهینه‌سازی چندهدفه است. در این روش به جای ترکیب کردن توابع هدف در قالب یک تابع، بهینه‌سازی یک هدف مدنظر قرار می‌گیرد و دیگر توابع هدف به محدودیت هایی که (اپسیلون) نامیده می‌شود؛ تبدیل می‌گردند.

روش محدودیت اپسیلون یکی از رویکردهای دقیق شناخته‌شده و پر کاربرد جهت حل مسایل چندهدفه می‌باشد. بر اساس این روش در هر مرحله تمامی اهداف غیر از یک تابع هدف به قسمت محدودیت ها منتقل می‌شوند برای هریک از اهداف یک حداقل مقدار قابل قبول تحت عنوان اپسیلون تعیین می‌گردد، سپس به ازای مقادیر مختلف اپسیلون مرزهای پارتو ایجاد می گردد.

٦-٢ گام‌های روش اپسیلون

۱- یکی از توابع هدف مساله را به عنوان تابع هدف اصلی مساله انتخاب کنید.
۲- هر بار با توجه به یکی از توابع هدف مساله را حل کنید و مقدار بهینه هر تابع هدف را به‌دست آورید.
۳- بهترین و بدترین مقدار هر تابع هدف را که در حل مساله به ازای توابع هدف مختلف ایجاد شده را تعیین کنید.
۴- بازه بین بهترین مقدار و بدترین مقدار مشاهده شده هریک از اهداف فرعی مساله را به فواصلی از قبل مشخص تقسیم نمایید و هریک از این مقادیر را به ترتیب برای n تابع هدف مسأله $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_n$ بنامید.
۵- هر بار مساله را با تابع هدف اصلی در شرایطی که توابع هدف فرعی در محدودیت‌ها به مقادیر $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_n$ محدود شده‌اند حل کنید. (طبیعتا) اگر بازه بین بهترین و بدترین مقدار توابع فرعی مثلا به n فاصله مساوی تقسیم‌بندی شود برای هر یک از اپسیلون ها $n+1$ مقدار مختلف وجود خواهد داشت که در مراحل مختلف حل به ازای ترکیبات مختلف اپسیلون‌های تعیین شده حل می‌گردد.)
۶-جواب‌های پارتویی یافت‌شده را گزارش کنید.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-13]
[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2172]

۶-۳ مفروضات مثال عددی

یک کارخانه تولیدی، ۲ مرکز توزیع، ۴ محصول، ۲ مشتری در ۲ دوره ۶ ماهه به صورت زیر در نظر گرفته‌شده است:

$$p = \{p_1\}$$
$$d = \{d_1, d_2\}$$
$$i = \{i_1, i_2, i_3, i_4\}$$
$$t = \{t_1, t_2\}$$
$$c = \{c_1, c_2\}$$

۶-۴- معرفی پارامترهای مثال عددی

PC_{ip} Uniform (2400-2600)

C_d Uniform (300-400)

S_{idc} Uniform (800-900):

D_{ct} Uniform (500-600):

F_{pt} Uniform (300-600):

Sc_{ipdt} Uniform (1000-1500):

Sh_{ipdt} Uniform (500-800):

M_{idt} Uniform (400-600):

n_{pt} Uniform (60-100):

E_{ipdt} Uniform (200-300):

B_{icdt} : Uniform (30-70)

α_{ipt} Uniform (7500-8500):

α'_{idt} Uniform (7500-8500):

β_{ipt} Uniform (1-100):

β'_{idt} Uniform (1-50):

γ_{icpt} Uniform (10-100):

γ'_{icdt} Uniform (10-110):

۶-۵ نتایج حل با استفاده از روش محدودیت اپسیلون

مساله معرفی‌شده در قالب مدل ریاضی معرفی‌شده مدلسازی و سپس با استفاده از روش محدودیت اپسیلون توسط نرم افزار گمز حل‌شده و نتایج مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-13]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2172]

به این منظور مطابق الگوریتم حل روش محدودیت اپسیلون؛ ابتدا مساله به طور جداگانه با هریک از سه تابع هدف حل‌شده و در نهایت بهترین مقدار و بدترین مقدار هریک از توابع هدف در جدول ۱ گزارش شده است. مقادیر توابع هدف نشان می‌دهد که بین توابع هدف تعارض وجود دارد.

جدول ۱. نتایج حل جداگانه مدل با توابع هدف مختلف

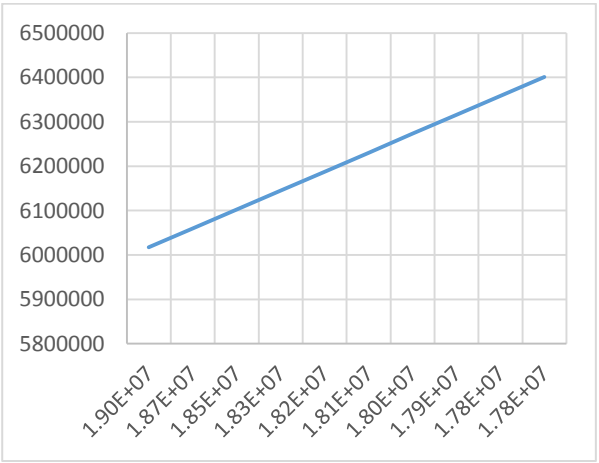
تابع هدف	حل با Z_1	حل با Z_2	حل با Z_3	حل با Z_4	کمترین مقدار	بیشترین مقدار
Z_1	۱/۷۷۵۳۵۳E+۷	۱/۹۱۹۳۸۸E+۷	۱/۹۱۹۳۸۸E+۷	۱/۸۱۵۳۴۳E+۷	۱/۷۷۵۳۵۳E+۷	۱/۹۱۹۳۸۸E+۷
Z_2	٦٤٠١٠١٥/٦١٣	٦٠١٧٠٠٧/٧٩٢	٦٠١٧٠٠٧/٧٩٢	٦٢٥٤٠١٥/٦١٣	٦٠١٧٠٠٧/٧٩٢	٦٤٠١٠١٥/٦١٣
Z_3	۱/۷۹۸۵۵۳E+۷	۱/۹۲٦۳۵۳E+۷	۱/۸۵٤۲۳٦۳E+۷	۱/۸۱٤۷۵۳E+۷	۱/۷۹۸۵۵۳E+۷	۱/۹۲٦۳۵۳E+۷
Z_4	۳۹۲۹۹۵۲/۹۷٦	٤۱۰٤۰۹٦/۸۰۲	٦٠١٧٠٠٧/٧٩٢	٤٤٥٤۲۹٦/۸۰۲	۳۹۲۹۹۵۲/۹۷٦	٦٠١٧٠٠٧/٧٩٢

با فرض این‌که تابع هدف اول تابع هدف اصلی مساله باشد. با استفاده از مدل و مقادیر مختلف اپسیلون (با تقسیم بندی فاصله بین بهترین مقدار و بدترین مقدار تابع هدف به ۵ قسمت مساوی) حل‌شده و نهایتا مقادیر جواب های پارتو در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲. بحث و تحلیل نتایج

جواب‌های پارتو	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
۱	۱/۷۸E+۰۷	۶۵۰۹۷۱۲	۳۹۲۸۵۲۹	۱/۸۲E+۱۷
۲	۱/۷۸E+۰۷	۶۵۰۹۷۱۲	۳۹۲۸۵۲۹	۱/۸۲E+۱۷
۳	۱/۷۸E+۰۷	۶۵۰۹۷۱۲	۳۹۲۸۵۲۹	۱/۸۲E+۱۷
۴	۱/۷۸E+۰۷	۶۶۲۵۲۱۲	۳۹۲۹٦۵۳	۴/۰۲E+۱۶
۵	۱/۷۸E+۰۷	۷۰۴۷۸۴۹	۳۹۲۸۷۰۲	۸/۰۰E+۱۶

نتایج به‌دست آمده توسط نمودارهای زیر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند:

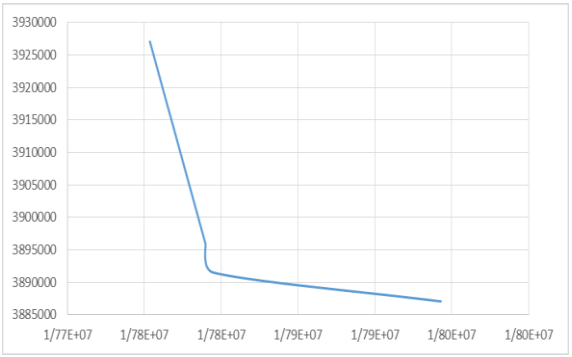


شکل ۱. نمودار مقایسه جواب‌های پارتو Z_1 با Z_2

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-13]

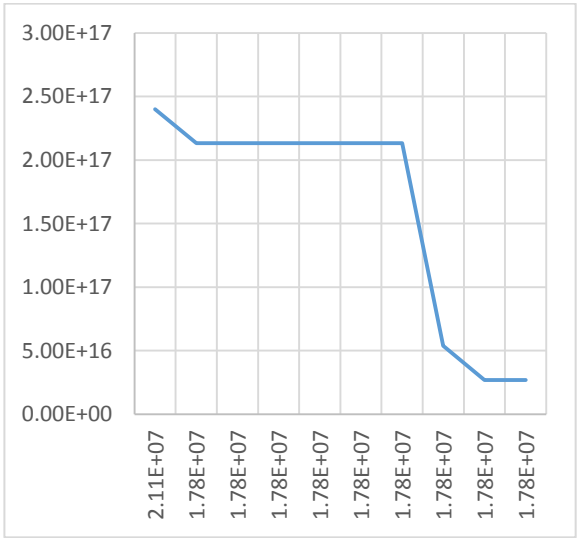
[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2172]

در شکل ۱، محور افقی نشان‌دهنده Z_1 و محور عمودی بیانگر Z_2 است. مطابق این نمودار با کاهش تابع هدف Z_1 یعنی کمینه شدن هزینه‌های کل، مشاهده می‌شود که تابع هدف Z_2 مربوط به کمینه کردن هزینه‌های توزیع‌کننده، در حال افزایش است. طبق این نمودار ملاحظه می‌شود که این دو تابع هدف در تعارض باهم هستند؛ زیرا هدف این پژوهش کمینه کردن Z_1 و کمینه کردن Z_2 بوده که طبق این نمودار عکس این اتفاق در حال انجام است.



شکل ۲. نمودار مقایسه جواب‌های پارتو Z_1 با Z_2

در نمودار (۲)، محور افقی نشان‌دهنده Z_1 و محور عمودی بیانگر Z_2 است. طبق این نمودار مشاهده می‌شود با افزایش تابع هدف Z_1، مقدار تابع هدف Z_2 مربوط به کمینه کردن زمان های ارسال در حال کاهش است اما در قسمتی از نمودار؛ در یک نقطه؛ برگشت به عقب وجود دارد یعنی مقدار Z_1 کاهش یافته و در ادامه دوباره روند قبل ادامه می‌یابد.



شکل ۳. نمودار مقایسه جواب‌های پارتو Z_1 با Z_4

در شکل ۳ محور افقی نشان‌دهنده Z_1 و محور عمودی بیانگر Z_4 است. ابتدا Z_1 در بالاترین مقدار است که به ازای آن Z_4 که بیانگر بیشینه کردن درآمدهای حاصل از فروش است هم افزایش دارد و در ادامه با کاهش Z_1 مقدار Z_4 هم کاهش دارد. همان‌طور که می‌بینید نمودار در نقطه‌ای سیر ثابت به خود گرفته و مقدار Z_1 و Z_4 ثابت هستند. در نقطه‌ای به یک‌باره روند نزولی می‌شود که باز با کاهش Z_1، Z_4 هم کاهش پیدا کرده است.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-13]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2172]

در این بخش، به منظور بررسی کارایی و اعتبار مدل ارایه‌شده، یک مثال عددی مطرح گردید که مدل مطرح‌شده دارای ۴ تابع هدف می‌باشد که تابع هدف اول در پی کمینه کردن هزینه‌های کل سیستم و تابع هدف دوم به دنبال کمینه کردن هزینه‌های توزیع‌کننده و قصد تابع هدف سوم هم کمینه کردن زمان‌های ارسال می‌باشد. تابع هدف چهارم در پی بیشینه کردن درآمدهای حاصل از فروش برای شرکت رهبر و رقیب می‌باشد. مقادیر پارامترها نیز در جداول موجود تخصیص داده شد که نتایج به‌دست آمده از مدل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج به‌دست آمده به این صورت است که Z_1 به عنوان تابع هدف اصلی در نظر گرفته شده و مقادیر سایر توابع هدف بر حسب Z_1 به محاسبه شدند و همچنین مدل با در نظرگرفتن رقابت عمودی حل گردید.

از نمودارها و نتایج به‌دست آمده برای توابع هدف مشاهده می‌شود که تابع هدف Z_1 و توابع Z_2 و Z_3 در شرایط مختلف در تعارض باهم هستند، یعنی وقتی تابع هدف Z_1 مقادیر هزینه‌ها افزایش یافت انتظار بود Z_2 و Z_3 کاهش یابد که این‌گونه نبوده و افزایش در مقادیر این توابع هدف مشاهده شد. ولی در مورد تابع هدف Z_4 که با کاهش Z_1 انتظار افزایش در Z_4 وجود داشت، این اتفاق نیفتاد و هر چقدر هزینه‌ها کاهش داده شد، درآمد حاصل از فروش شرکت‌های رقیب هم کاهش یافت.

۷ بحث و جمع‌بندی نتایج

مطابق نتایج حل روش محدودیت اپسیلون، ۵ جواب پارتو مختلف به‌دست آمد که از بین آن‌ها، جواب پارتوی شماره ۲ به عنوان جواب بهینه نهایی انتخاب گردید. در جواب بهینه انتخاب‌شده (جواب پارتوی شماره ۲) مقادیر توابع هدف نسبت به حالتی که مساله فقط با تابع هدف مینیمم کردن هزینه های کل حل گردد؛ دارای تغییراتی است که به‌صورت زیر قابل تحلیل است.

مقدار تابع هدف اول به ازای جواب پارتوی انتخاب‌شده نسبت به جواب مساله در شرایطی که فقط با تابع هدف اول یعنی کمینه کردن هزینه های کل حل گردد، **۵۳۵۳۰** واحد بهبود داشته است.

مقدار تابع هدف دوم که کمینه کردن هزینه های سطح توزیع‌کننده است به ازای جواب پارتوی انتخاب‌شده نسبت به جواب مساله در شرایطی که فقط با تابع هدف اول یعنی کمینه کردن هزینه های کل حل گردد، **۱۲۶۸۴۱۶۷/۰۸** واحد بدترشده است.

مقدار تابع هدف سوم که کمینه کردن زمان های ارسال است به ازای جواب پارتوی انتخاب شده نسبت به جواب مساله در شرایطی که فقط با تابع هدف اول یعنی کمینه کردن هزینه های کل حل گردد، **۱۵۲۶۵۳۵۱/۳۱**واحد بدترشده است.

مقدار تابع هدف چهارم که بیانگر بیشینه کردن درآمدهای حاصل از فروش است به ازای جواب پارتوی انتخاب شده نسبت به جواب مساله در شرایطی که فقط با تابع هدف اول یعنی کمینه کردن هزینه های کل حل گردد، $۱/۸۲\times۱۰^{۱۷}$واحد بهبود داشته است.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-13]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2172]

۸ نتیجه‌گیری

با توجه به سرعت تغییر و تحول در جهان امروز، هر سیستم نیازمند بهره‌برداری بیشینه از امکاناتی است که در اختیارش قرار گرفته است. همچنین اکثر فرآیندها به صورت اشتراکی اجرا می‌شوند و فعالیت‌های کمتری را می‌توان مثال زد که خود به صورت مستقل عمل کنند و بی‌نیاز از همکاری سیستم‌های پیرامون خود باشند. زنجیره‌های تامین از سطوحی تشکیل می‌شوند که در آنها مواد اولیه و منابع مورد نیاز از طریق تامین‌کنندگان، تامین می‌شوند و در مرکز تولیدی به کالا یا خدمت مورد نیاز تبدیل می‌شوند و نهایتاً از طریق سیستم‌های توزیع، در اختیار مشتریان نهایی قرار می‌گیرند. مدیریت زنجیره‌تامین نیز تحلیلی نظام‌مند است که عهده‌دار هماهنگی و همزمان‌سازی جریان منابع اطلاعات در زنجیره‌ی تامین‌کنندگان، تسهیلات تولیدی، مراکز توزیع و مشتری‌ها است در برنامه‌ریزی زنجیره‌تامین می‌توان با تفکیک اجزای زنجیره، آن را به مسایلی با ابعاد کوچک‌تر تبدیل نمود و نسبت به حل آن اقدام کرد، اما جداگانه در نظر گرفتن اجزای زنجیره تامین باعث در نظر نگرفتن روابط بین اجزای مختلف آن می‌شود، که این امر ممکن است به افزایش هزینه‌ها، کاهش کارایی زنجیره و افزایش روابط بین اجزای مختلف منجر شود. به همین منظور از رویکردهای یکپارچه‌سازی در زنجیره تامین استفاده می‌شود. بدین معنا که ضمن برنامه‌ریزی همزمان اجزای زنجیره تامین تا حد امکان به تعاملات بین آنها نیز توجه می‌شود برنامه‌ریزی تولید و توزیع یکی از مهم‌ترین رویکردها در بهینه‌سازی جهانی مدیریت زنجیره تامین می‌باشد.

در این مقاله، با مدل معرفی‌شده، زنجیره تامین خدمات توزیع کننده شرکت کاله ارزیابی‌شده و سیاست‌های بهبود هماهنگی و همخوانی بین عرضه‌کنندگان و توزیع‌کنندگان و تاثیر هر سیاست بر زنجیره تامین چندسطحی مورد بررسی قرار گرفت. کاهش هزینه‌های حمل و نقل، افزایش رقابت‌های بازاری، برآورده ساختن رضایت مشتری و افزایش سوددهی سازمان از جمله اهدافی بودند که در مدل پیشنهادی مورد توجه قرار گرفتند. در مدل معرفی شده، رقابت عمودی در نظر گرفته شده است که در تحقیقات قبلی مورد توجه قرار نگرفته بود.

منابع

[1] S. Rezaie Moghadam, O. Yousefi, M. Karbasian, and B. Khayambashi, (2019). Integrated production-distribution planning in a reverse supply chain via multi-objective mathematical modeling; case study in a high-tech industry, Production and Operations Management, 9, 2(17), 57-76.

[2] Y. Ma, F. Yan, K. Kang, and X. Wei, (2016). A novel integrated production-distribution planning model with conflict and coordination in a supply chain network, Knowledge-Based Systems, 105, 119-133.

[3] F. Ghasemzadeh Gevari, L. Olfat, M. Amiri and E. Teimoury, (2022). A Recovery Plan for Three-Level Supply Chain after Supply Disruption, Journal of Operational Research and Its Applications, 19, 3(9), 133-153.

[4] T. J. Kull, J. Kotler, and M. Spring, (2018). Small and Medium Enterprise Research in Supply Chain Management: The Case for Single-Respondent Research Designs, Journal of Supply Chain Management, 54(1), 23-34.

[5] M. Mirzaee, R. Sotoudeh and N. Ahmad Khan Beigy, (2022). Introducing a Model to Identify and Analyze the Factors Affecting Supply Chain Management Planning in Saipa Car Manufacturing Company, Journal of Operational Research and Its Applications, 19, 3(9), 89-111. (In Persian)

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-13]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2172]

[6] N. Mindt, A. Der, M. Wiese, M. Mennenga and C. Herrmann, (2022). Multi-level Framework for the Assessment of Additive Manufacturing for Spare Parts Supply 29th CIRP Life Cycle Engineering Conference, Procedia CIRP, 105, 416-421.
[7] S. Chopra and P. Meindle, (2004). Supply chain management- strategy, planning and operation. 2nd Ed. Prentic Hall.
[8] H. Rafiei, F. Safaei, and M. Rabbani, (2018). Integrated production-distribution planning problem in a competition-based four-echelon supply chain, Computers and Industrial Engineering, 119, 85-99.
[9] S. Khaliefezadeh and M. Seif Barghi, (2014). A two-objective programming model for an integrated production-distribution system and solution using ranked genetic algorithm, Industrial Management Studies, 12(34), 63-88. (In Persian)
[10] A. Kazemi, K. Sarrafha, A. Alinezhad, (2018). Presenting a bi-objective integrated production – distribution planning problem model in a multi echelon supply chain with considering service level, Production and Operations Management, 8, 2(15).
[11] E. Vanpoucke, A. Vereecke, and S. Muylle, (2017). Leveraging the impact of supply chain integration through information technology, International Journal of Operations and Production Management, 37(4), 510-530.
[12] Q. Zhu, H. Krikke, and M. C. Caniëls, (2018). Supply chain integration: value creation through managing inter-organizational learning, International Journal of Operations and Production Management, 38(1), 211-229.
[13] R. Porat, and V. Daemi, (2017). Integrated production and distribution planning in the supply chain of perishable dairy products 1th Global Conference on Iran and World New Researches in Management, Economics, Accounting and Humanities.
[14] B. M. Benita, (1999). Measuring supply chain performance, International Journal of operations and production management, 19(3), 275-292.
[15] C., Lindner. (2009). Supply Chain Performance Measurement: A research of occurring problems and challenges, diva-portal.org.
[16] G. K., Badhotiya, G., Soni, and M.L., Mittal. (2019). Fuzzy multi-objective optimization for multi-site integrated production and distribution planning in two echelon supply chain, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 1-11.
[17] S. E., Kesen and T., Bektaş. (2019). Integrated Production Scheduling and Distribution Planning with Time Windows. In Lean and Green Supply Chain Management. 231-252,. Springer, Cham.
[18] E. M., Frazzon, A., Albrecht, M., Pires, E., Israel, M., Kück, and M., Freitag.(2018). Hybrid approach for the integrated scheduling of production and transport processes along supply chains, International Journal of Production Research, 56(5), 2019-2035.
[19] E. G., Oneill, A., M. Feria, B. Basso, C. T. Maravelias.(2022). Integrated spatially explicit landscape and cellulosic biofuel supply chain optimization under biomass yield uncertainty, Computer and Chemical Engineering. 160,.1-12.
[20] D. M. Utama., I. Santoso., Y. Hendrawan., and W. P. Dania., (2022).Integrated procurement-production inventory model in supply chain: A systematic review, Operations Research Perspectives. 9, 100-221.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-13]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2172]