چشم‌انداز مدیریت صنعتی
شماره ۱۹ ـ پاییز ۱۳۹۴
ص‌ص ۳۱ ° ۹

یک مدل بهینه‌سازی چند هدفه برای یکپارچه‌سازی جریان مالی و فیزیکی در برنامه‌ریزی اصلی زنجیره تأمین

محدثه کلانتری* ، میر سامان پیشوایی، سعید یعقوبی*****

چکیده

برنامه‌ریزی یکپارچه و هماهنگ کارکردهای اصلی زنجیره تأمین (تدارک، تولید و توزیع) اغلب منجر به صرفه اقتصادی و درنتیجه سود بیشتر کل زنجیره می‌شود. از سوی دیگر، جریان مالی در کنار جریان‌های کالا و اطلاعات از جریان‌های کلیدی و تأثیرگذار در هر زنجیره تأمینی هستند. در این مقاله یک مدل برنامه‌ریزی اصلی، شامل: برنامه‌ریزی یکپارچه تدارک، تولید و توزیع برای یک زنجیره تأمین چندمحصولی به‌منظور بیشینه‌سازی سود تولیدکننده و نیز کمینه‌سازی انحرافات شاخص‌های مالی تولیدکننده از حدود مطلوب با درنظرگرفتن توأم جریان فیزیکی و مالی ارائه‌شده است؛ به‌طوری‌که این زنجیره چندین تأمین‌کننده، یک تولیدکننده و چندین مشتری را شامل می‌شود. از ویژگی‌های بارز مدل پیشنهادی، استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی برای مدلسازی جریان مالی و دستیابی به اهداف مالی تولیدکننده است. از آنجاکه مدل ارائه‌شده یک مدل دوهدفه است، برای حل مدل از رویکردهای تعاملی چندهدفه فازی SO و TH که قادر به تنظیم درجه ارضاء توابع هدف می‌باشند، استفاده شده است. در پایان نیز از طریق نتایج محاسباتی، کارایی مدل پیشنهادی و کیفیت بالای عملکرد و کاربردی‌بودن مدل پیشنهادی نمایش داده می‌شود.

کلیدواژه‌ها: برنامه‌ریزی اصلی؛ جریان مالی؛ برنامه‌ریزی آرمانی؛ روش‌های حل چندهدفه فازی.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

تاریخ دریافت مقاله: ۹۴/۵/۱۷، تاریخ پذیرش مقاله: ۹۴/۸/۲۰.

* دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت ایران.
** استادیار، دانشگاه علم و صنعت ایران (نویسنده مسئول).
E-mail: pishvaee@iust.ac.ir
*** استادیار، دانشگاه علم و صنعت ایران .

۱. مقدمه

امروزه شیوه‌های سنتی مدیریت که یکپارچگی کمتری را در فرآیندهایشان دنبال می‌کردند، کارایی خود را از دست داده‌اند و رویکردهای یکپارچه جدید جایگزین آن‌ها شده‌اند. در این میان، زنجیره تأمین هم از این امر مستثنی نبوده و سعی می‌شود که برای مدیریت مناسب جریان مواد، کالا، اطلاعات و مالی و نیز برای توانایی پاسخگویی به شرایط پویای محیط، مسائل آن با رویکردی یکپارچه بررسی شود. مدیریت زنجیره تأمین، مجموعه‌ای از روش‌ها است که برای یکپارچه‌کردن مؤثر عرضه‌کنندگان، تولیدکنندگان، انبارها و فروشگاه‌ها به‌کار می‌رود. نقش موجودی‌ها، نقش اصلی در موفقیت یا شکست زنجیره است؛ از این رو هماهنگی سطوح موجودی در سرتاسر زنجیره تأمین حائزاهمیت است [۳۰، ۱۱]. هدف اصلی مدیریت زنجیره تأمین کنترل مؤثر جریان مواد میان تأمین‌کنندگان، انبارها و مشتریان به‌گونه که کل هزینه زنجیره تأمین کمینه شود، است [۳۲، ۱۴]. بیشتر پژوهش‌هایی که در این زمینه صورت گرفته است به دنبال ارائه مدل‌های بهینه‌سازی برای یکپارچه‌سازی فعالیت‌های مختلف (خرید، تولید و توزیع) بوده‌اند. ایده اصلی این رویکرد، بهینه‌سازی هم‌زمان متغیرهای تصمیم فعالیت‌های مختلف است که در روش سنتی به‌صورت پی‌درپی بهینه می‌شدند [۲۰]؛ در همین راستا، یکی از مسائل اصلی که مدیریت زنجیره تأمین با آن روبه‌رو است، برنامه‌ریزی اصلی زنجیره تأمین[1] است. وظیفه اصلی برنامه‌ریزی اصلی، تعیین مقادیر تأمین، تولید و توزیع برای تسهیلات در سطوح مختلف زنجیره تأمین در یک دوره‌ی میان‌مدت است. در گذشته این فعالیت‌ها به‌صورت مستقل و یا پی‌درپی کنترل می‌شدند که ثمره آن مقادیر زیاد موجودی و عملکرد بسیار ضعیف زنجیره بود؛ اما در فضای رقابتی امروز، تدوین یک برنامه‌ی تاکتیکی مؤثر که قادر به یکپارچه‌سازی برنامه‌های تأمین، تولید و توزیع در یک چارچوب کارا شود، امری مهم و ضروری به نظر می‌رسد [۳۱، ۳۴].

جریان مالی در کنار جریان کالا و اطلاعات، جریان‌های کلیدی در همه زنجیره‌های‌تأمین هستند. چون عملکرد نهایی زنجیره تأمین متأثر از عملکرد مالی است، مدیریت جریان مالی اهمیت زیادی دارد. هرچند مدل‌های یکپارچه بسیار موفقی برای برنامه‌ریزی تاکتیکی زنجیره تأمین ارائه شده است، بیشتر آنها تصمیمات مربوط به درآمد، فعالیت‌های بازاریابی، برنامه‌ریزی سرمایه و سایر تصمیمات مالی شرکت را نادیده گرفته‌اند [۲۸، ۳۷]. عوامل مالی جزو مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر برنامه‌ریزی تدارک، تولید و توزیع در زنجیره تأمین هستند. عوامل مالی جهانی مانند: نرخ ارز، هزینه‌های گمرکی و بیمه تأثیر بسیاری بر تصمیمات تاکتیکی زنجیره تأمین دارند؛ بنابراین توجه به این عوامل در برنامه‌ریزی اصلی زنجیره تأمین ضروری است. یکپارچه‌سازی عوامل مالی در مدل‌های تاکتیکی زنجیره تأمین، موجب بررسی سیستماتیک تأثیر تصمیمات

1. Supply chain Master Planning (SCMP)

تولید بر عملیات مالی می‌شود؛همچنین به انتخاب یک ترکیب ایده‌آل از تصمیمات مالی و تولیدی کمک می‌کند؛ درنتیجه یک مزیت رقابتی در شرکت ایجاد می‌کند [۸، ۷]؛ از این رو درنظرگرفتن جریان مالی در مدل‌های زنجیره‌تأمین، به‌ویژه در شرایطی که دارای فعالیت‌های پر سرمایه‌ای است، اهمیت زیادی دارد. عملیات‌های مالی مکمل عملیات‌های تولیدی هستند.

عملیات‌های مالی فعالیت‌هایی مهم و ضروری هستند؛ زیرا منابع مالی موردنیاز برای عملیات‌های تولید و توزیع را تضمین می‌کنند؛علاوه بر این، منابع مالی برای سرمایه‌گذاری در فرآیندهای تولیدی جدید، در تجهیزات تولیدی جدید، در محصولات ابتکاری جدید و برای گسترش بازارهای جدید ضروری هستند. منابع عمومی تأمین مالی شامل: وام از نهادهای مالی و وجوه حاصل از افزایش سهام عدالت با یا بدون عرضه اولیه عمومی[1] است. به‌منظور جذب سرمایه از این دو گروه سرمایه‌گذاری، شرکت‌ها باید وضعیت مالی روشن و رضایت‌بخشی داشته‌باشند. ارزیابی سرمایه‌گذاری آتی و اعتبار یک شرکت، فرآیندی مبتنی بر تحلیل آماری و مقایسه‌ای صورت‌های مالی است [۱۲، ۲۳]؛ همچنین، تجزیه‌وتحلیل صورت‌های مالی، مؤسسات مالی را قادر می‌سازد که شرکت‌های مشغول در صنایع یکسان را با معیارهای یکسان و مشخص ارزیابی کنند [۵، ۳۶].

هدف اصلی این مقاله ارائه یک مدل برنامه‌ریزی اصلی چندسطحی چندمحصولی به‌منظور بیشینه‌سازی سود شرکت تولیدکننده و کمینه‌سازی انحرافات شاخص‌های مالی شرکت تولیدکننده از حدود مطلوب آنها است؛ همچنین در پژوهش حاضر تصمیمات تدارک، تولید، توزیع و تصمیمات مالی (میزان سرمایه‌گذاری، میزان بدهی، میزان حقوق صاحبان سهام و غیره) به‌صورت یکپارچه و هماهنگ با توجه به محدودیت منابع عملیاتی و محدودیت‌های مالی ناشی از نرخ ارز، هزینه‌های گمرکی، مالیات بر ارزش افزوده واردات، مالیات بر درآمد و بیمه به‌صورت بهینه اتخاذ می‌شوند.

ادامه پژوهش حاضر به‌ترتیب زیر سازمان یافته است:

در بخش ۲ مقاله مروری بر مبانی نظری موضوع صورت می‌گیرد. در بخش ۳ به تعریف مسئله و بیان مفروضات، ارائه یک مدل برنامه‌ریزی اصلی با درنظرگرفتن جریان مالی و فیزیکی به‌صورت هم‌زمان و همچنین تشریح روش حل استفاده شده در پژوهش، پرداخته می‌شود. در بخش ۴ نتایج مدل تحلیل و بررسی می شود؛ درنهایت بخش ۵ به نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها اختصاص می‌یابد.

1. Initial Public Offering (IPO)

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

کوهن و مون (۱۹۹۱) با ارائه یک مدل مختلط صفرویک سعی کردند جریان مواد، محصولات و ترکیب تولید محصولات را در یک شبکه زنجیره عرضه با ساختار ثابت بهینه کنند [۴]. چاندار و فیشر (۱۹۹۴)مدلی باعنوان «برنامه‌ریزی هماهنگ تولید و توزیع» ارائه کردند. در این مدل تقاضا برای هر محصول در یک دوره برای هر خرده‌فروش مشخص است، تابع هدف این مدل به‌دنبال حداقل‌کردن هزینه کل است که هزینه‌های راه‌اندازی، تولید، حمل‌ونقل محصولات تولیدی به خرده‌فروشان و هزینه‌های موجودی را شامل می‌شود [۳]. پیرکول و جایارمان (۱۹۹۸)، مدلی یکپارچه از نوع برنامه‌ریزی مختلط صفرویک ارائه کردند. تابع هدف این مدل به‌دنبال حداقل‌کردن هزینه‌های کل زنجیره است که این هزینه شامل هزینه استقرار، عملیات و انبارها، هزینه‌های متغیر تولید و توزیع، هزینه حملونقل مواد اولیه از فروشندگان به مراکز تولید و نهایتاً حمل‌ونقل محصولات نهایی به مشتریان از طریق انباره است [۲۲]. پایک و کوهن (۲۰۰۰) نیز یک مدل یکپارچه تولید – توزیع از نوع احتمالی ارائه دادند که تابع هدف مدل هزینه‌های ناشی از تولید و توزیع را حداقل می‌کند. محدودیت‌ها نیز مربوط به تقاضا و ظرفیت مراکز است [۲۱]. سبری و بیمون (۲۰۰۰) یک مدل یکپارچه چندهدفه برای برنامه‌ریزی استراتژیک و عملیاتی در زنجیره عرضه ارائه دادند. هدف مدل استراتژیک حداقل‌کردن هزینه‌های زنجیره است. آنها در سطح عملیاتی سعی کردند با استفاده از فرمول‌های تعیین مقیاس‌های اقتصادی، مقدار خرید مواد اولیه و توزیع را مشخص کنند [۲۶]. ویدیارسی و لشکری () یک مدل سلسله‌مراتبی ارائه کردند که دارای دو سطح استراتژیک و تاکتیکی است. این مدل یک مدل برنامه‌ریزی خرید، تولید و توزیع بوده که خروجی های مدل سطح استراتژیک ورودی‌های مدل سطح تاکتیکی است [۱۳].

با وجود اینکه پژوهشگران زیادی بر اهمیت جریان مالی در زنجیره تأمین تأکید کرده‌اند؛ اما پژوهش‌های اندکی در این زمینه صورت گرفته است. پژوهش‌هایی که در زمینه جریان مالی در زنجیره تأمین صورت گرفته است را می‌توان به دو گروه تقسیم کرد. گروه اول آنهایی هستند که موارد مربوط به جریان مالی را به‌عنوان متغیرهایی در نظر گرفته‌اند که عملیات مالی را مدلسازی می‌کنند و همانند سایر متغیرهای برنامه‌ریزی زنجیره تأمین بهینه می‌شوند. گروه دوم آنها هستند که موارد مرتبط با جریان مالی را به‌عنوان پارامترهایی در محدودیت‌ها و تابع هدف در نظر گرفته‌اند.

در گروه اول، رومرا و همکاران (۲۰۰۳)، یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی چنددوره‌ای برای ترکیب برنامه‌ریزی و زمانبندی با درنظرگرفتن جریان مالی و مدیریت بودجه در صنایع شیمیایی ارائه کرده‌اند [۲۴]. بادل و همکاران (۲۰۰۴) ، یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط[1] برای

1. Mixed Integer Linear Programming (MILP)

برنامه‌ریزی پیشرفته و زمانبندی با درنظرگرفتن جریان مالی و بودجه در صنایع شیمیایی ارائه کرده‌اند [۲]. گایلن و همکاران (۲۰۰۶، ۲۰۰۷) ، یک مدل MILP برای زنجیره تأمین چندسطحی چندمحصولی مواد شیمیایی ارائه کردند که متغیرهای برنامه‌ریزی، زمانبندی، جریان مالی و بودجه را بهطور همزمان بهینه می‌سازد. مدل ارائه‌شده یک مدل چنددوره‌ای با هدف تغییر در حقوق صاحبان سهام شرکت است [۸، ۹]. یا و رکلایتیز (۲۰۰۴)، یک مدل بهینه‌سازی دوسطحی برای طراحی بهینه شبکه ذخیره‌سازی دسته‌ای ارائه کرده‌اند که در هر فعالیت تولیدی، تصمیمات تولیدی را به‌صورت هماهنگ با عملیات‌های مالی ناشی از جریان مالی، اتخاذ می‌کند [۳۵]. لاینز و همکاران (۲۰۰۷)، یک مدل MILP برای طراحی بهینه‌ی زنجیره تأمین شیمیایی با درنظرگرفتن فرآیندهای شیمیایی و مالی شرکت به‌صورت ه‌مزمان با هدف بیشنه‌سازی ارزش شرکت ارائه کرده‌اند [۱۵].

در گروه دوم، ملو و همکاران (۲۰۰۹) ، یک مدل مکان‌یابی پویای تسهیل چندمحصولی با ظرفیت محدود ارائه کرده‌اند. مدل MILP ارائه‌شده تصمیمات عملیاتی زنجیره تأمین را با درنظرگرفتن محدودیت‌های سرمایه‌ای شبیه‌سازی می‌کند [۱۸]. پاپاجرجیوس (۲۰۰۹)، یک مدل MILP برای پیکره‌بندی بهینه شبکه تولید و توزیع ارائه کرده است. هدف این مدل کمینه‌سازی هزینه شبکه با توجه به محدودیت‌های مالی مرتبط با نرخ ارز و هزینه‌های گمرکی درنظرگرفته‌شده در مدل است [۱۹]. همامی و همکاران (۲۰۰۹)، یک مدل طراحی شبکه زنجیره تأمین ارائه کردند. مدل MILP ارائه‌شده یک مدل چندمحصولی، چندسطحی و چندکارخانه‌ای با درنظرگرفتن قیمت انتقال، هزینه استقرار تأمین‌کنندگان، تخصیص هزینه‌های است [۱۰]. سودهی و تانگ (۲۰۰۹)، یک مدل برنامه‌ریزی خطی تصادفی برای برنامه‌ریزی زنجیره تأمین ارائه کرده‌اند. مدل ارائه‌شده شبیه یک مدل مدیریت دارایی و بدهی است. محدودیت‌های مدیریت جریان مالی و بدهی جنبه‌های مالی درنظرگرفته‌شده در مدل به‌منظور بیشینه‌سازی ارزش انتظاری موجود پول نقد خالص در افق برنامه‌ریزی داده شده است [۲۹].

نوآوری‌های این مقاله نسبت به سایر پژوهش‌های موردمطالعه در زمینه مدل‌سازی هم‌زمان جریان مالی و فیزیکی در زنجیره تأمین به شرح زیر است:

ـ ارائه یک مدل برنامه‌ریزی اصلی با اهدف بیشینه‌سازی سود تولیدکننده و کمینه‌سازی انحرافات شاخص‌های مالی از حدود مطلوب با درنظرگرفتن پارامترهای مرتبط با عملیات‌های مالی (نرخ ارز، هزینه‌های گمرکی و بیمه حمل‌ونقل)؛

پارامترهای مالی نقش بسزایی در میزان سود شرکت دارند؛ ازاینرو درنظرگرفتن آنها در مدل‌سازی موجب واقعی‌ترشدن مدل می‌شود.

ـ استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی برای دست‌یابی تولیدکننده به حدود مطلوب شاخص‌های مالی.

برنامه‌ریزی آرمانی به‌طور هم‌زمان چند هدف را دربرمی‌گیرد و براساس حداقل‌کردن انحراف از هدف‌ها تنظیم می‌شود. هنر اصلی برنامه‌ریزی آرمانی درنظرگرفتن محدودیت‌ها و آرمان‌ها همراه با متغیرهای تصمیم و همچنین ازبین‌بردن و کم‌رنگ‌کردن استدلال ضعیف انسانی هنگام برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری است. این هنر در شرایطی که بهینه‌سازی چند عامل به‌صورت هم‌زمان مدنظر باشد، جلوه ویژه‌ای پیدا می‌کند؛ بنابراین در این مقاله برای دستیابی به حدود مطلوب شاخص‌های مالی از برنامه‌ریزی آرمانی استفاده می‌شود؛

ـ ارائه یک رویکرد حل جدید برای مدل‌های چندهدفه با ترکیب برنامه‌ریزی آرمانی و رویکردهای چندهدفه فازی TH[1] و SO[2]؛

استفاده از رویکرد چند هدفه‌ی فازی TH و SO در کنار برنامه‌ریزی آرمانی ، تصمیم‌گیرنده را قادر می‌سازد تا با انتخاب راه‌حل مناسب بر اساس درجه ارضاء و اولویت هر تابع هدف، تصمیم نهایی را اتخاذ می‌کند؛ همچنین این رویکرد قادر است با توجه به ترجیح تصمیم‌گیرنده، جواب‌های کارآمد متعادل و نامتعادل تولید کند.

۳. روش‌شناسی پژوهش

تعریف مسئله. شکل ۱، ساختار زنجیره موردبررسی در این پژوهش را نشان می‌دهد. در این زنجیره یک تولیدکننده، محصولات مختلفی را با استفاده از مواد اولیه مختلف که به‌وسیله مجموعه‌ای از تأمین‌کنندگان مستقر در کشورهای خارجی فراهم می‌شوند، تولید می‌کند. محصولات نهایی بر اساس میزان تقاضای مشتریان مختلف، به آنان تحویل داده می‌شوند. تولیدکننده در هر دوره به تعداد محدودی از تأمین‌کنندگان بالقوه می‌تواند سفارش دهد؛ بنابراین تولیدکننده برای تخصیص سفارش به تأمین‌کنندگان عواملی چون قیمت فروش مواد اولیه، نرخ ارز، عوارض گمرکی، هزینه حمل‌ونقل و بیمه حمل‌ونقل مواد خریداری‌شده را در نظر می‌گیرد.

مدل پیشنهادی، تصمیمات مربوط به مقدارخرید مواد اولیه، مقدار تولید، سطح موجودی مواد اولیه و محصولات نهایی و مقدار توزیع محصولات نهایی را تحت محدودیت منابع مالی و عملیاتی با هدف بیشینه‌سازی سود شرکت و کمینه‌سازی انحرافات شاخص‌های مالی از حدود مطلوب آنها به‌صورت بهینه و یکپارچه اتخاذ می‌کند. از ویژگی‌های بارز مدل پیشنهادی، مدل‌سازی جریان مالی به کمک برنامه‌ریزی آرمانی است.

هدف این پژوهش، تعیین بهترین برنامه میان‌مدت چنددوره‌ای با اهداف بیشینه‌سازی سود و کمینه‌سازی انحرافات شاخص‌های مالی از حدود مطلوب آنها با درنظرگرفتن محدودیت‌های

1. Torabi and Hassini (TH)
2. Selim and Ozkarahan (SO)

عملیاتی و مالی به شیوه مشترک و یکپارچه برای مسائل زیر است:

ـ برنامه‌ی تأمین: مقدار خرید هر ماده از هر تأمین‌کننده در هر دوره؛

ـ برنامه‌ی تولید: مقدار تولید هر محصول نهایی در هر دوره؛

ـ برنامه‌ی توزیع: تعداد هر محصول نهایی که باید در هر دوره تحویل داده شود؛

ـ مدیریت مالی: تعیین میزان سرمایه‌گذاری، میزان حقوق صاحبان سهام، میزان بدهی، میزان حساب‌های دریافتی، میزان پول نقد و غیره در هر دوره.

شکل ۱. ساختار زنجیره تأمین مورد بررسی

مفروضات مسئله. مفروضات استفاده شده در مدل‌سازی مسئله به‌صورت زیر است:

ـ زنجیره تأمین، جهانی است و تأمین‌کنندگان مواد اولیه در کشورهای دیگر مستقر هستند.

ـ ظرفیت تسهیلات در سطح تولیدکننده محدود است.

ـ هر یک از تأمین‌کنندگان درنظرگرفته‌شده دارای قابلیت عرضه تمام مواد اولیه هستند.

ـ تأمین‌کنندگان دارای محدودیت تأمین نبوده و قادر به تولید تمام مقدار سفارش‌داده‌شده هستند.

ـ شبکه لجستیک چندمحصولی است.

ـ مدل ارائه‌شده چنددوره‌ای است.

ـ تعداد و محل قرارگیری مشتریان، تأمین‌کنندگان و مرکز تولید ثابت بوده و از قبل مشخص است.

ـ مرکز تولید دارای ذخیره اطمینان مواد اولیه و محصول نهایی است.

ـ زمان حمل‌ونقل بین اجزاء زنجیره تأمین ناچیز در نظر گرفته شده است.

ـ تقاضای مشتریان باید در انتهای هر دوره پاسخ داده شود و امکان برآورده‌کردن آن در دوره‌های بعدی وجود ندارد.

ـ موجودی مواد اولیه و محصولات تولیدشده از یک دوره به دوره بعد منتقل می‌شود.

ـ در هر دوره مقدار دارایی کل با مقدار بدهی کل برابر است.
ـ کل بدهی‌ها در هر دوره برابر مقدار بدهی کوتاه مدت، بدهی بلندمدت و حق صاحبان سهام در هر دوره است.
ـ دارایی‌های جاری در هر دوره برابر مجموع پول نقد، حساب‌های دریافتی و ارزش موجودی در هر دوره است.
ـ نرخ کل بدهی‌ها در هر دوره از حداکثر نرخ مطلوب، کمتر است.
ـ نرخ گردش دارایی‌های ثابت در هر دوره از حداقل نرخ مطلوب، بیشتر است.
ـ نسبت دارایی‌های آنی به بدهی‌های کوتاه‌مدت در هر دوره از حداقل مقدار مطلوب، بیشتر است.
ـ نرخ حاشیه سود شرکت از حداقل نرخ مطلوب، بیشتر است.
ـ نرخ پوشش پول در هر دوره از حداقل نرخ مطلوب، بیشتر است.
ـ نرخ بازگشت دارایی‌ها در هر دوره از حداقل نرخ مطلوب، بیشتر است.
ـ نرخ بازگشت دارایی صاحبان سهام در هر دوره از حداقل نرخ مطلوب، بیشتر است.
ـ نسبت گردش حساب‌های دریافتی در هر دوره از حداقل مقدار مطلوب، بیشتر است.

فرموله‌بندی مسئله

اندیس‌ها:

i : اندیس مواد $i = 1, \dots, I$ — k : اندیس محصولات نهایی $k = 1, \dots, K$
j : اندیس تأمین‌کنندگان $j = 1, \dots, J$ — l: اندیس مشتریان $l = 1, \dots, L$
t : اندیس دوره‌های زمانی $t = 1, \dots, T$ — n: اندیس شاخص‌های مالی $n = 1, \dots, N$

پارامترها:

d_{klt}: تقاضای مشتری l برای محصول k در دوره t
$lcap_t$: حداقل مقدار تولید محصول k در دوره t که دارای صرفه اقتصادی است.
$ucap_t$: حداکثر ظرفیت تولید محصول k در دوره t
b_{ik} مقدار ماده یi مورد نیاز برای تولید هر واحد از محصول k
vr_i : مقدار حجم مورد نیاز برای ذخیره‌سازی هر واحد ماده‌ی i خریداری شده
vf_k : مقدار حجم موردنیاز برای ذخیره‌سازی هر واحد محصول k
wr : ظرفیت ذخیره‌سازی (بر حسب حجم) انبار دریافتی تولیدکننده
wf : ظرفیت ذخیره‌سازی (برحسب حجم) انبار کالاهای ارسالی
c_{ijt} : قیمت خرید هر واحد ماده اولیه i از تأمین‌کننده j در دوره‌ی t
hr_i : هزینه‌ی نگهداری هر واحد ماده i در دوره‌ی t
pc_{kt} : هزینه‌ی تولید متغیر هر واحد از محصول
hf_k : هزینه‌ی نگهداری هر واحد از محصول k

k در دوره‌ی t

ssf_{kt} : ذخیره اطمینان محصول k در دوره t

ssr_{it} : ذخیره اطمینان ماده اولیه i در دوره t درمرکز تولید در دوره‌ی t

پارامترهای مربوط به جریان مالی

trp_{ijt} : هزینه حمل هر واحد ماده اولیه i از تأمین‌کننده j به مرکز تولید در طول دوره t

tpc_{klt} : هزینه حمل هر واحد محصول k از مرکز تولید به مشتری l در انتهای دوره t

pr_{kt} : قیمت فروش هر واحد محصول k در انتهای دوره t

nhg_t : نرخ حقوق گمرکی در انتهای دوره t

CCR_t : کران پایین نرخ پوشش پول[3] در انتهای دوره t

ex_t : نرخ ارز در انتهای دوره t

CFP_t : نرخ نقدینگی در انتهای دوره t

STR_t : نرخ بهره کوتاه‌مدت در انتهای دوره t

TDR_t : حد بالای نرخ کل بدهی‌ها در انتهای دوره t

tr_t : نرخ مالیات بر درآمد در انتهای دوره t

qr_t : حد پایین نسبت آنی[7] در انتهای دوره t

rtr_t : حد پایین نسبت گردش حساب‌های دریافتی در انتهای دوره t

DR_t : نرخ استهلاک[1] در انتهای دوره t

$FATR_t$: حد پایین نرخ گردش دارایی‌های ثابت در انتهای دوره t

$LTDR_t$: حد بالای نرخ بدهی[2] بلند مدت در انتهای دوره t

LTR_t : نرخ بهره بلندمدت در انتهای دوره t

PMR_t : حد پایین نرخ حاشیه سود[4] در انتهای دوره t

$ROAR_t$: حداقل نرخ بازگشت (بازده) دارایی‌ها[5] در انتهای دوره t

$ROER_t$: حد پایین نرخ بازگشت دارایی صاحبان سهام[6] در انتهای دوره t

nmv_t : نرخ مالیات بر ارزش‌افزوده واردات در انتهای دوره t

FAI_t : میزان سرمایه‌گذاری برای دارایی‌های ثابت در طول دوره t

nag_t : نرخ عوارض گمرکی در انتهای دوره t

DER_t : حد بالای نرخ بدهی به حقوق صاحبان سهام[8] در انتهای دوره t

bi_{it} : بیمه حمل‌ونقل هر واحد ماده اولیه i در انتهای دوره t بر حسب دلار

1. Depreciation
2. Debt-Ratio
3. Cash Coverage Ratio
4. Profit Margin Ratio
5. Return on Assets Ratio
6. Equity-Ratio
7. Quick Ratio
8. Debt-Equity Ratio

متغیرهای تصمیم

x_{ijt} :	مقدار ماده‌ی i خریداری‌شده از تأمین‌کننده j در دوره t	d_{nt}^{-} :	مقدار انحراف رو به پایین شاخص مالی نوع n در دوره‌ی t
p_{kt} :	مقدار تولید محصول k تحت در دوره t	d_{nt}^{+} :	مقدار انحراف رو به بالای شاخص مالی نوع n در دوره‌ی t
s_{klt} :	مقدار محصول k حمل‌شده به مشتری l در دوره t	$CASH_t$:	میزان پول نقد در دسترس در انتهای دوره t
Ir_{it} :	سطح نهایی موجودی ماده i در مرکز تولید در دوره t	DPR_t :	استهلاک در انتهای دوره t
If_{kt} :	سطح نهایی موجودی محصول k در مرکز تولید در دوره t	$EBIT_t$:	مقدار درآمد قبل از پرداخت بهره و مالیات در انتهای دوره t
y_{jt} :	۱، اگر به تأمین‌کننده‌ی j در دوره t سفارشی داده شود، 0 در غیر این صورت	E_t :	کل سرمایه سهامداران در انتهای دوره t
FA_t :	دارایی‌های ثابت در انتهای دوره t	RA_t :	حسابهای قابل‌وصول در انتهای دوره t
IP_t :	بهره پرداختی در انتهای دوره t	STL_t :	بدهی‌های کوتاه‌مدت در انتهای دوره t
INR_t :	ارزش موجودی انبار در انتهای دوره t	LTL_t :	بدهی‌های بلندمدت در انتهای دوره t
NTS_t :	خالص فروش در انتهای دوره t	TI_t :	درآمد مشمول مالیات در طول دوره t
NIS_t :	سهام جدید در انتهای دوره t	TIP_t :	درآمد عملیاتی مشمول مالیات در طول دوره t
NE_t :	سرمایه جدید سهام‌داران در طول دوره t	CA_t :	دارایی های جاری در انتهای دوره t
$NOPA$:	درآمد عملیاتی خالص بعد از پرداخت مالیات در انتهای دوره t		حساب‌های قابل‌وصول در انتهای دوره t

توابع هدف. دو تابع هدف مهم برای مسئله‌ی SCMP[1] موردنظر، درنظرگرفته شده است: سود کل ($TPRO$)[2] و انحرافات شاخص‌های مالی از حدود مطلوب ($TDIF$)[3].

تابع هدف ۱: حداکثرسازی سود خالص تولیدکننده. سود خالص شرکت برابر تفاضل درآمد خالص پس از کسر مالیات و میزان زیان شرکت است و طبق رابطه ۱ محاسبه می‌شود. لازم به ذکر است که TI_t^+ یعنی درآمد قبل از پرداخت مالیات شرکت مثبت است و مشمول مالیات بر درآمد می‌شود و TI_t^- یعنی درآمد قبل از پرداخت مالیات شرکت منفی است و مشمول مالیات بر درآمد نمی‌شود؛ همچنین TI_t^+ و TI_t^- متغیر وابسته هستند و نمی‌توانند به‌طور هم‌زمان مقدار

1. Supply Chain Master Planning (SCMP)
2. Total Profit (TPRO)
3. Total Deviation Index Financial (TDIF)

مخالف صفر داشته باشند.

$$Max\ PRO = \sum_{t=1}^{T}\left((1 - TR_t).TI_t^+ - TI_t^-\right) \quad (۱)$$

مقدار درآمد قبل ازکسر مالیات در هر دوره عبارت است از:

$$TI_t = EBIT_t - IP_t \quad \forall\, t \quad (۲)$$

میزان بهره پرداختی در هر دوره از رابطه ۳ به‌دست می‌آید.

$$IP_t = LTR_t.LTL_t + STR_t.STL_t \quad \forall\, t \quad (۳)$$

مقدار درآمد قبل از پرداخت بهره و مالیات در هر دوره عبارت است از:

$$EBIT_t = NTS_t - TC_t - DPR_t \quad \forall\, t \quad (۴)$$

ارزش خالص فروش طبق رابطه ۵ محاسبه می‌شود.

$$NTS_t = \sum_{k=1}^{K} pr_k^t.\sum_{l=1}^{L} s_{klt} \quad \forall t \quad (۵)$$

میزان استهلاک در انتهای هر دوره عبارت است از:

$$DPR_t = DR_t.FA_t \quad \forall\, t \quad (۶)$$

کل هزینه‌ی لجستیک شامل هزینه کل خرید، تولید و توزیع است و طبق رابطه ۷ به‌دست می‌آید.

$$TC_t = TCO_t + TCP_t + TCD_t \quad (۷)$$

هزینه‌ی کل خرید شامل هزینه‌های سفارش‌دهی، هزینه خرید مواد اولیه، حمل مواد اولیه از تأمین‌کننده تا تولیدکننده، بیمه حمل‌ونقل مواد اولیه، نگهداری موجودی مواد اولیه و هزینه گمرکی است که می‌توان آن را با استفاده از رابطه ۸ تخمین زد.

$$TCO_t = olc_t + ulc_t + tlc_t + goc_t \quad (۸)$$

به طوری که:

$$olc_t = \sum_{j=1}^{J} olc_{jt}.y_{jt} \quad (۹)$$

$$ulc_t = \left(\sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}(c_{ijt}.\boldsymbol{ex_t}).x_{ijt} + \sum_{i=1}^{I} hr_{it}.\left(\frac{Ir_{it}+Ir_{it-1}}{2}\right)\right) \quad (۱۰)$$

$$tlc_t = \left(\sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}(tr_{ijt}.\boldsymbol{ex_t}).x_{ijt} + \sum_{\boldsymbol{i=1}}^{\boldsymbol{I}}\sum_{\boldsymbol{j=1}}^{\boldsymbol{J}} bi_{it}.\boldsymbol{ex_t}.x_{ijt}\right) \quad (۱۱)$$

$$goc_t = avg_t + mav_t + hog_t \quad (۱۲)$$

$$ag_t = \left(\sum_{\boldsymbol{i=1}}^{\boldsymbol{I}}\sum_{\boldsymbol{j=1}}^{\boldsymbol{J}} \boldsymbol{ex_t}.c_{ijt}.x_{ijt} + \sum_{\boldsymbol{i=1}}^{\boldsymbol{I}}\sum_{\boldsymbol{j=1}}^{\boldsymbol{J}} bi_{it}.\boldsymbol{ex_t}.x_{ijt} + \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}(tr_{ijt}.\boldsymbol{ex_t}).x_{ijt}\right) \quad (۱۳)$$

$$hog_t = ag_t.nhg_t \quad (۱۴)$$

$$mav_t = (ag_t + hog_t).nmv_t \quad (۱۵)$$

$$avg_t = (ag_t + hog_t).nag_t \quad (۱۶)$$

هزینه متغیر خرید ماده‌ی i از تأمین‌کننده j در دوره t از رابطه ۱۷ به‌دست می‌آید.

$$ulc_{ijt} = c_{ijt}.ex_t \quad (۱۷)$$

هزینه کل تولید برابر مجموع هزینه‌های متغیر تولید (به جز هزینه‌های مواد اولیه) و هزینه‌های نگهداری موجودی نهایی در کارخانه است.

$$TCP_t = \left(\sum_{k=1}^{K}\left(pc_{kt}.p_{kt} + hf_{kt}.\left(\frac{If_{kt}+If_{kt-1}}{2}\right)\right)\right) \quad (۱۸)$$

هزینه‌ی توزیع برابر با هزینه‌ی حمل‌ونقل است:

$$TCD_t = \sum_{k=1}^{K}\sum_{l=1}^{L} tc_{klt}.s_{klt} \quad (۱۹)$$

تابع هدف ۲: حداقل‌سازی انحرافات شاخص‌های مالی از حدود مطلوب. جریان مالی در کنار جریان کالا و اطلاعات، جریان‌های کلیدی در هر زنجیره تأمین هستند. چون عملکرد نهایی زنجیره تأمین متأثر از عملکرد مالی است، مدیریت جریان مالی اهمیت زیادی دارد. مطالعه جریان‌های مالی معمولاً متمرکز بر تحلیل نسبت‌های مالی است. نسبت‌های مالی، شاخص‌هایی هستند که موقعیت مالی شرکت را تحلیل می‌کنند. برای بهینه‌سازی شاخص‌هایی مالی از برنامه‌ریزی آرمانی[1] (GP) استفاده شده است. به این منظور ابتدا حد مطلوب هر شاخص طبق استانداردهای موجود تعیین شده و سپس طبق برنامه‌ریزی آرمانی سعی در حداقل‌سازی انحرافات شاخص‌های مالی مرکز تولید از حدود مطلوب شرکت شده است.

تابع هدف مربوط به حداقل‌سازی انحرافات شاخص‌های مالی تولیدکننده از حدود مطلوب به‌صورت رابطه ۲۰ تعریف می‌شود.

$$Min\ TDIF = \sum_{t=1}^{T} (w_1.d_{1t}^{+} + w_2.d_{2t}^{-} + w_3.d_{3t}^{-} + w_4.d_{4t}^{-} + w_5.d_{5t}^{-} + w_6.d_{6t}^{-} + w_7.d_{7t}^{-} + w_8.d_{8t}^{-}) \quad (۲۰)$$

محدودیت‌های مدل

محدودیت‌های سطح موجودی. محدودیت‌های تعدیل سطح موجودی در کارخانه به‌صورت محدودیت‌های ۲۱ – ۲۷ خلاصه شده‌اند.

$$Ir_{it-1} + \sum_{j}(x_{ijt}) - Ir_{it} = \sum_{k=1}^{K} b_{ik}.p_{kt} \qquad \forall\, i,t \quad (۲۱)$$

$$If_{kt-1} + p_{kt} - If_{kt} = \sum_{l=1}^{L} s_{klt} \qquad \forall\, k,t \quad (۲۲)$$

$$s_{klt} = d_{klt} \qquad \forall\, k,t,l \quad (۲۳)$$

1. Goal Programming (GP)

$$Ir_{it} \geq ssr_{it} \qquad \forall i,t \qquad (۲۴)$$

$$If_{kt} \geq ssf_{kt} \qquad \forall k,t \qquad (۲۵)$$

$$y_{jt} \leq x_{ijt} \leq y_{jt}.M \qquad \forall i,t,j \qquad (۲۶)$$

$$\sum_{j=1}^{J} y_{jt} \leq 2 \qquad \forall t \qquad (۲۷)$$

محدودیت ۲۱ و ۲۲ معادله تعدیل موجودی محصولات نهایی و مواد اولیه در انبارهای تولیدکننده هستند. محدودیت ۲۳ نشان می‌دهد که تقاضای مشتری برای هر محصول در هر دوره باید در همان دوره ارضاء شود. محدودیت۲۴ و ۲۵ به‌ترتیب نشان‌دهنده مقدار ذخیره اطمینان مواد اولیه و محصول نهایی در انبارهای تولیدکننده هستند. محدودیت ۲۶ نشان می‌دهد، تنها از تأمین‌کنندگانی خرید می‌شود که در آن دوره انتخاب شده باشند. محدودیت ۲۷ نشان می‌دهد که در هر دوره حداکثر ۲ تأمین‌کننده می‌توانند از مجموعه تأمین‌کنندگان انتخاب شوند.

محدودیت‌های ظرفیت. محدودیت ۲۸ ظرفیت تولید تولیدکننده در هر دوره را نشان می‌دهد.

$$lcap_{kt} \leq p_{kt} \leq ucap_{kt} \qquad \forall k,t \qquad (۲۸)$$

محدودیت ۲۹ حداقل مقدار سفارش قابل‌قبول از مشتری که دارای صرفه اقتصادی است را نشان می‌دهد.

$$\sum_{k=1}^{K} s_{klt} \geq ls_l \qquad \forall l,t \qquad (۲۹)$$

محدودیت‌های ۳۰ و ۳۱ محدودیت فضای انبارهای دریافت و ارسال تولیدکننده را نشان می‌دهند.

$$\sum_{i=1}^{I} vr_i.Ir_{it} \leq wr \qquad \forall t \qquad (۳۰)$$

$$\sum_{k=1}^{K} vf_k . If_{kt} \leq wf \qquad \forall t \tag{۳۱}$$

محدودیت متغیرها

$$y_{jt} \in \{0,1\} \qquad \forall j,t \tag{۳۲}$$

$$x_{ijt}, p_{kt}, s_{klt}, If_{kt}, Ir_{it} \geq 0 \qquad \forall i,j,k,t \tag{۳۳}$$

محدودیت‌های جریان مالی. درآمد خالص عملیاتی پس از کسر مالیات در هر دوره از رابطه ۳۴ به‌دست می‌آید.

$$NOPAT_t = (1 - TR_t).TIP_t \qquad \forall t \tag{۳۴}$$

درآمد عملیاتی در هر دوره از رابطه ۳۵ به‌دست می‌آید.

$$TIP_t = NTS_t - TCP_t - TCD_t - olc_t - ulc_t - tlc_t \quad \forall t \tag{۳۵}$$

رابطه‌ی ۳۶ برابری کل بدهی‌ها با کل دارایی‌ها را نشان می‌دهد.

$$FA_t + CA_t = E_t + STL_t + LTL_t \quad \forall t \tag{۳۶}$$

این رابطه نشان می‌دهد که مجموع دارایی‌های ثابت (FA_t)[1] و دارایی‌های جاری (CA_t)[2] باید با مجموع کل بدهی‌ها که شامل: بدهی‌های بلندمدت (LTL_t)[3]، بدهی‌های کوتاه‌مدت (STL_t)[4] و حق صاحبان سهام (E_t)[5] است، برابر باشند.

میزان دارایی‌های جاری در هر دوره از رابطه ۳۷ به‌دست می‌آید.

$$CA_t = C_t + RA_t + INR_t \qquad \forall t \tag{۳۷}$$

1. Fixed Asset (FA)
2. Current Asset (CA)
3. Long-Term Liability (LTL)
4. Short-Term Liability (STL)
5. Equity (E)

طبق این رابطه دارایی‌های جاری عبارتند از: پول نقد (C_t)[1]، حساب‌های دریافتی (RA_t)[2] و موجودی (INR_t)[3].

میزان پول نقد در هر دوره از رابطه ۳۸ به‌دست می‌آید.

$$C_t = CFP_t.NOPAT_t + STL_t + LTL_t + NIS_t - FAI_t \quad \forall t \qquad (۳۸)$$

در این رابطه CFP_t[4] درصدی از درآمد پس از کسر مالیات است که به‌صورت پول نقد است. NIS_t[5] و FAI_t[6] به‌ترتیب نشان‌دهنده درآمد انتشار سهام جدید و میزان سرمایه‌گذاری برای دارایی‌های ثابت هستند.
ارزش موجودی شبکه در هر دوره به‌صورت رابطه ۳۹ محاسبه می‌شود.

$$INR_t = \sum_{k=1}^{K} pc_{kt}.(If_{kt}) \qquad \forall t \qquad (۳۹)$$

میزان حساب‌های دریافتی در هر دوره از رابطه ۴۰ به‌دست می‌آید.

$$RA_t = (1 - CFP_t).NOPAT_t \qquad \forall t \qquad (۴۰)$$

میزان دارایی‌های ثابت در هر دوره از رابطه ۴۱ به‌دست می‌آید.

$$FA_t = FAI_t \qquad \forall t \qquad (۴۱)$$

میزان دارایی ثابت در هر دوره برابر میزان سرمایه‌گذاری برای دارایی‌های ثابت در دوره‌ی t (FAI_t) است.
کل سرمایه‌ی سهام در هر دوره از رابطه ۴۲ به‌دست می‌آید.

$$E_t = NOPAT_t + NIS_t + INR_t \quad \forall t \qquad (۴۲)$$

1. Cash (C)
2. Receivable Accounts (RA)
3. Inventory (INR)
4. Cash Final Profit after Tax (CFPT)
5. New Income Selling (NIS)
6. Fixed Asset Investment (FAI)

کل سرمایه سهام در هر دوره برابر مجموع درآمد خالص عملیاتی، ارزش موجودی شبکه و درآمد انتشار سهام جدید است.

در ادامه نسبت‌های مالی که نشان‌دهنده عملکرد اقتصادی سازمان در سطوح مختلف هستند، نشان داده شده‌اند.

رابطه ۴۳ حد پایین نسبت آنی را نشان می‌دهد. این نسبت شاخص دقیق‌تری برای بررسی توانایی یک شرکت در پرداخت بدهی‌های کوتاه‌مدت آن است. در این نسبت موجودی انبار از جمع دارایی‌های جاری خارج شده و تنها دارایی‌هایی در نظر گرفته می‌شوند که قابلیت تبدیل شدن به نقد را داشته باشند. نسبت سریع یا آنی بدین منظور به‌کار می‌رود که تا چه میزان شرکت می‌تواند به‌خوبی تعهدات مالی کوتاه مدت را بدون اینکه به موجودی انبار متکی باشد، پرداخت کند [۱].

$$\frac{CA_t - INR_t}{STL_t} + d_3^+ - d_3^- = QR_t \qquad \forall t \tag{۴۳}$$

رابطه ۴۴ حد بالای نرخ کل بدهی‌ها را نشان می‌دهد. این نسبت از تقسیم جمع بدهی‌ها به جمع دارایی‌ها به‌دست می‌آید. نسبت بدهی‌های زیاد معمولاً به معنای این است که شرکت برای تأمین منابع موردنیاز ناگریز به استفاده از تسهیلات بیشتری شده است.

$$\frac{STL_t + LTL_t}{FA_t + CA_t} + d_1^+ - d_1^- = TDR_t \qquad \forall t \tag{۴۴}$$

رابطه ۴۵ کران پایین نرخ پوشش پول را نشان می‌دهد. این شاخص، نشان‌دهنده میزان پول موجود برای پرداخت بهره وام‌ها و قرض‌های گرفته شده است.

$$\frac{EBIT_t + DPR_t}{IP_t} + d_5^+ - d_5^- = CCR_t \qquad \forall t \tag{۴۵}$$

رابطه ۴۶ حد پایین نرخ گردش دارایی‌های ثابت را نشان می‌دهد. این نسبت از تقسیم درآمد خالص فروش بر دارایی‌های ثابت به‌دست می‌آید. سرمایه‌گذاری بیش از حد در دارایی‌های ثابت و پایین‌بودن درآمد حاصل از فروش باعث کم‌شدن این نسبت می‌شود [۱۷].

$$\frac{NTS_t}{FA_t} + d_2^+ - d_2^- = FATR_t \qquad \forall t \tag{۴۶}$$

رابطه ۴۷حد پایین نسبت گردش حساب‌های دریافتی را نشان می‌دهد. این شاخص تقریبی است که نشان می‌دهد در طول سال چند بار حساب‌های دریافتی شرکت تبدیل به موجودی نقد می‌شوند. این شاخص غالباً در ارتباط با تجزیه‌وتحلیل سرمایه در گردش مورداستفاده قرار می‌گیرد. جریان تبدیل حساب‌های دریافتنی به موجودی نقد یکی از شاخص‌های بسیار مهم در کیفیت سرمایه در گردش هر شرکت است و توانایی آن را برای ادامه فعالیت‌های جاری شرکت نشان می‌دهد [۱].

$$\frac{NTS_t}{RA_t} + d_8^+ - d_8^- = RTR_t \qquad \forall t \qquad (۴۷)$$

رابطه ۴۸ حد پایین نرخ حاشیه سود را نشان می‌دهد. این شاخص میزان کسب سود به ازای هر واحد فروش را نشان می‌دهد.

$$\frac{NOPAT_t}{NTS_t} + d_4^+ - d_4^- = PMR_t \qquad \forall t \qquad (۴۸)$$

رابطه ۴۹ حداقل نرخ بازگشت دارایی‌ها را نشان می‌دهد. این شاخص میزان کسب سود به ازای هر واحد سرمایه را نشان می‌دهد.

$$\frac{NOPAT_t}{FA_t + CA_t} + d_6^+ - d_6^- = ROAR_t \qquad \forall t \qquad (۴۹)$$

رابطه ۵۰ حد پایین نرخ بازگشت دارایی صاحبان سهام را نشان می‌دهد. این شاخص میزان کسب سود به ازای هر واحد سهام را نشان می‌دهد.

$$\frac{NOPAT_t}{E_t} + d_7^+ - d_7^- = ROER_t \qquad \forall t \qquad (۵۰)$$

رویکرد حل چندهدفه تعاملی فازی. روش‌های متنوعی در مبانی نظری موضوع برای حل مسائل برنامه‌ریزی خطی چندهدفه[1] (MOLP) ارائه شده است. از میان این روش‌ها، امروزه روش‌های برنامه‌ریزی فازی به‌دلیل قابلیت محاسبه‌ی درجه ارضای هر یک از توابع هدف و انعطاف‌پذیری بالا به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرند. رویکرد min-max نخستین

1. Multi Objective Linear Programming (MOLP)

رویکرد حل فازی برای مسائل MOLP است که توسط زیمرمن (۱۹۷۸) ارائه شده است[۳۸]؛ اما این رویکرد گاهی راه‌حل‌های غیرکارا به‌دست می‌آورد [۳۵]. برای رفع ضعفی که در رویکرد min-max وجود داشت، ساکاوا و همکاران (۱۹۸۷) یک رویکرد تعاملی فازی برای حل مسائل MOLP بر اساس رویکرد min-max ارائه کردند [۲۵]. لای و هوانگ (۱۹۹۳) نیز یک رویکرد min-max تکمیلی ارائه کردند [۱۶]. ترابی و حسینی (۲۰۰۸) یک رویکرد تک‌فازی جدید برای حل مسائل MOLP ارائه کرده‌اند که رویکرد TH نامیده می‌شود. آنها به‌صورت تحلیلی اثبات کردند، روشی که ارائه کرده‌اند راه حل های کارآمد به‌دست می‌آورد. این رویکرد تصمیم‌گیرنده را قادر می‌سازد با انتخاب راه‌حل مناسب بر اساس درجه ارضاء و اولویت هر تابع هدف تصمیم نهایی را اتخاذ کند [۳۱]. سلیم و اوزکاراهان (۲۰۰۸) نیز با اصلاح تابع یکپارچه‌سازی ورنر (۱۹۸۸) یک رویکرد حل فازی جدید برای حل مسائل MOLP ارائه کرده‌اند که رویکرد SO نامیده می‌شود [۲۷، ۳۳]. برای حل مدل چندهدفه ارائه‌شده در این پژوهش، از رویکردهای فازی TH و SO استفاده شده است. رویکردهای چندهدفه فازی TH و SO، تصمیم‌گیرنده را قادر می‌سازند تا با انتخاب راه‌حل مناسب بر اساس درجه ارضاء و اولویت هر تابع هدف تصمیم‌نهایی را اتخاذ کند؛ همچنین این رویکردها قادر به تولید جواب‌های کارآمد متعادل و نامتعادل با توجه به ترجیح تصمیم‌گیرنده است. گام‌های این دو رویکرد به شرح زیر است:

۱. تعیین بهترین جواب ممکن (PIS) و بدترین جواب ممکن (NIS) برای هر یک از توابع هدف. برای تعیین بهترین جواب ممکن (PIS) هر یک از توابع هدف به‌طور جداگانه حل می‌شود و بدترین جواب ممکن به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$Z_h^{NIS} = Min_{k=1,2}\left(Z_h\left(x_k^{PIS}\right)\right) \qquad h = 1 \tag{۵۱}$$

$$Z_h^{NIS} = Max_{k=1,2}\left(Z_h\left(x_k^{PIS}\right)\right) \qquad h = 2 \tag{۵۲}$$

۲. محاسبه تابع عضویت برای هر یک از توابع هدف بر اساس رابطه‌های ۵۳ و ۵۴:

$$\mu_1(x) = \begin{cases} 1 & if \quad Z_1 > Z_1^{PIS} \\ \frac{Z_1 - Z_1^{NIS}}{Z_1^{PIS} - Z_1^{NIS}} & if \quad Z_1^{NIS} \le Z_1 \le Z_1^{PIS} \\ 0 & if \quad Z_1 < Z_1^{NIS} \end{cases} \tag{۵۳}$$

1. Positive Ideal Solution (PIS)
2. Negative Ideal Solution (NIS)

$$\mu_2(x) = \begin{cases} 1 & if \quad Z_2 \le Z_2^{PIS} \\ \frac{Z_2^{NIS} - Z_2}{Z_2^{NIS} - Z_2^{PIS}} & if \quad Z_2^{PIS} \le Z_2 \le Z_2^{NIS} \\ 0 & if \quad Z_2 \ge Z_2^{NIS} \end{cases} \qquad (۵۴)$$

۳. تبدیل مدل برنامه‌ریزی ریاضی چندهدفه به مدل ۵۵ و ۵۶ با استفاده از تابع یکپارچه‌سازی TH و SO:

تابع یکپارچه‌سازی TH به‌صورت زیر است:

$$Max\ \lambda(x) = \gamma\lambda_0 + (1-\gamma)\sum_h \theta_h \mu_h(x)$$
$$subject\ to: \qquad (۵۵)$$
$$\lambda_0 \le \mu_h(x) \qquad h = 1,2$$
$$x \in F(x), \lambda_0\ and\ \gamma\ \in [0,1]$$

$\mu_h(x)$ و $\lambda_0 = min_h\{\mu_h(x)\}$ به‌ترتیب نشان‌دهنده درجه تأمین تابع هدف h را نشان می‌دهد و بر اساس ترجیحات تصمیم‌گیرنده به‌نحوی تعیین می‌شود که $\theta_h > 0$ و $\sum_h \theta_h = 1$. پارامتر γ اصطلاحاً «ضریب جبران» نامیده می‌شود که حداقل درجه تأمین تابع هدف را کنترل می‌کند. به‌علاوه $F(x)$ نمایانگر فضای موجه مدل چندهدفه ارائه شده است. در این روش تصمیم‌گیرنده با توجه به ترجیحات خود می‌تواند مقدار پارامترهای γ و θ_h را تغییر دهید و به هر دو جواب‌های متعادل و نامتعادل دست یابد.

تابع یکپارچه‌سازی سلیم و اوزکارهان (۲۰۰۸) نیز به‌صورت زیر فرموله‌بندی می‌شود [۲۷]:

$$Max\ \lambda(x) = \gamma\lambda_0 + (1-\gamma)\sum_h \theta_h \lambda_h$$
$$subject\ to: \qquad (۵۶)$$
$$\lambda_0 + \lambda_h \le \mu_h(x) \qquad h = 1,2$$
$$x \in F(x), \lambda_0\ and\ \gamma\ \in [0,1]$$

در این مدل، λ_h تفاوت میان سطح ارضای تابع هدف h و حداقل سطح ارضای توابع هدف است $(\lambda_h = \mu_h(x) - \lambda_0)$.

۴. مدل‌های تک‌هدفه حاصل باید بر اساس مقادیر θ_h و γ حل شود. اگر تصمیم‌گیرنده از پاسخ مدل راضی باشد، حل تمام است؛ در غیر این صورت مقادیر γ تغییر داده شده و به گام ۳ باز گشته می‌شود.

٤. تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

تحلیل نتایج محاسباتی. برای نمایش اعتبار مدل ارائه‌شده و روش حل به‌کاررفته، در این بخش یک مسئله نمونه حل می‌شود. ابعاد مسائل نمونه استفاده‌شده در جدول ۱ ارائه شده است. پارامترهای استفاده‌شده در مسئله نمونه با استفاده از توزیع یکنواخت و به‌طور تصادفی تولید شده‌اند. فرموله‌سازی مسئله تعداد زیادی پارامتر را شامل می‌شود؛ بنابراین نمایش تمامی این پارامترها به‌واسطه محدودیت فضا امکان‌پذیر نیست؛ در نتیجه بعضی از پارامترهای مهم مانند پارامترهای حدود مالی برای ۴ دوره در جدول ۲ ارائه شده است. لازم به ذکر است که هر دوره برنامه‌ریزی (t) به‌صورت سه‌ماهه در نظر گرفته شده است و کل دوره برنامه‌ریزی (T) یک سال است. جدول ۳ مقادیر بهترین و بدترین جواب توابع هدف تحت‌مسئله نمونه را نمایش می‌دهد. مدل‌های ریاضی ارائه‌شده در نرم افزار بهینه‌سازی GAMS کدنویسی و با حل‌کننده CPLEX حل شده‌اند. تمامی آزمایش‌های مورد نیاز بر روی یک رایانه پنج‌هسته‌ای با ۴ گیگابایت حافظه (رم) اجرا شده‌اند.

جدول ۱. ابعاد مسائل نمونه

	تعداد محصول	تعداد تأمین‌کننده	تعداد مشتری	تعداد دوره
مسئله نمونه	۶	۵	۴	۴

جدول۲. بهترین و بدترین جواب ممکن برای توابع هدف در مسئله نمونه

	هدف ۱: بیشینه‌سازی سود	هدف۲: کمینه‌سازی انحرافات شاخص‌های مالی از حدود مطلوب
بهترین مقدار تابع هدف	۴۸۶۸۰۵۰۰۰۰۰	۶۷۳۷۸۴۶/۸۴۰
بدترین مقدار تابع هدف	۴۷۲۹۶۰۰۰۰۰۰	۸۹۶۸۵۴۹/۴۲۰

جدول ۳. حدود مالی پارامترها [۱۷]

مقدار	پارامتر مالی
۲	نسبت جاری
۱/۲۵	نسبت آنی
۱/۶	نسبت گردش حساب‌های دریافتی
۱/۵	نرخ بدهی‌ها به حقوق صاحبان سهام
۵	نرخ پوشش پول
۰/۰۱	نرخ بازگشت دارایی‌ها
۰۲,۰	نرخ بازگشت دارایی صاحبان سهام

از میان پژوهش‌های صورت‌گرفته در حوزه مدل‌سازی جریان مالی در زنجیره تأمین، تنها لانجینیدیس و جورجیادیس (۲۰۱۱) همچون پژوهش حاضر از متغیرها و پارامترهای مالی برای مدل‌سازی جریان مالی در زنجیره تأمین استفاده کرده‌اند؛ درحالی‌که سایر پژوهش‌های صورت‌گرفته در این حوزه جریان مالی را به‌صورت یکی از حالت‌های متغیر یا پارامتر مدل‌سازی کرده‌اند. لانجینیدیس و جورجیادیس (۲۰۱۱) نسبت‌های مالی را به‌صورت محدودیت‌هایی در مدل در نظر گرفته‌اند و به بیشینه‌سازی سود شرکت پرداخته‌اند. قرار دادن نسبت‌های مالی در محدودیت‌ها موجب می‌شود که هدف دستیابی به شاخص‌های مالی مطلوب در اولویت اول برای شرکت قرار گیرد و هدف سود شرکت در اولویت دوم قرار گیرد؛ درحالی‌که پژوهش حاضر از رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی برای مدل‌سازی جریان مالی استفاده کرده است؛ زیرا شاخص‌های مالی هر یک دارای یک استاندارد یا هدف مشخص هستند و رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی موجب می‌شود این اهداف به‌صورت هم‌زمان کنترل شوند؛ همچنین استفاده از رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی برای مدل‌سازی جریان مالی موجب می‌شود که بین دو هدف اصلی شرکت یعنی بیشینه‌سازی سود شرکت و دستیابی به حدود مطلوب شاخص‌های مالی تعادل و انعطاف‌پذیری ایجاد شود؛ در نتیجه می‌توان نتیجه گرفت رویکرد لانجینیدیس و جورجیادیس (۲۰۱۱) برای مدل‌سازی جریان مالی در حالتی مناسب هست که اولویت اول شرکت دستیابی به حدود مطلوب شاخص‌های مالی می‌باشد ولی رویکرد مورد استفاده در پژوهش حاضر به دلیل انعطاف‌پذیری بالا و ترکیب رویکردهای TH و GP در حالات مختلف اولویت اهداف می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. به‌منظور مقایسه رویکرد برنامه‌ریزی جریان مالی مورداستفاده در پژوهش لانجینیدیس و جورجیادیس (۲۰۰۱) و رویکرد مورداستفاده در پژوهش حاضر، مسئله ارائه‌شده در این پژوهش تحت دو رویکرد ذکرشده و مقادیر مختلف نرخ بازگشت سرمایه که یکی از مهم‌ترین شاخص‌های سودآوری سازمان هستند، مدل‌سازی و اجرا شد. نتایج اجرای مدل‌ها (جدول ۴) نشان می‌دهد که مدل ارائه‌شده به روش لانجینیدیس و جورجیادیس (۲۰۱۱)، قادر به یافتن جواب (ایجاد فضای حل) برای مقادیر مختلف نرخ بازگشت سرمایه نیست؛ یعنی سازمان را به اهداف مالی خاصی محدود می‌کند؛ ولی مدل ارائه‌شده به روش پژوهش حاضر به‌ازای مقادیر مختلف نرخ بازگشت سرمایه قادر به یافتن جواب بهینه است و انعطاف‌پذیری بالایی دارد.

جدول ۴. مقایسه عملکرد مدل پیشنهادی و مدل لانجیندیس و جورجیادیس (۲۰۱۱)

نرخ بازگشت سرمایه	مقدار تابع هدف سود مدل پیشنهادی	مقدار تابع هدف سود مدل لانجینیدیس و جورجیادیس
۰/۶۴۷	۴۸۱۴۷۴۰۰۰۰۰	۴۸۱۷۸۲۰۰۰۰۰
۰/۴۹	۴۷۴۴۵۲۰۰۰۰۰	جواب ندارد
۰/۶۵۰	۴۸۱۳۵۳۰۰۰۰۰	جواب ندارد

به‌منظور مقایسه دو رویکرد حل TH و SO، دو رویکرد حل با اجرای مسئله نمونه تحت $(0.6,0.4) =$ و مقادیر مختلف γ با هم مقایسه شده و نتایج دو روش حل در جدول ۵ ارائه شده است. همان‌طورکه نتایج نشان می‌دهد در مسئله نمونه، روش TH نسبت به روش SO عملکرد بهتری از خود نشان می‌دهد؛ به عبارت دیگر در روش TH با افزایش مقدار γ اختلاف سطح ارضای دو تابع هدف کمتر است و با افزیش مقدار γ، مقدار بدترین سطح ارضای تابع هدف بهتر می‌شود؛ ولی در روش SO با افزایش مقدارγ مقدار بدترین سطح ارضای تابع هدف بدتر می‌شود. راه؛حل روش TH نسبت به روش SO متعادل‌تر است و به نظر می‌رسد روش TH نسبت به روش SO اهمیت بیشتری به حداقل سطح ارضای توابع هدف نشان می‌دهد؛ درنهایت، می‌توان نتیجه گرفت که هر دو رویکردهای TH و SO دو رویکرد مناسب و کارآمد برای حل مسائل MOLP هستند؛ چون به راه حل‌های مؤثر دست می‌یابند؛ ولی در حالتی که تصمیم‌گیرنده اهمیت بیشتری به حداقل سطح ارضای توابع هدف می‌دهد و به عبارتی به دنبال دستیابی به راه‌حل‌های متعادل‌تر است، روش TH مناسب‌تر می‌باشد. از طرفی چون روش SO راه‌حل‌های نامتعادل‌تری به‌دست می‌آورد، در حالتی که تصمیم‌گیرنده توجه بیشتری به تابع هدف مهم‌تر دارد، این روش مناسب‌تر است.

جدول ۵. نتایج تحلیل حساسیت روی مقدار γ

γ	رویکرد TH				رویکرد SO			
	Z_1	Z_2	$\mu(Z_1)$	$\mu(Z_2)$	Z_1	Z_2	$\mu(Z_1)$	$\mu(Z_2)$
۰/۱	۴۸۱۵۷۱۰۰۰۰۰	۶۹۳۵۳۵۱/۸۴۰	۰/۶۲۲	۰/۹۱۱	۴۸۱۵۶۸۰۰۰۰۰	۶۹۳۵۳۵۱/۸۴	۰/۶۲۲	۰/۹۱۱
۰/۲	۴۸۱۵۷۰۰۰۰۰۰	۶۹۳۵۳۵۱/۸۴۰	۰/۶۲۲	۰/۹۱۱	۴۸۱۵۶۸۰۰۰۰۰	۶۹۳۵۳۵۱/۸۴	۰/۶۲۲	۰/۹۱۱
۰/۳	۴۸۱۵۷۰۰۰۰۰۰	۶۹۳۵۳۵۱/۸۴۰	۰/۶۲۲	۰/۹۱۱	۴۸۱۵۶۸۰۰۰۰۰	۶۹۳۵۳۵۱/۸۴	۰/۶۲۲	۰/۹۱۱
۰/۴	۴۸۱۵۷۰۰۰۰۰۰	۶۹۳۵۳۵۱/۸۴۰	۰/۶۲۲	۰/۹۱۱	۴۸۱۵۶۸۰۰۰۰۰	۶۹۳۵۳۵۱/۸۴	۰/۶۲۲	۰/۹۱۱
۰/۵	۴۸۱۵۷۰۰۰۰۰۰	۶۹۳۵۳۵۱/۸۴۰	۰/۶۲۲	۰/۹۱۱	۴۷۳۱۶۸۰۰۰۰۰	۶۹۳۵۳۵۱/۸۴	۰/۰۱۵	۰/۹۱۱
۰/۶	۴۸۱۵۷۰۰۰۰۰۰	۶۹۳۵۳۵۱/۸۴۰	۰/۶۲۲	۰/۹۱۱	۴۷۳۱۵۹۰۰۰۰۰	۶۹۳۵۳۵۱/۸۴	۰/۰۱۴	۰/۹۱۱
۰/۷	۴۷۹۲۶۹۰۰۰۰۰	۶۹۳۵۳۵۱/۸۴۰	۰/۴۵۶	۰/۹۱۱	۴۷۳۱۶۸۰۰۰۰۰	۶۹۳۵۳۵۱/۸۴	۰/۰۱۵	۰/۹۱۱
۰/۸	۴۸۱۵۵۵۰۰۰۰۰	۶۹۳۵۳۵۱/۸۴۰	۰/۶۲۱	۰/۹۱۱	۴۷۳۱۶۸۰۰۰۰۰	۶۹۳۵۳۵۱/۸۴	۰/۰۱۵	۰/۹۱۱
۰/۹	۴۸۱۵۷۱۰۰۰۰۰	۶۹۸۱۵۴۲/۲۴۴	۰/۶۲۲	۰/۸۹۱	۴۷۳۱۶۸۰۰۰۰۰	۶۹۴۶۱۵۷/۳۲	۰/۰۱۵	۰/۹۰۷

مقایسه مدل مالی و غیرمالی. نوع‌آوری اصلی مدل پیشنهادی در این پژوهش، یکپارچه‌سازی تجزیه‌وتحلیل صورت‌های مالی است؛ بنابراین به‌منظور بررسی این نوع‌آوری، نتایج مدل پیشنهادی با یک مدل غیرمالی (NFM)[1] مقایسه می‌شود. در مدل غیرمالی از هدف دوم

1. Non-Financial Model (NFM)

(کمینه‌سازی انحرافات شاخص‌های مالی) و محدودیت‌های ۵۱-۴۲ صرف نظر شده است. در جدول۶ تصمیمات تاکتیکی مسئله تحت مدل مالی و غیرمالی با هم مقایسه شده‌اند. نسبت گردش حساب‌های دریافتی و نرخ حاشیه‌ی سود دو شاخص سودآوری بسیار مهم هستند که مقدار آنها تحت دو مدل در جدول۷ نشان داده شده است.

جدول ۶. مقایسه تصمیمات تاکتیکی مدل مالی و غیرمالی

	مقدار خرید کل	**مقدار تولید کل**	**مقدار توزیع کل**	**مقدار میانگین سطح موجودی**
مدل مالی	۸۲۱۲	۸۳۹۲	۸۲۱۲	۱۶۱/۱۶۱
مدل غیرمالی	۸۲۱۲	۸۳۹۲	۸۲۱۲	۰

همان‌طورکه در جدول۶ مشخص است، مقدار کل توزیع در دو مدل برابر است؛ زیرا مقدار توزیع تحت‌تأثیر محدودیت‌ها در دو مدل یک مقدار ثابتی (برابر تقاضای مشتریان) است؛ همچنین مقدار خرید و تولید دو مدل نیز تحت‌تأثیر محدودیت‌های مدل با هم برابر است؛ ولی میانگین سطح موجودی نهایی محصولات در مدل مالی بیشتر از غیرمالی می‌باشد؛ زیرا در مدل مالی به‌دلیل اینکه ارزش موجودی جزو دارایی‌های جاری محسوب می‌شود و مقدار آن بر جریان مالی تأثیرگذار است، مقدار غیر صفر پذیرفته است. در جدول۷ مشاهده می‌شود که نرخ حاشیه سود در دو مدل، در بیشتر دوره‌ها با هم برابر است، دلیل این امر ثابت‌بودن مقدار کل فروش و تفاوت اندک درآمد خالص پس از مالیات در دو مدل است. لازم به ذکر است در این مسئله، مقدار کل فروش تحت‌تأثیر جریان مالی نیست و به مقدار تقاضای مشتریان بستگی دارد.

جدول ۷. مقایسه نرخ حاشیه سود در مدل مالی و غیرمالی

	دوره اول	دوره دوم	دوره سوم	دوره چهارم
نرخ حاشیه سود مدل مالی (٪)	۶۵	۶۵	۶۵	۷۳
نرخ حاشیه سود مدل غیرمالی (٪)	۶۵	۶۵	۶۹	۶۸

مطابق جدول ۸، نسبت گردش حساب‌های دریافتی در مدل مالی دارای وضعیت بهتری نسبت به مدل غیرمالی است. این وضعیت به‌دلیل اهمیت‌دادن به مقدار حساب‌های دریافتی در مدل مالی و نادیده‌گرفتن مقدار آن در مالی غیرمالی است.

جدول ۸. مقایسه نسبت گردش حساب‌های دریافتی در مدل مالی و غیرمالی

	دوره اول	دوره دوم	دوره سوم	دوره چهارم
نسبت گردش حساب‌های دریافتی مدل مالی	۴/۶۹	۳/۹۷	۴/۶۳	۳/۴۸
نسبت گردش حساب‌های دریافتی مدل غیرمالی	۴/۵۴	۳/۹	۳/۶۵	۳/۷

درنظرگرفتن جریان مالی و فیزیکی به‌صورت هماهنگ موجب می‌شود، مقدار نسبت‌ها و نرخ‌های مالی به حالت بهینه نزدیک‌تر بوده و همچنین مدل به دنیای واقعی نزدیک‌تر باشد. بررسی نتایج مدل حاکی از این است که تصمیمات تاکتیکی تأثیر زیادی بر متغیرهای مالی مدل دارد و همچنین مقدار برخی پارامترهای مالی تأثیر زیادی بر سود شرکت و برخی تصمیمات تاکتیکی دارد؛ بنابراین درنظرگرفتن هم‌زمان جریان فیزیکی و مالی در مدل‌سازی مسئله برای مدیریت کارای زنجیره ضروری است. اعتبارسنجی این پژوهش دربرگیرنده نمایش اعتبار مدل پیشنهادی و روش حل استفاده‌شده است. اعتبار روش حل (TH) استفاده‌شده از طریق مقایسه آن با رویکرد حل دیگری (SO) نشان داده شده است. از سوی دیگر به‌منظور نمایش اعتبار مدل پیشنهادی، نتایج مدل مالی پیشنهادی با مدل غیرمالی آن مقایسه شد و تحلیل نتایج دو مدل برتری عملکرد مدل پیشنهادی را نسبت به مدل غیرمالی نشان داد.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این پژوهش یک مدل برنامه‌ریزی اصلی (برنامه‌ریزی تولید، توزیع و تدارک به‌صورت یکپارچه) چندمحصولی به‌منظور بیشینه‌سازی سود شرکت تولیدکننده و کمینه‌سازی انحرافات شاخص‌های مالی شرکت تولیدکننده از حدود مطلوب با درنظرگرفتن جریان فیزیکی و مالی به‌صورت هم‌زمان ارائه شد. در پژوهش حاضر تصمیمات مربوط به تدارک، تولید، توزیع و تصمیمات مالی (میزان سرمایه‌گذاری، میزان بدهی، میزان حقوق صاحبان سهام و غیره) به‌صورت یکپارچه و هماهنگ با توجه به محدودیت منابع عملیاتی و محدودیت‌های مالی ناشی از نرخ ارز، هزینه‌های گمرکی، مالیات بر ارزش افزوده واردات، مالیات بر درآمد و بیمه به‌صورت بهینه اتخاذ می‌شوند. از ویژگی‌های بارز مدل پیشنهادی، استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی برای مدل‌سازی جریان مالی و دستیابی به اهداف مالی تولیدکننده است. روش حل در این پژوهش رویکردهای فازی چند هدفه SO و TH هستند که به‌دلیل توانمندی محاسبه درجه تأمین توابع هدف مختلف موجود در مدل، در حل مسائل چندهدفه به‌طور وسیع از آنها استفاده شده است. این رویکردها قادر به تولید جواب‌های کارآمد متعادل و نامتعادل با توجه به ترجیح تصمیم‌گیر هستند. در پایان از طریق نتایج محاسباتی کارایی مدل پیشنهادی و کیفیت بالای عملکرد و کاربردی‌بودن مدل

پیشنهادی نمایش داده شد. در پایان برای نشان‌دادن کارایی و کیفیت بالای عملکرد و کاربردی‌بودن مدل پیشنهادی، دو مدل مالی و غیرمالی با هم مقایسه شدند. نتایج مقایسه این دو مدل حاکی از این بود که درنظرگرفتن جریان مالی و فیزیکی به‌صورت هماهنگ موجب می‌شود، مقدار نسبت‌ها و نرخ‌های مالی به حالت بهینه نزدیک‌تر شده و همچنین مدل به دنیای واقعی نزدیک‌تر باشد. بررسی نتایج مدل‌ها حاکی از این است که تصمیمات تاکتیکی تأثیر زیادی بر متغیرهای مالی مدل دارد؛ همچنین مقدار برخی پارامترهای مالی تأثیر زیادی بر سود شرکت و برخی تصمیمات تاکتیکی دارد؛ بنابراین درنظرگرفتن هم‌زمان جریان فیزیکی و مالی در مدل‌سازی مسئله برای مدیریت کارای زنجیره بسیار ضروری است. می‌توان موارد زیر را به‌عنوان مسیرهای پیشنهادی برای تحقیقات آینده ارائه کرد.

ـ در دنیای امروزی وقوع اختلالات می‌تواند به واسطه وابستگی اعضای زنجیره تأمین، سازمان‌ها را با ضررهای بزرگی مواجه سازد و بسیاری از مشتریان خود را از دست دهند. توجه به این امر می‌تواند سبب قابلیت اطمینان بالاتر زنجیره شود و به‌عنوان یک مزیت رقابتی برای سازمان در مقابل رقبایش محسوب می‌شود؛ بنابرین پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی، مدل‌سازی زنجیره تأمین جهانی در شرایط اختلال صورت گیرد.

ـ با توجه به اینکه در دنیای واقعی مسائلی چون ارزش زمانی پول و نرخ تورم بر مقدار هزینه‌های اعضای زنجیره تأمین تأثیرگذار هستند؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود مدلی ارائه شود که در محاسبات هزینه‌ها به ارزش زمانی پول و نرخ تورم توجه کند.

ـ پیش‌بینی مقدار دقیق برخی پارامترها چون نرخ ارز (به‌دلیل نوسانات نرخ ارز) و تقاضا (به دلیل کمبود و غیردقیق‌بودن اطلاعات در دوره‌ی میان‌مدت) امری دشوار است؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود برای واقعی‌ترشدن مدل، مدل برنامه‌ریزی اصلی برای زنجیره تأمین ارائه شود که در آن پارامترهای تقاضا و نرخ ارز به‌صورت غیرقطعی در نظر گرفته شوند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

۱. طاهری، شهنام (۱۳۸۶). چگونه عملکرد شرکت‌ها و سازمان‌ها را تحلیل کنیم. هستان

2. Badell, M., Romero, J., Huertas, R., & Puigjaner, L. (2004). Planning, schedulingand budgeting value-addedchains.*Computers and Chemical Engineering, 28(1–2),* 45˚61.

3. Chandra, P., & Fisher, M. (1994). Coordination of Production and distribution planning. *European Journal of Operation Research*, 72, 503-517.

4. Cohen, A. M., & Sangwon, M. (1991). An integrated plant loading model with economice of scale and scope. *European Journal of Operation Research*, 50, 266-276.

5. Cowen, S.S., & Hoffer, J.A. (1982). Usefulness of financial ratios in a single industry. *Journal of Business Research, 10(1),* 103˚118.

6. Davis, T. (1993). Effective supply chain management.*Sloan Management Review, 34(4),* 35˚46.

7. Durugbo, C., Tiwari, A., & Alcock, J. (2013). Modelling information flow for organisations: A review of approaches and future challenges. *International Journal of Information Management, 33,* 597˚ 610.

8. Guilleهض, G.,Badell, M.,Espun a, A., & Puigjaner,L.(2006).Simultaneous optimization of process operations and financial decisions to enhance the integrated planning/scheduling of chemical supply chains .*Computers and Chemical Engineering, 30(3),* 421˚436.

9. Guille´ n, G., Badell, M., & Puigjaner, L. (2007). Aholisticframeworkforshort-term supplychain management integrating production and corporate financial planning. *International Journal of Production Economics, 106(1),* 288˚306.

10. Hammami, R., Frein, Y., & Hadj-Alouane, A.B. (2009). Astrategic-tactical model for the supply chain design in the delocalization context: mathematical formulation and acasestudy.International *Journal of Production Economics, 122(1),* 351˚365.

11. Hahn, G.J., & Kuhn, H. (2012). Designing decision support systems for value-based management: A survey and an architecture. *Decision Support Systems, 53,* 591˚598.

12. Horrigan, J. (1966). The determinants of long-term credit standing with financial ratios. *Journal of Accounting Research*, 4 (Suppl.), 44˚62.

13. Jayaraman, V., & Pirkul, H. (2001). planning and coordination of production and distribution facilities for multiple commodities. *European Journal of Operation research, 133,* 394-408.

14. Jahangiri, M.H., & Cecelja, F. (2014). Modelling Financial Flow of the Supply Chain. *Proceedings of the IEEM*, 1071-1076.

15. La ,J.M., Guille, G., Badell, M., Espun, A., & Puigjaner, L.(2007). Enhancing corporate value in the optimal design of chemical supply chains .*Industrial and Engineering Chemistry Research, 46(23),* 7739˚7757.

16. Lai, Y.J., & Hwang, C.L.(1993). Possibilistic linear programming for managing interest rate risk, *Fuzzy Sets and Systems, 54,* 135˚146.

17. Longinidis, P., & Georgiadis, M.C. (2011).Integration of Financial Statement Analysis in the Optimal Design of Supply Chain Networks Under Demand Uncertainty. *International Journal of Production Economics, 129,* 262˚276.

18. Melo, M.T., Nickel, S., & Saldanha-da-Gama, F.(2009). Facility location and supply chain management˘ a review. *European Journal of Operational Research*, *196(2),* 401˚412.

19. Papageorgiou, L.G. (2009).Supply chain optimization for the process industries: advances and opportunities. *Computers and Chemical Engineering*, *33(12),* 1931˚1938.

20. Park, Y.B. (2005).An integrated approach for production and distribution planning in supply chain management, *Internat. J. Prod. Res*, *43(6),* 1205˚1224.

21. Patterson, L.J., & Kim, M. (2000). Strategic sourcing: a systematic approach to supplier evaluation, selection and development. *Caps Research*, *4,* 112-125.

22. Pirkul, H., & Jayaraman, V. (1998). A multi- commodity ,multi plant, capacitated facility location problem: formulation and efficieient heuristic solution. *Journal of operation research*, *25*, 10, 869-878.

23. Rushinek, A., & Rushinek, S.F. (1987). Using financial ratios to predict in solvency. *Journal of Business Research*, *15(1),* 93˚100.

24. Romero, J., Badell, M., Bagajewicz, M., & Puigjaner,L.(2003). Integratingbudgeting models in to scheduling and planning models for the chemical batch industry. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 42(24), 6125˚6134.

25. Sakawa, M., Yano H., & Yumine, T. (1987). An interactive fuzzy satisfying method for multi objective linear-programming problems and its application. *IEEE Transactions on Systems, Manand Cybernetics SMC*, *17*, 654˚661.

26. Sabri, H., & Benita, M. (2000).A moulti objective approach to simultaneous sterategic and operational planning in supply chain design. *Omega*, 28, 581-598.

27. Selim, H., Ozkarahan, I. (2008).A supply chain distribution network design model: an interactive fuzzy goal programming-based solution approach. International *Journal of Advanced Manufacturing Technology*, *36*, 401˚418.

28. Shapiro, J.F. (2004). Challenges of strategic supply chain planning and modeling. *Computers and Chemical Engineering*, *28(6–7),* 855˚861.

29. Sodhi, M.S., & Tang, C.S. (2009). Modeling supply-chain planning under demand uncertainty using stochastic programming: a survey motivated by asset-liability management. *International Journal of Production Economics*, *121(2),* 728˚738.

30. Stevenson, W. (2004). Operation management, New York, Mc Graw Hill.

31. Torabi, S.A., & Hassini, E. (2008).An interactive possibilistic programming approach for multiple objective supply chain master planning. *Fuzzy Sets and Systems*, *159,* 193˚214.

32. Thomas, D.J., & Griffin ,P.M.(1996).Coordinated supply chain management. *Eur. J. Oper. Res*, 94, 1˚15.

33. Werners, B. (1988).Aggregation models in mathematical programming. Springer. Berlin Heidelberg. NewYork,. 295˚305.

34. Wuttke, D., Blome, C., & Henke, M. (2013). Focusing the financial flow of supply chains: An empirical investigation of financial supply chain management. *Int. J. Production Economics*, *145,* 773˚789.

35. Yi, G., & Reklaitis, G.V. (2004). Optimal design of batch-storage network with financial transactions and cash flows. *AIChEJournal*, *50(11),* 2849˚2865.

36. Zhao, L., & Huchzermeier, A. (2015). Operations-finance interface models: A literature review and Framework. *European Journal of Operational Research*, *10,* 1016-1044.

37. Zhongdai, W., Minghai, Y., & Jin, L. (2014). A Novel Collaboration Management Method Based Finance Logistics Management Platform. *International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering, 9(10),* 409-418.

38. Zimmermann, H.J.(1978).Fuzzy programming and linear programming with several objective functions. *Fuzzy Sets and Systems, 1,* 45˚55.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی