فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری
دوره ۱۵ / شماره ٤ (پیاپی ۶۰) / زمستان ۱٤۰۵
صفحه ۵۶۹ تا ۵۹۱

شناسایی ابعاد و مولفه های تامین مالی زنجیره تولید

مهسا چکنی
دانشجوی دکتری رشته مدیریت مالی ، واحد علوم و تحقیقات ، دانشگاه آزاد اسلامی ، تهران ، ایران
Chegini4946@gmail.com

فریدون رهنمای رودپشتی
وابسته به علوم و تحقیقات ، دانشگاه آزاد اسلامی ، تهران ، ایران (نویسنده مسئول)
Rahnama.roodposhti@gmail.com

رضا رادفر
عضو هیئت علمی دانشکده مدیریت ، واحد علوم و تحقیقات ، دانشگاه آزاد اسلامی ، تهران ، ایران (نویسنده مسئول)
Radfar@gmail.com

وحیدرضا میرابی
عضو هیئت علمی دانشکده مدیریت ، واحد تهران مرکز ، دانشگاه آزاد اسلامی ، تهران ، ایران
Vah.mirabi@iauctb.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۳۰

چکیده

زنجیره تامین به عنوان یک سیستم متشکل از تامین کنندگان، تولیدکنندگان، توزیع کنندگان، خرده فروشان و مشتریان است که در آن سه جریان اصلی مواد، اطلاعات و مالی اجزاء آن را در تعامل با یکدیگر قرار می دهند. جریان مالی زنجیره تامین بخشی اساسی از زنجیره تامین است که شامل تمام فرایندها، معاملات و نقل و انتقالات مربوط به جریان وجوه نقد از زمان سفارش خرید تا پرداخت به فروشنده است. در همین راستا پژوهش حاضر به دنبال شناسایی ابعاد و مولفه های تامین مالی زنجیره تولید می باشد. این پژوهش از نظر هدف، کاربردی است که بصورت کمی انجام شد. از لحاظ روش‌شناسی و نحوه گردآوری داده‌ها پژوهشی توصیفی به شمار می‌آید که بصورت پس رویدادی اجرا شده است. جهت جمع‌آوری داده‌ها در این پژوهش، از روش کتابخانه‌ای و اسنادی اســتفاده شد. جامعهٔ آماری این پژوهش، صنایع غذایی کوروش بود. جهت تجزیه وتحلیل داده ها از روش فراابتکاری استفاده شد. نتایج نشان داد متوسط چهار معیار کمیت، کیفیت، درجه توازن در رسیدن همزمان به اهداف و تنوع جواب های پارتوی به دست آمده از هر الگوریتم ارائه شده است. همچنین الگوریتم NSGAII در هر چهار شاخص عملکرد بهتری نسبت به NRGA داشته است.

واژه‌های کلیدی: مدل‌های فرا ابتکاری، تامین مالی، زنجیره تامین، بهینه سازی.

۱- مقدمه

امروزه با گسترش رقابت جهانی توجه به تأمین مالی در زنجیره تولید برای شرکت‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است، زیرا تا زمانی که ناکارآمدی تأمین مالی در زنجیره تولید برطرف نشود، شرکت‌ها همچنان به استفاده از یک استراتژی گران قیمت برای محافظت در برابر عدم قطعیت جریان مالی و اطلاعات خواهند پرداخت (مرادی و خاتمی، ۱۳۹۹). به دلیل اهمیت تأمین مالی در زنجیره تأمین به منظور تأمین سرمایه در گردش، روش‌های تأمین مالی شرکت‌ها در زنجیره تولید از اهمیت بالایی برخوردار بوده است (چوی ، ۲۰۲۰). منابع مالی و سرمایه مورد نیاز بنگاه‌ها می‌تواند از طرق مختلفی تامین شود. توانایی بنگاه‌ها در برنامه ریزی و مدیریت موثر گردش مالی از عوامل اصلی رشد و پیشرفت یک کسب و کار به شمار می‌آید. بدیهی است این توانمندی اگر در چارچوب ارتباطات و تعاملات فی مابین کسب و کارهای مختلف در طول یک زنجیره شکل گیرد، می‌تواند مزیتهای رقابتی پایداری را فراهم سازد (کائو و همکاران ، ۲۰۱۹). رویکردهای مختلفی برای تامین منابع مالی وجود دارد، بر این اساس بنگاه‌ها می‌توانند منابع مالی مورد نیاز خود را از طریق صاحبان و سهامداران آن یا از طریق منابع خارجی که منابعی غیر از سرمایه سهامدارن می‌باشد، تامین کنند (آکینوال ، ۲۰۲۱). تامین مالی از طریق حساب‌های دریافتنی (مطالبات قابل وصول) از شیوه‌های رایج تامین مالی می‌باشد (خاتمی و همکاران، ۱۴۰۰). اتخاذ سیاست‌های مناسب برای مدیریت موثر گردش مالی در طول زنجیره تامین موضوعی است که باید به طور تخصصی مورد توجه قرار گیرد (وانگ و همکاران، ۲۰۱۳). مدیریت گردش مالی در زنجیره تامین شامل مدیریت چرخه نقدینگی، مدیریت بهینه حساب‌های دریافتنی پرداختنی و موجودی، مدیریت تامین منابع مالی و مدیریت هزینه مبتنی بر زنجیره تامین هستند که در کنار مدیریت جریان فیزیکی شامل جریان کالا و مواد اولیه در طول زنجیره تولید باید به طور یکپارچه مورد توجه قرار گیرد (علیزاده و همکاران، ۱۴۰۱). اثربخشی نظام مدیریت زنجیره تولید حاصل هماهنگی جریان‌های مختلف مالی و فیزیکی است. در این بین شرایط اقتصادی، محدودیت‌های منابع مالی و پیچیدگی‌های روش‌های تامین مالی باعث گردیده است که بسیاری از شرکتها خصوصا از نوع تولیدی به علت عدم سرمایه در گردش مناسب ورشکست شوند، در واقع این شرکت‌ها قربانی عدم نقدینگی کافی به منظور انجام فعالیت‌ها و انجام تعهدات خود در دوره‌های مختلف می‌باشند (خاتمی و همکاران، ۱۴۰۰). در دنیای واقعی تامین مالی یک شرکت تولیدی به علت استحکام کمتر نسبت به شرکت‌های بزرگ تولیدی می‌بایست با حساسیت بیشتر نسبت به شرایط عدم قطعیت محیط پیرامون، صورت پذیرد. لذا به منظور تامین سرمایه در گردش و سودآوری می‌بایست مبتنی بر شرایط حاکم بر زنجیره تولید شامل وضعیت تقاضا خریداران، ظرفیت تولید، ظرفیت تامین کننده، ظرفیت انبارداری و همچنین ظرفیت تامین مالی توسط موسسات مالی و اعتباری اقدام به تامین مالی شرکت کرد (یو و همکاران، ۲۰۲۲). این امر نشان دهنده آن است که تامین مالی شرکت‌های تولیدی می‌بایست با یک دیدگاه یکپارچه به تعاملات این شرکت‌ها در زنجیره تولید در نظر گرفته شود. تعاملات یک شرکت تولیدی در قالب جریانات فیزیکی شامل جریان محصول و مواد اولیه و جریانات مالی شامل جریان وجوه نقد، اسناد پرداختنی و دریافتنی در زنجیره تولید تعریف شده است (مرادی و همکاران، ۱۳۹۹). در همین راستا، یکی از مسائل اصلی که برای تأمین مالی این شرکت‌ها مطرح است ارائه یک برنامه مناسب تأمین مالی به این شرکت‌ها

به گونه ای که بتواند سرمایه در گردش و سودآوری آن‌ها در شرایط محیط متغیر به نحوه مناسب پوشش دهد (بت شکن، ۱۴۰۱). این امر بدون توجه به تعاملات شرکت با عوامل زنجیره تولید امکان پذیر نبوده و برای این امر یکپارچگی تصمیمات مالی و فیزیکی در زنجیره تولید می‌تواند بسیار راهگشا باشد. در این راستا و با توجه به مشکلات مالی موجود در کشور و بحرآن‌های اقتصادی که در سال‌های اخیر در جهان و همچنین کشور ما رخ داده است، بهینه‌سازی تامین مالی و همچنین توجه به شرایط عدم قطعیت به یک مسئله مهم تبدیل شده است (مرادی و خاتمی، ۱۳۹۹). محققان تحقیق در عملیات اخیرا اهمیت الگوریتم‌های ابتکاری را دریافته‌اند، این الگوریتم‌ها می‌توانند جواب‌های نزدیک به بهینه را برای مسائل با اندازه‌های بزرگ در یک زمان محاسباتی قابل قبول و با یک فضای حافظه مورد نیاز مناسب فراهم سازد. بنابراین، با توجه به اهمیت تامین مالی در زنجیره‌های تولید و پژوهش‌های محدودی که در این حوزه انجام گرفته است، در این پژوهش سعی بر آن است تا با بکارگیری مدل‌های فراابتکاری و استفاده از مزیت‌های این روش نسبت به سایر روش‌های بهینه یابی به انتخاب مسیرهای اقناع کننده در تأمین مالی در زنجیره تولید پرداخته شود و از این طریق به رفع شکاف‌های پژوهشی این حوزه پرداخته و پیشنهادهایی کاربردی برای مدیران صنایع جهت اجرای الگویی بهینه برای تامین مالی در زنجیره تولید ارائه دهد.

تأمین مالی زنجیره تولید

در تأمین مالی زنجیره تولید، کشور و یا مؤسسات وام‌دهنده هیچ شرطی را برای چگونگی مصرف وام پرداخت شده قرار نداده و در واقع در این‌گونه مواقع فاز تأمین‌مالی از فاز اجرایی آن کاملا جدا است. اصطلاح رایجی در ایران در توضیح این روش وجود دارد به نام فاینانس خودگردان که بیشتر در مورد تولیدات نفتی رایج است و تعریف بیان‌شده برای آن این است که «به تأمین مالی گفته می‌شود که بازپرداخت‌های هزینه از محل صدور محصولات تولیدی همان طرح انجام شود. دولت نیز موظف است تا تسویه کامل کلیه تعهدات ناشی از سرمایه‌گذاری مربوطه، اجازه صدور محصولات تولیدی این طرح را تضمین کند». قسمت اول این تعریف که بازپرداخت‌ها بر اساس محصولات تولیدی زنجیره صورت می‌گیرد صحیح است اما این روش به‌درستی ویژگی‌های این ساختار را ندارد و بیشتر ساختاری است که داخل شرکت بکار می‌رود و درواقع باز هم اعطای تسهیلات بر اساس اعتبار زنجیره تولید است و در واقع روش درون‌سازمانی شرکت است. تعریفی که در ادامه آمده است به‌روشنی یکی از وجوه تمایز تأمین مالی زنجیره تولید از دیگر ابزار تأمین مالی را نشان می‌دهد: تأمین مالی زنجیره تولید شامل شده است از تأسیس و به وجود آمدن یک مؤسسه تأمین مالی مستقل قانونی با بدهی بدون اتکا یا با اتکا محدود به دارایی حامیان تولید و سرمایه‌ای از یک یا چند حامی برای هدف تأمین مالی تولیدات زیربنایی.

در این قسمت از دارایی‌های موجود در زنجیره تولید و همچنین درآمدهای آتی آن به‌عنوان پایه‌ای برای تأمین وجوه مورد نیاز استفاده می‌شود. مدیریت ریسک در تأمین مالی زنجیره تولید نقش بسیار مهمی دارد و اصولا ارتباط بین بخش‌های درگیر در پروژه به‌منظور مدیریت ریسک زنجیره و به‌وسیله قراردادها برقرار می‌شود. در این ساختار کسانی که خواستار اجرای پروژه هستند به‌عنوان حامیان زنجیره تولید نام برده

می‌شود. یک حامی ممکن است برای قرض گرفتن وجـوه ضـروری بـرای پـروژه بـر اساس اعتبار شرکت خود با محدودیت‌هایی در قرض گرفتن مواجه شود، ممکن است مزیت مالی در یک حوزه در صورت کاربرد این ساختار برای زنجیره تولید وجود داشته باشد و یا قانون‌گذار در اختیـارات قانونی ویژه ممکن است به‌طور مستقیم حامیان را مجبور کند که راهکار تأمین مالی زنجیره تولید را ادامـه دهند. در روش تأمین مالی زنجیره تولید ملاک اصلی برای تأمین‌کننده منابع مالی خارجی، «اقتصادی بـودن طرح» است. چنانچه مطالعات امکان‌سنجی طرح به لحاظ اقتصادی مثبت باشد، تأمین‌کننده منابع مالی، بدون مشارکت مستقیم سهمی، می‌پذیرد که منابع لازم را به‌صورت نقدی و غیر نقدی در اختیار واحد موردنظر قرار دهد و در مقابل محصولات تولیدی طرح را بـه ازای اصـل سـود مورد توافـق دریافـت نماید (چوی و همکاران، ۲۰۱۵).

شاخص‌های تأمین مالی زنجیره تولید

باوجود تحقیقات فراوان پیرامون موضوع تأمین مالی، تعداد کمی به صنایع پایین‌دسـتی مربـوط بوده است که در آن‌ها محققان معتقدند زنجیره های تولید، به‌ویژه تولیدات پـایین‌دسـتی، بـرای تحقق هرچه بهتر و دستیابی به منابع تأمین مالی در شرایط بازار رقابتی نیاز به دستیابی به فناوری های روز دارند، درعین‌حال بیشتر آن‌هایی که به مسائل مؤثر بر تصمیم تأمین مـالی اشـاره دارنـد بـه آن از منظر سرمایه‌گذار نگریسته و تنها در چند مورد به معیارهای مؤثر بر تصمیم سرمایه پـذیر در انتخـاب تأمین مالی اشاره شده است و ازآنجاکه ساختار سرمایه نیز از متغیرهای تأمین مالی به‌حساب مـی‌آیـد برخی به شناسایی الگوی بهینه در این رابطه پرداخته یا راهبرد شـرکت را بـر سـاختار سـرمایه مـؤثر دانسته‌اند و یا شاخص‌هایی نظیر تکمیل فعالیت‌های سـازمان‌دهـی، فعالیـت‌هـای بازاریـابی و سـطح فروش را بر تصمیم تأمین مالی مؤثر دانسته‌انداما؛ در سایر مـوارد، مؤلفـان عمـدتا عوامـل مـؤثر بـر تصمیم تأمین‌مالی را فقط در یک یا دو حوزه و عمدتا شاخص‌های مالی و ریسک شناسایی کرده‌اند. عمده این معیارها عبارت‌اند از نسبت بدهی به سرمایه، نرخ بهره، مالیات، انعطاف‌پذیری، ریسک، نرخ بازگشت سرمایه، نرخ بازده و کنترل (همان).

چن و همکاران[1] (۲۰۲۳) به بررسی تاثیر تامین مالی زنجیره تامین بر مسئولیت اجتماعی شرکت‌های صنعت غذا/کشاورزی و ایجاد ارزش مشترک از طریق نوآوری‌های عملکردی و ساختاری با اتخاذ تامین مالی زنجیره تامین (SCF) پرداختند. این تحقیق یک روش مطالعه تک موردی را برای بررسی نوآوری‌ها و مکانیسم‌هایی که در یک شرکت تخم‌مرغ چینی اتفاق می‌افتد، اتخاذ کرد. یافته های این مقاله نشان داد که SCF می تواند تاثیر زیادی بر مدیریت زنجیره تامین از طریق نوآوری های عملکردی و ساختاری در سراسر زنجیره تامین داشته باشد و مشکلات محدودیت سرمایه در فرآیند توسعه کشاورزی را حل کند و اجرای استراتژی یکپارچه سازی و همچنین نوآوری در آن را ارتقا دهد. زنجیره صنعت کشاورزی این تحقیق همچنین نشان داد که نوآوری های ساختاری و عملکردی زنجیره تامین می تواند مسئولیت اجتماعی شرکت (CSR) و ایجاد ارزش مشترک (CSV) را ارتقا دهد.

[1] Chen, X., Wang, C., & Li, S.

لی و همکاران[1] (۲۰۲۳) در مقاله خود یک طرح ذخیره سازی امن و کنترل دسترسی مبتنی بر بلاک چین برای تامین مالی زنجیره تامین (Fabric-SCF) را پیشنهاد کردند. این پژوهش شامل طراحی و پیاده‌سازی یک سیستم ذخیره‌سازی ایمن مبتنی بر بلاک چین با استفاده از اجماع توزیع‌شده برای تحقق امنیت داده‌ها، قابلیت ردیابی و تغییرناپذیری بود. مدل مذکور از قراردادهای هوشمند برای تعریف فرآیندهای سیستم و سیاست های دسترسی برای اطمینان از عملکرد کارآمد سیستم استفاده می کند. برای تأیید عملکرد Fabric-SCF، دو مجموعه آزمایش شبیه‌سازی اثربخشی آن طراحی شد. نتایج تجربی نشان داد که Fabric-SCF به کنترل دسترسی پویا و ریز دست می‌یابد در حالی که توان عملیاتی بالا را در یک سناریوی عملیاتی شبیه‌سازی‌شده در دنیای واقعی حفظ می‌کند.

ناس و همکاران (۲۰۲۲) به بررسی مدیریت زنجیره تامین (SCM): استفاده از داده های بزرگ مختلف و استراتژی های فراابتکاری پرداختند. در این رابطه، زنجیره تامین (SC) به دلیل ماهیت چند وجهی رو به رشد خود، برای کلان داده ها مفید است. برای ایجاد پویایی برای پیش‌بینی خطر در SC، استفاده از تجزیه و تحلیل داده‌های بزرگ و استفاده از روش‌شناسی فراابتکاری در زنجیره حیاتی می‌شود.

یو و همکاران (۲۰۲۲) به تجزیه و تحلیل بازی تکاملی سیستم تامین مالی زنجیره تامین محصولات کشاورزی سبز: همه گیر کرونا پرداختند. محققان دریافتند که ESS در بازی تامین مالی بین تامین کنندگان محصولات کشاورزی و ساکنان شهری می‌تواند از طریق کاهش هزینه GAPSC و افزایش توانایی عملیاتی GAPSC ارتقا یابد. محققان همچنین توصیه می‌کنند که تقاضا برای محصولات کشاورزی سبز برای توسعه GAPSC تحریک شود.

آکینوال (۲۰۲۱) به برنامه وام گیرندگان لنگر در نیجریه: مروری بر تامین مالی زنجیره ارزش کشاورزی نوآورانه در تولید برنج پرداخت. نتایج نشان داد که ABP نوآوری را در زمینه‌های مدل‌های مالی، مدل‌های توزیع و کاهش ریسک نشان می‌دهد. عملکرد این برنامه در حوزه‌های پوشش و بازپرداخت وام مورد توجه قرار گرفت. در همین حال، مسائلی مانند اقدامات تند بین مقامات مؤسسات مالی و ذینفعان متعدد، به عنوان نقص در اجرای برنامه مشاهده شد. بنابراین توصیه می‌شود که یک وسیله با هدف ویژه باید توسط CBN راه اندازی شود تا ذینفعان را به عنوان بخش مهمی برای سهولت اجرا در خود جای دهد.

کائو و یو (۲۰۱۹) به بررسی جنبه روشن انتشار کربن به تامین مالی و عملکرد زنجیره تامین اجازه می‌دهد پرداختند. تجزیه و تحلیل نشان می‌دهد که سازنده ممکن است چندین منطقه تولید ممکن بر اساس سرمایه در گردش اولیه و تعداد تعهد شده مجوز انتشار کربن داشته باشد. همچنین دریافتند که مقدار تولید مستقل از سرمایه در گردش اولیه سازنده و مجوزهای انتشار کربن در یک منطقه بدون ورشکستگی است، در حالی که مقدار تولید بهینه تحت تأثیر مجوزهای انتشار کربن در یک منطقه ورشکستگی کاهش می‌یابد. علاوه بر این، کاهش انتشار کربن کمیت تولید را بهبود می‌بخشد و سود تولید کننده را افزایش می‌دهد.

با توجه به مرور ادبیات گذشته این تحقیق و بررسی آنها موارد ذیل در خصوص خلاء تحقیقاتی و ضرورت و اهمیت موضوع این تحقیق قابل بیان هستند در مقالات علمی گذشته مدیریت زنجیره تامین به طور عمده به

[1] Li, D., Han, D., Crespi, N., Minerva, R., & Li, K. C.

طراحی و بهینه سازی جریان کالا و اطلاعات توجه شده و جریانهای مالی میان شرکتهای زنجیره تامین اغلب یا نادیده گرفته شده و یا تنها به معرفی مفهوم و روشهای آن چالشهای مربوط به آن و ... پرداخته شده و کمتر بصورت کاربردی به مدل سازی یا بهینه سازی زنجیره تامین با توجه به جریان مالی پرداخته شده است. اکثر پژوهش ها در زمینه کاربرد مدل سازی در جریان مالی تنها یک ابزار SCF را مورد بررسی قرار داده اند و به بررسی چند ابزار بطور هم زمان نپرداخته اند. در تحقیقات گذشته به بررسی جریان تولید و تامین مالی بصورت هم زمان پرداخته نشده و بهینه سازی هم زمان آنها مورد بررسی قرار نگرفته است. در پژوهشهای گذشته از سه منبع اصلی تامین مالی یعنی منابع مالی داخلی بنگاه، تامین مالی از مسیر زنجیره تامین و تامین مالی از مسیر واسطه های مالی بصورت هم زمان استفاده نشده است. در تحقیقات گذشته کمتر به بهینه سازی سود اعضاء زنجیره تامین و موسسات مالی بصورت همزمان پرداخته شده و اکثر تحقیقات تنها به بررسی چگونگی بهینه سازی اعضاء زنجیره تامین پرداخته اند.

روش

این پژوهش از نظر هدف، کاربردی است که بصورت کمی انجام شد. از لحاظ روش‌شناسی و نحوه گردآوری داده‌ها پژوهشی توصیفی به شمار می‌آید که بصورت پس رویدادی اجرا شده است. جهت جمع‌آوری داده‌ها در این پژوهش، از روش کتابخانه‌ای و اسنادی اســتفاده شد. برای نگارش ادبیات پژوهش از مطالعات انجام شده در این زمینه و منابع کتابخانه‌ای مختلف استفاده شده و در بخش کمی نیز داده‌های مورد نیاز از اطلاعات تاریخی سهام در بورس اوراق بهادار تهران جمع‌آوری شد.

مراحل تحقیق

گام‌های اساسی در ایجاد و اجرای یک مدل شبیه‌سازی

اجرای یک مدل شبیه‌سازی مستلزم طی‌کردن ۸ گام استاندارد می‌باشد که این پژوهش نیز به معرفی و شرح گام‌های اساسی شبیه‌سازی می‌پردازد. این مراحل عبارتند از:

۱) آشنایی با سیستم و اتفاقات جاری آن
۲) تعریف مسئله
۳) تعیین اهداف و طرح کلی پژوهش
۴) مدل‌سازی
۵) گردآوری داده‌ها
۶) پیاده‌سازی مدل روی نرم‌افزار
۷) تأیید مدل
۸) اعتبارسنجی مدل

توابع هدف مسئله

✓ **تابع هدف اول**

مینیمم کردن هزینه ها = هزینه خرید مواد اولیه + هزینه حمل مواد اولیه + هزینه های تولید + هزینه حمل محصول به مشتری + هزینه موجودی + هزینه نیروی انسانی + هزینه اخراج نیروی انسانی + هزینه استخدام نیروی انسانی + هزینه آموزش نیروی انسانی

(۱)

$$Min\ Z_1 = \sum_s \sum_j \sum_l \sum_t X_{sjt}^l C_s^l + \sum_s \sum_j \sum_l \sum_t Tc_{sj}\, X_{sjt}^l + \sum_j \sum_q \sum_t C_j^q Q_{jt}^q + \sum_j \sum_c \sum_q \sum_t Tc_{jc}\, Y_{jct}^q + \sum_j \sum_q \sum_t ic_j I_{jt}^q + \sum_k \sum_j \sum_t Mw_{kj}\, L_{kjt} + \sum_k \sum_j \sum_t Fw_{kj}\, Fl_{kjt} + \sum_k \sum_j \sum_t Hw_{kj}\, Hl_{kjt} + \sum_k \sum_{k'} \sum_j \sum_t Tw_{kj}\, Tl_{kk'jt}$$

✓ **تابع هدف دوم**

ماکزیمم کردن کل ارزش تولید که برابر است با ماکزیمم کردن کیفیت

$$Max\ Z_2 = \sum_j \sum_t \sum_q w_q\, Q_{jt}^q \qquad (۴-۲)$$

محدودیت های مدل

$$\mathrm{I_{jt}^q} = \mathrm{I_{j(t-1)}^q} + \mathrm{Q_{jt}^q} - \sum_{\mathrm{C}} Y_{jct}^q\ \forall \mathrm{q, j, t} \qquad (۴-۳)$$

$$L_{kjt} = L_{kj(t-1)} + Hl_{kjt} - Fl_{kjt} + \sum_{k'} Tl_{k'kjt} - \sum_{k'} Tl_{kk'jt}\ \forall k, j, t \qquad (۴)$$

$$\sum_L \mathrm{a_{jt}^{kl}\, x_{jt}^{kl}} \le \mathrm{L_{kjt}}\ \forall k, j, t \qquad (۵)$$

$$\sum_{\mathrm{k}} A_{tkj} \mathrm{L_{tkj}} \ge \sum_{\mathrm{k}} \sum_{\mathrm{L}} \mathrm{b_{jlk} X_{jt}^{LK}}\ \forall j, t \qquad (۶)$$

$$Q_{jt}^q \ge \sum_C Y_{jct}^q\ \forall q, j, t \qquad (۷)$$

$$\sum_j X_{sjt}^L \le Cap_{st}^L\ \forall L, s, t \qquad (۸)$$

$$\sum_{\mathrm{k}} \mathrm{X_{jt}^{kL}} = \sum_{\mathrm{s}} \mathrm{X_{sjt}^{L}}\ \forall \mathrm{L, j, t} \qquad (۹)$$

$$\mathrm{FL_{kjt}} + \sum_{\mathrm{k'}} \mathrm{TL_{kk'jt}} \le \mathrm{L_{kj(t-1)}}\ \forall k, j, t \qquad (۱۰)$$

$$\mathrm{D_{ct}} = \sum_{\mathrm{j}} \sum_q Y_{jct}^q\ \forall c, t \qquad (۱۱)$$

$$\sum_{\mathrm{k'}} \mathrm{TL_{kk'jt}}\ \mathrm{FL_{kjt}} = 0\ \forall k, j, t \qquad (۱۲)$$

$$Tl_{k'kjt} \leq M\, Tp_{kk'} \;\forall k, k', j, t \qquad (۱۳)$$

$$\sum_k \left(FL_{kjt} + HL_{kjt}\right) \leq \alpha_{(t-1)} \sum_k L_{kj(t-1)} \;\forall j, t \qquad (۱۴)$$

$$\begin{cases} x_{11jt} + x_{12jt} = Q^1_{jt} \\ x_{21jt} + x_{22jt} = Q^2_{jt} \;\forall\, j, t \\ x_{31jt} + x_{32jt} + x_{33jt} + x_{23jt} + x_{13jt} = Q^3_{jt} \end{cases} \qquad (۱۵)$$

$$Q^q_{jt}, X^L_{sjt}, X^{lk}_{jt}, Y^q_{jct}, I^q_{jt}, L_{kjt}, Fl_{kjt}, Hl_{kjt}, Tl_{kk'jt} \geq 0 \qquad (۱۶)$$

محدودیت (۳)، میزان موجودی در هر دوره که با توجه به موجودی دوره قبل و تولید و ارسالی های دوره تعیین می شود را نشان می دهد.محدودیت (۴)، تعداد کارگران با مهارت k در هر کارخانه ودر هر دوره را نشان می دهد. محدودیت (۵)، متضمن تعداد کارگر مورد نیاز در هر دوره با توجه به تولید محصول با سطوح کیفی مختلف می باشد. محدودیت (۶)، تضمین کننده در نظر گرفتن زمان دردسترس بودن هر کارگر است. محدودیت (۷)، بیانگر تعادل میان تولید کالا و ارسال به مشتری است. محدودیت (۸)، تضمین می کند که در هر دوره میزان محصول نیم ساخته ای که از تأمین کنندگان دریافت می شود نباید از ظرفیت تأمین کننده بیشتر شود. محدودیت (۹)، بیانگر تعادل میان تولید محصول با موادی که به کارخانه وارد می شوند می باشد. محدودیت (۱۰)، بیانگر این نکته است که اخراج وآموزش نبایستی از نیروی انسانی در دسترس بیشتر باشد. محدودیت (۱۱)، متضمن این نکته است که تمام تقاضای محصول در هر دوره بایستی برآورده شود. محدودیت (۱۲)، تضمین می کند اپراتوری که در یک دوره آموزش می بیند نباید در آن دوره اخراج شود. محدودیت (۱۳)، بیانگر امکان پذیر بودن یا نبودن آموزش در هر دوره می باشد. محدودیت (۱۴)، نشان می دهد که در هر دوره ما به میزان معینی می توانیم تغییر در نیروی انسانی ایجاد کنیم. محدودیت (۱۵)، امکان پذیر بودن تولید هر محصول از هر سطح کیفی را با اپراتور و مواد اولیه متفاوت بیان می کند. رابطه (۱۶)، بیانگر محدودیت های نامنفی متغیرهای تصمیم است.

یافته ها

در این بخش ابتدا به چگونگی بکارگیری این الگوریتم ها در تحقیق حاضر پرداخته می شود و در ادامه، مسائل نمونه آزمایشی توسط الگوریتم طراحی شده حل می‌گردند و با معرفی شاخص‌های ویژه مسائل چندهدفه، به مقایسه الگوریتم‌های طراحی شده، پرداخته می‌شود. قابل ذکر است که الگوریتم‌های بکار گرفته شده، در محیط نرم افزار متلب[1] ویرایش R2009a توسط کامپیوتری با CPU *Intel®Core™ Due* و RAM *2.2GB* برنامه‌نویسی شده‌اند.

[1] - MATLAB

تشریح ساختار NSGA-II بکار گرفته شده

در این بخش، اجزای طراحی شده برای ساختار الگوریتم مرتب‌سازی نامغلوب ژنتیک، جهت حل مسأله طراحی شبکه خرید- تولید- توزیع چندهدفه برای تامین مالی زنجیره تولید سه مرحله‌ای، به تفصیل و گام به گام شرح داده می‌شود.

نحوه نمایش جواب‌ها[1]

اولین گام در بکارگیری و پیاده‌سازی یک الگوریتم فراابتکاری، انتخاب روشی برای نمایش جواب‌هاست. تبدیل یک جواب از فضای حل به یک کروموزوم را اصطلاحاً رمزگذاری۲ و برگرداندن یک کروموزوم را به یک جواب از فضای حل مسأله، رمزگشایی۳ گویند. در واقع مهمترین بخش از الگوریتم ژنتیک که نقطه آغاز آن محسوب می گردد، همین قسمت می باشد.در ارائه جواب ها که به وسیله کروموزوم صورت می پذیرد باید نهایت دقت را به عمل آورد تا کروموزوم ها به خوبی فضای شدنی مسأله را تحت پوشش قرار دهند. در الگوریتم ارائه شده در این پژوهش، برای ارائه جواب ها در قالب کروموزوم، از کروموزوم هایی با سه بخش تشکیل شده که هر کدام در ادامه شرح داده می شوند.

بخش اول کروموزوم از یک ماتریس چهار بعدی ایجاد شده است که مقادیر متغیر X_{jt}^{Lk} را نشان می دهد. در این کروموزوم، درایه های ماتریس مقادیر صحیحی هستند که میزان تولیدات با استفاده از مواد اولیه نوع l، توسط نیروی کار با سطح مهارتk در دوره t ،در کارخانهj مشخص می گردد.

بخش دوم کروموزوم، نحوه تأمین مواد اولیه مورد نیاز برای کارخانه از طریق تأمین کننده ها مشخص می گردد.به عبارت دیگرمشخص می گرددکه هر یک از تولید کننده ها مواد اولیه سطح L خود را در هر دوره از کدام تأمین کننده تهیه می نمایند.از آنجایی که ظرفیت تأمین کننده ها محدود است این بخش از کروموزوم به صورت اعداد بین صفرویک که نشان دهنده اولویت ها هستند نشان داده می شوند.این بخش از کروموزوم از یک ماتریس سه بعدی با ابعاد(تعداد دوره *تعداد نوع مواد*تعداد تولید کننده) می باشد.

در بخش سوم کروموزوم مشخص می گردد که هر مشتری نیاز دوره خود را از کدام تولید کننده یا تأمین کننده ها دریافت می کند.در این بخش از یک ماتریس سه بعدی با ابعاد (تعداد دوره* تعداد تولید کننده * تعداد مشتری) با درایه های بین صفر ویک تشکیل شده است.درایه ها در این بخش نیز همانند درایه های بخش دوم نشان دهنده اولویت هستندوبا توجه به ظرفیت هر یک از تولیدکننده ها تقاضای مشتریان براساس این اولویت ها پوشش داده می شود.در ادامه یک نمونه، جهت درک نحوه عملکردکروموزوم وچگونگی رمزگشایی آن ارائه می گردد. مسأله زیر رادرنظر بگیرید.

[1] - Solutions Representation Method
[2] - Encoding
[3] - Decoding

فرض کنید تعداد تأمین کننده۲، تعدادمشتری۳، تعداد تولیدکننده۲وتعداد دوره ۱ است.همچنین فرض کنید یک کروموزوم مربوط به این مسأله به صورت زیر است:

جدول۴-۱- مقادیر متغیر X_{jt}^{Lk}

J=1 ,t=1	K_1	K_2	K_3
L_1	۲۲	۳۷	۱۳
L_2	۱۴	۴۵	۲۳
L_3	۳۷	۲۷	۹

J=2 ,t=1	K_1	K_2	K_3
L_1	۲۵	۲۴	۴
L_2	۲۱	۳۰	۲۷
L_3	۳۳	۲۴	۴

همانطور که ملاحظه می شود مقدار تولید هر یک از تولید کننده ها مشخص است.به عنوان مثال تولید کننده دوم(j_2) میزان محصولی که با مواد اولیه سطح۲ (L_2) ونیروی کار با سطح مهارت اول(k_1) تولید می نماید برابر با ۲۱ است.بقیه مقادیر نیز به همین ترتیب مشخص می شوند.با توجه به مقادیر x_{jt}^{lk} ، مقادیر تولید محصولات در سطوح کیفیت مختلف (Q_{jt}^{q}) نیز قابل محاسبه می باشد. بخش دوم کروموزوم را فرض کنید به صورت زیر باشد.

جدول ۴-۲- ماتریس اولویتها

T=1	L_1	L_2	L_3
j_1	۰.۰۹	۰.۱۸	۰.۵۵
j_2	۰.۹۷	۰.۳۴	۰.۰۲

در این بخش نحوه تأمین هر یک از مواد اولیه مورد نیاز تولیدکننده ها مشخص می گردد. این کار براساس اولویت انجام می پذیرد.به عنوان مثال در کروموزوم بالا بیشترین اولویت مربوط به ماده L_1 با تولید کننده j_2 می باشدکه اولویت آن برابر ۰.۹۷ است.از بخش اول کروموزوم داریم مقدار ماده نوع ۱ (L_1)مورد نیاز تولید کننده ۲ (j_2)

برابر ۵۳ است (۴+۲۴+۲۵).بنابراین ابتدا باید این مقدار را تأمین نماییم. برای تأمین این مقدار به صورت زیر عمل می کنیم.

فرض کنید پارامتر C_{ls} که قیمت خرید ماده نوع L از تأمین کننده s را نشان می دهد، برابر باشد با:

جدول ۴-۳- قیمت خرید ماده نوع L از تأمین کننده s

	s_1	s_2
L_1	50	۴۴
L_2	44	۴
L_3	۲۹	۲۰

همچنین هزینه حمل ونقل از هر یک ازتأمین کننده ها به تولید کننده ها (Tc_{sj}) به صورت زیر می باشد :

جدول ۴-۴- بخش دوم کروموزوم

	J_1	J_2	
S_1	۲	۴	
S_2	۲	۵	

حال برای تأمین ۵۳ واحد از مواد نوع یک برای تولیدکننده دوم، میزان هزینه هر واحد از مواد اولیه را که شامل هزینه خرید وهزینه حمل ونقل می گردد را به ازای تمام تأمین کننده ها محاسبه می نماییم که به صورت زیر می باشد:

هزینه حمل L_1 از s_1 = ۵۰+ ۴=۵۴

به j_2

هزینه حمل L_1 از s_2 = ۴۴+ ۵=۴۹

به j_2

بنابراین از بین تأمین کننده ۱و ۲ ، تأمین کننده دوم را جهت تأمین ۵۳ واحد از مواد اولیه نوع ۱ تولیدکننده ۲ استفاده می گردد.اما درصورتی که ظرفیت باقیمانده تأمین کننده دوم جوابگوی این تقاضا نباشد، میزان تقاضای تأمین نشده تولید کننده دوم از تأمین کننده بعدی (از نظرقیمت) تأمین می گردد.این فرآیند به همین ترتیب ادامه می یابد تاتقاضای تمام تولید کننده ها تأمین گردد.در این بخش میزان مواد خام تأمین شده از هر تأمین کننده (x^{l}_{sjt}) مشخص می گردد.

در بخش سوم فرض کنید کروموزوم مربوطه به صورت زیر باشد:

جدول ۴-۵-ماتریس اولویتها بخش دوم

t =1	J_1	J_2
C_1	۰.۳۲	۰.۴۴
C_2	۰.۹۲	۰.۳۵
C_3	۰.۵۴	۰.۱۸

در این بخش هر مشتری، نیاز دوره خود را از تولیدکننده ها دریافت می کند.مشتریان بر اساس اولویت و باتوجه به ظرفیت تولید کننده ها ، تقاضای خود را دریافت می نمایند. به عنوان مثال در نمونه بالا ، ابتدا تقاضای مشتریان ۲ از تولید کنندگان ۱ دریافت می گردد. برای تأمین تقاضای مشتریان ابتدا محصولات درجه ۱، سپس درجه ۲ ودرنهایت از درجه ۳ استفاده می گردد.در مثال فوق فرض کنیدمیزان موجودی محصول نوع ۱ در تولید کننده۱برابر ۵۰ واحد، اما تقاضای مشتری دوم ۷۵ واحد است.بنابراین ۵۰ واحد از تقاضای مشتری ۲ از تولیدکننده ۱ ومابقی آن از تولیدکننده ۲ دریافت می گردد.

درهر کروموزوم باداشتن اطلاعات مربوط به این سه بخش کروموزوم، تمام متغیرهای مسأله قابل محاسبه می باشند.

نحوه تولید جمعیت اولیه[1]

بعد از تعیین ساختاری برای نمایش جواب‌های مسأله، اولین گام از الگوریتم، تولید جمعیت اولیه جواب‌هاست. بیشتر الگوریتم‌های فراابتکاری تکاملی جمعیت محور، از یک رویکرد تصادفی برای تولید جواب‌های اولیه استفاده می‌کنند. در اینجا هم همین رویکرد اتخاذ شده است. به این ترتیب که برای هر یک از افراد جمعیت، یک کروموزوم تصادفی ایجاد می گردد، کروموزوم تولید شده مورد بررسی قرار می گیرد و در صورتی که هیچ یک از محدودیت های مسئله را نقض نکند مورد تأیید قرار می گیرد ودر غیر این صورت کروموزوم تولید شده رد و تولید تصادفی کروموزوم مجدداً صورت می پذیرد. این فرآیند آنقدر تکرار می گردد تا جمعیت اولیه کامل گردد.

ارزیابی[2] جواب‌ها

در گام بعدی الگوریتم، جمعیت تولید شده باید ارزیابی شوند. برای این منظور ابتدا باید کروموزوم‌های تشکیل یافته، با روش کدگشایی توضیح داده شده، به جواب‌های معادل تبدیل گردند. همانطور که در بخش قبل اشاره

[1] . Initialization Method
[2] . Evaluation

شد، با داشتن سه بخش یک کروموزوم تمام متغیرهای مسئله قابل محاسبه می باشند وبنابراین با قراردادن این مقادیر در توابع هدف ،مقادیر توابع هدف قابل محاسبه هستند.بعد از آن نوبت به رتبه‌بندی جواب‌ها و قرار دادن آن‌ها در جبهه‌های مختلف از نظر درجه نامغلوب بودن، با استفاده از روش مرتب‌سازی نامغلوبی که قبلاً شرح داده شد می‌رسد. سپس فاصله تراکمی نیز طبق رویه گفته شده در قبل، برای جواب‌ها محاسبه می‌گردد.

مکانیزم انتخاب[1]

برای تولید جمعیت فرزندان از والدین، نیاز هست که طبق مکانیزم خاصی از بین والدین، تعدادی جهت اعمال عملگرهای تقاطع و جهش انتخاب شوند. روش انتخابی که در این الگوریتم بکار گرفته می‌شود، مسابقه دودویی[2] مبتنی بر عملگر مقایسه تراکمی است که قبلاً تشریح شده است.

در واقع این روش مکانیزمی برای پیاده سازی دو مفهوم مرتب سازی غیر مغلوب وفاصله ازدحام است. این روش به صورت زیر بیان می شود:

۱) ابتدا دو کروموزوم را به طور تصادفی انتخاب کنید.

۲) برنده بین این دو کروموزوم که به صورت زیر تعیین می شود، به عنوان خروجی انتخاب می شود.

a. آنکه شماره جبهه پایین تری دارد

b. در صورت برابری شماره جبهه ها، آنکه فاصله ازدحام بزرگتری دارد.

نحوه جبهه بندی و تعریف دقیقی از فاصله ازدحامی به صورت مبسوط در قسمت ۳-۵ توضیح داده شده است.

عملگرهای ژنتیک

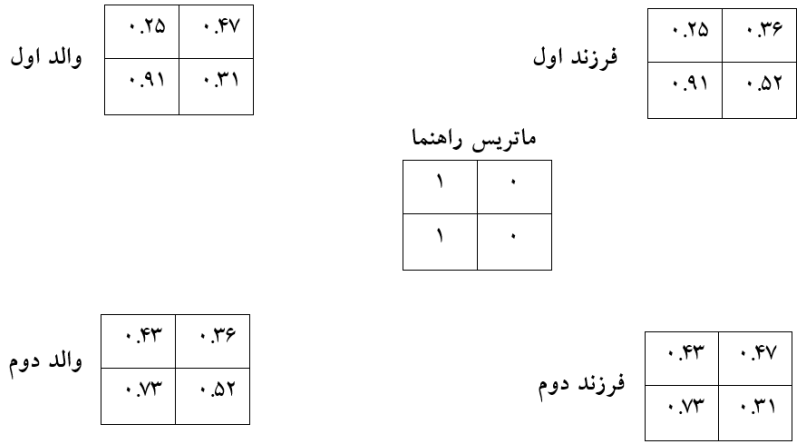
ایجاد جمعیت فرزندان از والدین که در راستای تولید جواب‌های با کیفیت بهتر از نسل قبل انجام می‌گیرد و در واقع روندی تکاملی محسوب می‌شود، در الگوریتم‌های ژنتیک تکامل جمعیت از طریق عملگرهای ژنتیکی همچون تقاطع وجهش و نخبه سالاری صورت می گیرد. اما هر کدام از این عملگرها، برای مسائل مختلف، انواع متنوعی دارند که کارایی هر کدام از آنها در پیشرفت الگوریتم می‌تواند متفاوت باشد. در ادامه عملگرهای تقاطعی و جهشی که در این پژوهش بکار گرفته شده‌اند، معرفی می‌گردند.

عملگرهای تقاطعی[3]

عملگر تقاطع به منظور انتقال ویژگی های مشابه از والدین به فرزندان نسل بعد انجام می شود. در واقع باید هر فرزند بخشی از ویژگی های خود را از یک والد وباقیمانده را از والد دیگر به ارث ببرد. اگر عملگری چنین شرایطی را تضمین نکند دیگر عملگر تقاطع نامیده نخواهد شد، بلکه به آن عملگر جهش می گویند. معمولاً عملگر تقاطع

[1] .Selection
[2] . Binary Tournament
[3] .Crossover Operators

دو والد را دریافت وحداکثر دو فرزند تولید می کند. پس بنابراین جهت انجام تقاطع ابتدا باید والدین(کروموزوم هایی که عملگر تقاطع روی آنها اعمال می گردد) انتخاب شوند.نحوه ی انتخاب والدین نیز در این تحقیق همانطور که اشاره شد روش تورنومنت است.نحوه اعمال عملگر تقاطع بر روی والدین انتخاب شده بدین صورت می باشد که برای هر بخش از کروموزوم یک ماتریس راهنما با ابعاد همان بخش ایجاد می گردد که درایه های آن ازاعداد باینری تشکیل شده اند.نحوه تولید فرزندان از طریق ماتریس راهنما به صورت شکل زیر می باشد.



شکل ۴-۶- عملگر تقاطع

در صورتی که فرزند های تولید شده محدودیت های مسئله را نقض نمایند، کنار گذاشته شده واین عملگر مجدداً اعمال می گردد.

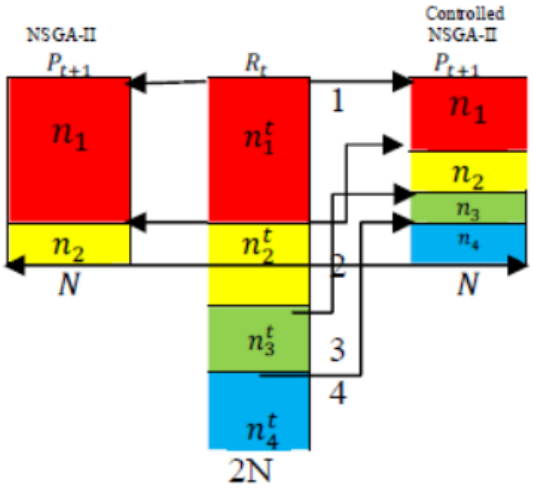
عملگر جهش[1]

عملگر جهش برای ایجاد پراکندگی در جوابها وجستجوی هرچه بیشتر جواب استفاده می شود. از آنجا که هیچگونه هدفمندی در عملگر جهش وجود ندارد، لذا نحوه اجرای آن به گونه ای است که کروموزوم را به طور کاملا تصادفی تغییر می دهد.برای عملگر جهش در الگوریتم ارائه شده از تولید کروموزوم جدید وجایگزین کردن آن با کروموزوم قبلی استفاده نموده ایم. به عبارت دیگر کروموزوم جدید تولید می گردد ودرصورت شدنی بودن جایگزین کروموزوم قبلی می شود.

[1]. Mutation operator

نخبه سالاری

در الگوریتم پیشنهادی بخشی از جمعیت بدون تغییر مستقیماً از هر نسل به نسل بعد انتقال می یابند. این تعداد از بهترین جواب های هر نسل انتخاب می گردد.



شکل۴-۸- نخبه گرایی

تکرار[1] الگوریتم

بعد از تولید جمعیت اولیه والدین بصورت تصادفی و ارزیابی آن‌ها، مطابق با روش انتخاب و عملگرهای ژنتیکی که تشریح شد، جمعیت فرزندان به اندازه والدین ایجاد می‌شود. از ترکیب این دو مجموعه، نسل بعدی طبق ساختاری که قبلاً ارائه شد، ایجاد می‌گردد. به این ترتیب یک تکرار از الگوریتم انجام می‌گیرد و به همین ترتیب این روند تکرار می‌شود تا زمانی که شرط پایان الگوریتم برقرار شود. نهایتاً جبهه اول نسل آخر که در واقع جواب‌های نامغلوب مجموعه هستند، بعنوان خروجی الگوریتم برگردانده می‌شود.

شرط توقف[2] الگوریتم

شرط توقف الگوریتم در واقع معیاریست که مشخص می‌کند، حلقه تکرار الگوریتم تا کجا ادامه یابد و بسته به نظر طراح می‌تواند متمایز باشد. معمولترین شرط، تعداد دفعات تکرار الگوریتم است که مثلاً بعد از K تکرار، الگوریتم متوقف شود. در این پژوهش نیز شرط توقف را تعداد تکرار معین انتخاب کردیم.

[1] . Iteration
[2] . Stop Condition

تشریح ساختار الگوریتم (NRGA[1]) بکار رفته در این تحقیق

الگوریتم NRGA از نظر ساختار شبیه الگوریتم NSGAII می باشد، تنها تفاوت این الگوریتم با NSGAIIدر بخش استراتژی انتخاب و بخش مرتب کردن جمعیت و انتخاب برای نسل بعد می باشد.به عبارت دیگر در الگوریتم NRGA والدین به جای روش ازدحام دودویی از روش چرخه رولت که در بخش قبل به تفصیل توضیح داده شد، انتخاب می شوند.

ارزیابی الگوریتم فراابتکاری دوهدفه

در این بخش به منظور ارزیابی کارایی الگوریتم های دو هدفه پیشنهادی، از معیارهای ارزیابی کارایی مسأله چند هدفه استفاده می کنیم. معیارهای کارایی مسأله چند هدفه به دلیل اهمیت زیاد آن، در بخش سوم به طور جداگانه مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه از چهار معیار اندازه گیری زیر استفاده می شود.

۱) Q : شاخص کیفیت
۲) NPS : شاخص کمیت
۳) RAS : درجه توازن در رسیدن همزمان به اهداف
۴) DM : شاخص تنوع

پس از کدینگ مسئله به منظور ارزیابی کارایی و عملکرد الگوریتم NSGAII در برابر الگوریتم NRGA، آنها را برای ۲۰ مسئله نمونه مختلف حل ومقایسه می کنیم. برای به دست آوردن نتایج قابل اطمینان از هر نمونه ۳ اجرا انجام می دهیم ومشابه روند گذشته مقادیر متوسط نرمال شده معیارهای مختلف را اندازه گیری می کنیم. نتایج نمونه به ازای ترکیبات مختلف T وC، J، S وبر اساس معیارهایی که دربالا به آنها اشاره شد برای هر دو الگوریتم در جدول ۶ خلاصه شده است.

[1] -Non-dominated ranked genetic algorithm(NRGA)

جدول۶-مقایسه عملکرد الگوریتم های NSGAII وNRGA

No.	s	j	c	T	NPS	RAS	Q	DM	NPS	RAS	Q	DM
1	2	2	3	2	15.33	672.22	47.36	2.01	19.00	674.59	52.63	2.19
2	5	3	5	2	22.33	702.48	49.44	2.69	23.00	709.8	50.54	2.95
3	5	4	7	2	20.66	740.27	33.61	3.46	20.00	726.31	66.37	3.88
4	5	5	9	3	19.66	730.60	48.14	5.13	17.33	717.00	51.84	4.79
5	10	7	11	3	18.00	748.89	37.82	6.42	18.66	728.27	62.17	6.45
6	10	8	13	3	19.66	745.79	40.27	8.09	19.66	703.77	59.72	8.12
7	10	9	15	4	19.00	733.39	54.54	10.36	22.33	722.90	45.45	10.32
8	15	11	17	4	22.33	740.19	44.96	12.31	19.33	721.86	55.03	13.49
9	15	12	19	4	19.66	743.90	43.18	14.33	19.00	725.67	56.80	14.55
10	15	13	21	5	18.33	745.79	43.01	20.22	20.33	725.27	56.97	20.58
11	20	15	23	5	18.00	727.53	45.32	20.88	19.00	728.19	54.66	20.77
12	20	16	25	5	21.00	733.41	55.33	21.85	22.66	731.28	44.66	22.42
13	20	17	27	6	20.33	732.21	54.94	29.96	22.33	727.09	45.05	28.99
14	25	19	29	6	18.66	728.04	49.68	31.90	18.66	720.85	50.44	32.53
15	25	20	31	6	17.00	742.72	51.18	33.86	20.00	729.79	48.80	35.55
16	25	21	33	7	14.33	748.76	49.96	39.60	18.33	721.30	50.03	39.96
17	30	23	35	7	17.33	711.68	46.28	44.37	20.66	720.37	53.70	44.85
18	30	24	37	7	21.33	732.40	49.05	45.86	21.66	713.21	50.94	44.69
19	30	25	40	8	19.66	720.07	41.76	52.28	21.00	701.18	58.23	52.69
20	35	30	45	8	20.00	712.54	46.42	62.95	20.33	710.98	53.57	65.72
AVRAGE					19.13	729.698	46.6125	23.4265	20.1635	717.984	53.38	23.7745

مقایسه وتحلیل نتایج

برمبنای نتایج به تفکیک گزارش شده در قسمت قبل، دو الگوریتم طراحی شده بر اساس چهار شاخصی که پیش از این توضیح داده شده مورد بررسی و مقایسه قرار گرفتند. در جدول(۶) متوسط چهار معیارکمیت، کیفیت، درجه توازن در رسیدن همزمان به اهداف و تنوع جواب های پارتوی به دست آمده از هر الگوریتم ارائه شده است.همان گونه که قابل مشاهده است ، الگوریتم NSGAII در هر چهار شاخص عملکرد بهتری نسبت به NRGA داشته است.

بحث و نتیجه گیری

در این تحقیق برای مسأله مدلسازی تامین مالی در یک شبکه زنجیره تأمین، مدلی قطعی و چندهدفه توسعه داده شد که دو هدف متناقض زیر را در بردارد؛ ۱) حداقل سازی هزینه های کل زنجیره، ۲) حداکثر سازی کل ارزش تولید که به عنوان یک هدف کیفی در نظر گرفته می شود. همچنین مدل پیشنهادی کیفیت محصول را نه تنها به آخرین موجودیت چسبیده به مشتری،یعنی تولید کننده،که به مواد اولیه ارسالی به سمت تولید کننده و درگیر شدن کارگران با مهارت های متفاوت با این مواد ارسالی وابسته نمود. مدل ارائه شده در ابتدا یک مدل غیر خطی بود که در ادامه با استفاده از تکنیکهای تحقیق در عملیات به یک مدل برنامه ریزی خطی تبدیل و با یک مسأله

در ابعاد کوچک توسط نرم افزار لینگو اعتبار دهی شد. برای حل این مسأله از روش برنامه ریزی آرمانی فازی استفاده شده است. از طرفی چون این مسأله از پیچیدگی محاسباتی زمانی زیادی برخوردار است و مسائل زنجیره تأمین واقعی دارای دهها ویا حتی صدها تأمین کننده، تولید کننده ومشتری هستند، برای حل اینگونه مسائل از روش های فراابتکاری که در زمان بسیار کمتری جواب های نزدیک به بهینه را می یابند، بهره گرفته می شود.الگوریتم های NSGAII و NRGA از جمله الگوریتم های بهینه سازی تکاملی چندهدفه بکار رفته هستند.این دو الگوریتم در بخش قبل در حل مسائل در ابعاد بزرگ مورد مقایسه قرار گرفتند که نتایج محاسباتی حاکی از برتری الگوریتم NSGAII نسبت به الگوریتم NRGA است و می توان به الگوریتم NSGAII مطرح شده در یافتن جبهه های پارتوی کارآمد در مدت زمان منطقی و کوتاه اعتماد کرد.

مقایسه عملکرد بین این دو الگوریتم بر روی مسائل مختلف معیار انجام شده است، که نشان می‌دهد NSGA-II به طور کلی از NRGA از نظر هم‌گرایی و حفظ تنوع بهتر عمل می‌کند. به طور خاص، استفاده NSGA-II از اندازه‌گیری فاصله شلوغ و روش مرتب‌سازی غیرمسلط به حفظ یک جبهه پارتو متنوع‌تر کمک می‌کند، در حالی که رویکرد مبتنی بر رتبه‌بندی NRGA می‌تواند منجر به همگرایی زودرس و از دست دادن تنوع شود. با این حال، سادگی و سهولت پیاده سازی NRGA، آن را به یک جایگزین مناسب برای مشکلات خاصی تبدیل می کند که در آن کارایی محاسباتی در اولویت است.

موفقیت روش استفاده از خدمات شرکت های فعال در زمینه امور تامین مالی وابسته به رابطه کاربر و شرکت تامین کننده مبتنی بر اعتماد و اطمینان دو جانبه می باشد. در این روش اقدامات کنترلی اضافی نبوده و شرکت ها موظف به ارایه گزارش های دوره ای می باشند. نیاز به انتخاب دقیق شرکت های طرف سوم و اعمال کنترل تا رسیدن به اعتماد بسیار مهم و حایز اهمیت می باشد.

نتایج این تحقیق نشان داد که کارایی به عنوان یک مولفه اصلی در تامین مالی شناسایی شده است. نتایج به دست آمده در این پژوهش با نتایج حاصله از تحقیقات لین و همکاران (۲۰۱۳) و نمازی وکرمانی(۱۳۸۸) در تمام موارد مطابقت دارد. بنابراین پیشنهاد می شود تا به منظور انتخاب روش مناسب تامین مالی به مولفه کارایی توجه ویژه ای شود. در این بین لازم است تا روش تامین مالی به گونه ای باشد که با کمترین هزینه ما را به هدف خود یعنی تامین منابع مالی مورد نیاز برای تجهیز فروشگاه ها برساند. این امر می تواند از طریق مطالعه روش های مختلف تامین مالی و هزینه و فایده نمودن آن ها صورت پذیرد.

بهینه‌سازی تصادفی و مدل شبیه‌سازی مورد استفاده در روش مفهومی پیشنهادی، عدم قطعیت‌ها را در رفتار پرداخت تأمین‌کنندگان به‌طور مؤثرتری تشخیص می‌دهد و بنابراین کیفیت تصمیم‌گیری مالی زنجیره تأمین را بهبود می‌بخشد. این مطالعه تحقیقاتی همچنین تأکید می‌کند که تقسیم‌بندی تأمین‌کننده و تأمین مالی زنجیره تأمین منطقاً از هم جدا نیستند.

تقسیم‌بندی تأمین‌کننده فرآیند تقسیم تأمین‌کنندگان به گروه‌هایی بر اساس ویژگی‌ها، عملکرد و ارزش پیشنهادی آنها برای بهینه‌سازی روابط تجاری است. این رویکرد سازمان ها را قادر می سازد تا استراتژی های هدفمندی را برای هر گروه، بهبود همکاری، کاهش هزینه ها و افزایش انعطاف پذیری کلی زنجیره تامین ایجاد

کنند. تامین مالی زنجیره تامین (**SCF**) سپس می‌تواند برای بخش‌های خاصی مانند تامین‌کنندگان با عملکرد بالا، برای ارائه مشوق‌ها و راه‌حل‌های تامین مالی که شرایط پرداخت کارآمد، کاهش سطح موجودی، و افزایش جریان نقدی را ارتقا می‌دهد، اعمال شود. با استفاده از **SCF** به این روش، شرکت ها می توانند روابط خود را با تامین کنندگان مهم تقویت کنند، چابکی زنجیره تامین را بهبود بخشند و رشد کسب و کار را در عین حفظ مزیت رقابتی در بازار، هدایت کنند.

شاید تقسیم‌بندی تأمین‌کننده، تصمیم‌گیری مالی زنجیره تأمین را برای مدیران زنجیره تأمین منطقی‌تر، کارآمدتر و قابل مدیریت‌تر کند. علاوه بر این، تقسیم‌بندی تأمین‌کننده، مدیران زنجیره تأمین را قادر می‌سازد تا تأمین‌کنندگانی را که برای آنها حیاتی هستند شناسایی کنند تا توجه مناسبی برای بهبود تعامل برای عملکرد برتر زنجیره تأمین داشته باشند.

در بخش بررسی مولفه های تحقیق هزینه به عنوان یک شاخص مهم در بررسی روش های تامین مالی شناسایی شده است. بنابراین در انتخاب روش مناسب تامین مالی باید به گونه ای عمل کرد، که هزینه های دستیابی به منابع مالی در اجرای پروژه های مورد نیاز در کمترین حد خود و به صورت بهینه تعریف شود.

پایداری نیز از مولفه های مورد نظر برای انتخاب روش تامین مالی معرفی شده است. لازم است تا مدیران و برنامه ریزان فروشگاه به منظور برنامه ریزی صحیح برای تامین مالی مناسب به گونه ای اقدام نمایند که به اثرات بلند مدت انتخاب روش تامین مالی نیز توجه نمایند.

اهمیت پایداری در تامین مالی را نمی توان اغراق کرد، زیرا تضمین می کند که کسب و کارها و سازمان ها به گونه ای عمل می کنند که از نظر زیست محیطی، اجتماعی و مالی مسئولیت پذیر باشد. تامین مالی پایدار شامل در نظر گرفتن تاثیر بلندمدت سرمایه گذاری بر محیط زیست و جامعه و در عین حال ایجاد بازده برای سرمایه گذاران است. این رویکرد به کاهش خطرات، کاهش هزینه‌ها و ارتقای انعطاف‌پذیری کمک می‌کند و در نهایت به آینده‌ای باثبات‌تر و مرفه‌تر کمک می‌کند. با اولویت دادن به پایداری در تامین مالی، می‌توانیم اقتصاد عادلانه‌تر و آگاه‌تر از محیط زیست ایجاد کنیم که هم به نفع مردم و هم برای کره زمین باشد.

در انتخاب روش تامین مالی باید به گونه ای اقدام شود که روش انتخابی دارای قدرت عملیاتی شدن داشته باشد. برای مثال انتخاب روشی که قابل انجام نباشد می تواند مشکلات زیادی را ایجاد نماید. بنابراین قدرت عملیاتی بودن تامین مالی هم در بخش زیرساخت ها و هم توانایی مالی و نیروی انسانی شرکت ها دارای اهمیت بالایی می باشد.

نتایج تحقیق در بخش اولویت بندی روش های تامین مالی نشان داد که از میان روش های تامین مالی تشکیل شرکت های تعاونی، دریافت تسهیلات، انتشار اوراق مشارکت، ایجاد شرکت های سرمایه گذار، حضور در بازار بورس، ایجاد طرح به صورت سهامدار، و در نهایت جذب سرمایه خارجی به ترتیب بالاترین و پایین ترین اولویت را در بین روش های تامین مالی داشته اند.

محدودیت ها

تحقیقات اندکی در زمینه رابطه بین متغیر های این تحقیق در بعد نظری اجرا شده است. به همین سبب امکان بررسی مقایسه ای نتایج این تحقیق با سایر تحقیقات وجود نداشته است. بنابراین این امر باعث ایجاد محدودیت برای این تحقیق شده است.

پیشنهادات

- از مدل شبیه‌سازی شده می‌توان برای طراحی سناریوهای دیگر نیز استفاده کرد. بدین دلیل که این امکان وجود دارد تا تبعات و نتایج کوتاه‌مدت و بلندمدت تصمیمات مدیریتی را مورد ارزیابی و تحلیل قرار دهد؛ به‌عنوان مثال: مدیریت فنی تجهیزات با درنظرگرفتن توقفات ایستگاه‌های کاری، مدیریت را در جهت هرچه بهتر برنامه‌ریزی کردن منابع یاری می‌رساند.
- در سطحی بالاتر می‌توان با بررسی رفتار عوامل شناسایی‌شده بر روی سیستم آنالیز حساسیت مناسب‌تری ارائه نمود تا سازمان وقت و انرژی خود را بیشتر معطوف به عوامل موثرتری کند و سریع‌تر به نتایج دست یابد.

فهرست منابع

آذر، عادل.، و مؤمنی، منصور. (۱۳۹۳). آمار و کاربرد آن در مدیریت. جلد دوم. تهران: انتشارات سمت.

ایوانی، فرزاد.، قاسمی، روح اله. (۱۴۰۰). تاب آوری بنگاه‌ها، چالش‌ها و راه حل‌ها، تاکید بر تاب آوری مالی، دومین کنفرانس بین المللی چالش‌ها و راهکارهای نوین در مهندسی صنایع و مدیریت و حسابداری، دامغان.

بشیری، سعید.، بیات، بهرام، جمشیدی، شروین، صالح زاده، رضا. (۱۴۰۰). تبیین ابعاد و مولفه‌های تاب آوری در مدیریت بحران آب (مورد مطالعه: شهر تهران). مطالعات بین رشته‌ای دانش راهبردی، ۱۱(۲۴)، ۶۸-۹۱.

خاکی، غلامرضا. (۱۳۹۲). روش تحقیق با رویکردی به پایان‌نامه نویسی (چاپ دهم). تهران. انتشارات بازتاب.

دانایی فرد، حسن.، الوانی، سید مهدی.، و آذر، عادل. (۱۳۹۳). روش‌شناسی پژوهش کمی در مدیریت: رویکردی جامع. (چاپ نهم). تهران: انتشارات صفار.

دهقان دهنوی، الهه.، خیرالدین، رضا.، شکوهی بیدهندی، محمدصالح. (۱۳۹۸). ارزیابی تاب آوری آب شهرستان یزد با توجه به تحولات توسعه فضایی، صنعتی و کشاورزی. ششمین کنفرانس منطقه ای تغییر اقلیم، تهران.

ذولفقاریان، محمدرضا.، و لطیفی، میثم. (۱۳۹۰). نظریه‌پردازی داده بنیاد با .Nvivo تهران. دانشگاه امام صادق (ع).

سلطانی عزیزاله, احتشام راثی رضا, & عابدی صادق. (۲۰۲۳). مدلسازی تامین مالی و مصارف با اهداف چندگانه در زنجیره های تامین پایدار با تمرکز برآثار نسبت های مالی.

سواری، پیمان. (۱۳۹۸). ارزیابی ظرفیت‌های تاب آوری و سازگاری با کم آبی در سیستم‌های آب شهری. پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد، رشته مهندسی منابع آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

شاه آبادی، ابوالفضل.، چایانی، طیبه. (۱۳۹۸). تأثیر جذب سرریز فناوری و کارآفرینی بر پیچیدگی‌اقتصادی. مجله تحقیقات اقتصادی، ۵۴(۴)، ۸۹۱-۹۱۶.

شکوهمند، فاطمه. (۱۳۹۹). برنامه‌ریزی زیستمحیطی پایدار با استفاده از رویکرد توسعه کم اثر و تاب آوری منطقه‌ای (نمونه مطالعاتی: شهرستان اصفهان). پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد، رشته مهندسی شهرسازی، دانشکده مهندسی معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران.

صالحی، ب.، و نکویی، م.، و آزموده اردلان، ع.، و انصاری فرد، ع. (۱۳۹۹). ارائه الگوی تاب آوری صنعت ساخت وساز با بهره گیری از مدل سازی اطلاعات ساختمان. مدیریت بحران، ۹، ۹۹-۱۱۱.

طهماسبی، رضا. (۱۳۹۱). طراحی و تدوین سیستم مدیریت استعداد در سازمان (با تمرکز بر بازار سرمایه). رساله دکتری. دانشکده مدیریت و علوم انسانی. دانشگاه تهران.

قاسمی، حسام الدین.، عرب مازار، عباس. (۱۳۹۸). برآورد شاخص تاب‌آوری بخش پولی و مالی اقتصاد ایران. فصلنامه علمی نظریه‌های کاربردی اقتصاد، ۶(۳)، ۴۸-۲۳.

قره داغی، رقیه.، اصفهانی پور، اکبر. (۱۳۹۹). تحلیل تاب آوری مالی شرکت‌ها با استفاده از مدل مربع مالی. هفدهمین کنفرانس بین المللی مهندسی صنایع، مشهد.

موسوی، سیدکاظم.، تابش، محمدرضا.، لاهیجانیان اکرم الملوک، جوزی سیدعلی، میرفخرالدینی سیدحیدر. (۱۴۰۰). تدوین و انتخاب استراتژی در راستای بهبود تاب آوری منابع آب دشت یزد اردکان. فضای جغرافیایی. ۲۱ (۷۳)، ۱۴۰-۱۲۳.

میرزایی، عزت اله.، جلالی، عبداله.، جودکی، حمیدرضا.، اربابی سبزواری، آزاده. (۱۳۹۸). تحلیل میزان تاب آوری شهری دربرابر بحران آب (مطالعه موردی:شهر تهران). فصلنامه شهر ایمن، ۲(۵)، ۴۸-۶۵.

یاوری، احمدرضا.، ملک‌محمدی، بهرام.، آل محمد، سیده، یزدان‌پناه، مهسا. (۱۳۹۵). تحلیلی بر تاب آوری منابع آب در فرایند حکمرانی سرزمین فلات ایران. فصلنامه علمی راهبرد، ۲۵(۴)، ۲۶-۴۲.

یزدانی، محمد رضا.، مهرابی، شهباز.، قربانی، مهدی. (۱۴۰۱). ارزیابی تاب آوری سیستم اجتماعی-اکولوژیک در برابر کاهش آب قابل دسترس (مطالعه موردی: روستای هرچگان). مدیریت بحران. ۱۱(۱)، ۶۷-۸۰.

Behboudian, M., & Kerachian, R. (2021). Evaluating the resilience of water resources management scenarios using the evidential reasoning approach: The Zarrinehrud river basin experience. Journal of Environmental Management, 284, 112025.

Chen, X., Wang, C., & Li, S. (2023). The impact of supply chain finance on corporate social responsibility and creating shared value: A case from the emerging economy. Supply Chain Management: An International Journal, 28(2), 324-346.

Corbin, J. (2021). Strauss's Grounded Theory. In Developing Grounded Theory (pp. 25-44). Routledge.

Creswell, J. W. (2002). Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative (p. 676). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Creswell, J. W. (2007). Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing among five approaches Thousand Qaks CA: Sage.
Goldin, J., Nhamo, L., Ncube, B., Zvimba, J. N., Petja, B., Mpandeli, S., ... & Mabhaudhi, T. (2022). Resilience and Sustainability of the Water Sector during the COVID-19 Pandemic. Sustainability, 14(3), 1482.
Hair Jr, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2021). A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM). Sage publications.
Hussain, M., & Papastathopoulos, A. (2022). Organizational readiness for digital financial innovation and financial resilience. International Journal of Production Economics, 243, 108326.
Kass-Hanna, J., Lyons, A. C., & Liu, F. (2022). Building financial resilience through financial and digital literacy in South Asia and Sub-Saharan Africa. Emerging Markets Review, 51, 100846.
Kirchhoff, C. J., & Dilling, L. (2016). The role of US states in facilitating effective water governance under stress and change. Water Resources Research, 52(4), 2951-2964.
Lawson, E., Farmani, R., Woodley, E., & Butler, D. (2020). A resilient and sustainable water sector: barriers to the operationalisation of resilience. Sustainability, 12(5), 1797.
Lee, J. (2001). A grounded theory: integration and internalization in ERP adoption and use. The University of Nebraska-Lincoln.
Li, D., Han, D., Crespi, N., Minerva, R., & Li, K. C. (2023). A blockchain-based secure storage and access control scheme for supply chain finance. The Journal of Supercomputing, 79(1), 109-138.
Liu, S., Shi, H., & Sivakumar, B. (2020). Socioeconomic drought under growing population and changing climate: A new index considering the resilience of a regional water resources system. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 125(15), e2020JD033005.
Milman, A., & Short, A. (2008). Incorporating resilience into sustainability indicators: An example for the urban water sector. Global Environmental Change, 18(4), 758-767.
Nelson, L. K. (2020). Computational grounded theory: A methodological framework. Sociological Methods & Research, 49(1), 3-42.
Rodina, L. (2019). Defining “water resilience”: Debates, concepts, approaches, and gaps. Wiley Interdisciplinary Reviews: Water, 6(2), e1334.
Saemipoor, H., Ghorbani, M., & Malekian, A. (2018). Evaluating local beneficiary's resilience encountered with prolonged drought condition (Case study: Nardin village, Mayamey county, Semnan province). Rangeland, 12(1), 62-72.
Strauss, A., & Corbin, J. (1990). Grounded theory research: Procedures, canons, and evaluative criteria. Qualitative sociology, 13(1), 3-21.
Strauss, A., & Corbin, J. (1994). Grounded theory methodology: An overview.
Strauss, A., & Corbin, J. (2014). Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory. Sage publications.
Zhang, Q., Zheng, F., Kapelan, Z., Savic, D., He, G., & Ma, Y. (2020). Assessing the global resilience of water quality sensor placement strategies within water distribution systems. Water research, 172, 115527.
Zhao, G., Liu, S., Lopez, C., Chen, H., Lu, H., Mangla, S. K., & Elgueta, S. (2020). Risk analysis of the agri-food supply chain: A multi-method approach. International Journal of Production Research, 58(16), 4851-4876.
Butt, A. S. (2021). Strategies to mitigate the impact of COVID-19 on supply chain disruptions: a multiple case analysis of buyers and distributors. The International Journal of Logistics Management.
Jahani, N., Sepehri, A., Vandchali, H. R., & Tirkolaee, E. B. (2021). Application of industry 4.0 in the procurement processes of supply chains: a systematic literature review. Sustainability, 13(14), 7520.

Financial Economics
Vol. (15) Issue (60) Winter 2026

Identification of Dimensions and Components of Production Chain Financing

Mahsa Chegini
PhD student in Financial Management, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
Chegini496@gmail.com

Fraydoon Rahnamay roodposhti
Affiliated with Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran (Corresponding author)
Rahnama.roodposhti@gmail.com

Reza Radfar
Faculty Member, Faculty of Management, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran (Corresponding author)
Radfar@gmail.com

Vahidreza Mirabi
Faculty Member, Faculty of Management, Tehran Central Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
Vah.mirabi@iauctb.ac.ir

Abstract
The supply chain is a system consisting of suppliers, manufacturers, distributors, retailers, and customers, in which three main flows of materials, information, and finance interact with each other. The financial flow of the supply chain is an essential part of the supply chain that includes all processes, transactions, and transfers related to the flow of cash from the time of order placement to the payment to the seller. In this context, the present study aims to identify the dimensions and components of production chain financing. This research is applied in purpose and was conducted quantitatively. In terms of methodology and data collection, it is a descriptive research that has been executed in a post-event manner. To gather data, library and documentary methods were used. The statistical population of this research was the food industry of Kourosh. For data analysis, a metaheuristic method was employed. The results indicated that the average of four criteria—quantity, quality, degree of balance in achieving simultaneous goals, and diversity of solutions—was obtained from each algorithm provided. Additionally, the NSGAII algorithm performed better than NRGA in all four performance indicators.
Keywords: Metaheuristic models, financing, supply chain, optimization.