مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال هفدهم، شماره سوم (پیاپی ۶۶)، پاییز ۹۹، ص ص ۹۷-۸۱
شاپا ۷۲۸۶-۲۲۵۱

ارایه مدل یکپارچه انتخاب تأمین‌کننده سبز در زنجیره‌تأمین ناب- چابک

فرزاد فولادی[۱]، مرضیه خاکستری[۲*]
۱- کارشناسی ارشد، دانشکده اقتصاد، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
۲- استادیار، دانشکده اقتصاد، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

رسید مقاله: ۲۳ مهر ۱۳۹۷
پذیرش مقاله: ۲۹ خرداد ۱۳۹۹

چکیده
یک راه مهم برای پیاده‌سازی مدیریت زنجیره‌تأمین سبز، تجدیدنظر در روش‌های خرید است. در دهه کنونی چگونگی تعیین مناسب‌ترین تأمین‌کننده به عنوان یک عامل استراتژیک در زنجیره‌تأمین مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است. ویژگی‌های تأمین‌کننده ناب شامل هزینه کم و کیفیت بالا و ویژگی‌های تأمین‌کننده چابک سرعت، انعطاف‌پذیری و کیفیت می‌باشد. این تحقیق در دو فاز به انجام رسیده است. در فاز اول از طریق روش ترکیبی تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و ویکور (VIKOR) و با استفاده از معیارهای سبز، تأمین‌کنندگان رتبه‌بندی شدند. سپس در فاز دوم، مدلی چهار هدفه طراحی گردید که شامل چهار هدف کمینه‌سازی هزینه زنجیره‌تأمین، کمینه‌سازی میزان دیرکرد در تحویل(چابک)، کمینه‌سازی میزان ضایعات (ناب) و بیشینه‌سازی توجه به مسایل زیست محیطی می‌باشد. در ادامه، مساله چهار هدفه با روش معیار جامع تک هدفه‌سازی شده است و چندین مثال عددی به توصیف این استراتژی پرداخته است. الگوریتم اجرا شده نتایج خوبی را در زمان محاسباتی مناسب نشان داده است.

کلمات کلیدی: انتخاب تأمین‌کننده، زنجیره‌تأمین سبز، استراتژی ناب-چابک، عدم قطعیت.

۱ مقدمه
مدیریت زنجیره‌تأمین، مدیریت مواد و جریان اطلاعات بین تسهیلاتی نظیر فروشندگان، تولیدکنندگان، مونتاژ و مراکز توزیع می‌باشد [۱]. با ظهور بازارهای بین‌المللی و رشد آن‌ها، مدیریت زنجیره‌تأمین بیشتر مورد توجه قرار گرفته است.

انتخاب تأمین‌کننده، فرآیندی است که طی آن، تأمین‌کنندگان برای قرارگرفتن در زنجیره‌تأمین شرکت مورد بازنگری، ارزیابی و انتخاب قرار می‌گیرند. در واقع هدف کلی در فرآیند انتخاب تأمین‌کنندگان، کاهش خطرپذیری خرید، حداکثرسازی ارزش کل خرید و ایجاد روابط نزدیک و بلندمدت بین خریداران

* عهده‌دار مکاتبات
آدرس الکترونیکی: m.khakestari@khu.ac.ir

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-30]
[DOR: 20.1001.1.22517286.2020.17.3.3.3]

تأمین‌کنندگان می‌باشد. بنابراین انتخاب تأمین‌کننده به عنوان یک موضوع اساسی در حوزه زنجیره‌تأمین، در عملکرد کل زنجیره‌تأمین تأثیرگذار خواهد بود [۲].

مدیریت زنجیره‌تامین پایدار سبز به عنوان یک فلسفه مهم سازمانی برای دستیابی به سود شرکت و اهداف سهم بازار از طریق کاهش خطرات و اثرات زیست محیطی و در عین حال بهبود کارایی زیست محیطی این سازمان‌ها و شرکای آنها پدید آمده است [۳].

در این رویکرد کلیه اثرات بوم‌شناختی (علم عادت و نحوه زندگی موجودات و تعامل آن‌ها با محیط) هر فعالیت در مراحل مختلف عمر محصول مانند مفهوم محصول، طراحی، تهیه مواد خام، ساخت و تولید، مونتاژ، نگهداری، بسته‌بندی، حمل‌ونقل و استفاده مجدد محصول اندازه‌گیری و در طراحی محصول لحاظ می‌شود [۴].

مدیریت صحیح تأمین‌کنندگان از مهم‌ترین مسایل در حوزه زنجیره‌تأمین است، زیرا هزینه مواد خام و خرید، هزینه اصلی یک محصول را تشکیل می‌دهد و اغلب شرکت‌ها باید میزان قابل‌توجهی از درآمد خود را برای خرید از تأمین‌کنندگان صرف نمایند. از این رو برای شرکت‌هایی که درصد زیادی از درآمدهای فروش را برای خرید مواد و قطعات از تأمین‌کنندگان صرف می‌کنند و هزینه مواد سهم به سزایی از هزینه کل آن‌ها را شامل می‌شود، شناسایی و حفظ رابطه با تأمین‌کنندگان مناسب، امری بسیار مهم تلقی می‌شود، به طوری که حدود ۶۰ درصد زمان تولیدکنندگان صرف تأمین مواد اولیه و قطعات می‌گردد. همچنین حدود ۷۰ درصد از هزینه‌های تولیدی شرکت‌ها به خرید کالا و خدمات مربوط می‌شود [۲].

استراتژی ناب، یک جریان ارزش را از تأمین‌کننده به مشتری نهایی توسعه می‌دهد. استراتژی چابک به معنای استفاده از دانش بازار و مفهوم یک شرکت مجازی به منظور بهره‌برداری از فرصت‌های سودآور در بازارهای ناپایدار است [۵]. استراتژی ناب-چابک، ترکیبی از استراتژی‌های ناب و چابک در کل زنجیره‌تأمین است. اکثر شرکت‌ها به این نتیجه رسیده‌اند که به منظور ایجاد زنجیره‌تأمین اثربخش و کارا نیازمند به سنجش عملکرد استراتژی‌های متفاوت زنجیره‌تأمین هستند [۶].

تولید ناب سیستم تولیدی تویوتا می‌باشد که بنیان‌گذار و مغز متفکر آن تایی چی اوهنو بود. فلسفه تولید ناب، حذف هر نوع فعالیت بدون ارزش افزوده می‌باشد. اصول تولید ناب شامل حذف ضایعات، عیوب صفر، تیم‌های چند منظوره، کاهش لایه‌های سازمانی، رهبری تیمی، بهبود مستمر و سیستم کششی می‌باشد [۷].

پاسخگویی بیشتر به نیازهای بازار فقط نیازمند سرعت نیست، بلکه همچنین نیازمند سطح بالای توانمندی مانور است که امروزه تحت بیانیه چابکی عنوان می‌شود. هدف از تولید چابک اغنائ مشتری و تولید محصول طبق نیاز او، اهرمی کردن اثر اطلاعات و افراد، تسلط بر تغییرات و عدم اطمینان و افزایش رقابت‌پذیری از طریق همکاری می‌باشد. پارادایم تولید چابک، چارچوب تکنیکی و استراتژی لازم را فراهم می‌کند و به شرکت‌ها اجازه می‌دهد رفتاری تطبیق‌پذیر و انعطاف‌پذیر با توجه به پدیدار شدن الگوهای جدید تقاضا در بازار رقابتی داشته باشند [۷].

با توجه به مطالعه و بررسی‌های صورت گرفته در بحث‌های مدیریت زنجیره‌تأمین و تولید ناب-چابک و انواع مدل‌های موجود و روش‌های حل آن‌ها، امروزه جایگاه بهینه‌سازی توابع چندهدفه و روش‌های حل بهینه آن‌ها

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-30]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2020.17.3.3.3]

بسیار حایز اهمیت است. به دلیل فقدان مطالعات پیشین در زمینه مدل‌های چهار هدفه غیرخطی‌ای که بتوان به روش معیار جامع و توسط نرم‌افزار گمز به حل و بهینگی آن پرداخت، در این تحقیق سعی بر آن شده است تا ضمن بررسی و ارایه مدل‌سازی مساله انتخاب تامین‌کننده سبز چهارهدفه غیرخطی و انتخاب روش معیار جامع از بین روش‌های حل بهینه‌سازی چند هدفه به نتایجی کاربردی و عملکردی دست‌یابیم.

در بخش دوم به مروری بر ادبیات موضوع این تحقیق خواهیم داشت و سپس در بخش سوم، زمینه چگونگی انجام تحقیق، شرح مساله و مدل ریاضی پیشنهادی تشریح می‌گردد. در بخش چهارم به حل مثال عددی پرداخته و نتایج محاسباتی مثال‌های کاربردی برای حل مدل ارایه شده بیان می‌گردد و با استفاده از آن‌ها به تجزیه‌وتحلیل مدل پرداخته و نتایج محاسباتی حاصل از این تجزیه‌وتحلیل ارایه می‌شود. نهایتاً در بخش پنجم، جمع‌بندی مطالب، نتیجه‌گیری و ارایه موضوعات برای تحقیقات آتی آورده شده است.

۲ پیشینه پژوهش

در این بخش به بررسی مطالعات در حوزه تحقیق پرداخته می‌شود.

بروس و همکاران[1] در سال ۲۰۰۴، در طی پژوهشی با هدف پیدا کردن راه‌حلی برای دستیابی به پاسخ سریع و کاهش زمان انتظار، ویژگی‌های صنعت نساجی و پوشاک را شرح دادند و دیدگاهی از ناب، چابک و ترکیبی از آن‌ها در محدوده ادبیات موجود زنجیره‌تأمین معرفی کردند [۷]. از طریق مطالعه موردی شرکت‌های نساجی و پوشاک، روش‌های مختلفی به مدیریت زنجیره‌تأمین ارایه شده است. آگراوال و همکاران[2] در سال ۲۰۰۶، در پژوهش خود چارچوبی را ارایه دادند که حساسیت بازار، یکپارچه‌سازی فرآیند، درایور اطلاعات و میزان انعطاف‌پذیری یک زنجیره‌تأمین را کپسوله می‌کند. این پژوهش رابطه میان زمان انتظار، هزینه، ظرفیت، سطح سرویس‌دهی، ناب بودن و چابکی یک زنجیره‌تأمین در تجارت کالاهای پرمصرف را کشف کرده و با توجه به توجیهات چارچوب ارایه شده، نتیجه‌گیری می‌کند که اثر معیار برندگی بازار و معیار مقدماتی بازار در سه نوع زنجیره‌تأمین ناب، چابک و ناب–چابک است [۸]. لو و همکاران[3] در سال ۲۰۰۹، در پژوهش خود مدلی را ارایه دادند که کمک می‌کند بر مشکلات پردازش اطلاعات در غربالگری تعداد زیادی از تأمین‌کنندگان به‌خصوص در مراحل اولیه فرآیند انتخاب غلبه کنیم. بر اساس پایه شعاعی شبکه‌های عصبی مصنوعی، این مدل تأمین‌کنندگان را قادر می‌سازد در برابر معیارهای چندگانه با استفاده از مقیاس‌های کیفی و کمی مورد ارزیابی قرار بگیرند. اثربخشی این پژوهش با استفاده از داده‌های تجربی از صنایع لوازم الکتریکی و ساخت تجهیزات چینی نشان داده شده است [۹]. مولنکف و همکاران[4] در سال ۲۰۱۰، مقاله‌ای با عنوان (زنجیره‌های تأمین سبز، ناب و جهانی) را ارایه دادند که هدف آن تخمین استراتژی‌های میان زنجیره‌های تأمین سبز، ناب و جهانی است. همان‌طور که در ادبیات یافت می‌شود، تأکید بر اجرای هم‌زمان این سه طرح کاربردی، به منظور توسعه یک

[1] Bruce et al.
[2] Agarwal et al.
[3] Luo et al.
[4] Mollenkopf et al.

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-30]
[DOR: 20.1001.1.22517286.2020.17.3.3.3]

برنامه پژوهشی جهت هدایت نظری بر اساس تحقیقات آینده، تصمیم‌گیری‌های مدیریتی را خبر می‌دهد. روش آن‌ها، مرور یک ادبیات وسیع است که به بررسی تحقیق و تمرین، با توجه به اجرای هم‌زمان استراتژی‌های زنجیره‌های تأمین سبز، ناب و جهانی هدایت می‌شود [۱۰]. کابرال و همکاران[1] در سال ۲۰۱۲ در طی پژوهشی، برای کمک به تصمیم‌گیری در انتخاب مناسب‌ترین شیوه‌ها و KPIها که در زنجیره‌تأمین اجرا می‌شوند یک مدل یکپارچه فرآیند شبکه تحلیلی LARG پیشنهاد کردند و برای تعیین صحت مدل در یک رویکرد اکتشافی، یک مطالعه موردی در یک زنجیره‌تأمین خودروساز ارایه شده است [۱۱]. آیهان و کلیک[2] در سال ۲۰۱۵، در مقاله‌ای با عنوان "یک رویکرد دو فازی برای مساله انتخاب تأمین‌کننده در محیط چند آیتم/چند تأمین‌کننده با مقادیر تخفیف"، یک روش یکپارچه شامل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط(MILP) ارایه کردند. پژوهش آن‌ها به طور عمده در دو مرحله عمل می‌کند. ابتدا، وزن نسبی هر معیار برای هر نوع از اقلام از طریق روش F-AHP تعیین می‌شود. در مرحله دوم، این خروجی‌ها به عنوان ورودی در مدل MILP برای تعیین تأمین‌کننده‌ها و مقادیر جهت ارایه، استفاده می‌شود. این مطالعه به طور عمده در دو مرحله عمل می‌کند. در مرحله اول، وزن نسبی هر معیار برای هر نوع از اقلام از طریق روش F-AHP تعیین می‌شود. در مرحله دوم، این خروجی‌ها به عنوان ورودی در مدل MILP برای تعیین تأمین‌کننده‌ها و مقادیر جهت ارایه، استفاده می‌شود. به منظور اعتبارسنجی مدل، یک برنامه در یک شرکت موتور دنده‌ای اجرا شد و نتایج عددی مساله برای انتخاب بهترین تأمین‌کننده از میان ۶ جایگزین، برای تهیه ۵ آیتم مربوط به ۴ معیار، یعنی قیمت، کیفیت، عملکرد زمان تحویل، و عملکرد پس از فروش، در صورت مقادیر تخفیف، نشان داده شده است [۱۲]. عبدالهی و همکاران[3] در سال ۲۰۱۶، در پژوهش خود یک چارچوب برای انتخاب تأمین‌کننده بر اساس ویژگی‌های ناب و چابک از تأمین‌کنندگان، جهت بیشتر رقابتی کردن بازار و انعطاف‌پذیری برای غلبه بر تغییر در تقاضا، تأمین‌کننده و غیره، ارایه دادند. هدف پژوهش آن‌ها، انتخاب تأمین‌کننده مناسب بر اساس مفهوم دو ویژگی ذکر شده می‌باشد. آن‌ها ترکیبی از روش‌های تصمیم‌گیری (MCDM) را برای حل مساله انتخاب تأمین‌کننده استفاده کردند. با توجه به تعامل بین معیارها، فرایند شبکه تحلیلی (ANP) برای تعیین وزن هر معیار برای هر گزینه (تأمین‌کننده)، و سپس تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) برای رتبه‌بندی آن‌ها استفاده شده است. علاوه بر این، برای تعیین وابستگی دقیق بین معیارهای پیشنهادشده، آزمایش تصمیم‌گیری فازی و آزمایشگاه ارزیابی اعمال گردیده است. برای نشان دادن کاربرد و امکان‌سنجی، این چارچوب در یک مورد واقعی اجرا شده است [۱۳]. موکادم[4] در سال ۲۰۱۷، مقاله‌ای با هدف این که چگونه استراتژی‌های تولید توسط شرکت‌های تجاری بر معیارهای انتخاب تأمین‌کننده تاثیر می‌گذارند، ارایه داد. او در پژوهش خود از استراتژی بررسی برای درک تجربی استدلال پژوهش استفاده کرد. ابتدا، تجزیه و تحلیل عوامل برای تایید ساختار زیرین معیار انتخاب تأمین‌کننده استفاده و سپس، تجزیه و تحلیل رگرسیون ساده برای تست فرضیه‌های پژوهش به‌کار گرفته شد [۱۴].

[1] Cabral et al.
[2] Ayhan & Kilic
[3] Abdollahi et al.
[4] Mokadem

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-30]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2020.17.3.3.3]

صفایی و همکاران در سال ۱۳۹۰، به ارزیابی مقایسه‌ای میان استراتژی‌های زنجیره‌تأمین ناب، چابک و ناب-چابک در شرکت دیزل سنگین ایران پرداختند. بدین منظور از رویکرد ترکیبی AHP و DEMATEL استفاده کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که استراتژی ناب-چابک از عملکرد بهتری برخوردار است [۱۵]. توکلی و همکاران در سال ۱۳۹۰، به بررسی قابلیت پیاده‌سازی استراتژی ناب-چابک در سازمان‌های خدماتی پرداختند. به منظور ارزیابی از مطالعه موردی استفاده نمودند. بدین منظور، رستوران فست فود زنجیره‌ای و بیمارستان فوق تخصصی انتخاب شدند. نتایج حاصل شده از تحقیق بیانگر مناسب بودن اجرای استراتژی در سازمان‌های خدماتی بوده است [۱۶]. بنی‌هاشمی و غضنفری در سال ۱۳۹۴، به ارزیابی عملکرد زنجیره‌تأمین ناب-چابک در صنعت سیمان کشور پرداختند. بررسی عملکرد از طریق دو پارادایم ناب و چابک بودن صورت پذیرفت. معیارهای عملکردی بر اساس مبانی نظری بدست آورده شد و سپس بر اساس رویکرد AHP فازی، معیارها الویت‌بندی شدند. نتایج حاصل از پژوهش بدین صورت است که کیفیت به عنوان مهم‌ترین معیار در نظر گرفته شده است [۱۷]. اسحاقی‌نیا و والمحمدی در سال ۱۳۹۵، به بررسی انتخاب مناسب‌ترین استراتژی زنجیره‌تأمین در صنعت خودروسازی پرداختند. در این تحقیق از یک مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی جهت ارتباط با مساله انتخاب استراتژی در زنجیره‌تأمین استفاده شده است [۱۸]. قربانپور و همکاران در مطالعه‌ای به منظور کاهش خطرات محیطی، افزایش عملکرد زیست محیطی و دستیابی به مزیت رقابتی در حوزه صنایع نفتی ایران، به ارایه یک مدل ساختاری اقدامات مدیریت زنجیره‌تأمین سبز پرداختند [۱۹]. همایونفر و همکاران در سال ۱۳۹۷، رویکرد ترکیبی MADM فازی را ارایه دادند که در آن از روش دلفی فازی برای شناسایی معیارهای انتخاب تامین‌کننده سبز استفاده کردند و سپس با استفاده از AHP فازی اولویت‌بندی معیارها را انجام دادند و بعد از آن بر اساس روش ویکور فازی اقدام به انتخاب تامین‌کننده در شرکت سایپا به عنوان مطالعه موردی نمودند [۲۰]. در ادامه به روشناسی تحقیق پرداخته می‌شود.

۳ روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش در دو فاز انجام می‌گیرد. در فاز اول، تعدادی تأمین‌کننده شناسایی می‌شوند. در ادامه با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری معیارهای چندگانه (در اینجا ویکور) تأمین‌کنندگان ترتیب‌بندی می‌شوند و تعدادی با اولویت بالاتر انتخاب می‌شوند. سپس در فاز دوم، به منظور تخصیص سفارش به تأمین‌کنندگان منتخب در فاز اول، مدلی چهارهدفه ارایه می‌گردد که شامل چهار هدف کمینه‌سازی هزینه زنجیره‌تأمین، کمینه‌سازی میزان دیرکرد در تحویل(چابک)، کمینه‌سازی میزان ضایعات (ناب) و بیشینه‌سازی توجه به مسایل زیست محیطی می‌باشد. بعد از کدنویسی مدل پیشنهادی در نرم‌افزار گمز، برای بهینه‌سازی مدل و با توجه به چندهدفه و غیر خطی بودن، از موتور حل BARON نرم‌افزار گمز و با استفاده از روش معیار جامع به حل بهینه این مساله پرداخته می‌شود. در آخر، مثال عددی جهت نشان دادن کاربردی بودن مدل پیشنهادی و رویکرد حل آن مورد بررسی قرار می‌گیرد. در ادامه فازهای انجام تحقیق تشریح می‌گردد.

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-30]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2020.17.3.3.3]

۳-۱ فاز اول: انتخاب تأمین‌کنندگان

یک زنجیره‌تأمین دو سطحی را در نظر بگیرید که شامل یک تولیدکننده و چندین تأمین‌کننده است. تأمین‌کنندگان دارای ظرفیت تأمین محدود می‌باشند و مواد اولیه مختلف با یک نرخ ثابت تأمین می‌کنند به‌گونه‌ای که هر تأمین‌کننده یک نوع مواد اولیه موردنیاز تولیدکننده را تأمین می‌کند و سپس مواد اولیه‌شان را با یک دوره بازپرسازی مشترک به‌صورت پیوسته به خریدار می‌دهد. هر تأمین‌کننده در فاصله معینی نسبت به خریدار قرار دارد. هدف از این فاز تعیین تأمین‌کنندگان منتخب می‌باشد. در این تحقیق از روش ویکور به منظور رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان استفاده می‌شود.

- **معیارهای انتخاب تأمین‌کننده سبز**

هو و همکاران[1] در سال ۲۰۱۰، با بررسی مقالات موجود در زمینه ارزیابی تأمین‌کنندگان در بین سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰ معیارهای مورداستفاده در انتخاب تأمین‌کنندگان را اولویت‌بندی کرده‌اند. معیارهای کیفیت، زمان تحویل‌دهی و قیمت به ترتیب پرکاربردترین معیارها هستند. در بخش‌های بعد با استفاده از این معیارها به انتخاب تأمین‌کنندگان پرداخته می‌شود [۲۱].

جدول ۱. معیارهای انتخاب تأمین‌کننده سبز

کد معیار	عنوان معیار	کد زیرمعیار	عنوان زیرمعیار	تعریف و شاخص اندازه‌گیری	دامنه قابل‌قبول
C1	معیارهای محصولی	SC1	کیفیت	نرخ برگشتی (کل اقلام خریداری شده/اقلام برگشتی)	پیوسته بین ۰ تا ۱
		SC2	زمان تحویل	زمان بین ارسال سفارش و دریافت آن	پیوسته (با واحد روز)
		SC3	قیمت	قیمت واحد محصول + هزینه حمل و نقل	پیوسته
C2	معیارهای زیست‌محیطی	SC4	وضعیت سیستم مدیریت محیط‌زیست	میزان انطباق سیستم مدیریتی با استاندارد ISO 14001	۱: داشتن گواهینامه ۳: در دست اجرا (بیش از ۵۰٪) ۵: در دست اجرا (کمتر از ۵۰٪) ۷: هیچ اقدامی انجام نشده است

[1] Ho et al.

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-30]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2020.17.3.3.3]

۱: رعایت استانداردهای زیست‌محیطی فراتر از استانداردهای اجباری ۳: رعایت استانداردهای اجباری زیست‌محیطی ۵: عدم رعایت الزامات زیست‌محیطی در طراحی	میزان به‌کارگیری مواد و روش‌های تولید دوستدار محیط‌زیست در طراحی محصول	SC5	طراحی محصولات منجر کاهش یا منع به مواد از استفاده خطرناک یا سمی شود		
۱: داشتن سیستم لجستیک معکوس ۳: داشتن امکان بازیافت محصول ۷: نداشتن روشی برای بازیافت	توان بازیافت محصولات برگشتی	SC6	نحوه فروش ضایعات و مواد مصرف شده		
۱: ارزیابی کلیه تأمین‌کنندگان بر اساس الزامات زیست‌محیطی ۳: داشتن سیستم ارزیابی تأمین‌کنندگان بر اساس معیارهای زیست‌محیطی و ارزیابی بیش از ۵۰٪ تأمین‌کنندگان بر این اساس ۵: داشتن سیستم ارزیابی تأمین‌کنندگان بر اساس معیارهای زیست‌محیطی و ارزیابی کمتر از ۵۰٪ تأمین‌کنندگان بر این اساس ۷: انتخاب بدون توجه به الزامات زیست‌محیطی	خرید مواد و تکنولوژی‌ها مطابق با الزامات زیست‌محیطی	SC7	به کارگیری تکنولوژی‌های پاک در تولید توسط شرکت‌ها		

۳-۲ فاز دوم: تعیین مقدار سفارش برای تأمین‌کنندگان منتخب

در فاز اول، تأمین‌کنندگان بر اساس معیارهای کیفیت، زمان تحویل دهی و قیمت اولویت‌بندی می‌شوند. سپس از میان آن‌ها تعدادی را انتخاب می‌کنیم و برای فاز دوم برای آن‌ها مقدار سفارش تعیین می‌کنیم. خریدار و تأمین‌کنندگان در بازارهای مشخصی فعالیت می‌کنند و هیچ‌گونه رقابتی در مقابل یکدیگر وجود ندارد. با توجه به اینکه مقدار تقاضا را در شرایط عدم قطعیت در نظر گرفتیم، لذا برای آن سناریو تعیین می‌کنیم. هرکدام از تأمین‌کنندگان مواد اولیه خاصی را تأمین می‌کنند. از طرفی دیگر محصول نهایی تولیدشده توسط تولیدکننده ترکیبی از مواد اولیه تأمین‌شده توسط تأمین‌کنندگان می‌باشد. هدف از این فاز تعیین مقدار سفارش مواد اولیه از تأمین‌کنندگان می‌باشد

- **مفروضات مساله**

مفروضات زیر را برای مدل مربوطه در نظر گرفته می‌شود:

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-30]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2020.17.3.3.3]

۱. سیستم شامل یک خریدار و چند تأمین‌کننده می‌باشد.
۲. کاهش کیفیت کالا در طول مسیر (در مراکز توزیع تغییر کیفیت رخ نمی‌دهد)
۳. در نظر گرفتن محدودیت ظرفیت تولید مواد اولیه برای تأمین‌کنندگان
۴. هر تأمین‌کننده تنها یک نوع خاص از مواد اولیه را تأمین می‌کند.
۵. مجاز نبودن کمبود در مدل
۶. وسایل حمل‌ونقل به لحاظ ظرفیت حمل یکسان می‌باشد.

در ادامه به منظور ارایه مدل ریاضی پارامترها، متغیرها، اهداف و محدودیت‌ها مساله بیان می‌شود.

- **اندیس‌ها**

i: اندیس مربوط به تأمین‌کنندگان منتخب ($i = ۱,۲,...,I$)

j : اندیس مربوط به کالاهای تأمین‌شده توسط تأمین‌کنندگان ($j = ۱,۲,...,J$)

k: اندیس مربوط به سطوح قیمت برحسب تخفیف‌های مقداری ($k = ۱,۲,..,K$)

u: اندیس مربوط به سناریو تقاضا ($u = ۱,۲,...,U$)

- **پارامترها**

پارامترهای تعریف شده در این مطالعه به شرح زیر می‌باشند:

k: تعداد سطوح قیمت برحسب تخفیف‌های مقداری مربوط به تأمین‌کنندگان

S_{ij}: ظرفیت تأمین‌کننده iام در تأمین کالای jام

D_{ju}: تقاضا برای کالای jام بر اساس سناریو u ام

DLR_{ij}: نرخ دیرکرد تحویل مربوط به تأمین‌کننده iام در تأمین کالای jام

DR_{ij}: نرخ معیوب بودن مربوط به تأمین‌کننده iام در تأمین کالای jام

b_{ijk}: مقدار حد بالای فاصله تخفیف مقداری برای کالای jام از تأمین‌کننده iام در سطح قیمت kام($b_{ij۰} = ۰$)

C_{ijk}: قیمت هزینه خرید یک واحد کالای jام از تأمین‌کننده iام در سطح قیمت kام

r_{ij}: هزینه حمل‌ونقل یک واحد کالا برای کالای jام از تأمین‌کننده iام

N_i: ضریب مربوط به تکنولوژی پاک برای تأمین‌کننده iام ($۰ \le N_i \le ۱$)

M_i: ضریب مربوط به زیست تخریب‌پذیر برای تأمین‌کننده iام ($۰ \le M_i \le ۱$)

M: یک عدد خیلی بزرگ

- **متغیرهای تصمیم**

X_{iju} : مقدار سفارش برای کالای jام از تأمین‌کننده iام بر اساس سناریوی uام

XX_{ijku} : مقدار سفارش برای کالای jام از تأمین‌کننده iام در سطح قیمت kام بر اساس سناریوی uام

Y_{ijku} : اگر سطح قیمت kام برای کالای jام مربوط به تأمین‌کننده iام بر اساس سناریوی uام انتخاب شود مقدار یک می‌گیرد، در غیر این‌صورت مقدار صفر.

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-30]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2020.17.3.3.3]

- **مدل ریاضی مساله**

$$\min z_1 = \sum_{k\in K}\sum_{j\in J}\sum_{i\in I}\sum_{u\in U} C_{ijk} * XX_{ijku} * Y_{ijku} + \sum_{j\in J}\sum_{i\in I}\sum_{u\in U} r_{ij} * \mathrm{X}_{iju} \quad (1)$$

$$\min z_2 = \sum_{j\in J}\sum_{i\in I}\sum_{u\in U} DLR_{ij} * \mathrm{X}_{iju} \quad (2)$$

$$\min z_3 = \sum_{j\in J}\sum_{i\in I}\sum_{u\in U} DR_{ij} * \mathrm{X}_{iju} \quad (3)$$

$$\min z_4 = \sum_{j\in J}\sum_{i\in I}\sum_{u\in U} N_i * \mathrm{X}_{iju} + \sum_{j\in J}\sum_{i\in I}\sum_{u\in U} M_i * \mathrm{X}_{iju} \quad (4)$$

s.t.

$$\sum_{i\in I} \mathrm{X}_{iju} = D_{ju} \qquad \forall j \in J,\ \forall u \in U \quad (5)$$

$$\mathrm{X}_{iju} \le S_{ij} \qquad \forall i \in \forall j \in J,\ \forall u \in U \quad (6)$$

$$\sum_{k\in K} XX_{ijku} = \mathrm{X}_{iju} \qquad \forall i \in \forall j \in J \quad (7)$$

$$\mathrm{M} * Y_{ijku} \ge XX_{ijku} \qquad \forall i \in \forall j \in J, \forall k \in K,\ \forall u \in U \quad (8)$$

$$b_{ijk-1} + M * (\mathrm{Y}_{ijku} - 1) \le XX_{ijku} \qquad \forall i \in \forall j \in J, \forall k \in K,\ \forall u \in U \quad (9)$$

$$XX_{ijku} \le b_{ijk} + M * (1 - Y_{ijku}) \qquad \forall i \in \forall j \in J, \forall k \in K,\ \forall u \in U \quad (10)$$

$$\mathrm{X}_{iju} \ge 0 \qquad \forall i \in \forall j \in J,\ \forall u \in U \quad (11)$$

$$Y_{ijku} \in \{0,1\}\ binary\ \text{integers} \qquad \forall i \in \forall j \in J, \forall k \in K,\ \forall u \in U \quad (12)$$

(۱) هدف اول این مدل، کمینه کردن هزینه‌ها است که شامل: هزینه خرید کالا از تأمین‌کنندگان و هزینه حمل‌ونقل می‌شود. (۲) هدف دوم این مدل، کمینه کردن زمان دیرکرد تحویل کالا توسط تأمین‌کنندگان است. (۳) هدف سوم این مدل، کمینه کردن تعداد کالاهای معیوب تأمین‌شده توسط تأمین‌کنندگان می‌باشد. (۴) هدف چهارم، مربوط به زنجیره‌تأمین سبز می‌شود. (۵) این محدودیت بیانگر این موضوع است که کل کالای تأمین‌شده توسط تأمین‌کنندگان مختلف می‌بایست برابر با همه تقاضاها باشد. (۶) این محدودیت تضمین می‌کند که مقدار کالای تأمین‌شده برای هر تأمین‌کنندگان نباید از حد معینی فراتر رود. (۷) تضمین می‌کند که مجموع کلی مقادیر کالای نوع j تهیه شده از تأمین‌کننده i در سطح قیمت k می‌بایست برابر با مقدار کلی کالای نوع j تهیه شده از تأمین‌کننده i باشد. (۸) اگر مقدار کالای نوع j تهیه شده از تأمین‌کننده i در سطح قیمت k انتخاب شود، YY_{ijk}

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-30]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2020.17.3.3.3]

مقدار یک، در غیر این صورت مقدار صفر می‌گیرد. (۹) این محدودیت و محدودیت بعد سطح قیمتی k به ازای کالای j مربوط به تأمین‌کنندگان i براساس سناریوی u ام را تعیین می‌کند. (۱۰) این محدودیت و محدودیت قبل سطح قیمتی k به ازای کالای j مربوط به تأمین‌کنندگان i بر اساس سناریوی u ام را تعیین می‌کند. (۱۱) و (۱۲) متغیرهای مدل مثبت و یا دودویی هستند.

- **روش حل مدل ریاضی پیشنهادی**

با توجه به این‌که مدل ریاضی پیشنهادی در بخش قبلی دارای بعد کمی می‌باشد، برای حل مساله به‌طور دقیق در ابعاد کوچک از نرم‌افزار GAMS و حل‌کننده BARON استفاده شده است. از طرفی از آنجایی که مدل چندهدفه می‌باشد، از طریق روش معیار جامع اقدام به تک هدفه‌سازی و حل مدل ریاضی نموده‌ایم. در ادامه به منظور بررسی کارایی مدل ریاضی ارایه شده، مثال عددی را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

٤ مثال عددی

انتخاب تأمین‌کنندگان یکی از کلیدی‌ترین تصمیمات در زنجیره‌تأمین است که تأثیر به سزایی بر هزینه‌های تولید محصول خواهد داشت. اهمیت حفظ محیط‌زیست توجه دولت‌ها، مشتریان و سازمان‌ها را به خود جلب نموده و منجر به اهمیت یافتن رعایت الزامات زیست‌محیطی در تولید محصولات گشته است. ازآنجایی‌که بخش عمده ای از مواد و اجزای تشکیل‌دهنده محصولات از تأمین‌کنندگان بیرونی هستند، توجه به معیارهای زیست‌محیطی در فرایند تأمین را مهم می‌نماید.

در این بخش جهت درک بهتر متدولوژی ارایه‌شده یک مثال عددی ارایه می‌گردد. فرض کنید یک واحد صنعتی جهت ارزیابی تأمین‌کنندگان خود برای خرید محصول A، ۶ گزینه دارد که باید از بین آن‌ها با توجه به معیارهای ذکرشده در بخش قبل بهترین گزینه (ها) را انتخاب نماید، که در این چارچوب پس از تعیین سلسله مراتب وزن‌دهی به معیارها با استفاده از روش AHP و رتبه‌بندی گزینه‌ها توسط روش ویکور انجام می‌گیرد.

قابل ذکر است مراحل اجرای مثال عددی مطابق با فازها و زیربخش‌های آن اجرا می‌گردد.

در وهله نخست، اطلاعات مربوط به هرتأمین‌کننده در قالب معیارهای ۷گانه تدوین می‌گردند. این اطلاعات که ماتریس تصمیم را تشکیل می‌دهند در جدول ۲ آورده شده است. داده‌های این جدول به عنوان اطلاعات پایه در گام‌های بعدی مورد استفاده قرار خواهند گرفت.

جدول۲. ماتریس تصمیم

معیارها	معیارهای محصولی			معیارهای زیست‌محیطی			
کد زیر معیار	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5	SC6	SC7
عنوان زیر معیار	کیفیت	زمان تحویل	قیمت	وضعیت مدیریت	طراحی سبز	توان بازیافت	به‌کارگیری تکنولوژی
تأمین‌کننده ۱	۰/۰۵	۴۵	۵۰	۵	۳	۳	۳
تأمین‌کننده ۲	۰/۰۳	۳۰	۴۸	۳	۳	۵	۵

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-30]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2020.17.3.3.3]

تأمین کننده ۳	۰/۰۶	۴۰	۴۵	۳	۵	۱	۷
تأمین کننده ۴	۰/۰۵	۴۰	۵۰	۱	۱	۳	۳
تأمین کننده ۵	۰/۰۳	۴۷	۵۲	۷	۵	۳	۵
تأمین کننده ۶	۰/۰۴	۳۰	۴۶	۱	۳	۱	۳

در فاز اول، با استفاده از روش AHP وزن‌دهی به معیار و زیرمعیارها انجام می‌گیرد و سپس از طریق روش ویکور رتبه‌بندی گزینه‌ها صورت می‌پذیرد. در ادامه نحوه عملکرد رویکرد ترکیبی AHP و ویکور به منظور اولویت‌بندی گزینه‌ها تشریح می‌شود.

یکی از کاربردهای روش AHP وزن‌دهی به معیارهای تصمیم‌گیری، از طریق مقایسات زوجی است. پس از تعیین سلسله مراتب معیارها، برای تعیین وزن معیارها از طریق گام‌های زیر عمل می‌شود [۲۲].

۱) مقایسات زوجی، ۲) محاسبه وزن معیارها، ۳) محاسبه وزن زیر معیارها، ۴) محاسبه نرخ ناسازگاری.

مطابق با گام‌های روش AHP برای تعیین اوزان معیارها، پس از تشکیل ماتریس‌های مقایسات زوجی معیارها و زیر معیارها، وزن آن‌ها محاسبه می‌شود. وزن نهایی معیارها و زیرمعیارها در جدول ۳ آورده شده است.

جدول۳. وزن نهایی زیرمعیارها

کد معیار	وزن معیار	کد زیر معیار	وزن نسبی زیر معیار	وزن نهایی زیر معیار
C1	۰/۷۵	SC1	۰/۴۹	۰/۳۷
		SC2	۰/۳۱	۰/۲۳
		SC3	۰/۲۱	۰/۱۵
C2	۰/۲۵	SC4	۰/۰۶	۰/۰۱
		SC5	۰/۲۷	۰/۰۷
		SC6	۰/۵۵	۰/۱۴
		SC7	۰/۱۳	۰/۰۳

در ادامه، نرخ سازگاری براساس تعداد معیار محاسبه شده است.

جدول ٤. مقدار ثابت IIR بر اساس تعداد معیارها

N	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
I.I.R	۰	۰	۰/۰۵۸	۰/۰۹	۰/۰۱۲	۰/۰۴	۰/۰۲

از آن‌جا که ناسازگاری همواره وجود دارد، نرخ ناسازگاری کمتر از ۰/۱ موردقبول بوده و در غیر این صورت اولویت‌بندی و مقایسات زوجی مجدداً انجام خواهد شد. همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌کنید، نرخ ناسازگاری برای تمامی معیارها مورد قبول بوده است.

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-30]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2020.17.3.3.3]

پس از تعیین وزن نهایی معیارها و زیرمعیارها رتبه‌بندی گزینه‌ها بر اساس گام‌های روش ویکور و با توجه به شاخص ویکور انجام می‌شود. روش ویکور یک روش تصمیم‌گیری چندمعیاره برای حل یک مساله‌ی تصمیم‌گیری گسسته با معیارهای نامتناسب (واحدهای اندازه‌گیری مختلف) و متعارض است. هدف از این روش تمرکز و رتبه‌بندی و انتخاب از بین یک مجموعه از گزینه‌ها در مساله‌ی با معیارهای متعارض است [۲۳].

مراحل روش ویکور به شرح زیر است:

۱) تشکیل ماتریس تصمیم ۲) تعیین بردار وزن معیارها ۳) تعیین نقطه ایده‌ال مثبت و ایده‌آل منفی ۴) محاسبه مقدار سودمندی (S) و مقدار تاسف (R) برای هر گزینه ۵) محاسبه شاخص ویکور (Q) برای هر گزینه ۶) مرتب کردن گزینه‌ها بر اساس مقادیر S ,R ,Q

نتایج حاصل از اجرای رویکرد ویکور در جداول ۵ و ۶ قابل مشاهده است:

جدول۵. شاخص ویکور

گزینه‌ها	Q
تأمین کننده۱	۰/۰
تأمین کننده۲	۰/۹۲۰
تأمین کننده۳	۰/۱۱۵
تأمین کننده۴	۰/۱۱۲
تأمین کننده۵	۰/۶۲۶
تأمین کننده۶	۰/۷۵۰

جدول٦. رتبه‌بندی تأمین‌کننده

	Q	S	R	رتبه
تأمین کننده ۱	۰/۰	۰/۳۳۲	۰/۱۲۳	۱
تأمین کننده۲	۰/۶۲۶	۰/۷۴۲	۰/۳۷۰	۵
تأمین کننده۳	۰/۱۱۵	۰/۳۹۱	۰/۱۵۰	۳
تأمین کننده۴	۰/۹۲۰	۰/۴۴۱	۰/۳۷۲	۶
تأمین کننده۵	۰/۱۱۲	۰/۴۵۵	۰/۱۲۳	۲
تأمین کننده۶	۰/۷۵۰	۰/۸۲۰	۰/۲۴۷	۴

بعد از رتبه‌بندی گزینه‌ها، تعداد ۳ گزینه با اولویت بالاتر انتخاب و برای تخصیص سفارش وارد مدل می‌شوند. در ادامه می‌بایست عملکرد مدل ارایه شده مورد مطالعه قرار گیرد. در این مرحله پارامترها تنظیم می‌شوند. داده‌های مربوط به پارامترهای مدل با استفاده از نرم‌افزار گمز به‌صورت فرضی و تصادفی با روش توزیع یکنواخت کدنویسی شده و به دست آمده‌اند. در جدول ۷ بازه‌های داده‌های تصادفی مشاهده می‌شوند.

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-30]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2020.17.3.3.3]

جدول ۷. بازه‌های داده‌های تصادفی

پارامترها	دامنه تغییرات
K	۳
S_{ij}	(۱۰،۵۰)
D_{ju}	(۲۰ ،۸۰)
DLR_{ij}	(۰/۲،۰/۹)
DR_{ij}	(۰/۲،۰/۹)
b_{ijk}	(۲۰،۸۰)
C_{ijk}	(۵، ۲۰)
r_{ij}	(۵، ۲۰)
M_i	(۰/۲،۰/۹)

نحوه انتخاب بازه‌های داده‌ها و پارامترهای مدل ارایه شده با توجه به پرسش از نخبگان به دست آمده است.

مدل ارایه شده در این تحقیق چهار هدفه می‌باشد، لذا برای حل مدل در نرم‌افزار گمز نیاز به استفاده از روش‌های بهینه‌سازی چندهدفه است. در این تحقیق از روش معیار جامع استفاده شده است.

در این روش، تابع هدف که همواره حداقل نمودن آن مورد توجه است به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$L-P = MIN\left[\frac{Z_i - Z^*_i)^P}{Z^*_i}\right]^{1/P} \qquad (۱۳)$$

با توجه به کدنویسی این روش در نرم‌افزار گمز، ابتدا گمز مقادیر بهینه هر یک از توابع هدف را بدون در نظر گرفتن دیگری حل می‌کند و در آخر طبق رابطه (۱۳) و با جایگذاری توابع هدف و مقادیر بهینه آن‌ها در این رابطه، تبدیل به مدل تک هدفه می‌شود،که به عنوان Z_{GAMS} تعریف شده است. درصد میزان انحراف از مقدار بهینه به‌صورت زیر محاسبه می‌گردد. لازم به ذکر است که تابع هدف روش معیار جامع از نوع حداقل‌سازی است و به‌صورت بازه‌ای بین صفر و یک می‌باشد بنابراین Z^*_{L-P} برابر با صفر است.

$$\%Diviation\ Obj. = \frac{Z_{GAMS} - Z^*_{L-P}}{Z_{GAMS}} \times ۱۰۰ \qquad (۱۴)$$

با افزودن داده‌های ورودی و پس از حل، مقادیر تابع هدف بهینه، روش معیار جامع حاصل از این مثال‌ها با زمان‌های سی پی یو آن‌ها به دست می‌آید و درصد انحراف از L-P متریک بهینه محاسبه می‌گردد. نتایج در جدول ۸ نشان داده شده است.

جدول ۸. نتایج حاصل از حل مدل

k	%Diviation Obj	CPU times
۳	۰/۳	۱/۲۲
۳	۱۰/۲	۱/۳۲
۳	۱۰/۹	۱/۵۲
۳	۲/۲	۱/۶۳

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-30]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2020.17.3.3.3]

۱/۷۵	۴/۰	۳

در این جدول به ازای تعداد مختلف و تصادفی از محصولات، تابع هدف بهینه حاصل از روش معیار جامع متفاوتی به دست آمده است. جدول فوق درصد انحراف از L-P متریک بهینه و زمان‌های سی پی یو را نشان می‌دهد که با افزایش محصولات، زمان‌های سی پی یو افزایش می‌یابد.

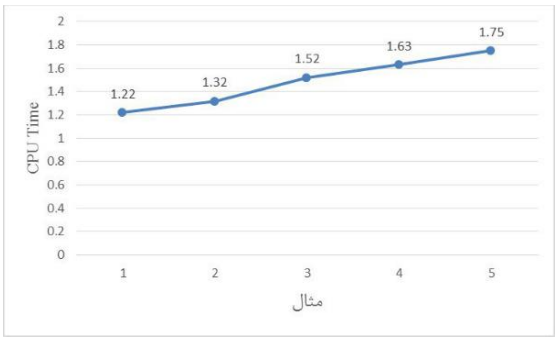
جدول ۹ پنج نمونه عددی را به تفکیک مقادیر چهار هدفه توابع نشان می‌دهد.

جدول ۹. توابع هدف مثال‌های موردبررسی

شماره مثال	Z_{Cost}	Z_{DLR}	Z_{DR}	Z_{GSM}	$Z_{\text{L-P}}$
۱	۸۴۳	۲۱	۲۸	۵۳/۶	۰/۰۰۲
۲	۸۶۰	۱۹	۲۵	۵۵/۹	۰/۱۰۲
۳	۷۸۰	۱۹	۲۵	۵۶/۹	۰/۱۰۹
۴	۱۱۷۰	۳۲/۱	۴۱/۸	۸۵/۴	۰/۰۲۲
۵	۱۵۲۵	۴۲	۵۳	۱۱۰	۰/۰۴۰

در ادامه، نتایج حاصل از حل مدل مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد:

تحلیل اول: روند تغییرات زمان‌های سی پی یو در شکل ۱ نمایش داده شده است. همان‌طور که از شکل ۱ قابل مشاهده است با افزایش حجم مساله (افزایش تعداد تأمین‌کننده‌ها و افزایش تعداد نوع کالا)، مقدار زمان سی پی یو افزایش پیدا می‌کند که بیانگر روند منطقی حل مساله و صحت مدل پیشنهادی می‌باشد.

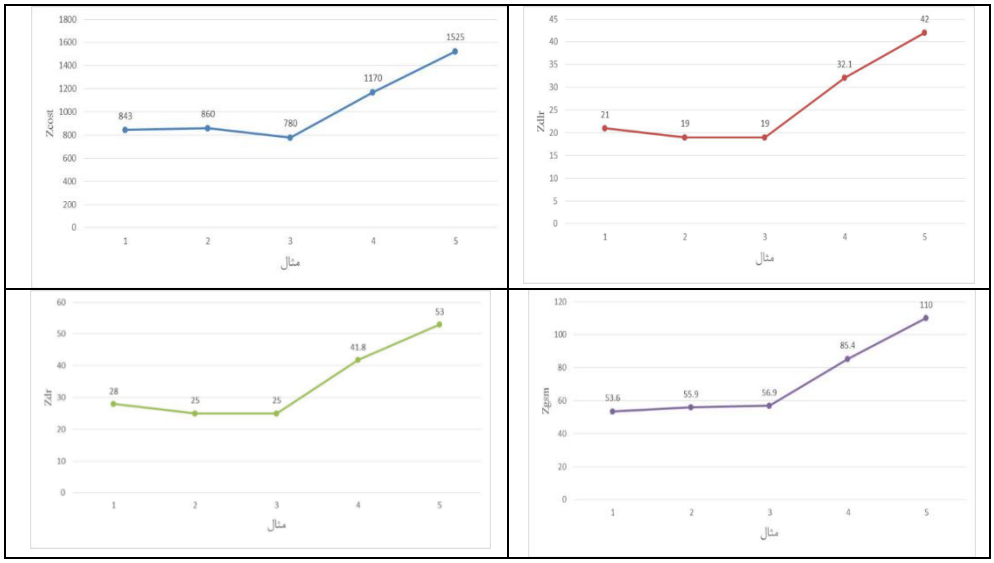


شکل ۱. روند تغییرات زمان سی پی یو

تحلیل دوم: روند تغییرات چهار تابع هدف در شکل ۲ قابل مشاهده و مقایسه است. همان‌طور که شکل ۲ نشان می‌دهد، روند تغییرات مقادیر چهار تابع هدف مشابه یکدیگر می‌باشد. دلیل این روند را این‌گونه می‌توان تحلیل نمودکه با افزایش تعداد تأمین‌کنندگان (i) مقدار توابع هدف دارای روندی نزولی و در مقابل با افزایش تعداد انواع محصولات (j) (از مثال سوم به بعد) شاهد روندی صعودی برای توابع هدف خواهیم بود. با توجه به این روندها می‌توان این‌طور استنباط کرد که به ازای مثال سوم $(j=۲, i=۵)$ بهترین شرایط برای حل مساله در حالتی که مدل به ازای هر کدام از توابع هدف به صورت جداگانه مد نظر باشد، برقرار است.

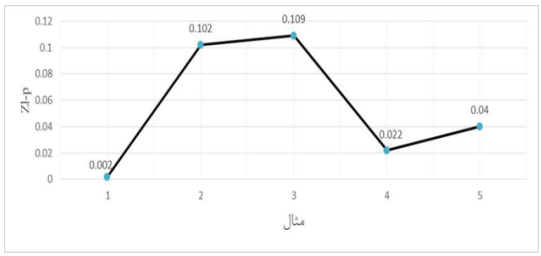
[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-30]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2020.17.3.3.3]



شکل ۲. روند تغییرات چهار تابع هدف

تحلیل سوم: روند تغییرات تابع هدف روش معیار جامع ($Z_{L\text{-}P}$) به ازای ۵ مثال در شکل ۳ نشان داده شده است. طبق شکل ۳، مثال اول دارای کمترین مقدار تابع هدف معیار جامع می‌باشد. از آنجایی که طبق روش معیار جامع بر آنیم تا تعادلی میان چهار تابع هدف برقرار کنیم، در نتیجه بر خلاف تحلیل دوم که بهترین شرایط برای حل مساله را مثال سوم بیان نموده‌ایم، مثال اول به عنوان بهترین شرایط برای حل مساله انتخاب می‌شود. همچنین همان‌طور که پیش‌تر ذکر گردید، هر چقدر مقدار هدف روش معیار جامع به صفر نزدیک‌تر باشد به شرایط بهینگی نیز نزدیک‌تر می‌شویم، لذا این نکته تاییدی بر تحلیل سوم است.



شکل ۳. روند تغییرات $Z_{L\text{-}P}$

۵ نتیجه‌گیری و پیشنهادات آتی

با افزایش اهمیت محیط‌زیست، سخت‌گیرانه شدن قوانین زیست‌محیطی کشورها در زمینه تولید و واردات و توجه مشتریان نهایی به موضوع محیط‌زیست و مسئولیت‌پذیری سازمان‌ها در این خصوص معیارهای زیست‌محیطی به معیارهای سنتی ارزیابی تأمین‌کنندگان افزوده شده است. از سویی دیگر، تحقیقات قبلی در مورد این موضوع به‌طور عمده شامل بهینه‌سازی تک هدفه بوده که در آن تنها هدف به حداقل رساندن هزینه کل زنجیره‌تأمین و یا به حداکثر رساندن کل مزایای زنجیره‌تأمین بوده است. با توجه به این مسایل، در این تحقیق یک روش ترکیبی به

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-30]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2020.17.3.3.3]

منظور انتخاب تأمین‌کننده سبز و تخصیص مقدار سفارش به تأمین‌کنندگان منتخب ارایه شده است. در بخش انتخاب تأمین‌کننده از معیارهای سبز استفاده شده است که با استفاده از رویکرد ترکیبی AHP و ویکور اقدام به رتبه‌بندی گزینه‌ها می‌شود. در ادامه، اطلاعات تأمین‌کنندگان منتخب به عنوان پارامتر وارد مدل ریاضی می‌شود. مدل ریاضی ارایه شده، یک مدل ریاضی چهارهدفه برای حل یک مساله تولید ناب چابک در زنجیره‌تأمین دوسطحی با یک تولیدکننده و چندین تأمین‌کننده همراه با چند محصول است. این مدل ریاضی از نوع غیرخطی است که علاوه بر هزینه تأمین کالا، میزان معیوب بودن و دیرکرد در تحویل کالا را نیز حداقل کرده و تابع هدف مربوط به ایجاد زنجیره‌تأمین سبز را همچنین بیشینه می‌کند. به منظور توصیف کارایی این روش مثال عددی بیان شده است. نتایج حاصل از مدل از نظر زمان محاسباتی و کارایی مورد بررسی قرارگرفته است. الگوریتم اجرا شده نتایج خوبی را در زمان محاسباتی مناسب نشان داده است که بیان‌کننده عملکرد خوب رویکرد پیشنهادی است. همچنین مقدار بهینه تابع هدف به ازای مقادیر مختلف برای تعداد محصول مورد بررسی قرار گرفته است، که تحلیل‌های صورت گرفته بر اساس آن کمک شایانی به مدیران در امر تصمیم‌گیری در هنگام استفاده از مدل ارایه شده می‌نماید.

به منظور تحقیقات بیشتر، پیشنهاد می‌شود مدل چندهدفه ارایه شده با استفاده از روش‌های بهینه‌سازی چندهدفه دیگر نظیر برنامه‌ریزی آرمانی و اپسیلون محدودیت مورد مطالعه قرار گیرد. در نظر گرفتن زمان تدارک غیر صفر، علاوه بر این با توجه به غیرخطی بودن مدل چندهدفه ارایه الگوریتم و نتایج محاسباتی می‌تواند یک مطالعه ارزشمند برای رسیدن به جواب‌های بهتر باشد. با افزایش تعداد سطوح زنجیره‌تأمین، در نظر گرفتن حالت فازی برای برخی از پارامترها، استفاده از دیگر روش‌های حل فرا ابتکاری و مطالعه توابع تقاضای دیگر برای مدل ارایه‌شده می‌تواند آن را به واقعیت نزدیک‌تر سازد.

منابع

[۲] پویا، ع.، علیزاده، ع.، (۱۳۹۳). حل مساله انتخاب تامین کننده با استفاده از مدل ترکیبی تحلیل سلسله مراتبی دلفی فازی – ویکور. پژوهش‌های مدیریت منابع انسانی، ۴(۴).

[۱۵] صفائی قادیکلایی، ع.، اکبرزاده، ز.، احمدی، ا.، (۱۳۹۰). ارزیابی مقایسه ای استراتژی های زنجیره‌تأمین ناب، چابک و ناب-چابک. پژوهشنامه مدیریت اجرایی، ۳(۶)، ۸۱-۱۰۰.

[۱۶] توکلی،ا.، فریبرز رحیم نیا، ف.، مقدسیان، م.، (۱۳۹۲). استراتژی ناب چابک در سازمان های خدماتی: رویکردی مقایسه‌یی. مهندسی صنایع و مدیریت شریف. ۲۹(۱)، ۱۳-۲۱.

[۱۷] بنی هاشمی،ع.، غضنفری، م.، (۱۳۹۴). استراتژی ارزیابی اثربخشی عملکرد زنجیره‌تأمین ناب/چابک در جهت توسعه صنعت سیمان کشور. مدیریت فردا. ۱۳(۴۵)، ۱۳۱-۱۴۰.

[۱۸] اسحاقی نیا، م.، والمحمدی، چ.، (۱۳۹۵). انتخاب مناسب ترین استراتژی زنجیره تامین ناب-چابک برای تولید با استفاده از تصمیم گیری چند معیاره تاپسیس فازی (صنعت خودروسازی)،کنفرانس بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت، تهران، دبیرخانه کنفرانس.

[۱۹] قربانپور، ا.، پویا، ع.، ناظمی، ش.، ناجی عظیمی، ز.، (۱۳۹۵). طراحی مدل ساختاری اقدامات مدیریت زنجیره‌تأمین سبز با استفاده از رهیافت مدل سازی ساختاری تفسیری فازی. مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، ۱۳ (۴)، ۲۰-۱.

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-30]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2020.17.3.3.3]

[۲۰] همایون فر، م.، گودرزوند چگینی، م.، دانشور، ا.، (۱۳۹۷). الویت بندی تامین کنندگان زنجیره تامین سبز با استفاده از رویکرد ترکیبی MCDM فازی . تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، ۱۵ (۲)، ۴۱-۶۱.

[1] Thomas, D. J., Griffin, P. M. (1996). Coordinated supply chain management. European journal of operational research, 94(1), 1-15.

[3] Zhu, Q., Sarkis, J., Lai, K., (2008). Confirmation of a measurement model for green supply chain management practices implementation. International journal of production economics, 111 (2), 261–273

[4] Farahani, Z. R., Asgari, N., & Davarzani, H., (2009). Supply chain and logistics in national, international and governmental environment. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

[5] Naylor, J. Ben, M. Naim, and D. Berry, Leagility: Integrating the lean and agile manufacturing paradigms in the total supply chain. Int. J. Prod. Econ., vol. 62, pp. 107–118, 1999.

[6] Gunasekaran, A., Patel, C., and Tirtiroglu, E., (2001). Performance measures and metrics in a supply chain environment. Int. J. Oper. Prod. Manag., 21(1), 71–87.

[7] Bruce, M., Daly, L., and N. Towers, (2004). Lean or agile: a solution for supply chain management in the textiles and clothing industry? Int. J. Oper. Prod. Manag. 24(2), 151-170.

[8] Agarwal, A., Shankar, R., and Tiwari, M., K., (2006). Modeling the metrics of lean, agile and leagile supply chain: An ANP-based approach. Eur. J. Oper. Res., 173(1) 211-225.

[9] X. Luo, C. Wu, D. Rosenberg, and D. Barnes, (2009). Supplier selection in agile supply chains: An information-processing model and an illustration. J. Purch. Supply Manag. vol. 15, no. 4, pp. 249-262.

[10] Mollenkopf, D., Stolze, H., Tate, W. L., and Ueltschy, M., (2010). Green, lean, and global supply chains. Int. J. Phys. Distrib. Logist. Manag. 40(1), 14-41.

[11] Cabral, A., Grilo, A., and Cruz-Machado, V., (2012). A decision-making model for lean, agile, resilient and green supply chain management. Int. J. Prod. Res., 50(17), 4830-4845.

[12] Ayhan, M. B., & Kilic, H. S. (2015). A two stage approach for supplier selection problem in multi-item/multi-supplier environment with quantity discounts. Computers & Industrial Engineering. 85.

[13] Abdollahi, M. Arvan, M., and Razmi, J., (2016). An integrated approach for supplier portfolio selection: Lean or agile? Expert Syst. Appl., 42 (1), 679-688.

[14] Mokadem, M. El., (2017). The classification of supplier selection criteria with respect to lean or agile manufacturing strategies. J. Manuf. Technol. Manag. 28(2), 235-249.

[21] Ho, W., Xu, X., and Dey, P. K. (2010). Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review. Eur. J. Oper. Res., 202(1), 16-24.

[22] Chiou, C.Y., Hsu, C.W., Hwang, W.Y., (2008). Comparative investigation on Green Supplier Selection of the American, Japanese and Taiwanese electronics industry in China. International conference on IE&EM, IEEE Dec.

[23] San Cristobal, J. R., (2011). Multi-criteria decision-making in the selection of a renewable energy project in spain: The Vikor method. Renew. Energy, 36(2), 498-502.

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-30]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2020.17.3.3.3]