مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال شانزدهم، شماره چهارم (پیاپی ۶۳)، زمستان ۹۸، ص ص ۸۷-۷۳
شاپا ۷۲۸۶-۲۲۵۱

# ارایه مدل ترکیبی کنترل موجودی تحت کنترل فروشنده همراه با انتخاب تأمین‌کننده سبز در شرایط عدم قطعیت

**سارا رضایی[۱]، مرضیه خاکستری[۲*]**
۱- کارشناسی ارشد، دانشگاه خوارزمی، دانشکده اقصاد، تهران، ایران
۲- استادیار، دانشگاه خوارزمی، دانشکده اقصاد، تهران، ایران

رسید مقاله: ۲۲ دی ۱۳۹۶
پذیرش مقاله: ۵ شهریور ۱۳۹۸

## چکیده
در دهه کنونی چگونگی تعیین مناسب‌ترین تامین‌کننده به عنوان یک عامل استراتژیک در زنجیره‌تامین مورد توجه بسیاری قرار گرفته است. از طرفی دیگر، سازمان‌ها به بررسی اقدامات لازم جهت به کارگیری مدیریت زنجیره‌تأمین سبز، برای بهبود عملکرد زیست‌محیطی و اقتصادی خود می‌پردازند. یک راه مهم برای پیاده‌سازی مدیریت زنجیره‌تأمین سبز، تجدید نظر در روش‌های خرید می‌باشد. رویکرد مدیریت موجود توسط فروشنده یک ابتکار تجاری می‌باشد که تأمین‌کنندگان می‌توانند به موجودی در واحدهای نگهداری کالای خریداران رسیدگی کنند. در این تحقیق، یک مدل ریاضی دو هدفه برای یک مساله سیستم موجودی تحت کنترل فروشنده در زنجیره‌تامین سبز دو سطحی با دو تامین‌کننده و یک خریدار توسعه داده شده است. این مدل، هزینه سیستم موجودی تحت کنترل فروشنده را حداقل کرده و مقدارتابع هدف مربوط به ایجاد زنجیره‌تامین سبز را بیشینه می‌کند. سپس، مساله دو هدفه با روش معیار جامع تک‌هدفه‌سازی شده است و با مثال عددی به توصیف کارایی این مدل پرداخته شده است. الگوریتم اجرا شده نتایج خوبی را در زمان محاسباتی مناسب نشان داده است. همچنین با اتخاذ این رویکرد به تصمیم‌گیران و مدیران در انتخاب بهینه و کارا و کم‌هزینه (تعداد محصولات و تعداد خرده‌فروشان و سیکل‌های بازپرسازی و...) در بحث مدیریت موجودی توسط فروشنده کمک شایانی می‌شود.

**کلمات کلیدی:** مدیریت زنجیره‌تأمین سبز، موجودی تحت کنترل فروشنده، مساله انتخاب تامین‌کننده، بهینه‌سازی چند هدفه.

## ۱ مقدمه
با پیشرفت در فرایندهای تولید و به‌کارگیری الگوهای مهندسی مجدد، مدیران بسیاری از صنایع دریافتند که برای ادامه حضور در بازارهای رقابتی تنها بهبود فرایندهای داخلی و انعطاف‌پذیری در توانایی‌های شرکت کافی نیست؛ بلکه تأمین‌کنندگان قطعات و مواد نیز باید موادی با بهترین کیفیت و کم‌ترین هزینه تولید کنند.

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



[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.4.2.7 ]

توزیع‌کنندگان محصولات نیز باید ارتباط نزدیکی با سیاست‌های توسعه بازار تولیدکننده داشته باشند. با چنین نگرشی، رویکردهای زنجیره‌تأمین و مدیریت آن پا به عرصه وجود نهاد. مدیریت زنجیره‌تأمین، مدیریت مواد و جریان اطلاعات بین‌تسهیلاتی نظیر فروشندگان، تولیدکنندگان، مونتاژ و مراکز توزیع می‌باشد [۱]. با ظهور بازارهای بین‌المللی و رشد آن‌ها، مدیریت زنجیره‌تأمین بیش‌تر مورد توجه قرار گرفته است.

جهان امروز با مسایلی چون گرم شدن زمین، انواع آلودگی‌ها، افزایش مقدار گازهای گلخانه‌ای و... مواجه است که این مسایل به طور بالقوه می‌تواند منجر به انقراض نوع بشر شود؛ بنابراین حفظ محیط زیست و استراتژی‌های مربوط به آن خیلی زود در اولویت برنامه‌ها، به عنوان یک نوآوری مهم سازمانی قرار گرفت. سازمان از یک طرف باید به سوددهی و مزیت رقابتی، از طرف دیگر به از بین بردن یا به حداقل رساندن ضایعات (انرژی، تولید گازهای گلخانه‌ای، شیمیایی/خطرناک، مواد زاید جامد) توجه می‌کرد. اینجا بود که ایده زنجیره‌تامین سبز مطرح شد و خیلی زود نظر همگان را به خود جلب کرد.

مدیریت زنجیره‌تأمین سبز، یکپارچه کننده مدیریت زنجیره‌تأمین با الزامات زیست‌محیطی در تمام مراحل طراحی محصول، انتخاب و تأمین مواد اولیه، تولید و ساخت، فرایندهای توزیع و انتقال، تحویل به مشتری و بالاخره پس از مصرف، مدیریت بازیافت و مصرف مجدد برای بیشینه کردن میزان بهره‌وری مصرف انرژی و منابع همراه با بهبود عملکرد کل زنجیره‌تأمین است[۳،۲]. 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 [۵].

یکی از مفاهیم معروف به‌کار گرفته شده در زنجیره‌تأمین، مدل‌های موجودی تحت کنترل فروشنده[1] (VMI) می‌باشد [۷،۶]. VMI برنامه‌ای است که به عنوان یکی از موفق‌ترین رویکردهایی است که یکپارچگی زنجیره‌تأمین را تقویت می‌کند. VMI یک رویکرد صنعتی برای همکاری زنجیره‌تأمین است که در آن تولیدکننده موجودی در دست خرده‌فروش را مدیریت می‌کند و در مورد زمان و مقدار بازپرسازی تصمیم‌گیری می‌کند. تحت برنامه VMI، فروشنده قادر به تعیین زمان‌بندی و مقدار بازپرسازی است و به داده‌های مربوط به

[1] Vendor Managed Inventory - VMI



[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.4.2.7 ]

تقاضا و موجودی خرده‌فروش دسترسی دارد. متعاقباً، فروشنده می‌تواند برنامه‌های بلندمدت خود را هماهنگ کند و جریان روزبه‌روز کالاها و مواد را کنترل کند. از طرفی دیگر، خرده‌فروشان متحمل هزینه سفارش‌دهی نمی‌شوند و به‌وسیله توافقات قراردادی در برابر هزینه‌های اضافی موجودی محفوظ می‌مانند [۸].

با توجه به مطالعه و بررسی‌های صورت گرفته در بحث‌های مدیریت زنجیره‌تأمین و موجودی تحت کنترل فروشنده و انواع مدل‌های موجود و روش‌های حل آن‌ها ، امروزه جایگاه بهینه‌سازی توابع چندهدفه و روش‌های حل بهینه آن‌ها در زمینه کنترل موجودی توسط فروشنده بسیار حایز اهمیت است. در این تحقیق سعی بر آن شده است تا ضمن بررسی و توسعه مدل‌سازی مساله انتخاب تامین‌کننده سبز و انتخاب روش معیار جامع از بین روش‌های حل بهینه‌سازی چندهدفه به نتایجی کاربردی و عملکردی دست‌یابیم.

## ۲ پیشینه پژوهش

سارکیس[1] در سال ۲۰۰۲، در مقاله‌ای تحت عنوان "ارزیابی شیوه‌های کسب‌وکار آگاه به محیط‌زیست"، شیوه‌های تجارت منطبق با محیط‌زیست را به ۵ جزء اصلی طبقه‌بندی کرد: طراحی برای محیط‌زیست (طراحی سبز)، تجزیه‌وتحلیل چرخه عمر، مدیریت زیست‌محیطی کیفیت جامع، زنجیره‌تأمین سبز و گواهینامه‌های مربوط به محیط‌زیست مانند ایزو ۱۴۰۰۰[۳]. چیو و همکاران[2] در سال ۲۰۰۸، برای انتخاب تأمین‌کنندگان سبز از شش معیار و ۲۴ زیرمعیار و روش تحلیل سلسله مراتبی[3] فازی استفاده کرده‌اند. این پژوهش به مقایسه میزان اهمیت انتخاب تأمین‌کنندگان سبز در صنایع الکترونیک امریکا، ژاپن و تایوان در چین پرداخته است [۹]. لی[4] و همکاران در سال ۲۰۰۹، در پژوهش خود، در ابتدا با استفاده از روش دلفی معیارهای ارزیابی تأمین‌کنندگان سنتی و سبز شناسایی کردند و سپس از روش AHP برای تعیین اهمیت معیارهای انتخاب شده و عملکرد تأمین‌کنندگان سبز استفاده کردند. در نهایت پس از به دست آوردن اوزان شاخص‌ها، روش تاپسیس[5] فازی را برای انتخاب بهترین تأمین‌کننده به کار گرفته‌اند [۱۰]. هسو[6] و همکاران در سال ۲۰۱۳، به شناسایی معیارهای مؤثر بر مدیریت کردن جهت بهبود عملکرد تأمین‌کنندگان در مدیریت زنجیره‌تأمین سبز پرداختند و با توجه به روابط متقابل بین معیارها، روش دیمتل[7] را برای بررسی اهمیت و رابطه علیّ بین متغیرها به کار گرفتند [۱۱]. یه و چوآنگ[8] در سال ۲۰۱۱، در مقاله‌ای تحت عنوان " استفاده از الگوریتم ژنتیک چندهدفه برای انتخاب تأمین‌کننده در مشکلات زنجیره‌تأمین سبز"، دو الگوریتم ژنتیک چندهدفه را برای انتخاب تأمین‌کننده سبز توسعه دادند که شامل ۴ موضوع هزینه، زمان، کیفیت محصول و نمره ارزیابی سبز می‌شود [۱۲]. کنان[9] و همکاران در سال ۲۰۱۳ ، از روش تاپسیس فازی برای رتبه‌بندی تامین‌کنندگان در زنجیره‌تامین سبز در یک شرکت الکترونیکی برزیلی

[1] Sarkis
[2] Chiou
[3] Analytical Hierarchy process - AHP
[4] Lee
[5] Topsis
[6] Hsu
[7] Decision Making Trial and Evaluation - DEMATEL
[8] Yeh and Chuang
[9] Kenan



[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.4.2.7 ]

استفاده کردند [۱۳]. گاویندان[1] و همکاران در سال ۲۰۱۳، ابتدا معیارهای سنتی و زیست‌محیطی با بررسی متون و بر اساس نیاز شرکت مشخص کردند. سپس روش طراحی بدیهی فازی نیازهای تولیدکننده و تأمین‌کننده را ارزیابی کردند و در نهایت با توجه به چندگانه بودن معیارها از یک مدل بهینه‌سازی چندهدفه فازی استفاده کردند [۱۴].

قربانپور و همکاران در مطالعه‌ای برای کاهش خطرات محیطی، افزایش عملکرد زیست محیطی و دستیابی به مزیت رقابتی در حوزه صنایع نفتی ایران، به ارایه یک مدل ساختاری اقدامات مدیریت زنجیره‌تامین سبز پرداختند. [۴]

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 اولویت بندی 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 [۱۵].

از آنجایی که رویکرد مدیریت موجودی توسط فروشنده در کنترل موجودی به عنوان یک سیاست بهینه‌ساز معرفی شده است و همچنین کمبود پژوهش در حوزه انتخاب تأمین‌کننده با توجه به مسایل زیست‌محیطی، این پژوهش به ارایه یک مدل ترکیبی کنترل موجودی با مدل انتخاب تأمین‌کننده سبز در یک زنجیره‌تأمین دو سطحی می‌پردازد. در این تحقیق یک مدل ریاضی دو هدفه برای حل یک مساله VMI در زنجیره‌تامین دو سطحی با دو تامین کننده و یک خریدار همراه با چند محصول فرموله و توسعه داده شده است. این مدل پویای ریاضی از نوع غیرخطی است که هزینه سیستم VMI را حداقل کرده و تابع هدف مربوط به ایجاد زنجیره‌تامین سبز را بیشینه می‌کند.

## ۳ بیان مساله

انتخاب تأمین‌کنندگان یکی از کلیدی‌ترین تصمیمات در زنجیره‌تأمین است که تأثیر به سزایی بر هزینه‌های تولید محصول خواهد داشت. از سویی 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 عمده‌ای از مواد و اجزای تشکیل دهنده محصولات از تأمین‌کنندگان بیرونی تامین می‌شوند توجه به معیارهای زیست‌محیطی در فرایند تأمین مهم می‌نماید. در این تحقیق، یک مدل ریاضی دو هدفه برای حل مساله سیستم موجودی تحت کنترل فروشنده VMI در زنجیره‌تامین دو سطحی با دو تامین کننده و یک خریدار توسعه داده شده است. این مدل، هزینه سیستم VMI را حداقل کرده و مقدار سود مربوط به ایجاد زنجیره‌تامین سبز را ماکزیمم می‌کند.

[1] Govindan



[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.4.2.7 ]

## ٤ روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش در دو فاز انجام می‌گیرد. در فاز اول، تعدادی تامین‌کننده شناسایی می‌شود. در ادامه با استفاده از روش تاپسیس که از روش‌های تصمیم‌گیری معیارهای چندگانه[1] می‌باشد، تامین کنندگان اولویت‌بندی می‌شوند و تعدادی با اولویت بالاتر انتخاب می‌شوند. سپس وارد فاز دوم می‌شویم. در این فاز، به ارایه یک مدل ترکیبی کنترل موجودی با مدل انتخاب تأمین‌کننده سبز در یک زنجیره‌تأمین دو سطحی و با وجود چند محصول و برای بیشینه کردن سود و کمینه کردن هزینه‌های زنجیره می‌پردازیم. زنجیره‌تأمین دوسطحی شامل یک خریدار و تعدادی تامین‌کننده (به‌دست آمده از فاز اول) می‌باشد. مدل ریاضی ارایه شده از نوع مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح غیرخطی است. در این مدل ریاضی فرض شده است که هزینه نگهداری فروشنده کم‌تر از خریدار می‌باشد. افزون بر آن، فروشنده از یک تأمین‌کننده بیرونی سفارش کالا می‌دهد. در این مدل به‌جای آنکه مشتری میزان موجودی خود را کنترل نموده و اقدام به سفارش‌دهی نماید، تأمین‌کننده این کار را انجام می‌دهد. فرمول‌بندی مساله، مدل‌های ارایه شده درگذشته را توسعه می‌دهد تا بسیاری از ویژگی‌های دیگر زنجیره‌تأمین برای ارایه مدلی واقع‌بینانه‌تر را در برگیرد. در این پژوهش، دوره بازپرسازی معمول به ازای تأمین‌کننده و خریدارانش در نظر گرفته شده است. سپس مدل پیشنهادی با استفاده از نرم‌افزار GAMS به حل جواب بهینه می‌پردازد. در آخر، مثال عددی جهت نشان دادن کاربردی بودن مدل پیشنهادی و رویکرد حل آن مورد بررسی قرار گرفته می‌شود. در ادامه فازهای تحقیق و زیربخش‌های آن تشریح می‌گردد.

### ٤-١ فاز اول: انتخاب تأمین‌کنندگان

یک زنجیره‌تأمین دوسطحی را در نظر بگیرید که شامل یک خریدار و چندین تأمین‌کننده است. ظرفیت تأمین تأمین‌کنندگان نیز محدود می‌باشد و مواد اولیه مختلف را با یک نرخ ثابت تأمین می‌کنند به‌گونه‌ای که هر تأمین‌کننده یک نوع مواد اولیه موردنیاز خریدار 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. بدین منظور از روش‌های تصمیم‌گیری معیارهای چندگانه استفاده می‌شود. در این تحقیق از روش TOPSIS برای رتبه‌بندی تامین‌کنندگان استفاده می‌شود.

#### ٤-١-١ معیارهای انتخاب تأمین‌کننده سبز

هو[2] و همکاران در سال ۲۰۱۵، با بررسی مقالات موجود در زمینه ارزیابی تأمین‌کنندگان در بین سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۴ معیارهای مورداستفاده در انتخاب تأمین‌کنندگان را اولویت‌بندی کرده‌اند [۹]. در تحقیق آن‌ها معیارهای کیفیت، زمان تحویل‌دهی و قیمت به ترتیب پرکاربردترین معیارها هستند که در این فاز مورد استفاده قرار می‌گیرند.

[1] Multi Criteria Decision Making
[2] Ho



[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29 ]
[ DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.4.2.7 ]

### ٤-١-٢ روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره چارچوبی است که به تصمیم‌گیرندگان از میان مجموعه‌ای متناهی از متغیرها (یا اقدامات یا اشیا یا راه‌حل‌ها یا کاندیدها) با توجه به معیارها (یا صفات یا ویژگی‌ها) یک یا چند مورد را به‌طور آگاهانه توصیه می‌کند. یکی از این روش‌ها، تحلیل سلسله مراتبی (AHP) است. AHP از مقایسات زوجی در کنار قضاوت کارشناس برای سنجش ویژگی‌های کیفی یا ناملموس استفاده می‌کند [۱۶،۱۷]. روش دیگری که در این تحقیق استفاده می‌شود، روش تاپسیس است. منطق زیربنای روش TOPSIS تعریف راه‌حل‌های ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی است و اساس آن بر این است که گزینه منتخب کوتاه‌ترین فاصله را تا راه‌حل ایده‌آل داشته باشد [۱۸]. در این تحقیق، ابتدا با استفاده از روش AHP برای معیارهای بیان شده در زیربخش قبل وزن‌دهی صورت می‌گیرد و سپس با استفاده از روش تاپسیس[1] اقدام به اولویت‌بندی می‌کنیم تا تامین‌کنندگان منتخب مشخص شوند و در فاز دوم مقدار سفارش برای آن‌ها تعیین می‌شود.

### ٤-٢ 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. از آنجایی که سیستم VMI در این سیستم در جریان است هرکدام از تأمین‌کنندگان منتخب بر روی داده‌های مربوط به موجودی خریدار نظارت دارند. هر کدام از تأمین‌کنندگان مواد اولیه خاصی را تأمین می‌کنند. هدف از این فاز تعیین مقدار سفارش مواد اولیه از تأمین‌کنندگان می‌باشد. بدین منظور مدلی ریاضی توسعه داده شده است.

- **مدل ریاضی**
- **مفروضات مساله**

مفروضات زیر برای مدل مربوطه در نظر گرفته می‌شود:

۱. سیستم شامل یک خریدار و دو تأمین‌کننده می‌باشد.

۲. کاهش کیفیت کالا در طول مسیر (در مراکز توزیع تغییر کیفیت رخ نمی‌دهد).

۳. هر تأمین‌کننده تنها یک نوع خاص از مواد اولیه را تأمین می‌کند.

۴. مجاز نبودن کمبود در مدل

۵. در نظرگیری افق زمانی یک‌ساله

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

- **اندیس‌ها**

اندیس‌های به کار گرفته شده در این مطالعه به شرح زیر می‌باشند:

$j$: اندیس مربوط به مواد اولیه ( $j = ۱,۲,...,J$ )

[1] Topsis



[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.4.2.7 ]

- **پارامترها**

پارامترهای تعریف‌شده در این مطالعه به شرح زیر می‌باشند:

$T_j$: هزینه به‌کارگیری تامین‌کننده برای تامین محصول jام

$D_j$: میزان تقاضا برای محصول jام

$A_j$: هزینه سفارش‌دهی محصول jام

$h_j$: هزینه نگهداری محصول jام

$C_j$: هزینه خرید محصول jام

$L_j$: حداقل میزان سفارش از محصول jام

$U_j$: حداکثر میزان سفارش از محصول jام

$N_j$: ضریب مربوط به زیست‌تخریب‌پذیر ($0 \le N_i < 1$)

$M_j$: ضریب مربوط به تکنولوژی پاک ($0 \le M_i < 1$)

- **متغیرهای تصمیم**

$Q_j$: مقدار سفارش از محصول jام

$y_{j1}$: یک، اگر محصول jام توسط تامین‌کننده ۱ تامین شود؛ صفر، در غیر این صورت.

$y_{j2}$: یک، اگر محصول jام توسط تامین‌کننده ۲ تامین شود؛ صفر، در غیر این صورت.

- **مدل ریاضی مساله**

$$\min \ Z_{VMI} = \sum_{j \in J} \left[ \frac{\tilde{D}_j}{Q_j} A_j + \frac{h_j}{2} Q_j + C_j Q_j + T_j (y_{j1} + y_{j2}) \right] \qquad (1)$$

$$\max \ Z_{GSC} = \sum_{j \in J} N_j Q_j (y_{j1} + y_{j2}) + \sum_{j \in J} M_j Q_j (y_{j1} + y_{j2}) \qquad (2)$$

$$s.t.$$

$$L_j \le Q_j \le U_j \qquad \forall j \in J \qquad (3)$$

$$\sum_{j \in J} Q_j \le V \qquad (4)$$

$$y_{j1} + y_{j2} = 1 \qquad (5)$$

$$Q_j \ge 0 \qquad \forall j \in J \qquad (6)$$

$$y_{j1}, y_{j2} \in \{0,1\} \qquad \forall j \in J \qquad (7)$$

تابع هدف (۱)، مربوط به هزینه ایجاد سیستم VMI می‌باشد که شامل هزینه‌های سفارش‌دهی تأمین‌کنندگان، هزینه نگهداری موجودی تقبل‌شده توسط تأمین‌کنندگان، هزینه تامین مواد اولیه توسط تامین‌کنندگان می‌باشد. تابع هدف (۲) مربوط به ایجاد زنجیره‌تأمین سبز می‌شود. محدودیت (۳)، محدودیت مربوط حداقل مقدار و



[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.4.2.7 ]

حداکثر مقدار برای سفارش دهی به ازای هر محصول را از تامین‌کنندگان نشان می‌دهد. محدودیت (۵) حداکثر مقدار سفارش‌دهی کل را محدود می‌کند. محدودیت (۶) و (۷) علامت متغیر مساله را نشان می‌دهد.

حال برای در نظر گرفتن عدم‌قطعیت در مساله از رویکرد منطق فازی استفاده می‌شود که پارامتر تقاضا به صورت عدد فازی ذوزنقه‌ای در نظر گرفته می‌شود که باید با نماد $\tilde{D}$، در مدل مشخص شود.

## ۵ روش حل

با توجه به این‌که مدل ریاضی پیشنهادی در بخش‌های قبلی دارای بعد کمی می‌باشد، برای حل مساله به‌طور دقیق در ابعاد کوچک از نرم‌افزار GAMS و حل‌کننده CPLEX استفاده‌شده است. از طرفی از آنجایی که مدل دوهدفه می‌باشد، از طریق روش معیار جامع برای حل مدل بهینه‌سازی دو هدفه اقدام می‌شود و سپس به تجزیه‌وتحلیل اطلاعات به دست آمده خواهیم پرداخت.

- **روش معیار جامع**

روشی که در این تحقیق برای حل مدل مورداستفاده قرار گرفته است، روش معیار جامع می‌باشد. منظور از این روش حداقل کردن انحراف توابع هدف موجود در یک مدل چند هدفه نسبت به حل ایده‌آل آن‌هاست. ازآنجاکه ممکن است هیچ جواب منحصربه‌فردی که برای تمامی توابع بهینه باشد وجود نداشته باشد، هر تابع هدف به‌طور مجزا بهینه‌سازی می‌گردد. سپس در مدل، فاصله این توابع هدف با جواب‌های ایده‌آل کمینه می‌گردد. یک مساله برنامه‌ریزی دو هدفه بیشینه‌سازی را در نظر می‌گیریم و فرض کنید که $f_1^*$ و $f_2^*$ حل‌های بهینه هر یک از توابع هدف وقتی می‌باشند که به‌صورت تکی در مدل ظاهر شوند. درروش معیار جامع، فاصلهٔ متریک L-P به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$L-P = Min\left[\left(\frac{f_1^* - f_1}{f_1^*}\right)^P + \left(\frac{f_2^* - f_2}{f_2^*}\right)^P\right]^{1/P} \quad (۸)$$

با قرار دادن فاصله L-P متریک به‌جای دو تابع هدف مدل برنامه‌ریزی دو هدفه مزبور را می‌توان به‌وسیله الگوریتم‌های مرسوم حل برنامه‌ریزی خطی و یا غیرخطی حل نمود[۱۹].

## ٦ مثال عددی

در این بخش جهت درک بهتر روش ارایه شده 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 ۴-۱-۱، بهترین گزینه (ها) را انتخاب نماید، که این چارچوب پس از تعیین سلسله مراتب وزن‌دهی به معیارها با استفاده از روش AHP و رتبه‌بندی گزینه‌ها توسط روش TOPSIS انجام می‌گیرد. اطلاعات مربوط به هر تأمین‌کننده در قالب معیارهای ۷ گانه تدوین می‌گردد. این اطلاعات که ماتریس تصمیم را



[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.4.2.7 ]

تشکیل می‌دهند در جدول ۱ آورده شده است. داده‌های این جدول به عنوان اطلاعات‌پایه در گام‌های بعدی مورداستفاده قرار خواهند گرفت.

**جدول ۱.** ماتریس تصمیم

| | 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 | داشتن بازیافت | خرید مواد و تکنولوژی |
| تأمین‌کننده ۱ | ۰/۰۵ | ۴۵ | ۵۰ | ۵ | ۳ | ۳ | ۳ |
| تأمین‌کننده ۲ | ۰/۰۳ | ۳۰ | ۴۸ | ۳ | ۳ | ۵ | ۵ |
| تأمین‌کننده ۳ | ۰/۰۶ | ۴۰ | ۴۵ | ۳ | ۵ | ۱ | ۷ |
| تأمین‌کننده ۴ | ۰/۰۵ | ۴۰ | ۵۰ | ۱ | ۱ | ۳ | ۳ |
| تأمین‌کننده ۵ | ۰/۰۳ | ۴۷ | ۵۲ | ۷ | ۵ | ۳ | ۵ |
| تأمین‌کننده ۶ | ۰/۰۴ | ۳۰ | ۴۶ | ۱ | ۳ | ۱ | ۳ |

## ٦- ۱ تعیین وزن معیارها و زیر معیارها

مطابق روش AHP، اوزان معیارها، پس از تشکیل ماتریس‌های مقایسات زوجی معیارها و زیر معیارها به‌دست می‌آید که در جداول ۲ تا ۵ آورده شده‌اند.

**جدول ۲.** وزن زیر معیارهای محصولی

| | SC1 | SC2 | SC3 | M1 | W1 |
|---|---|---|---|---|---|
| SC1 | ۱ | ۲ | ۲ | ۱/۵۹ | ۰/۴۹ |
| SC2 | ۰/۵ | ۱ | ۲ | ۱/۰۰ | ۰/۳۱ |
| SC3 | ۰/۵ | ۰/۵ | ۱ | ۰/۶۳ | ۰/۲۰ |

**جدول۳.** وزن معیارها

| | C1 | C2 | M1 | W1 |
|---|---|---|---|---|
| C1 | ۱ | ۳ | ۱/۷۳ | ۰/۷۵ |
| C2 | ۰/۳۳ | ۱ | ۰/۵۸ | ۰/۲۵ |

**جدول ٤.** وزن زیر معیارهای زیست‌محیطی

| | SC4 | SC5 | SC6 | SC7 | M1 | W1 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SC4 | ۱ | ۰/۲۰ | ۰/۱۴ | ۰/۳۳ | ۰/۳۱ | ۰/۰۶ |
| SC5 | ۵/۰۰ | ۱ | ۰/۳۳ | ۳/۰۰ | ۱/۴۹ | ۰/۲۷ |
| SC6 | ۷/۱۴ | ۳ | ۱ | ۴/۰۰ | ۳/۰۵ | ۰/۵۵ |
| SC7 | ۳ | ۰/۳۳ | ۰/۲۵ | ۱ | ۰/۷۱ | ۰/۱۳ |



[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.4.2.7 ]

**جدول ۵.** وزن نهایی زیر معیارها

| 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 | ۰/۲۰ | 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 |

## ۶-۲ رتبه‌بندی گزینه‌ها با روش TOPSIS

پس از تعیین وزن نهایی معیارها و زیرمعیارها رتبه‌بندی گزینه‌ها بر اساس روش TOPSIS انجام می‌گردد. نتایج در جدول۶ تا ۸ آمده است.

**جدول ٦.** ماتریس بی مقیاس

| زیر معیار | SC1 | SC2 | SC3 | SC4 | SC5 | SC6 | SC7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تأمین‌کننده ۱ | ۰/۴۶ | ۰/۴۷ | ۰/۴۲ | ۰/۵۲ | ۰/۳۴ | ۰/۴۱ | ۰/۲۷ |
| تأمین‌کننده ۲ | ۰/۲۷ | ۰/۳۱ | ۰/۴۰ | ۰/۳۱ | ۰/۳۴ | ۰/۶۸ | ۰/۴۵ |
| تأمین‌کننده ۳ | ۰/۵۵ | ۰/۴۲ | ۰/۳۸ | ۰/۳۱ | ۰/۵۷ | ۰/۱۴ | ۰/۶۲ |
| تأمین‌کننده ۴ | ۰/۴۶ | ۰/۴۲ | ۰/۴۲ | ۰/۱۰ | ۰/۱۱ | ۰/۴۱ | ۰/۲۷ |
| تأمین‌کننده ۵ | ۰/۲۷ | ۰/۴۹ | ۰/۴۴ | ۰/۷۲ | ۰/۵۷ | ۰/۴۱ | ۰/۴۵ |
| تأمین‌کننده ۶ | ۰/۳۷ | ۰/۳۱ | ۰/۳۹ | ۰/۱۰ | ۰/۳۴ | ۰/۱۴ | ۰/۲۷ |

**جدول ۷.** ماتریس وزن‌دار

| وزن | ۰/۴۸ | ۰/۰۸ | ۰/۱۹ | ۰/۰۳ | ۰/۰۸ | ۰/۱۲ | ۰/۰۳ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| زیر معیار | SC1 | SC2 | SC3 | SC4 | SC5 | SC6 | SC7 |
| تأمین‌کننده ۱ | ۰/۱۶۸۹ | ۰/۱۰۹۲ | ۰/۰۶۱۷ | ۰/۰۰۷۲ | ۰/۰۲۲۸ | ۰/۰۵۶۰ | ۰/۰۰۸۵ |
| تأمین‌کننده ۲ | ۰/۱۰۱۳ | ۰/۰۷۲۸ | ۰/۰۵۹۳ | ۰/۰۰۴۳ | ۰/۰۲۲۸ | ۰/۰۹۳۳ | ۰/۰۱۴۲ |
| تأمین‌کننده ۳ | ۰/۲۰۲۷ | ۰/۰۹۷۰ | ۰/۰۵۵۶ | ۰/۰۰۴۳ | ۰/۰۳۸۵ | ۰/۰۱۸۷ | ۰/۰۱۹۹ |
| تأمین‌کننده ۴ | ۰/۱۶۸۹ | ۰/۰۹۷۰ | ۰/۰۶۱۷ | ۰/۰۰۱۴ | ۰/۰۰۷۶ | ۰/۰۵۶۰ | ۰/۰۰۸۵ |
| تأمین‌کننده ۵ | ۰/۱۰۱۳ | ۰/۱۱۴۰ | ۰/۰۶۴۲ | ۰/۰۱۰۱ | ۰/۰۳۸۰ | ۰/۰۵۶۰ | ۰/۰۱۴۲ |
| تأمین‌کننده ۶ | ۰/۱۳۵۱ | ۰/۰۷۲۸ | ۰/۰۵۶۸ | ۰/۰۰۱۴ | ۰/۰۲۲۸ | ۰/۰۱۸۷ | ۰/۰۰۸۵ |
| ایده‌ال | ۰/۱۰۱۳ | ۰/۰۷۲۸ | ۰/۰۵۵۶ | ۰/۰۰۱۴ | ۰/۰۰۷۶ | ۰/۰۱۸۷ | ۰/۰۰۸۵ |
| ضد ایده‌ال | ۰/۲۰۲۷ | ۰/۱۱۴۰ | ۰/۰۶۴۲ | ۰/۰۱۰۱ | ۰/۰۳۸۰ | ۰/۰۹۳۳ | ۰/۰۱۹۹ |



[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.4.2.7 ]

پس از تهیه ماتریس وزن‌دار و محاسبه نقاط ایده‌ال و ضد ایده‌ال مطابق رابطه شاخص محاسبه می‌شود و درنهایت رتبه نهایی معیارها مشخص می‌شود.

**جدول ۸.** رتبه‌بندی نهایی معیارها

| | $d_i^-$ | $d_i^+$ | CL | رتبه نهایی |
|---|---|---|---|---|
| تأمین کننده ۱ | ۰/۰۵ | ۰/۰۹ | ۰/۳۸ | ۶ |
| تأمین کننده ۲ | ۰/۱۱ | ۰/۰۸ | ۰/۵۹ | ۳ |
| تأمین کننده ۳ | ۰/۰۸ | ۰/۱۱ | ۰/۴۱ | ۵ |
| تأمین کننده ۴ | ۰/۰۶ | ۰/۰۸ | ۰/۴۴ | ۴ |
| تأمین کننده ۵ | ۰/۱۱ | ۰/۰۶ | ۰/۶۳ | ۲ |
| تأمین کننده ۶ | ۰/۱۱ | ۰/۰۴ | ۰/۷۵ | ۱ |

نتایج حاکی از آن است که تأمین‌کننده ۶ بالاترین رتبه را میان تأمین‌کنندگان کسب نموده است. و پس از آن تأمین‌کننده ۵ حایز رتبه دوم شده است. تأثیر معیار کیفیت که بافاصله نسبتاً زیادی از سایر معیارها بیش‌ترین وزن را به خودش اختصاص داده است بر انتخاب گزینه‌ها کاملاً مشهود است همچنین در میان معیارهای زیست‌محیطی معیار قابلیت بازیافت محصولات که وزن بالایی میان معیارها دارد در انتخاب میان گزینه‌های ۲ و ۵ به عنوان گزینه دوم تأثیرگذار بوده و منجر به انتخاب گزینه ۵ به عنوان گزینه دوم شده است؛ لذا باآنکه وزن معیارها زیست‌محیطی در مقابل معیار اصلی کیفیت ناچیز است؛ اما در شرایط یکسان کیفی این معیارها تأثیر خود را نشان داده‌اند.

## ۶-۳ تنظیم پارامترهای مدل پیشنهادی

داده‌های مربوط به پارامترها با استفاده از نرم‌افزار گمز به‌صورت فرضی و تصادفی با روش توزیع یکنواخت کدنویسی شده و به دست آمده‌اند. در جدول ۹ بازه‌های داده‌های تصادفی مشاهده می‌شوند.

**جدول ۹.** بازه‌های داده‌های تصادفی

| پارامترها | دامنه تغییرات |
|---|---|
| $\tilde{D}$ | (۱۲۰۰-۱۸۰۰-۱۰۰۰-۲۰۰۰) |
| $C_i$ | (۱۵۰-۲۵۰) |
| $A_i$ | (۵۰-۱۰۰) |
| $h_i$ | (۲۰-۳۰) |
| $N_i$ | (۰-۱) |
| $M_i$ | (۰-۱) |
| $T_i$ | (۳۰-۴۰) |
| $L_i$ | (۱-۱۰) |
| $U_i$ | (۵۰۰-۸۰۰) |



[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.4.2.7 ]

نحوه انتخاب بازه‌های داده‌ها و پارامترهای مدل توسعه‌یافته با توجه به نظر نخبگان به دست آمده است. جهت دیفازی کردن عدد فازی مربوط به تقاضا از رویکرد یاگر استفاده می‌شود [۲۰].

حال جهت اعمال محدودیت‌های دی فازی سازی توسط یاگر[1] داریم:

$$D = \lfloor (\tilde{D}^{l} + \tilde{D}^{u})/۲ \ + (\tilde{D}^{\beta} - \tilde{D}^{\alpha})/۴ \ \rfloor$$
$$= \lfloor (۱۲۰۰+۱۸۰۰)/۲ \ + (۲۰۰۰-۱۰۰۰)/۴ \ \rfloor = ۱۷۵۰$$

با واردکردن داده‌های ورودی در مدل کدنویسی شده نتایج عددی حاصل می‌شود که در ادامه بیان‌شده است.

## ٦-٤ محاسبات عددی

برای ارزیابی عملکرد مدل پیشنهادی یک روش حل دقیق موردنیاز است. به همین منظور و با توجه به غیرخطی بودن مدل، در این تحقیق از نرم‌افزار گمز با موتور حل BARON برای یافتن جواب استفاده می‌شود. در این تحقیق برای نشان دادن کاربردی بودن مدل پیشنهادی، (۱۰) مثال عددی با اندازه‌های متفاوتی از محصولات نهایی توسط داده‌های تصادفی جدول ۹ انتخاب‌شده‌اند. مثال‌های عددی با نرم‌افزار GAMS 24.3.3 توسط لپ‌تاپ با مشخصات فنی AMD FX-8800P با CPU ، 3.4 GHZ و RAM ، 8GB حل‌شده‌اند.

## ٦-٥ اعمال روش معیار جامع

در مدل پیشنهادی دو نوع تابع هدف‌داریم:

۱- حداقل‌سازی هزینه سیستم VMI ( $Z_{VMI}$ ) و ۲- حداکثرسازی ایجاد زنجیره‌تأمین سبز ( $Z_{GSC}$ )

در این روش با فرض $P = ۱$ و با توجه به کدنویسی آن در نرم‌افزار گمز، ابتدا نرم‌افزار مقادیر بهینه هر یک از توابع هدف را بدون در نظر گرفتن دیگری حل می‌کند و سپس طبق رابطه (۸) و با جای‌گذاری توابع هدف و مقادیر بهینه آن‌ها در این رابطه، تبدیل به مدل تک هدفه می‌شود (که در گمز به عنوان $Z_{GAMS}$ تعریف‌شده است) و جواب بهینه نسبی برای مثال‌های مختلف به دست می‌آید. درصد میزان انحراف از مقدار بهینه به‌صورت رابطه (۹) 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.

$$\%\text{Diviation Obj.} = \frac{Z_{GAMS} - Z^{*}_{L-P}}{Z_{GAMS}} \times ۱۰۰ \qquad (۹)$$

با افزودن داده‌های ورودی و پس از حل، مقادیر تابع هدف بهینه روش معیار جامع حاصل از این مثال‌ها با CPU times آن‌ها به دست می‌آید و درصد انحراف از L-P متریک بهینه محاسبه می‌گردد. نتایج در جدول ۱۰ نشان داده شده است.

[1] Yager



[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.4.2.7 ]

**جدول ۱۰.** نتایج حاصل از حل مدل

| شماره مثال | %Diviation Obj. | CPU times |
|---|---|---|
| ۱ | ۴/۲۱۳۵۴۵ | ۰/۰۳۱ |
| ۲ | ۵/۳۲۱۳۷۱ | ۰/۰۱۵ |
| ۳ | ۳/۳۸۲۴۲۲ | ۰/۱۲ |
| ۴ | ۳/۸۵۷۴۹۸ | ۰/۱۹ |
| ۵ | ۳/۴۲۷۰۸۶ | ۱/۲۲۸ |
| ۶ | ۲/۸۴۱۸۷۷ | ۱/۹۲۹ |
| ۷ | ۲/۴۰۷۰۲۷ | ۲/۳۰۱ |
| ۸ | ۲/۵۶۵۴۹۹ | ۲/۸۸۷ |
| ۹ | ۲/۱۶۸۱۸۳ | ۵/۴۵۷ |
| ۱۰ | ۲/۱۶۸۱۸۳ | ۸/۷۲۱ |

در این جدول به ازای تعداد متفاوتی از محصولات، تابع هدف بهینه حاصل از روش معیار جامع به‌دست آمده است. جدول فوق مقایسه بین درصد انحراف از L-P متریک بهینه و CPU times را نشان می‌دهد که با افزایش تعداد محصولات، CPU times افزایش می‌یابد. این روند افزایشی نشان‌دهنده منطقی بودن حل مدل می‌باشد.

در جدول ۱۱ ده نمونه عددی را به تفکیک مقادیر دو هدفه توابع نشان می‌دهد. همان‌طور که می‌دانید $Z_{VMI}$ همان تابع هدف اول مقدار بهینه هزینه سیستم VMI و $Z_{GSC}$ تابع هدف دوم مقدار بهینه مربوط به ایجاد زنجیره‌تأمین سبز مدل پیشنهادی است. از آن‌جا که نمی‌توان همزمان دو تابع هدف را بهینه کرد، بر اساس مقدار $Z^*_{L-P}$ می‌توان بهترین حالت را برای حل مساله پیدا کرد.

**جدول ۱۱.** توابع هدف مثال‌های مورد بررسی

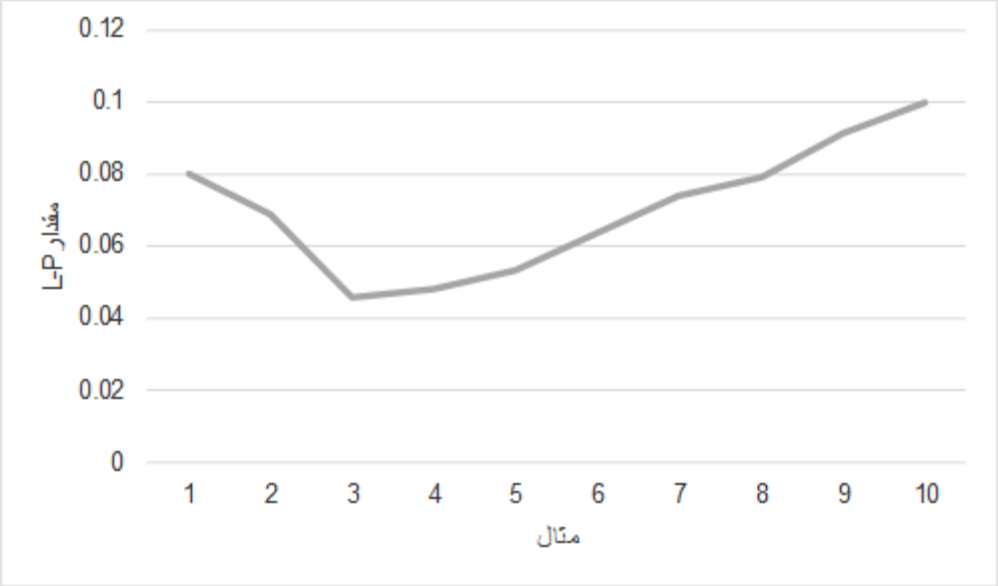
| شماره مثال | $Z_{VMI}$ | $Z_{GSC}$ | $Z^*_{L-P}$ |
|---|---|---|---|
| ۱ | ۱۷۵۰۴/۸۶۸ | ۲۹۵۷/۳۰۲ | ۰/۰۸۱۶۸۱۸۳ |
| ۲ | ۱۵۶۳۲/۳۲۵ | ۳۱۵۰/۲۳۰۰ | ۰/۰۶۴۰۷۰۲۷ |
| ۳ | ۱۴۶۵۰/۲۸۹ | ۲۵۶۹/۴۵۲ | ۰/۰۴۴۲۷۰۸۶ |
| ۴ | ۱۴۹۱۴/۳۸۵ | ۳۰۱۴/۰۱۲ | ۰/۰۵۵۶۵۴۹۹ |
| ۵ | ۱۱۵۶۶/۹۳۱ | ۲۶۴۲/۸۸۶ | ۰/۰۶۸۴۱۸۷۷ |
| ۶ | ۸۴۳۳/۲۴۶ | ۲۴۰۳/۴۱۲ | ۰/۰۷۳۸۲۴۲۲ |
| ۷ | ۸۶۵۸/۹۵۴ | ۲۴۹۱/۹۵۸ | ۰/۰۷۹۳۷۴۹۳ |
| ۸ | ۴۲۴۶/۱۰۳۲ | ۲۰۵۵/۳۵۶ | ۰/۰۸۲۱۱۳۵۴۵ |
| ۹ | ۶۰۱۲/۳۶۸ | ۲۳۶۵/۱۵۴ | ۰/۰۹۳۵۷۴۹۸ |
| ۱۰ | ۳۲۶۸/۹۸۴ | ۲۲۳۹/۸۴۷ | ۰/۰۹۸۲۱۳۷۱ |



[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.4.2.7 ]

در شکل ۱ مقادیر L-P متریک‌های مثال‌های عددی آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌کنید، مثال ۳، مقدار کم‌ترین را دارد.




**شکل ۱.** مقدار $Z^*_{L-P}$ به ازای مثال‌های مختلف

## ۷ نتیجه‌گیری و پیشنهادهای آتی

در این تحقیق یک مدل ریاضی دو هدفه برای حل یک مساله VMI در زنجیره‌تأمین دو سطحی با دو تولیدکننده و یک خریدار همراه با چند محصول فرموله و توسعه داده‌شده است. این مدل پویای ریاضی از نوع غیرخطی است که هزینه سیستم VMI را حداقل کرده و مقدار مربوط به ایجاد زنجیره‌تأمین سبز را نیز بیشینه می‌کند. سپس، مساله دو هدفه با روش معیار جامع تک هدفه‌سازی شده است و چندین مثال عددی برای توصیف کفایت این استراتژی ارایه شده است. الگوریتم اجراشده نتایج خوبی را در زمان محاسباتی مناسب نشان داده است. همچنین با اتخاذ این رویکرد به تصمیم‌گیران و مدیران در انتخاب کارا و کم‌هزینه در بحث مدیریت موجودی توسط فروشنده کمک شایانی می‌شود.

زمینه‌های متعددی برای توسعه مدل ارایه‌شده وجود دارد که از آن جمله می‌توان به مواردی نظیر فازی نمودن پارامترهای تابع تقاضا به صورت‌های دیگر نظیر مثلثی و استفاده از دیگر روش‌های حل مسایل چند هدفه یا تلفیق آن‌ها اشاره نمود. حل و بهینه‌سازی این‌گونه مدل‌ها با استفاده از توان‌های بالاتر روش معیار جامع نیز می‌تواند در کارا بودن جواب‌ها مؤثر باشد. در نظر گرفتن زمان تدارک غیرصفر، علاوه بر این با توجه به غیرخطی بودن مدل چند هدفه 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.



[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.4.2.7 ]

## منابع

[۵] 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، ۲۳-۴۶.

[۱۵] 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 (ریاضی کاربردی)، 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.

[2] Sarkis J., Talluri S. (2002). A model for strategic supplier selection. Journal of Supply Chain Management, 38(1), 18-28.

[3] Ghorbanpoor A, Pooya A, Nazemi S, Najiazimi Z. (2017). The Design Structural Model of Green Supply Chain Management Practices to Using Fuzzy Interpretive Structural Modeling Approach. Journal of Operational Research and Its Applications, 13 (4), 1-20.

[4] Farahani, Z. R., Asgari, N., Davarzani, H. (2009). Supply chain and logistics in national, international and governmental environment. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. DOI 10.1007/978-3-7908-2156-7_2.

[6] Disney, S. M., Towill, D. R. (2002). A procedure for theoptimization of the dynamic response of a Vendor Managed Inventory system. Computers & Industrial Engineering, 43(2), 27-58.

[7] Cheung, K. L., Lee, H. L. (2002). The Inventory Benefitof Shipment Coordination and Stock Rebalancing in a Supply Chain. Management Science, 48(2), 300-306.

[8] Guan, R., Zhao, X. (2010). On contracts for VMIprogram with continuous review (r, Q) policy. European Journal of Operational Research, 207(2), 656-667.

[9] Ho, W., Xu, X. Dey, P.K., (2015). Multi-criteria decision-making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review. European Journal of Operational Research, 202(1), 16–24.

[10] Lee A.H., Kang H.Y., Hsu C.F., Hung H.C. (2009). A Green Supplier Selection model for High-Tech Industry. Expert systems with applications, 36, 7917-7927.

[11] Hsu C.W., Kuo T.C., Chen C.H., Hu A.H. (2013). Using DEMATEL to develop a Carbon Management Model of supplier selection in Green Supply Chain Management. Journal of cleaner production, 36, 164-172.

[12] Griffin, A., (1997). PDMA research on new product development practices: updating trends and benchmarking best practices. Journal of Product Innovation Management, 14, 429–458.

[13] Kannan D., Jabbour A., Jabbour C. (2013). Selecting green suppliers based on GSCM practices: using Fuzzy TOPSIS applied to a Brazilian electronics company. European Journal of operational research, 233, 432-447.

[14] Govindan K., Kannan D., Rajendran S. (2013). Fuzzy Axiomatic Design approach based green supplier selection: a case study from Singapore. Journal of cleaner production, 1-15.

[16] 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 8-11 Dec, 1909-1914.

[17] Amiri M, Hadinejad F, malekkhoyan S. (2017). Evaluation and Prioritization of Suppliers Adopting a Combined Approach of Entropy, Analytic Hierarchy process, and Revised PROMETHEE (Case Study: YOUTAB Company). Journal of Operational Research and Its Applications, 14 (4), 1-20

[18] Triantaphyllou, E. (2000). Multi-criteria decision making methods. In Multi-criteria decision making methods: A comparative study , Springer, Boston, MA. 5-21.

[19] Marler, R. T., & Arora, J. S. (2004). Survey of multi-objective optimization methods for engineering. Structural and multidisciplinary optimization, 26(6), 369-395.

[20] Yager, R. R. (1981). Concepts, theory, and techniques a new methodology for ordinal multiobjective decisions based on fuzzy sets. Decision Sciences, 12(4), 589-600.

[ Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-29 ]

[ DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.4.2.7 ]