مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال بیستم، شماره چهارم (پیاپی ۷۹)، زمستان ۰۲، ص ص ۳۵-۲۱
شاپا ۷۲۸۶-۲۲۵۱

مدل‌سازی چندهدفه سفارش هم‌زمان اقلام و انتخاب تامین‌کننده در شرایط فازی با رویکردهای اوزان معکوس و برنامه‌ریزی آرمان

بهنام جلالت[۱]، داود محمدی تبار[۲*]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی صنایع، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- استادیار، دانشکده مهندسی صنایع، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

رسید مقاله: ۲۰ آذر ۱۴۰۰

پذیرش مقاله: ۱۹ اردیبهشت ۱۴۰۱

چکیده

انتخاب تامین‌کننده نقش مهمی در موفقیت کل زنجیره تامین دارد و ارتباط نزدیک آن با تصمیمات کنترل موجودی منجر به تصمیم‌گیری یکپارچه این دو حوزه شده است. با توجه به این‌که در کاربردهای واقعی عموماً با چندین قلم کالا مواجه هستیم سفارش‌دهی هماهنگ اقلام برای مدیریت موجودی موردتوجه قرارگرفته است. در این مقاله، مدل‌سازی و حل مساله چند هدفه انتخاب تامین‌کننده و سفارش هم‌زمان اقلام در شرایط فازی ارایه شده است. اهداف مدل عبارت‌اند از کمینه‌سازی هزینه‌هایی از قبیل سفارش‌دهی، خرید، نگهداری و خرابی به همراه بیشینه‌سازی مطلوبیت خرید در شرایط فازی. مساله با استفاده از دو رویکرد چند هدفه فازی بر اساس روش‌های برنامه‌ریزی غیرخطی فازی وزن معکوس و برنامه‌ریزی فازی آرمان مدل‌سازی شده است. نتایج دو رویکرد از طریق حل مثال عددی در نرم‌افزار گمز تشریح‌شده است. مقایسه دو رویکرد بر اساس شاخص نسبت میزان عضویت اهداف به اولویت وزنی نشان داد که روش اوزان معکوس عملکرد نسبتاً بهتری در مقایسه با روش برنامه‌ریزی آرمان دارد. براساس تحلیل حساسیت نتایج، افزایش هزینه عمده سفارش موجب افزایش زمان سیکل پایه و نزدیک‌تر شدن ضرایب سیکل اقلام می‌شود. بنابراین هرچه هزینه عمده سفارش بزرگ‌تر باشد توجیه اقتصادی بیشتری در سفارش هم زمان اقلام وجود دارد.

کلمات کلیدی: سفارش هم‌زمان اقلام، انتخاب تامین‌کننده، بهینه‌سازی فازی، تصمیم‌گیری چندهدفه.

۱ مقدمه

در عمل و در بسیاری از شرکت‌ها مدیریت مستقل تعداد زیاد اقلام مقرون‌به‌صرفه نیست و از طرف دیگر وابستگی‌های متعددی میان تصمیمات موجودی اقلام وجود دارد. یکی از رویکردهای مهم مدل‌سازی برای مدیریت اقلام متعدد موجودی، مساله سفارش هم‌زمان اقلام است. در این رویکرد هزینه‌های سفارش‌دهی به دو

* عهده‌دار مکاتبات

آدرس الکترونیکی: d_mohammaditabar@azad.ac.ir

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.22034/20.4.21]

دسته هزینه عمده و هزینه جزیی سفارش تقسیم‌بندی می‌شود. هزینه عمده سفارش میان اقلام موجود در یک سفارش مشترک است و به همین سبب اگر تعداد بیشتری از اقلام هم‌زمان سفارش داده شوند موجب صرفه‌جویی در هزینه‌های سفارش‌دهی عمده می‌شود [۱]. درصورتی‌که هزینه جزیی سفارش به ازای هر نوع قلم کالایی که در یک سفارش قرار دارد محاسبه می‌شود. در مدل‌سازی سفارش هم زمان اقلام، مشخص می‌شود که کدام اقلام باید با هم سفارش داده شوند و همچنین اندازه انباشته سفارش آنها چقدر باید باشد. مساله JRP یک رویکرد پرکاربرد برای مدیریت اقلام متعدد موجودی است و در حالت کلاسیک به صورت تک منبع توسعه‌یافته است.

اثرات متقابل میان تصمیمات مدیریت موجودی و انتخاب تامین‌کننده، زمینه‌ساز تحقیقات زیادی درزمینه مدل‌سازی یکپارچه این دو حوزه شده است. از این رو در مقالات متعددی تلاش شده است که مدل های مختلف کنترل موجودی که در گذشته به صورت تک منبع مدل‌سازی می‌شده‌اند را در حالت چند تامین‌کننده مدل‌سازی و حل کنند. ازجمله تصمیماتی که باید اتخاذ شود عبارت است از انتخاب تامین‌کننده، تخصیص سفارش، تعیین اندازه انباشته و زمان‌بندی سفارش‌ها.

از طرفی در استراتژی‌های جدید خرید و تولید، تامین‌کنندگان نقش کلیدی در دستیابی به موفقیت رقابتی شرکت‌ها و سازمان‌ها بازی می‌کنند و ارزیابی و انتخاب صحیح تامین‌کنندگان سهم فراوانی در کاهش ریسک‌های مرتبط با امین، افزایش سطح کیفی و کاهش زمان تحویل کالاهای مورد امین ایفا می‌نماید. ازاین‌رو انتخاب درست تامین‌کنندگان، جزء اساسی این استراتژی‌هاست؛ بنابراین بخش خرید، به دلیل سهم عملکرد تامین‌کننده در هزینه، کیفیت، تحویل و خدمات، می‌تواند نقش کلیدی در بهره‌وری و اثربخشی سازمان در دستیابی به اهداف زنجیره‌تامین ایفا کند. مساله انتخاب تامین‌کننده یک مساله چندهدفه است که همزمان معیارهای متعدی را برای انتخاب و ارزیابی تامین‌کنندگان لحاظ می‌کند. بنابراین نگاه برخی از مدل‌های کنترل موجودی که صرفا اجزای هزینه‌ای را در مدلسازی چند تامین‌کننده در تابع هدف مساله خود لحاظ کرده‌اند نمی‌تواند به درستی پاسخگوی الزامات مساله انتخاب تامین‌کننده باشد و لازم است که اهداف متعدد دیگر نیز همزمان بررسی شود.

در خصوص مساله کلاسیک سفارش همزمان اقلام نیز در گذشته عموما به صورت تک تامین‌کننده مدل‌سازی شده است و بیشتر توجه محققین به مدلسازی حالات مختلف سفارش همزمان اقلام، توسعه روش‌های حل مدل‌ها و تحلیل میزان صرفه‌جویی حاصل از سفارش همزمان اقلام معطوف بوده است. اولین مدل‌هایی که ترکیب مساله سفارش هم‌زمان اقلام و مساله انتخاب تامین‌کننده را انجام دادند با عنوان مساله سفارش هم‌زمان اقلام با چند تامین کننده شناخته می‌شوند. مدل‌های توسعه‌یافته عموما از یک هدف که در برگیرنده هزینه‌های موجودی بودند تشکیل می‌شد و عملا مطلوبیت و معیارهای تامین‌کننده در آنها لحاظ نشده است. همچنین عمده تحقیقات انجام‌گرفته در خصوص ترکیب مساله سفارش هم‌زمان کالا با انتخاب تامین‌کننده در فضای قطعی تصمیم مدنظر واقع‌شده است.

بنابراین این تحقیق به دنبال پر کردن این شکاف تحقیق است و مساله چندهدفه سفارش هم‌زمان اقلام و انتخاب تامین‌کننده را در فضای تصمیم‌گیری فازی مورد ملاحظه قرار می‌دهد. عدم قطعیت می‌تواند در اهداف

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.22034/20.4.21]

یا پارامترها و یا هر دو رخ بدهد. در مدل حاضر، معیارهایی از قبیل هزینه سفارش و نگهداری، هزینه خرید، هزینه کالای معیوب و سطح کیفیت در توابع هدف و محدودیت‌هایی همچون بودجه خریدار، ظرفیت تامین‌کننده و ظرفیت انبارش خریدار، مدنظر قرارگرفته می‌شود. برای حل مدل فازی توسعه‌یافته از دو رویکرد برنامه‌ریزی آرمان فازی و همچنین رویکرد برنامه‌ریزی غیرخطی فازی اوزان معکوس استفاده‌شده و نتایج دو رویکرد باهم مقایسه شده‌اند. در ادامه به بررسی پیشینه تحقیق می‌پردازیم.

در ادامه مقاله و در بخش دوم مروری بر پیشینه تحقیق ارایه شده است. توسعه مدل و روش حل بر اساس هر دو رویکرد اوزان معکوس و برنامه‌ریزی آرمان در بخش سوم تشریح شده است. بخش چهارم به ارایه مثال عددی و تحلیل نتایج اختصاص دارد. درنهایت در بخش پنجم نتیجه‌گیری و پیشنهادهای تحقیقات آتی ارایه می‌شود.

۲ مروری بر پیشینه تحقیق

آکسوی و ارنگوچ [۲] بررسی جامعی در مدل‌های موجودی چندکالایی با توجه هزینه‌های سفارش مشترک انجام دادند. هدف این مدل‌ها به‌طورمعمول کمینه‌سازی هزینه کل برای ارضای تقاضا است و دو رویکرد اصلی مدل‌سازی گروه‌بندی مستقیم (DGS)[1] و گروه‌بندی غیرمستقیم (IGS)[2] در آن‌ها استفاده‌شده است. در استراتژی گروه‌بندی مستقیم، محصولات به تعداد مشخصی از مجموعه‌ها گروه‌بندی می‌شوند و محصولات هر گروه با سیکل زمانی مشترک سفارش داده می‌شوند. در استراتژی گروه‌بندی غیرمستقیم، یک سیکل سفارش پایه وجود دارد و هر محصول در ضریب صحیحی از سیکل پایه سفارش داده می‌شود. بنابراین گروه‌ها در استراتژی گروه‌بندی غیرمستقیم به‌صورت موقت تشکیل می‌شوند. معمولاً در هزینه سفارش‌دهی عمده بالاتر استراتژی گروه‌بندی غیرمستقیم در مقایسه با استراتژی گروه‌بندی مستقیم عملکرد بهتری دارد [۳].

آرکین و همکاران [۴] نشان دادند که مساله سفارش هم‌زمان اقلام یک مساله با پیچیدگی سخت[3] است؛ بنابراین الگوریتمی که در یک‌زمان چندجمله‌ای بتواند این مساله را مخصوصاً در ابعاد بزرگ حل کند وجود ندارد. لذا در مقالات بسیاری، با استفاده از الگوریتم‌های فرا ابتکاری، روش‌های حل تقریبی برای مساله توسعه داده‌شده است. برای اولین بار گویال [۵] یک الگوریتم محاسباتی، با محاسبه حد بالا و پایین زمان سیکل پایه، برای مشخص کردن مینیمم‌های محلی و مینیمم کل ارایه داد. رویکرد گویال منجر به یافتن جواب بهینه برای این مساله می‌شد ولی ازلحاظ محاسباتی ممکن بود برای مسایل بزرگ به جواب نرسد. سیلور [۶] الگوریتمی کارا برای حل مساله سفارش همزمان اقلام ارایه داد که بعداً توسط گویال و بلتون [۷] بهبود داده شد و سپس توسط کسپی و روزنبلات [۸] توسعه بیشتری یافت. این الگوریتم شاید معروف‌ترین روش هیوریستیک در حل این مساله بوده و به نام الگوریتم RAND معروف است. اسلن [۹] بیان می‌کند که بیشتر مدل‌سازی‌های مساله سفارش هم‌زمان اقلام بر اساس رویکرد گروه‌بندی غیرمستقیم انجام‌شده است. ازاین‌رو یک الگوریتم حل تکاملی بر اساس رویکرد مدل‌سازی گروه‌بندی مستقیم توسعه داده و آن را با بهترین الگوریتم‌های حل موجود مقایسه کرده

[1] Direct grouping strategy
[2] Indirect grouping strategy
[3] NP-hard

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.22034/20.4.21]

و در برخی از موارد نتایج بهتری کسب می‌کند. وانگ و همکاران [۱۰] یک الگوریتم تکاملی تفاضلی برای پیدا کردن جواب‌های تقریبی مساله سفارش هم‌زمان پیشنهاد دادند و آن را با الگوریتم ژنتیک (GA)[1] مقایسه کردند. یاو و همکارن [۱۱] مساله سفارش همزمان اقلام را در حالت چند مشتری مدل‌سازی کردند. مدل توسعه‌یافته بر اساس یک الگوریتم ژنتیک حل شده است. نوح و همکاران [۱۲] مساله سفارش همزمان اقلام را با تقاضای تصادفی و محدودیت حداقل اندازه سفارش با استفاده از رویکرد گروه‌بندی غیرمستقیم مدل‌سازی کردند.

رابطه نزدیک بین مدیریت موجودی و انتخاب تامین‌کننده محققان زیادی را برای توسعه مدل‌های یکپارچه تصمیم‌گیری در دو قلمرو مذکور برانگیخته است. کاربرد برنامه‌ریزی ریاضی در انتخاب تامین‌کننده اولین بار توسط گابالا [۱۳] استفاده شد. وی برای فرموله کردن مساله مینیم‌سازی هزینه کل سفارش اقلام به فروشنده‌ها با لحاظ کردن تخفیف یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح آمیخته را به‌کار برد. قدسی پور و ابراین [۱۴] مدلی پیشنهاد دادند که انتخاب تامین‌کنندگان و تخصیص سفارش را یکپارچه می‌کرد. مون و همکاران [۱۵] به مدل‌سازی مساله سفارش همزمان اقلام با چند تامین‌کننده و لحاظ کردن تخفیف پرداختند. آن‌ها با لحاظ سیاست تامین تک منبعی بدون هرگونه محدودیت ظرفیت تامین‌کنندگان مدل خود را توسعه داده و برای حل آن‌یک الگوریتم ژنتیک ترکیبی را پیشنهاد دادند. رضایی و داوودی [۱۶] بر اهمیت مدل‌سازی چند هدفه تاکید کردند و مدل انتخاب تامین‌کننده و تخصیص سفارش در چنددوره زمانی و چند محصولی را پیشنهاد دادند. آن‌ها برای حل مدل از الگوریتم ژنتیک استفاده کردند. لی و همکاران [۱۷] مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح آمیخته‌ای (MIP)[2] برای حل مساله تخصیص سفارش به تامین‌کنندگان چندگانه در شرایط چند دوره زمانی و تخفیف پیشنهاد دادند. آن‌ها برای پیدا کردن جواب از الگوریتم ژنتیک استفاده کردند. محمدی تبار و قدسی پور [۱۸] مدلی برای مساله انتخاب تامین‌کننده و تخصیص سفارش با محدودیت ظرفیت را پیشنهاد دادند که سفارش هم‌زمان موجودی کالا را با رویکرد گروه‌بندی مستقیم موردتوجه قرار می‌داد. برای حل مساله، الگوریتم شبیه‌سازی تبرید (SA)[3] را پیشنهاد داده و آن را با الگوریتم اصلاح‌شده ژنتیک مقایسه کردند. چویی و همکاران [۱۹] مساله سفارش هم زمان اقلام را با در نظر گرفتن سه نوع تخفیف شامل تخفیف کلی، تخفیف نموی و تخفیف بر مبنای کل خرید را توسعه دادند. برای حل مدل یک الگوریتم هیوریستیک توسعه داده و با استفاده از حل یک مثال عددی به تشریح نتایج خود پرداختند. آلفراس و تورنادی [۲۰] یک مدل تعیین اندازه انباشته با چند قلم کالا و چندین تامین‌کننده در دوره‌های مختلف را با لحاظ کردن تخفیف و کمبود توسعه دادند. مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح آمیخته توسعه داده شده در ابعاد کوچک به صورت بهینه حل شده است. برای ابعاد بزرگ مساله نیز دو روش تقریبی بر مبنای روش سیلور میل و همچنین الگوریتم ژنتیک توسعه داده شده است.

آیی و همکاران [۲۱] مساله سفارش همزمان اقلام با چند تامین‌کننده را با لحاظ کردن تخفیف برای اقلام فساد پذیر مدلسازی کردند. مدل توسعه‌یافته دارای پیچیدگی سخت بوده و با استفاده از روش‌های فراابتکاری حل شده است. کانگ و همکاران [۲۲] مساله سفارش همزمان اقلام پویا را با چند تامین‌کننده و چند وسیله حمل

[1] Genetic algorithm
[2] Mixed integer programming
[3] Simulated annealing

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.22034/20.4.21]

مدل‌سازی کرده و با استفاده از الگوریتم فراابتکاری حل کرده‌اند. آلفارس و همکاران [۲۳] به مدل‌سازی مساله تعیین اندازه انباشته سفارش چند دوره‌ای با چند تامین‌کننده با لحاظ کردن تخفیف و امکان مواجهه با کمبود پرداختند. برای حل مدل از دو روش ابتکاری و فرا ابتکاری استفاده کرده‌اند.

ویی و همکاران [۲۴] برنامه‌ریزی غیرخطی فازی اوزان معکوس را برای فرموله کردن مساله چندهدفه سفارش هم‌زمان موجودی با کالاهای فسادپذیر پیشنهاد دادند. مساله چندهدفه فازی (FMOP)[1] در سفارش هم‌زمان موجودی در برخی مقالات دیگر هم موردبررسی قرارگرفته است [۲۹-۲۵]. وانگ و همکاران [۳۰] تاکید کردند که اغلب تصمیم‌گیران با محدودیت‌های عملیاتی مبهمی مواجه می‌شوند و درنتیجه یک مدل مساله سفارش هم‌زمان اقلام با هزینه‌های فازی سفارش‌دهی جزیی و نگهداری را توسعه دادند.

برنامه‌ریزی چند هدفه (MOP)[2] یکی از روش‌های تصمیم‌گیری در محیط تصمیم‌گیری چندبعدی است. در یک مساله چندهدفه، تصمیم‌گیرنده سعی در بهبود هم‌زمان دو و یا چند هدف تحت محدودیت‌های مختلف دارد. برای این مسایل به‌ندرت جواب بهینه کاملی وجود دارد و معمولاً جواب‌های بهینه پارتویی برای آن‌ها یافت می‌شود که توسط روش‌هایی از قبیل روش وزن‌دهی به اهداف تعیین می‌شوند [۳۱]. هنگام فرموله کردن یک مساله چند هدفه، عوامل مختلفی برای تشریح تابع هدف و محدودیت‌ها نیاز است که اغلب این عوامل غیرصریح و مبهم هستند. برنامه‌ریزی چندهدفه فازی پارامترهای مذبور را به‌طور مناسبی با اعداد فازی نشان می‌دهد.

انواع مختلفی از روش‌های چند هدفه فازی برای حل مسایل تصمیم‌گیری ارایه‌شده که شامل مقادیر فازی در پارامترهای تابع هدف و محدودیت‌ها می‌شوند. بسیاری از تحقیقات به دنبال تبدیل نمودن مساله چندهدفه فازی به برنامه‌ریزی قطعی هستند [۳۳-۳۲]. به‌عنوان نمونه، در ادامه برخی از تحقیقات اخیر مرتبط با مساله چندهدفه فازی مرور می‌شود. کومار و همکاران [۲۸] روش برنامه‌ریزی عدد صحیح چند هدفه فازی برای مساله انتخاب تامین‌کننده در زنجیره تامین توسعه دادند و سه تابع هدف حداقل‌سازی هزینه، حداکثرسازی کیفیت و حداکثرسازی تحویل به‌موقع را مدنظر قراردادند. عمید و همکاران [۲۵] مساله انتخاب تامین‌کننده در زنجیره تامین را با ایجاد مدل خطی چندهدفه فازی و کاربرد روش تصمیم‌گیری غیرمتقارن فازی حل کردند. هوانگ و همکاران [۳۴] سیاست سفارش‌دهی میان خریدار و فروشنده در شرایط اهداف و محدودیت‌های فازی را مدل‌سازی کرده‌اند.

در حل مدل برنامه‌ریزی چندهدفه فازی، برای پارامترهای فازی معمولاً توابع عضویت به‌صورت خطی در نظر گرفته می‌شوند. یک تابع عضویت خطی در محدوده تغییرات پارامتر دارای مقدار افزایشی یا کاهشی پیوسته هست و مقادیر حد پایین و بالای موردقبول برای پارامتر تعریف می‌شود. مدل چندهدفه سفارش هم‌زمان اقلام و انتخاب تامین‌کننده در شرایط فازی می‌تواند به یک مساله تصمیم‌گیری فازی، تبدیل‌شده و به‌وسیله روش‌هایی مانند برنامه‌ریزی غیرخطی فازی (FNLP)[3] و همچنین برنامه‌ریزی آرمانی فازی (FGP)[4] حل شود. روی و مایتی

[1] Fuzzy multi objective programming
[2] Multi objective programming
[3] Fuzzy nonlinear programming
[4] Fuzzy goal programming

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.22034/20.4.21]

[۳۵] نشان دادند که روش برنامه‌ریزی غیرخطی فازی نسبت به برنامه‌ریزی آرمانی فازی روش کاراتری است. ویی و همکاران **[۲۴]** با معرفی روش برنامه‌ریزی غیرخطی فازی وزن معکوس (IWFNLP)[1] و لحاظ کردن نسبت معکوس اوزان، کارایی روش برنامه‌ریزی غیرخطی فازی را ارتقاء بخشیدند. نتایج آزمایش‌های گوناگون نشان داد که روش برنامه‌ریزی غیرخطی فازی اوزان معکوس می‌تواند جواب‌هایی تولید کند که در آن نسبت سطوح دسترسی اجزای فازی تا حد ممکن به نسبت وزن‌های تعیین‌شده نزدیک است.

۳ توسعه مدل و روش حل

در این بخش به توسعه مدل و روش حل مساله سفارش هم‌زمان اقلام با چند تامین‌کننده تحت شرایط اهداف و محدودیت‌های فازی می‌پردازیم. فرض کنید چندین تامین‌کننده وجود دارد که دارای محدودیت ظرفیت برای تامین اقلام می‌باشند و خریدار می‌بایست برای تأمین تقاضای موردنیاز خود به تخصیص سفارش به آن‌ها بپردازد. خریدار دارای محدودیت ظرفیت انبار است. سفارش اقلام به تأمین‌کنندگان دارای هزینه عمده و جزیی سفارش است. هزینه عمده سفارش به تنوع اقلام وابسته نیست درحالی‌که هزینه جزیی سفارش به ازای هر قلم کالایی که به یک تامین‌کننده سفارش داده می‌شود محاسبه می‌شود. فرض می‌شود که تمامی تقاضای خریدار پاسخ داده می‌شود. خریدار به دنبال بیشینه‌سازی مطلوبیت خرید اقلام سالم و کمینه کردن هزینه‌های مرتبط با موجودی اقلام و همچنین هزینه‌های خرید اقلام معیوب است. با توجه به این‌که بر اساس چیدمان اقلام در انبار و راهروهای میان قفسه‌ها، ظرفیت انبار به‌صورت قطعی مشخص نیست، ظرفیت انبار به‌صورت یک پارامتر فازی مثلثی مشخص می‌شود.

۳-۱ مدلسازی مساله

با توجه به تعریف مساله، در ادامه به بیان دقیق مفروضات، پارامترها و متغیرها می‌پردازیم و مدل ریاضی مساله ارایه می‌شود.

مفروضات:

- تقاضای اقلام مستقل از هم است؛
- تأمین‌کنندگان چندگانه وجود دارند و ظرفیت همه تامین‌کنندگان از مجموع تقاضای اقلام بیشتر است؛
- توابع هدف و فضای ذخیره‌سازی فازی هستند؛
- کمبود و تخفیف وجود ندارد؛
- رویکرد گروه‌بندی غیرمستقیم در مدیریت موجودی اقلام حاکم است؛
- بیشترین فضای ذخیره موردنیاز برابر مجموع انباشته‌های سفارش همه اقلام است؛
- هزینه سفارش عمده مستقل از حجم و تنوع اقلام هست؛
- هر قلم کالا می‌تواند از چند تامین‌کننده، تامین شود؛
- مدل چندهدفه هست.

[1] Inverse weighted fuzzy nonlinear programming

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.22034/20.4.21]

برای توسعه مدل ابتدا به تعریف مجموعه‌ها و پارامترها می‌پردازیم.

مجموعه‌ها و اندیس‌ها

i: اندیس محصولات ($i = ۱,۲,\ldots,\mathrm{m}$)

j : اندیس تامین کنندگان ($j = ۱,۲,\ldots,\mathrm{n}$)

پارامترها

A: هزینه عمد هسفارش

a_{ij}: هزینه جزئی سفارش محصول i از تامین‌کننده j

h_i: هزینه نگهداری هر واحد محصول i در واحد زمان

c_{ij}: هزینه خرید هر واحد محصول i از تامین‌کننده j

π_i: هزینه هر واحد کالای خراب i

D_i: تقاضای محصول i در واحد زمان

θ_{ij}: نرخ خرابی محصول i که توسط تامین‌کننده j تامین می‌شود

v_i: فضای موردنیاز برای ذخیره هر واحد محصول i

V: حداکثر فضای در دسترس برای ذخیره (پارامتر فازی)

L_{ij}: ظرفیت تأمین‌کننده j برای محصول i

u_{ij}: مطلوبیت تصمیم‌گیرنده برای خرید کالای سالم i از تامین‌کننده j

$\mathrm{w}_{\tilde{C}_1}$: اولویت وزنی تابع هدف مربوط به هزینه‌ها

$\mathrm{w}_{\tilde{C}_2}$: اولویت وزنی تابع هدف مربوط به مطلوبیت خرید

$\mathrm{w}_{\tilde{V}}$: اولویت وزنی محدودیت مربوط به فضای انبار

متغیرهای نامنفی

T: زمان سیکل پایه

k_i: ضریب عدد صحیح مربوط به دوره سفارش محصول i ($T_i = k_i T$)

X_{ij}: نسبتی از تقاضای کالای i که از تامین‌کننده j خریداری می‌شود

متغیرهای صفر و یک

y_{ij}: اگر محصول i از تامین‌کننده j خریداری شود برابر با یک است و در غیر این صورت برابر صفر است؛

z_i: تضمین می‌کند حداقل یکی از محصولات زمان سیکل پایه داشته باشد یا به عبارتی حداقل یکی ازمقادیر k_i مقداری برابر یک داشته باشند

توابع هدف

$C_۱\left(x_{ij}, T, k_i\right)$: تابع هزینه خرید و سفارش محصول

$C_۲\left(x_{ij}\right)$: تابع مطلوبیت خرید اقلام سالم از تامین‌کنندگان

$\sim$ نشان‌دهنده فازی بودن پارامتر و تابع هدف

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.22034/20.4.21]

مدل ریاضی

به دلیل عدم قطعیت فضای تصمیم‌گیری طبیعی است که اهداف را غیرصلب و منعطف فرض کنیم. مقادیر سمت راست نیز ممکن است به‌صورت غیرقطعی مطرح شوند. درنتیجه مدل ریاضی چندهدفه فازی مساله سفارش هم‌زمان محصولات با در نظر گرفتن انتخاب تامین‌کنندگان به شکل زیر خواهد بود:

$$Min\ C_1\left(x_{ij},T,k_i\right)=\frac{A+\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}\left(\frac{a_{ij}\,y_{ij}}{k_i}\right)}{T}+\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}D_i x_{ij} k_i Th_i \qquad (1)$$

$$+\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}D_i c_{ij}\left(1-\theta_{ij}\right)x_{ij}+\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}D_i \pi_i \theta_{ij} x_{ij}$$

$$Max\ C_2\left(x_{ij}\right)=\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}u_{ij}\left(1-\theta_{ij}\right)D_i x_{ij} \qquad (2)$$

s.t.

$$D_i x_{ij}\le L_{ij}.y_{ij}\ \ \forall i=1,\ldots,m;\ j=1,\ldots,n \qquad (3)$$

$$\sum_{i=1}^{m}v_i D_i x_{ij} k_i T\le \tilde{V} \qquad (4)$$

$$\sum_{j=1}^{n}(1-\theta_{ij})x_{ij}=1\ \ \forall i=1,\ldots,m \qquad (5)$$

$$\sum_{i=1}^{m}z_i k_i=1 \qquad (6)$$

$$\sum_{i=1}^{m}z_i=1 \qquad (7)$$

$$x_{ij}\le 1\ \ \forall i=1,\ldots,m;\ j=1,\ldots,n \qquad (8)$$

$$T,x_{ij}\ge 0\ \forall i=1,\ldots,m;\ j=1,\ldots,n \qquad (9)$$

$$y_{ij},z_i\in\{0,1\}\ \forall i=1,\ldots,m;\ j=1,\ldots,n \qquad (10)$$

$$k_i\in \text{اعداد صحیح مثبت}\ \ \forall i=1,\ldots,m \qquad (11)$$

تابع هدف (۱) بیان‌کننده مجموع هزینه‌های عمده سفارش، جزیی سفارش، نگهداری، خرید اقلام سالم و اقلام معیوب است. تابع هدف (۲) مطلوبیت خرید اقلام سالم از تامین‌کنندگان است. محدودیت (۳) تضمین می‌کند که مقدار خرید هر قلم کالا از یک تامین‌کننده از ظرفیت آن فراتر نرود. محدودیت (۴) مربوط به حداکثر فضای انبار خریدار است. محدودیت (۵) در ارتباط با تامین کل تقاضای هر قلم کالا توسط تامین‌کنندگان است. محدودیت‌های (۷)-(۶) تضمین می‌کنند که سیکل سفارش حداقل یکی از اقلام برابر سیکل سفارش پایه باشد. محدودیت (۸) تضمین می‌کند که نسبت میزان سفارش به هر تامین‌کننده از تقاضای کل عددی کمتر یا مساوی یک باشد. محدودیت‌های (۱۱)-(۹) نوع متغیرهای تصمیم را مشخص می‌کند. در ادامه به بیان روش حل مدل می‌پردازیم.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.22034/20.4.21]

۳-۲ ارایه روش حل

ازآنجایی‌که اهداف و محدودیت فضای انبار فازی می‌باشند، می‌بایست حد بالا و پایینی برای آن‌ها یافت که بر اساس این حدود توابع عضویت آن‌ها به‌دست می‌آید. برای این منظور دو رویکرد وجود دارد. در رویکرد اول تصمیم‌گیر می‌تواند محدوده‌های قابل‌قبول ذهنی برای توابع اهداف و محدودیت‌ها تعریف کند. در رویکرد دوم، مقادیر خوش‌بینانه و بدبینانه هرکدام از اهداف با بیشینه‌سازی و کمینه‌سازی مستقل هرکدام از آن‌ها در فضای محدودیت‌های مساله به دست می‌آید و پایین‌ترین و بالاترین حد توابع هدف مشخص می‌شود. در این تحقیق فرض می‌کنیم که حد بالا (V^U) و پایین (V^L) محدودیت فضای انبار توسط تصمیم‌گیرنده مشخص‌شده است و برای تعیین حد بالا و پایین اهداف از مسایل بهینه‌سازی استفاده می‌کنیم. بدین ترتیب، حد بالای تابع هدف C_1 از طریق حل مساله بدبینانه بهینه‌سازی زیر به‌دست می‌آید. برای این‌که حد بالای تابع هدف C_1 نامحدود نشود، باید برای سیکل پایه یک حد پایین مشخص کنیم. با توجه به این‌که در عمل نیز فاصله میان دو سفارش متوالی نمی‌تواند بسیار کوچک و نزدیک به صفر باشد، انتخاب یک حد پایین برای سیکل سفارش پایه ازنظر کاربردی نیز قابل‌قبول است.

$$C_1^U = \text{Max } C_1\left(x_{ij}, T, k_i\right) \quad (۱۲)$$

s.t.

$$\sum_{i=1}^{m} v_i D_i k_i T \le \mathrm{V}^U \quad (۱۳)$$

محدودیت‌های (۱۱)-(۵)

حد پایین تابع هدف C_1 از حل مساله خوش‌بینانه زیر تعیین می‌شود.

$$C_1^L = \text{Min } C_1\left(x_{ij}, T, k_i\right) \quad (۱۴)$$

s.t.

محدودیت‌های (۱۱)-(۵) و(۱۳)

با توجه به اینکه بیشینه‌سازی تابع هدف دوم موردنظر است، حد بالای آن از طریق حل مساله خوش‌بینانه زیر تعیین می‌شود.

$$C_2^U = \text{Max } C_2\left(x_{ij}\right) \quad (۱۵)$$

s.t.

محدودیت‌های (۱۱)-(۵) و(۱۳)

به طریق مشابه، حد پایین تابع هدف دوم از طریق حل مساله بدبینانه زیر به‌دست می‌آید.

$$C_2^L = \text{Min } C_2\left(x_{ij}\right) \quad (۱۶)$$

s.t.

محدودیت‌های (۱۱)-(۵) و(۱۳)

با محاسبه حدود بالا و پایین اهداف و محدودیت فضای انبار، تابع عضویت فازی هرکدام از آن‌ها تعیین می‌شود. با توجه به این‌که کمینه‌سازی تابع هدف اول و بیشینه‌سازی تابع هدف دوم مدنظر بوده و فضای انبار از جنس منبع کمیاب هست، بنابراین توابع عضویت آن‌ها به شکل زیر خواهد بود:

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.22034/20.4.21]

$$\mu_{\tilde{C}_1}=\begin{cases}1 & C_1<C_1^L\\ \dfrac{C_1^U-C_1}{C_1^U-C_1^L} & C_1^L\le C_1\le C_1^U\\ 0 & C_1>C_1^U\end{cases} \quad (17)$$

$$\mu_{\tilde{C}_2}=\begin{cases}0 & C_2<C_2^L\\ \dfrac{C_2-C_2^L}{C_2^U-C_2^L} & C_2^L\le C_2\le C_2^U\\ 1 & C_2>C_2^U\end{cases} \quad (18)$$

$$\mu_{\tilde{V}}=\begin{cases}1 & V<V^L\\ \dfrac{V^U-V}{V^U-V^L} & V^L\le V\le V^U\\ 0 & V>V^U\end{cases} \quad (19)$$

تصمیم‌گیرنده برای هرکدام از اهداف و محدودیت فازی، وزنی را تعیین می‌کند که نشان‌دهنده میزان تمایل او برای برآورده شدن مطلوب‌تر آن هدف یا محدودیت است. فرض کنید که مقادیر قطعی مثبت $w_{\tilde{C}_1}$، $w_{\tilde{C}_2}$ و $w_{\tilde{V}}$ به ترتیب نشان‌دهنده وزن تابع هدف اول و دوم و محدودیت فضای انبار است به‌نحوی‌که مجموع آن‌ها برابر یک می‌شود. با مشخص شدن توابع عضویت پارامترها و اهداف فازی دو رویکرد مدل سازی قطعی IWFNLP و FGP برای یافتن جواب مساله به کار گرفته می‌شود که در ادامه شرح داده شده است.

۳-۲-۱ روش اوزان معکوس فازی

این روش در ابتدا توسط روی و مایتی [۳۵] بر اساس روش برنامه‌ریزی خطی زیمرمن [۳۶] و لی و لای [۳۷] توسعه داده شد. سپس توسط وی و همکاران [۲۴] با به‌کارگیری اوزان معکوس در مدل بهبود پیدا کرد. این روش مبتنی بر روش حداکثر حداقل است. بدین‌صورت که حداقل توابع عضویت عوامل فازی را حداکثر می‌نماییم. اولویت‌های تصمیم‌گیر در این روش در محدودیت‌ها بروز پیدا می‌کند. اوزان معکوس هرکدام از اهداف و محدودیت فضای انبار از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$IW_r=\frac{1/W_r}{\sum_r 1/W_r}\quad \forall r\in\{\tilde{C}_1,\tilde{C}_2,\tilde{V}\} \quad (20)$$

درنتیجه مدل‌سازی فازی مساله منجر به مساله بهینه‌سازی قطعی زیر می‌شود.

$$Max\ \lambda \quad (21)$$

s.t.

$$IW_{\tilde{C}_1}\left(\frac{C_1^U-C_1\left(x_{ij},T,k_i\right)}{C_1^U-C_1^L}\right)\ge\lambda \quad (22)$$

$$IW_{\tilde{C}_2}\left(\frac{C_2\left(x_{ij}\right)-C_2^L}{C_2^U-C_2^L}\right)\ge\lambda \quad (23)$$

$$IW_{\tilde{V}}\left(\frac{V^U-\sum_{i=1}^{m}v_iD_ix_{ij}k_iT}{V^U-V^L}\right)\ge\lambda \quad (24)$$

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.22034/20.4.21]

$$0 \le \left(\frac{C_1^U - C_1\left(x_{ij}, T, k_i\right)}{C_1^U - C_1^L} \right) \le 1 \quad (۲۵)$$

$$0 \le \left(\frac{C_2\left(x_{ij}\right) - C_2^L}{C_2^U - C_2^L} \right) \le 1 \quad (۲۶)$$

$$0 \le \left(\frac{V^U - \sum_{i=1}^{m} v_i D_i x_{ij} k_i T}{V^U - V^L} \right) \le 1 \quad (۲۷)$$

محدودیت‌های (۱۱)-(۵)

۳-۲-۲ برنامه‌ریزی آرمانی فازی

این روش توسط تیواری و همکاران [۳۸] ارایه شد و مبتنی بر حداکثرسازی ترکیب وزنی توابع عضویت بنا شده است. به‌عبارت‌دیگر، اولویت‌های تصمیم گیر در تابع هدف مساله بروز پیدا می‌کند و توابع هدف در قالب توابع عضویت در محدودیت‌ها قرار می‌گیرد. در این روش وقتی تابع هدف مساله به بیشینه خود برسد درواقع توابع عضویت بر اساس اولویتی که تصمیم‌گیر مشخص می‌نماید به حداکثر مقدار خود می‌رسند و این بدین معناست که توابع هدف متناظر آن‌ها به حداکثر سطح بهینه خود رسیده‌اند. درنتیجه مدل‌سازی مساله به صورت زیر خواهد شد.

$$Max\ \mathrm{w}_{\tilde{C}_1}\left(\frac{C_1^U - C_1\left(x_{ij}, T, k_i\right)}{C_1^U - C_1^L} \right) + \mathrm{w}_{\tilde{C}_2}\left(\frac{C_2\left(x_{ij}\right) - C_2^L}{C_2^U - C_2^L} \right) + \mathrm{w}_{\tilde{V}}\left(\frac{V^U - \sum_{i=1}^{m} v_i D_i x_{ij} k_i T}{V^U - V^L} \right) \quad (۲۸)$$

s.t.

محدودیت‌های (۱۱)-(۵) و (۲۷)-(۲۵)

٤ تحلیل نتایج با استفاده از مثال عددی

به‌منظور تحلیل نتایج و مقایسه روش‌های IWFNLP و FAGP به حل یک مثال عددی در نرم‌افزار GAMS گمز می‌پردازیم. فرض کنید ۵ قلم کالا و ۳ تامین‌کننده وجود دارد. هزینه عمده سفارش به تامین‌کنندگان برابر ۶۰۰ است. حد بالا و پایین فضای انبار به ترتیب برابر ۲۰ و ۱۰ است. اوزان مربوط به اهداف اول و دوم و محدودیت فضای انبار به ترتیب برابر ۰/۶۵، ۰/۲ و ۰/۱۵ است. باقی پارامترهای مساله در جدول ۱ داده‌شده است.

جدول ۱. پارامترهای مثال عددی

i	D_i	v_i	h_i	π_i	L_{ij}			s_{ij}			θ_{ij}			c_{ij}			u_{ij}		
					$j=3$	$j=2$	$j=1$	$j=3$	$j=2$	$j=1$	$j=3$	$j=2$	$j=1$	$j=3$	$j=2$	$j=1$	$j=3$	$j=2$	$j=1$
۱	۲۰۰	۱	۲	۴	۱۳۰	۱۵۰	۱۰۰	۴۰	۶۰	۵۰	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۳	۱۳	۱۷	۱۴	۰/۵	۰/۲	۰/۳
۲	۸۰	۰/۵	۳	۶	۶۰	۲۵	۳۰	۱۶۰	۱۲۰	۱۵۰	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۳	۲۶	۲۴	۲۵	۰/۵	۰/۴	۰/۱
۳	۶۰	۰/۷۵	۱/۵	۳	۴۰۰	۲۵۰	۳۰۰	۶۰	۹۰	۸۰	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۴	۱۱	۹	۱۰	۰/۴	۰/۳	۰/۴
۴	۵۰	۱/۲	۱۰	۱۸	۴۰	۲۵	۳۰	۱۸۰	۱۵۰	۲۰۰	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۲	۸۸	۸۵	۹۰	۰/۵	۰/۴	۰/۱
۵	۱۵۰	۰/۹	۸	۱۶	۶۰	۹۰	۸۰	۳۰	۵۰	۶۰	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۳	۷۱	۸۸	۹۰	۰/۴	۰/۴	۰/۲

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.22034/20.4.21]

برای پیدا کردن حدود بالا و پایین توابع هدف، کم‌ترین مقدار سیکل پایه را برابر ۰/۰۱ در نظر می‌گیریم. مقادیر حد بالا و پایین توابع هدف از حل مدل‌های مربوط به آنها در نرم افزار GAMS محاسبه‌شده و در جدول ۲ نشان داده‌شده است.

جدول ۲. حد بالا و پایین توابع هدف

	هدف اول	هدف دوم
حد بالا	۲۳۱۹۵۶/۰۲۶	۲۲۹/٤۰۵
حد پایین	٦۰۹۳۳/٤۱۷	۱٤۵/۷۵۵

بر اساس حدود به‌دست‌آمده برای توابع و حل مدل در نرم‌افزار GAMS، مقادیر متغیرهای تصمیم تعیین گردید. سیکل پایه در مدل‌های FGP و IWFNLP به ترتیب برابر ۰/۰۲٤ و ۰/۰۲۹ به‌دست آمد. مقادیر سفارش به تامین کنندگان در هر دو رویکرد مدلسازی به جواب مشابه رسید که در جدول ۳ نشان داده‌شده است.

جدول ۳. مقدار سفارش به تامین‌کنندگان و سیکل سفارش اقلام

				x_{ij}	
i	k_i	$j=۳$	$j=۲$	$j=۱$	
۱	۱	۰/۶۵	۰	۰/۳۸۸	
۲	۲	۰/۷۵	۰/۳۱۲	۰/۰۰۶	
۳	۱	۱	۰/۰۵۳	۰	
۴	۲	۰/۸	۰/۲۳۹	۰	
۵	۱	۰/۴	۰/۶	۰/۰۲۹	

بر اساس وی و همکاران [۲۴]، برای سنجش عملکرد روش‌های حل از شاخص μ/W استفاده می‌کنیم. بر این اساس، روشی ازلحاظ عملکرد بهتر است که مقدار این شاخص برای تمام عوامل فازی مساله نزدیک به هم و در حالت ایده‌آل برابر باشد. به‌عبارت‌دیگر سطح دسترسی (توابع عضویت) مشخص‌کننده اولویت تصمیم‌گیرنده (W) در خصوص آن‌ها باشد. جدول ۴ نشان می‌دهد که روش برنامه‌ریزی IWFNLP عملکرد نسبتاً بهتری در مقایسه با روش FAGP دارد.

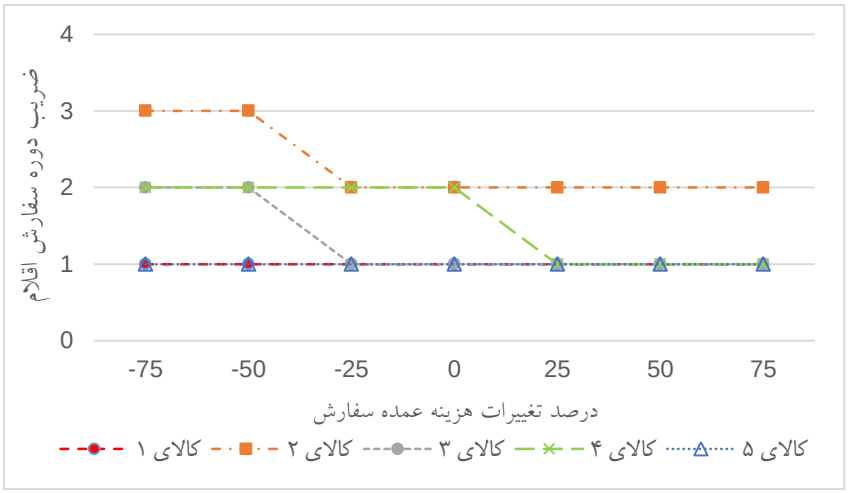
جدول ٤. مقایسه دو روش **FGP** و **IWFNLP**

روش حل	$\mu_{\tilde{c}_1}$	$\mu_{\tilde{c}_1}/w_{\tilde{c}_1}$	$\mu_{\tilde{c}_2}$	$\mu_{\tilde{c}_2}/w_{\tilde{c}_2}$	$\mu_{\tilde{v}}$	$\mu_{\tilde{v}}/w_{\tilde{v}}$	هدف اول	هدف دوم	فضای انبار
FGP	۰/۸۹۴	۱/۳۷	۰/۹۹۶	۴/۹۸	۰/۵۵۸	۳/۷۲	۷۹۰۹۸/۳۸۷	۲۹۹/۱۰۵	۱۴/۴۲۲
IWFNLP	۰/۹۷۱	۱/۴۹	۰/۸۷۶	۴/۳۸	۰/۲۲۴	۱/۴۹	۶۵۸۳۲/۰۲۲	۲۱۹/۰۵۵	۱۷/۷۵۸

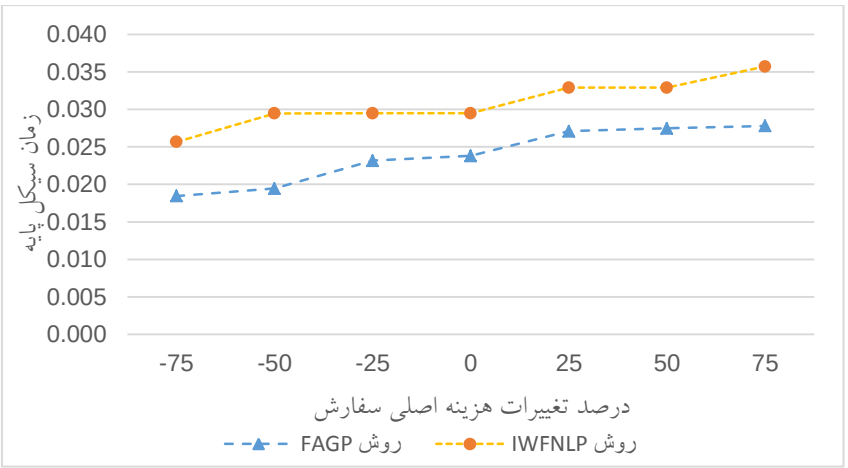
[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.22034/20.4.21]

برای تحلیل حساسیت نتایج، به بررسی تاثیر هزینه عمده سفارش بر سیکل سفارش پایه و ضرایب سیکل سفارش اقلام می‌پردازیم. همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است با افزایش هزینه عمده سفارش سیکل سفارش پایه افزایش پیدا کرده است. به بیان دیگر مدل تلاش می کند تا تعداد دفعات سفارش عمده را کاهش دهد. همچنین همان طور که در شکل ۲ نشان داده‌شده است، با افزایش هزینه عمده سفارش ضرایب سیکل سفارش اقلام کاهش پیداکرده است. به‌عبارت‌دیگر با افزایش هزینه عمده سفارش مدل تلاش می‌کند تا با بزرگ‌تر کردن سیکل سفارش پایه هزینه کمتری از بابت هزینه عمده سفارش بپردازد و از طرف دیگر با کاهش ضریب سیکل سفارش اقلام، از افزایش بی‌رویه هزینه نگهداری آن‌ها نیز جلوگیری کند.



شکل ۱. تغییرات ضرایب دوره سفارش اقلام با تغییرات هزینه عمده سفارش



شکل ۲. مقادیر سیکل پایه سفارش با تغییرات هزینه عمده سفارش

۵ نتیجه‌گیری و پیشنهادهای آتی

در این مقاله یک مدل ریاضی توسعه داده شد که به‌صورت هم‌زمان به انتخاب تامین‌کننده با اهداف مختلف و همچنین سفارش همزمان اقلام متعدد در محیط فازی می‌پردازد. مدل بر اساس رویکرد گروه‌بندی غیرمستقیم توسعه‌یافته که در آن یک سیکل پایه سفارش تعیین می‌شود و هر قلم کالا در ضریب صحیحی از سیکل پایه سفارش داده می‌شود. با توجه به پارامترهای فازی برای حل مساله از روش‌های برنامه‌ریزی غیرخطی فازی با اوزان

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.22034/20.4.21]

معکوس و برنامه‌ریزی آرمان فازی استفاده شد. با استفاده از حل یک مثال عددی و شاخص نسبت تابع عضویت به وزن اهداف یا محدودیت‌ها، عملکرد دو روش حل باهم مقایسه شد که نشان داد عملکرد روش اوزان معکوس مطلوب‌تر است و عضویت اهداف و محدودیت‌ها تناسب بیشتری با وزن آنها دارد. تحلیل حساسیت مدل نشان داد که با افزایش هزینه عمده سفارش طول زمان سیکل سفارش پایه افزایش پیدا کرده و ضرایب مربوط به سیکل سفارش اقلام به هم نزدیک‌تر می‌شود. درنتیجه هرچقدر که هزینه‌های عمده سفارش بزرگ‌تر باشد، انباشته‌های بزرگ‌تری سفارش داده می‌شود و همچنین اقلام بیشتری در یک سفارش قرار می‌گیرند. از جمله مزایای مدل و روش حل ارایه‌شده در این مقاله می‌توان به امکان لحاظ کردن اهداف مختلف انتخاب تامین‌کننده، در نظر گرفتن عدم قطعیت پارامترها به صورت فازی و سادگی رویکرد حل اشاره کرد. اگرچه به دلیل ماهیت مساله سفارش همزمان اقلام که دارای پیچیدگی زمانی سخت است حل مساله در ابعاد بزرگ نیازمند روش‌های فراابتکاری است که به عنوان زمینه تحقیقات آتی پیشنهاد می‌شود. همچنین برای مطالعات آتی پیشنهاد می‌شود از رویکرد گروه‌بندی مستقیم نیز استفاده شود و پارامترهای دیگری از مدل تحت شرایط فازی در نظر گرفته شود.

منابع

[1] Tsai, C.-Y., C.-Y. Tsai, and P.-W., (2009). Huang, An association clustering algorithm for can-order policies in the joint replenishment problem. International Journal of Production Economics, 117(1), 30-41.

[2] Aksoy, Y. and S. Selcuk Erenguc, (1988). Multi-item inventory models with co-ordinated replenishments: a survey. International Journal of Operations & Production Management, 8(1), 63-73.

[3] Van Eijs, M., R.M.J. Heuts, and J.P.C. Kleijnen, (1992). Analysis and comparison of two strategies for multi-item inventory systems with joint replenishment costs. European Journal of Operational Research, 59(3), 405-412.

[4] Arkin, E., D. Joneja, and R. Roundy, (1989). Computational complexity of uncapacitated multi-echelon production planning problems. Operations research letters, 8(2), 61-66.

[5] Goyal, S.K., (1974). Determination of optimum packaging frequency of items jointly replenished. Management Science, 21(4), 436-443.

[6] Silver, E.A., (1976). A simple method of determining order quantities in joint replenishments under deterministic demand. Management Science, 22(12), 1351-1361.

[7] Goyal, S. and A. Belton, (1986). Note on" a simple method of determining order quantities in joint replenishments under deterministic demand". Management Science, 25(6), 1979, 604.

[8] Kaspi, M. and M.J. Rosenblatt, (1983). An improvement of Silver's algorithm for the joint replenishment problem. AIIE Transactions, 15(3), 264-267.

[9] Olsen, A.L., (2005). An evolutionary algorithm to solve the joint replenishment problem using direct grouping. Computers & Industrial Engineering, 48(2), 223-235.

[10] Wang, L., J. He, and Y.R. Zeng, (2012). A differential evolution algorithm for joint replenishment problem using direct grouping and its application. Expert Systems, 29(5), 429-441.

[11] Yao, M. J., Lin, J. Y., Lin, Y. L., & Fang, S. C. (2020). An integrated algorithm for solving multi-customer joint replenishment problem with districting consideration. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 138, 101896.

[12] Noh, J. S., Kim, J. S., & Sarkar, B. (2019). Stochastic joint replenishment problem with quantity discounts and minimum order constraints. Operational Research, 19(1), 151-178.

[13] Gaballa, A., (1974). Minimum cost allocation of tenders. Journal of the Operational Research Society, 25(3), 389-398.

[14] Ghodsypour, S.H. and C. O'brien, (2001). The total cost of logistics in supplier selection, under conditions of multiple sourcing, multiple criteria and capacity constraint. International journal of

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.22034/20.4.21]

production economics, 73(1), 15-27.
[15] Moon, I., S. Goyal, and B. Cha, (2008). The joint replenishment problem involving multiple suppliers offering quantity discounts. International Journal of Systems Science, 39(6), 629-637.
[16] Rezaei, J. and M. Davoodi, (2011). Multi-objective models for lot-sizing with supplier selection. International Journal of Production Economics, 130(1), 77-86.
[17] Lee, A.H., et al., (2013). An integrated model for lot sizing with supplier selection and quantity discounts. Applied Mathematical Modelling, 37(7), 4733-4746.
[18] Mohammaditabar, D. and S.H. Ghodsypour, (2016). A supplier-selection model with classification and joint replenishment of inventory items. International Journal of Systems Science, 47(8), 1745-1754.
[19] Cui, L., Zhang, Y., Deng, J., & Xu, M. (2018). A novel multi-item joint replenishment problem considering multiple type discounts. PloS one, 13(6), e0194738.
[20] Alfares, H. K., & Turnadi, R. (2018). Lot sizing and supplier selection with multiple items, multiple periods, quantity discounts, and backordering. Computers & Industrial Engineering, 116, 59-71.
[21] Ai, X., Yue, Y., Xu, H., & Deng, X. (2021). Optimizing multi-supplier multi-item joint replenishment problem for non-instantaneous deteriorating items with quantity discounts. Plos one, 16(2), e0246035.
[22] Kang, H. Y., Lee, A. H., Wu, C. W., & Lee, C. H. (2017). An efficient method for dynamic-demand joint replenishment problem with multiple suppliers and multiple vehicles. International Journal of Production Research, 55(4), 1065-1084.
[23] Alfares, H. K., & Turnadi, R. (2018). Lot sizing and supplier selection with multiple items, multiple periods, quantity discounts, and backordering. Computers & Industrial Engineering, 116, 59-71.
[24] Wee, H.-M., C.-C. Lo, and P.-H. Hsu, (2009). A multi-objective joint replenishment inventory model of deteriorated items in a fuzzy environment. European Journal of Operational Research, 197(2), 620-631.
[25] Amid, A., S. Ghodsypour, and C. O'Brien, (2006). Fuzzy multiobjective linear model for supplier selection in a supply chain. International Journal of production economics, 104(2), 394-407.
[26] Araz, C., P.M. Ozfirat, and I. Ozkarahan, (2007). An integrated multicriteria decision-making methodology for outsourcing management. Computers & Operations Research, 34(12), 3738-3756.
[27] Kumar, M., P. Vrat, and R. Shankar, (2004). A fuzzy goal programming approach for vendor selection problem in a supply chain. Computers & industrial engineering, 46(1), 69-85.
[28] Kumar, M., P. Vrat, and R. Shankar, (2006). A fuzzy programming approach for vendor selection problem in a supply chain. International Journal of Production Economics, 101(2), 273-285.
[29] Lam, S. and L. Tang, (2006). Multiobjective vendor allocation in multiechelon inventory systems: a spreadsheet model. Journal of the Operational Research Society, 57(5), 561-578.
[30] Wang, L., et al., (2013). Model and algorithm of fuzzy joint replenishment problem under credibility measure on fuzzy goal. Knowledge-Based Systems, 39, 57-66.
[31] Rosenthal, R.E., (1985). Concepts, theory, and techniques principles of multiobjective optimization. Decision Sciences, 16(2), 133-152.
[32] Lai, Y.-J. and C.-L. Hwang, (1994). Fuzzy multiple objective decision making, in Fuzzy Multiple Objective Decision Making. Springer. 139-262.
[33] Wu, F., J. Lu, and G. Zhang, (2006). A new approximate algorithm for solving multiple objective linear programming problems with fuzzy parameters. Applied Mathematics and Computation, 174(1), 524-544.
[34] Huang, Y. D., Wee, H. M., Praharsi, Y., & Lo, C. C. (2019). An integrated vendor–buyer replenishment policy for deteriorating items with fuzzy environment and resource constraint. INFOR: Information Systems and Operational Research, 57(4), 667-691.
[35] Roy, T. and M. Maiti, (1998). Multi-objective inventory models of deteriorating items with some constraints in a fuzzy environment. Computers & operations research, 25(12), 1085-1095.
[36] Zimmermann, H.-J., (1978). Fuzzy programming and linear programming with several objective functions. Fuzzy sets and systems, 1(1), 45-55.
[37] Lee, E.S. and R.J. Li, (1993). Fuzzy multiple objective programming and compromise programming with Pareto optimum. Fuzzy sets and systems, 53(3), 275-288.
[38] Tiwari, R., S. Dharmar, and J. Rao, (1987). Fuzzy goal programming—an additive model. Fuzzy sets and systems, 24(1), 27-34.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.22034/20.4.21]