مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال شانزدهم، شماره چهارم (پیاپی ۶۳)،زمستان ۹۸، ص ص ۷۲-۵۵
شاپا ۷۲۸۶-۲۲۵۱

ارایه یک مدل ریاضی به منظور ارزیابی تامین‌کنندگان تاب‌آور و تخصیص اندازه سفارش در صنایع وابسته خودروسازی

احمد جعفرنژاد چقوشی[1*]، علیرضا عرب[2]، ایمن قاسمیان صاحبی[3]
۱- استاد، دانشگاه تهران، گروه مدیریت صنعتی، تهران، ایران
۲- دانشجوی دکتری، دانشگاه تهران، گروه مدیریت صنعتی، تهران، ایران
۳- دانشجوی دکتری، دانشگاه تهران، گروه مدیریت صنعتی، تهران، ایران

رسید مقاله: ۱۳ اسفند ۱۳۹۶
پذیرش مقاله: ۱ خرداد ۱۳۹۸

چکیده
در عصر حاضر زنجیره‌های تأمین با چالش‌ها و تهدیدهای بزرگی همچون حوادث طبیعی، حملات سایبری، تحریم، اختلالات در سیستم تأمین، تولید و توزیع و ... روبه‌رو هستند. به همین دلیل انتخاب تأمین‌کنندگان مناسب و در عین حال تاب‌آور به طور قابل توجهی می‌تواند هزینه‌های خرید و زمان‌های تأخیر را کاهش داده و قابلیت تداوم کسب و کار در زمان بروز اختلالات را افزایش دهد. هدف از انجام پژوهش حاضر ارزیابی تأمین‌کنندگان و انتخاب تأمین‌کنندگان برتر از حیث تاب‌آوری و تخصیص سفارش به آن‌ها در زنجیره‌تامین گروه صنعتی اورند با بهره‌گیری از روش‌های ترکیبی تصمیم‌گیری چند شاخصه و برنامه‌ریزی ریاضی می‌باشد. بدین منظور ابتدا با بهره‌گیری از روش دلفی فازی شاخص‌های استخراج شده از ادبیات تحقیق مورد تأیید خبرگان قرار گرفت. سپس با بهره‌گیری از روش بهترین- بدترین میزان اهمیت و اوزان هر یک از شاخص‌های تصمیم‌گیری تعیین شد و با استفاده از روش مولتی مورای فازی به ارزیابی تأمین‌کنندگان پرداخته شد. در نهایت مدل برنامه‌ریزی آرمانی چند انتخابی پیشنهادی پژوهش بر اساس نتایج روش مولتی مورای فازی به منظور تخصیص سفارش به تأمین‌کنندگان تاب‌آور ارایه شد.

کلمات کلیدی: زنجیره‌تامین تاب‌آور، تخصیص سفارش، روش بهترین- بدترین، مولتی مورای فازی، برنامه‌ریزی آرمانی چند انتخابی

۱ مقدمه
بنا به نظر کریستوفر و پک [۱]، منابع اختلال و ریسک‌های زنجیره‌تامین به پنج سطح فرآیند و ریسک‌های مرتبط با جریان ارزش، ریسک‌های مرتبط با کنترل، تأمین، تقاضا و محیطی تقسیم‌بندی می‌شوند. در تقسیم‌بندی دیگری کمال احمدی و ملت پرست [۲]، منابع ریسک‌های زنجیره‌تامین را به ۳ دسته داخلی (فرآیند)، مرتبط با شبکه

* عهده‌دار مکاتبات
آدرس الکترونیکی: jafarnjd@ut.ac.ir

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-30]
[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.4.3.8]

(تأمین و توزیع) و خارجی (محیطی) تقسیم‌بندی نمودند. همان‌طور که از منابع ریسک‌های زنجیره‌تامین مشخص است اختلالات می‌توانند به هر دو نوع درونی و بیرونی بر زنجیره‌های تأمین وارد شوند. در این میان تأمین‌کنندگان در اکثر مواقع به عنوان اصلی‌ترین منابع ریسک‌های بیرونی مطرح می‌باشند که موجبات بروز سطوح گسترده‌ای از اختلالات در زنجیره‌های تأمین را فراهم می‌سازند [۳]. دلیل این امر هم در این می‌باشد که در اکثر صنایع، هزینه‌های تأمین مواد اولیه به عنوان اصلی‌ترین بخش هزینه‌های تولید، بیش از ۷۰ درصد هزینه‌های تولید را در بر می‌گیرد [۴].

زنجیره‌های تأمین خودروسازی از جمله زنجیره‌های تأمین می‌باشند که به شدت نسبت به اختلالات حساس می‌باشند. گروه صنعتی اورند یکی از بزرگ‌ترین و معتبرترین تامین‌کنندگان قطعات خودرو در کشور می‌باشد. این شرکت به عنوان بزرگ‌ترین زیرمجموعه گروه رایزکو، در زمینه طراحی و تأمین قطعات پلیمری خودرو فعالیت می‌نماید. گروه صنعتی اورند به دلیل فعالیت در حوزه‌ای که با تغییرات سریع تکنولوژیکی و عدم قطعیتی که در فعالیت‌های آن وجود دارد در معرض اختلالات مختلف و گسترده‌ای قرار دارد که می‌توانند موجبات کاهش رقابت‌پذیری، رضایت مشتری و در نهایت کاهش سودآوری آن را فراهم آورند. از این رو بررسی شاخص‌های ارزیابی تاب‌آوری تأمین‌کنندگان این شرکت را می‌توان اولین و مهم‌ترین گام برای قدم گذاشتن این شرکت در وادی عظیم و پیچیده تاب‌آورسازی زنجیره‌تامین برشمرد.

بنابر دلایل ذکر شده انتخاب تامین‌کنندگان مناسب و در عین حال تاب‌آور در صنعت خودروسازی به طور قابل توجهی می‌تواند هزینه‌های خرید و زمان‌های تأخیر را کاهش داده و قابلیت تداوم کسب و کار در زمان بروز اختلالات و به پیروی از آن رقابت‌پذیری شرکت و رضایت مشتریان را افزایش دهد [۵]. علی‌رغم تحقیقات متعدد و پیشینه غنی حوزه مساله ارزیابی سنتی تامین‌کنندگان، تحقیقات در حوزه ارزیابی تاب‌آوری تأمین‌کنندگان محدود می‌باشد [۶]. انتخاب تأمین‌کننده تاب‌آور و تخصیص سفارش به آن‌ها نیازمند پاسخگویی به چند سوال مهم می‌باشد که عبارتند از: ۱- آیا توان تاب‌آوری تأمین‌کنندگان قابل سنجش می‌باشد؟ ۲- شاخص‌های ارزیابی تاب‌آوری تامین‌کنندگان چه‌می باشد؟ چطور و چه مقدار سفارش به هر یک از تأمین‌کنندگان باید تخصیص داد که علاوه بر دستیابی شرکت به اهداف مرسوم که در مساله تخصیص سفارش مطرح می‌باشند، بتوان میزان تاب‌آوری زنجیره را بالا برد.

هدف اصلی از انجام پژوهش حاضر پاسخگویی به سوالات فوق با بهره‌گیری از روش‌های ترکیبی تصمیم گیری چند شاخصه و برنامه‌ریزی ریاضی می‌باشد. همچنین با توجه به این‌که عمدتاً شاخص‌های ارزیابی تاب‌آوری تامین‌کنندگان کیفی بوده و سطح قابل توجهی از ابهام و عدم قطعیت در آن‌ها وجود دارد، تئوری مجموعه‌های فازی برای مواجهه با چنین شرایطی کاملاً مناسب می‌باشد. تاکنون هیچ تحقیقی در زمینه ارزیابی تاب‌آوری تامین‌کنندگان و تخصیص سفارش به آن‌ها با بهره‌گیری از روش‌های ترکیبی ذکر شده، صورت نگرفته است.

در ادامه سایر بخش‌های مقاله به صورت زیر سازمان‌دهی شده‌اند: در قسمت دوم مبانی نظری در حوزه زنجیره‌تامین تاب‌آور و شاخص‌های تاب‌آوری تامین‌کنندگان به طور کامل تشریح شدند و مروری بر مهم‌ترین

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

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.4.3.8]

تحقیقات انجام شده در قلمرو موضوعی تحقیق شد. در بخش سوم روش‌شناسی پژوهش به طور کامل مورد بحث قرار گرفت. در قسمت چهارم مدل ریاضی ارایه شده توسط نویسندگان به طور کامل تشریح شد و توسط روش‌های پیشنهادی حل شد. در بخش پنجم به اعتبارسنجی نتایج حاصل از حل مدل پرداخته شد و سرانجام در بخش ششم و نهایی نتیجه‌گیری انجام شد و پیشنهادهای مبتنی بر نتایج تحقیق ارایه شد.

۲ پیشینه تحقیق

بیماری‌ها، رکود اقتصادی و عواملی از این دست، به ما یادآوری می‌کنند که در دنیایی در حال تغییر و غیر قابل پیش‌بینی زندگی می‌کنیم [۷]. این رفتارهای آشفته نتیجه عواملی مثل جهانی شدن، افزایش سطح برون سپاری فعالیت‌ها، افزایش نوسانات تقاضا، کاهش چرخه حیات محصولات، کاهش شدید در ذخایر موجودی و کم شدن تعداد تأمین‌کنندگان شرکت‌ها می‌باشد. علاوه بر موارد ذکر شده، زنجیره‌های‌تأمین با چالش‌ها و تهدیدات بزرگی همچون حوادث طبیعی (سیل، زلزله، طوفان، آتش‌سوزی)، حملات سایبری، تحریم، اختلالات در سیستم تأمین، تولید و توزیع و ... روبه‌رو می‌باشند. به همین دلیل مدیریت زنجیره‌تامین برای افزایش اثربخشی شرکت‌ها و نیز بهبود رقابت‌پذیری از اهمیت زیادی برخوردار است.

هدف رویکرد "تاب‌آوری" زنجیره‌تامین، افزایش انعطاف‌پذیری و توسعه توانایی زنجیره‌تامین در پاسخگویی سریع به تغییرات در تقاضای مشتری است [۸]. برای کاهش ریسک، زنجیره‌های‌تامین باید چند بعدی و چند رشته‌ای باشند و به گونه‌ای طراحی شوند که برای هر گونه رویدادی آمادگی داشته و بتوانند پاسخی کارا و اثربخش فراهم نموده و توانایی بازگشت به وضعیت اولیه یا مطلوب‌تر پس از اختلال را داشته باشند، این همان معنای تاب‌آوری زنجیره‌تامین[۱] است [۹]. به‌طور کلی زنجیره‌های تامین در معرض اختلال هستند و رقابت‌پذیری آن‌ها تنها به کاهش هزینه، کیفیت بالاتر، کاهش زمان تحویل و سطح خدمت به مشتری بالاتر بستگی ندارد؛ بلکه به توانایی آن‌ها در ممانعت و غلبه بر اختلالات گوناگونی دارد که عملکرد آن‌ها را به خطر می‌اندازد؛ بنابراین باید تاب‌آور باشند [۱۰]. تحقیقات فارسی اندکی نیز در حوزه تاب‌آوری زنجیره‌تامین و تاب‌آوری تامین‌کنندگان ارایه شده است. جعفرنژاد و همکاران [۱۱] در پژوهش خود به اولویت‌بندی شاخص‌های ارزیابی تاب‌آوری تأمین‌کنندگان بر پایه روش بهترین- بدترین پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که شاخص‌های چابکی، افزونگی و مشاهده‌پذیری به ترتیب مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی تاب‌آوری تأمین‌کنندگان هستند. جعفرنژاد و محسنی [۱۲] در تحقیق دیگری به ارایه چارچوبی برای بهبود عملکرد زنجیره‌تأمین تاب‌آور پرداختند. آن‌ها در پژوهش خود ارتباط اقدامات تاب‌آور را با عملکرد زنجیره‌تأمین بررسی نمودند و چارچوبی برای حفظ رقابت‌پذیری و بهبود عملکرد زنجیره‌تأمین ارایه دادند. روانستان و همکاران [۱۳] با تکنیک FMEA و FAAO فازی به تعیین استراتژی‌های تاب‌آوری پرداختند و وزن استراتژی‌ها را با روش دنپ فازی محاسبه نمودند. روانستان و همکاران [۱۴] در پژوهش دیگری به طراحی مدل تاب‌آوری در زنجیره‌تامین ایران خودرو با رویکرد معادلات ساختاری و تکنیک‌های کیفی پرداختند. جامعه آماری این تحقیق مدیران واحدهای لجستیک

[۱] Supply Chain Resilience (SCR)

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

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.4.3.8]

برنامه‌ریزی و بازرگانی شرکت ساپکو بودند. عرب و قاسمیان صاحبی [۱۵] با استفاده از رویکرد خاکستری به ارزیابی موانع استقرار زنجیره‌تامین تاب‌آور در صنایع تبدیلی خوراک دام و طیور پرداختند. مطابق با نتایج پیچیدگی تاثیرگذارترین و کمبود هماهنگی تأثیرپذیرترین مانع استقرار شناسایی شد.

در این پژوهش برای شناسایی و تأیید شاخص‌های ارزیابی تاب‌آوری تامین‌کنندگان، ۲۷ شاخص از مرور ادبیات به دست آمد که در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. شاخص‌های ارزیابی تاب‌آوری تامین‌کنندگان

نام شاخص	تعریف	محققان
مشاهده‌پذیری	توانایی دیدن سراسر زنجیره که به شناسایی تهدیدات بالقوه و پاسخگویی اثربخش به یک اختلال کمک شایانی می‌نماید.	[2, 3, 16-19]
همکاری	توانایی کارکردن به صورت اثربخش با سایر نهادهای درگیر در زنجیره‌تامین برای بهره‌مندی از منافع دوسویه مثل تسهیم اطلاعات و سایر منابع برای کاهش آسیب پذیری.	[2, 3, 16-20]
انعطاف‌پذیری	توانایی شرکت و زنجیره‌تامین در تطابق با تغییرات مورد نیاز با حداقل زمان و تلاش و همچنین انعطاف پذیری در تامین‌کنندگان، سیستم تولید، کانال های توزیع، روش‌های حمل و نقل و کارکنان چند مهارته.	[2, 10, 16-19, 21-27]
چابکی	توانایی پاسخگویی سریع به تغییرات پیش بینی نشده در عرضه و یا تقاضا.	[2, 18, 21-23, 28-31]
سرعت	سرعت انطباق انعطاف پذیر که زمان لازم برای بازیابی از یک اختلال را زنجیره را تعیین می‌نماید.	[2, 3, 17-19]
آسیب‌پذیری	عدم آسیب پذیری تامین‌کننده در مقابل منابع مختلف خطر و همچنین داشتن فروش تاب‌آور و برنامه ریزی عملیات برای شناسایی و واکنش در مقابل منابع مختلف آسیب پذیری.	[19, 32-35]
تحقیق و توسعه	داشتن واحد تحقیق و توسعه قوی برای سازگاری با تغییرات آشفته بازار و ایجاد و حفظ نوآوری	[19, 27, 36]
آگاهی از خطرات	لزوم آگاهی تامین‌کننده از خطراتی مرتبط با دارایی‌ها، فرآیند، سازمان و محیط زیست تا در موارد اضطراری بتواند سریع عمل کرده و در نتیجه قابلیت تاب‌آوری را افزایش دهد.	[19, 37-40]
توانایی‌های تکنولوژیکی	توانایی تأمین‌کننده در انطباق تکنولوژیکی نسبت به نوآوری، ترکیب تکنولوژی‌های پیشرفته تولید و فرآیند آن‌ها را قادر می سازد تا برای مواجه با آشفتگی‌ها و تلاطم تکنولوژیکی تاب‌آور باشند.	[19, 27, 41-43]
فرهنگ مدیریت ریسک	اطمینان از اینکه تأمین‌کنندگان مدیریت ریسک را در شرکت خود مانند یک فرهنگ نهادی ساخته‌اند.	[10, 18, 21, 23, 29-31, 44]
ایمنی	مهیا نمودن محیط کاری سالم و ایمن برای کارکنان در راستای جلوگیری از حوادث و صدمات وارده به سلامتی کارکنان حین کار یا عملیات.	[19, 27, 45, 46]
ساختار زنجیره‌تامین	طراحی و ساخت شبکه زنجیره‌تامین برای تاب‌آوری که تاب‌آوری را تسهیل کرده و یا حتی یک حد معین از پاسخ پیش فعالانه را موجب شود.	[16, 18, 20, 31, 47]
قابلیت تطبیق و سازگاری	تاب‌آوری زنجیره‌تامین بر روی قابلیت تطبیقی و سازگاری سیستم برای مقابله با رویدادهای مخل موقتی تمرکز دارد.	[9, 27, 31, 48, 49]
اعتماد	اعتماد به عنوان یک پیش شرط برای به اشتراک گذاری خطرات در میان اعضای یک زنجیره مطرح می‌باشد و مدیریت زنجیره‌تامین بر پایه اعتماد بنا شده است.	[2, 22, 31, 50]
تسهیم و اشتراک گذاری ریسک و	تسهیم و اشتراک گذاری ریسک و درآمد برای تمرکز طولانی مدت و همکاری میان شرکای یک زنجیره مهم می‌باشد. یک زنجیره زمانی به خوبی کار می‌کند که کلیه مشوق‌ها برای اعضای آن به	[31, 51, 52]

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

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.4.3.8]

درآمد	طوری متعادل (یعنی خطرات و هزینه‌ها و پاداش‌های انجام کار) بین اعضا تسهیم شده باشند.	
پایداری	پایداری نقش مهمی در تاب‌آوری زنجیره ایفا کرده و شرکت‌ها را قادر می‌سازد تا عواقب سیاست‌ها و اقدامات شرکایشان را در مورد مسایل اخلاقی و زیست محیطی هم مدنظر قرار دهند تا خطرات کل شبکه کاهش یابد.	[7, 9, 18, 31]
قدرت مالی	قدرت و وضعیت مالی یکی از مهم‌ترین شاخص‌های تضمین‌کننده بقای شرکت‌ها در فضای متلاطم کسب و کار امروزی می‌باشد. این شاخص یکی از مهم‌ترین تواناسازنده‌های تاب‌آوری می‌باشد.	[23, 28, 44]
مدیریت دانش	ایجاد و توسعه دانش و درک ساختارهای فیزیکی و اطلاعاتی زنجیره‌تامین و توانایی یادگیری از تغییرات و همچنین آموزش سایر نهادها.	[16, 18, 20, 31, 44, 50]
تسهیم اطلاعات	تبادل اطلاعات میان اعضای زنجیره به کاهش خطرات کمک فراوانی می‌نماید و عواقب پدیده‌هایی مثل اثر شلاق چرمی را به حداقل می‌رساند.	[2, 10, 16, 22, 23, 31, 53]
افزونگی	تدابیری مثل اتخاذ تامین‌کنندگان چندگانه، سرمایه گذاری در ظرفیت مازاد، و ذخیره موجودی استراتژیک برای مواجهه با اختلالات.	[2, 10, 17, 18, 44]
پیچیدگی	پیچیدگی زنجیره‌تامین با تعداد گره‌ها و روابط میان آن‌ها در یک زنجیره مرتبط بوده و ارتباط مستقیمی دارد و زنجیره را غیرانعطاف‌پذیر و ناکارا می‌نماید؛ ولی در عین حال موجب افزایش افزونگی می‌گردد.	[10, 21, 23, 24, 29, 44, 50]
زمان تأخیر	زمان تأخیر زمانی است که میان سفارش تا تحویل به طول می‌انجامد. هر اندازه این زمان طولانی‌تر باشد موجبات ظهور مسیر بحرانی را در شبکه تأمین فراهم می‌نماید.	[10, 21, 23, 29, 44]
فاصله	مسافت های طولانی میان شرکت و تأمین‌کنندگان ریسک بروز اختلالات را افزایش می‌دهد.	[29, 30, 54]
برنامه‌ریزی اقتضایی	پیش بینی رویدادهای بالقوه و مشخص کردن طرق مقابله با آن‌ها قبل از به وقوع پیوستنشان.	[17, 18, 28, 50, 53, 54]
مدیریت تقاضا	کاهش اثرات اختلالات ناشی از انتخاب مشتری از طریق استراتژی‌هایی مثل قیمت‌گذاری پویا و	[18, 53]
مدیریت منابع انسانی	آموزش کارکنان در برخورد با رویدادهای خطرناک و ایجاد تیم‌های چند وظیفه‌ای.	[17, 27, 50]
انتخاب تامین‌کننده مناسب	بهره‌گیری از شاخص‌هایی در ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان که بتواند بروز اختلالات و اثرات آن‌ها را کاهش دهد. مانند ثبات مالی و سیاسی، قابلیت اطمینان، پاسخگویی و	[18, 55]

۳ روش پژوهش

پژوهش حاضر از لحاظ هدف کاربردی و از نظر جمع‌آوری اطلاعات، توصیفی - پیمایشی می‌باشد؛ چرا که به شناسایی و توصیف شاخص‌های ارزیابی تاب‌آوری تأمین‌کنندگان و تخصیص سفارش در صنعت خودروسازی پرداخته است. محققان در تحقیق حاضر برای شناسایی موانع از روش کتابخانه‌ای (کتاب، مقالات و متون اینترنتی) استفاده نمودند. از سویی دیگر، از مطالعه میدانی برای توزیع پرسشنامه بین کارشناسان و خبرگان صنعت خودروسازی جهت تثبیت و اولویت بندی این شاخص‌ها استفاده گردید. برای نشان دادن کارایی رویکرد پژوهش، از یک مورد مطالعاتی (گروه صنعتی اورند) به عنوان نمونه تحقیق بهره‌گیری شد.

در این تحقیق شاخص‌های انتقال قابلیت تاب‌آوری به تأمین‌کنندگان در جهت ارزیابی و تخصیص سفارش به آن‌ها در چارچوب یک مورد مطالعاتی در زنجیره‌تامین گروه صنعتی اورند شناسایی شد. برای انجام پژوهش حاضر، شاخص‌های مهم ارزیابی تاب‌آوری تأمین‌کنندگان با مطالعه پیشینه تحقیق، شناسایی‌شده و با استفاده از

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

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.4.3.8]

پرسشنامه روش دلفی فازی برای تثبیت به نظرسنجی خبرگان صنعت و دانشگاهی گذاشته شد. در نهایت با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره بهترین-بدترین اوزان شاخص های تثبیت‌شده استخراج شده و مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی تاب‌آوری تأمین‌کنندگان شناسایی شدند. سپس با استفاده از روش مولتی مورای فازی امتیاز تاب‌آوری تأمین‌کنندگان مشخص‌شده و در انتها با بهره‌گیری از روش برنامه‌ریزی آرمانی چند انتخابی اقدام به تخصیص سفارش به تأمین‌کنندگان گردید. در این قسمت به توضیح روش‌های مورد استفاده در این پژوهش (بهترین- بدترین و مولتی مورای فازی) پرداخته شده است.

الف) روش بهترین- بدترین

در روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه تعدادی گزینه با توجه به تعدادی شاخص مورد ارزیابی قرار می‌گیرد تا بهترین گزینه انتخاب شود. بر اساس روش بهترین- بدترین (BWM) که در سال ۲۰۱۵ توسط رضایی [۵۶] ارایه شده است، بهترین و بدترین شاخص توسط تصمیم‌گیرنده مشخص شده و مقایسه زوجی بین هر یک از این دو و دیگر شاخص‌ها صورت می‌گیرد. سپس یک مساله حداکثر حداقل[۱] برای مشخص کردن وزن شاخص‌ها فرموله و حل می‌شود [۵۷].

ب) روش مولتی مورای فازی

روش مولتی مورای فازی گروهی اولین بار توسط بالزنتیس و همکاران [۵۸] برای گسترش کاربرد روش مطرح شده قبلی (مورا) در محیط‌هایی تحت شرایط عدم اطمینان و قطعیت در تصمیم گیری ارایه گردید. اساس این روش بر پایه روش مورا می‌باشد که بروئرز و زاواداسکاس [۵۹] ارایه نمودند. روش مولتی مورا بر پایه روش مورا به همراه فرم کامل مضربی استوار می‌باشد.

٤. نتایج محاسباتی

در ادامه نتایج تکنیک‌های مورد استفاده در پژوهش به تفکیک آورده شده است.

الف) تأیید شاخص‌ها

در این مرحله و مرحله بعدی (روش BWM) علاوه بر ۵ نفر عضو اصلی شرکت در تیم تصمیم‌گیری از ۵ نفر از خبرگان دانشگاهی هم که سوابق درخشانی در حوزه لجستیک و زنجیره‌تامین داشتند دعوت به همکاری شد. در طی مراحل این روش سه شاخص به شاخص‌های اولیه اضافه شدند که در انتها هم مورد اجماع تیم تصمیم‌گیری قرار گرفتند. این سه شاخص عبارت بودند از: ثبات قیمت پیشنهادی تأمین‌کننده، مسئولیت‌پذیری تأمین‌کننده و اعتبار و شهرت تأمین‌کننده. نتایج دلفی فازی در جدول ۲ آمده است.

[۱] MAXIMIN

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

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.4.3.8]

جدول ۲. نتایج روش دلفی فازی

شاخص	میانگین فازی	میانگین دیفازی	تصمیم	شاخص	میانگین فازی	میانگین دیفازی	تصمیم
مشاهده‌پذیری	(۰/۲۵،۰/۷۵،۱)	۰/۶۹	✓	توانایی‌های تکنولوژیکی	(۰،۰/۶۱،۱)	۰/۵۶	✗
همکاری	(۰/۲۵،۰/۷۳،۱)	۰/۶۸	✓	آگاهی از خطرات	(۰،۰/۷۳،۱)	۰/۶۲	✗
انعطاف‌پذیری	(۰/۵،۰/۸۴،۱)	۰/۸	✓	مدیریت دانش	(۰/۲۵،۰/۶۵،۱)	۰/۶۴	✗
قابلیت تطبیق	(۰،۰/۶۴،۱)	۰/۵۷	✗	تسهیم اطلاعات	(۰/۲۵،۰/۷،۱)	۰/۶۶	✓
پایداری	(۰/۲۵،۰/۷۲،۱)	۰/۶۷	✓	مسئولیت‌پذیری تامین‌کننده	(۰،۰/۶۸،۱)	۰/۵۹	✗
آسیب‌پذیری	(۰/۲۵،۰/۶۷،۱)	۰/۶۵	✓	پیچیدگی	(۰/۲۵،۰/۶۶،۱)	۰/۶۴	✗
تحقیق و توسعه	(۰/۲۵،۰/۶۳،۱)	۰/۶۳	✗	زمان تأخیر	(۰/۲۵،۰/۸۸،۱)	۰/۷۵	✓
قدرت مالی	(۰/۲۵،۰/۷۹،۱)	۰/۷۱	✓	انتخاب تامین‌کننده	(۰،۰/۶۸،۱)	۰/۵۹	✗
سرعت	(۰/۲۵،۰/۷۱،۱)	۰/۶۷	✓	برنامه‌ریزی اقتضایی	(۰/۲۵،۰/۶۴،۱)	۰/۶۳	✗
مدیریت ریسک	(۰،۰/۵۶،۱)	۰/۵۳	✗	مدیریت تقاضا	(۰/۲۵،۰/۷۸،۱)	۰/۷	✓
ایمنی	(۰،۰/۵،۱)	۰/۵	✗	مدیریت منابع انسانی	(۰،۰/۶۸،۱)	۰/۵۹	✗
ساختار زنجیره‌تامین	(۰،۰/۶۱،۱)	۰/۵۶	✗	فاصله	(۰/۲۵،۰/۸۱،۱)	۰/۷۲	✓
اعتماد	(۰/۲۵،۰/۷،۱)	۰/۶۶	✓	ثبات قیمت پیشنهادی	(۰/۲۵،۰/۷۵،۱)	۰/۶۹	✓
چابکی	(۰/۵،۰/۹۲،۱)	۰/۸۳	✓	افزونگی	(۰/۲۵،۰/۷۳،۱)	۰/۶۸	✓
تسهیم ریسک و درآمد	(۰/۲۵،۰/۶۱،۱)	۰/۶۲	✗	شهرت تامین‌کننده	(۰/۲۵،۰/۶۹،۱)	۰/۶۶	✓
مقدار آستانه		(۰.۲،۰.۷،۱)				۰/۶۵	

ب) وزن‌دهی شاخص‌ها

در این مرحله اوزان شاخص‌های تاییدشده مرحله قبلی با روش بهترین- بدترین محاسبه شد. بدین منظور ابتدا مهم‌ترین و کم اهمیت‌ترین شاخص مشخص گردید. برای این امر به نتایج روش دلفی فازی رجوع شد و در میان شاخص‌های تأیید شده، شاخصی که بیش‌ترین مقدار میانگین دیفازی شده را در مرحله دلفی فازی داشت یعنی (چابکی) به عنوان بهترین شاخص و شاخصی که در میان شاخص‌های تأیید شده آخرین مرحله دلفی فازی دارای کم‌ترین مقدار دیفازی شده بود؛ یعنی (آسیب‌پذیری) به عنوان بدترین شاخص انتخاب شد. با حل مدل‌های تکنیک بهترین-بدترین با استفاده از نرم‌افزار LINGO14، وزن نهایی هر یک از شاخص‌های ارزیابی تاب‌آوری تأمین‌کنندگان حاصل شد. لازم به ذکر است مدل فوق با ۱۷ متغیر و ۶۲ محدودیت در ۳۲ تکرار حل شد و نتایج این مرحله در جدول ۳ نشان داده شده است.

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

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.4.3.8]

جدول ۳. اوزان نهایی شاخص‌های تاب‌آوری تامین‌کنندگان

شاخص	w_j	شاخص	w_j
مشاهده‌پذیری	۰/۱۰۵۶۸۹۱	چابکی	۰/۲۰۲۳۷۲۲
همکاری	۰/۰۵۵۰۴۶۳۹	تسهیم اطلاعات	۰/۰۹۱۱۱۱۲۷
انعطاف‌پذیری	۰/۰۴۴۷۸۳۵۱	زمان تأخیر	۰/۰۴۰۶۴۹۶۴
پایداری	۰/۰۳۳۴۴۵۹۱	مدیریت تقاضا	۰/۰۳۳۸۷۴۷۰
آسیب‌پذیری	۰/۰۱۶۱۵۱۹۳	فاصله	۰/۰۳۳۰۲۷۸۴
قدرت مالی	۰/۰۴۴۷۸۳۵۱	ثبات قیمت پیشنهادی	۰/۰۳۸۲۹۳۱۴
سرعت	۰/۰۳۷۲۱۴۴۶	افزونگی	۰/۱۲۰۱۰۱۲
اعتماد	۰/۰۶۷۷۴۹۴۱	شهرت تامین‌کننده	۰/۰۳۵۷۰۵۷۷

با توجه به حل مدل برنامه‌ریزی خطی روش بهترین- بدترین مشاهده می‌شود که شاخص‌های چابکی، افزونگی و مشاهده‌پذیری به ترتیب به عنوان مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی تاب‌آوری تأمین‌کنندگان در شرکت اورند معرفی شدند.

ج) ارزیابی تاب‌آوری تأمین‌کنندگان

در این مرحله با نظر مشاور صنعتی و مدیریت خرید شرکت، ۳ قطعه کلیدی جهت ساخت مبدل کاتالیست خودرو در شرکت اورند پلاستیک به همراه ۹ تأمین‌کننده داخلی و خارجی آن برای مطالعه انتخاب شدند. که این قطعات و تأمین‌کنندگان آن‌ها عبارتند از:

- پایه: X1(Substrate): تأمین‌کنندگان A و B و C
- Mat :X2: تأمین‌کنندگان D و E و F
- Shell: X3: تأمین‌کنندگان G و H و I

هنگامی که تمامی گزینه‌ها در هر سه سیستم معرفی شده مولتی مورای فازی رتبه‌بندی شدند، رتبه و امتیاز نهایی تأمین‌کنندگان برای بهره‌گیری از این امتیاز در مدل پیشنهادی تخصیص به صورت زیر محاسبه گردید: امتیازات ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ به ترتیب به برترین گزینه تا بدترین گزینه در هر یک از سه سیستم رتبه بندی در هر دسته از قطعات، تخصیص داده می‌شود. سپس مجموع امتیازات تخصیص داده شده به هر یک از گزینه‌ها در سه سیستم تصمیم‌گیری مربوط به هر قطعه محاسبه می‌گردد. در نهایت درصد این امتیازات محاسبه شده و این درصد به عنوان وزن تابع نهایی در مدل تخصیص در نظر گرفته می‌شود [۵۶]. جدول ۴ نتایج جامع ارزیابی تاب‌آوری تأمین‌کنندگان قطعات سه گانه را نشان می‌دهد.

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

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.4.3.8]

جدول ٤. نتایج جامع ارزیابی تاب‌آوری تامین‌کنندگان قطعات اول، دوم و سوم

تامین‌کننده	رتبه در سیستم نسبت فازی	رتبه در نقطه مرجع فازی	رتبه در فرم کامل مضربی	رتبه مولتی مورای فازی	مجموع امتیازات	امتیاز وزنی نرمالایز شده
			قطعه اول			
A	۳	۳	۳	۳	۱۵۰	۰/۲۲۲۲
B	۲	۲	۲	۲	۲۲۵	۰/۳۳۳۳
C	۱	۱	۱	۱	۳۰۰	۰/۴۴۴۴
			قطعه دوم			
D	۳	۲	۳	۳	۱۵۰	۰/۲۲۲۲
E	۲	۲	۲	۲	۲۲۵	۰/۳۳۳۳
F	۱	۱	۱	۱	۳۰۰	۰/۴۴۴۴
			قطعه سوم			
G	۱	۱	۱	۱	۳۰۰	۰/۴۴۴۴
H	۳	۳	۳	۳	۱۵۰	۰/۲۲۲۲
I	۲	۲	۲	۲	۲۲۵	۰/۳۳۳۳

د) تخصیص سفارش‌ها به تأمین‌کنندگان

در نهایت در این مرحله با استفاده از اطلاعات مستند شده مربوط به تامین‌کنندگان برتر تاب‌آور اقدام به تهیه مدل برنامه‌ریزی آرمانی تحقیق برای تخصیص بهینه سفارش به آن‌ها گردید. برای مدل‌سازی مساله انتخاب تأمین کنندگان و تخصیص سفارش در وضع موجود، مجموعه‌ای از فرضیات زیر در نظر گرفته شده است:

- این مدل تخفیفات مقداری در خرید را در نظر نمی‌گیرد.
- هیچ‌گونه هزینه کمبودی برای تامین‌کنندگان مجاز نمی‌باشد.
- مقدار تقاضا برای هر قطعه ثابت می‌باشد.
- محدودیت بودجه وجود دارد.
- تمامی اهداف وزن یکسانی را دارا می‌باشند.
- نرخ خرابی‌ها نباید از نرخ خرابی مورد نظر بیش‌تر گردد؛ چرا که تعویض اقلام سالم و بازگرداندن آن‌ها زمان بر بوده و زمان اتمام پروژه را به تعویق می‌اندازد.
- سه معیار اساسی در خرید محصولات عبارتند از: قیمت، کیفیت و تحویل.

برای تخصیص نهایی سفارش‌ها به تأمین‌کنندگان از روش مدل برنامه‌ریزی آرمانی با انتخاب‌های چندگانه که توسط چانگ [۶۰] ارایه شده، بهره گیری شد که در ادامه تشریح شده است.

- **اندیس‌های مدل پیشنهادی**

i: تعداد تامین‌کنندگان ۹...و۲و۱=i

j: نوع قطعه ۳و۲و۱=j

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

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.4.3.8]

P_i: تعداد آرمان۶و۵و۴و۳و۲و۱=i

t : تعداد آرمان‌های چند انتخابه۳و۲و۱=t

- **پارامترهای مدل پیشنهادی**

Cap_{ij}**:** ظرفیتی است که تأمین‌کننده‌ی iام قادر به تأمین قطعه jام است

D_j: تقاضای کل شرکت برای قطعه jام

W_i**:** ضرایب به‌دست آمده برای تأمین‌کننده iام از مرحله ارزیابی مدل (روش مولتی مورای فازی)

$G_{i,max}, G_{i,min}$: به ترتیب بیانگر حداکثر و حداقل آرمان Pام می باشد

p_{ij}**:** قیمت خرید هر واحد کالاjام از تأمین‌کننده iام

O_{ij}**:** هزینه سفارش‌دهی هر واحد قطعه jام از تأمین‌کننده iام

T_{ij}**:** هزینه حمل هر واحد قطعه jام از تأمین‌کننده iام

d_{ij}**:** نرخ تأخیر در تحویل سفارش قطعه jام توسط تامین‌کننده iام

dr_{ij}**:** درصد اقلام معیوب قطعه jام برای تامین‌کننده iام

RV: کل ارزش تاب‌آوری خرید

- **متغیرهای مدل پیشنهادی**

X_{ij}**:** متغیر تصمیم و مقدار سفارش قطعه تخصیصی jام به تأمین‌کننده iام

y_p**:** متغیر کمکی برای حل برنامه ریزی آرمانی

Z_{ij}**:** متغیر صفر و یک در صورت تأمین تقاضای قطعه jام از تأمین‌کننده iام مقدار یک و در غیر این صورت صفر خواهد بود

d_p^-, d_p^+ : به ترتیب بیانگر انحراف مثبت و منفی از آرمان pام

e_t^-, e_t^+ : متغیرهای کمکی برای حل که به ترتیب بیانگر انحراف مثبت و منفی از $|y_i - G_{i,max}|$ به جز آرمان اول تا سوم می باشد.

طبق مدل ارایه شده تخصیص سفارش‌های پژوهش و داده‌های اخذ شده از مستندات مربوط به تأمین‌کنندگان، تخصیص سفارش‌ها به تأمین‌کنندگان تاب‌آور صورت پذیرفت که مدل نهایی مساله حاضر به شرح زیر می‌باشد:

$$Min\, z = d^-_۱ + d^-_۲ + d^-_۳ + d^+_۴ + d^+_۵ + d^+_۶ + e_۱^+ + e_۲^+ + e_۳^+ \quad (۱)$$

$s.t$

$$\sum_{i=۱}^{۳} w_i . x_{i۱} - d^+_۱ + d^-_۱ = RV_i \quad (۲)$$

$$۰/۲۲۲ \times x_{A۱} + ۰/۳۳۳ \times x_{B۱} + ۰/۴۴۴ \times x_{C۱} - d^+_۱ + d^-_۱ = ۱۳۹۸۶ \quad (۳)$$

$$\sum_{i=۳}^{۶} w_i . x_{i۲} - d^+_۲ + d^-_۲ = RV_i \quad (۴)$$

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

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.4.3.8]

$$۰/۲۲۲\times x_{D۲}+۰/۳۳۳\times x_{E۲}+۰/۴۴۴\times x_{F۲}-d^{+}_{۲}+d^{-}_{۲}=۱۶۶۵۰ \quad (۵)$$

$$\sum_{i=۶}^{۹} w_i.x_{i۳}-d^{+}_{۳}+d^{-}_{۳}=RV_i \quad (۶)$$

$$۰/۴۴۴\times x_{G۳}+۰/۲۲۲\times x_{H۳}+۰/۳۳۳\times x_{I۳}-d^{+}_{۳}+d^{-}_{۳}=۱۷۵۳۸ \quad (۷)$$

$$\sum_{i=۱}^{۹}\sum_{j=۱}^{۳} p_{ij}.X_{ij}+o_{ij}.z_{ij}+T_{ij}.z_{ij}-d^{+}_{۴}+d^{-}_{۴}=y_{۱} \quad (۸)$$

$$۵\times x_{A۱}+۱۱\times x_{B۱}+۱۳\times x_{C۱}+۳\times x_{D۲}+۳/۳\times x_{E۲}+۳/۷\times x_{F۲}+۵\times x_{G۲}+۴/۴\times x_{H۲}+۵/۳\times x_{I۲}+۱۰۰۰$$
$$\times z_{A۱}+۲۹۰۰\times z_{B۱}+۲۰۰۰\times z_{C۱}+۶۰۰\times z_{D۲}+۶۰۰\times z_{E۲}+۱۵۰۰\times z_{F۲}+۵۰\times z_{G۲} \quad (۹)$$
$$+۱۴\times z_{H۲}+۳۰\times z_{I۲}+۰/۵\times x_{A۱}+۰/۵۸\times x_{B۱}+۰/۶۱\times x_{C۱}+۰/۸۳\times x_{D۲}+۱\times x_{E۲}$$
$$+۰/۲۴\times x_{F۲}+۰/۰۱\times x_{G۲}+۰/۱\times x_{H۲}+۰/۰۴\times x_{I۲}-d^{+}_{۴}+d^{-}_{۴}=y_{۱}$$

$$y_{۱}-e_{۱}^{+}+e_{۱}^{-}=۴۰۰۰۰۰ \quad (۱۰)$$

$$۴۰۰۰۰۰\le y_{۱}\le ۴۵۷۱۴۲ \quad (۱۱)$$

$$\sum_{i=۱}^{۹}\sum_{j=۱}^{۳} d_{ij}.X_{ij}-d^{+}_{۵}+d^{-}_{۵}=y_{۲} \quad (۱۲)$$

$$۰/۱\times x_{A۱}+۰/۰۷\times x_{B۱}+۰/۰۷\times x_{C۱}+۰/۰۳۵\times x_{D۲}+۰/۰۳\times x_{E۲}+۰/۰۵\times x_{F۲}+۰/۱\times x_{H۲}+۰/۰۳\times x_{I۲}-d^{+}_{۵}+d^{-}_{۵}=y_{۲} \quad (۱۳)$$

$$y_{۲}-e_{۲}^{+}+e_{۲}^{-}=d_{Min}\times D \quad (۱۴)$$

$$y_{۲}-e_{۲}^{+}+e_{۲}^{-}=۰\times ۶۳۰۰۰ \quad (۱۵)$$

$$d_{Min}\times D\le y_{۲}\le d_{Max}\times D \quad (۱۶)$$

$$۰\times ۶۳۰۰۰\le y_{۲}\le ۰/۱\times ۶۳۰۰۰ \quad (۱۷)$$

$$\sum_{i=۱}^{۹}\sum_{j=۱}^{۳} dr_{ij}.X_{ij}-d^{+}_{۶}+d^{-}_{۶}=y_{۳} \quad (۱۸)$$

$$۰/۰۴\times x_{A۱}+۰/۰۲\times x_{B۱}+۰/۰۱\times x_{C۱}+۰/۰۱\times x_{D۲}+۰/۰۱\times x_{E۲}+۰/۰۲۵\times x_{F۲}+۰/۰۲۵\times x_{G۲}+۰/۰۳\times x_{H۲}+۰/۰۱\times x_{I۲}-d^{+}_{۶}+d^{-}_{۶}=y_{۳} \quad (۱۹)$$

$$y_{۳}-e_{۳}^{+}+e_{۳}^{-}=dr_{Min}\times D \quad (۲۰)$$

$$y_{۳}-e_{۳}^{+}+e_{۳}^{-}=۰\times ۶۳۰۰۰ \quad (۲۱)$$

$$dr_{Min}\times D\le y_{۳}\le dr_{Max}\times D \quad (۲۲)$$

$$۰\times ۶۳۰۰۰\le y_{۳}\le ۰/۰۴\times ۶۳۰۰۰ \quad (۲۳)$$

$$X_{ij}\le Z_{ij}.Cap_{ij} \quad (۲۴)$$

$$x_{A۱}\le ۱۴۰۰۰\times Z_{A۱} \quad (۲۵)$$

$$x_{B۱}\le ۱۴۰۰۰\times Z_{B۱} \quad (۲۶)$$

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

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.4.3.8]

$$x_{C۱} \le ۱۴۰۰۰ \times Z_{C۱} \quad (۲۷)$$

$$x_{D۲} \le ۶۰۰۰ \times Z_{D۲} \quad (۲۸)$$

$$x_{E۲} \le ۶۰۰۰ \times Z_{E۲} \quad (۲۹)$$

$$x_{F۲} \le ۳۰۰۰۰ \times Z_{F۲} \quad (۳۰)$$

$$x_{G۳} \le ۳۴۰۰۰ \times Z_{G۳} \quad (۳۱)$$

$$x_{H۳} \le ۲۰۰۰ \times Z_{H۳} \quad (۳۲)$$

$$x_{I۳} \le ۶۰۰۰ \times Z_{I۳} \quad (۳۳)$$

$$\sum_{i=۱}^{۹}\sum_{j=۱}^{۳} X_{ij} = D_j \quad (۳۴)$$

$$x_{A۱} + x_{B۱} + x_{C۱} = ۲۱۰۰۰ \quad (۳۵)$$

$$x_{D۲} + x_{E۲} + x_{F۲} = ۲۱۰۰۰ \quad (۳۶)$$

$$x_{G۳} + x_{H۳} + x_{I۳} = ۲۱۰۰۰ \quad (۳۷)$$

$$d_p^-, d_p^+, e_t^-, e_t^+ \ge ۰ \quad , \quad p = ۱,۲,۳,۴,۵,۶ \ , \ t=۱,۲,۳ \quad (۳۸)$$

$$d_۱^-, d_۱^+, d_۲^-, d_۲^+, d_۳^-, d_۳^+, d_۴^-, d_۴^+, d_۵^-, d_۵^+, d_۶^-, d_۶^+ \ge ۰ \quad (۳۹)$$

$$e_۱^-, e_۱^+, e_۲^-, e_۲^+, e_۳^-, e_۳^+ \ge ۰ \quad (۴۰)$$

$$X_{ij} \ge ۰, int \qquad i = A,B,C,D,E,F,G,H,I \ , j = ۱,۲,۳ \quad (۴۱)$$

$$z_{ij} = ۰ or ۱ \qquad i = A,B,C,D,E,F,G,H,I \ , j = ۱,۲,۳ \quad (۴۲)$$

پس از آن مدل نهایی به وسیله نرم افزار لینگو ۱۴ اجرا شده و نرم افزار مدل را با ۳۹ متغیر که ۱۸ متغیر آن عدد صحیح بود و ۴۹ محدودیت داشت در ۲۴ تکرار حل نمود. نتایج آن به شرح جدول ۵ می‌باشد:

جدول ۵. خروجی حاصل از حل مدل تخصیص سفارش‌ها

نام متغیر	مقدار حاصل شده	نام متغیر	مقدار حاصل شده
مقدار تابع هدف	۲۶۷۱۴/۸۱	$x_{F۲}$	۲۱۰۰۰
$d_۱^-$	۶۸۰۵/۶۳	$x_{G۳}$	۲۱۰۰۰
$d_۲^-$	۷۳۲۶	$Z_{A۱}$	۱
$d_۳^-$	۸۲۱۴	$Z_{C۱}$	۱
$d_۴^-$	۰/۱۶	$Z_{F۲}$	۱
$e_۲^+$	۲۸۰۹/۶۸	$Z_{G۳}$	۱
$e_۳^+$	۱۵۵۹/۳۳۶	$y_۱$	۴۰۰۰۰۰
$x_{A۱}$	۹۶۵۶	$y_۲$	۲۸۰۹/۶۸
$x_{C۱}$	۱۱۳۴۴	$y_۳$	۱۵۵۹/۳۳۶

با توجه به نتایج به‌دست آمده در جدول فوق، نکات زیر قابل استخراج می‌باشند:

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

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.4.3.8]

برای تأمین تقاضای ماهانه قطعه اول (Substrate)، خرید ۹۶۵۶ عدد از این قطعه از تامین‌کننده A و ۱۱۳۴۴ عدد از تأمین‌کننده C بهینه‌ترین ترکیب سفارش می‌باشد. در این صورت مقدار ۶۹ درصد از ظرفیت تامین‌کننده A و ۸۱ درصد از ظرفیت تامین‌کننده C صرف تأمین نیازهای گروه صنعتی اورند می‌شود. همچنین تأمین قطعه مذکور از تامین‌کننده B با در نظر گرفتن تمامی شرایط و محدودیت ها به صرفه نمی‌باشد.

برای تأمین تقاضای ماهانه قطعه دوم (Mat)، خرید تمامی ۲۱۰۰ عدد از این قطعه از تامین‌کننده F بهینه‌ترین ترکیب سفارش می‌باشد. در این صورت مقدار ۷۰ درصد از ظرفیت این تامین‌کننده صرف تأمین نیازهای گروه صنعتی اورند می‌شود.

برای تأمین تقاضای ماهانه قطعه سوم (Shell)، خرید تمامی ۲۱۰۰ عدد از این قطعه از تامین‌کننده G بهینه ترین ترکیب سفارش می‌باشد. در این صورت مقدار ۶۲ درصد از ظرفیت این تامین‌کننده صرف تأمین نیازهای گروه صنعتی اورند می‌شود.

مقدار y_1 برابر ۴۰۰۰۰۰ دلار می‌باشد و نشان‌دهنده آن می‌باشد که کل هزینه تأمین قطعات سه گانه (اعم از هزینه‌های خرید، سفارش دهی و حمل و نقل) در دوره یک ماهه برابر ۴۰۰۰۰۰ دلار می‌باشد که دقیقاً منطبق با سطح مطلوب و مورد نظر شرکت می‌باشد.

مقدار y_2 برابر ۲۸۱۰ می‌باشد و نشان دهنده آن می‌باشد که با توجه به این ترکیب بهینه از سفارش دهی قطعات ۳ گانه در یک ماه، ۲۸۱۰ عدد قطعه مشمول تأخیر در تحویل می گردند.

مقدار y_3 برابر ۱۵۶۰ می‌باشد و نشان دهنده آن می‌باشد که با توجه به این ترکیب بهینه از سفارش دهی قطعات ۳ گانه در یک ماه ممکن است ۱۵۶۰ عدد قطعه دارای نقص تحویل گرفته شوند.

۵ اعتبارسنجی مدل

اعتبارسنجی مدل‌های ارایه شده در این تحقیق در دو مرحله انجام شده است. در این راستا نخست این مدل در اختیار تعدادی از افراد قرار گرفت که از متخصصان رشته تحقیق در عملیات و ریاضی کاربردی و جز اعضای هیات علمی دانشگاه‌ها و دارای سوابق اجرایی در حوزه زنجیره تامین شرکت‌های تولیدی هستند. این مدل‌ها را از لحاظ محتوا، متغیرها، تابع هدف، محدودیت‌ها، روابط بین متغیرها مورد بررسی قرار دادند و مدل نهایی پیشنهادی مساله را مورد تأیید قرار دادند. سپس مدل نهایی توسط نرم افزار اجرا شده و وجود جواب بهینه موجه مورد بررسی قرار گرفت و نتایج حاکی از این می‌باشد که مدل نهایی دارای جواب بهینه موجه می‌باشد. در مرحله دوم نتایج حاصل از این مدل و وضع موجود شرکت مورد بررسی قرار گرفت و نشان داده شد که مدل پیشنهادی موجب بهبود در وضعیت موجود شد. در این راستا مدل وضع موجود تخصیص سفارش‌های شرکت که بدون در نظر گرفتن تاب‌آوری تأمین‌کنندگان می‌باشد حل گردید. از آنجایی‌که تمرکز اصلی مدیران خرید و تدارکات شرکت در خروجی مدل تاب‌آوری پژوهش حاضر بیشتر بر هزینه‌های این رویکرد بود، تنها دلیل بهره‌گیری آن‌ها از مدل پیشنهادی این پژوهش هزینه‌زا نبودن این مدل می‌باشد. با مقایسه نتایج مدل پیشنهادی تحقیق حاضر و مدل وضع موجود تخصیص سفارش‌های شرکت، رویکرد پیشنهادی هیچ‌گونه هزینه اضافی بر شرکت متحمل

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

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.4.3.8]

نمی‌سازد؛ چراکه تغییری در مقدار هزینه کل سفارش دهی ماهانه (۴۰۰۰۰۰دلار) صورت نمی‌پذیرد. از این رو این قسمت از اعتبار مدل پیشنهادی پژوهش هم تأیید گردید.

٦ نتیجه‌گیری و پیشنهادها

به طور کلی هدف نهایی مساله ارزیابی و انتخاب تامین‌کننده در زنجیره‌های تاب‌آور، انتخاب تأمین‌کنندگان مناسبی می‌باشد که با توانایی‌های تاب‌آوری شرکت تطابق بالایی داشته باشند. از آنجایی که تأمین‌کنندگان یکی از اصلی‌ترین منابع آسیب‌پذیری در زنجیره‌های‌تأمین می‌باشند، ارزیابی تاب‌آوری تأمین‌کنندگان یکی از مهم‌ترین راه‌های ورود به دنیای تاب‌آورسازی زنجیره‌های‌تأمین می‌باشد. از این رو هدف از پژوهش حاضر ارزیابی تأمین‌کنندگان و تخصیص سفارش‌ها در زنجیره‌های تاب‌آور بود که در صنعت قطعه‌سازی خودروی ایران مبتنی بر روش‌های ترکیبی تصمیم‌گیری چند شاخصه و برنامه‌ریزی ریاضی صورت پذیرفت. در این راستا ابتدا به شناسایی مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی تاب‌آوری تأمین‌کنندگان در ادبیات تحقیق پرداخته شد و درنهایت ۲۷شاخص استخراج گردید، سپس با توجه به نظر خبرگان و بهره‌گیری از روش دلفی فازی مهم‌ترین شاخص‌ها شناسایی و با استفاده از روش بهترین- بدترین رتبه‌بندی شدند. در این تحقیق، ۱۶ شاخص با نظر خبرگان به‌منظور ارزیابی نهایی تأیید شدند. نتایج نشان می‌دهد شاخص‌های چابکی، افزونگی و مشاهده پذیری به ترتیب به عنوان مهم‌ترین و همچنین شاخص‌های آسیب‌پذیری، فاصله و پایداری به ترتیب کم اهمیت‌ترین شاخص‌های ارزیابی تاب‌آوری تأمین‌کنندگان شرکت اورند می‌باشند. در ادامه با بهره‌گیری از روش مولتی مورای فازی رتبه و امتیاز تاب‌آوری هر یک از تأمین‌کنندگان مشخص شد و در انتها مدل پیشنهادی تخصیص سفارشات این پژوهش تشکیل گردید.

از نکات مثبت پژوهش حاضر می‌توان به این مورد اشاره نمود که شاخص‌های معرفی شده در این پژوهش برای ارزیابی تاب‌آوری تامین‌کنندگان، شاخص‌های عمومی ارزیابی تاب‌آوری می‌باشند که می‌توان با کم‌ترین اصلاحات و تعدیلات از آن‌ها در ارزیابی تاب‌آوری تأمین‌کنندگان در سایر صنایع بهره‌گیری نمود.

پیشنهادهایی اجرایی با توجه به نتایج و فرآیند تحقیق انجام‌شده به‌صورت زیر ارایه می‌گردد:

- با توجه به اهمیت بالای شاخص‌های چابکی، مشاهده‌پذیری و افزونگی پیشنهاد می‌گردد در انتخاب تأمین‌کنندگان و همچنین تخصیص میزان سفارش‌ها به آن‌ها تأمین‌کنندگانی در اولویت باشند که توانایی پاسخگویی سریع به تغییرات پیش‌بینی نشده و اختلالات را دارا بوده و همچنین دارای سیستم کاری روشن و شفاف بوده به طوری که تمامی فعالیت‌های آن‌ها از شرکت پنهان نمانده باشد. همچنین آن‌ها باید دارای برنامه برای سرمایه‌گذاری در ظرفیت مازاد، و ذخیره موجودی استراتژیک برای مواجهه با اختلالات باشند. علاوه بر این شرکت باید بر روی استفاده از تأمین‌کنندگان چندگانه به جای منبع‌یابی منفرد در راستای افزایش افزونگی زنجیره تمرکز نماید.
- پیشنهاد می‌گردد، برای مدیریت و توسعه تامین‌کنندگان، به صورت دوره‌ای تامین‌کنندگان بر اساس معیارهای تاب‌آوری معین، مورد ارزیابی قرار گیرند، و رتبه‌بندی شوند. همچنین به طور دوره‌ای

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

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.4.3.8]

ممیزی‌های بیرونی صورت گرفته و پیشنهادهایی در راستای بهبود تاب‌آوری آن‌ها نیز به آن‌ها ارایه گردد. برای افزایش انگیزه تامین‌کنندگان نیز می‌توان جوایز و یا امتیازات خاصی را نیز برای تاب‌آورترین آن‌ها در نظر گرفت.

پیشنهادها برای انجام تحقیقات آینده به شرح زیر می‌باشد:

- مدل پژوهش حاضر برای تأمین قطعات مورد نیاز در یک دوره تدوین شده است و همچنین تقاضا هم در آن ثابت در نظر گرفته شده است؛ لذا می‌توان مدل پیشنهادی این پژوهش را با وارد کردن پارامتر زمان در مدل با در نظر گرفتن سفارش‌ها به صورت چند دوره‌ای و همچنین تقاضا به طور احتمالی توسعه داد. علاوه براین موارد می‌توان قیمت خرید را که ثابت در نظر گرفته شده در شرایط تخفیف مورد توجه قرار داد.
- در مدل تخصیص سفارش‌های این پژوهش وزن آرمان‌ها یکسان در نظر گرفته شدند که می‌توان به بررسی مسأله حاضر در شرایطی که آرمان‌ها وزن یکسانی ندارند، پرداخت.
- با توجه به استفاده از تکنیک‌های متنوع و ارایه رویکردی یکپارچه، پیشنهاد می‌گردد از رویکرد پیشنهادی برای ارزیابی تاب‌آوری تأمین‌کنندگان و تخصیص سفارش در صنایع دیگری نیز استفاده گردد. همچنین پیشنهاد می‌گردد، با استفاده از مدل ریاضی ارایه شده، مسایل مختلفی در حوزه زنجیره تأمین مدنظر قرار گیرند و کارایی مدل ارایه شده مورد آزمون قرار گیرد.

مدل ارایه شده پژوهش دوره‌های زمانی و نرخ تورم را در نظر نگرفته است. در صورتی‌که ماهیت این مساله به‌گونه‌ای است که نحوه استفاده از کالاهای خریداری شده به‌طور متوالی می‌باشد و در نتیجه می‌توان هزینه‌های سرمایه‌ای را تا میزان قابل توجهی کاهش داد. همچنین نادیده گرفته شدن شرایط تخفیف در خرید قطعات یکی دیگر از محدودیت‌های تحقیق می‌باشد. علاوه بر این مقادیر پارامترهای مدل در شرایط قطعی بررسی شد که خواسته شرکت بود؛ ولی در اکثر موردهای مطالعاتی دیگر این مقادیر قطعی نمی‌باشند و از مدل‌های برنامه‌ریزی فازی و احتمالی برای مواجهه با آن به فراخور شرایط بهره‌گیری می‌گردد.

منابع

[۱۱] ا. جعفر نژاد چقوشی، ع. کاظمی و ع. عرب، (۱۳۹۵). شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های ارزیابی تاب‌آوری تأمین‌کنندگان بر پایه روش بهترین-بدترین. چشم انداز مدیریت صنعتی، ۶(۳)، ۱۵۹-۱۸۶.

[۱۲] ا. جعفرنژاد، م. محسنی، (۱۳۹۴). ارایه چارچوبی برای بهبود عملکرد زنجیره‌تامین تاب‌آور. فصلنامه مدیریت زنجیره‌تامین، ۴۸(۱۷).

[۱۳] ک. روانستان, ح. اقاجانی، ع. صفایی قادیکلایی و م. یحیی زاده فر، (۱۳۹۵). تعیین و وزن‌دهی استراتژی‌های تاب‌آوری در زنجیره‌تامین ایران‌خودرو. چشم انداز مدیریت صنعتی، ۷(۱)، ۱۴۵-۱۷۲.

[۱۴] ک. روانستان، ح. اقاجانی، ع. صفایی قادیکلایی و م. یحیی زاده فر، (۱۳۹۶). طراحی مدل تاب‌آوری در زنجیره‌تامین ایران خودرو با رویکرد مدل معادلات ساختاری ی تکنیک های کیفی. چشم انداز مدیریت صنعتی، ۷(۱).

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

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.4.3.8]

[۱۵] ع. عرب، ا. قاسمیان صاحبی، (۱۳۹۶). به‌کارگیری رویکرد خاکستری برای ارزیابی موانع استقرار زنجیره‌تامین تاب‌آور در صنایع تبدیلی خوراک دام و طیور. فصلنامه مدیریت زنجیره‌تامین، ۱۹(۵۵)، ۱۰۱-۱۱۸.

[1] M. Christopher and H. Peck, (2004). Building the resilient supply chain, The international journal of logistics management, 15 (2), 1-14.

[2] M. Kamalahmadi and M. M. Parast, (2016). A review of the literature on the principles of enterprise and supply chain resilience: Major findings and directions for future research, International Journal of Production Economics, 171, 116-133.

[3] R. Rajesh and V. Ravi, (2015). Modeling enablers of supply chain risk mitigation in electronic supply chains: A Grey–DEMATEL approach, Computers & Industrial Engineering, 87, 126-139.

[4] S. Nazari-Shirkouhi, H. Shakouri, B. Javadi, and A. Keramati, (2013). Supplier selection and order allocation problem using a two-phase fuzzy multi-objective linear programming, Applied Mathematical Modelling, 37 (22), 9308-9323.

[5] T.-Y. Wang and Y.-H. Yang, (2009). A fuzzy model for supplier selection in quantity discount environments, Expert Systems with Applications, 36 (10), 12179-12187.

[6] T. Sawik, (2013). Selection of resilient supply portfolio under disruption risks, Omega, 41 (2), 259-269.

[7] U. Soni and V. Jain, (2011). Minimizing the vulnerabilities of supply chain: A new framework for enhancing the resilience, in Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), IEEE International Conference, 933-939: IEEE.

[8] M. Christopher and D. Towill, (2001). An integrated model for the design of agile supply chains, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 31 (4), 235-246.

[9] S. Y. Ponomarov and M. C. Holcomb, (2009). Understanding the concept of supply chain resilience, The international journal of logistics management, 20 (1), 124-143.

[10] H. Carvalho, A. P. Barroso, V. H. Machado, S. Azevedo, and V. Cruz-Machado, (2012). Supply chain redesign for resilience using simulation, Computers & Industrial Engineering, 62 (1), 329-341.

[16] A. Gunasekaran, N. Subramanian, and S. Rahman, (2015). Supply chain resilience: role of complexities and strategies, ed: Taylor & Francis.

[17] N.-O. Hohenstein, E. Feisel, E. Hartmann, and L. Giunipero, (2015). Research on the phenomenon of supply chain resilience: a systematic review and paths for further investigation, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 45 (1/2), 90-117.

[18] B. R. Tukamuhabwa, M. Stevenson, J. Busby, and M. Zorzini, (2015). Supply chain resilience: definition, review and theoretical foundations for further study, International Journal of Production Research, 53 (18), 5592-5623.

[19] R. Rajesh and V. Ravi, (2015). Supplier selection in resilient supply chains: a grey relational analysis approach, Journal of Cleaner Production, 86, 343-359.

[20] K. Scholten and S. Schilder, (2015). The role of collaboration in supply chain resilience, Supply Chain Management: An International Journal, 20 (4), 471-484.

[21] C. Y. Yi, E. Ngai, and K. Moon, (2011). Supply chain flexibility in an uncertain environment: exploratory findings from five case studies, Supply Chain Management: An International Journal, 16 (4), 271-283.

[22] C.-Y. Chiang, C. Kocabasoglu-Hillmer, and N. Suresh, (2012). An empirical investigation of the impact of strategic sourcing and flexibility on firm's supply chain agility, International Journal of Operations & Production Management, 32 (1), 49-78.

[23] E. Simangunsong, L. C. Hendry, and M. Stevenson, (2012). Supply-chain uncertainty: a review and theoretical foundation for future research, International Journal of Production Research, 50 (16), 4493-4523.

[24] V. L. Spiegler, M. M. Naim, and J. Wikner, (2012). A control engineering approach to the assessment of supply chain resilience, International Journal of Production Research, 50 (21), 6162-6187.

[25] A. Wieland, (2013). Selecting the right supply chain based on risks, Journal of Manufacturing Technology Management, 24 (5), 652-668.

[26] A. Azadeh, M. Abdollahi, M. H. Farahani, and H. R. Soufi, (2014). Green-Resilient Supplier Selection: An Integrated Approach, in International IEEE Conference, Istanbul. july 26, 28.

[27] A. Fakoor, L. Olfat, K. Feizi, and M. Amiri, (2013). A method for measuring supply chain resilience in the automobile industry, Journal of Basic and Applied Scientific Research, 3 (2), 537-544.

[28] T. J. Pettit, J. Fiksel, and K. L. Croxton, (2010). Ensuring supply chain resilience: development of a conceptual framework, Journal of business logistics, 31(1), 1-21.

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

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.4.3.8]

[29] M. Christopher and M. Holweg, (2011). "Supply Chain 2.0": managing supply chains in the era of turbulence, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 41(1), 63-82.
[30] M. Christopher, C. Mena, O. Khan, and O. Yurt, (2011). Approaches to managing global sourcing risk, Supply Chain Management: An International Journal, 16 (2), 67-81.
[31] U. Soni, V. Jain, and S. Kumar, (2014). Measuring supply chain resilience using a deterministic modeling approach, Computers & Industrial Engineering, 74, 11-25.
[32] J. M. Whipple and J. Roh, (2010). Agency theory and quality fade in buyer-supplier relationships, The International Journal of Logistics Management, 21 (3), 338-352.
[33] S. M. Wagner and N. Neshat, (2010). Assessing the vulnerability of supply chains using graph theory, International Journal of Production Economics, 126 (1), 121-129.
[34] S. Chan and G. N. Larsen, (2010). A framework for supplier-supply chain risk management: Tradespace factors to achieve risk reduction—return on investment, in Technologies for Homeland Security (HST), 2010 IEEE International Conference, 29-34: IEEE.
[35] E. Hofmann, (2011). Natural hedging as a risk prophylaxis and supplier financing instrument in automotive supply chains, Supply Chain Management: An International Journal, 16 (2), 128-141.
[36] B. Clegg, S. Chandler, M. Binder, and J. Edwards, (2013). Governing inter-organisational R&D supplier collaborations: a study at Jaguar Land Rover, Production Planning & Control, 24 (8-9), 818-836.
[37] S. Matook, R. Lasch, and R. Tamaschke, (2009). Supplier development with benchmarking as part of a comprehensive supplier risk management framework, International Journal of Operations & Production Management, 29 (3), 241-267.
[38] K. Foerstl, C. Reuter, E. Hartmann, and C. Blome, (2010). Managing supplier sustainability risks in a dynamically changing environment—Sustainable supplier management in the chemical industry, Journal of Purchasing and Supply Management, 16 (2), 118-130.
[39] C. Blome and T. Schoenherr, (2011). Supply chain risk management in financial crises—A multiple case-study approach, International journal of production economics, 134 (1), 43-57.
[40] O. Lavastre, A. Gunasekaran, and A. Spalanzani, (2012). Supply chain risk management in French companies, Decision Support Systems, 52 (4), 828-838.
[41] S. K. Mahapatra, R. Narasimhan, and P. Barbieri, (2010). Strategic interdependence, governance effectiveness and supplier performance: A dyadic case study investigation and theory development, Journal of Operations Management, 28 (6), 537-552.
[42] M. Terziovski, (2010). Innovation practice and its performance implications in small and medium enterprises (SMEs) in the manufacturing sector: a resource-based view, Strategic Management Journal, 31(8), 892-902.
[43] I. Ivarsson and C. G. Alvstam, (2010). Upgrading in global value-chains: a case study of technology-learning among IKEA-suppliers in China and Southeast Asia, Journal of Economic Geography, 11 (4), 731-752.
[44] U. Jüttner and S. Maklan, (2011). Supply chain resilience in the global financial crisis: an empirical study, Supply Chain Management: An International Journal, 16 (4), 246-259.
[45] R. J. Kuo, Y. C. Wang, and F. C. Tien, (2010). Integration of artificial neural network and MADA methods for green supplier selection, Journal of cleaner production, 18 (12), 1161-1170.
[46] R. M. Locke, B. A. Rissing, and T. Pal, (2013) Complements or substitutes? Private codes, state regulation and the enforcement of labour standards in global supply chains, British Journal of Industrial Relations, 51 (3), 519-552.
[47] S. Serdarasan, (2013). A review of supply chain complexity drivers, Computers & Industrial Engineering, 66 (3), 533-540.
[48] R. Smith, (2004). Operational capabilities for the resilient supply chain, Supply Chain Practice, 6, 24-35.
[49] T. J. Pettit, (2008). Supply chain resilience: development of a conceptual framework, an assessment tool and an implementation process, OHIO STATE UNIV COLUMBUS.
[50] J. Blackhurst, K. S. Dunn, and C. W. Craighead, (2011). An empirically derived framework of global supply resiliency, Journal of Business Logistics, 32 (4), 374-391.
[51] M. Christopher and D. R. Towill, (2002). Developing market specific supply chain strategies, The international journal of logistics management, 13(1), 1-14.
[52] V. Narayanan and A. Raman, (2004). Aligning incentives in supply chains, Harvard business review, 82 (11), 94-102, 149.

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

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.4.3.8]

[53] L. Urciuoli, S. Mohanty, J. Hintsa, and E. Gerine Boekesteijn, (2014). The resilience of energy supply chains: a multiple case study approach on oil and gas supply chains to Europe, Supply Chain Management: An International Journal, 19 (1), 46-63.
[54] G. A. Zsidisin and S. M. Wagner, (2010). Do perceptions become reality? The moderating role of supply chain resiliency on disruption occurrence, Journal of Business Logistics, 31 (2), 1-20.
[55] J. MASCARITOLO and M. C. HOLCOMB, (2008). Moving towards a resilient supply chain, Journal of Transportation Management, 19 (2).
[56] J. Rezaei, Best-worst multi-criteria decision-making method, Omega, 53, 49-57, 2015.
[57] I. Ghasemian Sahebi, A. Arab, and M. R. Sadeghi Moghadam, (2017). Analyzing the barriers to humanitarian supply chain management: A case study of the Tehran Red Crescent Societies, International Journal of Disaster Risk Reduction, 24, 232-241.
[58] A. Baležentis, T. Baležentis, and W. K. Brauers, (2012). Personnel selection based on computing with words and fuzzy MULTIMOORA, Expert Systems with applications, 39 (9), 7961-7967.
[59] W. K. Brauers and E. K. Zavadskas, (2006). The MOORA method and its application to privatization in a transition economy, Control and Cybernetics, 35, 445-469.
[60] C.-T. Chang, (2007). Multi-choice goal programming, Omega, 35 (4), 389-396, 2007.
[61] F. Çebi and İ. Otay, (2016). A two-stage fuzzy approach for supplier evaluation and order allocation problem with quantity discounts and lead time, Information Sciences, 339, 143-157.

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

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.4.3.8]