

ارایه یک مدل ریاضی به منظور ارزیابی تامین کنندگان تاب آور و تخصیص اندازه سفارش در صنایع وابسته خودروسازی

احمد جعفر نژاد چقوشی^{۱*}، علیرضا عرب^۲، ایمن قاسمیان صاحبی^۳

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 تامین با چالش‌ها و تهدیدهای بزرگی همچون حوادث طبیعی، حملات سایبری، تحریم، اختلالات در سیستم تامین، تولید و توزیع و ... روبه‌رو هستند. به همین دلیل انتخاب تامین کنندگان مناسب و در عین حال تاب آور 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 تامین کنندگان و انتخاب تامین کنندگان برتر از حیث تاب آوری و تخصیص سفارش به آن‌ها در زنجیره تامین 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 تامین کنندگان پرداخته شد. در نهایت مدل برنامه‌ریزی آرمانی چند انتخابی پیشنهادی پژوهش بر اساس نتایج روش مولتی مورای فازی به منظور تخصیص سفارش به تامین کنندگان تاب آور ارایه شد.

کلمات کلیدی: زنجیره تامین تاب آور، 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 زنجیره تامین به پنج سطح فرآیند و ریسک‌های مرتبط با جریان ارزش، ریسک‌های مرتبط با کنترل، تامین، تقاضا و محیطی تقسیم‌بندی می‌شوند. در تقسیم‌بندی دیگری کمال احمدی و ملت پرست [۲]، منابع ریسک‌های زنجیره تامین را به ۳ دسته داخلی (فرآیند)، مرتبط با شبکه

* عهده‌دار مکاتبات

آدرس الکترونیکی: jafamjd@ut.ac.ir

(تأمین و توزیع) و خارجی (محیطی) تقسیم‌بندی نمودند. همان‌طور که از منابع ریسک‌های زنجیره‌تأمین مشخص است اختلالات می‌توانند به هر دو نوع درونی و بیرونی بر زنجیره‌های تأمین وارد شوند. در این میان تأمین کنندگان 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 تأمین کنندگان 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 تأمین کنندگان این شرکت را می‌توان اولین و مهم‌ترین گام برای قدم گذاشتن این شرکت در وادی عظیم و پیچیده تاب‌آوری زنجیره‌تأمین برشمرد.

بنابر دلایل ذکر شده انتخاب تأمین کنندگان 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 سستی تأمین کنندگان، تحقیقات در حوزه ارزیابی تاب‌آوری تأمین کنندگان محدود می‌باشد [۶]. انتخاب تأمین کننده تاب‌آور و تخصیص سفارش به آن‌ها نیازمند پاسخگویی به چند سوال مهم می‌باشد که عبارتند از: ۱- آیا توان تاب‌آوری تأمین کنندگان قابل سنجش می‌باشد؟ ۲- شاخص‌های ارزیابی تاب‌آوری تأمین کنندگان چه می‌باشد؟ چطور و چه مقدار سفارش به هر یک از تأمین کنندگان 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 تصمیم‌گیری چند شاخصه و برنامه‌ریزی ریاضی می‌باشد. همچنین با توجه به این که عمدتاً شاخص‌های ارزیابی تاب‌آوری تأمین کنندگان 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 تأمین کنندگان 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 زنجیره‌تأمین تاب‌آور و شاخص‌های تاب‌آوری تأمین کنندگان به طور کامل تشریح شدند و مروری بر مهم‌ترین

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 ارائه 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 نهایى نتیجه‌گیری انجام شد و پیشنهادهاى مبتنى بر نتایج تحقیق ارائه شد.

۲ پیشنهاد 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 برون‌سپاری 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، زنجیره‌های تأمین 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 زنجیره‌تأمین برای افزایش اثربخشی شرکت‌ها و نیز بهبود رقابت‌پذیری از اهمیت زیادی برخوردار است.

هدف رویکرد "تاب‌آوری" زنجیره‌تأمین، افزایش انعطاف‌پذیری و توسعه توانایی زنجیره‌تأمین در پاسخگویی سریع به تغییرات در تقاضای مشتری است [۸]. برای کاهش ریسک، زنجیره‌های تأمین 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 زنجیره‌تأمین^۱ است [۹]. به‌طور کلی زنجیره‌های تأمین 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 فارسی‌اندکی نیز در حوزه تاب‌آوری زنجیره‌تأمین و تاب‌آوری تأمین‌کنندگان ارائه 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 ارائه 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 ارائه 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 زنجیره‌تأمین ایران خودرو با رویکرد معادلات ساختاری و تکنیک‌های کیفی پرداختند. جامعه آماری این تحقیق مدیران واحدهای لجستیک

^۱ Supply Chain Resilience (SCR)

برنامه ریزی و بازرگانی شرکت ساپکو بودند. عرب و قاسمیان صاحبی [۱۵] با استفاده از رویکرد خاکستری به ارزیابی موانع استقرار زنجیره تامین تاب آور 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 شاخص های ارزیابی تاب آوری تامین کنندگان، ۲۷ شاخص از مرور ادبیات به دست آمد که در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. شاخص های ارزیابی تاب آوری تامین کنندگان

نام شاخص	تعریف	محققان
مشاهده پذیری	توانایی دیدن سراسر زنجیره که به شناسایی تهدیدات بالقوه و پاسخگویی اثربخش به یک اختلال کمک شایانی می نماید.	[2, 3, 16-19]
همکاری	توانایی کار کردن به صورت اثربخش با سایر نهادهای درگیر در زنجیره تامین برای بهره مندی از منافع دوسویه مثل تسهیم اطلاعات و سایر منابع برای کاهش آسیب پذیری.	[2, 3, 16-20]
انعطاف پذیری	توانایی شرکت و زنجیره تامین در تطابق با تغییرات مورد نیاز با حداقل زمان و تلاش و همچنین انعطاف پذیری در تامین کنندگان، سیستم تولید، کانال های توزیع، روش های 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 می نماید.	[2, 3, 17-19]
آسیب پذیری	عدم آسیب پذیری تامین کننده در مقابل منابع مختلف خطر و همچنین داشتن فروش تاب آور 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 تامین کننده از خطراتی مرتبط با دارایی ها، فرآیند، سازمان و محیط زیست تا در موارد اضطراری بتواند سریع عمل کرده و در نتیجه قابلیت تاب آوری را افزایش دهد.	[19, 37-40]
توانایی های تکنولوژیکی	توانایی تامین کننده در انطباق تکنولوژیکی نسبت به نوآوری، ترکیب تکنولوژی های پیشرفته تولید و فرآیند آن ها را قادر می سازد تا برای مواجه با آشفتگی ها و تلاطم تکنولوژیکی تاب آور باشند.	[19, 27, 41-43]
فرهنگ مدیریت ریسک	اطمینان از اینکه تامین کنندگان مدیریت ریسک را در شرکت خود مانند یک فرهنگ نهادی ساخته اند.	[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 زنجیره تامین	طراحی و ساخت شبکه زنجیره تامین برای تاب آوری که تاب آوری 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	تاب آوری زنجیره تامین بر روی قابلیت تطبیقی و سازگاری سیستم برای مقابله با رویدادهای محض 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 می باشد و مدیریت زنجیره تامین 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 می باشد. یک زنجیره زمانی به خوبی کار می کند که کلیه مشوق ها برای اعضای آن به	[31, 51, 52]

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.
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.
مدیریت دانش	ایجاد و توسعه دانش و درک ساختارهای فیزیکی و اطلاعاتی زنجیره‌تأمین و توانایی یادگیری از تغییرات و همچنین آموزش سایر نهادها.
تسهیم اطلاعات	تبادل اطلاعات میان اعضای زنجیره به کاهش خطرات کمک فراوانی می‌نماید و عواقب پدیده‌هایی مثل اثر شلاق چرمی را به حداقل می‌رساند.
افزونگی	تدابیری مثل اتخاذ تأمین‌کنندگان چندگانه، سرمایه‌گذاری در ظرفیت مازاد، و ذخیره موجودی استراتژیک برای مواجهه با اختلالات.
پیچیدگی	پیچیدگی زنجیره‌تأمین 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.
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.
فاصله	مسافت‌های طولانی میان شرکت و تأمین‌کنندگان ریسک بروز اختلالات را افزایش می‌دهد.
برنامه‌ریزی اقتضایی	پیش‌بینی رویدادهای بالقوه و مشخص کردن طرق مقابله با آن‌ها قبل از به وقوع پیوستنشان.
مدیریت تقاضا	کاهش اثرات اختلالات ناشی از انتخاب مشتری از طریق استراتژی‌هایی مثل قیمت‌گذاری پویا و ...
مدیریت منابع انسانی	آموزش کارکنان در برخورد با رویدادهای خطرناک و ایجاد تیم‌های چند وظیفه‌ای.
انتخاب تأمین‌کننده 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 ...

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 اولویت‌بندی 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 زنجیره‌تأمین گروه صنعتی اورند شناسایی شد. برای انجام پژوهش حاضر، شاخص‌های مهم ارزیابی تاب‌آوری تأمین‌کنندگان با مطالعه پیشینه تحقیق، شناسایی شده و با استفاده از

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 شاخص‌های تثبیت‌شده استخراج شده و مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی تاب‌آوری تأمین‌کنندگان شناسایی شدند. سپس با استفاده از روش مولتی‌مورای فازی امتیاز تاب‌آوری تأمین‌کنندگان مشخص شده و در انتها با بهره‌گیری از روش برنامه‌ریزی آرمانی چندانتخابی اقدام به تخصیص سفارش به تأمین‌کنندگان گردید. در این قسمت به توضیح روش‌های مورد استفاده در این پژوهش (بهترین-بدترین و مولتی‌مورای 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 مولتی‌مورای فازی

روش مولتی‌مورای 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 تصمیم‌گیری ارایه گردید. اساس این روش بر پایه روش مورا می‌باشد که پروئرز و زاواداسکاس [۵۹] ارایه نمودند. روش مولتی‌مورا بر پایه روش مورا به همراه فرم کامل مضربی استوار می‌باشد.

۴. 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 زنجیره‌تأمین 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

جدول ۲. نتایج روش دلفی فازی

شاخص	میانگین فازی	میانگین دلفی فازی	تصمیم	شاخص	میانگین فازی	میانگین دلفی فازی	تصمیم
مشاهده پذیری	(۰/۲۵,۰/۷۵,۱)	(۰,۰/۶۱,۱)	✓	توانایی های تکنولوژیکی	۰/۵۶	۰/۶۹	×
همکاری	(۰/۲۵,۰/۷۳,۱)	(۰,۰/۷۳,۱)	✓	آگاهی از خطرات	۰/۶۲	۰/۶۸	×
انعطاف پذیری	(۰/۵,۰/۸۴,۱)	(۰/۲۵,۰/۶۵,۱)	✓	مدیریت دانش	۰/۶۴	۰/۸	×
قابلیت تطبیق	(۰,۰/۶۴,۱)	(۰/۲۵,۰/۷,۱)	×	تسهیم اطلاعات	۰/۶۶	۰/۵۷	✓
پایداری	(۰/۲۵,۰/۷۲,۱)	(۰,۰/۶۸,۱)	✓	مسئولیت پذیری تامین کننده	۰/۵۹	۰/۶۷	×
آسیب پذیری	(۰/۲۵,۰/۶۷,۱)	(۰/۲۵,۰/۶۶,۱)	✓	پیچیدگی	۰/۶۴	۰/۶۵	×
تحقیق و توسعه	(۰/۲۵,۰/۶۳,۱)	(۰/۲۵,۰/۸۸,۱)	×	زمان تأخیر	۰/۷۵	۰/۶۳	✓
قدرت مالی	(۰/۲۵,۰/۷۹,۱)	(۰,۰/۶۸,۱)	✓	انتخاب تامین کننده	۰/۵۹	۰/۷۱	×
سرعت	(۰/۲۵,۰/۷۱,۱)	(۰/۲۵,۰/۶۴,۱)	✓	برنامه ریزی اقتضایی	۰/۶۳	۰/۶۷	×
مدیریت ریسک	(۰,۰/۵۶,۱)	(۰/۲۵,۰/۷۸,۱)	×	مدیریت تقاضا	۰/۷	۰/۵۳	✓
ایمنی	(۰,۰/۵,۱)	(۰,۰/۶۸,۱)	×	مدیریت منابع انسانی	۰/۵۹	۰/۵	×
ساختار زنجیره تامین	(۰,۰/۶۱,۱)	(۰/۲۵,۰/۸۱,۱)	×	فاصله	۰/۷۲	۰/۵۶	✓
اعتماد	(۰/۲۵,۰/۷,۱)	(۰/۲۵,۰/۷۵,۱)	✓	ثبات قیمت پیشنهادی	۰/۶۹	۰/۶۶	✓
چابکی	(۰/۵,۰/۹۲,۱)	(۰/۲۵,۰/۷۳,۱)	✓	افزونگی	۰/۶۸	۰/۸۳	✓
تسهیم ریسک و درآمد	(۰/۲۵,۰/۶۱,۱)	(۰/۲۵,۰/۶۹,۱)	×	شهرت تامین کننده	۰/۶۶	۰/۶۲	✓
مقدار آستانه		(۰,۰/۲۰,۰/۷,۱)		۰/۶۵			

ب) وزن دهی شاخص ها

در این مرحله اوزان شاخص های تایید شده مرحله قبلی با روش بهترین- بدترین محاسبه شد. بدین منظور ابتدا مهم ترین و کم اهمیت ترین شاخص مشخص گردید. برای این امر به نتایج روش دلفی فازی رجوع شد و در میان شاخص های تأیید شده، شاخصی که بیش ترین مقدار میانگین دلفی فازی شده را در مرحله دلفی فازی داشت یعنی (چابکی) به عنوان بهترین شاخص و شاخصی که در میان شاخص های تأیید شده آخرین مرحله دلفی فازی دارای کم ترین مقدار دلفی فازی شده بود؛ یعنی (آسیب پذیری) به عنوان بدترین شاخص انتخاب شد. با حل مدل های تکنیک بهترین-بدترین با استفاده از نرم افزار LINGO14، وزن نهایی هر یک از شاخص های ارزیابی تاب آوری تأمین کنندگان 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.

جدول ۳. اوزان نهایی شاخص های تاب آوری تأمین کنندگان

شاخص	W_j	شاخص	W_j
مشاهده پذیری	۰/۱۰۵۶۸۹۱	چابکی	۰/۲۰۲۳۷۲۲
همکاری	۰/۰۵۵۰۴۶۳۹	تسهیم اطلاعات	۰/۰۹۱۱۱۱۲۷
انعطاف پذیری	۰/۰۴۴۷۸۳۵۱	زمان تأخیر	۰/۰۴۰۶۴۹۶۴
پایداری	۰/۰۳۳۴۴۵۹۱	مدیریت تقاضا	۰/۰۳۳۸۷۴۷۰
آسیب پذیری	۰/۰۱۶۱۵۱۹۳	فاصله	۰/۰۳۳۰۲۷۸۴
قدرت مالی	۰/۰۴۴۷۸۳۵۱	ثبات قیمت پیشنهادی	۰/۰۳۸۲۹۳۱۴
سرعت	۰/۰۳۷۲۱۴۴۶	افزونگی	۰/۱۲۰۱۰۱۲
اعتماد	۰/۰۶۷۷۴۹۴۱	شهرت تأمین کننده	۰/۰۳۵۷۰۵۷۷

با توجه به حل مدل برنامه ریزی خطی روش بهترین - بدترین مشاهده می شود که شاخص های چابکی، افزونگی و مشاهده پذیری به ترتیب به عنوان مهم ترین شاخص های ارزیابی تاب آوری تأمین کنندگان در شرکت اورند معرفی شدند.

ج) ارزیابی تاب آوری تأمین کنندگان

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 تأمین کننده داخلی و خارجی آن برای مطالعه انتخاب شدند. که این قطعات و تأمین کنندگان آن ها عبارتند از:

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

هنگامی که تمامی گزینه ها در هر سه سیستم معرفی شده مولتی مورای فازی رتبه بندی شدند، رتبه و امتیاز نهایی تأمین کنندگان برای بهره گیری 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 می شود. سپس مجموع امتیازات تخصیص داده شده به هر یک از گزینه ها در سه سیستم تصمیم گیری مربوط به هر قطعه محاسبه می گردد. در نهایت درصد این امتیازات محاسبه شده و این درصد به عنوان وزن تابع نهایی در مدل تخصیص در نظر گرفته می شود [۵۶]. جدول ۴ نتایج جامع ارزیابی تاب آوری تأمین کنندگان قطعات سه گانه را نشان می دهد.

جدول ۴. نتایج جامع ارزیابی تاب‌آوری تأمین‌کنندگان قطعات اول، دوم و سوم

تأمین‌کننده	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 تأمین‌کنندگان برتر تاب‌آور اقدام به تهیه مدل برنامه‌ریزی آرمانی تحقیق برای تخصیص بهینه سفارش به آن‌ها گردید. برای مدل‌سازی مساله انتخاب تأمین‌کنندگان 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 تأمین‌کنندگان 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 چانگک [۶۰] ارایه شده، بهره‌گیری شد که در ادامه تشریح شده است.

• اندیس‌های مدل پیشنهادی

i: تعداد تأمین‌کنندگان ۱...۹ و ۱=i

z: نوع قطعه ۱ و ۲ و ۳ و ۱=z

P_i : تعداد آرمان ۱ و ۲ و ۳ و ۴ و ۵ و ۶ و ۷ و ۸ و ۹ و ۱۰

t : تعداد آرمان‌های چند انتخابه ۱ و ۲ و ۳ و ۴

• پارامترهای مدل پیشنهادی

Cap_{ij} : ظرفیتی است که تأمین کننده i ام قادر به تأمین قطعه j ام است

D_j : تقاضای کل شرکت برای قطعه j ام

W_i : ضرایب به دست آمده برای تأمین کننده i ام از مرحله ارزیابی مدل (روش مولتی مورای فازی)

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

p_{ij} : قیمت خرید هر واحد کالا j ام از تأمین کننده i ام

O_{ij} : هزینه سفارش دهی هر واحد قطعه j ام از تأمین کننده i ام

T_{ij} : هزینه حمل هر واحد قطعه j ام از تأمین کننده i ام

d_{ij} : نرخ تأخیر در تحویل سفارش قطعه j ام توسط تأمین کننده i ام

dr_{ij} : درصد اقلام معیوب قطعه j ام برای تأمین کننده i ام

RV : کل ارزش تاب آوری خرید

• متغیرهای مدل پیشنهادی

X_{ij} : متغیر تصمیم و مقدار سفارش قطعه تخصیصی j ام به تأمین کننده i ام

γ_p : متغیر کمکی برای حل برنامه ریزی آرمانی

Z_{ij} : متغیر صفر و یک در صورت تأمین تقاضای قطعه j ام از تأمین کننده i ام مقدار یک و در غیر این صورت

صفر خواهد بود

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

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

تأمین کنندگان، تخصیص سفارش‌ها به تأمین کنندگان تاب آور صورت پذیرفت که مدل نهایی مساله حاضر به

شرح زیر می باشد:

$$\text{Min } z = d_{11}^- + d_{12}^- + d_{13}^- + d_{14}^+ + d_{15}^+ + d_{16}^+ + e_{11}^+ + e_{12}^+ + e_{13}^+ \quad (1)$$

s.t

$$\sum_{i=1}^3 W_i \cdot x_{i1} - d_{11}^+ + d_{11}^- = RV_1 \quad (2)$$

$$0/222 \times x_{A1} + 0/333 \times x_{B1} + 0/444 \times x_{C1} - d_{11}^+ + d_{11}^- = 13986 \quad (3)$$

$$\sum_{i=3}^6 W_i \cdot x_{i2} - d_{12}^+ + d_{12}^- = RV_2 \quad (4)$$

$$\bullet / ۲۲۲ \times x_{D\tau} + \bullet / ۳۳۳ \times x_{E\tau} + \bullet / ۴۴۴ \times x_{F\tau} - d_{\tau}^{+} + d_{\tau}^{-} = ۱۶۶۵ \quad (۵)$$

$$\sum_{i=۶}^9 w_i \cdot x_{i\tau} - d_{\tau}^{+} + d_{\tau}^{-} = RV_i \quad (۶)$$

$$\bullet / ۴۴۴ \times x_{G\tau} + \bullet / ۲۲۲ \times x_{H\tau} + \bullet / ۳۳۳ \times x_{I\tau} - d_{\tau}^{+} + d_{\tau}^{-} = ۱۷۵۳۸ \quad (۷)$$

$$\sum_{i=1}^9 \sum_{j=1}^{\tau} p_{ij} \cdot X_{ij} + o_{ij} \cdot z_{ij} + T_{ij} \cdot z_{ij} - d_{\tau}^{+} + d_{\tau}^{-} = y_{\tau} \quad (۸)$$

$$\Delta \times x_{A1} + ۱۱ \times x_{B1} + ۱۳ \times x_{C1} + ۳ \times x_{D\tau} + ۳ / ۳ \times x_{E\tau} + ۳ / ۷ \times x_{F\tau} + \Delta \times x_{G\tau} + ۴ / ۴ \times x_{H\tau} + \Delta / ۳ \times x_{I\tau} + ۱ \dots$$

$$\times z_{A1} + ۲۹ \dots \times z_{B1} + ۲ \dots \times z_{C1} + ۶ \dots \times z_{D\tau} + ۶ \dots \times z_{E\tau} + ۱۵ \dots \times z_{F\tau} + \Delta \dots \times z_{G\tau}$$

$$+ ۱۴ \times z_{H\tau} + ۳ \dots \times z_{I\tau} + \bullet / \Delta \times x_{A1} + \bullet / \Delta \lambda \times x_{B1} + \bullet / ۶۱ \times x_{C1} + \bullet / ۸۳ \times x_{D\tau} + ۱ \times x_{E\tau}$$

$$+ \bullet / ۲۴ \times x_{F\tau} + \bullet / ۱ \times x_{G\tau} + \bullet / ۱ \times x_{H\tau} + \bullet / ۴ \times x_{I\tau} - d_{\tau}^{+} + d_{\tau}^{-} = y_{\tau} \quad (۹)$$

$$y_{\tau} - e_{\tau}^{+} + e_{\tau}^{-} = ۴ \dots \dots \dots \quad (۱۰)$$

$$۴ \dots \dots \dots \leq y_{\tau} \leq ۴۵۷۱۴۲ \quad (۱۱)$$

$$\sum_{i=1}^9 \sum_{j=1}^{\tau} d_{ij} \cdot X_{ij} - d_{\delta}^{+} + d_{\delta}^{-} = y_{\tau} \quad (۱۲)$$

$$\bullet / ۱ \times x_{A1} + \bullet / ۷ \times x_{B1} + \bullet / ۷ \times x_{C1} + \bullet / ۳ \Delta \times x_{D\tau} + \bullet / ۳ \times x_{E\tau} + \bullet / \Delta \times x_{F\tau} + \bullet / ۱ \times x_{H\tau} + \bullet / ۳ \times x_{I\tau} - d_{\delta}^{+} + d_{\delta}^{-} = y_{\tau} \quad (۱۳)$$

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

$$y_{\tau} - e_{\tau}^{+} + e_{\tau}^{-} = \bullet \times ۶۳ \dots \dots \quad (۱۵)$$

$$d_{Min} \times D \leq y_{\tau} \leq d_{Max} \times D \quad (۱۶)$$

$$\bullet \times ۶۳ \dots \dots \leq y_{\tau} \leq \bullet / ۱ \times ۶۳ \dots \dots \quad (۱۷)$$

$$\sum_{i=1}^9 \sum_{j=1}^{\tau} dr_{ij} \cdot X_{ij} - d_{\phi}^{+} + d_{\phi}^{-} = y_{\tau} \quad (۱۸)$$

$$\bullet / \bullet \times x_{A1} + \bullet / ۲ \times x_{B1} + \bullet / ۱ \times x_{C1} + \bullet / ۱ \times x_{D\tau} + \bullet / ۱ \times x_{E\tau} + \bullet / ۲ \Delta \times x_{F\tau} + \bullet / ۲ \Delta \times x_{G\tau} + \bullet / ۳ \times x_{H\tau} + \bullet / ۱ \times x_{I\tau} - d_{\phi}^{+} + d_{\phi}^{-} = y_{\tau} \quad (۱۹)$$

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

$$y_{\tau} - e_{\tau}^{+} + e_{\tau}^{-} = \bullet \times ۶۳ \dots \dots \quad (۲۱)$$

$$dr_{Min} \times D \leq y_{\tau} \leq dr_{Max} \times D \quad (۲۲)$$

$$\bullet \times ۶۳ \dots \dots \leq y_{\tau} \leq \bullet / \bullet \times ۶۳ \dots \dots \quad (۲۳)$$

$$X_{ij} \leq Z_{ij} \cdot Cap_{ij} \quad (۲۴)$$

$$x_{A1} \leq ۱۴ \dots \dots \times Z_{A1} \quad (۲۵)$$

$$x_{B1} \leq ۱۴ \dots \dots \times Z_{B1} \quad (۲۶)$$

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14] [DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.4.3.8]

$$x_{C1} \leq 14000 \times Z_{C1} \quad (27)$$

$$x_{D2} \leq 6000 \times Z_{D2} \quad (28)$$

$$x_{E2} \leq 6000 \times Z_{E2} \quad (29)$$

$$x_{F2} \leq 30000 \times Z_{F2} \quad (30)$$

$$x_{G2} \leq 34000 \times Z_{G2} \quad (31)$$

$$x_{H2} \leq 20000 \times Z_{H2} \quad (32)$$

$$x_{I2} \leq 6000 \times Z_{I2} \quad (33)$$

$$\sum_{i=1}^9 \sum_{j=1}^3 X_{ij} = D_j \quad (34)$$

$$x_{A1} + x_{B1} + x_{C1} = 21000 \quad (35)$$

$$x_{D2} + x_{E2} + x_{F2} = 21000 \quad (36)$$

$$x_{G2} + x_{H2} + x_{I2} = 21000 \quad (37)$$

$$d_p^-, d_p^+, e_t^-, e_t^+ \geq 0, \quad p=1,2,3,4,5,6, \quad t=1,2,3 \quad (38)$$

$$d_1^-, d_1^+, d_2^-, d_2^+, d_3^-, d_3^+, d_4^-, d_4^+, d_5^-, d_5^+, d_6^-, d_6^+ \geq 0 \quad (39)$$

$$e_1^-, e_1^+, e_2^-, e_2^+, e_3^-, e_3^+ \geq 0 \quad (40)$$

$$X_{ij} \geq 0, \text{int} \quad i = A, B, C, D, E, F, G, H, I, \quad j = 1, 2, 3 \quad (41)$$

$$z_{ij} = 0 \text{ or } 1 \quad i = A, B, C, D, E, F, G, H, I, \quad j = 1, 2, 3 \quad (42)$$

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 می باشد:

جدول ۵. خروجی حاصل از حل مدل تخصیص سفارش ها

نام متغیر	مقدار حاصل شده	نام متغیر	مقدار حاصل شده
مقدار تابع هدف	۲۶۷۱۴/۸۱	x_{F2}	۲۱۰۰۰
d_1^-	۶۸۰۵/۶۳	x_{G2}	۲۱۰۰۰
d_2^-	۷۳۲۶	Z_{A1}	۱
d_3^-	۸۲۱۴	Z_{C1}	۱
d_4^-	۰/۱۶	Z_{F2}	۱
e_2^+	۲۸۰۹/۶۸	Z_{G2}	۱
e_3^+	۱۵۵۹/۳۳۶	y_1	۴۰۰۰۰
x_{A1}	۹۶۵۶	y_2	۲۸۰۹/۶۸
x_{C1}	۱۱۳۴۴	y_3	۱۵۵۹/۳۳۶

با توجه به نتایج به دست آمده در جدول فوق، نکات زیر قابل استخراج می باشند:

برای تأمین تقاضای ماهانه قطعه اول (Substrate)، خرید ۹۶۵۶ عدد از این قطعه از تامین کننده A و ۱۱۳۴۴ عدد از تأمین کننده C بهینه ترین ترکیب سفارش می باشد. در این صورت مقدار ۶۹ درصد از ظرفیت تامین کننده A و ۸۱ درصد از ظرفیت تامین کننده C صرف تأمین نیازهای گروه صنعتی اورند می شود. همچنین تأمین قطعه مذکور از تامین کننده B با در نظر گرفتن تمامی شرایط و محدودیت ها به صرفه نمی باشد.

برای تأمین تقاضای ماهانه قطعه دوم (Mat)، خرید تمامی ۲۱۰۰ عدد از این قطعه از تامین کننده F بهینه ترین ترکیب سفارش می باشد. در این صورت مقدار ۷۰ درصد از ظرفیت این تامین کننده صرف تأمین نیازهای گروه صنعتی اورند می شود.

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

مقدار λ_1 برابر ۴۰۰۰۰۰ دلار می باشد و نشان دهنده آن می باشد که کل هزینه تأمین قطعات سه گانه (اعم از هزینه های خرید، سفارش دهی و حمل و نقل) در دوره یک ماهه برابر ۴۰۰۰۰۰ دلار می باشد که دقیقاً منطبق با سطح مطلوب و مورد نظر شرکت می باشد.

مقدار λ_2 برابر ۲۸۱۰ می باشد و نشان دهنده آن می باشد 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 λ_3 برابر ۱۵۶۰ می باشد و نشان دهنده آن می باشد 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 مدل های ارائه 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 دانشگاه ها و دارای سوابق اجرایی در حوزه زنجیره تامین شرکت های تولیدی هستند. این مدل ها را از لحاظ محتوا، متغیرها، تابع هدف، محدودیت ها، 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 می باشد که مدل نهایی دارای جواب بهینه موجه می باشد. 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 سفارش های شرکت که بدون در نظر گرفتن تاب آوری تأمین کنندگان می باشد حل گردید. از آنجایی که تمرکز اصلی مدیران خرید و تدارکات شرکت در خروجی مدل تاب آوری پژوهش حاضر بیشتر بر هزینه های این رویکرد بود، تنها دلیل بهره گیری آن ها از مدل پیشنهادی این پژوهش هزینه زان بودن این مدل می باشد. با مقایسه نتایج مدل پیشنهادی تحقیق حاضر و مدل وضع موجود تخصیص سفارش های شرکت، رویکرد پیشنهادی هیچ گونه هزینه اضافی بر شرکت متحمل

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

۶ نتیجه‌گیری و پیشنهادها

به طور کلی هدف نهایی مساله ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده 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 زنجیره‌های تأمین می‌باشند، ارزیابی تاب‌آوری تأمین‌کنندگان یکی از مهم‌ترین راه‌های ورود به دنیای تاب‌آوری زنجیره‌های تأمین می‌باشد. از این رو هدف از پژوهش حاضر ارزیابی تأمین‌کنندگان و تخصیص سفارش‌ها در زنجیره‌های تاب‌آور بود که در صنعت قطعه‌سازی خودروزی 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 در نهایت ۲۷ شاخص 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 به منظور 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 تأمین‌کنندگان، شاخص‌های عمومی ارزیابی تاب‌آوری می‌باشند که می‌توان با کم‌ترین اصلاحات و تعویلات از آن‌ها در ارزیابی تاب‌آوری تأمین‌کنندگان در سایر صنایع بهره‌گیری نمود.

پیشنهادهایی اجرایی با توجه به نتایج و فرآیند تحقیق انجام‌شده به صورت 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 ظرفیت‌مازاد، 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 تأمین‌کنندگان، به صورت دوره‌ای تأمین‌کنندگان بر اساس معیارهای تاب‌آوری معین، مورد ارزیابی قرار گیرند، و رتبه‌بندی شوند. همچنین به طور دوره‌ای

ممیزی‌های بیرونی صورت گرفته و پیشنهادهایی در راستای بهبود تاب‌آوری آن‌ها نیز به آن‌ها ارایه گردد. برای افزایش انگیزه تأمین‌کنندگان 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 بر این 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 صورتی که ماهیت این مساله به گونه‌ای 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. جعفر نژاد، م. محسنی، (۱۳۹۴). ارایه چارچوبی برای بهبود عملکرد زنجیره تأمین تاب‌آور. فصلنامه مدیریت زنجیره تأمین، ۴۸(۱۷).
- [۱۳] ک. روانستان، ح. اقاچانی، ع. صفایی قادیکلایی و م. یحیی زاده فر، (۱۳۹۵). تعیین و وزن‌دهی استراتژی‌های تاب‌آوری در زنجیره تأمین ایران خودرو. چشم انداز مدیریت صنعتی، ۷(۱)، ۱۴۵-۱۷۲.
- [۱۴] ک. روانستان، ح. اقاچانی، ع. صفایی قادیکلایی و م. یحیی زاده فر، (۱۳۹۶). طراحی مدل تاب‌آوری در زنجیره تأمین ایران خودرو با رویکرد مدل معادلات ساختاری تکنیک‌های کیفی. چشم انداز مدیریت صنعتی، ۷(۱).

- [۱۵] ع. عرب، ا. قاسمیان صاحبی، (۱۳۹۶). به کارگیری رویکرد خاکستری برای ارزیابی موانع استقرار زنجیره تامین تاب آور در صنایع تبدیلی خوراک دام و طیور. فصلنامه مدیریت زنجیره تامین، 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.

- [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.

- [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.