ارزیابی و رتبه بندی عوامل موثر بر تاب آوری تأمین کنندگان با استفاده از روش دلفی BWM مطالعه موردی قطعه ساز خودرو

مهران تمجیدی
استادیار، دانشگاه ولایت، ایرانشهر, دانشکده فنی و مهندسی, گروه صنایع (m.tamjidi@velayat.ac.ir)

چکیده

این پژوهش با هدف شناسایی و مقابله با اختلالات پیش بینی نشده و اولویت بندی عوامل کلیدی موفقیت درزنجیره تامین تاب آور صورت پذیرفت. ارزیابی و انتخاب تامین کنندگانی که قادر به حفاظت از زنجیره تامین در چنین شرایطی گردند، به یکی از تصمیمات مهم در زنجیره تامین بدل شده است. بنابراین در ابتدا به بررسی ژرف ادبیات موضوع و پژوهش‌های انجام شده داخلی و خارجی پرداخته شد تا مبانی اولیه و مطالعات گذشته در خصوص استخراج عوامل کلیدی طی مطالعات کتابخانه ای استخراج گردید. با استفاده از روش دلفی شاخص های با اهمیت از دید خبرگان مشخص گردیدند. در مرحله بعد با استفاده از روش بهترین - بدترین اوزان شاخص های شناسایی شده تعیین شده و در نهایت تامین کنندگان تاب آور در گروه تولیدی قطعات خودرو با استفاده از روش ماباک رتبه بندی گردیدند. نتایج تحقیق نشان می دهد چابکی، مشاهده پذیری و افزونگی از مهمترین معیارهای انتخاب تامین کنندگان تاب آور می باشند.

واژه های کلیدی

زنجیره تامین تاب آور؛ انتخاب تامین کننده؛ روش BWM؛ روش MABAC

مقدمه

پیچیدگی روزافزون زنجیره های تامین امروز (SC[1])، همراه با افزایش فشار برای کارایی و زمان تحویل به موقع، باعث افزایش آسیب پذیری هایی برای سازمان ها شده است . بوتانی و همکاران[2] معتقد هستند که شرکتها به طور فزاینده ای به شبکه های پیچیده تامین کنندگان و شرکا متکی هستند تا بتوانند محصول را در مقادیر مناسب ، در مکان مناسب و در زمان مناسب در بازاری که در همان زمان است ، تحویل دهند. پیچیدگی جهانی زنجیره های تامین و استفاده محدود از افزونگی های مورد نیاز برای دستیابی به اهداف بهره وری ، کاری جز افزایش میزان قرار گرفتن در معرض طیف گسترده ای از عدم قطعیت های مربوط به خطرات و اختلالات را در پی ندارد [1]. به اعتقاد مانگلا و همکاران[3]زنجیره های تامین همواره با انبوهی از ریسک ها مواجه هستند [2] و از دید هندریگ و سینال[4]،سازمان هایی که با چنین اختلالاتی مواجه هستند به طور میانگین ۳۰ درصد بازدهی کمتری نسبت به رقبای خود دارند. تاب آوری به عنوان یک منبع مجزا از مزیت رقابتی پایدار برای تامین کنندگان به شمار می رود. از آن جایی که یک تامین کننده علاوه بر کسب و کار پایین دست، بر موفقیت کل زنجیره تامین موثر می باشد، باید تاب آوری در انتخاب تامین کننده در نظر گرفته شود تا آسیب پذیری شرکت ها و به طور کلی زنجیره تامین را کاهش دهد. انتخاب تأمین کنندگان مناسب و درعین حال تاب آور می تواند هزینه های خرید و زمان های تأخیر را به میزان زیادی کاهش داده و قابلیت تداوم کسب وکار در زمان بروز اختلالات و به پیروی از آن رقابت پذیری شرکت و رضایت مشتریان را افزایش دهد [3].

نظر به اهمیت مطالعه موضوع در زنجیره های تأمین خودروسازی که ازجمله زنجیره های تأمینی هستند که حساسیت زیادی نسبت به اختلالات دارند، تحقیق حاضر تلاش دارد شاخص های مهم ارزیابی تاب آوری تأمین کنندگان تاب آور را با استفاده از مطالعه تحقیقات و پژوهش های صورت گرفته پیشین در این حوزه و حوزه های مشابه، شناسایی نموده و سپس با استفاده از روش تصمیم گیری چند شاخصه روش بهترین- بدترین (BWM) اوزان شاخص های استخراج شده را تعیین نموده و در نهایت تامین کنندگان تاب آور را با استفاده از روش ماباک (MABAC) رتبه بندی نماید.

پیشینه تحقیق

پژوهش با وجود افزایش علاقه به تاب آوری زنجیره ی تأمین، انتخاب تامین کننده تاب آور تا کنون به صورت محدود مورد مطالعه قرار گرفته است. جدول ۱ برخی از تحقیقات انجام شده در زمینه انتخاب تامین کننده تاب آور را نشان می دهد.

جدول ۱. خلاصه پیشینه تحقیقات انجام شده در زمینه انتخاب تامین کننده تاب آور

[1] Supply Chain
[2] Eleonora Bottani et al.
[3] Mangla *et al.*
[4] Hendricks & Singhal

ردیف	محققین	رویکرد انتخاب تامین کننده
۱	بوتانی و همکاران [1]	AHP و GRA
۲	هالدر [6]	Fuzzy SAW و Fuzzy TOPSIS
۳	راجش و راوی [7]	Grey AHP و Grey ANP
۴	چن و همکاران [9]	Goal Programming
۵	ولی پور پارکوهی و همکاران [10]	Fuzzy ANP و Grey VIKOR
۶	پرامانیک [11]	Fuzzy AHP – TOPSIS - QFD
۷	ونگ و همکاران [12]	AHP و GRA
۸	حسینی و الخالد [13]	Hybrid ensemble - AHP

روش تحقیق

تحقیق حاضر از لحاظ هدف، توصیفی و کاربردی و از لحاظ روش پیمایشی است که به بررسی پدیده ای مستند و تکراری در محیط و شرایط جدید در یک مقطع زمانی می پردازد. بر مبنای نتیجه، توسعه ای است که هدف اصلی آن استفاده از الگو ها و روابط در جهت حل مسائل و مشکلات سازمان ها می باشد. جامعه آماری این پژوهش را ۱۰ خبره در شرکت تولید قطعات خودرو تشکیل می دهند. جهت جمع آوری داده ها در این تحقیق، از دو روش کتابخانه و میدانی استفاده شده است. در این تحقیق با انجام مطالعات کتابخانه ای، جستجو در سایت معتبر علمی و بررسی متون علمی موجود، معیارهای اولیه انتخاب تامین کننده تاب آور گردآوری می شوند. داده های اصلی تحقیق با روش میدانی و از طریق سه پرسشنامه جمع آوری شده است. پرسشنامه اول جهت بومی سازی کردن معیارهای شناسایی شده، پرسشنامه دوم جهت وزن دهی معیارهای شناسایی شده و از پرسشنامه سوم جهت رتبه بندی و انتخاب تامین کنندگان تاب آور استفاده شده است. در این تحقیق شناسایی معیارها با استفاده از روش دلفی، اوزان نهایی معیارها با استفاده از روش BWM و در نهایت با استفاده از روش MABAC تامین کنندگان رتبه بندی خواهند شد. محاسبات روش دلفی و MABAC در نرم افزار اکسل و روش BWM در نرم افزار لینگو انجام شده است. در ادامه روش های استفاده شده به منظور تجزیه و تحلیل داده ها شرح داده شده اند.

روش دلفی

در این تحقیق به منظور شناسایی شاخص های تاثیر گذار بر انتخاب تامین کننده تاب آور از تکنیک دلفی استفاده گردید. دلفی، روش مطالعه چند مرحله‌ای برای گردآوری نظرات، در موارد ذهنی بودن موضوع و استفاده از پاسخ‌های نوشتاری به جای گردهم‌آوردن یک گروه متخصص است. هدف اجماع با امکان اظهار نظر آزادانه و تجدید نظر عقاید، با تخمین‌های عددی می باشد. دلفی در برگیرنده یکسری از راندها است و دلفی کلاسیک، معمولاً شامل چهار راند می‌باشد که به‌طور معمول به سه راند تعدیل می‌گردد. ولی با توجه به شناخت کافی خبرگان از موضوع پیش‌روی، روش دلفی استفاده شده در این تحقیق در دو راند انجام گرفته است که در راند اول پرسشنامه نیمه باز و در راند دوم پرسشنامه نهایی توزیع گردید. پرسشنامه راند دوم که از ورودی شاخص های انتخابی از راند اول تشکیل شده است، با هم‌فکری تک تک اعضاء و اجماع نظر خبرگان براساس طیف ۵ گزینه ای لیکرت، طراحی گردید، که به‌صورت صوری از روایی کافی برخوردار بود.

روش بهترین – بدترین (BWM)

روش بهترین و بدترین برای حل مسائل تصمیم گیری چندگانه به کار برده می شود. براساس این تکنیک، بهترین (به عبارت دیگر مطلوب ترین و مهمترین) و بدترین (یا به عبارت دیگر نامطلوبترین یا بی‌اهمیت ترین) معیار توسط تصمیم گیرنده مشخص شده و مقایسات زوجی بین هر کدام از این دو معیار (بهترین و بدترین) و دیگر معیارها صورت می پذیرد. سپس یک مساله حداکثر-حداقل برای مشخص کردن وزن معیارهای مختلف، فرمولبندی و حل می شود. یک نرخ سازگاری نیز در روش بهترین- بدترین برای بررسی میزان اعتبار مقایسات در نظر گرفته شده است. چیزی که در اینجا اهمیت بسیاری داشته و در واقع انگیزه اصلی برای معرفی روش های متنوع در چند دهه گذشته بوده روشی است که به وسیله آن وزن معیارها بدست می آید. از جمله ویژگی های این روش نسبت به سایر روش های وزن دهی تصمیم گیری چندمعیاره موجود می توان به نیاز به داده های کمتر و ارائه جواب های قابل اطمینان تر (پایدار تر و استوارتر) اشاره نمود. مراحل روش بهترین-بدترین، برای بدست آوردن وزن معیارها به شرح ذیل می باشد.

مرحله اول. مشخص کردن مجموعه معیارها. در این مرحله معیارهای $\{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ را که باید در تصمیم گیری مورد استفاده قرار گیرند، در نظر گرفته می شوند.

مرحله دوم. مشخص کردن بهترین (به عبارت دیگر مطلوب‌ترین و مهم‌ترین) و بدترین (نامطلوب‌ترین، بی‌اهمیت ترین) معیار در بین معیارها

مرحله سوم. مشخص کردن میزان عملکرد بهترین معیار در برابر سایر معیارها. میزان عملکرد بهترین معیار در برابر سایر معیارها با استفاده از اعداد بین ۱ تا ۹ مشخص می شود. و به صورت رابطه ۱ نشان داده شود.

$$A_B = (a_{B1}, a_{B2}, \dots, a_{BJ}, \dots, a_{BN}), \quad A_{BB}=1 \qquad (۱)$$

و a_{BJ} مشخص کننده عملکرد بهترین معیار B نسبت به معیار J است.

مرحله چهارم. مشخص کردن عملکرد همه معیارها نسبت به بدترین معیار. مشخص کردن عملکرد همه معیارها نسبت به بدترین معیار با استفاده از اعداد بین ۱ تا ۹ تعیین می شود و به صورت رابطه ۲ نشان داده شود.

$$A_W = (a_{1W}, a_{2W}, \ldots, a_{JW}, \ldots, a_{NW}) \quad , \quad A_{WW}=1 \qquad (۲)$$

و a_{JW} مشخص کننده عملکرد معیار J نسبت به بدترین معیار W است.

مرحله پنجم. یافتن وزن بهینه $(W_1^*, W_2^*, \ldots, W_J^*, \ldots, W_N^*)$ و تعیین نرخ ناسازگاری. مقادیر بهینه برای معیارها منحصر به فرد هستند که برای هر جفت از $\frac{W_B}{W_J}$ و $\frac{W_J}{W_W}$ خواهیم داشت (رابطه ۳):

$$\frac{W_B}{W_J} = a_{BJ} \qquad \frac{W_J}{W_W} = a_{JW} \qquad (۳)$$

با توجه به این که وزن معیارها مثبت و جمع پذیر می باشد مساله زیر قابل بیان است.

$$\min \quad \max \quad \left\{\left|\frac{W_B}{W_J} - a_{BJ}\right|, \left|\frac{W_J}{W_W} - a_{JW}\right|\right\} \qquad (۴)$$
$$s.t: \ \sum W_J = ۱$$
$$C_1 \quad C_2 \quad \ldots \quad C_4 \qquad W_J \geq 0 \ , \ \text{for all J}$$

مساله فوق را می توان بصورت رابطه ۵ فرموله کرد:

$$\min \quad \max_i \quad \left\{\left|W_B - W_J.a_{BJ}\right|, \left|W_J - W_W.a_{JW}\right|\right\} \qquad (۵)$$
$$s.t: \ \sum W_J = ۱ \ , \ \forall j = ۱,۲,\ldots,N$$
$$W_J \geq 0 \ , \ \forall j = 1,2,\ldots,N$$

در نهایت مساله فوق می تواند بصورت مساله خطی زیر فرموله شود:

$$\min \quad \varepsilon^l \qquad (۶)$$
$$s.t:$$
$$\left|W_B - a_{BJ}.W_J\right| \leq \varepsilon^l \ , \ \forall j = ۱,۲,\ldots,N$$
$$\left|W_J - a_{JW}.W_W\right| \leq \varepsilon^l \ , \ \forall j = ۱,۲,\ldots,N$$
$$\sum W_J = ۱$$
$$W_J \geq 0 \ , \ (\text{for all J})$$

مساله نشان داده شده در رابطه ۶ یک مساله خطی است که جواب یکتا دارد و با حل آن وزن های بهینه $(W1^*, W2^*, \ldots, WN^*)$ و ε^{l*} را می توان بدست آورد. نرخ سازگاری با استفاده از ε^* به دست آمده، محاسبه می شود. از آنجا که $a_{BJ} \times a_{JW} = a_{BW}$ و $a_{BW} \in \{۱,۲,۳,\ldots,۹\}$ است، می توان حداکثر مقدار ε را بدست آورد. بطورکلی هر چه مقادیر نرخ سازگاری به صفر نزدیکتر باشد، نتایج سازگاری بیشتری دارد. همانطوری که در معادله بالا دیده می شود مقدار بهینه تابع فوق برابر با نرخ سازگاری ε^l است؛ و در واقع هر چه که $\varepsilon^{l*} \leq 0.1$ باشد نرخ سازگاری مطلوبتر است.

$$\varepsilon^{l*} \leq 0.1 \qquad (۷)$$

روش ماباک (MABAC)

روش ماباک یکی از جدیدترین روش های تصمیم گیری چند معیاره است که جهت رتبه بندی گزینه ها در مدل های تصمیم گیری استفاده می شود. این روش اولین بار توسط پاکومار و کیرویک [14] ارائه شد. گام های این روش به شرح زیر می باشد.

مرحله اول. تشکیل ماتریس تصمیم. در این گام فرض می شود که m گزینه و n شاخص وجود دارد. هر یک از گزینه ها به شکل برداری نمایش داده می شوند که x_{ij} وضعیت گزینه i ام در معیار j ام را مشخص می نماید. بر این اساس ماتریس تصمیم اولیه به صورت زیر و λ مشخص می شود.

$$X = \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ X_{m1} & X_{m2} & \cdots & X_{mn} \end{bmatrix} \qquad (۸)$$

مرحله دوم. نرمال سازی ماتریس تصمیم. به منظور انجام این کار و با توجه به جنس هر معیار، از رابطه (۲-۸) برای نرمال سازی معیارهای مثبت و از رابطه (۲-۹) برای نرمال سازی معیارهای منفی استفاده می شود. ماتریس تصمیم نرمال با N نشان داده می شود.

$$n_{ij} = \frac{x_{ij} - x_i^-}{x_i^+ - x_i^-} \qquad (۹)$$

$$n_{ij} = \frac{x_{ij} - x_i^+}{x_i^- - x_i^+} \quad (۱۰)$$

که در آن x_i^+ نشان دهنده بیشترین مقداری است که در یک معیار مشخص، در میان گزینه ها مشاهده شده است و x_i^- نشان دهنده کمترین مقداری است که در یک معیار مشخص، در میان گزینه ها مشاهده شده است.

مرحله سوم. ماتریس بی مقیاس موزون. در این مرحله با استفاده از ماتریس قطری W (وزن شاخص ها) و از طریق رابطه زیر ماتریس بی مقیاس موزون به دست می آید (مجموع عناصر ماتریس W برابر با یک است).

$$V = R \times W_{n\times n} \quad (۱۱)$$

که در آن V ماتریس بی مقیاس موزون و W ماتریس قطری وزنهای تعیین شده برای شاخص ها می باشد.

مرحله چهارم. مشخص کردن ماتریس مرز تخمین ناحیه (G). مرز تخمین ناحیه برای هر معیار به شکل رابطه (۱۲) محاسبه می شود.

$$g_i = \left(\prod_{j=1}^{m} v_{ij}\right) \quad (۱۲)$$

بعد از محاسبه g_i برای هر معیار، ماتریس مرز تخمین ناحیه که با G نشان داده می شود، تشکیل می گردد.

مرحله پنجم. محاسبه فاصله گزینه ها از مرز تخمین ناحیه (Q). فاصله گزینه ها از مرز تخمین ناحیه مطابق رابطه (۱۳) برابر اختلاف میان درایه های ماتریس وزن دار (V) و مقدار مرز تخمین ناحیه (G) تعیین می شود.

$$Q = V - G = \begin{bmatrix} v_{11} & \cdots & v_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{m1} & \cdots & v_{mn} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} g_1 & \cdots & g_n \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ g_1 & \cdots & g_n \end{bmatrix} \quad (۱۳)$$

پس از مشخص شدن مقدار ماتریس Q، می توان با تعریف بردار تخمین مساحت (G)، حد بالایی مساحت (G^+) و حد پایین مساحت (G^-) وضعیت هر گزینه را مشخص نمود. بر این اساس، گزینه A_i متعلق به اجتماع مجموعه مذکور می باشد. نواحی مذکور در شکل ۳ نشان داده شده اند. در این تعریف، حد بالای تخمین مساحت (G^+)، منطقه ای است که گزینه ایده آل (A^+) در آن منطقه حضور داشته و حد پایین تخمین مساحت (G^-) منطقه ای است که گزینه ضد ایده آل (A^-) در آن جا وجود دارد. میزان تعلق گزینه A_i به اجتماع مذکور، بر اساس رابطه (۱۴) بدست می آید.

$$A_i \in \begin{cases} G^+ & q_{ij} > 0 \\ G & q_{ij} = 0 \\ G^- & q_{ij} < 0 \end{cases} \quad (۱۴)$$

بر مبنای منطق روش ماباک برای اینکه گزینه A_i بهترین گزینه در مجموعه گزینه ها باشد؛ لازم است تا نسبت به دیگر گزینه ها به حد بالای تخمین منطقه ای (G^+) نزدیک تر باشد. بعبارت دیگر، اگر مقدار $q_{ij} > 0$ باشد، بنابراین گزینه A_i نزدیک یا برابر گزینه ایده آل خواهد بود. همین مساله به صورت معکوس و برای شرایط $q_{ij} < 0$ نیز وجود دارد. به گونه ای که اگر $q_{ij} < 0$ باشد، بنابراین گزینه A_i نزدیک یا برابر گزینه ضد ایده آل می باشد.

مرحله ششم. رتبه بندی گزینه ها. در آخرین گام از روش ماباک، مقدار توابع معیارها بر اساس مجموع فواصل گزینه ها از بردار تخمین مساحت (q_i) برای هر کدام، مطابق رابطه (۱۵) محاسبه می شود. با محاسبه مجموع درایه های ماتریس Q به صورت سطری، مقدار نهایی توابع معیار برای هر گزینه مشخص شده و مبنای رتبه بندی گزینه ها قرار می گیرد.

$$S_i = \sum_{j=1}^{n} q_{ij} \quad \forall i \quad (۱۵)$$

مطالعه موردی

گروه قطعات خودرو سازی مورد مطالعه متشکل از ۱۲ شرکت بزرگ تولیدی است. موضوع کسب و کار گروه، تولید قطعات خودرو است و فعالیت آن از سال ۱۳۷۶ آغاز شده و تا کنون ادامه دارد. شرکتهای عضو گروه در تهران و استان‌های مختلف دیگر از جمله آذربایجان شرقی، گیلان، البرز و اصفهان استقرار یافته‌اند و شرکت "مادر" در تهران مستقر است. با توجه به نقش کلیدی این گروه تولیدی در تامین قطعات مورد نیاز و انتخاب تامین کنندگان و توجه به اصول اقتصاد مقاومتی و لزوم آمادگی در برابر انواع اختلالات و ناپایداری منطقه، لزوم تاب آوری و انتخاب تامین کنندگان تاب آور موردنیاز می باشد. لذا این تحقیق روش های تشریح شده در بخش ۳ را به منظور انتخاب تامین کنندگان تاب آور در شرکت قطعات خودرو اجرا نموده است.

شناسایی معیارهای تاثیر گذاری در انتخاب تامین کنندگان تاب آوری با استفاده از تکنیک دلفی

به منظور شناسایی شاخص های تاثیرگذار در ارزیابی تاب آوری تأمین کنندگان، ابتدا با مراجعه به مطالعات انجام شده در راستای این تحقیق ۲۷ شاخص شناسایی گردید. جهت اطمینان از تاثیرگذار بودن شاخص‌های شناسایی شده، پرسشنامه طیف ۵ گزینه ای دلفی طراحی و میان خبرگان انتخاب شده توزیع گردید. پس از توزیع و جمع‌آوری پرسشنامه‌ها، امتیازاتی که هر کدام از شاخص ها از گروه خبره کسب نمودند، جهت بررسی و محاسبه به نرم افزار اکسل انتقال و در آنجا کلیه میانگین‌های این شاخص ها، با روش میانگین حسابی محاسبه گردید. با در نظر گرفتن میانگین های بالاتر از ۳ در مجموع ۱۳ شاخص تأیید و انتخاب شدند، نتایج در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲. شاخص های تاب آوری شناسایی شده

شاخص	کد	میانگین امتیازات	شاخص	کد	میانگین امتیازات
مشاهده پذیری	R1	3.45	قدرت مالی	R8	3.55
همکاری	R2	3.4	تسهیم اطلاعات	R9	3.3
انعطاف پذیری	R3	4	افزونگی	R10	3.4
چابکی	R4	4.2	زمان تأخیر	R11	3.75
سرعت	R5	3.35	فاصله	R12	3.6
اعتماد	R6	3.35	مدیریت تقاضا	R13	3.5
پایداری	R7	3.35			

وزن دهی شاخص های انتخاب تامین کننده تاب آور با استفاده از روش بهترین – بدترین

پس از شناسایی شاخص های تاثیرگذار با استفاده از تکنیک دلفی، با اهمیت ترین و کم اهمیت ترین شاخص ها توسط افراد خبره مشخص گردیدند. جدول ۳ با اهمیت ترین و کم اهمیت ترین شاخص ها را نشان می دهد.

جدول ۳. با اهمیت ترین و کم اهمیت ترین شاخص های تاثیرگذار

با اهمیت ترین شاخص	چابکی	R4	4.2
کم اهمیت ترین شاخص	تسهیم اطلاعات	R9	3.3

پس از تعیین بااهمیت ترین و کم اهمیت ترین شاخص ها، می بایست ارجحیت سایر شاخص ها در هر سطح نسبت به بااهمیت ترین و کم اهمیت ترین شاخص در همان سطح توسط خبرگان سنجیده شود. برای تعیین این بردار از خبرگان خواسته شد تا ارجحیت مهم ترین شاخص (R4) را نسبت به سایر شاخص ها مشخص کنند (جدول ۴) و سپس بردار ارجحیت سایر شاخص ها نسبت به کم اهمیت ترین شاخص (R9) تعیین نمایند (جدول ۵).

جدول ۴. ارجحیت با اهمیت ترین شاخص های نسبت به سایر شاخص ها

شاخص ها	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13
R4	2.5	4.8	5.9	1	7.1	3.9	7.9	5.9	8.8	2.2	6.5	2.9	7.8

جدول ۵. ارجحیت سایر شاخص ها نسبت به کم اهمیت ترین شاخص

شاخص ها	R9	شاخص ها	R9
R1	8.6	R8	5.3
R2	6.8	R9	1
R3	4.9	R10	7.8
R4	8.8	R11	4.1
R5	4.1	R12	2.1
R6	7	R13	3.2
R7	5.9		

در این مرحله پس از تعیین ارجحیت ها، مدل ریاضی جهت تعیین اوزان شاخص ها به صورت روابط زیر تعیین گردیده و با استفاده از نرم افزار Lingo حل شده است. نتایج اوزان نهایی شاخص ها در جدول ۶ نشان داده شده است.

$$\min \varepsilon$$

s.t:

$$|w_4 - 2.5\, w_1| \le \varepsilon \qquad |w_1 - 8.6\, w_9| \le \varepsilon$$
$$|w_4 - 4.8\, w_2| \le \varepsilon \qquad |w_2 - 6.8\, w_9| \le \varepsilon$$
$$|w_4 - 5.9\, w_3| \le \varepsilon \qquad |w_3 - 4.6\, w_9| \le \varepsilon$$
$$|w_4 - 7.1\, w_5| \le \varepsilon \qquad |w_4 - 8.8\, w_9| \le \varepsilon$$
$$|w_4 - 3.9\, w_6| \le \varepsilon \qquad |w_5 - 4.1\, w_9| \le \varepsilon$$
$$|w_4 - 7.9\, w_7| \le \varepsilon \qquad |w_6 - 7.0\, w_9| \le \varepsilon$$
$$|w_4 - 5.9\, w_8| \le \varepsilon \qquad |w_7 - 5.9\, w_9| \le \varepsilon$$
$$|w_4 - 8.8\, w_9| \le \varepsilon \qquad |w_8 - 5.3\, w_9| \le \varepsilon$$
$$|w_4 - 2.2\, w_{10}| \le \varepsilon \qquad |w_{10} - 7.8\, w_9| \le \varepsilon$$
$$|w_4 - 6.5\, w_{11}| \le \varepsilon \qquad |w_{11} - 4.1\, w_9| \le \varepsilon$$
$$|w_4 - 8.0\, w_{12}| \le \varepsilon \qquad |w_{12} - 2.1\, w_9| \le \varepsilon$$
$$|w_4 - 7.8\, w_{13}| \le \varepsilon \qquad |w_{13} - 3.2\, w_9| \le \varepsilon$$

$$\sum w_i = 1$$
$$\forall\, w_i \ge 0$$

جدول ۶. اوزان نهایی شاخص های ارزیابی تاب آوری تأمین کنندگان

شاخص ها	وزن	شاخص ها	وزن
مشاهده پذیری	0.126	قدرت مالی	0.054
همکاری	0.066	تسهیم اطلاعات	0.019
انعطاف پذیری	0.054	افزونگی	0.144
چابکی	0.243	زمان تأخیر	0.049
سرعت	0.045	فاصله	0.040
اعتماد	0.082	مدیریت تقاضا	0.041
پایداری	0.040		

با توجه به حل مدل برنامه ریزی خطی روش بهترین بدترین، شاخص های چابکی، مشاهده پذیری و افزونگی به ترتیب به عنوان مهم ترین شاخص های ارزیابی تاب آوری تأمین کنندگان در گروه تولیدی قطعه ساز معرفی شدند. نرخ سازگاری نیز در سطح قابل قبولی است.

۲-۴- اولویت بندی تامین کننده با استفاده از روش ماباک

در این مرحله با توجه به شاخص های شناسایی شده و وزن هر کدام از آنها، ۴ تامین کننده اصلی شرکت قطعه سازی با استفاده از روش ماباک اولویت بندی می گردند. محاسبات مربوط به این روش در نرم افزار اکسل انجام شده است. به منظور گردآوری نظرات خبرگان در مورد هر یک از تامین کنندگان با توجه به شاخص های شناسایی شده و تشکیل ماتریس تصمیم گیری از طیف ۹ گزینه ای لیکرت استفاده گردید نظرات خبرگان با استفاده از میانگین هندسی تجمیع شده و در جدول ۷ نشان داده شده است.

جدول ۷. ماتریس تصمیم گیری تجمیعی خبرگان

C13	C12	C11	C10	C9	C8	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	
7.2	6.5	6.2	5.3	2.9	5.8	7.4	6.2	7.1	2.1	5.8	5.3	4.3	A1
7.1	4.9	6.2	4.9	3.2	7.1	6.4	4.4	7.1	4.2	4.4	6.1	5.1	A2
5.4	7.1	5.2	4.9	4.2	5.8	6.4	5.9	7.2	4.5	5.0	5.3	4.6	A3
6.2	6.1	5.9	4.5	3.1	5.6	6.4	5.7	6.1	3.5	5.3	5.8	4.9	A4

پس از تشکیل ماتریس تصمیم گیری، با استفاده از رابطه ۹ و ۱۰ ماتریس تصمیم نرمال شده محاسبه می گردد (جدول ۸).

جدول ۸. ماتریس تصمیم نرمال شده

C13	C12	C11	C10	C9	C8	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	
1.00	0.75	1.00	1.00	0.00	0.13	1.00	1.00	0.90	0.00	1.00	0.00	0.00	A1
0.94	0.00	1.00	0.52	0.23	1.00	0.00	0.00	0.90	0.90	0.00	1.00	1.00	A2
0.00	1.00	0.00	0.52	1.00	0.13	0.00	0.88	1.00	1.00	0.43	0.10	0.38	A3
0.46	0.54	0.68	0.00	0.15	0.00	0.00	0.77	0.00	0.58	0.62	0.69	0.68	A4

پس از تشکیل ماتریس نرمال، ماتریس نرمال موزون و مقادیر مرز ناحیه تخمین (g_i) برای شاخص ها تعیین می گردند (جدول ۹).

جدول ۹. ماتریس نرمال موزن و بردار مرز ناحیه تخمین شاخص ها

C13	C12	C11	C10	C9	C8	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	
1.00	0.75	1.00	1.00	0.00	0.13	1.00	1.00	0.90	0.00	1.00	0.00	0.00	A1
0.94	0.00	1.00	0.52	0.23	1.00	0.00	0.00	0.90	0.90	0.00	1.00	1.00	A2
0.00	1.00	0.00	0.52	1.00	0.13	0.00	0.88	1.00	1.00	0.43	0.10	0.38	A3
0.46	0.54	0.68	0.00	0.15	0.00	0.00	0.77	0.00	0.58	0.62	0.69	0.68	A4
0.90	0.90	0.92	0.99	0.84	0.91	0.88	0.95	0.91	1.04	0.92	0.93	0.98	g_i

پس از انجام مراحل فوق، فاصله گزینه ها از مرز تخمین ناحیه (Q) محاسبه تعیین می شود (جدول ۱۰).

جدول ۱۰. ماتریس فاصله گزینه ها از مرز ناحیه تخمین

C13	C12	C11	C10	C9	C8	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	
-0.82	-0.83	-0.82	-0.70	-0.82	-0.85	-0.80	-0.79	-0.83	-0.79	-0.81	-0.86	-0.85	A1
-0.82	-0.86	-0.82	-0.77	-0.82	-0.80	-0.84	-0.87	-0.83	-0.57	-0.86	-0.80	-0.73	A2
-0.86	-0.82	-0.87	-0.77	-0.80	-0.85	-0.84	-0.80	-0.82	-0.55	-0.84	-0.86	-0.81	A3
-0.84	-0.84	-0.84	-0.85	-0.82	-0.85	-0.84	-0.81	-0.87	-0.65	-0.83	-0.82	-0.77	A4

در آخرین گام این روش، مجموع فواصل گزینه ها از بردار تخمین برای هر تامین کننده محاسبه شده و اولویت هر تامین کننده تعیین می گردد. همانگونه که در جدول ۱۱ قابل مشاهده است تامین کننده شماره ۲ به عنوان تاب آور ترین تامین کننده معرفی می شود.

جدول ۱۱. اولویت بندی گزینه ها

گزینه ها	Si	اولویت
A1	-10.58	3
A2	-10.39	1
A3	-10.49	2
A4	-10.62	4

۵- نتیجه گیری

هدف اصلی از انجام این تحقیق ارائه مدلی مناسب به منظور ارزیابی تامین کنندگان براساس شاخص های تاب آوری با استفاده از روش های تصمیم گیری چند معیاره می باشد. در ابتدا با مطالعه ادبیات تحقیق و استفاده از نظرات خبرگان ۱۳ شاخص تاثیر گذار شناسایی شدند. پس از جمع آوری داده های حاصل از نظرات خبرگان، روش بهترین- بدترین برای تعیین اوزان شاخص ها استفاده شد و شاخص های چابکی، افزونگی و مشاهده پذیری به ترتیب بیشترین وزن ها را به خود اختصاص دادند. سپس با بکارگیری روش ماباک، تامین کنندگان شرکت رتبه بندی شدند و تامین کننده شماره ۲ به عنوان تامین کننده برتر انتخاب گردید.

منابع

[1] Bottani, E., Murino, T., Schiavo, M., & Akkerman, R. (2019). Resilient food supply chain design: Modelling framework and metaheuristic solution approach. Computers & Industrial Engineering.

[2]Mangal, D. (2013). Supply Chain Management-A Quality Improving Tool in Process Industries. International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAIEM), 2(1), 149-154.

[3]Hendricks, K. B., & Singhal, V. R. (2005). An empirical analysis of the effect of supply chain disruptions on long-run stock price performance and risk of the firm. Production and Operations Management, 14, 35–52.

[4] داوود (۱۳۹۸). , معزز، هاشم، فتحی، محمد رضا و رمضانی کرمانی ارزیابی تامین‌کنندگان تاب‌آور با استفاده از سیستم نسبی فازی و فرآیند تحلیل فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست .شبکه ای

[5] Haldar, A., Ray, A., Banerjee, D., & Ghosh, S. (2012). A hybrid MCDM model for resilient supplier selection. International Journal of Management Science and Engineering Management, 7(4), 284-292

[6] Haldar, A., Ray, A., Banerjee, D., & Ghosh, S. (2014). Resilient supplier selection under a fuzzy environment. International Journal of Management Science and Engineering Management, 9(2), 147-156

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

[8] Sahu Anoop, K. (2016). Evaluation and selection of resilient suppliers in fuzzy environment. Benchmarking: An International Journal, 23(3), 651-67

[9] Chen, A., Hsieh, C.-Y., & Wee, H. M. (2016). A resilient global supplier selection strategy—a case study of an automotive company. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 87(5), 1475-1490

[10] Valipour Parkouhi, S., & Safaei Ghadikolaei, A. (2017). A resilience approach for supplier selection: Using Fuzzy Analytic Network Process and grey VIKOR techniques. Journal of Cleaner Production, 161, 431-451

[11] Pramanik, D., Haldar, A., Mondal, S. C., Naskar, S. K., & Ray, A. (2017). Resilient supplier selection using AHP-TOPSIS-QFD under a fuzzy environment. International Journal of Management Science and Engineering Management, 12(1), 45-54

[12] Wang, T.-K., Zhang, Q., Chong, H.-Y., & Wang, X. (2017). Integrated supplier selection framework in a resilient construction supply chain: An approach via analytic hierarchy process (AHP) and grey relational analysis (GRA). Sustainability, 9(2), 289

[13] Hosseini, S., & Khaled, A. A. (2019). A hybrid ensemble and AHP approach for resilient supplier selection. Journal of Intelligent Manufacturing, 30(1), 207-228

[14] Pamučar, D., & Ćirović, G. (2015). The selection of transport and handling resources in logistics centers using Multi-Attributive Border Approximation area Comparison (MABAC). Expert systems with applications, 42(6), 3016-3028