مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال یازدهم، شماره اول (پیاپی ۴۰)، بهار ۹۳، ص ص ۱۸-۱
شاپا ۷۲۸۶-۲۲۵۱

طراحی مدل احتمالی و استوار یکپارچه سه مرحله‌ای برای انتخاب تامین‌کننده با رویکرد عدم قطعیت

عادل آذر [۱]، سیدفاضل موسوی* [۲]

۱- استاد مدیریت صنعتی، دانشگاه تربیت مدرس، گروه مدیریت صنعتی، تهران، ایران

۲- دکتری مدیریت صنعتی، دانشگاه تربیت مدرس، گروه مدیریت صنعتی، تهران، ایران

رسید مقاله: ۷ مرداد ۱۳۹۲

پذیرش مقاله: ۴ دی ۱۳۹۲

چکیده

یکی از مهمترین تصمیماتی که در زنجیره تامین گرفته می‌شود؛ مساله‌ی کارایی و اثربخشی این زنجیره توأم با پارامترها و متغیرهای دارای عدم قطعیت است. عدم قطعیت در زنجیره تامین منجر به غیر بهینه شدن تصمیماتی است که با فرض قطعیت گرفته می‌شوند؛ از این رو در این تحقیق مدلی با رویکرد استوار و یک مدل یکپارچه سه مرحله‌ی برای تطابق با عدم قطعیت در زنجیره تامین به کار رفت. در مرحله‌ی اول فاکتورهای کلیدی در انتخاب تامین‌کننده شناسایی شدند. در مرحله بعد با تحلیل سلسله مراتبی فازی تامین‌کنندگان، با توجه به این شاخص‌های شناسایی شده، تامین‌کنندگانی را که حداقل نمره قابل قبول کسب کردند؛ وارد مدل استوار و احتمالی دو مرحله‌ای عدد صحیح چند دوره‌ای- چند محصولی برای تخصیص کوتاه مدت تقاضای دارای عدم قطعیت به محصولات شدند. در نهایت به مقایسه‌ی نتایج پرداخته شد و نتایج نشان داد که مدل حاصل از قدرت بالایی برخوردار بوده؛ منجر به تطابق با تقاضای دارای عدم قطعیت می‌شود.

کلمات کلیدی: زنجیره تامین، برنامه‌ریزی احتمالی، انتخاب تامین‌کننده، تحلیل سلسله مراتبی فازی، مدل استوار.

۱ مقدمه

زنجیره تامین شامل هماهنگی و یکپارچه‌سازی فعالیت‌های کلیدی تجاری از فعالیت‌های خرید مواد اولیه تا توزیع محصولات نهایی به مشتریان است که فرآیند برنامه‌ریزی زنجیره تامین را ایجاب می‌کند[۱و۲]. در فرآیندهای تصمیم‌گیری در زنجیره تامین فاکتور اصلی که ممکن است اثربخشی پیکربندی و هماهنگی را در طول زنجیره تحت تاثیر قرار دهد؛ عدم قطعیت است. در حقیقت توجه به بهینه‌سازی در زنجیره تامین در شرایط عدم قطعیت منجر به کاهش هزینه‌ها و بهبود کیفیت و در نتیجه رسیدن به یک مزیت و موقعیت رقابتی خواهد شد [۳] همچنین تحقیقات تجربی نشان می‌دهند که یکپارچه‌سازی زنجیره تامین عملکرد تجاری و عملیاتی بهتری را ارایه می‌دهند

* عهده دار مکاتبات

آدرس الکترونیکی: fazel.mosavi@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir

[۴]. مدیران ارشد سازمان‌ها همواره در جستجوی راه حلی برای مرتفع کردن مسایل واحدهای مختلف سازمانی می‌باشند. در این میان انتخاب تامین‌کننده مناسب به یکی از اساسی‌ترین مسایل در زنجیره تامین سازمان‌ها تبدیل شده است. مساله انتخاب تأمین‌کننده شامل تجزیه تحلیل و اندازه‌گیری عملکرد مجموعه‌ای از تأمین‌کنندگان به منظور رتبه‌بندی آن‌ها با هدف بهبود وضعیت رقابتی در کل سیستم تأمین است. در واقع انتخاب تامین‌کننده مناسب کلید اصلی به دست آوردن کیفیت مطلوب به‌جای قیمت مناسب، سطح لازم حمایت فنی و سطح مطلوب خدمات است.

۱-۱ مدل‌های برنامه‌ریزی احتمالی

کارهای انجام شده در زمینه‌ی انتخاب تامین‌کننده در دو دسته‌ی مدل‌های سخت (Hard) و نرم (MADM) طبقه‌بندی می‌شوند. مدل‌های برنامه‌ریزی احتمالی اولین بار به‌وسیله‌ی دنزیک و بیل در سال ۱۹۹۵ [۵و۶] ابداع شد. آن‌ها یک دید احتمالی برای جانشینی قطعیت در زمانی‌که ضرایب و پارامترهای ناشناخته، احتمالی هستند ارایه می‌دهند با این شرط که توزیع احتمالی فرض شده مستقل از متغیرهای تصمیم است. تعداد زیادی از مدل‌های دارای عدم قطعیت از توزیع‌های آماری برای عدم قطعیت داده‌ها استناد می کنند. مانند کار میر حسنی و دیگران [۷] در سال ۱۹۹۹ و احمد و دیگران [۸] در اوایل سال ۲۰۰۰ که برای برنامه‌ریزی تولید استفاده کردند. نکته‌ی مهم استفاده از این مدل‌ها در سطح تاکتیکی است نه استراتژیک. در سال‌های اخیر استفاده از برنامه‌ریزی احتمالی عدد صحیح دو مرحله‌ای در اکثر موارد به‌کار رفته است. مانند کار میر حسنی و دیگران (۱۹۹۹)، احمد و دیگران (۲۰۰۰)، گوبتا و موناماس [۹و۱۰] بین سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۰۳ و تسیاکیس و دیگران [۱۱] در سال ۲۰۰۱ از برنامه‌ریزی احتمالی دو مرحله‌ای تحت تقاضای دارای عدم قطعیت استفاده کردند.

درباره‌ی سایر کارهای صورت گرفته و توجه شده در این تحقیق، می‌توان به ازرون و دیگران [۱۲] در سال ۲۰۰۸، السید و دیگران [۱۳] در ۲۰۱۰، سانتوسو و دیگران [۱۴] در ۲۰۰۵ و فلتن [۱۵] و دیگران در رابطه‌ی برنامه‌ریزی تولید در سال ۲۰۰۸ اشاره کرد.

۱-۲ رویکرد استوار

رویکرد استوار برای حل مسایل بهینه‌سازی با عدم قطعیت داده‌ها در اوایل دهه‌ی ۱۹۷۰ پیشنهاد شد و اخیراً به‌طور گسترده‌ای مورد مطالعه قرار گرفت و توسعه یافت. تحت این رویکرد تمایل به پذیرش یک جواب زیر بهینه برای ارزش‌های اسمی داده‌ها برای تضمین اینکه جواب موجه و بهینه وقتی که داده‌ها تغییر می‌کند؛ تضمین شود [۱۶]. دو محقق به نام‌های مدل داگلاس خوزه الم و رینالدوموراربیتو دو دلیل را برای استفاده از بهینه‌سازی استوار ذکر کردند:

۱. بهینه‌سازی استوار نسبت به رویکرد احتمالی از لحاظ حل مدل راحت‌تر است.

Archive of SID
www.SID.ir

۲. دانش واضحی از توزیع احتمالی از داده‌های دارای عدم قطعیت نیاز نیست و از داده‌های تاریخی و تجربه‌های تصمیم‌گیرنده می‌توان در بعضی موارد برای استنتاج بازه‌ی دارای عدم قطعیت استفاده کرد [۱۷].

مدل‌های استوار اصلی و کلاسیک در چهار دسته زیر خلاصه می‌شود:

۱. فرمول‌بندی استوار سویستر.

۲. فرمول‌بندی استوار بن تال و نمیروفسکی.

دو مدل فوق در جدول زیر خلاصه می‌شود (هر دو مدل محافظه کارانه هستند):

جدول ۱. مقایسه مدل سویستر و بتنال [۱۶]

نام مدل	تعداد متغیرها	تعداد محدودیت ها	ویژگی مدل
سویستر	۲N	M+۲N	مدل خطی
بن تال ونمیروفسکی	N+۲K	M+۲K	مدل غیر خطی

۳. فرمول‌بندی برتسمیس و مالوی سیم .

۴. فرمول‌بندی استوار مالوی سیم و وندربی.

با توجه به ماهیت گسسته و سناریویی داده‌ها از مدل مالوی وهمکاران استفاده شد. مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی با داده‌های بیش از حد، دارای پارازیت و عدم قطعیت فراوان در کاربردهای تحقیق در عملیات بسیار معمول است. مشکلات این داده‌ها اصولاً با تحلیل حساسیت و فرمول‌بندی برنامه‌ریزی احتمالی مواجه است. مالوی در سال ۱۹۹۵ دو مطلب یعنی استواری مدل و استواری راه‌حل را مطرح کرده است. راه‌حل بهینه برنامه‌ریزی ریاضی در ارتباط با بهینگی همچنان استوار است اگر برای هر فهم از سناریو خاص همچنان نزدیک به بهینه باقی بماندکه به آن استواری راه‌حل گویند. از طرف دیگر راه‌حل همچنان در ارتباط با استواری موجه است اگر برای هر فهم از سناریو خاص همچنان تقریباً موجه باقی بماند به این مورد استواری مدل گویند. غیر موجه بودن مدل به‌وسیله‌ی تابع جریمه اندازه‌گیری می‌شود.

نزدیک به بهینگی به معنای بهینگی مجاورت است در حالی که تقریباً موجه به معنای آن است که تابع جریمه مقدار اندکی را به خود اختصاص دهد. مالوی و همکارانش مدل بهینگی استوار را با در نظرگرفتن تحلیل هزینه فایده بین استواری راه‌حل و استواری مدل ارایه می دهند. در مدل بهینه‌سازی استوار آن‌ها دو نوع متغیر وجود دارد: متغیرهای کنترل و متغیرهای طراحی. برای متغیرهای طراحی قبل از فهم پارامترهای احتمالی تصمیم‌گیری می‌شود و نمی‌توان آن‌ها را بعد از فهم تغییر داد. متغیرهای کنترل بعد از یک فهم خاص از پارامترهای عدم قطعیت تعدیل می‌شوند. مدل بهینه‌سازی استوار که به‌وسیله‌ی مالوی و دیگران ارایه شده است مانند زیر فرمول‌بندی می‌شود. در ابتدا تعدادی از نمادها مرتبط با مدل معرفی می‌گردد.

Archive of SID

www.SID.ir

x بردار متغیرهای طراحی و y بردار متغیرهای کنترل است. A، B و C ضرایب پارامترها، b و e بردارهای پارامترهاست (مقادیر سمت راست). A و b مقادیر معین هستند؛ در حالی که B، C و e دارای عدم قطعیت می‌باشند. یک فهم خاص از پارامترعدم قطعیت سناریو نامیده می‌شود که به آن نماد s اختصاص می‌یابد و احتمال آن با p_s مشخص می‌شود. برای نشان دادن مجموعه‌ای از سناریواز نماد Ω استفاده می‌شود. ضرایب عدم قطعیت به‌شکل B_s، C_s و e_s برای هر سناریو $s \in \Omega$ اختصاص می‌یابد. همچنین متغیر کنترل y چون بعد از فهم سناریو تعدیل می‌شود؛ می‌تواند نماد y_s برای سناریو s تخصیص یابد. به‌خاطر عدم قطعیت پارامترها ممکن است مدل برای تعدادی از سناریوها غیر موجه شود؛ بنابراین η_s غیر موجه بودن مدل را تحت هر سناریو s نشان می دهد. اگر مدل موجه باشد η_s برابر صفر است و در غیر این صورت مقدار مثبتی از معادله‌های زیر خواهد گرفت. مدل مالوی مانند زیر فرمول‌بندی می‌شود:

$$
\begin{aligned}
&Min \quad \sigma(x, y_1, y_2, ..., y_s) + \gamma\rho(\eta_1, \eta_2, ..., \eta_s) \\
&s.t. \\
&\quad Ax = B, \\
&\quad B_S x + C_S y_S + \eta_S = e_S, \\
&\quad x \geq 0,\ y_S \geq 0,\ \eta_S \geq 0,\ \forall s \in \Omega.
\end{aligned}
$$

دو عبارت در تابع هدف فوق وجود دارد : اولین نشان دهنده‌ی استواری راه‌حل است و دومین استواری مدل را به‌وسیله‌ی وزن γ نشان می‌دهد. در ادامه این دو عبارت بحث می‌شود. برای ارایه‌ی $f(x,y)$از نماد ξ که یک تابع هزینه و فایده است، استفاده می گردد و برای هر سناریو از $\xi_s = f(x, y_s)$. واریانس بالا برای $\xi_s = f(x, y_s)$ نشان دهنده‌ی آن است که تصمیم دارای ریسک بالایی است. به عبارت دیگر یک تغییر کوچک در پارامترهای دارای عدم قطعیت می‌تواند سبب تغییرات بزرگ در ارزش تابع اندازه‌گیری شود. مالوی و همکارانش از عبارت زیر برای نشان دادن استواری راه حل استفاده کردند و δ وزن اختصاص یافته برای واریانس راه حل است.

$$\sigma(\circ) = \sum_{s\in\Omega} p_S \xi_S + \delta \sum_{s\in\Omega} p_S \left(\xi_S - \sum_{s\in\Omega} p_S' \xi_S' \right)^2$$

همان‌طور که می‌توان دید یک عبارت درجه‌ی دو $\sum_{s\in\Omega} p_S \left(\xi_S - \sum_{s\in\Omega} p_S' \xi_S' \right)^2$ در عبارت وجود دارد. یو و لین [۱۸] برای کاهش در عملیات کامپیوتری از یک عبارت قدر مطلق انحراف به‌جای عبارت درجه دو استفاده می‌کنند که در زیر نشان داده شده است:

$$\sigma(\circ) = \sum_{s\in\Omega} p_S \xi_S + \delta \sum_{s\in\Omega} p_S \left| \xi_S - \sum_{s\in\Omega} p_S' \xi_S' \right|$$

Archive of SID

www.SID.ir

اگرچه معادله‌ی فوق شامل مقادیر قدر مطلق است با این حال دو متغیر اضافی Q_s^- و Q_s^+ می‌تواند برای خطی کردن تابع هدف فوق استفاده شود. اگر $\sum_{s\in\Omega} p_s{}'\xi_s{}'$ بیشتر از ξ_s باشد Q_s^- به آن تفسیر می‌شود؛ در حالی‌که Q_s^+ برابر مقداری است که $\sum_{s\in\Omega} p_s{}'\xi_s{}'$ کوچک‌تر از ξ_s است. فرمول‌بندی فوق به شکل زیر تغییر می‌کند و خطی می‌شود:

$$\sigma(\circ)=\sum_{s\in\Omega} p_s\xi_s+\delta\sum_{s\in\Omega} p_s\left(Q_s^+ +Q_s^-\right)$$

$$s.t.$$

$$\xi_s-\sum_{s\in\Omega} p_s{}'\xi_s{}'=Q_s^+ +Q_s^-,\ s\in\Omega,$$

$$Q_s^+,Q_s^-\geq\circ,\ s\in\Omega.$$

برطبق تئوری برنامه‌ریزی خطی واضح است که همواره یکی از مقادیر Q_s^-وQ_s^+ برای$\delta\geq 0$ مقدار صفر می‌گیرد [۱۹]. توجه کنید که $\left|\xi_s-\sum_{s\in\Omega} p_s{}'\xi_s{}'\right|=\left(Q_s^+ +Q_s^-\right)$ است.

عبارت دوم تابع هدف فوق $\gamma\rho(\eta_1,\eta_2,\ldots,\eta_s)$ است که برای غیر موجه بودن مدل به‌کار می‌رود و استواری مدل را نشان می‌دهد. γ وزن قرار داده شده برای غیر موجه بودن اختصاص یافته است و تحلیل هزینه منفعت را بین استوار مدل و راه‌حل نشان می‌دهد. در اینجا η_s غیر موجه بودن مدل را نشان می‌دهد که به ازای پارامتر دچار عدم قطعیت تحت سناریو s به دلیل محدودیت ظرفیت ایجاد شده است. بر طبق کلیه بحث‌های فوق تابع هدف نهایی به شکل زیر فرموله می‌شود [۲۰].

$$Min\quad \sum_{s\in\Omega} p_s\xi_s+\delta\sum_{s\in\Omega} p_s\left(Q_s^+ +Q_s^-\right)+\gamma\sum_{s\in\Omega} p_s\eta_s$$

در دهه‌ی اخیر کارهای بسیاری در زمینه‌ی رویکرد استوار انجام شد. پنج کار اصلی در این زمینه‌ای که اخیراً صورت گرفته و در این پژوهش بیشترین تأثیر را داشته‌اند به همراه ویژگی‌های آن‌ها در جدول زیر خلاصه شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۲ . مدل‌های استوار زنجیره تامین

پدید آورندگان	سال انتشار مقاله	ویژگی‌های مدل
مدل فنگ پن وپاکش ناگی [۲۰]	۲۰۱۰	این افراد مدل استوار خود را برای طراحی زنجیره‌ی تامین تحت عدم قطعیت در تقاضا و در تولید چابک ارایه کردند و بهینه‌سازی یکپارچه‌ای را از لجستیک و هزینه‌های تولید با توجه به اعضای زنجبره تامین آورده‌اند.
داگلاس خوزه الم و رینالدوموراربیتو [۱۷]	۲۰۱۱	محققان چهار مدل را ارایه می‌دهند: مدل اول مدل تحت پیش فرض قطعیت، مدل دوم دارای عدم قطعیت در هزینه به همین ترتیب مدل سوم دارای عدم قطعیت در تقاضا و مدل چهارم مدل ترکیبی عدم قطعیت در تقاضا و هزینه‌ی تولید است. لازم به ذکر است که در این مدل‌ها از رویکرد بنتال و نمیروفسکی استفاده شده است.
مدل عادل آذر- مسعود ربیعه و دیگران [۲۱]	۱۳۸۹	در این تحقیق محققان مدل چند هدفه استوار- فازی را برای انتخاب‌کنندگان قطعات در شرکت ایران خودرو بررسی کردند. آن‌ها در تحقیق خود بیان می کنند که برخی از پارامترهای مدل به صورت متغیر تصادفی است که در بازه‌ی متقارن نوسان می‌کند.
لئونگ و همکاران [۲۲]	۲۰۰۷	در مقاله‌ی آن‌ها یک مدل بهینه‌سازی استوار برای برنامه‌ریزی تولید در چند سایت تولیدی مختلف با عدم قطعیت در داده‌ها توسعه پیدا کرد.
گویترز و دیگران [۲۳]	۱۹۹۶	آن‌ها یک مساله‌ی طراحی زنجیره تامین را با رویکرد استوار در نظر می‌گیرند. همچنین یک شکل یا هیأت را توسط این رویکرد که به ازای سناریوهای متفاوت خوب و نزدیک به بهینه بماند؛ پی گیری می‌کند.

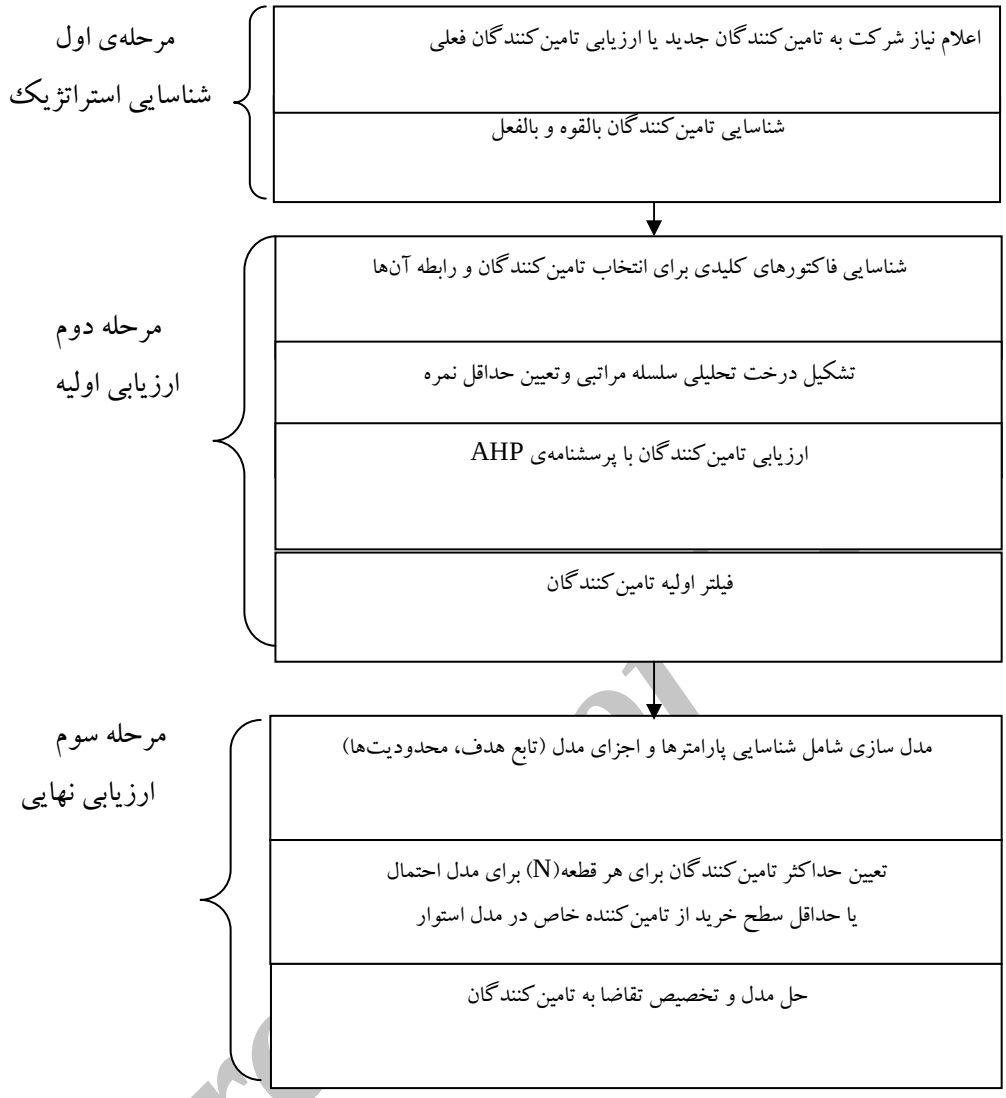
در این تحقیق نیز بعد از فیلتر اولیه تامین‌کنندگان با تحلیل سلسله مراتبی فازی از مدل برنامه‌ریزی احتمالی دومرحله‌ای عدد صحیح و مدل استوار برای تخصیص قطعات استفاده شد. بنابراین در قسمت دوم روش‌شناسی تحقیق در قسمت سوم مدل پیشنهاد شده در قسمت چهارم جواب‌های تحلیل سلسله مراتبی و مدل و در قسمت آخر نتایج آمده است.

۲ روش‌شناسی

در این تحقیق یک رویکرد سه مرحله‌ی یکپارچه برای انتخاب و تخصیص قطعات صورت گرفته و درشکل ۱ این مراحل مشخص شده است. تفاوت مدل استوار و احتمالی علاوه بر مدل‌سازی ریاضی آن‌ها در محدودیت تعیین تعداد تامین‌کنندگان برای مدل احتمالی و محدودیت حداقل مقدار تامین قطعه خاص از تامین‌کننده در مدل‌سازی استوار است.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۱. مدل یکپارچه سه مرحله‌ای و استوار

مرحله‌ی اول (شناسایی استراتژیک)

الف) شناسایی متغیرهای تاثیرگذار بر انتخاب تامین‌کننده.

در این قسمت با مطالعه‌ی ادبیات تحقیق درخت سلسله مراتبی و متغیرهای زیر به‌دست آمد. البته درخت‌های مورد بررسی برای انتخاب تامین‌کنندگان بزرگ‌تر بوده که با نظر خبرگان این درخت در نهایت حاصل شد:

ب) مرحله‌ی شناسایی تامین‌کننده بالقوه.

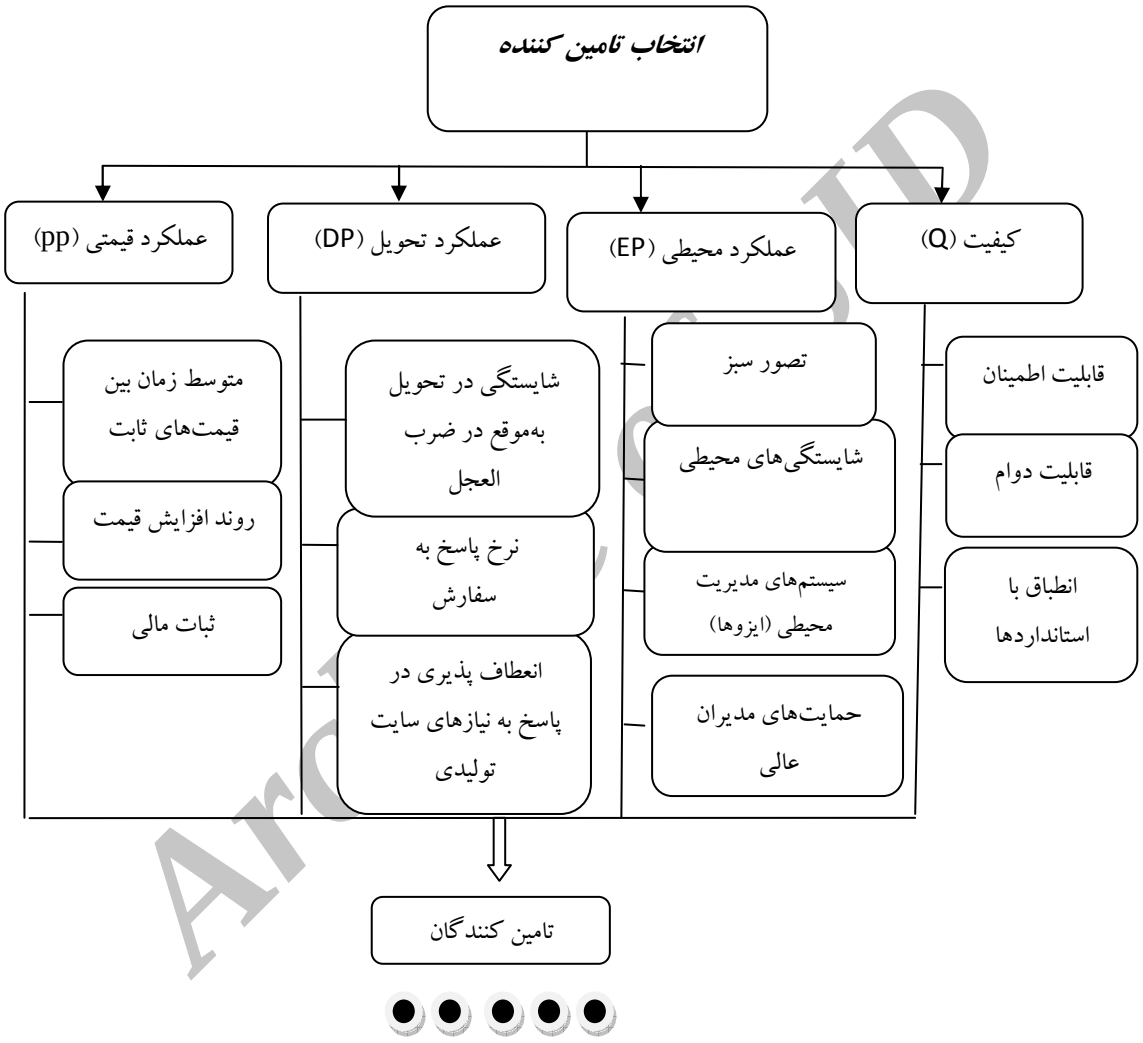
در این مرحله با توجه به دو محصول پژو پارس و ۴۰۵، ۱۹ قطعه با روش ABC انتخاب شدند و ۶ تامین‌کننده شناسایی شد.

www.SID.ir

مرحله‌ی دوم (پیش ارزیابی)

در این مرحله تامین‌کنندگان که در مرحله‌ی اول شناسایی شده‌اند با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی فازی مورد ارزیابی اولیه قرار گرفتند و آن‌هایی که حداقل ۰/۲ نمره نرمالایز شده را کسب نکردند از ورود به مرحله سوم حذف گردیدند.

مرحله‌ی سوم (ارزیابی نهایی)



شکل ۲. درخت تحلیلی سلسله مراتبی انتخاب تامین‌کنندگان

۲-۱ برنامه‌ریزی احتمالی

در این مرحله از برنامه‌ریزی احتمالی دو مرحله‌ای برای تخصیص تقاضای دارای عدم قطعیت به تامین‌کنندگان استفاده شد. دو مجموعه تصمیمات در برنامه‌ریزی احتمالی دو مرحله‌ای گرفته می‌شود:

www.SID.ir

تصمیمات قبل از ورود متغیر دارای عدم قطعیت که به این دسته از متغیرها متغیرهای مرحله‌ی اول گویند. متغیرهای مرحله دوم که پس از تجربه‌ی پارامترهای دارای عدم قطعیت وارد مدل می‌شوند [۲۴].

تقسیم متغیرها به این دو دسته صرفاً بر اساس ورود عدم قطعیت صورت گرفته است. اگر متغیرهای مرحله اول را با بردار X نشان دهیم؛ تصمیمات مرحله‌ی دوم با Y یا y(w) و یا y(w,x) نمایش داده می‌شود که در آن $\xi(w)$ حادثه احتمالی است؛ بنابراین توالی تصمیمات به‌صورت زیر خواهد بود :

$$X \longrightarrow \xi(w) \longrightarrow y(w,x)$$

به این ترتیب مدلی که توسط برگ و لویکس ارایه شد؛ به شکل زیر خواهد بود [۲۵] :

$$Min \quad z = c^T x + E_{\xi}\left[\min q(w)^T y(w)\right],$$

$$s.t.$$

$$Ax = b,$$
$$T(w)x + Wy(w) = h(w),$$
$$x \geq \circ, \quad y(w) \geq \circ.$$

۳ مدل‌سازی

پارامترها و متغیرهای مدل در جدول نمایش داده شده است . با توجه به ماهیت گسسته‌ی داده‌ها ۲۰ سناریو برای تقاضای قطعات در سایت‌های تولیدی ایران خودرو در نظر گرفته شد. برای تولید این ۲۰ سناریو ابتدا با توجه داده‌های ماهانه سال‌های قبل، توزیع پواسون در نرم افزار spss برای تقاضای دو محصول پژو پارس و ۴۰۵ در دو سایت در۱۲ ماه سطح $\alpha = ۰/۰۵$ به‌دلیل اینکه مقدار sig بزرگ‌تر از ۰/۰۲۵ فرض H_0 ، تایید شد.

سپس با استفاده از Add-Ins (ZRandom) در نرم افزار Excel ۲۰ عدد تصادفی با میانگین تعیین شده از داده‌ها ایجاد شد و مدل در نرم افزار lingo حل گردید. برای اینکه بین سناریوها تفاوتی نباشد احتمال همه‌ی سناریوها یکسان در نظر گرفته شد. لازم به توضیح است که در این تحقیق دو دسته رابطه با تامین کنندگان در نظر گرفته شد: رابطه‌ی اول بر اساس سیستم پایه است یعنی رابطه با تامین‌کنندگانی محدود برای مقدار ثابت و با هزینه ثابت قطعه برای هر دوره از این تامین‌کنندگان انتظار کمبود ظرفیتی عادی با توجه به این رابطه نمی رود. رابطه‌ی دوم براساس سیستم انتخابی برای مواردی است که نیاز بیش از مقدار برنامه‌ریزی تولید در دوره خاص باشد که علاوه بر هزینه‌ی ثابت فوق باید هزینه مازادی به این تامین‌کنندگان تعلق گیرد[۲۶].

تابع هدف هزینه خرید، حمل و نقل، موجودی، قطعات معیوب و دارای دیرکرد را حداقل می‌کند. محدودیت اول اشاره به این دارد که تعداد تامین‌کننده برای هر ماده نباید بیشتر از N باشد. محدودیت دوم به این نکته اشاره دارد که تا قرارداد پایه بسته نشود قرارداد مازاد نیز بسته نمی‌شود. محدودیت سوم اشاره به ظرفیت دارد. محدودیت بعد بیان می‌کند مقدار تخصیص به هر تامین‌کننده برابر تقاضای محصول در تعداد قطعه به‌کار

Archive of SID

www.SID.ir

رفته در محصول منهای موجودی دوره قبل و به‌علاوه موجودی این دوره است. دو محدودیت آخر محدودیت‌های باز دارنده قطعات دارای دیرکرد و معیوب هستند.

جدول ۳. پارامترها و متغیرهای مدل

اندیس‌ها	توضیحات
$G = (\tilde{E})$	شبکه‌ی زنجیره تامین.
$\tilde{E}$	مجموعه‌ی گره‌ها در شبکه (شامل تامین‌کنندگان، سایت‌های تولیدی).
$p \in \tilde{E}$	مجموعه‌ی کارخانه‌ها (سایت‌های تولیدی).
$k \in \tilde{E}$	مجموعه تامین‌کنندگان.
ψ	مجموعه‌ی محصولات.
T	مجموعه‌ی دوره‌های زمانی.
پارامترها	**توضیحات**
$g_{\mathrm{k}}^{\mathrm{r}}$	حداکثر مقداری که می‌شود قطعه r از تامین‌کننده k در یک دوره یک ماهانه از طریق قرارداد انتخابی خرید (نامحدود).
$C_{\mathrm{k}}^{\mathrm{r}}$	ظرفیت تامین‌کننده k برای قطعه r.
p^{r}	هزینه یک واحد کمبود قطعه r.
A_k^r	هزینه یک واحد خرید قطعه r از تامین‌کننده $k \in K$ که دارای قرارداد پایه است.
B_k^r	هزینه یک واحد خرید قطعه r از تامین‌کننده $k \in K$ که دارای قرارداد انتخابی است.
C_{kl}^s	هزینه حمل ونقل یک واحد از تامین‌کننده $k \in K$ به کارخانه‌ی $l \in p$.
H_l^r	هزینه نگهداری یک واحد قطعه r در کارخانه $l \in p$
I_{lo}^r	موجودی قطعه‌ی r در ابتدای سال در کارخانه ی $l \in p$.
τ_{r}^{ψ}	تعداد قطعاتی که برای ساخت یک واحد محصول ψ نیاز است.
Z_k^r	نرخ معیوبی قطعه r برای تامین‌کننده $k \in K$.
J^{r}	هزینه جریمه برای قطعه معیوب r.
N_k^r	نرخ دیر کرد قطعه r برای تامین‌کننده $k \in K$.
ζ^{r}	هزینه جریمه برای دیر کرد قطعه r.
D_{tl}^{ψ}	مقدار تقاضا برای محصول ψ در دوره‌ی t درکارخانه $l \in p$.
O_2^{r}	حداکثر نرخ دیرکرد پذیرفته شده برای قطعه r.
O_1^{r}	حداکثر نرخ معیوب پذیرفته شده برای قطعه r.

متغیرهای تصمیم (عدد صحیح)	توضیحات
	مقدار تحویل داده شده قطعه‌ی r از تامین کننده $k \in K$ به کارخانه $l \in p$ در دوره‌ی t (قرارداد پایه).
	مقدار تحویل داده شده قطعه‌ی r از تامین کننده $k \in K$ به کارخانه $l \in p$ در دوره‌ی t (قرارداد انتخابی).
	متغیر *باینری* انتخاب تامین کننده $k \in K$.
	مقدار موجودی قطعه r در کارخانه $l \in p$ در دوره‌ی t.

Archive of SID

www.SID.ir

$$Min \quad \sum_{s=1}^{S} p_S \left\{ \sum_{k\in K} \left[\sum_{t=1}^{T}\sum_{r=1}^{R}\sum_{l\in p} A_k^r x_{klt}^{Brs} + B_k^r x_{klt}^{ors} + Z_k^r J^r \left(x_{klt}^{Brs} + x_{klt}^{ors} \right) + N_k^r \xi^r \left(x_{klt}^{Brs} + x_{klt}^{ors} \right) + C_{kl} \left(x_{klt}^{Brs} + x_{klt}^{ors} \right) \right] + \sum_{t=1}^{T}\sum_{r=1}^{R}\sum_{l\in p} H_k^r I_{lt}^{rs} \right\} + \sum_{k=1}^{K}\sum_{r=1}^{r} B_k y_k^r$$

s.t.

$$\sum_{k=1}^{K} y_k^r \le N, \forall r$$

$$y_k^{or} \le y_k^{Br}, \forall r, \forall k$$

$$\sum_{l\in p} x_{klt}^{Brs} \le \sum_{r=1}^{R} C_k^r y_k^{Br}, \forall r, \forall k, \forall t, \forall s$$

$$\sum_{l\in p} x_{klt}^{ors} \le \sum_{r=1}^{R} g_k^r y_k^{or}, \forall r, \forall k, \forall t, \forall s$$

$$\sum_{k\in K} \left(x_{klt}^{Brs} + x_{klt}^{ors} \right) = D_{tl}^{\Psi s} \tau_r^{\Psi} - I_{lt-1}^{rs} + I_{lt}^{rs}, \forall r, \forall l, \forall t, \forall s$$

$$\sum_{l\in p} Z_k^r \left(x_{klt}^{Brs} + x_{klt}^{ors} \right) \le O_1^r \left(\sum_{l=1}^{L}\sum_{\Psi=1}^{\Psi}\sum_{t\in T} D_{tl}^{\Psi} \tau_r^{\Psi} - \sum_{r=1}^{R} I_{rs}^{t-1} \right), \forall r, \forall k, \forall t, \forall s$$

$$\sum_{l\in p} N_k^r \left(x_{klt}^{Brs} + x_{klt}^{ors} \right) \le O_2^r \left(\sum_{l=1}^{L}\sum_{\Psi=1}^{\Psi}\sum_{t\in T} D_{tl}^{\Psi} \tau_r^{\Psi} - \sum_{r=1}^{R} I_{rs}^{t-1} \right), \forall r, \forall k, \forall t, \forall s$$

۳-۱ مدل استوار

با توجه به اینکه تقاضای سایت‌های تولیدی در کوتاه مدت دارای نوسان و یا به عبارت دیگر همراه با عدم قطعیت می‌باشد از فرمول‌بندی استوار مالوی سیم و وندربی برای استوارسازی مدل استفاده شده است. این مدل دارای سه قسمت هزینه‌ی مورد انتظار و استواری راه‌حل به ازای تغییر سناریوها و استواری مدل برای تقاضای تامین نشده است. همچنین نسبت به مدل قطعی به ازای هر سناریو یک محدودیت به آن برای حداقل کردن عدم استواری ناشی از سناریوها اضافه گردیده است.

متغیرهای تصمیم	توضیحات
	تقاضای ارضا نشده در t دوره‌ی در کارخانه $l \in p$ برای محصول r.
	مقدار تحویل داده شده قطعه‌ی r از تامین‌کننده $k \in K$ به کارخانه $l \in p$ در دوره‌ی t با قرارداد پایه.
	مقدار تحویل داده شده قطعه‌ی r از تامین‌کننده $k \in K$ به کارخانه $l \in p$ در دوره‌ی t با قرارداد انتخابی.
	مقدار موجودی قطعه r در کارخانه $l \in p$ در دوره‌ی t.

Archive of SID

www.SID.ir

$$Min \quad \sum_{s=1}^{S} p_S \left\{ \sum_{k\in K} \left[\sum_{t=1}^{T}\sum_{r=1}^{R}\sum_{l\in p} A_k^r y_{klt}^{Brs} + B_k^r y_{klt}^{ors} + Z_k^r J^r \left(y_{klt}^{Brs} + y_{klt}^{ors} \right) + N_k^r \xi^r \left(y_{klt}^{Brs} + y_{klt}^{ors} \right) + C_{kl}^s \left(y_{klt}^{Brs} + y_{klt}^{ors} \right) \right] + \sum_{t=1}^{T}\sum_{r=1}^{R}\sum_{l\in p} H_k^r I_{lt}^{rs} + p^r v_{lt}^{rs} \right\} + \delta \sum_{s=1}^{S} p_S \left(Q_s^+ + Q_s^- \right) + \gamma \sum_{t=1}^{T}\sum_{r=1}^{R}\sum_{l\in p} p_S v_{lt}^{rs}$$

$$s.t.$$

$$\sum_{l\in p} y_{klt}^{Brs} \le \sum_{r=1}^{R} C_k^r, \forall r, \forall k, \forall t, \forall s$$

$$\sum_{l\in p} y_{klt}^{ors} \le \sum_{r=1}^{R} g_k^r, \forall r, \forall k, \forall t, \forall s$$

$$\sum_{k\in K} \left(y_{klt}^{Brs} + y_{klt}^{ors} \right) = D_{tl}^{\Psi s} \tau_r^{\Psi} - I_{lt-1}^{rs} + I_{lt}^{rs}, \forall r, \forall l, \forall t, \forall s$$

$$\sum_{l\in p} Z_k^r \left(y_{klt}^{Brs} + y_{klt}^{ors} \right) \le O_1^r \left(\sum_{l=1}^{L}\sum_{\Psi=1}^{\Psi}\sum_{t\in T} D_{tl}^{\Psi} \tau_r^{\Psi} \right), \forall r, \forall k, \forall s$$

$$\sum_{l\in p} N_k^r \left(y_{klt}^{Brs} + y_{klt}^{ors} \right) \le O_2^r \left(\sum_{l=1}^{L}\sum_{\Psi=1}^{\Psi}\sum_{t\in T} D_{tl}^{\Psi} \tau_r^{\Psi} \right), \forall r, \forall k, \forall s$$

$$y_{klt}^{Br} \ge \alpha \left(\sum_{l=1}^{L}\sum_{\Psi=1}^{\Psi} D_{tl}^{\Psi} \tau_r^{\Psi} \right), \forall r, \forall k, \forall t$$

محدودیت زیر نیز با توجه به تفاضل سناریوها حاصل شد:

$$\sum_{k\in K} \left[\sum_{t=1}^{T}\sum_{r=1}^{R}\sum_{l\in p} A_k^r y_{klt}^{Brs} + B_k^r y_{klt}^{ors} + Z_k^r J^r \left(y_{klt}^{Brs} + y_{klt}^{ors} \right) + N_k^r \xi^r \left(y_{klt}^{Brs} + y_{klt}^{ors} \right) + C_{kl}^s \left(y_{klt}^{Brs} + y_{klt}^{ors} \right) \right]^+ - \sum_{t=1}^{T}\sum_{r=1}^{R}\sum_{l\in p} H_k^r I_{lt}^{rs}$$

$$\sum_{s=1}^{S} p_S \left\{ \sum_{k\in K} \left[\sum_{t=1}^{T}\sum_{r=1}^{R}\sum_{l\in p} A_k^r y_{klt}^{Brs} + B_k^r y_{klt}^{ors} + Z_k^r J^r \left(y_{klt}^{Brs} + y_{klt}^{ors} \right) + N_k^r \xi^r \left(y_{klt}^{Brs} + y_{klt}^{ors} \right) + C_{kl}^s \left(y_{klt}^{Brs} + y_{klt}^{ors} \right) \right]^+ - \sum_{t=1}^{T}\sum_{r=1}^{R}\sum_{l\in p} H_k^r I_{lt}^{rs} \right\} = Q_s^+ - Q_s^-, \forall s$$

۳-۲ تعریف سناریوها

با توجه به تقاضای متفاوت در ماه‌های سال همواره سه اتفاق رکود وضعیت، ثبات و رونق در تقاضای مشتریان در ماه‌های مختلف سالانه اتفاق می‌افتد. در سناریوی اول میزان تقاضا کاهش یافته است و با توجه به کاهش تقاضا در هزینه‌ی حمل و نقل نیز کاهش می‌یابد. در این شرکت میزان هزینه‌ی حمل و نقل دارای نوسان می‌باشد؛ یعنی با توجه به نوسان در تقاضا هزینه‌های حمل و نقل نیز دارای نوسان شده و همچنین که گفته شد سه سناریوی رونق،

Archive of SID

www.SID.ir

رکود و رونق تقاضا اتفاق می‌افتد. بر خلاف رویکردهای احتمالی همان‌طور که در ادبیات تحقیق بیان گردید نیاز به شناسایی توزیع احتمالی این عدم قطعیت درمدل‌های استوار نیستیم. البته هرچه پارامترهابه توزیع یکنواخت نزدیک‌تر باشند؛ جواب‌های بهتری حاصل می‌شود. این نکته یکی از نقاط قوت رویکرد استوار است با توجه به نکته با مشورت با متخصصان لجستیک در این شرکت احتمال وقوع سناریو اول ۰/۱، سناریو دوم ۰/۶ و سناریو سوم ۰/۳ می‌باشد.

٤ حل مدل

نتایج حاصل از پرسشنامه‌ی تحلیل سلسله مراتبی فازی در جدول زیر خلاصه شده است. تامین‌کننده‌ی اول، سوم و ششم که حداقل نمره‌ی ممکنه را کسب کردند؛ وارد مدل دو مرحله‌ای احتمالی شدند.

جدول ٤. جواب تحلیل سلسله مراتبی

معیارهای اصلی	کیفیت			عملکرد محیطی				عملکرد تحویل			عملکرد قیمتی			نمرات نهایی
	۰/۱۸			۰/۱۷				۰/۲۰۳			۰/۴۴۷			
معیارهای فرعی	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۱	۲	۳	
	۰/۵۰۶	۰/۲۸۸	۰/۲۰۶	۰/۱۹۱	۰/۳۷۱	۰/۴۳۳	۰/۰۰۵	۰/۳۱۵	۰/۳۱۸	۰/۳۶۷	۰/۳۶۸	۰/۲۰	۰/۴۳۲	
تامین‌کننده اول	۰/۱۸	۰/۲۳	۰/۱۵۵	۰/۲۱	۰/۲۴	۰/۲۰	۰/۱۲	۰/۱۹	۰/۱۵	۰/۲۳	۰/۲۰	۰/۱۸	۰/۲۸	۰/۲۱۲۸۷۲۷
تامین‌کننده دوم	۰/۲۵۷	۰/۱۰	۰/۱۸	۰/۱۰	۰/۱۳	۰/۰۹	۰/۱۶	۰/۱۰	۰/۱۷	۰/۰۹	۰/۱۴	۰/۱۸۵	۰/۱۲۵	۰/۱۴۱۲۵۳۱۷
تامین‌کننده سوم	۰/۱۸	۰/۱۵	۰/۱۷۵	۰/۱۸	۰/۲۸	۰/۱۷۵	۰/۲۱	۰/۲۳	۰/۲۰	۰/۲۶	۰/۱۹	۰/۱۹۵	۰/۲۰۹	۰/۲۰۲۵۸۲۴
تامین‌کننده چهارم	۰/۰۱	۰/۱۹	۰/۱۶۵	۰/۱۹	۰/۱۲۵	۰/۰۸۵	۰/۱۴	۰/۱۹	۰/۱۱	۰/۱۹	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۱۰	۰/۱۲۳۰۳۰۰۶
تامین‌کننده پنجم	۰/۰۹	۰/۱۶	۰/۱۵۵	۰/۱۰	۰/۰۵	۰/۱۶	۰/۲۴	۰/۱۰	۰/۱	۰/۰۳	۰/۱۵	۰/۱۳	۰/۱۱	۰/۱۱۳۲۴۳۸۷
تامین‌کننده ششم	۰/۲۸۳	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۲۲	۰/۱۷۵	۰/۲۹	۰/۱۳	۰/۱۹	۰/۲۷	۰/۲۰	۰/۱۹	۰/۱۸	۰/۱۷۶	۰/۲۰۶۳۴۱۹۶

با توجه به نتایج فوق تامین‌کننده اول با شماره یک تامین‌کننده سوم با شماره دو و تامین‌کننده ششم با شماره سه در ادامه مشخص می‌شوند.

۱.۴حل مدل برنامه‌ریزی احتمالی:

مدل در سیستم کامپیوتر با CPU برابر با ۳/۰۶ GH و RAM برابر ۱G حل شد. جواب‌های مدل تحت حالت مشارکت هر سه تامین‌کننده برای هر قطعه یعنی نامعادله زیر حل شده و در پایین آمده است:

$$\sum_{k=1}^{K} y_k^r \le 3, \forall r$$

www.SID.ir

جدول ۵. جواب‌های مدل

سه تامین‌کننده برای هر قطعه		
تابع هدف		**۸۸٦۱۱۳٤۰۰**
تعداد متغیرها		**٦۳۹٥٤**
تعداد ایتریشن		**۲۲۸۳۰٥**
مدت حل		**۳٤٤۲ ثانیه**
تامین‌کنندگان منتخب برای هر قطعه		
	قرارداد پایه	**قرارداد مازاد**
قطعه ۱ :	**اول، دوم، سوم**	**سوم**
قطعه ۲	**اول، دوم**	**اول**
قطعه ۳	**دوم، سوم**	**دوم، سوم**
قطعه ٤	**اول، دوم**	**اول**
قطعه ٥	**اول، دوم**	**دوم**
قطعه ٦	**اول، دوم**	**اول**
قطعه ۷	**اول، دوم، سوم**	**دوم**
قطعه ۸	**اول، دوم، سوم**	**سوم**
قطعه ۹	**دوم، سوم**	
قطعه ۱۰	**اول**	**اول**
قطعه ۱۱	**دوم**	**دوم**
قطعه ۱۲	**اول**	**اول**
قطعه ۱۳	**اول، دوم، سوم**	
قطعه ۱٤	**اول، دوم**	**اول، دوم**
قطعه ۱٥	**اول، دوم**	**اول**
قطعه ۱٦	**اول، دوم**	**اول، دوم**
قطعه ۱۷	**اول، دوم**	**دوم**
قطعه ۱۸	**اول، دوم**	
قطعه ۱۹	**اول، دوم، سوم**	**دوم، سوم**

مدل استوار طراحی شده تحت دلتا و گاماهای متفاوت حل شد. نتایج در جدول و شکل‌های زیر خلاصه شده است. همان‌طور که دیده می‌شود با افزایش ضریب استواری مدل (گاما) تقاضای ارضا نشده از طریق افزایش هزینه بیشتر در تابع هدف جبران و استواری مدل از لحاظ راه حل افزایش داشت به زبان ساده تغییر در تقاضای دارای عدم قطعیت پوشش داده شده است. نکته‌ی بسیار مهم مدل استوار توانایی آن در استفاده بیشتر از ظرفیت پایه است؛ یعنی در مواردی که بیش از ۰/۲۴ امکان استفاده وجود داشت این نکته صورت پذیرفت. علت ضریب بالای گاما مقیاس بزرگ داده هاست.

جدول ٦. حل مدل‌های استوار

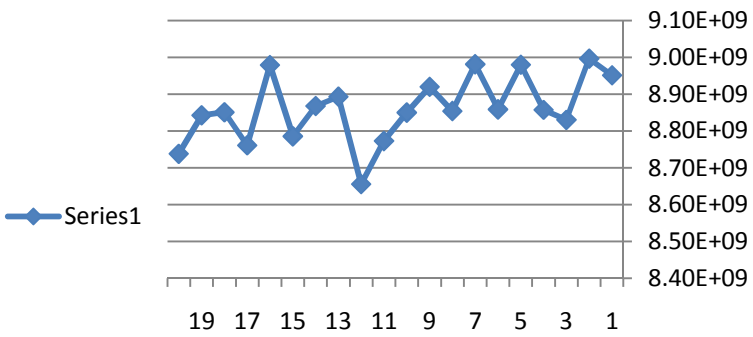
هزینه مورد انتظار	استوار راه حل	تقاضای ارضا نشده	تعداد	گاما	دلتا
۸۹۱۳۲۱٦۰۰۰	٦۷٤۹٤/۲٥۱	۱۰٤۰۲	۱	۱۰۰۰۰۰	۱
۸۹۰۷۷۸۱۰۰۰	۳٥۸۸۷۹۰٥۳	۹۱۷۷	۲	۱٥۰۰۰۰	۱
۹۱۹۱۱۷۳۰۰۰	۸۳٥۸۲۲٤۱۰	۲٦۲۷	۳	۲۰۰۰۰۰	۱
۹۲۱٤۳٦٦۰۰۰	۹۷۹٥۷٥۸۲۰	۱٥۳۹	٤	٥۰۰۰۰۰	۱
۹۳٤٤۰٥٥۰۰۰	۱/٦۳٥E+۰۹	۰	٥	۱۰۰۰۰۰۰	۱

Archive of SID

www.SID.ir

۵ نتیجه‌گیری و ارایه پیشنهادات

همان‌طور که در فوق اشاره شد انتخاب تامین‌کننده یکی از مهمترین تصمیماتی است که در زنجیره تامین گرفته می‌شود. این تصمیم دارای اثر استراتژیک بر شرکت‌های تولیدی است. با توجه به این نکته ابتدا تامین‌کنندگان با رویکرد تحلیل سلسله مراتبی فازی فیلتر گشته و تامین‌کنندگان منتخب وارد مدل‌ها شدند. نتایج نشان می‌دهد که با توجه با رویکرد نوین قرارداد پایه و مازاد تعداد تامین‌کنندگان کمتری انتخاب گردیده و با توجه به حساسیت مدل بر قطعات دارای معیوبی و دیرکرد کیفیت نیز بهبود یافته است. ذکر این نکته بسیار حایز اهمیت است که این مدل قابلیت تطابق با هرگونه عدم قطعیت در تقاضا را داراست و این عدم قطعیت منجر به غیر بهین شدن جواب بهینه نمی‌شود. در نمودار زیر جواب برای ۲۰ سناریو آمده است. همان‌طور که دیده می‌شود تفاوت بسیار زیادی در اثر نوسانات تقاضا در تابع هدف حاصل شده است:



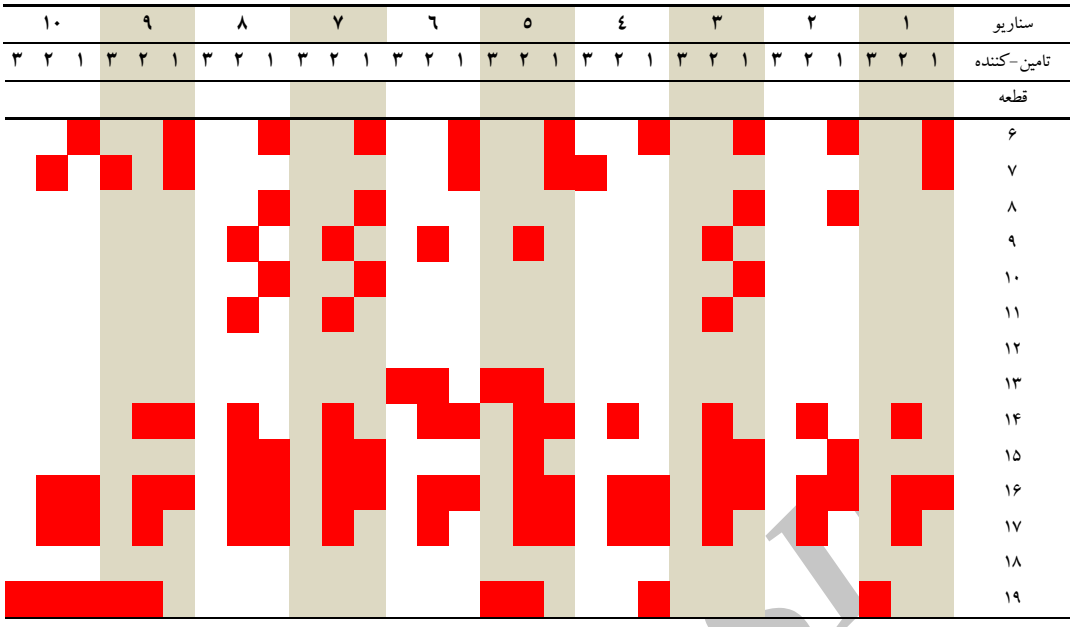
شکل۳. مقدار تابع هدف برای ۲۰ سناریو

در جدول زیر قرارداد انتخابی برای ۱۹ قطعه به دلیل حساسیت بیشتر مدل به این نوع قرارداد با توجه به عدم قطعیت در تقاضا برای هر تامین‌کننده تحت ۱۰ سناریو اول مشخص شده است. می توان به تفاوت بین سناریوها با توجه به نوسان تقاضا در هر سناریو توجه ویژه‌ای کرد. در واقع تحت هر سناریو استثناهای بسیاری در قرارداد اتفاق می افتد پس می‌توان گفت که مدل برنامه‌ریزی احتمالی چند محصولی- چند دوره‌ای علاوه بر ارایه یک جواب بهینه را برای تمامی سناریوها مقدار هزینه‌ی کل واحدی نیز به‌دست داده است.

جدول ۷. قرارداد انتخابی برای ۱۰ سناریو اول (رنگ تیره تر به معنای قرارداد است)

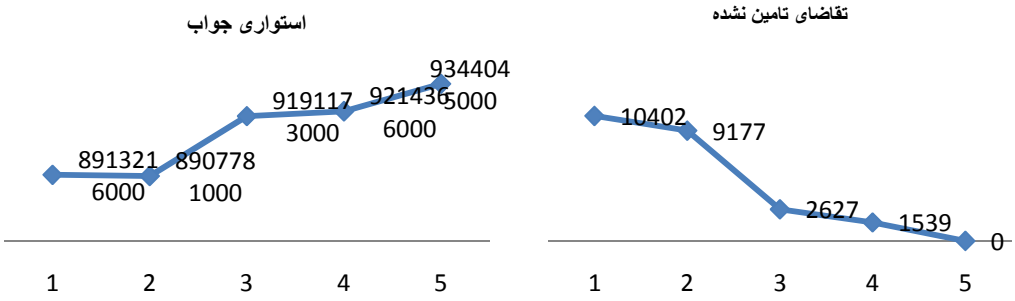
سناریو	۱			۲			۳			٤			٥			٦			۷			۸			۹			۱۰		
تامین-کننده	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳
قطعه																														
۱																														
۲																														
۳																														
۴																														
۵																														

www.SID.ir



۱.۵. موازنه‌ی استواری جواب و استواری مدل

برای دلتا برابر یک و گاما برابر مقادیر اشاره شده در جدول ۵ نمودارهای زیر نمایش داده شده است. به این معنا که با افزایش گاما که در واقع ضریب موازنه بین استواری مدل و استواری راه‌حل است مقادیر تقاضای ارضا نشده و استواری جواب مطابق انتظار تغییر می‌کند.



همان‌طورکه بررسی شد در تحلیلی سلسله مراتبی تامین‌کنندگان شناسایی شده از نظر شاخص‌های کلیدی محیطی، عملکردی، کیفیتی و قیمت مورد بررسی قرار گرفتند. نکته بسیار مهم این است که در مدل برنامه‌ریزی احتمالی دو مرحله‌ای هم بر کیفیت محصول با دو محدودیت قطعات معیوب و دارای دیرکرد تاکید شد؛ بنابراین این رویکرد سه مرحله‌ای تاکید بسیاری بر کیفیت داشته؛ موجب کارایی کیفی خواهد شد. بنابراین مدیران ارشد سازمان‌ها می‌توانند از مدل طراحی شده در صنعت برای انتخاب تامین‌کنندگان با شرایط مطلوب چه با شاخص‌های مکنون و چه آشکار استفاده کنند.

www.SID.ir

در تحقیقات آتی می‌توان از سایر رویکردهای مدل‌سازی احتمالی استفاده کرد یا این رویکرد را با سیستم‌های فازی و یا هوش مصنوعی ترکیب و نتایج حاصل را با هم مقایسه نمود. همچنین می‌توان از رویکرد استوار نیز جهت تخصیص و تطابق با عدم قطعیت بهره گرفت.

منابع

[۳] میرغفوری، س. ح.، طراحی مدل زنجیره عرضه صنایع لاستیک سازی ایران (مورد مطالعه :لاستیک سازی یزد)، پایان نامه دکتری، دانشگاه تربیت مدرس، ۲۵.

[۲۱] آذر، ع.، ربیعه، م.، مدرس یزدی، م.، فطانت فرد حقیقی، م.، (۱۳۸۹). مدل ریاضی منبع یابی چند هدفه استوار- فازی رویکردی در مدیریت ریسک زنجیره ایران خودرو، پژوهش‌های مدیریت در ایران.

[1] Peidro, D., Mula, J., Jiménez, M., Botella, M., (2010). A fuzzy linear programming based approach for tactical supply chain planning in an uncertainty environment. European Journal of Operational Research, 205, 65–80.

[2] Peidro, D., Mula, J., Jiménez, M., Botella, M., (2009). Fuzzy optimization for supply chain planning under supply, demand and process uncertainties. Fuzzy Setsand Systems,160, 2640–2657.

[4] Grubic, T., Fan, I., (2010). Supply chain ontology: Review, analysis and synthesis. Computers in Industry, 61, 776–786.

[5] Beale, E., (1955). On minimizing a convex function subject to linear inequalities. Journal of the Royal Statistical Society B, 17, 173–184.

[6] Dantzig, G. B., (1955). Linear programming under uncertainty. Management Science, 1, 197–206.

[7] MirHassani, S. A., Lucas, C., Mitra, G., Poojari, C. A., (1999). Computational solution of capacity planning model under uncertainty. Parallel Computing Journal, 26, 511–538.

[8] Ahmed, S., King, A. J., Parija, G., (2000). A multi-stage stochastic integer programming approach for capacity expansion under uncertainty, School of Industrial and Systems Engineering. Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, USA.

[9] Gupta, A., Maranas, C. D., (2003). Managing demand uncertainty in supply chain planning. Computer and Chemical Engineering, 27, 1219–1227.

[10] Gupta, A., Maranas, C. D., McDonald, C. M., (2000). Mid-term supply chain planning under demand uncertainty: Customer demand satisfaction and inventory management. Computers and Chemical Engineering 24, 2613–2621.

[11] Tsiakis, P., Shah, N. Pantelides, C. C., (2001). Design of multiechelon supply chain networks under demand uncertainty. Industrial and Engineering Chemistry Research, 40, 3585–3604.

[12] Azaron, A., Brown, K. N., Tarim, S. A., Modarres, M., (2008). A multi-objective stochastic programming approach for supply chain design considering risk. International Journal of Production Economics, 116, 129–138.

[13] El-Sayed, M., Afia, N., El-Kharbotly, A., (2010). A stochastic model for forward–reverse logistics network design under risk. Computers & Industrial Engineering, 58, 423–431.

[14] Santoso, T., Ahmed, S., Goetschalckx, M., Shapiro, A., (2005). A stochastic programming approach for supply chain network design under uncertainty. European Journal of Operational Research, 167, 96–115.

[15] Fleten, S. E., Kristoffersen, T. K., (2008). Short-term hydropower production planning by stochastic programming. Computers & Operations Research, 35, 2656–2671.

[16] Bertsimas, D., Sim, M., (2004). The Price of Robustness. Operations research, 52(1), 35–53.

[17] Douglas Jose´ Alem, Reinaldo Morabito,(2012), Production planning in furniture settings via robust optimization, Computers & Operations Research, 139–150

[18] Yu, C., Li, H., (2000). A robust optimization model for stochastic logistic problems. International Journal of Production Economics, 64: 385–97.

[19] Wagner, H., (1975). Principles of Operations Research. New Jersey: Prentice-Hall.

[20] Pan, F., Nagi, R., (2010). Robust supply chain design underun certain demand in agile manufacturing. Computers & Operations Research, 37, 668-683.

Archive of SID

www.SID.ir

[22] Stephen, C. H., Leung, Sally, O. S., Tsang, W. L., Ng, Y. W., (2007). A robust optimization model for multi-site production planning problem in an uncertain environment. European Journal of Operational Research, 181, 224–238.
[23] Gutierrez, G., Kouvelis, P., Kurawala, A., (1996). A robustness approach to uncapacitated network design problems . European Journal of Ope1995 rational Research, 94, 362–76.
[24] Mulvey, J., Vanderbei, R., Zenios, S., Robust optimization of large-scale systems. Operations Research, 43, 264–81.
[25] Birge, J. R., Louveaux, F., (1997). Introduction to stochastic programming. Berlin: Springer-Verlag
[26] Xu, N., Nozick, L., (2009). Modeling supplier selection and the use of option contracts for global supply chain design, Computers & Operations Research, 36, 2786 – 2800.