Archive of SID

دسترسی در سایتِ http://jnrm.srbiau.ac.ir
سال پنجم، شماره هجدهم، خرداد و تیر ۱۳۹۸
شماره شاپا: ۲۵۸۸-۵۸۸X

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات

پژوهش‌های نوین در ریاضی

حل مدل ریاضی جدید چند هدفه فازی زنجیره تأمین بر اساس اندازه لزوم فازی

علیرضا منصوری[۱]، سلیمان ایرانزاده[۲*]، عبدالله هادی[۳]

[۱] دانشجوی دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، گروه مدیریت صنعتی، تبریز، ایران
[۲] استاد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، گروه مدیریت صنعتی، تبریز، ایران
[۳] استاد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، گروه ریاضی کاربردی، اصفهان، ایران

تاریخ ارسال مقاله: ۹۷/۰۱/۰۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۸/۰۲/۱۲

چکیده

زنجیره تأمین برای موفقیت سازمان‌هایی که به دنبال بیشترین تأثیرگذاری به لحاظ اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی هستند، به عنوان یک ضرورت قلمداد می‌گردد. علاوه بر این، پیاده‌سازی و اجرای مناسب این زنجیره تأمین ضروری به نظر می‌رسد. در این مقاله با توجه به اهمیت تأثیرات اجتماعی این زنجیره تأمین، یک مدل ریاضی چند هدفه فازی ارائه می‌شود که علاوه بر در نظرگرفتن اثرات زیست محیطی و اقتصادی، تأثیرات اجتماعی را نیز در نظر می‌گیرد. به منظور نزدیک شدن مدل ارائه شده به شرایط دنیای واقعی برخی از پارامترها تحت شرایط عدم قطعیت و به صورت اعداد فازی مثلثی در نظر گرفته می‌شود. به منظور حل مدل پیشنهادی یک روش دو مرحله‌ای ارائه می‌گردد. در مرحله اول مدل با استفاده از روش اندازه لزوم، به یک مساله چند هدفه قطعی تبدیل می‌شود و در گام دوم مدل به دست آمده با استفاده از روش تابع تجمعی حل خواهد شد. در نهایت به منظور نشان دادن قابلت کاربردی روش پیشنهادی، یک مطالعه موردی واقعی صنعتی ارائه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: اثر زیست محیطی، تأثیر اجتماعی ،اندازه لزوم، زنجیره تأمین.

* عهده‌دار مکاتبات: Email: S.iranzadzadeh37@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

۱. مقدمه

امروزه با توجه به اهمیت مسائل زیست محیطی، مدیریت زنجیره تأمین با درنظر گرفتن اثرات زیست محیطی به منظور ارتقاء عملکرد شرکت‌ها، بسیار مهم و ضروری به نظر می‌رسد. در واقع شرکت‌های تولیدی به دنبال کاهش هزینه، کاهش مشکلات و چالش‌های زیست محیطی و بیشترین تأثیرات اجتماعی هستند[۱].

مدل سازی ریاضی با در نظر گرفتن اثرات زیست محیطی اولین بار توسط آقای لو و همکاران[۲] مطرح شد که در این مدل به جنبه‌های زیست محیطی در مرحله طراحی برای بهینه سازی هزینه‌های زنجیره تأمین در کنار به حداقل رساندن انتشار گاز دی اکسید کربن و مصرف انرژی پرداخته‌اند. سپس دو مدل بهینه سازی تک هدفه و چند هدفه برای مساله ارائه شده در مقاله لو، توسط دوتلی و همکاران[۳] معرفی شده است.

در روش‌های متداول طراحی زنجیره تأمین با در نظر گرفتن اثرات زیست محیطی معمولاَ جریان‌های رو به جلو، جریان‌های رو به عقب (لجستیک معکوس) به طور جداگانه در نظر گرفته می‌شود اما سیر تکاملی این زنجیره جریان‌های رو به جلو و عقب را با هم در نظر گرفته[۴] که در این مقاله جهت طراحی مدل از این رویه استفاده می‌شود. بنابراین با توجه به اهمیت و ضرورت طراحی این زنجیره تأمین در این زمینه تعدادی از تحقیقات انجام شده به مدیریت پایان عمر محصول اشاره دارد که منجر به طراحی شبکه لجستیک[۵]، شبکه حلقه بسته[۶] و کاهش انتشار زیست محیطی[۷] می‌شود.

به دلیل پیوند فعالیت‌های زنجیره تأمین با محیط کاری کارکنان و جامعه عدم توجه به تأثیرات اجتماعی زنجیره تأمین می‌تواند منشأ بسیاری از معضلات اجتماعی باشد. بنابراین اگر به اثرات اجتماعی در طراحی زنجیره تأمین توجه نشود، بایستی هزینه‌های کلانی برای رفع خسارت و مشکلات ناشی از عدم توجه به این تأثیرات صرف شود. در این راستا توجه به تأثیرات اجتماعی زنجیره تأمین می‌تواند به بهبود فرآیندها و افزایش سود دهی در بلند مدت و دست یابی به بازارهای جهانی که اخیراً نسبت به تأثیر اجتماعی بسیار حساس شده‌اند، کمک نماید. لازم به ذکر است میزان این تأثیرات اجتماعی در کشورهای مختلف با توجه به قوانین، فرهنگ، آزادی، رشد اقتصادی و حقوق سیاسی متفاوت می‌باشد [۸]. همچنین در جهت دستیابی به تأثیرات اجتماعی مطلوب می‌توان با ارزیابی تأمین کنندگان، عملکرد اجتماعی شرکت‌های خریدار و با همکاری، عملکرد اجتماعی تأمین کنندگان را افزایش داد[۹].

طراحی بهینه تأثیرات اجتماعی زنجیره تأمین علاوه بر در نظر گرفتن اثرات زیست محیطی و اقتصادی به منظور حداقل کردن هزینه، حداقل ضایعات و اثرات زیست محیطی موجبات رضایت همه ذینفعان از جمله کارکنان و جامعه را فراهم می‌آورد[۱۰].

با توجه به اینکه در نظر نگرفتن شرایط عدم قطعیت در حین طراحی ممکن است ریسک بالایی را به شرکت‌ها تحمیل کند بنابراین با در نظر گرفتن پارامترها به صورت فازی می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر عملکرد زنجیره تأمین داشته باشد و مدل را به واقعیت نزدیک‌تر نماید بنابراین در طراحی مدل از برنامه‌ریزی ریاضی فازی استفاده می‌نماییم. برنامه‌ریزی ریاضی فازی یک ابزار انعطاف‌پذیر برای مدیریت شرایط مختلف عدم قطعیت می‌باشد. به طور کلی در خصوص انواع برنامه‌ریزی ریاضی فازی دو نوع برنامه‌ریزی احتمالی و انعطاف پذیر وجود دارد[۱۱].

یکی از رویکردهای برنامه‌ریزی ریاضی فازی، اندازه لزوم می‌باشد. اندازه لزوم به ما امکان می‌دهد که نگرش‌های مختلف ریسک در تصمیم گیرندگان را در نظر بگیریم[۱۲] و همچنین نگرش‌های خوشبینانه و بدبینانه تصمیم گیرنده را تعیین می‌نماید. علاوه بر این حداقل سطح احتمال وقوع در شرایط عدم قطعیت را نشان می‌دهد[۴]. اندازه لزوم یکی از روش‌هایی است که در این مقاله با استفاده از آن محدودیت‌های شانسی را تبدیل به قطعی می‌کند. از کاربرد روش اندازه لزوم می‌توان به مقاله خانجانی و همکاران[۱۲] در ارتباط با تبدیل محدودیت‌های شانسی در برنامه‌ریزی هندسی و مقاله منهاج و همکارش[۱۳] با ارائه یک روش جدید برای مرتب سازی اعداد فازی بر اساس اندازه لزوم، اشاره نمود.

ساختار مقاله به این شرح است که در ادامه بیان می‌گردد. در بخش دوم مدل ریاضی زنجیره تأمین علاوه بر در نظر

www.SID.ir

Archive of SID

گرفتن هزینه‌ها، اثرات زیست محیطی، تأثیرات اجتماعی نیز در نظر گرفته می‌شود. حل مدل ریاضی در دو مرحله که در ابتدا با استفاده از روش اندازه لزوم محدودیت‌های شانسی را تبدیل به مدل قطعی نموده و در مرحله دوم با استفاده از تابع تجمعی[1](TH) مدل قطعی را حل می‌نماید که در بخش سوم آورده شده است. در بخش چهارم نتایج مطالعه موردی در یک واحد تولیدی نوشابه تشریح گردیده و در نهایت نتیجه‌گیری و پیشنهادات جهت تحقیقات آینده در بخش پنجم ارائه می‌گردد.

۲. بیان مساله و مدل سازی ریاضی آن

در این مقاله یک شبکه زنجیره تأمین به وسیله یک نمونه صنعتی واقعی در نظر گرفته می‌شود. یک شبکه زنجیره تأمین تولید نوشابه که حدود ۶۵٪ از تقاضای داخلی استان فارس را تأمین می‌کند. تولید این کارخانه با ظرفیت حدود ۶۰۰ هزار واحد محصول در سال می‌باشد. سیستم حمل و نقل شبکه زنجیره تأمین شامل تأثیر زیست محیطی مانند دی اکسید کربن که در مقابل مشکلات زیست محیطی باید پاسخ‌گو باشد. جهت غلبه بر این مشکل یک شبکه زنجیره تأمین چند هدفه پیشنهاد می‌گردد که شامل شبکه‌های رو به جلو و معکوس می‌باشد. در شبکه رو به جلو محصولات جدید تولید شده به وسیله کارخانه (مراکز تولید) بین مناطقی که مشتریان در آن قرار دارند، توزیع می‌شود. در شبکه لجستیک معکوس، محصولات استفاده شده به مراکز جمع‌آوری انتقال داده می‌شوند. همه تقاضای مشتریان باید تامین شود و محصولات استفاده شده توسط مشتریان به مراکز جمع‌آوری تحویل داده شود. همچنین درصدی از پیش تعریف شده از تقاضا از هر مشتری جهت محصولات برگشت داده شده توسط مشتری فرض می‌شود. عدم دسترسی یا ناقص بودن داده‌ها در مسائل بهینه‌سازی شبکه در دنیای واقعی یک چالش مهم است که باعث ایجاد عدم قطعیت‌های زیادی در چنین مساله‌ای شده است. به منظور مواجه با این مشکل مورد نظر، پارامترهای غیر قطعی از طریق اعداد فازی توضیح داده شده توسط توزیع احتمالی‌شان ارائه می‌گردد. توزیعات احتمالی بر اساس داده‌های ناکافی فعلی و دانش تصمیم گیرندگان در این زمینه تخمین زده می‌شود [۱۶-۱۴]. موضوعات اصلی که باید در زنجیره تأمین یکپارچه در شرایط عدم قطعیت مورد توجه قرار گیرد، شامل تعیین تعداد، موقعیت‌های مراکز تولید و جمع آوری، گزینه‌های مدیریت پایان عمر، میزان جریان مواد اولیه بین تسهیلات مختلف، پارامترهای اجتماعی مانند اشتغال ایجاد شده و تعداد حوادث در کار با در نظر گرفتن سه تابع هدف ۱) حداقل کردن هزینه کل ۲) حداقل کردن تأثیرات کلی زیست محیطی ۳) حداکثر کردن تأثیر اجتماعی می‌باشد. بنابراین بهینه‌سازی ساختار استراتژیک شبکه زنجیره تأمین شامل یک تعادل منطقی بین سه تابع هدف می‌باشد.

به منظور اندازه‌گیری تابع هدف دوم از یک روش ارزیابی چرخه عمر (LCA) بر اساس روش ارزیابی اثر زیست محیطی که آن را شاخص Eco-Indicator99 نامیده‌اند، استفاده شده است [۱۷]. این شاخص اعدادی هستند که بیان کننده اثرات کلی زیست محیطی یک فرآیند یا محصول هستند. در خصوص پارامترهای عملکرد اجتماعی از طریق بررسی ادبیات تحقیق و مقالات متعدد دو پارامتر مهم ایجاد اشتغال و تعداد حوادث در محیط کار مشخص گردید.

جهت مدل‌سازی از علائم و نشانه‌های زیر استفاده می‌شود.

اندیس‌ها:

i	موقعیت‌های انتخاب شده برای مراکز تولید
j	موقعیت‌های ثابت مشتری در مناطق
k	موقعیت‌های انتخاب شده برای مراکز جمع‌آوری
l	مراکز موجود بازیافت شیشه
m	مراکز موجود بازیافت پلاستیک

پارامترها:

$\tilde{d}_j$	تقاضای مشتری در منطقه j
$\widetilde{w}_j$	درصد میزان بازگشت محصولات استفاده شده توسط مشتری در منطقه j
$\tilde{f}_i$	هزینه‌ی ثابت مرکز تولیدی فعال i

1. Aggregation function

www.SID.ir

Archive of SID

$\tilde{g}_k$ هزینه‌ی ثابت مرکز جمع‌آوری فعال k

$\tilde{c}_{ji}$ تعداد شغل ایجاد شده در مرکز تولید i

$\tilde{c}_{jk}$ تعداد شغل ایجاد شده در مرکز جمع‌آوری k

$\tilde{p}_{ai}$ تعداد حوادث ایجاد شده در مرکز تولید i

$\tilde{p}_{ak}$ تعداد حوادث ایجاد شده در مرکز جمع‌آوری k

$\tilde{c}_{ij}$ هزینه‌ی حمل و نقل هر واحد تولیدی از مرکز تولید i به مشتری در منطقه j

$\tilde{a}_{jk}$ هزینه‌ی حمل و نقل هر واحد محصول استفاده شده از مشتری در منطقه j به مرکز جمع‌آوری k

$\tilde{b}_{kl}$ هزینه‌ی حمل و نقل هر واحد محصول استفاده شده در بخش شیشه از مرکز جمع‌آوری k به مرکز بازیافت شیشه l

$\tilde{h}_{km}$ هزینه‌ی حمل و نقل هر واحد محصول استفاده شده در بخش پلاستیک از مرکز جمع‌آوری k به مرکز بازیافت پلاستیک m

$\tilde{p}_i$ هزینه ساخت هرواحد محصول در مرکز تولید i

$\tilde{\varphi}_k$ هزینه فرآیند هر واحد محصول استفاده شده در مرکز جمع‌آوری k

$\tilde{\beta}_l$ هزینه فرآیند هر واحد محصولاستفاده شده بخش شیشه در مرکز بازیافت شیشه l

$\tilde{\tau}_m$ هزینه فرآیند هر واحد محصول استفاده شده بخش پلاستیک در مرکز بازیافت پلاستیک m

$\tilde{\pi}_i$ حداکثر ظرفیت مرکز تولید i

$\tilde{\eta}_k$ حداکثر ظرفیت مرکز جمع آوری k

$\tilde{\delta}_l$ حداکثر ظرفیت مرکز بازیافت شیشه l

$\tilde{\varsigma}_m$ حداکثر ظرفیت مرکز بازیافت پلاستیک m

ei^{pro} اثر زیست محیطی هر واحد محصول تولید شده

ei_{ij}^{tpc} اثر زیست محیطی ارسال یک واحد محصول از مرکز تولید i به مشتری در منطقه j

ei_{jk}^{tcc} اثر زیست محیطی ارسال یک واحد محصول استفاده شده از مشتری در منطقه j به مرکز جمع‌آوری k

ei_{kl}^{tcs} اثر زیست محیطی ارسال هر واحد محصول استفاده شده بخش شیشه از مرکز جمع‌آوری k به مرکز بازیافت شیشه l

ei_{km}^{tcp} اثر زیست محیطی ارسال هر واحد محصول استفاده شده بخش پلاستیک از مرکزجمع‌آوری k به مرکز بازیافت پلاستیک m

ei^{col} اثر زیست محیطی جابه‌جایی هرواحد محصول استفاده شده جمع‌آوری شده به مراکز جمع‌آوری

ei^{src} اثر زیست محیطی بازیافت بخش شیشه برای هر واحد محصول استفاده شده

ei^{prc} اثر زیست محیطی بازیافت بخش پلاستیک برای هر واحد محصول استفاده شده

متغیرهای تصمیم مدل:

u_{ij} میزان محصولات ارسال شده از مرکز تولید i به مشتری در منطقه j

q_{jk} میزان ارسال محصولات استفاده شده مشتری در منطقه j به مرکز جمع‌آوری k

v_{kl} میزان ارسال محصولات استفاده شده بخش شیشه از مرکز جمع‌آوری k به مرکزبازیافت شیشه l

w_{km} میزان ارسال محصولات استفاده شده بخش پلاستیک از مرکز جمع‌آوری k به مرکزبازیافت پلاستیک m

x_i متغیر صفر ویک، اگر مرکز تولیدی فعال باشد یک و در غیر اینصورت صفر

y_k متغیر صفر ویک، اگر مرکز جمع‌آوری فعال باشد یک و در غیر اینصورت صفر

با توجه به علائم معرفی شده، مدل ریاضی مساله بیان شده به صورت زیر می‌باشد:

$$\begin{aligned} min\, w_1 &= \sum_i \tilde{f}_i x_i + \sum_k \tilde{g}_k y_k \\ &+ \sum_j \sum_j (\tilde{p}_i + \tilde{c}_{ij})\, u_{ij} \\ &+ \sum_j \sum_k (\tilde{\varphi}_k + \tilde{a}_{jk})\, q_{jk} \\ &+ \sum_k \sum_l (\tilde{\beta}_l + \tilde{b}_{kl})\, v_{kl} \\ &+ \sum_k \sum_m (\tilde{\tau}_m + \tilde{h}_{km})\, w_{km} \end{aligned} \quad (۱)$$

$$\begin{aligned} min\, w_2 &= \sum_i \sum_j (ei^{pro} + ei_{ij}^{tpc})\, u_{ij} \\ &+ \sum_j \sum_k (ei^{col} + ei_{jk}^{tcc})\, q_{jk} \\ &+ \sum_k \sum_l (ei^{src} + ei_{kl}^{tcs})\, v_{kl} \\ &+ \sum_k \sum_m (ei^{prc} + ei_{km}^{tcp})\, w_{km} \end{aligned} \quad (۲)$$

$$max\, w_3 = \sum_i (\tilde{c}_{ji} - \tilde{p}_{ai}) x_i \quad (۳)$$

www.SID.ir

Archive of SID

$$+\sum_k(\tilde{c}_{jk}-\tilde{p}_{ak})y_k$$

Subjectto

$$\sum_i u_{ij} \geq \tilde{d}_j, \quad \forall j, \tag{۴}$$

$$\sum_k q_{jk} \geq \tilde{d}_j\tilde{w}_j, \quad \forall j, \tag{۵}$$

$$\sum_j q_{jk} = \sum_m w_{km}, \quad \forall k, \tag{۶}$$

$$\sum_m w_{km} = \sum_l v_{kl}, \quad \forall k, \tag{۷}$$

$$\sum_j u_{ij} \leq \tilde{\pi}_i x_i, \ \forall i, \tag{۸}$$

$$\sum_j q_{jk} \leq \tilde{\eta}_k y_k, \quad \forall k, \tag{۹}$$

$$\sum_k w_{km} \leq \tilde{\varsigma}_m, \quad \forall m, \tag{۱۰}$$

$$\sum_k v_{kl} \leq \tilde{\delta}_l, \quad \forall l, \tag{۱۱}$$

$$x_i, y_k \in \{0,1\}, \quad \forall i,k \tag{۱۲}$$

$$u_{ij}, q_{jk}, v_{kl}, w_{km} \geq 0, \forall i,j.k,l,m. \tag{۱۳}$$

مدل ریاضی دارای سه تابع هدف به منظور حداکثر نمودن اثرات زیست محیطی و تاثیرات اجتماعی و حداقل نمودن هزینه می‌باشد و در خصوص محدودیت‌های مدل به دنبال تأمین تقاضای همه مشتریان، توازن جریان در مراکز جمع‌آوری و در نظر گرفتن محدودیت‌های ظرفیتی می‌باشد.

۳. روش حل

مایک روش حل برای مدل ریاضی از رابطه ۱ تا ۱۳ را ارائه می‌دهیم، این روش حل در دوگام انجام می‌شود.

۳-۱ گام اول: تبدیل مدل فازی به مدل قطعی با استفاده از برنامه ریزی ریاضی مبتنی بر اندازه لزوم

در این مقاله ازیک مدل برنامه ریزی ریاضی فازی مبتنی بر اندازه لزوم استفاده شده است. به طور کلی برنامه‌ریزی محدودیت شانسی مبتنی بر اندازه لزوم یک رویکرد برنامه‌ریزی ریاضی فازی کارآمد که مبتنی بر مفاهیم قوی ریاضی می‌باشد. [۱۱]. به عنوان مثال ارزش مورد انتظار از یک عدد فازی و اندازه لزوم آن می‌تواند از انواع مختلفی از اعداد فازی همچنین مثلثی و ذوزنقه‌ی پشتیبانی کند و همچنین تصمیم‌گیرنده را قادر می‌سازد تا با محدودیت‌های شانسی، حداقل سطوح اطمینان را بدهد. اگر $\tilde{z}=(a.b.c)$ یک عدد فازی مثلثی باشد و α بزرگتر از ۰،۵ باشد، بنابراین:

$$Nec\{\tilde{z} \geq r\} \geq \alpha \Leftrightarrow r \leq (\alpha)a+(1-\alpha)b \tag{۱۴}$$

$$Nec\{\tilde{z} \leq r\} \geq \alpha \Leftrightarrow r \geq (\alpha)c+2(1-\alpha)b \tag{۱۵}$$

رابطه (۱۴) و (۱۵) مستقیماً و راحت‌تر زمانی به کار می‌روند که هنگامی مقادیر α بحرانی با هم مقایسه می‌شودتا محدودیت‌های شانسی فازی را تبدیل به مقادیر قطعی‌شان کند [۱۲]. در جهت مقابله با عدم قطعیت در طراحی مدل زنجیره تأمین، پارامترهای عدم قطعیت به صورت اعداد فازی مثلثی، مستقل فرض می‌شوند.

با توجه به اینکه جهت تبدیل توابع هدف به مقادیر قطعی‌شان از روش مورد انتظار استفاده می‌شود این روش می‌تواند به کار برده شود بدون افزایش محاسبات پیچیده مدل اصلی اما همزمان هیچ کنترلی بر سطح رضایتمندی نخواهد داشت [۱۸].

در رابطه با محدودیت‌های شانسی با استفاده از روش اندازه لزوم تبدیل به محدودیت‌های قطعی می‌شود و همچنین می‌تواند کنترل بر سطح اطمینان رضایتمندی داشته باشد.

در این مقاله ترکیبی از مدل‌های برنامه‌ریزی، دو روش ارزش مورد انتظار و اندازه لزوم استفاده می‌شود. از مدل ارزش مورد انتظار برای توابع هدف استفاده می شود. و رویکرد اندازه لزوم در مدل محدودیت‌های شانسی که شامل پارامترهای مبهم و نادقیق هستند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. براساس توضیحاتی که مطرح شد برنامه ریزی ریاضی فازی مبتنی بر اندازه لزوم به صورت زیر فرموله شده است:

$$minE[w_1]=\sum_i E[\tilde{f}_i]x_i+\sum_k E[\tilde{g}_k]y_k + \sum_i\sum_j\left(E[\tilde{p}_i]+E[\tilde{c}_{ij}]\right)u_{ij} \tag{۱۶}$$

www.SID.ir

Archive of SID

$$
\begin{aligned}
\min w_1 = & \sum_i \left(\frac{f_i^{pes} + 2f_i^{mos} + f_i^{opt}}{4}\right) x_i \\
& + \sum_k \left(\frac{g_k^{pes} + 2g_k^{mos} + g_k^{opt}}{4}\right) y_k \\
& + \sum_i \sum_j \left[\left(\frac{p_i^{pes} + 2p_i^{mos} + p_i^{opt}}{4}\right)\right. \\
& \left. + \left(\frac{c_{ij}^{pes} + 2c_{ij}^{mos} + c_{ij}^{opt}}{4}\right)\right] u_{ij} \\
& + \sum_j \sum_k \left[\left(\frac{\varphi_k^{pes} + 2\varphi_k^{mos} + \varphi_k^{opt}}{4}\right)\right. \\
& \left. + \left(\frac{a_{jk}^{pes} + 2a_{jk}^{mos} + a_{jk}^{opt}}{4}\right)\right] q_{jk} \\
& + \sum_k \sum_l \left[\left(\frac{\beta_l^{pes} + 2\beta_l^{mos} + \beta_l^{opt}}{4}\right)\right. \\
& \left. + \left(\frac{b_{kl}^{pes} + 2b_{kl}^{mos} + b_{kl}^{opt}}{4}\right)\right] v_{kl} \\
& + \sum_k \sum_m \left[\left(\frac{\tau_m^{pes} + 2\tau_m^{mos} + \tau_m^{opt}}{4}\right)\right. \\
& \left. + \left(\frac{h_{km}^{pes} + 2h_{km}^{mos} + h_{km}^{opt}}{4}\right)\right] w_{km}
\end{aligned} \tag{۲۹}
$$

$$
\begin{aligned}
\min w_2 = & \sum_i \sum_j \left(ei^{pro} + ei_{ij}^{tpc}\right) u_{ij} \\
& + \sum_j \sum_k \left(ei^{col} + ei_{jk}^{tcc}\right) q_{jk} \\
& + \sum_k \sum_l \left(ei^{src} + ei_{kl}^{tcs}\right) v_{kl} \\
& + \sum_k \sum_m \left(ei^{prc} + ei_{km}^{tcp}\right) w_{km}
\end{aligned} \tag{۳۰}
$$

$$
\begin{aligned}
\max w_3 = & \sum_i \left(\frac{c_{ji}^{pes} + 2c_{ji}^{mos} + c_{ji}^{opt}}{4}\right) \\
& - \left(\frac{p_{ai}^{pes} + 2p_{ai}^{mos} + p_{ai}^{opt}}{4}\right) x_i \\
& + \sum_k \left[\left(\frac{c_{jk}^{pes} + 2c_{jk}^{mos} + c_{jk}^{opt}}{4}\right)\right. \\
& \left. - \left(\frac{p_{jk}^{pes} + 2p_{jk}^{mos} + p_{jk}^{opt}}{4}\right)\right] y_k
\end{aligned} \tag{۳۱}
$$

Subject to

$$\sum_i u_{ij} \geq (\alpha_j^1) d_j^3 + (1 - \alpha_j^1) d_j^2, \qquad \forall j, \tag{۳۲}$$

$$\sum_k q_{jk} \geq (\alpha_j^2)(d_j^3 w_j^3 + (1 - \alpha_j^2) d_j^3 w_j^3, \forall j, \tag{۳۳}$$

$$\sum_k q_{jk} = \sum_m w_{km}, \forall k, \tag{۳۴}$$

$$\sum_m w_{km} = \sum_l v_{kl}, \forall k, \tag{۳۵}$$

$$
\begin{aligned}
& + \sum_j \sum_k \left(E[\tilde{\varphi}_k] + E[\tilde{a}_{jk}]\right) q_{jk} \\
& + \sum_k \sum_l \left(E[\tilde{\beta}_l] + E[\tilde{b}_{kl}]\right) v_{kl} \\
& + \sum_k \sum_m \left(E[\tilde{\tau}_m] + E[\tilde{h}_{km}]\right) w_{km}
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
\min w_2 = & \sum_i \sum_j \left(ei^{pro} + ei_{ij}^{tpc}\right) u_{ij} \\
& + \sum_j \sum_k \left(ei^{col} + ei_{jk}^{tcc}\right) q_{jk} \\
& + \sum_k \sum_l \left(ei^{src} + ei_{kl}^{tcs}\right) v_{kl} \\
& + \sum_k \sum_m \left(ei^{prc} + ei_{km}^{tcp}\right) w_{km}
\end{aligned} \tag{۱۷}
$$

$$
\begin{aligned}
\max E[w_3] = & \sum_i \left(E\left[\tilde{c}_{ji}\right] - E[\tilde{p}_{ai}]\right) x_i \\
& + \sum_k \left(E\left[\tilde{c}_{jk}\right] - E[\tilde{p}_{ak}]\right) y_k
\end{aligned} \tag{۱۸}
$$

Subject to

$$Ne\left\{\sum_i u_{ij} \geq \tilde{d}_j\right\} \geq \alpha_1, \qquad \forall j, \tag{۱۹}$$

$$Ne\left\{\sum_i q_{jk} \geq \tilde{d}_j \tilde{w}_j\right\} \geq \alpha_2, \qquad \forall j, \tag{۲۰}$$

$$\sum_k q_{jk} = \sum_m w_{km}, \qquad \forall k, \tag{۲۱}$$

$$\sum_m w_{km} = \sum_l v_{kl}, \qquad \forall k, \tag{۲۲}$$

$$Ne\left\{\sum_j u_{ij} \leq \tilde{\pi}_i x_i\right\} \geq \alpha_3, \qquad \forall i, \tag{۲۳}$$

$$Ne\left\{\sum_j q_{jk} \geq \tilde{\eta}_k y_k\right\} \geq \alpha_4, \qquad \forall k, \tag{۲۴}$$

$$Ne\left\{\sum_k w_{km} \leq \tilde{\varsigma}_m\right\} \geq \alpha_5, \qquad \forall m, \tag{۲۵}$$

$$Ne\left\{\sum_k v_{kl} \leq \tilde{\delta}_l\right\} \geq \alpha_6, \qquad \forall l, \tag{۲۶}$$

$$x_i, y_k \in \{0,1\}, \qquad \forall i.\, k, \tag{۲۷}$$

$$u_{ij}, q_{jk}, v_{kl}, w_{km} \geq 0, \forall i, j.\, k, l, m. \tag{۲۸}$$

بر طبق روابط (۱۵) و (۱۴) با توجه به ارزش مورد انتظار اعداد فازی مثلثی می‌توان با استفاده از مدل برنامه‌ریزی محدودیت شانسی مبتنی بر اندازه لزوم تبدیل به مدل قطعی برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط چند هدفه نمود.

www.SID.ir

Archive of SID

$$\sum_j u_{ij} \le x_i[\alpha_i^3\pi_i^1 + (1-\alpha_i^3)\pi_i^2], \forall i, \quad (۳۶)$$

$$\sum_j q_{jk} \le y_k[(\alpha_k^4)\pi_k^1 + (1-\alpha_k^4)\eta_k^2], \forall k, \quad (۳۷)$$

$$\sum_k w_{km} \le (\alpha_m^5)\varsigma_m^1 + (1-\alpha_m^5)\varsigma_m^2, \forall m, \quad (۳۸)$$

$$\sum_k v_{kl} \le (\alpha_l^6)\delta_l^1 + (1-\alpha_l^6)\delta_l^2, \forall l, \quad (۳۹)$$

$$x_i, y_k \in \{0,1\}, \quad \forall i.k, \quad (۴۰)$$

$$u_{ij}, q_{jk}, v_{kl}, w_{km} \ge 0 \ . \ \forall i,j.k,l,m. \quad (۴۱)$$

فرض می‌کنیم محدودیت‌های شانسی که ارضا شوند بالاتر از سطح اطمینان $(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_5, \alpha_6) \ge 0.5$ باشند.

۳-۲ گام دوم: حل مدل قطعی

مدل به دست آمده یک مدل قطعی برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط پارامتریک چند هدفه[۲] می‌باشد. جهت حل این مدل از روش تعاملی استفاده می‌شود. روش تعاملی که در این مقاله استفاده می‌شود، تابع تجمعی (TH) می‌باشد[۱۹]، که جهت تبدیل مدل سه هدفه به تک هدفه به کار می‌رود. بر خلاف روش‌های کلاسیک که منجر به جواب‌های ضعیف کارا می‌شود روش TH تضمین می‌کند که جواب‌های کارا مناسب را پیدا کند. گام‌های این روش حل تعاملی فازی به طور خلاصه به صورت زیر می‌باشد:

فاز اول: تعیین حداقل سطح اطمینان قابل قبول برای محدودیت‌های شانسی مانند:

$(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6)$.

فاز دوم: مشخص کردن جواب ایده‌آل مثبت $(\alpha - PIS)$ و جواب ایده‌آل منفی $(\alpha - NIS)$ برای هر یک از توابع هدف برای به دست آوردن جواب‌های ایده‌آل آلفای مثبت و مقادیر توابع هدف متناظر با آن مانند:

$$\left(w_1^{\alpha-PIS}, x_1^{\alpha-PIS}\right), \left(w_2^{\alpha-PIS}, x_2^{\alpha-PIS}\right), \left(w_3^{\alpha-PIS}, x_3^{\alpha-PIS}\right)$$

مدل قطعی متناظر با آنها باید برای هریک از توابع هدف به صورت جداگانه حل شود و پس از آن جواب‌های ایده آل منفی می‌توانند به صورت زیر تخمین زده شود.

$$w_1^{\alpha-NIS} = w_1\left(x_2^{\alpha-PIS}\right), w_2^{\alpha-NIS} = w_2(x_1^{\alpha-PIS}), w_3^{\alpha-NIS} = w_3(x_2^{\alpha-PIS})$$

فاز سوم: تعیین یک تابع عضویت خطی برای هر یک از توابع هدف:

$$\mu_1(x) = \begin{cases} 1 & if\ w_1 \le w_1^{\alpha-PIS} \\ \frac{w_1^{\alpha-NIS} - w_1}{w_1^{\alpha-NIS} - w_1^{\alpha-PIS}} & if\ w_1^{\alpha-PIS} \le w_1 \le w_1^{\alpha-NIS} \\ 0 & if\ w_1 > w_1^{\alpha-NIS} \end{cases} \quad (۴۲)$$

$$\mu_2(x) = \begin{cases} 1 & if\ w_2 < w_2^{\alpha-PIS} \\ \frac{w_2^{\alpha-NIS} - w_2}{w_2^{\alpha-NIS} - w_2^{\alpha-PIS}} & if\ w_2^{\alpha-PIS} \le w_2 \le w_2^{\alpha-NIS} \\ 0 & if\ w_2 > w_2^{\alpha-NIS} \end{cases} \quad (۴۳)$$

$$\mu_3(x) = \begin{cases} 1 & if\ w_3 < w_3^{\alpha-PIS} \\ \frac{w_3^{\alpha-NIS} - w_3}{w_3^{\alpha-NIS} - w_3^{\alpha-PIS}} & if\ w_3^{\alpha-PIS} \le w_3 \le w_3^{\alpha-NIS} \\ 0 & if\ w_3 > w_3^{\alpha-NIS} \end{cases} \quad (۴۴)$$

$\mu_k(x)$ نشان دهنده درجه رضایت از تابع هدف kام می‌باشد.

فاز چهارم: تبدیل مدل قطعی متناظر سه هدفه به تک هدفه با استفاده از تابع تجمعی TH که مدل آن به صورت زیر می‌باشد[۱۹]:

$$max\ \lambda(x) = \gamma\lambda_0 + (1-\gamma)\sum_{k=1}^{k} \theta_k\mu_k \quad (۴۵)$$

Subject to

$$\lambda_0 \le \mu_k(x), k = 1, \dots\dots k \quad (۴۶)$$

$$x \in f(x) \quad (۴۷)$$

$$\gamma, \lambda_0 \in [0و1] \text{ و } k = 1و \dots\dots k \quad (۴۸)$$

جایی که $f(x)$ نشان دهنده منطقه قابل قبول که شامل محدودیت‌های متناظر با مدل قطعی و λ_0 نشان دهنده کمترین سطح رضایتمندی توابع هدف می‌باشد به علاوه θ_k و γ نشان دهنده اهمیت تابع k ام و ضریب جبران، به علاوه تابع تجمعی TH به منظور جستجوی واقعی

2. Multi-objective parametric mixed integer liner programming (MOPMILP)

www.SID.ir

Archive of SID

مقادیر متعادل بین عملیات کمتر و مجموع وزنی بر اساس مقادیر γ [۱۹].

فاز پنجم: تعیین اهمیت نتایج تصمیم‌گیری θ_k و مقدار ضریب جبران γ بر اساس اولویت تصمیم گیرنده. اگر تصمیم‌گیرنده از جواب کارا به دست آمده راضی باشد سپس توقف و انتخاب جواب کنونی به عنوان تصمیم نهایی در غیر اینصورت برای جستجوی جواب‌های کارا جدید تصمیم‌گیرنده باید با تغییر پارامترهای $(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6, \theta_k, \gamma)$ براساس اولویت‌های تجدید نظر شده و به روز شده به مرحله (۲) باز گردد.

۴. مطالعه موردی و نتایج

جهت نشان دادن کارایی مدل برنامه‌ریزی فازی مبتنی بر اندازه لزوم و روش حل تعاملی برای طراحی مدل تأثیر اجتماعی زنجیره تأمین با اثر زیست محیطی، یک مطالعه موردی صنعتی ارائه شده است. مورد مطالعه یک شرکت تولیدی نوشابه در استان فارس می‌باشد. جهت تخمین پارامترهای مورد نیاز گروهی از متخصصان و مدیران شرکت برای مشخص کردن اعداد فازی مثلثی بر اساس اطلاعات و دانش خود دور هم جمع شدند که برآورد نیازهای تقاضای مشتریان و درصد بازگشت محصولات استفاده شده توسط مشتریان در جدول (۱) آورده شده است. در حال حاضر شرکت دارای یک مرکز تولیدی فعال می‌باشد و جهت تأسیس مراکز جدید تولیدی ۷ مرکز دیگر در نظر می‌گیرد که تمامی اطلاعات مربوط به هزینه ثابت، ظرفیت، تعداد شغل ایجاد شده و تعداد حوادث ایجاد شده در مراکز تولیدی در جدول (۲) آورده شده است،این نکته باید مورد توجه قرار گیرد که هزینه‌های ثابت مرکز تولیدی فعال صفر در نظر گرفته شده است. در شبکه معکوس ۸ مرکز جمع آوری، ۴ مرکز بازیافت شیشه و پلاستیک در نظر گرفته شده است که اطلاعات آن در جدول (۳) آورده شده است، همچنین به علت محدودیت صفحات بقیه جداول آورده نشده است و در صورت درخواست ارائه خواهد شد. جهت نشان دادن عملکرد مدل ریاضی فازی بر اساس اندازه لزوم و اجرای روش حل آن به وسیله نرم افزار GAMS کدگذاری و توسط حل‌کننده CPLEX انجام شده است.

جدول (۱): تقاضای مشتریان $\tilde{d}_j$ و درصد بازگشت محصولات استفاده شده $\widetilde{W}_j$

منطقه مشتریان	تقاضا(هزار)	درصد بازگشت محصولات استفاده شده
فیروزآباد	(234,254,292)	(0.65,0.75,0.85)
سپیدان	(295,330,390)	(0.65,0.75,0.85)
استهبان	(112,124,138)	(0.65,0.75,0.85)
ارسنجان	(98,110,127)	(0.55,0.65,0.75)
کوار	(84,93,110)	(0.70,0.80,0.90)
آباده	(100,118,131)	(0.65,0.75,0.85)
جهرم	(215,240,270)	(0.70,0.80,0.90)

www.SID.ir

Archive of SID

جدول (۲): هزینه ثابت $\tilde{f}_i$، ظرفیت $\tilde{\pi}_i$، تعداد شغل ایجاد شده $\tilde{c}_{ji}$، تعداد حوادث ایجاد شده در مراکز تولیدی $\tilde{p}_{ai}$

مراکز تولیدی	هزینه ثابت (میلیون ریال)	ظرفیت (هزار)	تعداد شغل ایجاد شده (نفر)	تعداد حوادث ایجاد شده (نفر)
فیروزآباد	(13300,14500,15300)	(190,200,210)	(85,95,105)	(3,4,5)
سپیدان	(13500,14700,15400)	(190,200,210)	(85,95,105)	(2,4,6)
کوار	(13600,14800,15500)	(200,210,220)	(90,100,110)	(3,4,5)
استهبان	(13500,14700,15400)	(165,180,195)	(75,80,85)	(3,4,5)
ارسنجان	(13000,14000,15000)	(190,200,210)	(85,95,105)	(2,4,6)
آباده	(13600,14700,15400)	(190,200,210)	(85,95,105)	(2,4,6)
جهرم	(13400,14200,15200)	(165,180,195)	(75,80,85)	(3,4,5)
شیراز	(0,0,0)	(170,190,210)	(75,80,85)	(2,4,6)

جدول (۳): هزینه ثابت $\tilde{g}_k$، ظرفیت $\tilde{\pi}_k$، تعداد شغل ایجاد شده $\tilde{c}_{jk}$ و تعداد حوادث ایجاد شده در مراکز جمع‌آوری $\tilde{p}_{ak}$

مراکز تولیدی	هزینه ثابت (میلیون ریال)	ظرفیت (هزار)	تعداد شغل ایجاد شده (نفر)	تعداد حوادث ایجاد شده (نفر)
فیروزآباد	(1700,1740,1780)	(240,245,250)	(17,18,19)	(2,3,4)
سپیدان	(1750,1790,1830)	(240,245,250)	(17,18,19)	(2,3,4)
استهبان	(1700,1740,1780)	(250,255,260)	(18,20,22)	(2,3,4)
ارسنجان	(1680,1720,1740)	(220,225,230)	(15,16,17)	(1,2,3)
کوار	(1780,1830,1880)	(230,235,240)	(16,17,18)	(2,3,4)
آباده	(1760,1810,1860)	(205,210,220)	(11,12,13)	(1,2,3)
جهرم	(1720,1750,1780)	(210,215,220)	(13,14,15)	(1,2,3)
شیراز	(1730,1770,1810)	(225,230,235)	(16,17,18)	(2,3,4)

جدول (۴): خلاصه نتایج حل مدل

$(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6)$	0.55	0.70	0.80	0.90	1
$w_1 - \text{PIS}$	18785810	19234460	19535120	19836120	20137260
$w_1 - \text{NIS}$	24556900	24339870	24194720	24049450	23904180
$w_2 - \text{PIS}$	177318.16	182592.22	186109.28	189630.34	193179.20
$w_2 - \text{NIS}$	369971.57	367266.51	365430.96	363558.38	361685.80
$w_3 - \text{PIS}$	1097.75	1111.75	1130.75	1189.75	1189.75
$w_3 - \text{NIS}$	1379.75	1379.75	1379.75	1379.75	1379.75
w_1	24266130	24070650	23928890	23876270	23736300
w_2	352917.13	350159.22	348671.38	343690.45	342135.10
w_3	1379.75	1379.75	1379.75	1379.75	1379.75

www.SID.ir

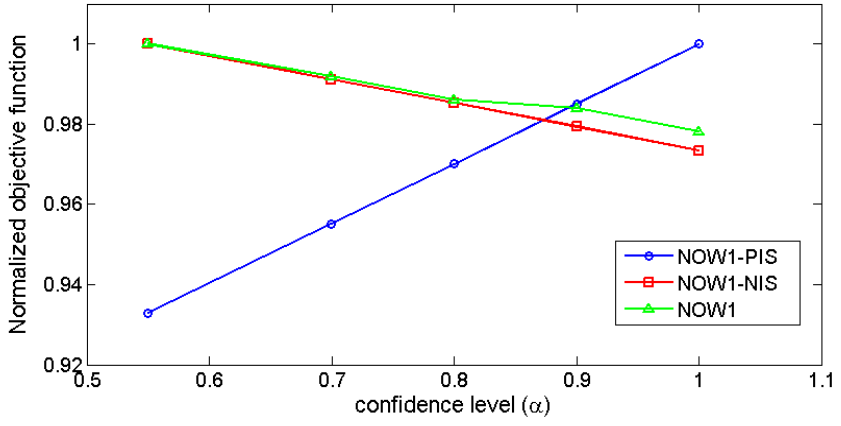
Archive of SID

همانطور که در جدول (۴) و شکل شماره (۱) مشاهده می‌شود با افزایش سطح اطمینان، جواب ایده ال مثبت تابع هدف اول افزایش پیدا می‌کند در صورتی که جواب ایده‌ال منفی تابع هدف اول کاهش پیدا می‌کند همچنین مقدار تابع هدف اول کاهش پیدا می‌کند. در خصوص تابع هدف دوم با توجه به شکل شماره (۲) افزایش سطح اطمینان، جواب ایده‌ال مثبت افزایش پیدا می‌کند در صورتی که جواب ایده‌ال منفی آن کاهش پیدا می‌کند و مقدار تابع هدف دوم نیز کاهش پیدا می‌کند. در رابطه با تابع هدف سوم با توجه به شکل شماره (۳) با افزایش سطح اطمینان تا 0.8، جواب ایده‌ال مثبت افزایش پیدا می‌کندو از 0.8 به بالاتر جواب ایده‌ال مثبت، ثابت باقی می‌ماند.

در صورتی که جواب ایده‌ال منفی و مقدار تابع هدف سوم با افزایش سطح اطمینان ثابت باقی می‌ماند. ضریب جبران γ،0.4 و ضرایب اهمیت تصمیم‌گیری در توابع هدف اول تا سوم به ترتیب $\theta_1 = .3$, $\theta_3 =0.4, \theta_2 =0.3,$ در نظر گرفته شده است.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهاداتی جهت تحقیقات آینده

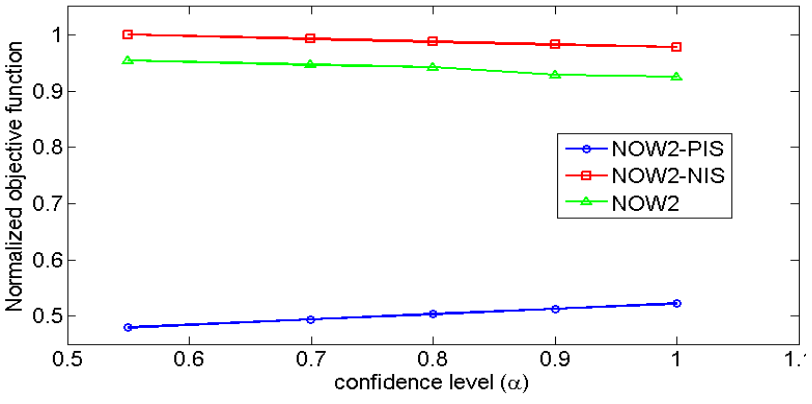
در این پژوهش ابتدا مدلی برای زنجیره تأمین با رویکرد زیست محیطی و اجتماعی ارایه شد. در مواجهه با پارامترهای مبهم (نادقیق) یک مساله بهینه‌سازی سه هدفه با استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی فازی که به دنبال کمترین اثرات زیست محیطی، هزینه‌ها و همچنین حداکثر نمودن تأثیرات اجتماعی زنجیره تأمین می‌باشد، ارائه گردیده است. به منظور حل مدل چند هدفه فازی در گام اول مدل مورد نظر را با استفاده از اندازه لزوم به یک مدل قطعی تبدیل نموده و در گام دوم با استفاده از تابع تجمعی مدل قطعی را حل نموده است یک مطالعه موردی واقعی صنعتی به منظور نشان دادن قابلیت مدل ارائه شده است. از مهم‌ترین مزایا می‌توان به در نظر گرفتن تاثیرات اجتماعی زنجیره تأمین و از محدودیت‌های مدل می‌توان به در نظر گرفتن شرایط قطعی در تابع هدف اثر زیست محیطی اشاره نمود. بنابراین توسعه مدل ریاضی با در نظر گرفتن پارامترهای زیست محیطی به صورت فازی،حل مدل توسعه یافته با روش‌های فراابتکاری و جهت تبدیل مدل‌های فازی به قطعی با استفاده از روش اعتبار می‌تواند موضوعاتی برای تحقیقات آینده باشد.



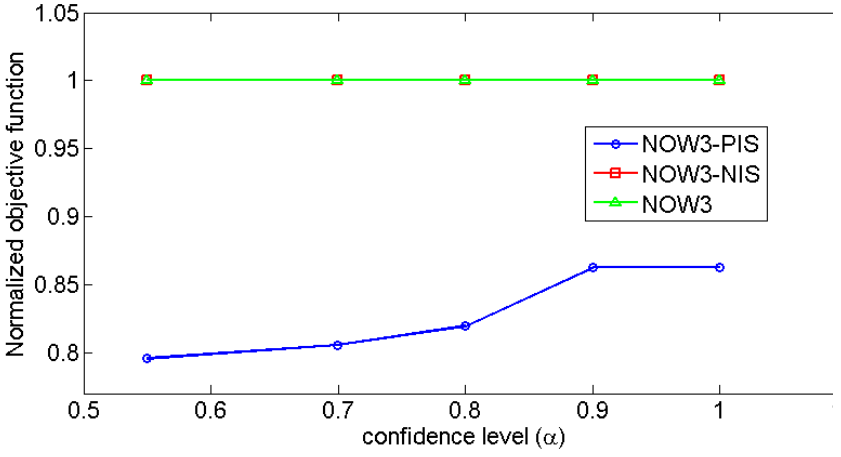
شکل۱: تغییرات مقادیر تابع هدف اول با استفاده از روش برنامه ریاضی فازی

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۲: تغییرات مقادیر تابع هدف دوم با استفاده از روش برنامه ریاضی فازی



شکل۳: تغییرات مقادیر تابع هدف سوم با استفاده از روش برنامه ریاضی فازی

www.SID.ir

Archive of SID

فهرست منابع

[1] Balfaqih, H., Nopiah, Z.M., Saibani, N., Al-Nory, M.T. (2016). Review of Supply chainperformance systems: 1998-2015.computers industry, 82,135-150.

[2] Luo, Y., Zhou, M., Caudili, R.J.(2001). An integrated e-supply chain model for agile and environmentallyconscious manufacturing. Mechatronics, IEE/Asme Transactions on, 6, 377-386.

[3] Dotoli, M., Fanti, M.P., Meloni, c., Zhou, M. (2006).Design and optimization of integrated e-supply chain for agile and environmentally conscious manufacturing. IEE Transaction on, 36, 62-75.

[4] Zhalechian, M., Tavakkoli-Moghaddam, R., Rahimi,Y., jolai, F.(2017). Aninteractive possibilistic Programming approach for a multi-objective hub locationproblem: Economic and environmental design. Applied soft computing, 52, 699-713.

[5] Nurjanni, k., Carvalho, M., Costa, L. (2016). Green supply chain design: a mathematical modeling Approach based on multi-objective optimization model. Journal of production Economics, 16, 1-24.

[6] Devika, k., Jafarian, A., Nourbakhsh, v. (2014). Designing a sustainable closed-loop supply chain network based on triple bottom line approach: A comparison of meta heuristics hybridization techniques. European journal of operational Research, 235, 594-615.

[7] Zhao, R., Liu,Y. ,Hung, T. (2016).An Optimization Model for Green supply chain Management by Using a Big Data Analytic approach. Journal of cleaner production, 1-38.

[8] Cai, Y., Pan, C., Statman, M. (2016). Why do countries matter so much in corporate social performance? .journal of corporate Finance, 1-19.

[9] Sancha, c., Gimenez, C., Sierra, V. (2015). Achieving a Socially responsible supply chain through assessment and Collaboration. Journal of cleaner production, 1-14.

[10] Wang, H., Lu, W., Zhang, X. (2016).The curvilinear relationship between corporate social performance and corporate financial performance: Evidence from the international construction industry. Journal of cleaner production, (16), 1-28.

[11] Hatefi, S.M.,Jolai, F., Torabi, S.A.,Tavakkoli-Moghaddam, R. (2014). A credibility – constrained programming for reliable forward – reverse logistics network design under uncertainty and facility disruptions. International journal of computer Integrated Manufacturing, 1-16.

[12] Khanjani, R., Tavana, M., Fukuyama, H., Dicaprio, D. (2015). Fuzzy Chance- constrained geometric Programming: the possibility, necessity and credibility approaches. Springer-verlag Heidelberg, 1-31.

[۱۳] منهاج، م.ب.، جمالزهی، س. (۱۳۹۳). یک روش جدید برای مرتب سازی اعداد فازی بر اساس اندازه امکان و ضرورت ششمین کنفرانس ملی مهندسی برق و الکترونیک، ۸-۱.

[14] Zadeh, l., (1978). Fuzzy Sets as a basis for a theory of possibility. Fuzzy Sets system, 1,3-28.

[15] [33]Tanaka, H., (1987). Fuzzy data analysis by possibilistic linear models. Fuzzy Sets system, 24, 363-375.

www.SID.ir

Archive of SID

[16] Lai, Y.J., Hwang, C.L. (1992). Anew approach to some Possibilistic Linear programming problems. Fuzzy sets system, 49,121-133.

[17] Goedkoop, M., Spriensma, R., (2000). The Eco-indicator 99, A damage oriented method for life cycle Impact Assesment, Methodology Report, 3, Amersfoort, Netherlands.

[18] Liu, B., Liu, Y.K. (2002). Expected value of fuzzy variable and fuzzy expected value models.IEEE Transaction on fuzzy systems, 10(4), 445-450.

[19] Torabi, S.A., Hassini, E. (2008). An interactive possibilistic programming approach for multiple objective supply chain Master planning. Fuzzy sets system, 159, 193-214

www.SID.ir