Archive of SID

چکیده

در پژوهش حاضر مسأله انتخاب تامین‌کننده از یک منظر جدید فرمول‌بندی و حل می‌شود. بدین منظور کمینه‌سازی هزینه و کمینه‌سازی زمان تحویل و بیشینه‌سازی قابلیت اطمینان به عنوان اهداف مسئله در نظر گرفته شده است. هزینه خرید در شرایط تخفیف، هزینه سفارش، هزینه حمل، هزینه کمبود و هزینه نگهداری، اجزاء تشکیل‌دهنده تابع هدف هزینه می‌باشند. در این تحقیق از طراحی قابلیت اطمینان (پایایی) در سیستم‌های موازی برای انتخاب تأمین‌کننده الگوبرداری شده است به طوری که مجموعه تأمین‌کنندگان به عنوان یک سیستم و هر تأمین‌کننده به عنوان یک جزء در نظر گرفته شده است. پس از مدلسازی ریاضی مسأله، توابع هدف، به صورت آرمان‌های فازی توصیف شده‌اند و از یک رویکرد تصمیم‌گیری فازی برای بازنویسی مدل سه هدفه پیشنهادی به صورت مدلی تک هدفه استفاده گردیده است. تولید یک جواب نهایی به جای مجموعه‌ی جواب‌های کارای پارتو، از مزیت‌های روش پیشنهادی است که مانع سردرگمی تصمیم‌گیرنده است. به منظور توصیف عملکرد و کاربرد بالقوه روش پیشنهادی، مسأله انتخاب تامین کننده با داده‌های واقعی حل گردید.

کلید واژه:
انتخاب تأمین کننده، قابلیت اطمینان، برنامه‌ریزی چندهدفه، آرمان فازی، تصمیم-گیری فازی

ارائه مدل برنامه ریزی ریاضی چند هدفه برای انتخاب تأمین کننده در شرایط تخفیف

عباس شول(نویسنده مسئول)
استادیار گروه مدیریت صنعتی دانشگاه ولی عصر رفسنجان
shoul@vru.ac.ir
علی یعقوبی پور
استادیار گروه مدیریت، دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سیرجان، ایران
yaghoubipoor@yahoo.com
لاله عباسلو
دانشجوی دکتری مدیریت تکنولوژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات
abbaslo@gmail.com

مقدمه

انتخاب تأمین‌کنندگانِ مناسب و تخصیص سفارش به آنها، به دلیل فراهم آوردن فرصت کاهش هزینه‌ها و متعاقب آن افزایش سود، یکی از فعالیت‌های استراتژیکی مدیریت زنجیره‌تأمین محسوب می‌شود [1]. مسأله انتخاب تأمین‌کننده فرایند ارزیابی، مقایسه و یافتن تأمین‌کنندگان مناسب است که این تأمین‌کنندگان قادر به تأمین نیازهای خریدار، با بهترین کیفیت مورد انتظار، در مکان مناسب، در حجم مناسب و زمان مناسب باشند. اصولاً دو نوع موقعیت خرید وجود دارد: منبع‌یابی منفرد۱ و منبع یابی چندگانه۲. در منبع‌یابی منفرد؛ هر کدام از تأمین‌کنندگان به تنهایی قادرند کلیه خواسته‌های مشتری را بر حسب کمیت، کیفیت، تحویل و غیره برآورده سازند، در نتیجه، تصمیم تنها با شناسایی بهترین تأمین‌کننده سروکار دارد. در منبع‌یابی چندگانه، هر کدام از تأمین‌کنندگان دارای محدودیت‌هایی مانند ظرفیت تولیدی، کیفیت محصول و ... هستند، بنابراین قادر به ارضای تمامی تقاضای خریدار نیستند. در مواردی نیز راهبرد تدارکات، اجتناب از وابستگی به یک منبع منفرد به منظور حفاظت در برابر کمبودها و حفظ رقابت بین تأمین‌کنندگان است در چنین شرایطی مسأله شامل دو بخش است: انتخاب تأمین‌کنندگان و تعیین اندازه انباشته [2]. بنابراین اتخاذ تصمیمات مرتبط با انتخاب تأمین‌کننده و مدیریت موجودی به صورت همزمان می‌تواند راهکاری مناسب جهت کاهش هزینه‌های سیستم باشد.

مسأله انتخاب تأمین‌کننده یک مسأله تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است که تحت تأثیر عوامل متعددی است که اغلب در تقابل با یکدیگرند. در اکثر مسائل انتخاب تأمین‌کننده اهدافی چون کمینه‌کردن هزینه‌ها، بیشینه‌کردن کیفیت و کمینه‌کردن زمان تحویل مورد توجه قرار گرفته است. قابلیت اطمینان یکی از مهمترین ویژگی‌های

www.SID.ir

Archive of SID

زنجیره‌تأمین است که تأثیر قابل‌توجهی بر کمال (تمامیت)۳ و کیفیت محصولات و هزینه‌های لجستیکی در زنجیره‌تأمین دارد [3] و یک زنجیره‌تأمین برای دستیابی به اثربخشی و کارایی نیازمند قابلیت اطمینان بالاست [4]. تحقیقات مبتنی بر قابلیت اطمینان در حوزه‌های مهندسی و مدیریت به طور فزاینده‌ای انجام شده است؛ اما در این تحقیقات به ندرت به مفاهیم موجود در ادبیات زنجیره‌تأمین اشاره شده است [5] . تا به حال هیچ تعریف تأیید شده کلی از قابلیت اطمینان زنجیره‌تأمین٤(SCR) ارائه نشده است [5]. توماس (۲۰۰۲) اولین کسی بود که به صراحت مفهوم SCR را به عنوان " احتمال برآورده سازی الزامات اصلی زنجیره جهت تأمین ملزومات لازم برای نقاط انتقال حیاتی درون سیستم" مطرح کرد. برخی از منابع، مفهوم SCR را از یک دیدگاه خاص، برای مثال زمان حضور در خدمت‌دهی [6]، یا شکست بالقوه [7]، مطرح کرده‌اند. به طور کلی، یک زنجیره‌تأمین در صورتی قابل اطمینان است که با وجود ازکارافتادگی بخش‌هایی از زنجیره، عملکرد خوبی داشته باشد [5]. به طور کلی مسأله عدم قابلیت اطمینان از شرایطی ناشی می‌شود که ظرفیت برنامه‌ریزی شده، به دلیل وقوع رویدادهای غیرعادی نتواند تقاضای مشتری را در موعد مقرر برآورده کند. زمانی که یک رویداد غیر منتظره رخ دهد که منجر به کاهش تقاضا شود، مازاد تولید (تأمین) به وجود می‌آید که در این صورت بهره‌برداری از ظرفیت، کاهش می‌یابد و باعث افزایش هزینه‌ها می‌شود. از طرف دیگر نیز اگر تقاضا افزایش یابد به طوری که از ظرفیت برنامه‌ریزی شده بیشتر باشد این امر باعث سود از دست رفته خواهد شد. بنابراین طراحی شبکه زنجیره تأمین(برنامه‌ریزی ظرفیت و تخصیص تولید)، قابلیت اطمینان را برای تولید کننده ایجاد می‌کند تا در زمان نوسانات تقاضا بتواند هم صرفه‌جویی هزینه و هم سطح خدمت به مشتری را داشته باشد. بنابراین می‌توان قابلیت اطمینان زنجیره‌تأمین را چنین تعریف کرد: احتمال اینکه ظرفیت برنامه‌ریزی شده (اولیه) اجزای زنجیره بتواند به طور اثربخشی به نوسانات تقاضا پاسخ دهد. به بیان دیگر، قابلیت اطمینان یک تسهیل عبارت است از احتمال بهره‌برداری از ظرفیت آن تسهیل در محدوده قابل قبول برنامه‌ریزی [8]. نهایتاً، قابلیت اطمینان هر تسهیل را می‌توان احتمال ازکارافتادگی تسهیل در یک دوره زمانی معین به دلیل عواملی چون رویدادهای طبیعی، حملات تروریستی، تغییر در مالکیت، اشتباه نیروی کار، شرایط آب و هوایی و غیره تعریف کرد [9]. بنابراین در این تحقیق علاوه بر اهداف هزینه و زمان، بیشینه‌سازی قابلیت اطمینان تأمین‌کنندگان مورد توجه قرار گرفته است. از طرفی در اکثر مسایل مکان یابی(انتخاب تأمین‌کننده) – موجودی تحقیقات اندکی بر روی اعمال تخفیفات متمرکز شده است. بنابراین در این تحقیق تخفیف موردتوجه قرار گرفته است. در بخش بعدی مقاله، پیشینه تحقیق ارائه شده است. در بخش سوم مسأله تحقیق و در بخش چهارم مدل‌سازی مسأله معرفی می‌گردد. در بخش پنجم روش حل و نتایج عددی ارائه گردیده است. در پایان نتیجه‌گیری مباحث ذکر شده است.

۱. پیشینه تحقیق

تا کنون مطالعات متنوعی در مبحث انتخاب تأمین‌کننده انجام شده، که هر یک رویکردهای متفاوتی داشته‌اند. در این بخش به تعدادی از این پژوهش‌ها اشاره می‌شود.

اولین تحقیق در حوزه انتخاب تأمین‌کننده توسط دیکسون در سال ۱۹۹٦ انجام شد در این تحقیق معیارهای انتخاب تأمین‌کننده شناسایی و اهمیت آنها تعیین گردید . در تحقیقی، یک مدل چند هدفه فازی را برای مسأله تولید– توزیع ارایه شد؛ به طوری که مدل او به طور همزمان هزینه‌های تولید – توزیع، مجموع محصولات برگشتی و مجموع زمان‌های ارسال را حداقل می‌کند. او برای حل مدل از توسعه حداکثر–حداقل٥ استفاده کرد [10]. در مقاله‌ای به بررسی مسأله برنامه‌ریزی یکپارچه چند دوره‌ای، چند محصولی تولید– توزیع در زنجیره‌تأمین پرداخته شد، در این تحقیق تقاضای مشتری و ظرفیت‌های تولید نامعین فرض شده است. مدل یکپارچه تولید – توزیع پیشنهاد شده، مبتنی بر برنامه‌ریزی ریاضی فازی است که تابع هدف فازی و محدودیت‌ها منعطف هستند. مدل با الگوریتم ژنتیک حل شده و یک جواب تقریبی به دست آمده است [11] . در تحقیقی یک مدل برنامه‌ریزی چند هدفه فازی تصادفی به‌منظور حداقل کردن هزینه‌های ثابت کارخانه و مراکز توزیع زنجیره‌تأمین و حداکثرسازی خدمات به مشتری ارائه کردند. آنها با استفاده از عملگر امید ریاضی و محدودیت شانس، مدل را به یک مسأله برنامه‌ریزی چند هدفه قطعی تبدیل و سپس به کمک الگوریتم ژنتیک حل نمودند [12].

در پژوهشی، مجموعه‌های فازی را برای مسائل یکپارچه‌سازی برنامه ریزی تولید–توزیع با چند محصول، چند دوره زمانی در زنجیره‌های تأمین، با در نظر گرفتن ارزش زمانی پول برای هر نوع هزینه عملیاتی به کار گرفته شد. مدل برنامه‌ریزی خطی چند هدفه فازی ارائه شده، تلاش می‌کند تا به طور همزمان مجموع هزینه‌ها و مجموع زمان ارسال را با رعایت سطح موجودی، ظرفیت ماشین و نیروی کار به علاوه

www.SID.ir

Archive of SID

تقاضا و فضای در دسترس در هر مقصد و محدودیت بودجه حداقل کند [10]. در مقاله‌ای یک مدل چند هدفه فازی برای طراحی شبکه توزیع زنجیره‌تأمین ارایه شد؛ به طوری که مدل ارائه شده شامل کمینه‌سازی هزینه کل(شامل هزینه‌های حمل و نقل محصول از کارخانه‌ها به انبارها و از انبارها به خرده‌فروشان است) و کمینه‌سازی میزان سرمایه‌گذاری در موجودی کارخانه‌ها و انبارها و بیشینه‌سازی سطح سرویس‌دهی کل است. در این مدل توابع به صورت فازی و پارامترها و محدودیت‌ها غیرفازی در نظر گرفته شده‌اند. خروجی مدل انتخاب بهینه تعداد، مکان و سطح ظرفیت بهینه تسهیلات است [13]. در پژوهشی یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی یکپارچه برنامه‌ریزی تولید-توزیع، در یک زنجیره‌تأمین چند سطحی با چند خط تولید، چند کارخانه، چند مرکز توزیع مطرح شد. این مدل مدل به طور همزمان تخصیص محصولات به خطوط تولید، مقدار محصول حمل شده و تعداد وسایل نقلیه در مسیرهای از پیش تعریف شده را فرموله می‌کند. همچنین، تصمیمات مربوط به تخصیص محصولات به خطوط تولید و تصمیمات تاکتیکی مربوط به مسیریابی توزیع را یکپارچه می‌کند [14].

در تحقیقی دیگر، یک روش لاگرانژین بر اساس الگوریتم حل برای مسأله طراحی شبکه زنجیره تأمین پیشنهاد شد. در این مسأله، مکان مراکز توزیع و این که کدام یک به تولیدکنندگان یا خرده فروشان تخصیص یابد، تعیین شده‌اند. برای اولین بار تقاضا بر اساس زمان تحویل در مسائل طراحی شبکه زنجیره تأمین مطرح شده است. تقاضا به زمان تحویل وابسته است و بین زمان تحویل و هزینه‌های لجستیک رابطه وجود دارد. بر خلاف اکثر مطالعات قبلی که بر روی حداقل کردن هزینه‌های لجستیک تمرکز دارند، در این پژوهش یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح صفر و یک برای حداکثر کردن سود معرفی شد. از آن جا که به دست آوردن جواب بهینه دقیق سخت است، برای یافتن جواب نزدیک بهینه یک روش لاگرانژین به کار رفته است. نتایج محاسباتی که بر روی ۲۰ مثال کوچک و ۵۰ مثال بزرگ انجام شد؛ نشان داد که روش لاگرانژین پیشنهادی جواب‌های خوبی در زمان کوتاه ارائه می‌کند [15].

در پژوهشی، یک مدل برنامه ریزی خطی عدد صحیح مختلط، برای برنامه‌های تاکتیکی و استراتژیکی در یک شبکه تولید و توزیع چند دوره‌ای ارائه شد. خروجی مسأله شامل تصمیمات انتخاب تأمین‌کننده، مکان‌یابی تسهیلات، تعیین مقدار مواد اولیه خریداری شده، تعیین مقدار مواد تولید شده و ارسالی به مشتریان و ... می‌باشد. برای نشان دادن کارایی مدل پیشنهادی، چند مثال عددی فرضی با استفاده از سیپلکس حل شد. نتایج نشان داد که در مثال‌های کوچک و متوسط جواب‌های با کیفیت بالا به دست آمده، اما برای حل مثال های بزرگتر، به الگوریتم‌های ابتکاری نیاز است تا زمان حل کاهش یابد [16]. در ادامه مهمترین مطالعاتی که به طور مستقیم و صریح در زنجیره‌تأمین با در نظر گرفتن موضوع قابلیت اطمینان انجام شده است، مورد بررسی قرار می گیرد:

اشنایدر در رساله دکتری خود که به راهنمایی پروفسور دسکین انجام شد، به مباحث بهینه‌سازی در زنجیره‌تأمین در حالت عدم قطعیت برای اولین بار موضوع خرابی و ازکارافتادگی تسهیلات را تحت عنوان قابلیت اطمینان تسهیلات در بحث مکان‌یابی و تخصیص تسهیلات به طور مستقیم مورد مطالعه قرار داد. وی مسأله مذکور را به صورت تک‌هدفه و کمینه‌سازی هزینه خرابی و نیز دو هدفه به صورت کمینه‌سازی مجموع هزینه‌های عملیاتی و هزینه‌های انتظار خرابی مدلسازی ریاضی کرد و سپس با استفاده از روش آزاد سازی لاگرانژ حدود بالا و پایین مسأله را به دست آورد و با بکارگیری روش شاخه و کران جواب بهینه مسأله را تعیین کرد. همچنین در این تحقیق نمودار سعی و خطا بر اساس نمودارهای هزینه‌های عملیاتی و هزینه‌های انتظار خرابی ترسیم شد و به ازای هزینه‌های مختلف عملیاتی، هزینه‌های انتظار خرابی محاسبه شد تا بدین ترتیب نشان داده شود با افزایش مختصری در هزینه‌های عملیاتی می‌توان قابلیت اطمینان سیستم را تا مقدار قابل توجهی افزایش داد [17].

در مقاله‌ای، برای بررسی مفاهیم قابلیت اطمینان در شبکه‌های ارتباطی، شبکه به صورت گراف ترسیم شد و هدف این بود که شبکه طوری طراحی شود تا با وجود برخی از ازکارافتادگی‌های احتمالی، اتصال همچنان باقی بماند. نویسندگان اظهار داشتند که کلیه تحقیقات انجام گرفته در این زمینه، مربوط به قابلیت اطمینان کمان‌ها می باشد و تحقیقات بسیار کمی وجود دارد که بحث قابلیت اطمینان گره‌ها را نیز مطرح کرده باشد [18].

در پژوهشی، یک مسأله بهینه‌سازی شبکه زنجیره‌تأمین دو سطحی، چند دوره‌ای و چند محصولی متشکل از تولیدکنندگان و مراکز توزیع را مدل‌سازی شد. مسأله شامل دو هدف به حداقل رساندن هزینه کل و حداکثرسازی متوسط تعداد محصولات ارایه شده به مشتریان بود. در این مقاله برای هر مرکز توزیع، شاخص قابلیت‌اطمینان مدنظر قرار گرفته است؛ بدین شکل که احتمال از کارافتادگی مرکز توزیع از یک

www.SID.ir

Archive of SID

تابع نمایی تبعیت می‌کند که این ازکارافتادگی میزان ارسال کالا از مرکز توزیع به مناطق مشتریان را تحت تأثیر قرار می‌دهد یعنی تابع هدف دوم مقاله شامل حاصلضرب قابلیت اطمینان در مقدار کالای ارسالی به مناطق مشتریان مختلف می‌باشد. متغیرهای تصمیم مسأله شامل ۱) تعداد و مکان مراکز توزیع ۲) تعداد بهینه اقلام تولید شده ۳) مقدار بهینه محصولات ارسال شده ٤) موجودی بهینه در مراکز توزیع و تولید و ٥) مقدار کمبود بهینه می باشند. در نهایت مدل برنامه ریزی خطی عدد صحیح مختلط مسأله با استفاده از نرم افزار GAMS حل شد [9].

در مقایسه با رویکردهای مرسوم که تنها به عوامل هزینه و سود می‌پردازند، در این تحقیق معیارهای عملکردی دیگر نیز مد نظر قرار خواهد گرفت. چرا که تنها معیار مهم مشتریان و مدیران برای انتخاب تأمین‌کننده و تولید کننده هزینه نیست، بلکه عوامل دیگری مثل زمان و قابلیت اطمینان نیز دارای اهمیت هستند. به همین دلیل مدلی برای در نظر گرفتن سایر معیارهای اثر گذار ارائه می‌گردد.

۲. تعریف و مدلسازی مسأله

در این بخش مدل ریاضی مسأله انتخاب تأمین کننده و تخصیص سفارش ارائه می‌شود. مدل طراحی شده غیر خطی و عددصحیح آمیخته است. ابتدا مفروضات مدل سپس تعریف متغیرها و پارامترها و درنهایت فرمول‌بندی ارائه می‌گردد.

۱.۲. مفروضات مدل

مفروضات مدل تحقیق شامل موارد ذیل است: کمبود مجاز است. امکان ارسال محصول از هر تأمین کننده به تولیدکنندگان وجود دارد. هر تأمین‌کننده کالای خود را بسته به حجم خرید(کم، متوسط و زیاد) با قیمت‌های متفاوت عرضه می‌کند. زمان‌های ارسال از هر تأمین‌کننده به تولیدکنندگان متفاوت در نظر گرفته شده است. قابلیت اطمینان هر یک از تأمین‌کنندگان متفاوت در نظر گرفته شده است.

۲.۲ نمادها و متغیرهای مدل پیشنهادی

نمادهایی که در مدل پیشنهادی مورد استفاده قرار می‌گیرند، در ادامه بیان می‌شود.

اندیس‌ها:

j =اندیس برای تولیدکنندگان $(j = ۱, \dots, m)$.

i =اندیس برای تأمین‌کنندگان، $(i = ۱, \dots, n)$.

پارامترها:

cap_i = ظرفیت تامین‌کننده i ام.

D_j = تقاضای تولیدکننده j ام.

s_j = هزینه کمبود مربوط فروشگاه j ام.

h_j = هزینه نگهداری محصول مربوط به فروشگاه j ام.

co_{ij} = هزینه سفارش‌دهی تولیدکننده j ام از تأمین کننده i ام

b_j = مقدار کمبود مجاز مربوط به تولیدکننده j ام.

v_{ij} = هزینه متغیر حمل هر واحد، از تأمین کننده i ام به تولیدکننده j ام.

R_i = قابلیت اطمینان مربوط به تأمین‌کننده i ام.

B_j = بودجه خرید مربوط به تولیدکننده j ام.

Q_{li} = حجم خرید کم از تأمین‌کننده i ام.

Q_{mi} = حجم خرید متوسط مربوط تأمین کننده i ام.

www.SID.ir

Archive of SID

cl_i = قیمت محصول تأمین‌کننده iام مربوط به خرید در حجم کمتر مساوی Q_{li}.

cm_i = قیمت محصول تأمین‌کننده iام مربوط به خرید در حجم متوسط (بیشتر از Q_{li} و کمترمساوی Q_{mi})

cu_i = قیمت محصول تأمین کننده iام مربوط به خرید در حجم زیاد(بیشتر از Q_{mi}).

۳.۲. متغیرهای تصمیم:

x_{ij} = مقدار انتقال محصول از تأمین‌کننده iام به تولیدکننده jام.

y_{ij} = متغیر صفر و یک، درصورت انتقال محصول از تأمین‌کننده iام به فروشگاه jام مقدار ۱ به خود می‌گیرد در غیر این‌صورت مقدار صفر اختیار می‌کند.

w_i = متغیر صفر و یک، در صورت فعال بودن تأمین کننده iام مقدار یک، در غیر این‌صورت صفر اختیار می‌کند.

l_i = متغیر صفر و یک، در صورت خرید در حجم کم از تأمین‌کننده iام مقدار ۱ به خود می‌گیرد در غیر این‌صورت مقدار صفر اختیار می‌کند.

m_i = متغیر صفر و یک، در صورت خرید در حجم متوسط از تأمین‌کننده iام مقدار ۱ به خود می‌گیرد در غیر این‌صورت مقدار صفر اختیار می‌کند.

u_i = متغیر صفر و یک، در صورت خرید در حجم زیاد از تأمین‌کننده iام مقدار ۱ به خود می‌گیرد در غیر این‌صورت مقدار صفر اختیار می‌کند.

۳.۳. مدل ریاضی مسئله‌پیشنهادی

مدل ریاضی مربوط به مسأله انتخاب تأمین کننده و تخصیص سفارش به صورت برنامه‌ریزی سه هدفه‌ی زیر فرمول‌بندی می‌شود:

$$\max Z_1 = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} cl_i . l_i . x_{ij} + \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} cm_i . m_i . x_{ij} + \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} cu_i . l_i . x_{ij} + \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} v_{ij} . x_{ij} + \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} y_{ij} . co_{ij} + \sum_{j=1}^{n} \left(\frac{b_j}{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}} . s_j\right) + \sum_{j=1}^{n} \left(\frac{(\sum_{i=1}^{m} x_{ij} - b_j)^2}{2.\sum_{i=1}^{m} x_{ij}} . h_j\right) \quad (a)$$

$$\min Z_2 = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} d_{ij} . y_{ij} \quad (b)$$

$$\max Z_3 = 1 - \prod_{i=1}^{m} (1 - r_i w_i) \quad (c)$$

$$s.t. \sum_{j=1}^{n} x_{ij} \le cap_i \quad \forall i \quad (d). \qquad \sum_{i=1}^{m} x_{ij} \ge D_j \quad \forall j \quad (e). \qquad x_{ij} \le M y_{ij} \quad \forall i, \forall j \quad (f).$$

$$x_{ij} \ge y_{ij} \quad \forall i, \forall j \quad (g). \qquad \sum_{j=1}^{n} y_{ij} \le w_i M \quad \forall i \quad (h). \qquad \sum_{j=1}^{n} y_{ij} \ge w_i \quad \forall i \quad (i).$$

$$\sum_{i=1}^{m} y_{ij} = 1 \quad \forall j \quad (j). \qquad x_{ij} \le Q_{li} + (1 - l_{ij}) M \quad \forall i, \forall j \quad (k). \qquad x_{ij} \ge l_{ij} \quad \forall i, \forall j \quad (l).$$

$$x_{ij} \ge (Q_{li} + 1).m_{ij} \quad \forall i, \forall j \quad (m). \qquad x_{ij} \le Q_{mi} + (1 - m_{ij}) M \quad \forall i, \forall j \quad (n). \qquad x_{ij} \ge (Q_{mi} + 1).u_{ij} \quad \forall i, \forall j \quad (o).$$

$$l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}, y_{ij}, w_i \in \{0,1\} \quad \forall i, \forall j \quad (p). \qquad x_{ij} \in \text{int} \quad \forall i, \forall j \quad (q).$$

در مدل ارائه شده تابع هدف اول (a)، کمینه‌سازی هزینه‌ها را نشان می‌دهد. سه عبارت اول این تابع هدف؛ هزینه خرید را نشان می‌دهد. بسته به حجم خرید، هزینه‌های خرید نیز متفاوت در نظر گرفته شده است. عبارت چهارم هزینه حمل از تأمین‌کنندگان به تولیدکنندگان را

www.SID.ir

Archive of SID

نشان می‌دهد. عبارت پنجم هزینه سفارش را نشان می‌دهد. این هزینه با متغیر صفر و یک y_{ij} کنترل می‌شود به طوری که با انتقال محصول از تأمین کننده iام به تولیدکننده jام مقدار ۱ به خود می‌گیرد در غیر این‌صورت مقدار صفر اختیار می‌کند. عبارت پنجم، هزینه کمبود و عبارت ششم هزینه نگهداری را نشان می‌دهد.

تابع هدف دوم (b)، کمینه‌سازی زمان ارسال محصول از تأمین‌کنندگان به تولیدکنندگان را دنبال می‌کند.

تابع هدف سوم (c)، به دنبال بیشینه‌سازی قابلیت اطمینان تأمین‌کنندگان است. در این مقاله، تأمین‌کنندگان به عنوان یک سیستم در نظر گرفته شده‌اند که از چند جزء مستقل تشکیل شده است همانطور که پیشتر اشاره شد در این تحقیق از طراحی قابلیت اطمینان (پایایی) در سیستم‌های موازی برای انتخاب تأمین‌کننده الگوبرداری شده است. برای هر جزء در هر سطح یا زیرسیستم نیز یک قابلیت اطمینان تعریف شده است: احتمال عملکرد صحیح و بدون از کارافتادگی یک تسهیل در یک دوره زمانی معین. که قابلیت اطمینان تسهیلات در زیرسیستم‌های تأمین و تولید، وابستگی شدیدی به عواملی چون انعطاف‌پذیری خطوط تولید، توان طراحی، میزان سرمایه‌گذاری و ... دارد. به عبارت دیگر قابلیت اطمینان تأمین‌کنندگانی که دارای خطوط تولید انعطاف‌پذیر می‌باشند، بالاتر خواهد بود. محدودیت اول(d)، تضمین می‌کند که میزان ارسال محصول از هر تأمین‌کننده به سایر تولیدکنندگان نباید بیشتر از ظرفیت تأمین‌کننده باشد. محدودیت دوم (e)، ارضای تقاضای هر تولیدکننده را تضمین می‌کند. به عبارت دیگر طبق این محدودیت محصولات ارسالی از سایر تأمین‌کنندگان به هر تولیدکننده باید حداقل برابر با تقاضای آن تولیدکننده باشد. محدودیت‌های (f)، تضمین می‌کنند که اگر ارسالی بین تامین‌کننده i و فروشگاه j صورت پذیرد متغیر دودویی y_{ij} مقدار یک اختیار کند. محدودیت‌های (g)، تضمین می‌کنند که اگر ارسالی بین تأمین‌کننده i و فروشگاه j صورت نپذیرفت متغیر دودویی y_{ij} مقدار صفر اختیار کند. محدودیت (h) بیان می‌کند که هر تولیدکننده تنها از یک تأمین‌کننده خریداری نماید. محدودیت (i) تضمین می‌کند اگر خرید از تأمین‌کننده iام در حجم کوچک (یعنی کمتر یا مساوی Q_{li}) صورت گیرد متغیر دودویی l_i مقدار یک بگیرد. محدودیت‌های (j) و (k) تضمین می‌کنند که اگر خرید از تأمین‌کننده iام در حجم متوسط(بیشتر از Q_{li} و کمترمساوی Q_{mi}) صورت گیرد متغیر دودویی m_i مقدار یک بگیرد. محدودیت (l) بیان می‌کند که اگر خرید از تأمین‌کننده iام در حجم زیاد (بیشتر از Q_{mi}) صورت گیرد متغیر دودویی u_i مقدار یک بگیرد. محدودیت (m) بیان می‌کند که هر فروشگاه تنها می تواند در یکی از حجم‌های کوچک، متوسط و یا بزرگ خرید کند.

۳. رویکرد حل مسئله

در این بخش مدل پیشنهادیِ مسأله انتخاب تأمین‌کننده، با یک رویکرد تصمیم‌گیری فازی حل می‌گردد.

۳-۱- تصمیم‌گیری فازی

هنگامی که فرآیند تصمیم‌گیری در یک محیط فازی انجام می‌شود، سازگاری و تناسب بین آرمان‌ها و محدودیت‌ها یک ویژگی بسیار مهم است. این سازگاری تفاوت‌های بین آن‌ها را از بین برده و یک راه نسبتاً ساده برای بیان مفهوم تصمیم بر اساس اهداف، آرمان‌ها و محدودیت‌های یک فرآیند تصمیم‌گیری به دست می‌دهد. بر اساس این خاصیت سازگاری و تناسب، بلمن و زاده پیشنهاد کردند که یک تصمیم فازی به صورت یک مجموعه فازی از انتخاب‌های ناشی از اشتراک اهداف (آرمان‌ها) و محدودیت‌ها تعریف شود [19]. بدین منظور آن‌ها سه مفهوم اصلی را معرفی کردند: آرمان یا هدف فازی۱۰، محدودیت فازی۱۱و تصمیم فازی۱۲و کاربرد این مفاهیم را در فرایندهای تصمیم‌گیری تحت شرایط فازی در یک محیط فازی ارائه نمودند.

فرض کنید X مجموعه‌ای از گزینه‌های مختلف برای یک مسئله تصمیم‌گیری تحت شرایطی خاص باشد. یک آرمان فازیG، مجموعه‌ای فازی روی X با تابع عضویت μ_G و یک محدودیت یا قید فازیC، مجموعه‌ای فازی رویX با تابع عضویت μ_C می‌باشد. پر واضح است که هر دوی آرمان و محدودیت‌های فازی میل دارند هم‌زمان در بهترین وضعیت خود برقرار باشند. بلمن و زاده (۱۹۷۰) تصمیم D، حاصل

www.SID.ir

Archive of SID

از آرمان فازی G و محدودیت فازی C را به صورت اشتراک G وCتعریف کردند. در واقع مجموعه‌ی فازی D به صورت D=G∩C با تابع عضویت زیر (رابطه ۱) مشخص می‌گردد:

$$\mu_D(x) = \min\{\mu_G(x), \mu_C(x)\} \qquad (۱)$$

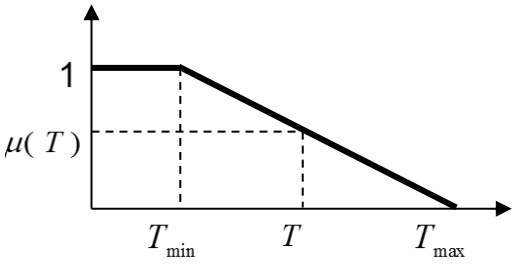
که در آن $x \in X$ یک گزینه‌ی مشخص می‌باشد. بر این اساس گزینه بهینه، گزینه‌ای است که درجه عضویت آن در مجموعهD دارای بالاترین مقدار ممکن باشد. به زبان ریاضیx* بهترین گزینه بر اساس تصمیم فازیِD است اگر:

$$\begin{aligned}\mu_D(x^*) &= \max_{x\in X} \mu_D(x) \\ &= \max_{x\in X} - \min\{\mu_G(x), \mu_C(x)\}\end{aligned} \qquad (۲)$$

در ادامه به حل مسأله موازنه زمان، هزینه و کیفیت با استفاده از رویکرد تصمیم‌گیری فازی پرداخته می‌شود. بدین منظور ابتدا اهداف مربوط به زمان، هزینه و قابلیت اطمینان در قالب آرمان‌هایی فازی توصیف خواهند شد و از معیار تصمیم‌گیری بلمن- زاده برای یافتن جواب بهینه‌مسئله استفاده می‌شود.

۳-۲- فازی‌سازی توابع هدف

برای توصیف تابع هدف کمینه‌سازی زمان تحویل به صورت یک آرمان فازی ازحداقل و حداکثر زمان تحویل تقاضای تولیدکنندگان استفاده می‌کنیم. بدین منظور با توجه تابع هدف زمان تحویل، تابع عضویت مربوط به آرمان فازی زمان تحویل در رابطه (۳) و نمودار (۱) توصیف شده است.



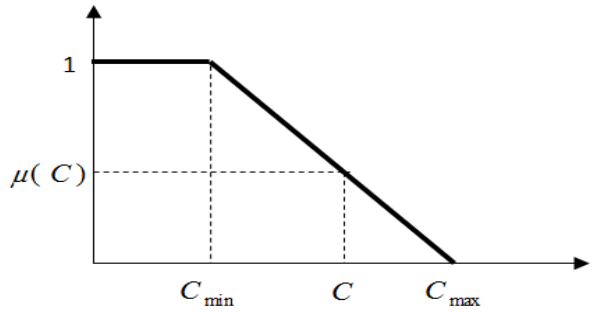
$$\mu(T) = \begin{cases} 1 & T \le T_{\min} \\ \dfrac{T_{\max} - T}{T_{\max} - T_{\min}} & T_{\min} < T < T_{\max} \\ 0 & T \ge T_{\max} \end{cases} \qquad (۳)$$

نمودار ۱. تابع عضویت زمان تحویل تقاضا

برای توصیف تابع هدف کمینه‌سازی هزینه کل، به صورت یک آرمان فازی، از حداقل و حداکثر هزینه کل استفاده می‌کنیم. تابع عضویت مربوط به آرمان فازیِ هزینه کل در رابطه (٤) ونمودار (۲) توصیف شده است. همچنین برای توصیف تابع هدف کمینه‌سازی قابلیت اطمینان، به صورت یک آرمان فازی، از حداقل و حداکثر قابلیت اطمینان که عددی بین صفر و یک است استفاده می‌کنیم. تابع عضویت مربوط به آرمان فازیِ کیفیت اجرای پروژه در رابطه (۷) ونمودار (۳) توصیف شده است.

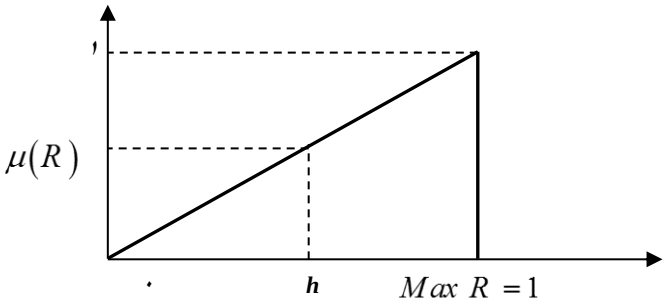
www.SID.ir

Archive of SID



نمودار۲. تابع عضویت هزینه

$$\pi(C)=\begin{cases}1 & C\le C_{\min}\\ \dfrac{C_{\max}-C}{C_{\max}-C_{\min}} & C_{\min}<C<C_{\max}\\ 0 & C\ge C_{\max}\end{cases} \qquad (۴)$$



$$\mu(R)=h \qquad (۵)$$

نمودار۳. تابع عضویت قابلیت اطمینان

با توجه به مطالب فوق و اینکه هدف اصلی مسأله انتخاب تأمین‌کننده در حداقل زمان تحویل، حداقل هزینه و حداکثر قابلیت اطمینان است؛ لذا با استفاده از معیار تصمیم‌گیری بلمن- زاده، مسئله تصمیم‌گیری نهایی به صورت زیر قابل توصیف است [19].

$$\max_{x\in X}-\min_{i\in A}\{\mu(T),\pi(C),\mu(Q)\} \qquad (۶)$$

با فرض $\alpha=\min_{i\in A}\{\mu(T),\pi(C),\mu(R)\}$ و باتوجه به اهداف و محدودیت‌های مسأله اصلی، به صورت مدل (۷) قابل بازنویسی است:

$$\begin{aligned}&\max && \alpha\\ &s.t. && (T_{max}-T_{min})\alpha+T\le T_{max}\\ &&& (C_{max}-C_{min})\alpha+C\le C_{max}\\ &&& \alpha\le h\\ &&& (d)\ldots(q)\end{aligned} \qquad (۷)$$

سه محدودیت اول، به ترتیب متناظر با آرمان‌های فازیِ زمان تحویل کل، هزینه کل و قابلیت اطمینان تأمین کنندگان می‌باشند که فرم‌های ساده شده $\alpha\le\mu(T)$، $\alpha\le\mu(C)$ و $\alpha\le\mu(R)$ هستند. بقیه محدودیت‌ها، همان محدودیت‌های مدل اصلی تحقیق هستند. در ادامه، کاربردی از مدل و رویکرد حل پیشنهادی برای یک مسأله انتخاب تأمین‌کننده با داده‌های واقعی ارائه می‌گردد.

مثال عددی

در این بخش برای نشان دادن کارایی مدل پیشنهادی یک مثال عددی با ۸ تأمین‌کننده و ۱۲ تولیدکننده ارائه می‌شود. اطلاعات مربوط به ظرفیت، قابلیت اطمینان، هزینه خرید (در حجم کوچک، متوسط و بزرگ)، میزان تقاضا، هزینه نگهداری، هزینه کمبود و کمبود مجاز تأمین‌کنندگان در جدول (۱) آمده است:

www.SID.ir

Archive of SID

جدول (۱). پارامترهای مربوط به تأمین‌کنندگان

شماره تأمین کننده	قابلیت اطمینان	ظرفیت تأمین	قیمت خرید در حجم کم	قیمت خرید در حجم متوسط	قیمت خرید در حجم زیاد	تقاضا	هزینه نگهداری	هزینه کمبود	کمبود مجاز
۱	۰/۹	۱۲۰۰	۵۰	۴۹	۴۸	۱۷۰	۳	۱۰	۱۰
۲	۰/۸	۱۰۰۰	۵۲	۵۰	۴۷	۱۵۰	۴	۱۲	۲۰
۳	۰/۶	۹۵۰	۴۸	۴۵	۴۰	۲۹۰	۱	۱۴	۳۰
۴	۰/۷۵	۸۵۰	۴۴	۴۲	۳۸	۶۰۰	۲	۱۱	۱۰
۵	۰/۸	۹۰۰	۴۵	۴۱	۳۹	۴۰۰	۳	۱۲	۱۳
۶	۰/۸۵	۹۵۰	۴۹	۴۷	۳۶	۳۰۰	۱	۸	۱۵
۷	۰/۹	۵۰۰	۴۹	۴۷	۴۴	۳۵۰	۲	۹	۲۰
۸	۰/۹	۹۰۰	۵۵	۵۲	۴۷	۴۰۰	۵	۸	۱۵

همچنین پارامترهای هزینه سفارش، هزینه حمل هر واحد و زمان ارسال از تأمین‌کنندگان به تولیدکنندگان مطابق جداول (۲)، (۳) و (٤) است:

جدول (۲). هزینه سفارش

تأمین کننده	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
۱	۸۰	۶۰	۸۳	۵۰	۶۰	۹۱	۲۰	۸۹	۵۰	۷۰	۶۰	۲۵
۲	۹۵	۵۲	۹۰	۴۲	۲۷	۴۴	۶۶	۵۴	۸۷	۹۳	۲۷	۵۸
۳	۶۴	۴۵	۴۷	۴۷	۵۲	۲۸	۳۲	۴۸	۵۹	۹۵	۹۵	۳۴
۴	۴۴	۵۰	۷۱	۳۴	۶۵	۷۶	۸۹	۸۷	۴۳	۵۴	۷۶	۸۴
۵	۴۸	۶۰	۸۳	۵۰	۶۰	۹۱	۶۰	۹۵	۵۰	۷۰	۶۰	۹۵
۶	۵۵	۵۲	۹۰	۴۲	۷۷	۴۴	۷۶	۵۴	۳۷	۹۴	۲۷	۵۸
۷	۳۴	۴۵	۸۷	۴۷	۸۲	۵۸	۶۲	۴۸	۵۹	۹۵	۸۵	۸۴
۸	۴۴	۵۰	۷۱	۴۴	۶۵	۷۶	۲۹	۸۷	۸۳	۵۴	۷۶	۸۴

جدول (۳). هزینه های حمل

تأمین کننده	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
۱	۴	۶	۸	۳	۴	۶	۷	۶	۵	۸	۸	۵
۲	۴	۵	۹	۶	۸	۴	۴	۲	۹	۷	۴	۴
۳	۳	۴	۱	۸	۱	۲	۵	۱	۵	۲	۲	۲
۴	۴	۵	۷	۲	۵	۳	۴	۲	۵	۶	۵	۳
۵	۷	۶	۸	۳	۴	۶	۷	۶	۵	۱۰	۴	۶
۴	۵	۴	۶	۶	۸	۴	۴	۲	۹	۷	۶	۳
۳	۴	۵	۴	۶	۸	۴	۳	۴	۳	۲	۲	۶
۷	۳	۴	۶	۸	۴	۴	۳	۴	۲	۳	۳	۷
۸	۴	۵	۷	۳	۵	۱	۵	۲	۲	۳	۳	۸

www.SID.ir

Archive of SID

جدول (۴). زمان ارسال

تأمین کننده	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
۱	۱	۳	۱	۱	۲	۱	۲	۲	۱	۲	۱	۲
۲	۴	۵	۱	۳	۴	۲	۴	۵	۲	۳	۲	۳
۳	۷	۴	۳	۲	۳	۲	۱	۲	۲	۳	۲	۲
۴	۳	۳	۱	۱	۱	۱	۲	۲	۲	۳	۴	۴
۵	۲	۲	۲	۱	۱	۱	۲	۲	۲	۳	۳	۴
۶	۱	۲	۲	۲	۱	۲	۲	۲	۳	۳	۳	۴
۷	۴	۳	۴	۳	۴	۳	۴	۳	۳	۲	۳	۵
۸	۲	۲	۲	۲	۳	۳	۴	۴	۳	۵	۴	۵

نتایج محاسباتی

در این بخش نتایج محاسباتی مثال تحقیق ارائه می‌گردد.

قبل از حل مسأله، لازم است مقادیر $T_{\min}$ (حداقل زمان ممکن جهت ارسال مواد از تأمین‌کنندگان به تولیدکنندگان)، $T_{\max}$ (حداکثر زمان ممکن جهت ارسال مواد از تأمین‌کنندگان به تولیدکنندگان)، $C_{\min}$ (حد پایین هزینه کل) و $C_{\max}$ (حد بالای هزینه کل)، $R_{\max}$ (بالاترین سطح قابلیت اطمینان) و $R_{\min}$ (حد پایین قابلیت اطمینان) محاسبه گردند. نتایج حاصل از این محاسبات عبارت‌انداز:

$$R_{\min}=0.99,\quad R_{\max}=0.999999,\quad C_{\min}=364671600,\quad C_{\max}=10085280000,\quad T_{\min}=16,\quad T_{\max}=51$$

این مسأله با نرم‌افزار لینگو (نسخه ۸,۵) حل شد. مقادیر توابع هدف زمان، هزینه و کیفیت کل انجام پروژه به ترتیب ۴۲روز، ۵۸۵۲۵۷۰۰۰ ریال، و ۰/۹۹۹۹۹۲۵درصد به دست آمد. لازم به توضیح است که مقدار بهینه‌ی α برابر ۰/۷۴ به دست آمد و درجه‌ی عضویت آرمان‌های فازی زمان اجرا، هزینه اجرا و کیفیت اجرا به ترتیب برابر با ۰/۷۴ و ۰/۹۲ و ۰/۸۲ حاصل شد و این بدان معناست که تمامی اهداف حداقل به اندازه ۰/۷۴ محقق شده‌اند و تأمین‌کنندگان ۱، ۳، ٤، ٥ و ٦ انتخاب شدند.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق مسأله‌ی انتخاب تأمین‌کننده مورد مطالعه قرار گرفت. برای حل مسأله از یک رویکرد تصمیم‌گیری فازی استفاده شد. به‌منظور اجرایی کردن این رویکرد، زمان ارسال محموله‌ها و هزینه‌ی تأمین و قابلیت اطمینان به صورت آرمان‌هایی فازی توصیف گردیدند، در کنار هم قرار دادن توابع عضویت مربوط به زمان، هزینه و قابلیت اطمینان در راستای رویکرد تصمیم‌گیری فازی، منجر به یک مدل برنامه‌ریزی خطی گردید که بسادگی قابل حل و تحلیل می‌باشد. برای نشان دادن کارایی مدل و رویکرد حل پیشنهادی یک مثال عددی با ۸ تأمین‌کننده و ۱۲ تولیدکننده ارائه و حل شد و نتایج آن مورد بحث و بررسی قرار گرفت.

برای انطباق بیشتر مدل و الگوی حل پیشنهادی با واقعیت، می‌توان پارامترهای مسأله را فازی در نظر گرفت. از آنجا که با افزایش ابعاد مسأله زمان حل به صورت نمایی افزایش می یابد لذا پیشنهاد می‌شود برای حل مدل‌های با ابعاد بزرگ از الگوریتم‌های فراابتکاری استفاده شود.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

[1] Mendoza, A. (2007). Effective methodologies for supplier selection and order quantity allocation.

[2] Aissoaoui, N. (2007)." Supplier selection and order lot sizing modeling: A review". Journal of Comouter and Operation Research, 34, 3516-3540.

[3] Lukinskiy,V. Lukinskiy,V.Churilov, R.(2014). "Problems Of The Supply Chain Reliability Evaluation". Transport and Telecommunication, volume 15, no,2,120-129

[4] Burkovskis, R. J. T. (2008). Efficiency of freight forwarder's participation in the process of transportation. 23(3), 208-213

[5] MIAO, Z.-w., & WU, X.-y. J. E. M. J. (2009). Supply Chain Management Based on Corporate Social Responsibility——Evaluation System and Performance Testing [J].

[6] Van Nieuwenhuyse, I., & Vandaele, N. J. I. J. o. P. E. (2006). The impact of delivery lot splitting on delivery reliability in a two-stage supply chain. 104(2), 694-708

[7] Quigley, J., Walls, L. J. R. E., & safety, S. (2007). Trading reliability targets within a supply chain using Shapley's value. 92(10), 1448-1457

[8] Hsu, c.i, Li, h.c,(2011). "Reliability evaluation and adjustment of supply chain network design with demand fluctuations". Int. J. Production Economics. 132, 131-145.[9] Pasandideh, S. H. R., Niaki, S. T. A., & Asadi, K. J. E. S. w. A. (2015). Optimizing a bi-objective multi-product multi-period three echelon supply chain network with warehouse reliability. 42(5), ۲۶۱۵-۲۶۲۳.

[10] Liang, T. F. Chen, H. W. (2008). "Application f fuzzy sets to manufacturing/distribution planning decision with multi-product and multi-time period in supply chains". Expert Systems with Applications, 36, 3367-3377

.[11] Aliev, R. A., Fazlollahi, B., Guirimov, B. G. Aliev, R. R. (2007). "Fuzzy-genetic approach to aggregate production-distribution planning in supply chain management". Informaton Sciences, 177, 4241-4255.

[12] Irfan, D., Xiaofei, X., & Chun, D. S. J. I. A. J. o. I. T. (2008). A SCOR Reference Model of the Supply Chain Management System in an Enterprise. 5(3 .(

[13] Selim, H., Ozkarahan, I. (2008). "A supply chain distribution network design model: An interactive fuzzy goal programming-based solution approach". International Journal of Advanced Manufacturing technology, 36, 401-418.

[14] Bilgen, B. (2010). "Application of fuzzy mathematical programing approach to the production allocation and distribution supply chain network problem". Expert system with application, 37, 4488-4495.

[15] Shi,J. Zhang. G., Sha, J.,(2012). "A Lagrangian based solution algorithm for a build-to-order supply chain network design problem," Advances in Engineering Software, vol. 49, pp. ۲۱-۲۸.

www.SID.ir

Archive of SID

[16] Bashiri.M, Badri. H.Talebi,J.(2012) "A new approach to tactical and strategic planning in production–distribution networks," Applied Mathematical Modelling, vol. 36, pp. 1703-۱۷۱۷.

[17] Snyder, L.V.,(2003)."Supply chain robustnes and reliability: models and algorithms (PHD Tesis), in Dept. of Industrial and Engineering and Management Sciences. Northwestern University: Evanston, IL,.

[18] Eiselt, H., Gendreau, M., Laporte, G. (1996). " Optimal location of facilities on a network with an unreliable node or link". Information processing letters. 58(2):71-74.

*[19] Bellman, R.E. Zadeh, L.A.(1970). Decision making in a fuzzy environment, manag. sci.17-*۱٤۱-۱٤٦

www.SID.ir