فصلنامه علمی ـ پژوهشی مطالعات مدیریت
صنعتی سال هشتم، شماره ۱۸، پائیز ۸۹
صفحات ۱۲۳ تا ۱۶۰

Motaleat-e modiriat-e sanati
Vol.8, No.18, Autumn 2010

مدیریت زنجیره تأمین سه سطحی تحت عدم قطعیت با استفاده از برنامه ریزی فازی چندهدفه

مصطفی اختیاری *

چکیده

در این مقاله یک زنجیره تأمین سه سطحی تک محصولی با حلقه‌های تولید کنندگان ـ توزیع کنندگان ـ مشتریان در نظر گرفته شده که تقاضای مشتریان، درصد کالای برگشتی از مشتریان و زمان ارسال کالا از توزیع کنندگان به مشتریان، به عنوان متغیرهای فازی در نظر گرفته می‌شوند. رویکرد اصلی در این مقاله، در نظر گرفتن همزمان مسائل انتخاب تأمین کنندگان و توزیع کنندگان و تعیین مشتریان موثر در سیستم تحت شرایط عدم قطعیت است. هدف این مقاله ارائه مدلی است که علاوه بر یکپارچه سازی اهداف متضاد حلقه ها، تعداد پارامترهای غیر قطعی مدل را نیز افزایش دهد. از این رو، اهداف مدل پیشنهادی عبارتند از ماکزیمم کردن کیفیت محصولات، می نیمم کردن هزینه کل، می‌نیمم کردن زمان ارسال کالا از توزیع

---

* کارشناس ارشد مهندسی صنایع دانشگاه آزاد قزوین mostafa.ekhtiari@gmail.com

تاریخ دریافت:۸۸/۹/۲۳ تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۲/۱۲

کنندگان به مشتریان و ماکزیمم کردن درآمد حاصل از فروش کالا به مشتریان. همچنین در مدل پیشنهادی، محدودیت‌هایی همچون کمبود سفارشات، ظرفیت تولید و تقاضای مشتریان نیز در نظر گرفته می‌شوند. مدل پیشنهادی توسط یک مثال عددی برای مسأله زنجیره تأمین سه سطحی تشریح و بر اساس سطوح برش آلفا تحلیل خواهد شد.

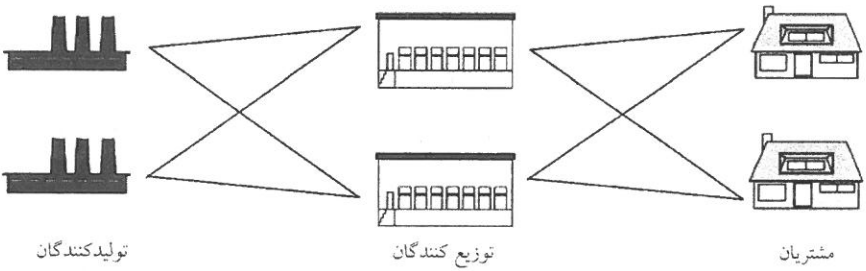
کلمات کلیدی: مدیریت زنجیره تأمین، زنجیره تأمین سه سطحی، برنامه ریزی فازی چند هدفه، انتخاب تولیدکننده، انتخاب توزیع کننده.

مقدمه

اخیراً محیط‌های صنعتی تغییرات سریعی را تجربه می‌کرده و با چالش‌های رقابتی سختی روبرو شده‌اند. توانایی پاسخ یک شرکت به تقاضاهای پیچیده و تصادفی مشتریان به عنوان یک عامل موثر برای بازار رقابتی شناخته می‌شود. در محیط‌های صنعتی، نقش‌ها و تأثیرات مدیریت زنجیره تأمین[1] (SCM) به طور وسیعی قابل بررسی است. زنجیره تأمین[2] (SC) یک فرایند تولید یکپارچه است که در آن مواد اولیه به محصولات نهایی تبدیل شده و سپس به مشتریان تحویل داده می شوند. دو فرایند اساسی در یک SC وجود دارند: (۱) برنامه ریزی تولید و کنترل موجودی و (۲) برنامه ریزی توزیع و پشتیبانی ها. فرایند برنامه ریزی تولید و کنترل موجودی، مدیریت طراحی فرایند کامل تولید و سیستم های ذخیره سازی و روش های نگهداری مواد اولیه، مواد در جریان ساخت و محصول نهایی را تشریح می کند. فرایند توزیع و پشتیبانی نیز چگونگی بازیابی محصولات، انتقال آن‌ها از مراکز توزیع به مشتریان و ارائه خدمات پس از فروش به آن‌ها را تعیین می کند. کاهش هزینه های تولید و توزیع و افزایش کیفیت کالاهای تولید شده در SC با اهمیت هستند. پیرامون سطح موجودی و برآوردن نیازهای مشتریان، درمورد تعداد محصول تولید شده در هر مرکز تولیدی و تعداد توزیع محصولات میان کارخانه‌ها و مراکز توزیع در SC باید به دقت تصمیم گیری کرد.

1- Supply Chain Management
2- Supply Chain

زنجیره‌های تأمین چند سطحی[1]، شبکه‌های تولید / توزیع چند سطحی هستند که در آنها حلقه‌های متعددی وجود دارند، به طوری که وظایف اصلی آنها تأمین، تولید و توزیع محصول (یا محصولات) به مشتریان است [۱۸]. به عنوان مثال، شکل (۱) یک سیستم سه سطحی شامل حلقه‌های تولیدکنندگان، توزیع کنندگان و مشتریان را نمایش می دهد:



شکل ۱. یک سیستم SC سه سطحی.

به دلیل یکپارچه سازی کنترل زنجیره‌های عرضه، اهمیت تحقیق پیرامون مدل‌های موجودی چندسطحی طی دهه های اخیر قابل ملاحظه است [۱۲، ۲۱ و ۳۰]. کلارک و اسکارف [۱۱] از جمله اولین کسانی بودند که درباره مدل موجودی دوسطحی مطالعه کردند [۶، ۱۰، ۱۲، ۱۳ و ۳۰]. بسلر و وینوت [۵] مدل مربوط به [۱۱] را براساس ساختارهای درختی توسعه دادند. مسأله مراکز انبار و ذخیره سازی توسط ایپن و شارج[۱۴] بررسی گردید، به طوری که در تحقیق آن‌ها یک مدل با انبار مرکزی ارائه گردید [۳۷]. شربروک[۳۲] یک مدل کنترلی را برای SC چندسطحی ارائه کرد که سطوح موجودی را در حالی مشخص می نمود که تعداد مورد انتظار سفارشات عقب افتاده را با وجود محدودیت بودجه می‌نیمم می‌کرد. برای بررسی بیشتر روی مدل‌های چند سطحی می‌توانید [۱۷] را مطالعه کنید. در بسیاری از تحقیقات برای کارایی بیشتر زنجیره و برآورده ساختن تقاضاهای مشتریان، نیاز به یکپارچه سازی حلقه‌های زنجیره به چشم می‌خورد (برای مثال [۳۵] را ببینید).

1- Multi-echelon Supply Chains

علاوه بر موضوع یکپارچه سازی، مسأله عدم قطعیت نیز به منظور اتخاذ یک سیاست موجودی SC موثر قابل درک است [۱۸]. مدیریت اثربخش SC این امکان را فراهم می‌آورد تا محصولاتی با سرعت و با صرف هزینه‌های کم (همچون هزینه‌های نگهداری موجودی، تولید و حمل و نقل) به موقع تحویل داده شوند. از سوی دیگر تقاضای مشتری، ظرفیت، زمان حمل، زمان تولید، هزینه، کیفیت، زمان تحویل و اولویت در یک SC واقعی را نمی توان با قطعیت تعیین کرد. بنابراین چگونگی مدل سازی عدم قطعیت‌ها و تأثیر آن‌ها روی استراتژی‌های عملیاتی SC باید در مطالعات مدیریت عملیات SC در نظر گرفته شوند.

در مسائل واقعی فرض می شود که پارامترهای تابع هدف و محدودیت‌ها توسط قضاوت های تصمیم گیرنده (DM) پیش بینی می شوند، در حالی که چنین مقادیری همیشه با قطعیت نیز همراه نیستند. تحت بسیاری از شرایط، داده های قطعی برای مدل سازی موقعیت‌های دنیای واقعی ناکافی هستند. تئوری مجموعه فازی توسط زاده [۳۸] پیشنهاد گردیده و مقالات زیادی در زمینه‌های مختلفی همچون تحقیق در عملیات، علم مدیریت، تئوری کنترل و هوش مصنوعی را به خود اختصاص داده است. برنامه ریزی ریاضی فازی یکی از محبوب ترین رویکردهای تصمیم گیری برپایه تئوری مجموعه فازی است. تئوری مجموعه فازی از سال ۱۹۷۰ در برنامه ریزی ریاضی اجرا شده است. همان زمانی که بلمن و زاده [۴] مفاهیم اولیه اهداف فازی، محدودیت های فازی و تصمیمات فازی را معرفی کردند. تاناکا و دیگران[۳۳] و زیمرمن[۴۰] از اولین محققینی بودند که از برنامه ریزی ریاضی فازی استفاده کردند.

تعدادی از محققین به مطالعه درباره SCM تحت محیط عدم قطعیت پرداخته‌اند. برای مثال [۱۹] و [۲۰] تقاضای غیرقطعی را از طریق یک تابع احتمال نرمال در یک SC دو مرحله ای در نظر گرفتند. تسیاکیس و دیگران [۳۶] از رویکرد برنامه ریزی سناریو برای تشریح عدم قطعیت تقاضا استفاده کردند. پتروویچ و دیگران [۲۹] موعدهای تحویل را در مسأله SC به صورت غیرقطعی در نظر گرفتند. گیانوکارو و دیگران [۱۶] تئوری مجموعه های فازی را برای مدل سازی عدم قطعیت مرتبط با

تقاضای بازار و هزینه‌های موجودی در نظر گرفتند. گومژ و گونری [۱۸] مدلی را برای یک سیستمSC سه سطحی تشریح کردند که در آن پارامترهای تقاضا، زمان تحویل و هزینه، غیر قطعی در نظر گرفته شدند. گارسیا ـ فلورس و وانگ [۱۵] چگونگی استفاده از سیستم های چند عاملی را برای شبیه سازی عملکرد پویایی یک SC در صنعت شیمی مورد بررسی قرار دادند. هدف از این تحقیق، مطالعه تأثیر عدم قطعیت تقاضا، تأمین سیاست‌های کنترل موجودی و برنامه ریزی تولید واحد صنعتی بود. چن و دیگران [۷] یک برنامه‌ریزی چندمحصولی، چند مرحله‌ای و چند دوره ای را برای یک سیستم تولید ـ توزیع با اهدافی همچون: ماکزیمم کردن سود هر حلقه در زنجیره تأمین، سطح خدمت دهی به مشتریان، سطوح ذخیره ایمنی و توزیع منصفانه سود میان حلقه‌ها اجرا کردند. مدل آنها به عنوان یک مسأله چند هدفه برنامه ریزی غیرخطی مختلط عدد صحیح ارائه و تنظیم گردید که با استفاده از رویکرد تئوری مجموعه فازی قابل حل بود.

چن و لی [۹] عدم قطعیت تقاضای بازار را از طریق تعدادی سناریو با احتمالات مربوطه شان و عدم قطعیت در قیمت محصولات را با بکاربردن تئوری مجموعه فازی در نظر گرفتند [۲۸]. لین و چن [۲۶] مسأله تخصیص با عدم قطعیت در تأمین را مطرح کردند که برای زنجیره‌های تأمین کالاهای فاسدشدنی کاربرد دارد. در این مسأله علاوه بر تعداد بهینه سفارش برای تأمین کنندگان، تعداد محصولات فاسدشدنی تخصیص داده شده به خرده فروشان طی یک دوره سفارشی کامل تعیین می گردند. اهداف مورد نظر این مسأله عبارت بودند از: ماکزیمم کردن سود در کل شبکه SC با در نظر گرفتن این که ظرفیت‌ها و تقاضاها غیرقطعی باشند.

چان و چان [۸] یک مدل برنامه‌ریزی توزیع برپایه سیستم‌های چند عاملی را برای زنجیره‌های تأمین ارائه کردند. آنها یک مطالعه شبیه سازی شده را توسط یک مشتری و سه تأمین کننده که تنها یک محصول تولید می‌کنند، ارائه کردند. در مدل پیشنهادی آنها ظرفیت تأمین کننده تحت شرایط عدم قطعیت در نظر گرفته می‌شود. کومار و دیگران [۲۳] یک رویکرد برنامه ریزی آرمانی فازی را برای مسأله انتخاب فروشندگان در یک SC ارائه کردند. این مسأله در چارچوب برنامه‌ریزی آرمانی

فازی و عدد صحیح مختلط مطرح گردید. اهداف مدل آنها را می‌توان این گونه برشمرد: می نیمم کردن هزینه خالص شبکه فروشندگان، می نیمم کردن تعداد برگشتی‌های درون شبکه و می نیمم کردن تعداد تأخیر در تحویل‌ها. در این رویکرد، نویسندگان از توابع عضویت مثلثی برای هر هدف فازی استفاده کردند. روش حل برپایه اشتراک توابع عضویت اهداف فازی با استفاده از عملگر می نیمم سازی بود. در ادامه کومار و دیگران [۲۴] مسأله مشابهی را با استفاده از رویکرد برنامه‌ریزی فازی چند هدفه پیشنهاد شده توسط زیمرمن [۴۱] دوباره حل کردند.

لیو و کائو [۲۷] روشی را برای به دست آوردن تابع عضویت هزینه حمل و نقل کل به عنوان یک مقدار هدف فازی توسعه دادند که هزینه‌های ارسال، تأمین و تقاضا اعدادی فازی در نظر گرفته شدند. روش آنها براساس اصل توسعه تعریف شده زاده [۳۹] برای تبدیل مسأله حمل و نقل فازی به صورت مدل های برنامه ریزی ریاضی ارائه گردید. عمید و دیگران [۳] مسأله انتخاب تأمین کنندگان در یک SC را ارائه کردند. آنها یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی چند هدفه فازی را که به هر هدف می‌توان مقدار آرمانی متفاوتی را اختصاص داد، بررسی کردند. اهداف مورد نظر آنها: کاهش هزینه، افزایش کیفیت و افزایش سطح خدمت دهی به مشتریان بودند. عناصر غیر قطعی در نظر گرفته شده در مدل آنها، اهداف تعریف شده و محدودیت تقاضا بودند.

همانطور که ملاحظه می‌شود انگیزه‌های اکثر مقالات مرور شده، پیرامون استفاده از برنامه ریزی چند هدفه در مسائل SC از دو جنبه کاربردی است: ۱) سطوح SC و یکپارچه سازی اهداف حلقه‌های آن و ۲) در نظر گرفتن مسأله عدم قطعیت. درمورد یکپارچه سازی اهداف حلقه‌های SC، اکثر مقالات اهداف مورد نظرSC یا کنترل موجودی و یا هر دوی آنها را مدنظر قرار داده‌اند. از نظر مسأله عدم قطعیت نیز اکثر مقالات، مقدار تقاضای مشتریان را به عنوان یک متغیر فازی در نظر گرفته‌اند. انگیزه اصلی در این مقاله بر اساس هر دو مورد بالا خواهد بود. در این مقاله یک SC سه سطحی تک محصولی که شامل حلقه‌های مراکز تولید ـ مراکز توزیع ـ مشتریان در نظر گرفته می‌شود. معمولاً میان حلقه‌های یک SC سه سطحی اهداف متضادی

وجود دارند که امروزه مهم ترین وظیفه SCM یکپارچه سازی این اهداف است. بنابراین در این مقاله تعدادی از این اهداف متضاد و مهم را در نظر گرفته و آنها را مدل سازی می‌شوند. توابع هدف مورد نظر در این SC عبارتند از: حداکثر کیفیت تولید در حلقه‌های تولید کنندگان، حداقل هزینه کل بین تمام حلقه‌ها، حداقل زمان حمل بین حلقه‌های توزیع کنندگان ـ مشتریان و حداکثر درآمد حاصل از فروش کالا بین حلقه‌های توزیع کنندگان ـ مشتریان. در واقع ما در نظر داریم باتوجه به این اهداف، کلیه حلقه‌های مربوط به زنجیره تولیدکنندگان ـ توزیع کنندگان ـ مشتریان در نظر گرفته می‌شود. در این مقاله متغیرهایی همچون: متغیرهای تقاضای مشتریان، زمان حمل از توزیع کنندگان به مشتریان و درصد تعداد کالای برگشتی از سوی مشتریان تحت شرایط عدم قطعیت به عنوان متغیرهای فازی در نظر معرفی و مدل سازی خواهند شد. هم چنین کمبود سفارشات مشتریان، حداقل تقاضای مشتریان و حداکثر ظرفیت تولید تولیدکنندگان نیز به عنوان محدودیت‌های مدل در نظر گرفته شده‌اند. در این مقاله سعی شده است تا با افزایش اهداف مسأله از تعداد متغیرهای فازی بیشتری در مدل سازی SC استفاده شود تا بدین وسیله بتوان به واقعیت مسائلSC تحت شرایط عدم قطعیت نزدیکتر شد.

این مقاله بدین صورت ادامه می‌یابد که در بخش ۲، مفاهیم اولیه برای مدل سازی مدل فازی چند هدفه پیشنهادی ارائه خواهد شد. اهداف و محدودیت‌های این مدل پیشنهادی در بخش ۳ به طور کامل معرفی خواهند شد. برای تشریح مدل پیشنهادی در بخش ۴، یک مثال عددی برای انتخاب تولیدکنندگان، توزیع کنندگان و مشتریان موثر در یک SC سه سطحی ارائه خواهد شد که نتایج بر اساس سطوح α-cut مورد تحلیل قرار می‌گیرند. نهایتاً در بخش ۵ موضوعات مطرح شده در این مقاله به طور خلاصه نتیجه‌گیری شده و زمینه‌های بررسی برای تحقیقات آتی پیشنهاد می شوند.

مفاهیم اولیه

چند تعریف

مجموعه فازی[1]: مجموعه جهانی X را در نظر بگیرید. A یک زیر مجموعه فازی از X است، چنانچه به ازاء هر $x \in X$، عددی همانند $\mu_A(x) \in [0,1]$ برای نمایش عضویت x به A اختصاص داده شود. از این رو $\mu_A(x)$ تابع عضویت A نامیده می‌شود [۳].

برش α[2]: برش α (که سطح اطمینان برای سطح α نیز نامیده می‌شود) عدد فازی A می‌تواند به صورت زیر تعریف شود [۲۲]:

$$A_\alpha = \{x \in X \mid \mu_A(x) \geq \alpha, \alpha \in [0,1]\}$$

تصمیم فازی[3]: یک تصمیم فازی در قیاس با محیط‌های غیر فازی این گونه تعریف می شود: انتخاب فعالیت هایی که به طور همزمان توابع هدف و محدودیت‌ها را برآورده می‌سازند [۳]. معمولاً در تئوری مجموعه فازی، اشتراک مجموعه‌ها با منطق « و » ارتباط دارد. بنابراین یک تصمیم در محیط فازی می‌تواند به عنوان اشتراک محدودیت‌های فازی و توابع هدف فازی در نظر گرفته شود [۴۱]. یک تصمیم فازی می‌تواند به دو دسته تصمیم‌گیری فازی متقارن[4] و نامتقارن[5] تقسیم شود. در یک تصمیم فازی متقارن، اختلافی میان وزن اهمیت اهداف و محدودیت‌ها وجود ندارد، در صورتی که در یک تصمیم فازی چند هدفه نامتقارن، اهداف و محدودیت‌ها به صورت مساوی اهمیت نخواهند داشت و اوزان اهمیت متفاوتی دارند [۳۱، ۴۱ و ۴۲].

شکل کلی یک مدل چند هدفه فازی برای مسائل SC

اگر $\tilde{c}_{kj}$، $\tilde{c}_{pj}$ و $\tilde{b}_i$ متغیرهای فازی باشند، آنگاه می توان شکل کلی مسأله چند هدفه فازی SC را مطابق مدل زیر در نظر گرفت:

1- Fuzzy Set
2- α-cut
3- Fuzzy Decision
4- Symmetric
5- Asymmetric

مدل (۱)

$$\max \quad \tilde{Z}_k = \sum_{j=1}^{n} \tilde{c}_{kj} x_j \qquad (k = 1,2,...,K)$$

$$\min \quad \tilde{Z}_p = \sum_{j=1}^{n} \tilde{c}_{pj} x_j \qquad (p = 1,2,...,P)$$

$$\max \quad Z_q = \sum_{j=1}^{n} c_{qj} x_j \qquad (q = 1,2,...,Q)$$

$$\min \quad Z_s = \sum_{j=1}^{n} c_{sj} x_j \qquad (s = 1,2,...,S)$$

s.t :

$$\tilde{G}_i : \sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \geq \tilde{b}_i \qquad (i = 1,2,...,m)$$

$$G_l : \sum_{j=1}^{n} a_{lj} x_j \geq b_l \qquad (l = 1,2,..,L)$$

$$x_j \geq 0 \qquad (j = 1,2,...,n).$$

به طوری که $\tilde{Z}_k$ و $\tilde{Z}_p$ مجموعه‌ای از توابع هدف فازی هستند که به ترتیب برای اهداف ماکزیمم و می‌نیمم به کار گرفته می‌شوند و Z_q و Z_s نیز مجموعه اهداف قطعی مدل چند هدفه بالا می باشند که به ترتیب برای اهداف ماکزیمم و می‌نیمم استفاده می شوند. $\tilde{G}_i$ مجموعه محدودیت‌های فازی مدل بالا را نشان می دهد و G_l نیز مجموعه محدودیت‌های قطعی مدل چند هدفه فازی بالا را نمایش می‌دهد.

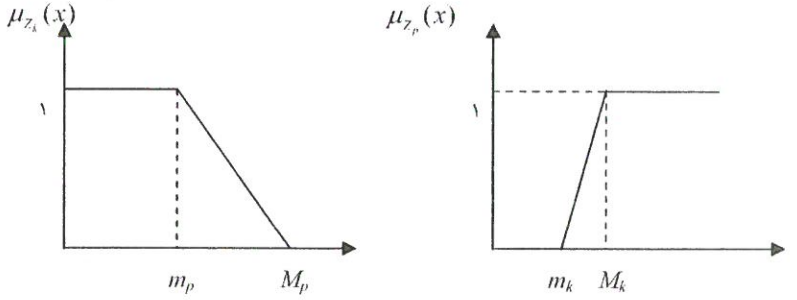
تعیین حدود پایین و بالا برای هر متغیر فازی در فضای جواب

از آنجایی که $\tilde{G}_i$ها فازی می‌باشند، بنابراین فضای جواب مدل بالا فازی است و همگی اهداف مدل (۱) در یک حد پایین و بالا قرار خواهند گرفت. اگر حدود پایین و بالای متغیرهای فازی $\tilde{b}_i$ به ترتیب با b_i^L و b_i^R نمایش داده شوند، آنگاه حدود پایین و بالای هر یک از اهداف مدل (۱) را می‌توان با حل مسائل تک هدفه در فضای جواب آن مطابق زیر به دست آورد [۴۱]:

$$m_k = \min \ \tilde{Z}_k \ (k = 1,...,K), \ M_k = \max \ \tilde{Z}_k \ (k = 1,...,K)$$
$$m_p = \min \ \tilde{Z}_p \ (p = 1,...,P), \ M_p = \max \ \tilde{Z}_p \ (p = 1,...,P)$$
$$m_q = \min \ Z_q \ (q = 1,...,Q), \ M_q = \max \ Z_q \ (q = 1,...,Q)$$
$$m_s = \min \ Z_s \ (s = 1,...,S), \ M_s = \max \ Z_s \ (s = 1,...,S)$$

از آنجایی که مقدار هر تابع هدف Z_t $(t = k, p, q, s)$ به صورت خطی از m_t تا

M_t تغییر می‌کند، بنابراین هر تابع هدف Z_t را می‌توان به عنوان یک عدد فازی با تابع عضویت خطی (مانند شکل (۲)) در نظر گرفت [۳]:



شکل ۲. تابع هدف به عنوان عدد فازی: (الف) برای ماکزیمم کردن تابع هدف Z_k و (ب) برای می نیمم کردن تابع هدف Z_p

توابع عضویت متغیرهای فازی

با توجه به متغیرهای فازی مدل چند هدفه بالا، توابع عضویت خطی اهداف مدل (۱) به صورت زیر خواهند بود [۳]:

$$\begin{cases} 1 & Z_k \geq M_k \\ \left(\frac{Z_k - m_k}{M_k - m_k}\right) & m_k < Z_k < M_k, \\ 0 & Z_k \leq m_k \end{cases} \qquad k = 1,2,\ldots,K$$

$$\begin{cases} 1 & Z_p \leq m_p \\ \left(\frac{M_p - Z_p}{M_p - m_p}\right) & m_p < Z_p < M_p, \\ 0 & Z_p \geq M_p \end{cases} \qquad p = 1,2,\ldots,P$$

$$\mu_{Z_q}(x) = \begin{cases} 1 & Z_q \geq M_q \\ \left(\frac{Z_q - m_q}{M_q - m_q}\right) & m_q < Z_q < M_q, \\ 0 & Z_q \leq m_q \end{cases} \qquad q = 1,2,\ldots,Q$$

$$\mu_{Z_s}(x) = \begin{cases} 1 & Z_s \leq m_s \\ \left(\frac{M_s - Z_s}{M_s - m_s}\right) & m_s < Z_s < M_s, \\ 0 & Z_s \geq M_s \end{cases} \qquad s = 1,2,\ldots,S$$

همچنین تابع عضویت خطی محدودیت‌های فازی به صورت زیر خواهد بود [۲]:

$$\mu_{G_i}(x) = \begin{cases} 1 & G_i \geq b_i^{\mathrm{R}} \\ \left(\frac{G_i - b_i^{\mathrm{L}}}{b_i^{\mathrm{R}} - b_i^{\mathrm{L}}}\right) & b_i^{\mathrm{L}} < G_i < b_i^{\mathrm{R}}, \\ 0 & G_i \leq b_i^{\mathrm{L}} \end{cases} \qquad i = 1,2,\ldots,m$$

برای یافتن جواب بهینه (x^*) در مدل چند هدفه فازی (۱)، می‌توان از مدل معادل

قطعی[1] آن به صورت زیر استفاده کرد [۴۱]:

مدل (۲)

$$\begin{aligned}
&\max \quad \lambda \\
&\text{s.t}: \\
&\lambda \le \left(\frac{Z_k - m_k}{M_k - m_k}\right) \qquad (k = 1,2,...,K) \\
&\lambda \le \left(\frac{M_p - Z_p}{M_p - m_p}\right) \qquad (p = 1,2,...,P) \\
&\lambda \le \left(\frac{Z_q - m_q}{M_q - m_q}\right) \qquad (q = 1,2,...,Q) \\
&\lambda \le \left(\frac{M_s - Z_s}{M_s - m_s}\right) \qquad (s = 1,2,...,S) \\
&\lambda \le \left(\frac{G_i - b_i^L}{b_i^R - b_i^L}\right) \qquad (i = 1,2,...,m) \\
&G_l = \sum_{j=1}^{n} a_{lj} x_j \ge b_l \qquad (l = 1,2,...,L) \\
&x_j \ge 0 \qquad (j = 1,2,...,n);\ 0 \le \lambda \le 1
\end{aligned}$$

به طوری که λ سطح دسترسی[2] به اهداف نامیده می‌شود [۳].

در مدل (۲) ارتباط میان محدودیت‌ها و توابع هدف در محیط فازی کاملاً متقارن است [۴۱]. به عبارت دیگر در تعریف تصمیم فازی، هیچگونه تفاوتی میان اهداف و محدودیت‌های فازی وجود ندارد. بنابراین با توجه به مسأله انتخاب تأمین کننده، وضعیت اهداف و محدودیت‌های فازی با اوزان اهمیت نامساوی برای DM و شرکای زنجیره باید به عنوان تأثیر اهداف و محدودیت‌ها در مدل منظور شود. برای حل این مسأله استفاده از مدل مجموع وزندار[3] به صورت زیر پیشنهاد می‌گردد.

مدل مجموع وزندار به طور گسترده‌ای در مسائل بهینه سازی هدف برداری[4] استفاده می‌شود؛ مفهوم اساسی آن استفاده از یک تابع مطلوبیت برای بیان اولویت های DM به منظور استخراج اهمیت نسبی اهداف است [۲۵]. در این مدل از ضرب تابع عضویت اهداف فازی در اوزان متناظر و جمع نتایج با یکدیگر، یک تابع مطلوبیت وزندار خطی به دست می‌آید.

1- Crisp
2- Achievement Level
3- Weighted Additive Model
4- Vector-Objective

مدل فازی محدب پیشنهاد شده در [۴ و ۳۱] و مدل مجموع وزندار [۳۴] با k تابع هدف فازی و i محدودیت فازی به صورت زیر است:

$$\mu_D(x) = \sum_{k=1}^{K} w_k \mu_{Z_k}(x) + \sum_{i=1}^{m} w_i \mu_{G_i}(x)$$

به طوری که $w_k > 0$ و $w_i > 0$، ضرایب وزنی هستند که اهمیت نسبی اهداف و محدودیت‌های فازی را در حالی بیان می‌کنند که $\sum_{k=1}^{K} w_k + \sum_{i=1}^{m} w_i = 1$ است.

براساس مدل مجموع وزندار، مدل برنامه ریزی تک هدفه قطعی معادل با مدل فازی (۲) و با در نظر گرفتن سطوح برش α به صورت زیر خواهد بود:

مدل(۳)

$$\max \quad \left(\sum_{k=1}^{K} w_k \lambda_k + \sum_{p=1}^{P} w_p \lambda_p + \sum_{q=1}^{Q} w_q \lambda_q + \sum_{s=1}^{S} w_s \lambda_s + \sum_{i=1}^{m} w_i \theta_i \right)$$

s.t :

$$\lambda_k \le \left(\frac{Z_k - m_k}{M_k - m_k} \right) \qquad (k = 1,2,...,K)$$

$$\lambda_p \le \left(\frac{M_p - Z_p}{M_p - m_p} \right) \qquad (p = 1,2,...,P)$$

$$\lambda_q \le \left(\frac{Z_q - m_q}{M_q - m_q} \right) \qquad (q = 1,2,...,Q)$$

$$\lambda_s \le \left(\frac{M_s - Z_s}{M_s - m_s} \right) \qquad (s = 1,2,...,S)$$

$$\theta_i \le \left(\frac{G_i - b_i^L}{b_i^R - b_i^L} \right) \qquad (i = 1,2,...,m)$$

$$G_l = \sum_{j=1}^{n} a_{lj} x_j \ge b_l \qquad (l = 1,2,...,L)$$

$$\lambda_k, \lambda_p, \lambda_q, \lambda_s, \theta_i \ge \alpha$$

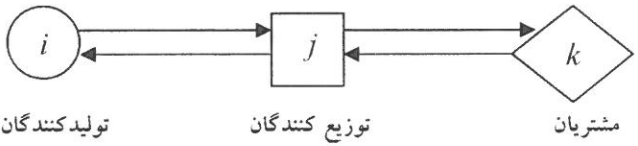
$$x_j \ge 0 \quad (j = 1,2,...,n); \; 0 \le \lambda_k, \lambda_p, \lambda_q, \lambda_s, \theta_i \le 1$$

به طوری که $\alpha \in [0,1]$ و $\sum_{k=1}^{K} w_k + \sum_{p=1}^{P} w_p + \sum_{q=1}^{Q} w_q + \sum_{s=1}^{S} w_s + \sum_{i=1}^{m} w_i = 1$ (برای $w_k, w_p, w_q, w_s, w_i > 0$) هستند. θ_i (برای $i = 1,...,m$) نیز سطح دسترسی به تابع عضویت محدودیت فازی i ام است.

یک سیستم SC سه سطحی تک محصولی[1] را مطابق شکل (۳) در نظر بگیرید:

1- Single-Product

مدل SC فازی چند هدفه پیشنهادی



شکل ۳. نمایشی از یک SC با حلقه های تولیدکنندگان ـ توزیع کنندگان ـ مشتریان.

در این سیستم تنها حلقه‌های تولیدکنندگان ـ توزیع کنندگان ـ مشتریان به نمایش درآمده اند. معمولاً در سیستم‌های زنجیره تأمین، اهداف متضادی میان حلقه‌های زنجیره وجود دارند که امروزه یکی از اهداف اصلی SCM، یکپارچه سازی این اهداف برای برآورده کردن سریع تر تقاضاهای مشتریان و کاهش هزینه‌های کل زنجیره است. تعدادی از این اهداف متضاد و مهم را می‌توان این گونه برشمرد [۱]:

۱) تناقض میان میزان موجودی و اندازه دسته تولیدی: تولیدکنندگان تمایل به تولید دسته‌های بزرگ اقتصادی برای کاهش هزینه‌های راه اندازی[1]، آماده سازی و ساخت دارند. آنها تمایل دارند که محصولات بیشتری را به مراکز توزیع ارسال کنند تا هزینه‌های راه اندازی و ساخت خود را کاهش دهند. از سویی این حالت منجر به افزایش هزینه‌های موجودی در انبارهای مراکز توزیع می شود و از سوی دیگر توزیع کنندگان خواستار دریافت کالاهای مرغوب و باکیفیت از تولید کنندگان هستند. همانطور که ملاحظه می‌شود این دو هدف کاملاً در تضاد با هم هستند. بنابراین وظیفه اصلی SCM آن است که بتواند راهکاری برای یکپارچه سازی این اهداف متضاد ارائه نماید.

۲) تناقض میان خدمت به مشتریان و هزینه حمل و نقل: تولیدکنندگان خواستار کاهش هزینه حمل و نقل خود هستند در صورتی که توزیع کنندگان تمایل به افزایش سطح خدمت به مشتریان (ارسال کالا طی سریع ترین زمان ممکن به مشتریان

1- Set-up

با استفاده از وسایل حمل و نقل گران قیمت) دارند. تضاد میان این دو هدف نیز بارز و آشکار است. در این حالت وظیفه اصلی SCM آن است که بتواند راهکاری را ارائه نماید تا علاوه بر افزایش سطح خدمت به مشتریان، هزینه‌های حمل و نقل تولید کنندگان را نیز کاهش دهد.

۳) تناقض میان سفارش توزیع کنندگان و موجودی تولید کنندگان: توزیع کنندگان تمایل دارند هر زمان که سفارش مشتریان را دریافت کردند آن را به تولیدکنندگان ارائه کرده تا بدون کمبود در اسرع وقت آن را تأمین نمایند. از سوی دیگر تولید کنندگان خواستار تأمین آن مقدار سفارشی هستند که در حال حاضر موجودی آن را در اختیار دارند. چنانچه میزان سفارش توزیع کنندگان بیشتر از مقدار موجودی تولیدکنندگان باشد، آنگاه تولیدکنندگان با کمبود مواجه خواهند شد که در این صورت سفارش تأمین مواد اولیه را برای تأمین کنندگان ارسال می‌کنند. این فرایند ممکن است با صرف یک زمان طولانی اجرا گردد که منجر به از دست دادن مشتریان و کاهش سطح خدمت دهی به آنان خواهد شد.

در این مقاله هدف آن است که از منظر SCM بتوان راهکاری **برای یکپارچه** سازی این اهداف متضاد در بین حلقه‌های زنجیره ارائه و SCM **را برای اتخاذ** تصمیمی مناسب یاری نمود. در واقع این مقاله تعامل میان حلقه‌های تولیدکنندگان ـ توزیع کنندگان ـ مشتریان در یک SC تک ـ محصولی را در نظر گرفته و یک مدل فازی چندهدفه را برای آن ارائه می‌شود که اهداف این مدل **پیشنهادی همان اهداف** متضاد میان حلقه‌های SC و برخی اهداف دیگر خواهند بود.

در دنیای واقعی برای یک مسأله زنجیره تأمین، بسیاری از اطلاعات با قطعیت معلوم نیستند، به طوری که همه و یا برخی از توابع هدف و محدودیت‌ها با واژه‌های مبهمی همچون "یک سطح بالا برای تقاضای مشتریان" یا "یک زمان کم برای ارسال کالا به سوی مشتریان" در نظر گرفته می‌شوند که با قطعیت نمی‌توان این سطوح را تعیین یا تفسیر نمود. مدل‌های قطعی[1] به راحتی نمی‌توانند این **ابهامات را** محاسبه نمایند. در این موارد تئوری مجموعه فازی یکی از بهترین ابزارهای موجود

1- Deterministic

برای حل این ابهامات به شمار می‌رود.

توابع هدف

تابع هدف کیفیت

تابع هدف کیفیت محصول تولید شده که از تولیدکننده i ام به توزیع کننده jام[1] ارسال می‌شود. این تابع هدف در حلقه تولیدکنندگان رخ خواهد داد، به طوری که:

$$Z_1 = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} Q_i x_{ij}$$

x_{ij} = حجم محصول تولید شده توسط تولید کننده i ام که برای توزیع کننده jام ارسال می‌شود

Q_i = کیفیت محصول تولید شده توسط تولید کننده i ام.

i = شماره تولید کننده و j = شماره توزیع کننده

m = تعداد تولید کنندگان و n = تعداد توزیع کنندگان

هدف تولیدکنندگان ماکزیمم سازی این تابع هدف است تا از این طریق بتوانند کالاهای مرغوبی را در اختیار توزیع کنندگان و نهایتاً مشتریان قرار دهند.

تابع هدف هزینه کل

الف) تابع هدف هزینه حمل و نقل از تولید کننده i ام به توزیع کننده jام[2]. این تابع هدف بین حلقه‌های تولیدکنندگان ـ توزیع کنندگان رخ خواهد داد، به طوری که:

$$\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} T_{ij}\left(x_{ij}/v_i\right)$$

T_{ij} = هزینه حمل و نقل تعداد دفعات ارسال محصول ساخته شده از تولیدکننده i ام به توزیع کننده jام.

v_i = ظرفیت[3] حمل وسایل حمل و نقلی که از انبار تولید کننده i ام به سمت انبار مراکز توزیع ارسال می شوند.

از نظر تولید کنندگان، هدف می نیمم سازی این تابع هدف است تا بتوانند هزینه‌های حمل و نقل و ارسال کالا را کاهش دهند.

1- Product Objective
2- Transportation Objective
3- Valence

ب) تابع هدف هزینه نگهداری محصول ارسال شده توسط تولید کننده i ام در انبار توزیع کننده jام[1]. این تابع هدف در حلقه توزیع کنندگان رخ خواهد داد، به طوری که:

$$\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} H_j\left(\frac{x_{ij}}{2}\right)$$

H_j = هزینه نگهداری هر واحد محصول در انبار توزیع کننده jام.

از نظر توزیع کنندگان، هدف می نیمم سازی این تابع هدف است تا هزینه‌های نگهداری کالا را در انبارهای خود کاهش دهند.

ج) تابع هدف فازی جریمه[2] کالاهای برگشتی[3] که از سوی توزیع کننده jام به مشتری k ام پرداخت خواهد شد. این تابع هدف بین حلقه‌های مشتریان - توزیع کنندگان رخ خواهد داد، به طوری که:

$$\sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{l} P_{jk}\left(\tilde{\beta}_{jk} y_{jk}\right)$$

P_{jk} = بهای جریمه‌ای که بابت هر واحد کالای معیوب (برگشتی) از سوی توزیع کننده jام به مشتری k ام پرداخت می شود.

در اینجا فرض می‌شود جریمه‌ای که بابت هر واحد کالای معیوب از سوی توزیع کننده j به مشتری k پرداخت می‌شود، معادل π درصد بهای دریافت شده توسط توزیع کننده jام از مشتری k ام (S_{jk}) بابت فروش کالا است. به عبارتی $P_{jk} = \pi S_{jk}$ می‌باشد. در حالت کلی فرض می‌شود هزینه‌های تمام شده از تولید کننده i ام تا مشتری k ام متفاوت می‌باشند که در این صورت قیمت فروش از توزیع کننده jام به مشتری k ام نیز متفاوت خواهد بود.

$\tilde{\beta}_{jk}$ = متغیر فازی درصدی از کالای فروخته شده توسط توزیع کننده jام به مشتری k ام که از سوی مشتری به دلایلی همچون معیوب بودن محصول برگشت داده می‌شود.

مهم‌ترین حلقه در یک سیستم SC را می‌توان مشتریان آن دانست، زیرا بدون وجود مشتریان عملاً هیچ سیستم تولیدی قادر به بقا نخواهد بود. بنابراین به منظور

1- Holding Objective
2- Penalty
3- Rejected

افزایش سطح رضایت مندی مشتریان و ارائه خدمات پس از فروش و ترغیب حلقه‌های تولید کننده برای افزایش سطح کیفیت کالاهای تولید شده، این تابع هدف پیشنهاد شده و سعی در می‌نیمم سازی آن می‌شود.

در این مقاله به آن دسته از مشتریانی که تقاضای خرید حجم بالایی از کالای تولید شده را صادر می‌کنند و وفادارترین و سودآورترین مشتریان سیستم SC به شمار می‌آیند، اصطلاحاً *مشتریان موثر*[1] گفته می‌شود، به طوری که رفتار این قبیل مشتریان بر برنامه ریزی‌های کل سیستم اثرگذار باشد.

بنابراین تابع هدف هزینه کل SC به صورت زیر خواهد بود:

$$\tilde{Z}_2 = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} T_{ij}\left(x_{ij}/v_i\right) + \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} H_j\left(\frac{x_{ij}}{2}\right) + \sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{l} P_{jk}\left(\tilde{\beta}_{jk} y_{jk}\right)$$

تابع هدف زمان ارسال

تابع هدف فازی زمان ارسال کالا از توزیع کننده jام به مشتری k ام[2]. این تابع هدف بین حلقه های توزیع کنندگان - مشتریان رخ خواهد داد، به طوری که:

$$\tilde{Z}_3 = \sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{l} \tilde{S}t_{jk}\left(y_{jk}/v_j\right)$$

در دنیای واقعی عوامل بسیاری وجود دارند که به طور قطع نمی‌توان مدت زمان ارسال کالا از سوی توزیع کننده jبه مشتری k را تعیین کرد. از این موارد می‌توان به وقوع حوادث و اتفاقاتی که ممکن است در طی مسیر برای حمل کننده[3] و راننده[4] پیش آیند، ناآشنا بودن راننده از مکان استقرار مشتری، جابجایی مکان استقرار مشتری، نوع وسایل حمل و نقل (از نظر سرعت حمل)، تغییر در سیاست‌ها و استراتژی‌های مدیریت زنجیره برای برون سپاری یا درون سپاری سیستم‌های حمل و ... اشاره نمود. بنابراین ما در این تابع هدف، مدت زمان ارسال کالا از مرکز توزیع j ام به مشتری k ام یک متغیر فازی در نظر گرفته می‌شود.

$\tilde{S}t_{jk}$ = متغیر فازی مدت زمان ارسال کالا از مرکز توزیع jام به مشتری k ام.

1- Effective Customers
2- Shipping Time Objective
3- Carrier
4- Driver

y_{jk} = مقدار تقاضای مشتری k ام که برای مرکز توزیع j ام صادر خواهد شد.
v_j = ظرفیت حمل وسایل حمل و نقلی که از انبار توزیع کننده j ام به سمت مشتریان ارسال می‌شوند.

این تابع هدف در تضاد کامل با تابع هدف Z_2 است. زیرا تولید کنندگان تمایل دارند تا از یک سیستم حمل و نقلی دارند که هزینه‌های ارسال را کاهش دهد. در حالی که این امر منجر به افزایش زمان تحویل[1] برای سفارش توزیع کنندگان خواهد شد و می‌تواند بر زمان پاسخ گویی به تقاضای مشتریان تأثیرگذار باشد. بنابراین از نظر توزیع کنندگان، هدف می نیمم سازی زمان ارسال کالا به مشتریان است، زیرا هر قدر مدت زمان پاسخ گویی به تقاضای مشتریان کاهش یابد، سطح خدمت دهی به تقاضای مشتریان افزایش خواهد یافت و نهایتاً سطح رضایت‌مندی مشتریان را دربرخواهد داشت.

تابع هدف درآمد

تابع هدف درآمد حاصل از فروش کالا توسط توزیع کننده j ام به مشتری k ام[2]. این تابع هدف بین حلقه های توزیع کنندگان - مشتریان رخ خواهد داد، به طوری که:

$$Z_4 = \sum_{j=1}^{n} \sum_{k=1}^{l} S_{jk} y_{jk}$$

S_{jk} = بها (قیمت) فروش هر واحد کالا از سوی توزیع کننده j ام به مشتری k ام.

یکی از مهم ترین اهداف یک SC، کسب درآمد بیشتر بابت فروش کالا به مشتریان است. بنابراین ما این تابع هدف فوق ماکزیمم می گردد.

محدودیت ها

۱) محدودیت‌های عدم کمبود

برای آن که تولید کنندگان بتوانند تعداد سفارشاتی که از سوی توزیع کنندگان صادر می شوند را به موقع تأمین نمایند، ما محدودیت‌های زیر پیشنهاد می‌شود:

1- Lead Time
2- Selling Objective

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} = \sum_{k=1}^{l} y_{jk} \quad (j = 1,2,...,n)$$

این محدودیت‌ها تضمین می‌کنند که میزان تولید به اندازه‌ای است علاوه بر کاهش هزینه‌های نگهداری در انبارهای مراکز تولید و توزیع، تقاضای مشتریان نیز به موقع برآورده شده و کمبودی رخ ندهد. برآورده شدن به موقع تقاضای مشتریان می‌تواند موجب رشد و اعتبار سیستم گردد.

۲) محدودیت‌های حداکثر ظرفیت تولید توسط تولید کننده i ام ($i = 1,2,...,m$):

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} \le X_i \quad (i = 1,2,...,m)$$

X_i = حداکثر میزان تولیدی که توسط تولید کننده i ام برای همه مراکز توزیع ارسال خواهد شد.

این محدودیت‌ها تضمین خواهند کرد که تولید کنندگان برنامه‌های موثری را در مورد تبلیغات و بازاریابی کالای خود ارائه و اجرا نمایند تا از این طریق بتوانند سهم بیشتری از بازار رقابتی را از آن خود کنند. اتخاذ برنامه ریزی‌های مناسب در مورد تبلیغات و بازاریابی محصولات می‌تواند موجب رشد و ارتقا سیستم گردد.

۳) محدودیت‌های فازی حداقل تعداد تقاضایی که برای توزیع کننده j ام صادر خواهد شد:

$$\sum_{k=1}^{l} y_{jk} \ge \tilde{Y}_j \quad (j = 1,2,...,n)$$

$\tilde{Y}_j$ = متغیر فازی حداقل تعداد تقاضای صادر شده از سوی همه مشتریان برای مرکز توزیع jام.

یکی از مهم ترین بخش‌های SCM، تعیین و شناسایی مشتریان بالقوه و حفظ و ابقاء روابط با مشتریان موثر است. این محدودیت‌ها از نظر سیستم بسیار با اهمیت است، زیرا آگاهی از مقدار تقاضای مشتریان می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های آتی سیستم اثرگذار باشد. عوامل بسیاری وجود دارند که به طور قطع نمی‌توان حداقل تعداد تقاضای مشتریان را تعیین کرد. از این موارد می‌توان تغییرات فصلی تقاضا، نحوه ارائه خدمات پس از فروش، نحوه تبلیغات و بازاریابی محصولات، ترغیب مشتریان با تشویق‌های تجاری، نوع کیفیت محصولات، ظهور محصولاتی با کیفیت مناسب و ارزان‌تر توسط رقبا، از رده خارج شدن کالا، سیاست‌های تغییرات قیمت و

... را برشمرد. بنابراین در محدودیت‌های مدل، حداقل تعداد تقاضای صادر شده از سوی مشتری k ام برای توزیع کننده j ام متغیری فازی در نظر گرفته شده است.
شکل کلی مدل چند هدفه فازی پیشنهادی برای یک SC سه سطحی با حلقه‌های تولید کنندگان ـ توزیع کنندگان ـ مشتریان را می‌توان به صورت زیر در نظر گرفت:

مدل(۴)

$$\max \quad Z_1 = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} Q_i x_{ij}$$

$$\min \quad \tilde{Z}_2 = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} T_{ij}\left(x_{ij}/v_i\right) + \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} H_j\left(\frac{x_{ij}}{2}\right) + \sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{l} P_{jk}\left(\tilde{\beta}_{jk} y_{jk}\right)$$

$$\min \quad \tilde{Z}_3 = \sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{l} \tilde{S}t_{jk}\left(y_{jk}/v_j\right)$$

$$\max \quad Z_4 = \sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{l} S_{jk} y_{jk}$$

s.t :

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} = \sum_{k=1}^{l} y_{jk} \quad (j = 1,2,\ldots,n)$$

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} \le X_i \quad (i = 1,2,\ldots,m)$$

$$\sum_{k=1}^{l} y_{jk} \ge \tilde{Y}_j \quad (j = 1,2,\ldots,n)$$

$$x_{ij} \ge 0 \ (i = 1,2,\ldots,m; j = 1,2,\ldots,n)$$

$$y_{jk} \ge 0 \ (j = 1,2,\ldots,n; k = 1,2,\ldots,l)$$

در بخش بعدی یک مثال عددی برای تشریح مدل پیشنهادی ارائه و نتایج تحلیل خواهند شد.

٤. مثال عددی

در این بخش برای تشریح مدل (۴)، یک مسأله SC سه سطحی متشکل از ۲ تولیدکننده، ۳ توزیع کننده و ۴ مشتری در نظر گرفته شده است. جدول (۱) اطلاعات مورد نیاز این مسأله را ارائه می‌کند:

جدول ۱. اطلاعات کمی زنجیره تأمین

j \ i	۱	۲
۱	۵	۶
۲	۵	۶
۳	۶	۶

هزینه نگهداری هر واحدکالای تولیدشده توسط تولیدکننده i ام در انبار توزیع کننده j ام (برحسب واحد پولی)

i \ j	۱	۲	۳
۱	۴	۳	۴
۲	۳	۴	۳

هزینه حمل هر بار ارسال کالا از انبار تولیدکننده i ام تا انبار توزیع کننده j ام (برحسب واحد پولی)

j \ k	۱	۲	۳	۴
۱	۴۰	۴۵	۵۰	۴۰
۲	۵۰	۴۰	۵۵	۴۵
۳	۴۰	۴۰	۵۰	۵۰

بها (قیمت) فروش هر واحد کالا از توزیع کننده j ام به مشتری k ام (برحسب واحد پولی)

j \ k	۱	۲	۳	۴
۱	۲	۱/۵	۳	۲
۲	۱	۲	۲	۳
۳	۲	۲	۱	۱/۵

مدت زمان قطعی شده هر بار ارسال کالا از انبار توزیع کننده j ام تا محل استقرار مشتری k ام (برحسب واحد زمانی)

j \ k	۱	۲	۳	۴
۱	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۳
۲	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۳
۳	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۴

درصد برگشتی قطعی شده از کالای فروخته شده توسط توزیع کننده j ام به مشتری k ام

j \ k	۱	۲	۳	۴
۱	۳۰	۳۳/۷۵	۳۷/۵	۳۰
۲	۳۷/۵	۳۰	۴۱/۲۵	۳۳/۷۵
۳	۳۰	۳۰	۳۷/۵	۳۷/۵

بهای جریمه پرداخت شده از سوی توزیع کننده j ام به مشتری k ام بابت هر واحد کالای برگشتی (برحسب واحد پولی)

i	۱	۲
X_i	۱۵۰۰	۲۰۰۰

حداکثر تعداد کالایی که تولیدکنندگان قادر به تولید آن هستند (برحسب واحد کالا)

j	۱	۲	۳
حداقل تعداد تقاضای فازی مشتریان	۷۰۰	۶۵۰	۷۰۰

حداقل تعداد کالایی که مشتریان متقاضی خرید آنان از مراکز توزیع تحت محیط فازی هستند (برحسب واحد کالا)

i	۱	۲
v_i	۴۰	۴۵

ظرفیت حمل وسایل حمل و نقلی که مورد استفاده مراکز تولید قرار می گیرند (برحسب واحد کالا)

j	۱	۲	۳
v_j	۵۰	۴۵	۵۰

ظرفیت حمل وسایل حمل و نقلی که مورد استفاده مراکز توزیع قرار می گیرند (برحسب واحد کالا)

در این مثال $\pi = \frac{3}{4}$ بوده و درصد کیفیت هر واحد محصول تولید شده توسط تولید کنندگان ۱ و ۲ به ترتیب برابر ۰/۹ و ۰/۹۲ می‌باشد.

با توجه به اطلاعات جدول (۱)، می‌توان مسأله اصلی چند هدفه فازی SC را به صورت مدل (۵) در نظر گرفت:

$$\max \quad Z_1 = 0/9x_{11}+0/9x_{12}+0/9x_{13}+0/92x_{21}+0/92x_{22}+0/92x_{23}$$

$$\min \quad \tilde{Z}_2 = \left(\tfrac{4}{40}x_{11}+\tfrac{3}{40}x_{12}+\tfrac{4}{40}x_{13}+\tfrac{3}{45}x_{21}+\tfrac{4}{45}x_{22}+\tfrac{3}{45}x_{23}\right)+$$
$$5\times\left(\frac{x_{11}+x_{21}}{2}\right)+6\times\left(\frac{x_{12}+x_{22}}{2}\right)+6\times\left(\frac{x_{13}+x_{23}}{2}\right)+$$
$$(30\times 0/03)y_{11}+(33/75\times 0/03)y_{12}+(37/5\times 0/04)y_{13}+(30\times 0/03)y_{14}+(37/5\times 0/04)y_{21}+$$
$$(30\times 0/05)y_{22}+(41/25\times 0/03)y_{23}+(33/75\times 0/03)y_{24}+(30\times 0/04)y_{31}+(30\times 0/03)y_{32}+$$
$$(37/5\times 0/04)y_{33}+(37/5\times 0/04)y_{34}$$

$$\min \quad \tilde{Z}_3 = \tfrac{2}{50}y_{11}+\tfrac{1/5}{50}y_{12}+\tfrac{3}{50}y_{13}+\tfrac{2}{50}y_{14}+\tfrac{1}{45}y_{21}+\tfrac{2}{45}y_{22}+\tfrac{2}{45}y_{23}+\tfrac{3}{45}y_{24}+\tfrac{2}{50}y_{31}+\tfrac{2}{50}y_{32}+\tfrac{1}{50}y_{33}+\tfrac{1/5}{50}y_{34}$$

$$\max \quad Z_4 = 40y_{11}+45y_{12}+50y_{13}+40y_{14}+50y_{21}+40y_{22}+55y_{23}+45y_{24}+40y_{31}+40y_{32}+50y_{33}+50y_{34}$$

s.t :

$$\begin{cases} x_{11}+x_{21}= y_{11}+y_{12}+y_{13}+y_{14} \\ x_{12}+x_{22}= y_{21}+y_{22}+y_{23}+y_{24} \\ x_{13}+x_{23}= y_{31}+y_{32}+y_{33}+y_{34} \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_{11}+x_{12}+x_{13}\le 1500 \\ x_{21}+x_{22}+x_{23}\le 2000 \end{cases}$$

$$\begin{cases} y_{11}+y_{12}+y_{13}+y_{14}\ge 700 \\ y_{21}+y_{22}+y_{23}+y_{24}\ge 650 \\ y_{31}+y_{32}+y_{33}+y_{34}\ge 700 \end{cases}$$

$$x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{21}, x_{22}, x_{23}\ge 0$$

$$y_{11}, y_{12}, y_{13}, y_{14}, y_{21}, y_{22}, y_{23}, y_{24}, y_{31}, y_{32}, y_{33}, y_{34}\ge 0$$

به طوری که $650 \in [650,750]$ و $700 \in [600,700]$ می باشند. مجموعه داده‌ها برای مقادیر حدود پایین و بالای توابع عضویت و محدودیت‌های فازی تقاضا در جدول (۲) مفروض هستند:

جدول ۲. مجموعه داده‌ها برای توابع عضویت

	$\mu=0$	$\mu=1$	$\mu=0$
Z_1	۱۷۱۸	۳۱۹۰	–
Z_2	–	۱۵۷۰۲/۷۸	۷۲۸۲/۶۷
Z_3	–	۲۱۱/۶۷	۴۵/۸۳
Z_4	۷۶۰۰۰	۱۸۶۰۰۰	–
محدودیت اول تقاضای فازی	۶۵۰	۷۵۰	–
محدودیت دوم تقاضای فازی	۶۰۰	۷۰۰	–
محدودیت سوم تقاضای فازی	۶۵۰	۷۵۰	–

مدل تک هدفه قطعی معادل با مسأله چند هدفه فازی بالا با توجه به شکل کلی مدل (۳)، به صورت مدل (۶) خواهد بود:

$$\max \quad \left(\tfrac{1}{7}\times(\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3+\lambda_4)\right)+\left(\tfrac{1}{7}\times(\theta_1+\theta_2+\theta_3)\right)$$

s.t :

$$\lambda_1 \le \frac{((0/9x_{11}+0/9x_{12}+0/9x_{13}+0/92x_{21}+0/92x_{22}+0/92x_{23})-1718)}{1472}$$

$$\lambda_2 \le \frac{\left(15702/78-\left[\begin{array}{l}(\frac{4}{40}x_{11}+\frac{3}{40}x_{12}+\frac{4}{40}x_{13}+\frac{3}{45}x_{21}+\frac{4}{45}x_{22}+\frac{3}{45}x_{23})+\left(5\times\left(\frac{x_{11}+x_{21}}{2}\right)+6\times\left(\frac{x_{12}+x_{22}}{2}\right)+6\times\left(\frac{x_{13}+x_{23}}{2}\right)\right)\\ +\left((30\times0/03)y_{11}+(33/75\times0/03)y_{12}+(37/5\times0/04)y_{13}+(30\times0/03)y_{14}+(37/5\times0/04)y_{21}+(30\times0/05)y_{22}+\right.\\ \left.(41/25\times0/03)y_{23}+(33/75\times0/03)y_{24}+(30\times0/04)y_{31}+(30\times0/03)y_{32}+(37/5\times0/04)y_{33}+(37/5\times0/04)y_{34}\right)\end{array}\right]\right)}{8420/11}$$

$$\lambda_3 \le \frac{\left(211/67-(\frac{2}{50}y_{11}+\frac{1/5}{50}y_{12}+\frac{3}{50}y_{13}+\frac{2}{50}y_{14}+\frac{1}{45}y_{21}+\frac{2}{45}y_{22}+\frac{2}{45}y_{23}+\frac{3}{45}y_{24}+\frac{2}{50}y_{31}+\frac{2}{50}y_{32}+\frac{1}{50}y_{33}+\frac{1/5}{50}y_{34})\right)}{165/84}$$

$$\lambda_4 \le \frac{((40y_{11}+45y_{12}+50y_{13}+40y_{14}+50y_{21}+40y_{22}+55y_{23}+45y_{24}+40y_{31}+40y_{32}+50y_{33}+50y_{34})-76000)}{110000}$$

$$\theta_1 \le \frac{((y_{11}+y_{12}+y_{13}+y_{14})-650)}{100}$$

$$\theta_2 \le \frac{((y_{21}+y_{22}+y_{23}+y_{24})-600)}{100}$$

$$\theta_3 \le \frac{((y_{31}+y_{32}+y_{33}+y_{34})-650)}{100}$$

$$\begin{cases} x_{11}+x_{21}=y_{11}+y_{12}+y_{13}+y_{14} \\ x_{12}+x_{22}=y_{21}+y_{22}+y_{23}+y_{24} \\ x_{13}+x_{23}=y_{31}+y_{32}+y_{33}+y_{34} \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_{11}+x_{12}+x_{13}\le 1500 \\ x_{21}+x_{22}+x_{23}\le 2000 \end{cases}$$

$$\lambda_k \ge \alpha \quad (k=1,2,3,4)$$

$$\theta_l \ge \alpha \quad (l=1,2,3)$$

$$x_{11},x_{12},x_{13},x_{21},x_{22},x_{23}\ge 0$$

$$y_{11},y_{12},y_{13},y_{14},y_{21},y_{22},y_{23},y_{24},y_{31},y_{32},y_{33},y_{34}\ge 0$$

$$0\le \lambda_1,\lambda_2,\lambda_3,\lambda_4,\theta_1,\theta_2,\theta_3 \le 1$$

به طوری که $\lambda_{1,\ldots,4}$ و $\theta_{1,2,3}$ به ترتیب سطح دسترسی به اهداف و محدودیت‌های حداقل تقاضا در مدل (۶) می باشند. همچنین از نظر DM اوزان اهمیت یکسانی به اندازه $\frac{1}{7}$ برای اهداف محدودیت‌های فازی مسأله در نظر گرفته می‌شود. برای اجتناب از دستیابی به جواب‌های غیرممکن، باید بتوان مقادیر قابل قبولی را برای سطح تعیین کرد. در این مثال حد پایین تغییرات برابر صفر و حد بالای تغییرات α-cut توسط حل مدل قطعی براساس رویکرد زیمرمن [۴۱] در مدل (۲) تعیین می‌شود. بنابراین حد بالای تغییرات α-cut برابر با مقدار بهینه جواب بدست آمده یا ماکزیمم مقدار λ است. بر این اساس α می‌تواند از ۰ تا ۰/۵۴۱۳۵۵۲ تغییر کند، بدون آن که جواب‌های به دست آمده غیرممکن شوند.

مدل (۶) با استفاده از بسته نرم افزاری لینگو بهینه سازی شده و نتایج حل مدل در جدول (۳) آمده است:

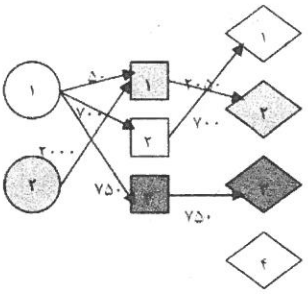
جدول ۳. جواب‌های بهینه مربوط به سطوح مختلف برش α

α-cut	۰	۰/۱۰۸۲۷۱	۰/۲۱۶۵۴۲	۰/۳۲۴۸۱۳	۰/۴۳۳۰۸۴	۰/۵۴۱۳۵۵۲	۰/۵۴۱۳۵۵۳-۱
x_{11}	۵۰	۸۰۰	۷۷۰/۴	۵۱۷/۸۶	۰	۰	No solution
x_{12}	۷۰۰	۷۰۰	۷۰۰	۷۰۰	۷۰۰	۸۲۱/۴۶	No solution
x_{13}	۷۵۰	۰	۰	۰	۲۶۵/۳۳	۰	No solution
x_{21}	۲۰۰۰	۱۲۵۰	۱۲۵۰	۱۲۵۰	۱۵۱۵/۳۳	۱۲۲۵/۸۲	No solution
x_{22}	۰	۰	۰	۰	۰	۰	No solution
x_{23}	۰	۷۵۰	۷۵۰	۷۵۰	۴۸۴/۶۷	۷۰۴/۱۴	No solution
y_{11}	۰	۰	۰	۰	۰	۰	No solution
y_{12}	۲۰۵۰	۲۰۵۰	۲۰۲۰/۴	۱۷۶۷/۸۶	۱۵۱۵/۳۳	۱۲۲۵/۸۲	No solution
y_{13}	۰	۰	۰	۰	۰	۰	No solution
y_{14}	۰	۰	۰	۰	۰	۰	No solution
y_{21}	۷۰۰	۷۰۰	۷۰۰	۷۰۰	۷۰۰	۰	No solution
y_{22}	۰	۰	۰	۰	۰	۰	No solution
y_{23}	۰	۰	۰	۰	۰	۸۲۱/۴۶	No solution
y_{24}	۰	۰	۰	۰	۰	۰	No solution
y_{31}	۰	۰	۰	۰	۰	۰	No solution
y_{32}	۰	۰	۰	۰	۰	۰	No solution
y_{33}	۷۵۰	۷۵۰	۷۵۰	۷۵۰	۷۵۰	۷۰۴/۱۴	No solution
y_{34}	۰	۰	۰	۰	۰	۰	No solution
Z_1^*	۳۱۹۰	۳۱۹۰	۳۱۶۳/۳۶	۲۹۳۶/۰۸	۲۷۰۸/۷۹	۲۵۱۴/۸۸	۳۱۹۰
Z_2^*	۱۳۹۸۶/۳	۱۳۹۸۶/۳	۱۳۸۷۹/۴۷	۱۲۹۶۷/۸۲	۱۲۰۵۶/۱۶	۱۱۱۴۴/۵۱	۷۲۸۲/۶۷
Z_3^*	۹۲	۹۲	۹۱/۱۷	۸۳/۵۹	۷۶/۰۲	۸۷/۴	۴۵/۸۳
Z_1^*	۱۶۴۷۵۰	۱۶۴۷۵۰	۱۶۳۴۱۷/۹۱	۱۵۲۰۵۳/۸۴	۱۴۰۶۸۹/۷۲	۱۳۵۵۴۹/۰۸	۱۸۶۰۰۰
$\lambda_1 = \mu_{z_1}(x)$	۱	۱	۰/۹۸۱۹	۰/۸۲۷۵	۰/۶۷۳۱	۰/۵۴۱۴	
$\lambda_2 = \mu_{z_2}(x, y)$	۰/۲۰۳۹	۰/۲۰۳۹	۰/۲۱۶۵	۰/۳۲۴۸	۰/۴۳۳۱	۰/۵۴۱۴	
$\lambda_3 = \mu_{z_3}(y)$	۰/۷۲۱۳	۰/۷۲۱۳	۰/۷۲۶۶	۰/۷۷۲۳	۰/۸۱۸	۰/۷۴۹۵	
$\lambda_4 = \mu_{z_4}(y)$	۰/۸۰۶۸	۰/۸۰۶۸	۰/۷۹۴۷	۰/۶۹۱۴	۰/۵۸۸۱	۰/۵۴۱۴	
$\theta_1 = \mu_R(y)$	۱	۱	۱	۱	۱	۱	
$\theta_2 = \mu_{R_2}(y)$	۱	۱	۱	۱	۱	۱	
$\theta_3 = \mu_{R_3}(y)$	۱	۱	۱	۱	۱	۰/۵۴۱۴	

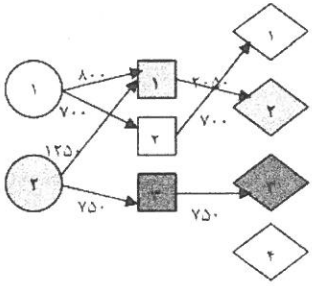
مقادیر پر رنگ شده در جدول (۳)، مقادیر ایده‌آل هر یک از اهداف در فضای جواب قطعی مدل (۵) هستند. نتایج موجود در جدول (۳) بر اساس سطوح مختلف α-cut از ۰ تا ۰/۵۴۱۳۵۵۲ با طول گام‌های ۰/۱۰۸۲۷۱ به دست آمده‌اند که مدل (۶) تنها در سطوح α=۰-۰/۵۴۱۳۵۵۲ امکان‌پذیر بوده و دارای جواب است و در سطوح α=۰/۵۴۱۳۵۵۳-۱ ، بدون جواب خواهد بود. بهترین نتایج به دست آمده در مورد کلیه اهداف تحت شرایطی رخ می‌دهند که بزرگترین مقدار برای سطوح دسترسی

به اهداف حاصل شود.

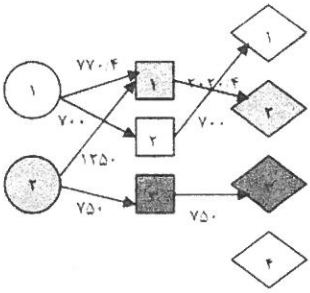
یکی از اهداف اصلی SCM آن است که برای برنامه‌ریزی‌های آتی مشخص کند، کدام حلقه فعال و کدام یک خیلی فعال نمی باشند و بتواند راهکاری برای فعال کردن حلقه‌های غیر فعال و حفظ حلقه‌های فعال ارائه نماید. بنابراین ما نتایج به دست آمده در جدول (۳) در شکل‌های زیر نمایش داده شده است. در شکل‌های زیر نمایشی از وضعیت SC با حلقه‌های مشتریان ـ توزیع کنندگان ـ تولید کنندگان در سطوح مختلف $\alpha=0-0/5413552$ به نمایش درآمده‌اند:



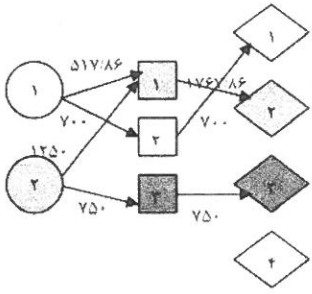
$\alpha = 0$



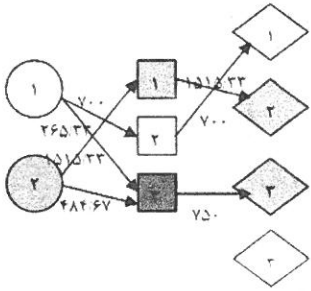
$\alpha = 0/108271$



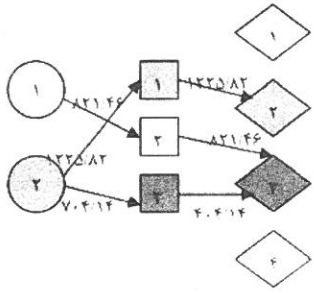
$\alpha = 0/216542$



$\alpha = 0/32481$



$\alpha = 0/43308$



$\alpha = 0/541355$

شکل ٤: نمایش کل ارتباطات حلقه های SC با یکدیگر برای سطوح

.α-cut=۰-۰/۵۴۱۳۵۵۲

در شکل (۴) و در سطح برش $\alpha = 0$ و α=۰/۱۰۸۲۷۱-۰ ، بهترین مقدار برای Z_1^* و Z_4^* و در سطح برش α=۰/۵۴۱۳۵۵۲-۰ بهترین مقدار برای Z_2^* و در α=۰/۴۳۳۰۸۴-۰ بهترین مقدار برای Z_3^* اتفاق می‌افتد.

با استفاده از شکل (۴) و نتایج به دست آمده در هر سطح α-cut می‌توان حلقه‌های فعال و غیر فعال زنجیره را نیز مشخص کرده و برای حفظ و رشد بیشتر حلقه‌های فعال و بهبود حلقه‌های غیر فعال راهکارهای مناسبی ارائه نمود. همانطور که در شکل (۴) نیز مشاهده می‌شود، با افزایش سطوح α-cut، تولید کننده ۱ ظرفیت کمتری را برای تولید خواهد داشت و این در حالی است که تولیدکننده ۲ همچنان بیشترین ظرفیت تولید را دارد چون علاوه بر این که هزینه حمل هر بار وسیله حمل و نقل از تولید کننده ۱ نسبت به تولید کننده ۲ بیشتر است، ظرفیت حمل وسایل استفاده شده توسط تولید کننده ۱ نیز نسبت به تولید کننده ۲ کمتر می‌باشد. این موضوع می‌تواند به عنوان مبنایی برای تصمیم‌گیری در مورد تولید کننده ۱ مورد توجه قرار گیرد. به نظر می‌رسد که تولید کننده ۱ باید از وسایل حملی استفاده نماید تا علاوه بر کاهش هزینه‌های حمل و نقل خود، ظرفیت حمل و نقل بالایی را هم به دنبال داشته باشند. بنابراین استراتژی انتخاب یک وسیله حمل و نقل مناسب و به صرفه برای تولید کننده ۱ ضروری به نظر می‌رسد. یکی دیگر از عوامل انتخاب تولید کننده ۲، کیفیت بهتر محصولات این تولیدکننده است. بنابراین SCM باید بتواند با استفاده از سیاست‌های پشتیبانی لازم، تولید کننده ۱ را به افزایش کیفیت محصولاتش ترغیب نماید.

باتوجه به نتایج به دست آمده در کلیه سطوح α-cut، از میان کلیه توزیع کنندگان می‌توان توزیع کننده ۱ فعالترین آنها دانست چون هم هزینه نگهداری کالاهای ارسالی از واحدهای تولیدی به این توزیع کننده کمتر است و هم سطح خدمت بالاتری را ارائه می‌دهد (به عبارتی تعداد برگشتی‌های کمتری از سوی مشتریان به دلیل معیوب بودن کالاها را خواهد داشت). علاوه براین، ظرفیت حمل کالاهای ارسال شده از مرکز توزیع ۱ به مشتریان نیز مقدار بالایی ($v_{(j=1)} = 50$) است و در هر بار حمل تعداد کالای بیشتری را ارسال خواهد کرد.

با توجه به قابلیت‌های مرکز توزیع ۱ به نظر می‌رسد که مشتری ۲ علاقمند است تا در هر یک از سطوح α-cut بیشترین حجم سفارشات خود را برای مرکز توزیع ۱ صادر نماید به طوری که کاهش زمان حمل برای او اهمیت بالایی دارد. بنابراین بهترین گزینه برای او مرکز توزیع ۱ در هر یک از سطوح α-cut است چون علاوه بر ظرفیت حمل بالا، زمان حمل کمتری نیز دارد.

با توجه به فازی بودن تقاضای مشتریان، زمان حمل کالا از مراکز توزیع به مشتریان و درصد کالای برگشتی می‌توان گفت که به طور کلی تولید کننده ۲ و توزیع کننده ۱ فعالترین و مهم‌ترین حلقه‌های این SC به شمار می‌آیند. مشتریان ۲ و۳ نیز به عنوان موثرترین حلقه‌های این زنجیره می‌باشند (حلقه های فعال در زنجیره‌های شکل (۴) پررنگ شده‌اند). تولیدکننده ۲ و توزیع کننده ۱ می‌توانند به عنوان شرکای استراتژیک[1] این سیستم قلمداد شده و حفظ و ابقاء روابط با مشتریان ۲ و۳ با استفاده از سیاست‌های تشویقی و ارائه تخفیف‌های مناسب می‌تواند باعث سودآوری بیشتر سیستم در آینده شود.

با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان مهم‌ترین و فعالترین حلقه‌های SC را بر اساس بیشترین حجم مبادلات صورت گرفته مطابق جدول (۴) رتبه بندی نمود:

1- Strategic Partners

جدول ٤. رتبه بندی حلقه‌های SC براساس بیشترین حجم مبادلات در هر سطح برش α

α-cut	تولیدکنندگان فعال	توزیع کنندگان فعال	مشتریان موثر
۰	۲-۱	۱-۳-۲	۲-۳-۱
۰/۱۰۸۲۷۱	۲-۱	۱-۳-۲	۲-۳-۱
۰/۲۱٦٥٤۲	۲-۱	۱-۳-۲	۲-۳-۱
۰/۳۲٤۸۱۳	۲-۱	۱-۳-۲	۲-۳-۱
۰/٤۳۳۰۸٤	۲-۱	۱-۳-۲	۲-۳-۱
۰/٥٤۱۳٥٥۲	۲-۱	۱-۲-۳	۳-۲
۰/٥٤۱۳٥٥۳-۱	–	–	–

با توجه به جدول (۴)، هر دو تولید کننده ۱ و ۲ فعال هستند ولی تولید کننده ۱ با ظرفیت کمتری نسبت به تولید کننده ۲ تولید می‌کند. تبلیغات و بازاریابی تولیدات توسط تولیدکننده ۱ می‌تواند برای افزایش حجم تولید این تولید کننده موثر واقع شود. مهم ترین و فعالترین توزیع کننده نیز مرکز توزیع شماره ۱ است. بنابراین، بهترین و فعالترین حلقه‌های زنجیره تحت شرایط عدم قطعیت می‌توانند به عنوان شرکای استراتژیک زنجیره در نظر گرفته شوند که مبنای تصمیم گیری برای برنامه‌ریزی‌های بلند مدت آتی زنجیره به شمار آیند. هم چنین در جدول (۴) می‌توان مشتریان موثر زنجیره را نیز تحت شرایط عدم قطعیت مشاهده نمود. در سطح برش α=۰-۰/۵۴۱۳۵۵۲ هیچ گونه تقاضایی از سوی مشتری شماره ۱ صادر نمی‌شود و در سایر سطوح برشی حداکثر تعداد تقاضای این مشتری به ۷۰۰ واحد کالا خواهد رسید. در تمامی سطوح برش α حضور مشتری ۲ را می‌توان به عنوان یک مشتری موثر زنجیره مشاهده نمود که با افزایش سطح برش α تعداد تقاضای آن کاهش می‌یابد. آن چنان که مقدار تقاضای این مشتری از ۲۰۵۰ واحد در سطحα = 0 به ۱۲۲۵/۸۲ واحد در سطح α=۰-۰/۵۴۱۳۵۵۲ کاهش می‌یابد. حضور مشتری ۳ در سیستم را می‌توان در تمامی سطوح مشاهده نمود که بیشترین حجم تقاضای این مشتری در سطح برش α=۰-۰/۵۴۱۳۵۵۲ و با تعداد ۱۵۲۵/۶ واحد کالا است. مشتری۴ نیز در هیچ کدام از سطوح α، تقاضایی را تحت شرایط عدم قطعیت

صادر می‌کند. بنابراین از نظر بیشترین حجم تقاضای مشتریان از سیستم، می‌توان ترتیب رتبه بندی مشتریان موثر را به طور کلی این گونه دانست:۱-۳-۲. این موضوع می تواند Sرا در اتخاذ SCM را در اتخاذ تصمیمات و سیاست‌های موثر به منظور حفظ و ابقاء مشتریان موثر ۲، ۳ و ۱ و حضور مشتری۴ برای خرید از کالاهای تولید شده هدایت کند.

نتیجه گیری و پیشنهاد

یک SC شبکه‌ای از حلقه‌های تأمین کنندگان مواد اولیه، تولید کنندگان، توزیع کنندگان و مشتریان است که از روابط دو سویه برخوردارند. این روابط در مورد حلقه‌های بعدی[1] زنجیره غالباً از طریق صدور سفارش و پرداخت پول و در مورد حلقه‌های قبلی[2] غالباً از طریق تأمین مواد اولیه، محصول نیمه ساخته و محصول نهایی تعریف می‌شوند. یکی از مهم‌ترین وظایف SCM، یکپارچه سازی اهداف متضادی است که بین حلقه‌های زنجیره تعریف می‌شوند. به نظر می‌رسد یکی از راهکارهایی که می‌توان برای یکپارچه سازی اهداف متضاد میان حلقه‌ها و اتخاذ یک تصمیم مناسب از سوی SCM ارائه نمود، استفاده از برنامه‌ریزی چند هدفه است.

در دنیای واقعی، مقادیر برخی پارامترها را نمی‌توان با قطعیت تعیین کرد. از این رو برنامه ریزی فازی یکی از ابزارهایی است که می‌تواند برای مدل سازی اینگونه پارامترهای غیر قطعی مورد استفاده قرار گیرد. در این مقاله، یک SC سه سطحی تک محصولی با حلقه‌های تولید کنندگان ـ توزیع کنندگان ـ مشتریان و تعدادی از اهداف متضاد میان این حلقه‌ها با در نظر گرفتن برخی پارامترهای غیر قطعی در چارچوب برنامه ریزی فازی چند هدفه مدل سازی گردید. اهداف تعریف شده در این مدل پیشنهادی عبارت بودند از: حداکثر کردن کیفیت محصولات تولید شده، حداقل کردن هزینه کل، حداقل کردن زمان ارسال و حداکثر کردن درآمد. هم چنین در این مدل محدودیت‌های کمبود، حداکثر تولید و حداقل تقاضای مشتریان در نظر گرفته شدند. مدل پیشنهادی با در نظر گرفتن اوزان اهمیت یکسان اهداف

1- Upstream
2- Downstream

تحت سطوح مختلف α-cut بهینه سازی گردید. تحت هر یک از سطوح امکان‌پذیر α-cut، رفتار سیستم به نمایش درآمد و براساس تحلیل نتایج بدست آمده فعالترین حلقه های تولید و توزیع و موثرترین مشتریان زنجیره مورد شناسایی و ارزیابی قرار گرفتند. این موضوع می‌تواند برنامه‌ریزی‌ها و استراتژی‌های آتی SC را با دقت بیشتری همراه سازد. همچنین در مورد حلقه‌های غیرفعال نیز راهکارهای مناسبی برای فعال شدن آنها ارائه و پیشنهاد گردیدند.

مدل‌های چند سطحی چند محصولی تحت شرایط عدم قطعیت به عنوان زمینه‌هایی برای تحقیقات آتی پیرامون مسائل SC پیشنهاد می‌گردند.

منابع و مآخذ

[۱] سیف برقی، مهدی (۱۳۸٦). جزوه درسی: آشنایی با مدیریت زنجیره تأمین و تکنیک های آن. قزوین: دانشگاه آزاد اسلامی، دانشکده صنایع و مکانیک.

[۲] شوندی، حسن. (۱۳۸۵). نظریه مجموعه های فازی و کاربرد آن در مهندسی صنایع و مدیریت. تهران: انتشارات گسترش علوم پایه.

[3] Amid A, Ghodsypour SH and O'Brien C .(2006). **Fuzzy multiobjective linear model for supplier selection in a supply chain**. International Journal of Production Economics. 104, 2, 394–407.

[4] Bellman RE and Zadeh LA .(1970). **Decision making in a fuzzy environment**. Management Science. 17, 4, 141–164.

[5] Bessler SA and Veinott AF .(1965). **Optimal policy for a dynamic multi-echelon inventory model**. Naval Research Logistics Quarterly. 13, 4, 355–389.

[6] Bollapragada S, Akella R and Srinivasan R .(1998). **Centralized ordering and allocation policies in a two-echelon system with non-identical warehouses**. European Journal of Operational Research. 106, 1, 74–81.

[7] Chen CL, Wang BW and Lee WC .(2003). **Multiobjective optimization for a multienterprise supply chain network**. Industrial and Engineering Chemistry Research. 42, 9, 1879–1889.

[8] Chan FTS and Chan HK .(2004). **A new model for manufacturing supply chain networks: a multiagent approach**. Proceedings of the Institute of Mechanical Engineering part B Journal of Engineering Manufacture. 218, 4, 443–454.

[9] Chen CL and Lee WC .(2004). **Optimization of multi-echelon supply chain networks with uncertain sales prices**. Journal of Chemical Engineering of Japan. 37, 7, 822–834.

[10] Chiang WK and Monahan GE .(2005). **Managing inventories in a two-echelon dual-channel supply chain**. European Journal of Operational Research. 162, 2, 325–341.

[11] Clark A and Scarf H .(1960). **Optimal policies for a multi-echelon inventory problem**. Management Science. 6, 4, 475–490.

[12] Diks EB and de Kok AG .(1998). **Optimal control of a divergent multi-echelon inventory system**. European Journal of Operational Research. 111, 1, 75–97.

[13] Dong L and Lee HL .(2003). **Optimal policies and approximations for a serial multiechelon inventory system with time-correlated demand**. Operations Research. 51, 6, 969–980.

[14] Eppen G and Schrage L .(1981). **Centralized ordering policies in a multi-warehouse system with lead times and random demand**. In Schwarz (Ed.). TIMS studies in the management sciences (Vol. 16, pp. 51–67). Amsterdam: North Holland Press.

[15] Garcia-Flores R and Wang XZ .(2002). **A multi-agent system for chemical supply chain simulation and management support**. OR Spectrum. 24, 3, 343–370.

[16] Giannoccaro I, Pontrandolfo P and Scozzi B .(2003). **A fuzzy echelon approach for inventory management in supply chains**. European Journal of Operational Research. 149, 1, 185–196.

[17] Gumus AT and Guneri AF .(2007). **Multi-echelon inventory management in supply chains with uncertain demand and lead times: Literature review from an operational research perspective**. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B, Journal of Engineering Manufacture. 221, 10, 1553–1570.

[18] Gumus AT and Guneri AF .(2009). **A multi-echelon inventory management framework for stochastic and fuzzy supply chains**. Expert Systems with Applications. 36, 5565–5575.

[19] Gupta A and Maranas CD .(2000). **A two-stage modeling and solution framework for multi-site midterm planning under demand uncertainty**. Industrial Engineering in Chemical Research. 39, 10, 3799–3813.

[20] Gupta A, Maranas CD and McDonald CM .(2000). **Mid-term supply chain planning under demand uncertainty: Customer demand satisfaction and inventory management**. Computers and Chemical Engineering. 24, 12, 2613–2621.

[21] Kalchschmidt M, Zotteri G and Verganti R .(2003). **Inventory management in a multi-echelon spare parts supply chain**. International Journal of Production Economics. 397–413.

[22] Kaufmann A and Gupta MM .(1991). **Introduction to fuzzy arithmetic: theory and application**. New York: VanNostrand Reinhold.

[23] Kumar M, Vrat P and Shankar R .(2004). **A fuzzy goal programming approach for vendor selection problem in a supply chain**. Computers and Industrial Engineering. 46, 1, 69–85.

[24] Kumar M, Vrat P and Shankar R .(2006). **A fuzzy programming approach for vendor selection problem in a supply chain**. International Journal of Production Economics. 101, 2, 273–285.

[25] Lai YJ and Hawang CL .(1994). **Fuzzy Multiple Objective Decision Making, Methods and Applications**. Berlin: Springer-verlag.

[26] Lin CWR and Chen HYS .(2003). **Dynamic allocation of uncertain supply for the perishable commodity supply chain**. International Journal of Production Research. 41, 13, 3119–3138.

[27] Liu ST and Kao C .(2004). **Solving fuzzy transportation problems based on extension principle**. European Journal of Operational Research. 153, 3, 661–674.

[28] Peidro D, Mula J, Poler R and Lario FC .(2009). **Quantitative models for supply chain planning under uncertainty: a review**. International Journal of Advance Manufacturing Technology. 43, 400–420.

[29] Petrovic D, Roy R and Petrovic R .(1999). **Supply chain modeling using fuzzy sets**. International Journal of Production Economics. 59, 1-3, 443–453.

[30] Rau H, Wu MY and Wee HM .(2003). **Integrated inventory model for deteriorating items under a multi-echelon supply chain environment**. International Journal of Production Economics. 86, 2, 155–168.

[31] Sakawa M .(1993). **Fuzzy Sets and Interactive Multiobjective Optimization**. New York: Plenum Press.

[32] Sherbrooke CC .(1968). **Metric: A multi-echelon technique for recoverable item control**. Operations Research. 16, 1, 122–141.

[33] Tanaka H, Okuda T and Asai K .(1974). **On fuzzy mathematical programming**. Journal of Cybernetics. 3, 37–46.

[34] Tiwari RN, Dharmahr S and Rao JR .(1987). **Fuzzy goal programming-an additive model**. Fuzzy Sets and Systems. 24, 27–34.

[35] Towill DR .(1996). **Industrial dynamics modeling of supply chains**. International Journal of Physical Distribution and Logistics Management. 26, 2, 23–42.

[36] Tsiakis P, Shah N and Pantelides CC .(2001). **Design of multi-echelon supply chain networks under demand uncertainty**. Industrial Engineering in Chemical Research. 40, 16, 3585–3604.

[37] Van der Heijden MC .(1999). **Multi-echelon inventory control in divergent systems with shipping frequencies**. European Journal of Operational Research. 116, 2, 331–351.

[38] Zadeh LA .(1965). **Fuzzy sets. Information and Control.** 8, 3, 338–353.

[39] Zadeh LA .(1978). **Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility**. Fuzzy Sets and Systems. 1, 1, 3–28.

[40] Zimmermann HJ .(1976). **Description and optimization of fuzzy systems**. International Journal of General Systems. 2, 4, 209–215.

[41] Zimmermann HJ .(1978). **Fuzzy programming and linear programming with several objective functions**. Fuzzy Sets and Systems. 1, 1, 45–55.

[42] Zimmermann HJ .(1987). **Fuzzy Sets, Decision Making and Expert Systems**. Boston: Kluwer Academic Publishers.