International Journal of Industrial Engineering & Production Management (2015)
Mar 2015, Volume 25, Number 4
pp. 453-464
http://IJIEPM.iust.ac.ir/

A Model for Supply Chain Planning in Technical Level with Fuzzy Goal Funchinal

A. B. Bafandeh Zendeh*, S. Aali, A. abdollahzadeh, G. R. Soltani, D. Norouzi

A.B. Zendeh, *P.D, Assistance professor, Department of Management, Tabriz branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran*
S. Aali, *PH.D Student, Department of Business Management, Qeshm branch, Islamic Azad University, Qeshm, Iran*
A. abdollahzadeh, *M.A, Department of Management, Tabriz branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran*
G.R. Soltani, *M.A, Department of Management, Tabriz branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran*
D. Norouzi, *M.A, Department of Management, Tabriz branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran*

Keywords

Integrated Supply Chain,
Theory of Fuzzy Sets,
Tactical Planning

ABSTRACT

In this paper a new model is introduced to optimize decisions in supply chain. To do so, we considered a supply chain in tactical level with four components. These components are suppliers, plants, distribution centers, and retailers. There are one or more goals and limitations for every component. We identified them based on SCM literature. Then we interned these goals and limitations into a mathematical form. To do so, we used goal programming method in fuzzy form because many elements in real supply chain are fuzzy. In our model, we considered only goal functions in fuzzy form. Other situations were assumed in crisp form. To fuzzify and defuzzification of the goal functions, we used Zimmerman's method. Finally a numerical example is presented to approve the model efficiency.

© 2015 IUST Publication, IJIEPM. Vol. 25, No. 4, All Rights Reserved

نشـــریه بین المللـــی مهنـــدسی صنـــایع و مدیـــریت تولیـــد

شمـــاره ۴، جلـــد ۲۵، آذر ۱۳۹۳

صفحـــه ۴۶۴-۴۵۴

ISSN: 2008-4870

http://IJIEPM.iust.ac.ir/

ارائه مدل برنامه‌ریزی تاکتیکی زنجیره تامین با توابع هدف فازی

علیرضا بافنده زنده*[۱]، صمد عالی[۲]، آرش عبداله‌زاده[۳]، غلامرضا سلطانی فسقندیس[۴]، داود نوروزی[۵]

کلمات کلیدی

زنجیره تامین یکپارچه، تئوری مجموعه های فازی، برنامه‌ریزی تاکتیکی

چکیده:

در این مقاله سعی می گردد چارچوبی از یک مدل جدید برای بهینه سازی تصمیمات در یک زنجیره تأمین مجتمع در سطح تاکتیکی ارائه شود. برای این کار از بین انواع زنجیره های تأمین، زنجیره تأمینی متشکل از چهار جزء در نظر گرفته شده است. این چهار جز عبارتند از تامین کنندگان، تولید کنندگان، توزیع کننده و خرده فروش‌ها. برای ارائه مدل ریاضی بهینه‌سازی تصمیمات در زنجیره تأمین، قبل از هر چیز برای هر جزء از زنجیره تأمین اهداف و محدودیت‌هائی بر اساس ادبیات تحقیق تشخیص داده شد. با توجه به اینکه هدف بهینه سازی کل زنجیره تأمین است بنابراین برای بیان ریاضی از برنامه‌ریزی آرمانی استفاده شده است. برخی از عناصر همچون اهداف و پارامترها در دنیای واقعی حالت غیر قطعی و فازی دارند. بنابراین به کارگیری ریاضیات فازی برای مدل سازی چنین شرایطی مناسب خواهد بود. در این مقاله تنها توابع هدف به صورت فازی در نظر گفته شداند. برای فازی سازی توابع هدف، تابع عضویت معرفی شده توسط زیمرمن و برای حل مدل روش حداکثر – حداقل زاده و روش لانـدای زیمرمن معرفی شده است.

۱. مقدمه

امروزه بر خلاف گذشته سازمانها بصورت ساختارهای مستقل با علامت تجاری خاص خود رقابت نمی‌کنند، بلکه بصورت یک مجموعه به هم پیوسته هستند که در داخل آن اعضای زنجیره تأمین تصمیمات را با هماهنگی یکدیگر اتخاذ می‌کنند. موفقیت نهایی یک سازمان به توانایی مدیریت آن در یکپارچه‌سازی و ایجاد هماهنگی در شبکه پیچیده روابط تجاری میان اعضای زنجیره تامین بستگی دارد [۱][۲۱].

تاریخ وصول: ۹۰/۰۵/۱۸

تاریخ تصویب: ۹۱/۱۰/۱۲

صمد عالی، دانشجوی دکتری مدیریت بازرگانی- دانشگاه آزاد اسلامی واحد قشم، گروه مدیریت بازرگانی، قشم، ایران

آرش عبداله زاده، دانش آموخته کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، گروه مدیریت صنعتی، تبریز، ایران

غلامرضا سلطانی فسقندیس، دانش آموخته کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، گروه مدیریت صنعتی، تبریز، ایران

داود نوروزی، دانش آموخته کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، گروه مدیریت صنعتی، تبریز، ایران

***نویسنده مسئول مقاله:** علیرضا بافنده زنده، عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، گروه مدیریت، تبریز، ایران، Bafandeh@iaut.ac.ir

در گذشته فعالیتهای اساسی زنجیره تأمین شامل تهیه مواد اولیه، تولید و توزیع به صورت مستقل و جدا از هم مدیریت می‌شد در نتیجه لازم بود تا مقادیر متنابهی از موجودی به منظور جلوگیری از بروز وقفه در سیستم، بین مراحل اصلی نگهداری شود.

اگر چه در این رویکرد پیچیدگی تصمیمات کاهش پیدا می‌کند اما نادیده انگاشتن وابستگی این مراحل می‌تواند زیان‌های جبران ناپذیری، نظیر هزینه نگهداری، هزینه انبارداری، از دست دادن مزیت رقابتی و... را به سازمان تحمیل نماید. به همین دلیل سازمانها به سمت طراحی یکپارچه و هماهنگ زنجیره تأمین و کنترل کلیه اعضای آن تمایل پیدا کرده‌اند [۲]. در تحقیقات زیادی عنوان گردیده است که، هر چه درجه یکپارچه‌سازی در زنجیره تأمین بیشتر باشد، سازمانها بهتر عمل می‌کنند [۳][۲۵]. با پیشرفتهای اخیر در زمینه فناوری اطلاعات و ارتباطات، سازمانها این فرصت را دارند که از طریق یکپارچه‌سازی مراحل اصلی زنجیره تأمین، هزینه‌های عملیاتی خود را کاهش دهند. از نقطه نظر تئوریکی، در زنجیره تامین یکپارچه، موانع سنتی رقابتی میان اعضاءِ زنجیره تأمین به منظور ایجاد روابط سود دو طرفه از میان برداشته می‌شود [۴][۲۲]. به عبارت دیگر مدیریت زنجیره تأمین نگرشی کل‌گرا در رابطه با فعالیتهای تشکیل دهنده این زنجیره

دارد. این امر نیازمند یکپارچه‌سازی فعالیتها، عملیات و سیستم‌های سراسر زنجیره تأمین می‌باشد. مدیریت زنجیره تأمین موفق مستلزم تصمیم‌گیری‌های بسیاری می‌باشد. این تصمیمات بر اساس میزان تکرار آنها در طول حیات سازمان و میزان زمان تأثیرگذاری آن به سه دسته تقسیم می شود[۵][۲۳]. برنامه‌ریزی استراتژیک بالاترین سطح تصمیم‌گیری در سازمان است. در این مرحله سازمان در مورد چگونگی ساختار زنجیره تأمین در چند سال آینده تصمیم-گیری می‌کند. در این مرحله از برنامه‌ریزی، در مورد چگونگی ساختار زنجیره عرضه، تعیین سهم نسبی بازار، تعیین میزان منابع و ماهیت فرایندهایی که در هر مرحله اجرا خواهند شد تصمیم-گیری می شود. سطح بعدی تصمیمات، برنامه‌ریزی در سطح تاکتیکی است. فرایند تصمیم‌گیری در این مرحله عموماً بر تخصیص منابع و بهره‌برداری کارا و موثر از منابع تکیه دارد. سازمانها بایستی در این مرحله عدم قطعیت موجود در تقاضای کالا، دریافت مواد اولیه، توزیع کالا و... را در نظر بگیرند.

نمونه تصمیماتی که در این مرحله اتخاذ می شوند عبارتند از: سیاست های موجودی، حجم و زمان تبلیغات و... در آخرین دسته از تصمیمات در زنجیره تامین تصمیمات در سطح عملیاتی است. در این سطح محدوده زمانی برنامه‌ریزی، هفتگی و یا روزانه می-باشد. طی این مرحله سازمانها در مورد سفارشات مشتریان تصمیم-گیری می کنند. نمونه تصمیمات این مرحله عبارتند از: تصمیم-گیری در مورد تاریخ تحویل محصول، تعیین نوع وسیله انتقال سفارش و... . برنامه‌ریزی‌های سالانه به عنوان زیر مجموعه برنامه-ریزی تاکتیکی مطرح می‌شوند[۶][۲۳]. در این مقاله تأکید بر بهینه‌سازی تصمیماتِ زنجیره تأمین در سطح تاکتیکی است. از طرفی نیز در دنیای حقیقی زنجیره‌های تأمین در یک محیط متغیر، مبهم و غیرقطعی قرار می‌گیرند. عدم قطعیت می‌تواند در مقادیر تابع هدف، تقاضای مشتری، زمان تحویل و... نمایان شود. مدل‌های زنجیره تامین که تا کنون ارائه شده اند به استثنای چند مورد، این عدم قطعیت‌ها را نادیده انگاشته‌اند و یا با استفاده از تئوری احتمالات آنرا در نظر گرفته‌اند.

در تئوری احتمالات تابع توزیع احتمال بر اساس رویدادهایی که در گذشته اتفاق افتاده بدست می‌آید اما زمانیکه از گذشته اطلاعی در دست نیست و یا رویدادها ماهیت نامعین دارند، استفاده از تئوری احتمالات منطقی به نظر نمی‌رسد. زمانی که ابهام، حاصل از تصادف نیست بلکه حاصل از متغیرهای کلامی است، تئوری مجموعه‌های فازی یک چهارچوب مناسب برای توصیف عدم قطعیت فراهم می‌آورد[۷]. بنابراین با توجه به این موضوع در مقاله حاضر سعی می شود با استفاده از تئوری مجموعه‌های فازی یک مدل یکپارچه فازی برای زنجیره تامین در سطح تاکتیکی ارائه شود.

۲. مدل‌های زنجیره تأمین

با در نظر گرفتن طیف وسیع پارامترهای موجود در زنجیره تأمین، هیچ مدلی نمی‌تواند تمام جنبه‌های فرایندهای زنجیره تأمین را در بر گیرد. به منظور ایجاد تعادل میان پیچیدگی و واقعی بودن مدل، بایستی مدلی ارائه نمود که دامنه‌ای از فعالیت‌های زنجیره تأمین را تحت پوشش قرار دهد و ضمن اینکه به ابعاد کلیدی آن در دنیای واقعی می‌پردازد، زیاد هم پیچیده نباشد [۲۴]. با در نظر گرفتن طیف وسیع مفهوم زنجیره تأمین، می‌توان طبقه‌بندی‌های مختلفی برای مدل‌های زنجیره تأمین در نظر گرفت. مین و زو [۸] مدل‌های زنجیره تأمین را در چهار گروه مدل‌های معین، مدل‌های احتمالی، مدل‌های ترکیبی و مدل‌های مبتنی بر فناوری اطلاعات طبقه‌بندی کرده‌اند. در بیشتر مطالعات انجام گرفته مدل‌های ریاضی را در دو دسته مدل‌های قطعی و احتمالی تقسیم‌بندی می‌نمایند. برخی از نویسندگان [۹] نیز مدل‌های یکپارچه زنجیره تأمین را در ارتباط با زمینه‌های کاربردی آن ارایه می‌نمایند. که می‌توان آنها را بر حسب انتخاب تأمین‌کننده- کنترل موجودی، تولید-توزیع، موقعیت- کنترل موجودی، موقعیت- مسیر و کنترل موجودی- حمل و نقل در نظر گرفت.

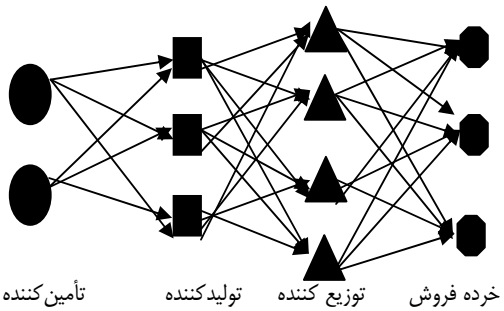
۳. پیشینه تحقیق

در رابطه با مدل‌سازی زنجیره تأمین کارهای مختلفی انجام شده است. که می‌توان به برخی از آنها به صورت زیر اشاره نمود.

پیدرو و همکاران [۱۰] یک مدل برنامه‌ریزی خطی فازی در شرایط عدم اطمینان برای زنجیره تأمین در سطح تاکتیکی ارائه نموده‌اند. حمامی و همکاران [۱۱] در تحقیقی یک مدل استراتژیکی-تاکتیکی برای زنجیره تأمین ارائه نموده و در یک مطالعه موردی مدل خود را مورد آزمون قرار داده‌اند. لاینز و همکاران [۱۲] یک مدل مجتمع استراتژیکی، تاکتیکی و عملیاتی برای سطوح تصمیم-گیری زنجیره تأمین ارائه نموده‌اند. ساميناتان و تایور [۱۳] یک مدل برنامه‌ریزی تاکتیکی برای مدیریت زنجیره تأمین ارائه نموده-اند. کوهن ولی [۱۴] یک مدل چهار مرحله‌ای در نظر می گیرند که در آن تقاضا برای محصولات، احتمالی است. مراحل مدل کوهن و لی عبارتند از تامین کنندگان، کارخانه‌های تولیدی، مراکز توزیع و مشتریان. مساله به دنبال یافتن سیاست‌های سفارش(میزان موجودی، نقطه سفارش مجددو...) به قسمی است که هزینه کل سیستم حداقل شده، سطح خدمت معینی برای مشتریان ایجاد گردد. چن و همکاران [۱۵] یک مساله سه مرحله‌ای را که شامل تامین کنندگان، کارخانه‌ها و مشتریان می باشد ارائه کرده اند. در این مدل تقاضا برای کالاها معین می‌باشد. هر واحد از کالای فروخته شده سود معینی دارد. هزینه خرید مواد خام و نیز هزینه حمل و نقل خطی است. در حالیکه هزینه تولید از دو بخش هزینه

متغیر و هزینه ثابت تشکیل شده است. برای فرمول بندی مسأله از مدل برنامه‌ریزی خطی استفاده شده است. چاندرا و فیشر [۱۶] یک مساله دو مرحله‌ای شامل چندین نوع کالا و یک تولید کننده و چند مشتری را بررسی می‌کنند. تقاضا برای هر کالا در هر دوره زمانی معین است و بایستی بدون کمبود برآورده شود. هزینه آماده سازی برای تولید هر محصول در هر دوره در نظر گرفته شده است. نگهداری موجودی توسط تولیدکننده و مشتریان مجاز است. هزینه حمل و نقل شامل هزینه ثابت و هزینه متغیر است که توسط مسیر حرکت تعیین می‌شود بنابراین تعیین مسیر یکی از متغیرهای تصمیم مساله می‌باشد. مساله به روش برنامه‌ریزی عدد صحیح ترکیبی فرموله شده است.

همچنان که ذکر شد، روش‌های ارائه شده برای مدل‌سازی، نوع خاصی از زنجیره‌های تأمین را در نظر گرفته‌اند. در این مقاله سعی می‌شود زنجیره تامینی مدل‌سازی شود که عناصر بیشتری از زنجیره‌های تأمین مدل‌های قبلی دارد. به همین دلیل زنجیره تأمینی با مولفه‌های تأمین کنندگان، تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان و خرده‌فروشان مد نظر قرار گرفته است. در این مقاله پس از بررسی ادبیات و پیشینه نظری موضوع همچنین با توجه به محدودیت های مدل های قبلی شکل کلی زنجیره تامین به صورت شکل ۱ تعیین شده است.



شکل ۱. شکل کلی زنجیره تامین مدل پیشنهادی

۴. مدل‌سازی

در این تحقیق مدل‌سازی در شش مرحله انجام می‌گیرد که این مراحل عبارتند از ۱) طراحی مدل با استفاده از برنامه‌ریزی خطی چندآرمانه؛ ۲) تعیین حدود بالا و پایین برای توابع عضویت؛ ۳) تعیین توابع عضویت برای هر یک از توابع؛ ۴) حل مدل بر اساس الگوی حداقل- حداکثر؛ ۵) بدست آوردن جواب و ارائه آن به تصمیم‌گیرنده؛ ۶) تغییر در توابع عضویت اهداف و محدودیت‌ها. در ادامه مدل پیشنهادی ارائه می‌گردد.

۴-۱. پیش فرض‌های مدل پیشنهادی

در هر مساله مدل سازی به منظور ساده سازی و کاستن از پیچیدگی موضوع مورد بحث، پیش فرض‌هایی را در ارتباط با شرایط محیطی و ویژگی‌های مساله در نظر می‌گیرند. این پیش فرض‌ها بایستی بگونه‌ای انتخاب شوند که بر اصل موضوع مورد بحث خللی وارد ننمایند. پیش فرض‌های این تحقیق به شرح زیر می باشد:

- در این تحقیق تابع هدف تولید کننده و توزیع کننده بصورت حداکثرسازی سود و تابع هدف خرده فروش بصورت حداقل‌سازی هزینه و سطح کمبود کل و تابع هدف تامین کننده بصورت حداقل سازی کل هزینه حمل و نقل در نظر گرفته شده است.
- در این تحقیق صرفا اهداف مدل بصورت فازی در نظر گرفته می شود و سایر شرایط بصورت غیر فازی در نظر گرفته شده است.
- کارخانه‌های تولید کننده شامل چندین ایستگاه کاری هستند.
- چندین نوع محصول که هر کدام حداقل نیازمند یک ایستگاه کاری هستند در هر کارخانه تولید می شود.
- محصولات از نظر قیمت از همدیگر مستقل هستند.
- کارخانه‌ها می توانند بسته به تقاضا در زمان عادی و یا اضافه کاری تولید نمایند.
- هزینه‌هایی که در سیستم تولیدی ایجاد می شوند نظیر هزینه متغیر هر واحد کالا و یا هزینه اضافه کاری در کارخانه ها متفاوت است.
- کارخانه‌ها هیچ گونه موجودی نگهداری نمی نمایند و آنچه که تولید می کنند را در انتهای هر دوره به مراکز توزیع ارسال می نمایند.
-به منظور ساده تر شدن مسأله از در نظر گرفتن مسائل خرید و موجودی مواد خام در کارخانه ها و نیز هزینه خرید در هزینه تولید خودداری می نماییم.
-سیستمهای تولید و توزیع در نظر گرفته شده از نظر عملیاتی مرتبط و به همدیگر وابسته هستند.
-مراکز توزیع قادر به استفاده از چندین سطح ظرفیت حمل و نقل هستند که هر سطح هزینه واحد حمل و نقل خاص خود را دارد.
-هزینه حمل و نقل شامل دو بخش ثابت و متغیر است. بخش ثابت آن به سطح حمل و نقل انتخاب شده و قسمت متغیر آن وابسته به کمیت مواد است.
-به تعویق انداختن سفارش در خرده فروشی با هزینه مربوطه امکان پذیر است.
-برای تولید یک واحد از محصول i یک واحد ماده خام لازم است.

نماد گذاری پارامترها و متغیرها

برای مدل سازی زنجیره تامین اشاره شده ابتدا مجموعه ها، پارامترها و متغیرها را به صورت زیر تعریف می‌نماییم.

جدول ۱. نماد گذاری مجموعه ها

مجموعه	نماد	مجموعه	نماد	مجموعه	نماد
کارخانه‌ها	M	مراکز توزیع	P	ایستگاههای کاری	J
محصولات	I	بازه‌های زمانی	T	سطوح ظرفیت حمل و نقل	K

پارامتر	شرح پارامتر
a_{ij}:	زمان پردازش یک واحد از کالای i در استگاه کاری j
CD_{iqct}:	میزان تقاضای محصول i توسط مشتری c از خرده فروش q در زمان t .
CO_m:	هزینه اضافه کاری هر دقیقه در کارخانه m.
COW_m:	هزینه اضافه کاری پایان هفته هر دقیقه در در کارخانه m.
RP_{jt}:	ساعات کاری عادی در دسترس در ایستگاه کاری j در زمان t.
TQ_q:	ظرفیت نگهداری کالا در خرده فروش i.
$TCLWR_{kpq}$:	سطح ظرفیت حمل و نقل kام از مرکز توزیع p به خرده فروش q.
$FTCPW_{kmpt}$:	هزینه ثابت حمل و نقل در سطح kام از کارخانه mبه مرکز توزیع pدر زمان t.
$UTCPW_{kmpt}$:	هزینه حمل و نقل واحد کالا در سطح kام از کارخانه m به مرکز توزیع q در زمان t.
$CBLG_{iq}$:	هزینه نبود محصول i در خرده فروش q
G_n:	ظرفیت تولیدی در تامین کننده nام.
$USPWR_{ipqt}$:	قیمت فروش واحد کالا ی i از مرکز توزیع p به خرده فروش q در زمان t.
$CAPO_{jt}$:	ظرفیت اضافه کاری در ایستگاه کاری j در زمان t.
$CAPOW_{jt}$:	ظرفیت اضافه کاری پایان هفته در ایستگاه کاری j در زمان t.
CP_{im}:	هزینه متغیر تولید محصول i در کارخانه m.
SQ_{iq}:	هزینه نگهداری محصول i در خرده فروش q.
SP_{ip}:	هزینه نگهداری محصول i در مرکز توزیع p.
TP_p:	ظرفیت نگهداری کالا در مرکز توزیع p.
$TCLPW_{kmp}$:	سطح ظرفیت حمل و نقل kام از کارخانه m به مرکز توزیع p.
$FTCWR_{kpqt}$:	هزینه ثابت حمل و نقل در سطح kام از مرکز توزیع p به خرده فروش qدر زمان t.
$UTCWR_{kpqt}$:	هزینه حمل و نقل واحد کالا در سطح kام از مرکزتوزیع pبه خرده فروش q در زمان t.
trs_{nmt}:	هزینه حمل و نقل هر واحد کالا از تامین کننده n به کارخانه m در دوره t.
$USPPW_{it}$:	قیمت فروش واحد کالا ی i از کارخانه ها به مراکز پخش در زمان t.
R_t:	کل ظرفیت حمل و نقل در دسترس از تامین کنندگان به تولید کنندگان در دروره t.
LP_{kimpt}:	میزان کالای i که توسط سطح ظرفیت kام از کارخانه m به مرکز توزیع pدر زمان t حمل شده.
O_{jmt}:	میزان اضافه کاری استفاده شده در ایستگاه کاری j در کارخانه m در زمان t.
OW_{jmt}:	میزان اضافه کاری اخر هفته استفاده شده در ایستگاه کاری j در کارخانه m در زمان t.
$PINV_{ipt}$:	میزان موجودی پایان دوره برای محصول i در مرکز توزیع p در زمان t.
PQ_{kipqt}:	مقدار محصول i که بایستی توسط سطح ظرفیت حمل و نقل kام از مرکز توزیع p به خرده فروش q در بازه زمانی t انتقال یابد.
$QNIV_{iqt}$:	میزان موجودی کالای نهایی در پایان دوره برای محصول i در خرده فروش ض در دوره t.
X_{imt}:	میزان تولید کالای i در کارخانه m در دوره t.
BLG_{iqt}:	میزان کمبود کالای i در خرده فروش q در پایان دوره t.
Y_{kmpt}:	متغیر باینری که نشان می دهد سطح ظرفیت حمل و نقل kام از کارخانه m به مرکز توزیع pدر دوره زمانی t استفاده شده یا نه .
Z_{kpqt}:	متغیر باینری که نشان می دهد سطح ظرفیت حمل و نقل kام از مرکز توزیع p به خرده فروش q در دوره زمانی t استفاده شده یا نه .
QC_{iqct}:	میزان فروش محصول i در خرده فروش q به مشتری c در دوره زمانی t.
V_{nmt}:	مواد خام حمل شده از تامین کننده n به تولید کننده m در دوره زمانی t.

همچنانکه قبلا گفته شد، شکل زنجیره تامین مفروض شامل چهار مولفه‌ی تأمین‌کنندگان مواد اولیه، تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان و خرده‌فروشها است. با توجه به پیش فرضهای مدل در این زنجیره تأمین ، تابع هدف تولید کننده و توزیع کننده حداکثر سازی سود و تابع هدف خرده فروشها حداقل‌سازی هزینه و سطح کمبود و تابع هدف تأمین‌کنندگان مواد اولیه، حداقل‌سازی هزینه حمل و نقل در نظر گرفته شده است. باید خاطر نشان کرد که مدل سازی در سطح تاکتیکی است بنابراین هر کدام از این اهداف در سطح عملیاتی به هدف‌های فرعی‌تر و تفصیلی‌تر قابل تفکیک می‌باشند.

۴-۲. توابع هدف

۴-۲-۱. تابع هدف تولید کننده

سود بدست امده از عملیات تجاری از مهمترین فاکتورهای تصمیم-گیری می باشد. به این دلیل سود به عنوان تابع هدف در نظر گرفته می‌شود. تابع هدف سود تولید کننده به صورت معادله ۱ بدست آمد.

$$\text{Maximize}\left\{\begin{array}{l}\left[\sum_i\sum_m\sum_t(X_{imt}USPPW_{it})\right]-\\ \left[\sum_i\sum_m\sum_t(CP_{im}X_{imt})+\sum_j\sum_m\sum_t(CO_m O_{jmt}+COW_m OW_{jmt})\right]-\\ \left[\sum_k\sum_m\sum_p\sum_t(FTCPW_{kmpt}Y_{kmpt})+\sum_k\sum_i\sum_m\sum_p\sum_t(UTCPW_{kmpt}LP_{kmpt})\right]\end{array}\right\} \quad (۱)$$

۴-۲-۲. تابع هدف توزیع کننده:

برای توزیع کنندگان نیز حداکثر سازی سود به عنوان تابع هدف در نظر گرفته می شود. سود توزیع کننده از رابطه ۲ بدست می اید.

$$\text{Maximize}\left\{\begin{array}{l}\left[\sum_k\sum_i\sum_q\sum_t(USPWR_{iqt}PQ_{kipqt})\right]-\left[\sum_k\sum_i\sum_m\sum_t(USPPW_{it}LP_{kmpt})\right]-\\ \left[\sum_k\sum_q\sum_t(FTCWR_{kqt}Z_{kqt})+\sum_k\sum_i\sum_q\sum_t(UTCWR_{kipqt}PQ_{kipqt})\right]-\\ \left[\sum_i\sum_t(SP_{it}PINV_{ipt})\right]\end{array}\right\} \quad (۲)$$

۴-۲-۳. تابع هدف خرده فروش

تابع هدف خرده فروش به صورت دو تابع هدفِ حداقل کردن هزینه ها و حداقل کردن سطح کمبود می باشد. این توابع به ترتیب با معادله های ۳ و ۴ نشان داده شده اند.

$$\text{Minimize}\left\{\sum_i\sum_i\sum_p\sum_t(USPWR_{ipq}PQ_{kipqt})+\sum_i\sum_t(SQ_{iq}QINV_{iqt})+\sum_i\sum_t(CBLG_{iq}BLG_{iqt})\right\} \quad (۳)$$

سطح کمبود در هر دوره عبارت است از میزان کسری کالا در دوره قبل بعلاوه میزان کسری در پایان دوره کنونی. میزان کسری، اختلاف میان میزان تقاضا و میزان فروش می باشد.

$$Minimize \quad \left\{\sum_i\sum_t BLG_{iqt}\right\} \quad (۴)$$

۴-۲-۴. تابع هدف تامین کننده

تامین کننده قصد دارد هزینه های خود را حداقل نماید. هزینه تامین کنندگان مواد اولیه صرفا هزینه حمل و نقل فرض شده است. تابع هدف تامین کننده به صورت معادله ۵ بدست آمد.

$$Min\sum_n\sum_m\sum_t(trs_{nmt}.V_{nmt}) \quad (۵)$$

۴-۳. تعیین محدودیتها

۴-۳-۱. محدودیت زمان

میزان تولید کل در هر ایستگاه کاری در هر دوره، توسط زمان کاری در دسترس که شامل زمان عادی، زمان اضافه کاری و اضافه کاری آخر هفته می باشد محدود می شود. این محدودیت به صورت نامعاله ۶ بیان شد.

$$\sum_i a_{ij}X_{imt}-RP_{jt}-O_{jmt}-OW_{jmt}\le 0 \qquad \forall j,m,t \qquad (۶)$$

۴-۳-۲. معادله تعادلی کارخانه ها

معادله ۷ معادله تعادلی برای کارخانه ها است . کل مقدار کالای i که از کارخانه m به مراکز توزیع در دوره زمانی t ارسال شده است برابر مقدار کالایی است که در همان دوره در آن کارخانه تولید شده است.

$$X_{imt}=\sum_k\sum_p LP_{kmpt} \qquad \forall i,m,t \qquad (۷)$$

۴-۳-۳. محدودیت اضافه کاری و اضافه کاری پایان هفته

نامعادلات ۸ و ۹ زمان اضافه کاری و زمان اضافه کاری پایان هفته ایستگاههای کاری را محدود می‌کنند.

$$O_{jmt}-CAPO_{jt}\le 0 \qquad \forall j,m,t \qquad (۸)$$

$$OW_{jmt}-CAPOW_{jt}\le 0 \qquad \forall j,m,t \qquad (۹)$$

۴-۳-۴. معادله تعادلی مراکز توزیع

معادله ۱۰ معادله تعادلی برای مرکز توزیع را نشان می دهد. مقدار کالاهایی که وارد مرکز توزیع p می‌شوند، بایستی برابر با مقدار کالاهایی باشند که مرکز توزیع را ترک می‌کنند و یا در ان انبار می‌شوند.

$$INV_{ipt}=PINV_{ipt-1}+\sum_k\sum_m LP_{kmpt}-\sum_k\sum_q PQ_{kipqt} \qquad \forall i,p,t \qquad (۱۰)$$

۴-۳-۵. معادله تعادلی خرده فروشان

معادله ۱۱ معادله تعادلی برای خرده فروشان می باشد. این معادله نشان می دهد که باید مقدار کالاهایی که وارد خرده فروش q می‌شوند، برابر با مقدار کالاهایی باشد که به فروش می رسند و یا در ان انبار می شوند.

$$QINV_{iqt} = QINV_{iqt-1} + \sum_{k}\sum_{p} PQ_{kpqt} - \sum_{c} QC_{iqct} \qquad \forall i,q,t \qquad (۱۱)$$

۴-۳-۶. محدودیت ظرفیت انبار خرده فروش و مراکز توزیع

نامعادلات ۱۲ و ۱۳ ظرفیت نگهداری کالا در خرده فروشها و مراکز توزیع را محدود می کنند.

$$\sum_{i} QINV_{iqt} \le TQ_{q} \qquad \forall q,t \qquad (۱۲)$$

$$\sum_{i} PINV_{ipt} \le TP_{p} \qquad \forall p,t \qquad (۱۳)$$

۴-۳-۷. محدودیت سطوح حمل و نقل مابین کارخانه‌ها و مراکز توزیع و خرده فروشان

نامعادلات ۱۴ و ۱۵ بیانگر وجود چندین سطح ظرفیت حمل و نقل ما بین کارخانه ها و مراکز توزیع و مراکز توزیع و خرده فروش‌ها می‌باشند.

$$TCLPW_{k-1,mp}\, Y_{kmpt} < \sum_{i} LP_{kimpt} \le TCLPW_{kmp}\, Y_{kmpt} \qquad \forall k,m,p,t \qquad (۱۴)$$

$$TCLWR_{k-1,pq}\, Z_{kpqt} < \sum_{i} PQ_{kipqt} \le TCLWR_{kpq}\, Z_{kpqt} \qquad \forall k,p,q,t \qquad (۱۵)$$

۴-۳-۸. تعریف کمبود

معادله ۱۶ بیان می کند که میزان کمبود محصول i در خرده فروش q در دوره زمانی t برابر با میزان کمبود کالا در دوره قبل بعلاوه میزان تقاضا برای ان کالا در ان دوره منهای کل محصول فروخته شده در ان دوره می باشد.

$$BLG_{iqt} = BLG_{iqt-1} + \sum_{c} CD_{iqct} - \sum_{c} QC_{iqct} \qquad \forall i,q,t \qquad (۱۶)$$

۴-۳-۹. میزان کمبود در پایان دوره

معادله ۱۷ بیان می کند که میزان کمبود در پایان دوره بایستی صفر باشد تا کلیه تقاضاها براورده شود.

$$BLG_{iq2} = 0 \qquad \forall i,q \qquad (۱۷)$$

۴-۳-۱۰. ظرفیت حمل و نقل تامین کننده و ظرفیت تولید تامین‌کننده

نامعادله ۱۸ کل ظرفیت حمل و نقل در دسترس و معادله ۱۹ کل ظرفیت تولید در تامین کننده n را محدود می کنند.

$$\sum_{n}\sum_{m} V_{nmt} \le R_{t} \qquad \forall n,m,t \qquad (۱۸)$$

$$\sum_{m} V_{nmt} \le G_{n} \qquad \forall n,m,t \qquad (۱۹)$$

۴-۳-۱۱. وجود مواد اولیه در تولید کننده

محدودیت ۲۰ وجود مواد اولیه کافی در تولید کننده m را تضمین می‌نماید.

$$\sum_{n} V_{nmt} \ge \sum_{i} X_{imt} \qquad \forall i,n,m,t \qquad (۲۰)$$

۴-۳-۱۲. مثبت بودن متغیرها

نامعادلات ۲۱ محدودیت مثبت بودن متغیرها را بیان می نمایند.

$$LP_{kimpt}\ ,\ O_{jmt}, OW_{jmt}\ ,PINV_{ipt}\ ,QINV_{iqt}, BLG_{iqt}, X_{imt}\ ,PQ_{kipqt} \ge 0 \qquad (۲۱)$$

$$V_{nmt} \ge 0$$

۴-۳-۱۳. متغیرهای باینری

نامعادلات ۲۲ و ۲۳ متغیرهای باینری را بیان می نمایند.

$$Y_{kmpt} \in (0,1) \qquad \forall k,m,p,t \qquad (۲۲)$$

$$Z_{kpqt} \in (0,1) \qquad \forall k,p,q,t \qquad (۲۳)$$

۴-۳-۱۴. فازی سازی توابع هدف

در این مقاله مدلی با شرایط توابع هدف نامعین معرفی می‌شود. هر چند مولفه‌های دیگری چون پارامترها و محدودیت‌ها نیز می‌توانند حالت فازی داشته باشند اما در این مقاله چنین متغیرهائی قطعی فرض شده‌اند. برای فازی سازی توابع هدف از روش زیمرمن استفاده شد. در زیر گام‌های فازی‌سازی توابع هدف توضیح داده می‌شود.

برای فازی سازی به روش زیمرمن نیاز است تا حدود بالا و پائین توابع عضویتِ توابع هدف را بدست آوریم. به همین منظور هر تابع هدف مدل را بدون در نظر گرفتن سایر توابع هدف یکبار به صورت حداکثر سازی و بار دیگر به صورت حداقل سازی حل می کنیم . اندازه های بدست آمده حدود بالا و پائینی را تشکیل می دهند که در توابع عضویتِ توابع هدف قرار خواهند گرفت. معادلات ۲۴ و ۲۵ حدود بالا و پائین توابع را با نمادهای ریاضی نشان می دهد.

$$Max \quad f_j^{\max} = u_j,\ j = 1,2,\ldots s.tAX \le b; \qquad (۲۴)$$

$$Min \quad f_j^{\min} = l_j,\ j = 1,2,\ldots s.tAX \le b; \qquad (۲۵)$$

پس از تعیین حدود بالا و پایین توابع هدف، طبق روش زیمرمن می‌توان توابع عضویت را بر اساس آرمانهای حداکثرسازی و آرمانهای حداقل سازی تعریف کرد. برای آرمانهای حداقل‌سازی تابع هدف به صورت معادله ۲۶ و برای آرمان‌های حداکثرسازی این تابع به صورت معادله ۲۷ می باشد. برای آرمانهای حداقل سازی در صورتی که مقدار تابع از حد پایین مورد نظر کمتر باشد مقدار تابع عضویت آن برابر واحد است و اگر از حد بالای مورد نظر بیشتر باشد مقدار تابع عضویت ان برابر صفر است و مابین حد پایین و حد بالا، تابع عضویت بصورت خطی تغییر می‌کند. برای آرمانهای حداکثرسازی در صورتی که مقدار تابع از حد بالای مورد نظر بیشتر باشد مقدار تابع عضویت آن برابر واحد و در صورتیکه مقدار تابع از حد پایین مورد نظر کمتر باشد برابر صفر است. تابع عضویت در بازه بین حد بالا و پایین بصورت خطی تغییر می کند.

$$\mu_{z_k}(x) = \begin{cases} 1 & ;\ Z_k(x) > u_k \\ \dfrac{Z_k(x) - l_k}{u_k - l_k} & ;\ l_k < Z_k(x) \le u_k \\ 0 & ;\ Z_k(x) \le l_k. \end{cases} \qquad (۲۶)$$

$$\mu_{z_m}(x) = \begin{cases} 1 & ;\ Z_m(x) \le l_m \\ \dfrac{u_m - Z_m(x)}{u_m - l_m} & ;\ l_m < Z_m(x) \le u_m \\ 0 & ;\ Z_m(x) > u_m. \end{cases} \qquad (۲۷)$$

پس از تعریف توابع عضویت بر اساس آرمانهای حداکثرسازی و آرمانهای حداقل سازی می‌توان توابع عضویت را به شرح زیر تغییر داد. صرفاً این تغییرات مجاز است: ۱) افزایش حد پایین(l_k) برای اهداف حداکثر سازی.۲) کاهش حد بالا (u_m) برای توابع حداقل سازی.۳) کاهش تلرانس ماکزیمم (d_j) [۱۷].

با استفاده از روش لطفی زاده [۱۸]، تابع عضویت کل از اشتراک کلیه توابع عضویت توابع هدف به دست می آید.

$$\mu_F(x) = \mu_{Z_1}(x) \cap \mu_{Z_2}(x) \ldots \cap \mu_{Z_k}(x) = \min[\mu_{Z_1}(x), \mu_{Z_2}(x), \ldots, \mu_{Z_k}(x)] \qquad (۲۸)$$

تصمیم بهینه با حداکثر کردن تابع عضویت کل بدست می آید.

$$\max_{x \in F} \mu_F(x) = \max_{x \in F} \min[\mu_{Z_1}(x), \mu_{Z_2}(x), \ldots, \mu_{Z_k}(x)] \qquad (۲۹)$$

با حل فرمول فوق می توان جواب بهینه را بدست اورد. فرمول فوق یک مساله فازی غیرخطی است بنابراین حل آن نیازمند روشهای پیچیده محاسباتی می‌باشد برای ساده سازی حل می توان تابع ۲۸ را غیر فازی کرده سپس حل کنیم. برای این منظور از روش پیشنهادی زیمرمن استفاده می گردد [۱۹]. به منظور فازی زدایی و تبدیل مساله به برنامه‌ریزی خطی متغیر کمکی λ را به شرح زیر معرفی می شود:

$$\begin{aligned} &\text{maximize} && \lambda \\ &\text{subject to} \\ &&& \lambda \le \mu_{Z_k} && k = 1,\ldots,K \\ &&& g_j(x_i) \le b_j && i = 1,\ldots,n,\quad j = 1,\ldots,J \\ &&& x_i \ge 0 && i = 1,\ldots,n \\ &&& \lambda \in [0,1]. \end{aligned}$$

در فرمول فوق نماد μ_{Z_k} تابع عضویت کلیه توابع هدف می‌باشد و $g_j(X_i)$ کلیه محدودیت‌های غیرفازی را نشان می‌دهد. با حل مساله فوق مقادیر توابع عضویت و متغیرهای تصمیم بدست می‌آید. با توجه به مطالب گفته شده در بحث تئوری فازی می‌توان گفت هرچه میزان تابع عضویت هدف به مقدار واحد نزدیکتر باشد درجه نیل به آن افزایش می یابد. در اینجا فرض بر این است که اولین جواب بدست آمده مورد قبول تصمیم گیرنده قرار گرفته است. در غیر این صورت حد بالا و حد پائین تغییر داده شده دوباره مسئله با استفاده از روش λ حل می‌شود.

مثال عددی

در این قسمت با استفاده از یک مثال عددی مدل ارائه شده را بکار می‌بریم. از آن جایی که تابع هدف مدل، حداکثرسازی تابع عضویت مجموع توابع عضویت می‌باشد- رابطه حداکثر حداقل- هر چه مقدار نهایی تابع عضویت به واحد نزدیکتر باشد میزان نیل به آن افزایش می‌یابد. در این‌جا برای یک دوره سه ماهه مدل را بررسی می‌نماییم. فرض بر این است که سه کارخانه تولیدی که هر کدام از ۱۰ ایستگاه کاری تشکیل شده‌اند ۵ نوع محصول مختلف تولید می‌نمایند. ظرفیت تولید کارخانه‌ها ثابت فرض شده است. به علاوه سه تأمین‌کننده، مواد اولیه مورد نیاز کارخانه‌ها را تأمین می‌کنند. مواد اولیه مورد نیاز برای تمام محصولات یکسان می‌باشد. همچنین سیستم توزیع شامل سه مرکز توزیع می‌باشد که محصولات به طور موقت در آنجا نگهداری می‌شوند و پنج خرده‌فروش که محصولات را به مشتریان می‌فروشد.

جدول ۲. زمان تولید محصول i در ایستگاه کاری j (a_{ij})

محصول	ایستگاه کاری ۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
۱	۰	۱/۵	۰/۹۵	۲/۲۵	۰/۵۵	۰	۰	۰	۳/۱	۲/۰۵
۲	۰	۱/۵	۳/۵۵	۲/۲۵	۰/۵۵	۱/۱۵	۰	۱/۷	۳/۲۵	۰/۵
۳	۰	۱/۵	۵/۵	۲/۲۵	۰/۵۵	۲/۶۵	۰	۰	۴	۲/۰۵
۴	۰	۵/۳۵	۲/۷۵	۲/۷۵	۴/۸	۰	۴/۵۵	۴/۵۵	۴/۲۵	۲/۰۵
۵	۲	۳/۵	۹/۲	۱/۸۵	۵/۸۵	۲/۴	۵/۲۵	۳/۷	۳/۱	۲/۰۵

جدول ۳. هزینه حمل و نقل هر واحد کالا از تأمین‌کننده به کارخانه در زمان t (TRS_{nmt})

تأمین‌کننده	تولید کننده	$t=۱$			$t=۲$			$t=۳$		
		۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳
۱		۳	۱/۵	۱/۲۵	۲/۷	۲/۳۶	۱/۹	۲/۴	۲/۳	۲/۴
۲		۳/۳	۵	۲/۶۹	۳/۳	۲/۳۶	۳/۳	۴	۳/۲	۳/۷
۳		۳/۹	۳/۴	۳/۶۹	۲/۹۶	۳/۵	۳/۹	۳/۵	۳/۶	۵/۴

جدول ۴. هزینه نگهداری کالای i در خرده فروش q و مرکز توزیع p

همجمعه	SQ_{iq} خرده فروش ۱	۲	۳	۴	۵	SP_{ip} مراکز توزیع ۱	۲	۳
۱	۹	۸/۶۵	۸/۱	۸/۹	۸/۱	۷/۷	۸/۵	۶/۹۳
۲	۱۰	۹/۶	۹	۱۰/۲	۹/۲۲	۸/۹	۹/۸۶	۸/۰۶
۳	۱۵	۱۳/۹	۱۳/۳	۱۴/۹	۱۳/۳	۱۲/۶	۱۳/۸۶	۱۱/۳۴
۴	۱۵/۵	۱۵	۱۴/۱	۱۵/۴	۱۴	۱۳/۴	۱۴/۷۸	۱۲/۱
۵	۱۴/۵۶	۱۳/۸	۱۲/۹	۱۴/۷	۱۳/۱	۱۰/۴	۱۱/۴۴	۹/۳۶

جدول ۵. ظرفیت نگهداری کالای خرده‌فروش q، و مرکز توزیع p

	۱	۲	۳	۴	۵
خرده فروش	۳۵۰۰	۳۵۰۰	۳۵۰۰	۳۵۰۰	۳۵۰۰
مرکز توزیع	۱	۲	۳		
	۱۵۰۰۰	۱۵۰۰۰	۱۵۰۰۰		

جدول ۶: میزان تقاضای محصول i توسط مشتری c از خرده فروش q در زمان t (CD_{iqct})

محصولات	خرده فروشان	مشتری ۱ $t=۱$	$t=۲$	$t=۳$	مشتری ۲ $t=۱$	$t=۲$	$t=۳$	مشتری ۳ $t=۱$	$t=۲$	$t=۳$

۳۳۹	۳۰۱	۴۹۸	۵۸۵	۵۹۳	۲۰۰	۲۸۰	۳۴۲	۶۲۸	۱		
۱۳۴	۴۱۷	۱۵۱	۵۴۷	۲۶۳	۵۱۸	۲۵۳	۲۵۹	۵۹۰	۲		
۳۸۰	۵۲۰	۱۷۰	۴۰۹	۲۱۲	۳۳۵	۳۷۴	۴۲۵	۳۱۰	۳	۱	
۳۵۰	۵۴۷	۶۰۵	۵۰۷	۱۴۹	۴۴۳	۴۸۳	۱۴۸	۵۴۶	۴		
۲۲۵	۶۰۸	۴۳۵	۵۴۵	۲۲۰	۴۰۹	۵۴۱	۲۰۸	۳۷۰	۵		
۵۰۵	۵۶۸	۶۰۶	۳۹۰	۲۲۱	۳۰۵	۵۹۵	۴۲۲	۴۳۳	۱		
۴۵۲	۳۲۶	۲۰۳	۵۶۰	۳۷۵	۵۱۸	۶۰۱	۱۶۵	۶۰۱	۲		
۵۹۰	۴۱۸	۵۰۴	۵۰۴	۲۸۹	۴۵۷	۳۳۵	۲۶۶	۴۵۴	۳	۲	
۱۳۶	۱۸۰	۲۶۱	۵۹۹	۶۲۸	۳۲۵	۵۹۷	۴۱۲	۴۳۲	۴		
۳۳۰	۲۴۰	۳۴۶	۵۵۵	۲۰۰	۳۷۳	۵۳۹	۶۳۴	۳۶۵	۵		
۵۸۹	۳۷۰	۴۸۵	۳۴۷	۶۳۸	۴۹۱	۱۹۹	۳۲۵	۲۴۴	۱		
۲۷۸	۶۱۹	۵۹۸	۱۷۶	۲۹۳	۲۱۵	۳۶۰	۳۶۰	۴۳۵	۲		
۶۳۲	۲۶۷	۱۵۲	۶۱۲	۲۹۳	۵۷۱	۵۱۲	۴۱۰	۱۷۳	۳	۳	
۳۶۳	۴۵۹	۳۴۱	۴۲۱	۳۶۵	۲۲۶	۲۳۲	۲۷۶	۴۷۷	۴		
۱۶۱	۱۴۹	۴۸۴	۴۰۹	۵۰۷	۱۹۸	۴۲۵	۵۹۰	۵۸۲	۵		
۳۴۶	۴۵۲	۳۲۵	۳۷۲	۴۷۵	۴۰۶	۴۳۲	۵۳۶	۳۵۶	۱		
۵۰۹	۲۶۵	۴۰۵	۱۹۳	۴۶۴	۴۵۱	۱۵۱	۱۵۸	۴۷۳	۲		
۲۸۴	۱۸۶	۵۹۴	۱۵۳	۵۱۵	۴۹۷	۱۴۰	۲۸۰	۵۹۹	۳	۴	
۳۴۶	۲۲۹	۵۴۳	۳۸۸	۱۴۵	۴۴۹	۲۲۸	۳۰۱	۱۷۶	۴		
۱۷۵	۴۶۴	۵۴۱	۲۸۲	۵۹۱	۴۶۰	۱۷۲	۵۹۲	۱۷۴	۵		
۱۲۱	۲۴۶	۳۲۸	۱۷۰	۴۸۸	۲۰۹	۳۴۰	۳۱۰	۲۵۳	۱		
۱۷۱	۳۴۷	۲۹۲	۳۱۵	۳۵۲	۲۵۴	۳۲۴	۱۶۹	۵۹۰	۲		
۲۹۱	۳۳۰	۳۷۴	۴۷۳	۴۴۲	۳۰۳	۱۲۷	۵۶۱	۳۴۲	۳	۵	
۳۹۹	۴۰۵	۱۳۵	۲۸۱	۱۷۵	۵۳۴	۳۹۵	۲۵۸	۱۶۷	۴		
۳۱۴	۲۴۱	۵۸۶	۴۹۵	۲۹۴	۲۱۹	۱۲۱	۵۳۰	۱۵۱	۵		

جدول ۷. زمان عادی در دسترس در ایستگاه کاری j در زمان t (RP_{jt})

ایستگاه کاری	بازه زمانی ۱	۲	۳
۱	۲۰۰۰۰	۲۰۰۰۰	۲۰۰۰۰
۲	۳۰۰۰۰	۳۰۰۰۰	۳۰۰۰۰
۳	۳۰۰۰۰	۳۰۰۰۰	۳۰۰۰۰
۴	۲۰۰۰۰	۲۰۰۰۰	۲۰۰۰۰
۵	۴۰۰۰۰	۴۰۰۰۰	۴۰۰۰۰
۶	۲۰۰۰۰	۲۰۰۰۰	۲۰۰۰۰
۷	۳۰۰۰۰	۳۰۰۰۰	۳۰۰۰۰
۸	۳۰۰۰۰	۳۰۰۰۰	۳۰۰۰۰
۹	۳۳۰۰۰	۳۳۰۰۰	۳۳۰۰۰
۱۰	۳۰۰۰۰	۳۰۰۰۰	۳۰۰۰۰

جدول ۸. قیمت فروش محصول i از کارخانه به مرکز توزیع در زمان t ($USPPW_{it}$)

محصول	$t=۱$	$t=۲$	$t=۳$
۱	۲۷۵	۲۷۵	۲۷۵

۳۲۰	۳۲۰	۳۲۰	۲
۴۵۰	۴۵۰	۴۵۰	۳
۴۸۰	۴۸۰	۴۸۰	۴
۴۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۵

جدول ۹. سطوح ظرفیت حمل و نقل از مراکز توزیع به خرده‌فروشان ($TCLWR_{kpq}$) و ازکارخانه‌ها به مراکز توزیع ($TCLPW_{kmp}$)

خرده فروش					مرکز توزیع	سطح ظرفیت حمل‌ونقل
۵	۴	۳	۲	۱		
۳۰۰	۲۷۵	۳۵۰	۲۵۰	۳۰۰	۱	
۳۳۰	۳۰۳	۳۸۵	۲۷۵	۳۳۰	۲	۱
۲۷۰	۲۴۸	۳۱۵	۲۲۵	۲۷۰	۳	
۵۵۰	۴۷۵	۵۲۵	۵۵۰	۵۰۰	۱	
۴۹۵	۴۲۸	۴۷۳	۴۹۸	۴۵۰	۲	۲
۴۶۸	۴۰۴	۴۴۶	۴۶۸	۴۲۵	۳	
۷۵۰	۷۵۰	۷۰۰	۷۰۰	۶۵۰	۱	
۷۵۰	۷۵۰	۷۰۰	۷۰۰	۶۵۰	۲	۳
۷۵۰	۷۵۰	۷۰۰	۷۰۰	۶۵۰	۳	

جدول ۱۰. هزینه ثابت حمل‌ونقل در سطوح مختلف از مراکز توزیع به خرده‌فروشان ($FTCWR_{kpqt}$)

کارخانه			خرده فروش					مرکز توزیع	سطح ظرفیت حمل ونقل
۳	۲	۱	۵	۴	۳	۲	۱		
۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰	۵۰۰	۵۰۰	۵۰۰	۵۰۰	۱	
۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۲	۱
۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۳	
۲۵۰۰	۲۵۰۰	۲۵۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۱	
۲۵۰۰	۲۵۰۰	۲۵۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۲	۲
۲۵۰۰	۲۵۰۰	۲۵۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۳	
۷۵۰۰	۷۵۰۰	۷۵۰۰	۷۵۰۰	۷۵۰۰	۷۵۰۰	۷۵۰۰	۷۵۰۰	۱	
۷۵۰۰	۷۵۰۰	۷۵۰۰	۶۰۰۰	۶۰۰۰	۶۰۰۰	۶۰۰۰	۶۰۰۰	۲	۳
۷۵۰۰	۷۵۰۰	۷۵۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۳	

جدول ۱۱. هزینه متغیر حمل و نقل از کارخانه به مرکز توزیع ($UTCWR_{kpqt}$)

مرکز توزیع			کارخانه	سطح ظرفیت حمل و نقل
۳	۲	۱		
۱۵	۱۵	۱۵	۱	۱
۲۳	۲۴	۲۱	۲	
۲۸	۲۵	۳۰	۳	
۱۷	۱۲	۱۵	۱	۲
۱۰	۱۰	۱۰	۲	

۱۴	۱۴	۱۶	۳
۱۲	۱۳	۱۲	۱
۹	۱۱	۱۰	۲
۷	۷	۷	۳

جدول ۱۲. هزینه متغیر حمل و نقل از مرکز توزیع به خرده فروش ($UTCWR_{kpqt}$)

خرده فروش					مرکز توزیع	سطح ظرفیت حمل و نقل
۵	۴	۳	۲	۱		
۳۵	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۱	
۲۸	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶	۲	۱
۲۸	۲۴	۲۴	۲۴	۲۴	۳	
۲۲	۲۲	۲۲	۲۴	۲۴	۱	
۲۰	۲۰	۲۵	۲۵	۲۵	۲	۲
۲۰	۲۰	۲۰	۲۲	۲۲	۳	
۱۴	۱۳	۱۲	۱۲	۱۲	۱	
۱۴	۱۴	۱۳	۱۳	۱۳	۲	۳
۱۵	۱۳	۱۵	۱۳	۱۳	۳	

جدول ۱۳. حد بالا و پایین توابع عضویت

	حد پایین	حد بالا
سود تولید کننده	۱۸۲۲۶۱۳۹	۱۹۲۲۶۱۳۹
سود توزیع کننده یک	۰	۷۶۳۳۳۸۰
سود توزیع کننده دو	۰	۷۸۷۷۸۷۷
سود توزیع کننده سه	۰	۸۰۷۶۶۳۰
هزینه خرده فروش یک	۷۶۴۵۵۸۸	۸۵۳۴۳۷۵۴
هزینه خرده فروش دو	۷۳۸۲۴۵۴	۷۸۷۴۳۰۵
هزینه خرده فروش سه	۷۹۰۵۴۹۷	۸۴۹۱۳۵۶
هزینه خرده فروش چهار	۷۰۰۲۲۹۰	۷۶۳۶۸۷۴
هزینه خرده فروش پنج	۷۹۱۵۷۴۹	۸۵۰۶۴۴۱
سطح کمبود خرده فروش یک	۰	۱۷۳۸۲
سطح کمبود خرده فروش دو	۰	۱۷۰۱۱
سطح کمبود خرده فروش سه	۰	۱۷۲۶۴
سطح کمبود خرده فروش چهار	۰	۱۵۸۰۸
سطح کمبود خرده فروش پنج	۰	۱۷۸۱۱
سود تأمین کننده	۶۸۶۵۰۰	۸۰۰۰۰۰

جدول ۱۴. هزینه کمبود محصول در هر خرده‌فروش ($CBLG_{iq}$)

خرده فروش					محصول
۵	۴	۳	۲	۱	
۱۲/۱۵	۱۷/۸	۱۲/۲۹	۸/۶۵	۱۸	۱
۱۳/۸۲	۲۰/۴	۱۳/۵	۹/۶	۲۰	۲
۱۹/۹۸	۲۹/۸	۱۹/۹۸	۱۳/۹۷	۳۰	۳

۴	۳۱	۱۵/۰۱	۲۱/۲	۳۰/۸	۲۱/۰۶
۵	۲۹/۱۲	۱۳/۷۸	۱۹/۴۴	۲۹/۴	۱۹/۷۱

جدول ۱۵. کل ظرفیت حمل ونقل در دسترس از تأمین-کنندگان به تولیدکننده‌گان در دوره زمانی t (R) و ظرفیت تولید در تولیدکننده در دوره زمانی t (G)

دوره زمانی	$t=۱$	$t=۲$	$t=۳$
R	۹۰۰۰	۹۵۰۰	۹۰۰۰
G	۳۰۰۰۰	۳۰۰۰۰	۳۰۰۰۰

برای حل مثال ارائه شده از نرم‌افزار LINGO 80 استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که سود کل تولید کننده برابر $0/1954439\ E+08$، سود توزیع‌کننده یک ۴۰۴۶۹۳۳، سود توزیع‌کننده دو ۴۱۷۶۵۵۶، سود توزیع‌کننده سه ۴۲۸۱۹۲۸، هزینه خرده‌فروش یک ۸۷۵۹۹۱۷، هزینه خرده‌فروش دو ۷۶۱۳۵۴۴، هزینه خرده‌فروش سه ۰، هزینه خرده‌فروش چهار ۷۳۰۰۴۴۱، هزینه خرده‌فروش پنج ۸۱۹۳۲۷۸، سطح کمبود خرده‌فروش یک ۵۹۲۷، سطح کمبود خرده‌فروش دو ۷۹۹۲/۴۰۳، سطح کمبود خرده‌فروش سه ۸۱۱۱/۲۷۲، سطح کمبود خرده فروش چهار ۷۰۲۸/۲۳۹، سطح کمبود خرده‌فروش پنج ۷۹۵۴ و سود تأمین‌کننده ۷۳۹۸۲۶/۵ می‌باشد. نتایج حل مدل برای ۴۵۰ متغیر دیگر نیز مقداری مثبت را نشان می‌دهد که در این قسمت از ارائه آنها به دلیل محدودیت خودداری می‌شود.

۷. نتیجه‌گیری

در این مقاله سعی گردید چارچوبی از یک مدل جدید برای بهینه سازی تصمیمات در یک زنجیره تأمین در سطح تاکتیکی ارائه شود. به این منظور زنجیره تأمینی متشکل از چهار جزء تامین کنندگان، تولید کنندگان، توزیع کننده و خرده فروش‌ها در نظر گرفته شد. سپس اهداف و محدودیت‌های برای هر کدام از اجزاء تعریف گردید و برای بهینه سازی زنجیره تامین از برنامه‌ریزی آرمانی استفاده گردید.

با توجه به جمع‌بندی‌های بدست آمده از تحقیق می‌توان گفت که با پیشرفتهای اخیر در زمینه فناوری اطلاعات و ارتباطات، سازمانها این فرصت را دارند که از طریق یکپارچه سازی مراحل اصلی زنجیره عرضه، هزینه‌های عملیاتی خود را کاهش دهند. مدل‌های ریاضی و روشهای حل آن که می‌توان در بهینه‌سازی چنین ساختاری بکار روند هدف اصلی این مقاله بوده است. امروزه اهمیت روز افزون یکپارچه سازی زنجیره تامین چالشی را پیش روی محققان نهاده است تا توجه ویژه ای به مدل‌سازی زنجیره تامین و روشهای حل کارا مبذول دارند. بعلاوه مواجهه با ماهیت مبهم مسائل برنامه‌ریزی زنجیره تأمین چالش مهم دیگری است. در این میان مساله تولید- توزیع موضوع اصلی این تحقیق بوده که ما در آن مساله تولید- توزیع یکپارچه را با استفاده از برنامه‌ریزی خطی فازی چند آرمانه بررسی کردیم و نشان دادیم که ابهام موجود در اهداف تصمیم گیران را می توان از طریق برنامه‌ریزی خطی فازی مدل‌سازی کرد. در حل مساله از اپراتور فازی Max-Min که توسط لطفی زاده ارائه گردیده استفاده کردیم . در این راستا می‌توان موارد زیر را برای تحقیقات آتی پیشنهاد کرد:

- می‌توان سطوح برنامه ریزی را نیز بصورت یکپارچه در نظر گرفت. بدین معنی که سطح استراتژیک و تاکتیکی را بصورت همزمان مدل سازی کرد.
- در این مقاله میزان اهداف بصورت فازی مورد مطالعه قرار گرفت. می‌توان پارا مترهای مدل را نیز بصورت فازی در نظر گرفت.
- در این تحقیق مدل تولید-توزیع یکپارچه بررسی شد. مدلهای دیگری را نظیر موقعیت-مسیر،کنترل موجودی- موقعیت، حمل و نقل-کنترل موجودی و ... را هم می توان بصورت فازی مدل سازی نمود.
- الگوریتم های ژنتیک روش دیگری است که می توان در حل مدلهائی از این دست بکار برد.
- در این تحقیق از اپراتور فازی حداقل-حداکثر استفاده شد لیکن می‌توان از سایر اپراتورهای فازی نیز استفاده نمود.

مراجع

[1] Lambert DM, Cooper MC. (2000). Issues in supply chain management, Industrial Marketing Management, 29, 65-83.

[2] Thomas DJ, Griffin PM. (1996). Co ordinated supply chain management, European Journal of Operational Research, 94 (3), 1-15.

[3] Vickery SK, Jayaram J, Droge C, Calantone R. (2003). The effects of an integrative supply chain strategy on customer service and financial performance: An analysis of direct versus indirect relationships. Journal of Operations Management, 21, 523-539.

[4] Maloni M, Benton WC. (1997). Supply chain partnerships: Opportunities for operations research, European Journal of Operational Research, 101, 419-429.

[5] Chopra S, Meindl P. (2004). Supply chain management (2nd ed.), NJ: Pearson Prentice Hall.

[6] Robert Lu TP. (2000). An agent-based production control framework for collaboration in supply chain management, PhD Thesis, Purdue University, US.

[7] Petrovic D, Roy R, Petrovic R. (1999). Modeling and simulation of a supply chain in an uncertain environment, European Journal of Operational Research, 109, 299-309.

[8] Min H, Zhou G. (2002). Supply chain modeling: Past, present and future. Computers & Industrial Engineering, No.43, pp. 231-249.

[9] Goetschalckx M, Vidal CJ, Dogan K. (2002). Modeling and design of global logistics systems: A review of integrated strategic and tactical models and design algorithms, European Journal of Operational Research, No.143, pp.1-18.

[10] David Peidro D, J. Mula, M. Jiménez, MM Botella (2010). A fuzzy linear programming based approach for tactical supply chain planning in an uncertainty environment, European Journal of Operational Research, No. 205, pp. 65-80.

[11] Hammami R, Y Frein, AB Hadj-Alouane (2009). A strategic-tactical model for the supply chain design in the delocalization context: Mathematical formulation and a case study, Int. J. Production Economics, No. 122, pp.351-365.

[12] Laínez JM, GM Kopanos, M Badell, A. Espuña & Luis Puigjaner (2008), Integrating strategic, tactical and operational supply chain decision levels in a model predictive control framework, Computer Aided Chemical Engineering, Vol. 25, pp. 477-482.

[13] Swaminathan JM, SR Tayur (2003). Tactical Planning Models for Supply Chain Management, Handbooks in Operations Research and Management Science, Vol. 11, pp. 423-454.

[14] Cohen MA, Lee HL (1988). Strategic analysis of integrated productiondistribution systems: Models and methods, Operations Research, No.36, pp. 216-228.

[15] Chen CL, Wang BW, Lee WC (2003). Multiobjective optimization for a multienterprise supply chain network, Industrial and Engineering Chemistry Research, No. 42, pp. 1879-1889.

[16] Chandra P, Fisher ML (1994). Coordination of production and distribution planning, European Journal of Operational Research, Vol. 72, No. 3, pp. 503-517.

[17] Werners B (1987). An interactive fuzzy programming system, Fuzzy Sets and Systems, No. 23, pp. 131-147.

[18] Zadeh LA (1965). Fuzzy sets, Information and Control, No.8, pp. 338-353.

[19] Zimmermann HJ (1978). Fuzzy programming and linear programming with Several Objective functions, Fuzzy Sets and Systems, Vol. 1, pp. 45-55.

[20] Togar M. Simatupang, Indah Victoria Sandroto, S.B. Hari Lubis (2004). Supply chain coordination in a fashion firm, Supply Chain Management: An International Journal, Vol. 9, Iss: 3, pp. 256-268.

[21] Hans-Martin Lönngren, Christoph Rosenkranz, Harald Kolbe (2010). Aggregated construction supply chains: success factors in implementation of strategic partnerships, Supply Chain Management: An International Journal, Vol. 15, Iss: 5, pp. 404-411.

[22] Katariina Kemppainen, Ari PJ. Vepsäläinen, (2003). Trends in industrial supply chains and networks, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 33, Iss: 8, pp.701-719.

[23] Javad Soroor, Mohammad J. Tarokh, Ali Shemshadi (2009). Theoretical and practical study of supply chain coordination, Journal of Business & Industrial Marketing, Vol. 24 Iss: 2, pp.131-142.

[24] Daekwan Kim, Erin Cavusgil (2009). The impact of supply chain integration on brand equity, Journal of Business & Industrial Marketing, Vol. 24, Iss: 7, pp.496-505.