طراحی مدل ریاضی قطعی و فازی برنامه ریزی یکپارچه تولید و توزیع در زنجیره عرضه

علیرضا پویا

کارشناس ارشد مدیریت صنعتی، دانشگاه تربیت مدرس

*** دکتر علی اصغر انواری رستمی**

دانشیار دانشکاه تربیت مدرس

معاون پژوهشی مرکز مطالعات مدیریت و بهروری ایران

واژه های کلیدی: برنامه ریزی تولید و توزیع – برنامه ریزی ریاضی فازی- برنامه ریزی یکپارچه – زنجیره عرضه

چکیده:

مدیریت زنجیره تامین شامل فرایند اتخاذ تصمیماتی یکپارچه طی زنجیره تامین از تامین کنندگان مواد اولیه تا مصرف کالا توسط مشتریان نهایی است. این فرایند شامل سه نوع تصمیم اصلی تامین، تولید و توزیع در سه سطح استراتژیک، تاکتیکی و عملیاتی است. در تحقیق حاضر، ابتدا مدل ریاضی قطعی برنامه ریزی هماهنگ تولید و توزیع برای زنجیره عرضه شرکت آزمایش در سطح عملیاتی ارائه شده است . محور اصلی برنامه ریزی تولید- توزیع، همانا برآورد تقاضا برای دوره مورد برنامه ریزی به شمار می آید. در زنجیره عرضه شرکت آزمایش، برآورد تقاضا بر اساس روشهای پیش بینی و همچنین جمع آوری سفارشها قبل از هر دوره صورت می گیرد. از آنجائی که صحت جوابهای روشهای پیش بینی در اکثر مواقع نادقیق و مورد تردید واقع شده و همچنین ممکن است طی دوره، سفارشهای جدیدی به زنجیره وارد شود، در پاسخ به مبهم بودن تقاضا، مدل ریاضی فازی تولید- توزیع نیز طراحی شده است. درطراحی مدل فازی از برخی از نتایج مدل قطعی استفاده بعمل آمده است. پس از جمع آوری داده های مورد نیاز از زنجیره عرضه شرکت صنعتی آزمایش، مدلهای قطعی و فازی طراحی شده حل گردید. مقایسه نتایج مدلها با هم و همچنین با وضعیت فعلی (واقعی)، اعتبار و کارائی و کارامدی مدلهای طراحی شده را در عمل مورد تایید قرار داده است.

۱- مقدمه

با افزایش تعداد رقبا در رده جهانی سازمان ها مجبور شدند فرآیندهای داخلی خود را به سرعت بهبود بخشند تا بتوانند در عرصه رقابت باقی بمانند. هر چه قابلیت تولید در دهه ۹۰ توسعه می یافت مدیران بیشتر به اهمیت ورودی های مواد و خدمات ارائه شده توسط تأمین کنندگان و همچنین توانایی در زمان، مکان و چگونگی ارائه محصولات به مشتری پی بردند [۱ ص۲۰] و سازمان ها به این پی برده اند که ارائه مطلوب خروجی های سازمان به توانایی سازمان در اداره جریان مواد، اطلاعات و پول درون و بیرون سازمان بطور یکپارچه وابسته است. این جریان به عنوان زنجیره عرضه[1] یا تأمین شناخته شده است. [۲ص۳۳].

در مدیریت زنجیره عرضه هدف بهینه سازی کلیه تصمیماتی است که در طول این زنجیره به وقوع می پیوندد. بطور کلی این تصمیمات در سه زمینه کلی ۱- تدارکات، ۲- تولید، ۳- توزیع و در سه سطح استراتژیک تاکتیکی وعملیاتی اتخاذ می شود. در سیستم های سنتی برنامه ریزی هر کدام از این تصمیمات مستقلاً توسط واحد مربوطه اتخاذ می شده است، که این امر نه تنها منجر به بهینه سازی در شبکه نمی شود بلکه همچنین موجب بروز ناهماهنگی هایی درآن می شود. در مدیریت زنجیره عرضه این تصمیمات به صورت یکپارچه و هماهنگ اتخاذ شده که منجر به کاهش قابل توجهی در هزینه های مربوطه می شود.همچنانکه در بخشهای بعدی اشاره خواهد شد این تصمیمات طیف وسیعی را دربرمی گیرد . مدلهای ریاضی با ساختارهای خاصی که دارند این امکان را به برنامه ریزان می دهند تا بتوانند این طیف را تاحد زیادی در نظر بگیرند.

در صنعت لوازم خانگی هنوز از دیدگاه سنتی برای برنامه ریزی خرید- تولید و توزیع استفاده می شود. این امر باعث افزایش هزینه ها و در نتیجه طی سالیان اخیر کاهش قابل توجهی در توان رقابتی آنها شده است. لذا این صنعت بایستی تلاش بیشتری در راستای گسترش و کاربردی کردن مفهوم زنجیره عرضه و مدیریت زنجیره عرضه نماید. با توجه به اینکه تعیین مقدار تقاضا با استفاده از روشهای پیش بینی انجام می شود و همیشه نادقیق بودن این برآوردها به اثبات رسیده است در تحقیق حاضر پس از ارائه مدل ریاضی قطعی مدل فازی آن نیز برای رفع ابهام مقدار تقاضای پیش بینی شده ارائه می شود.

تحقیق حاضر باهدف زیر صورت می کیرد:

۱- کاهش هزینه های صنعت با بکارگیری مدل ریاضی یکپارچه تولید و توزیع

۲- مقابله با رفع ابهام موجود در تقاضای پیش بینی شده با بکارگیری مدل فازی تولید و توزیع

۳-با توجه به جستجوهای مستمر همانطور که در پیشینه تحقیق آمده است مستنداتی در مورد بهره گیری از مباحث فازی در قلمرو برنامه ریزی تولید و توزیع مشاهده نشده است. در این مقاله سعی برآن است که به این مهم نیز پرداخته شود.(توضیح کاملتر در بخش ۲-۷)

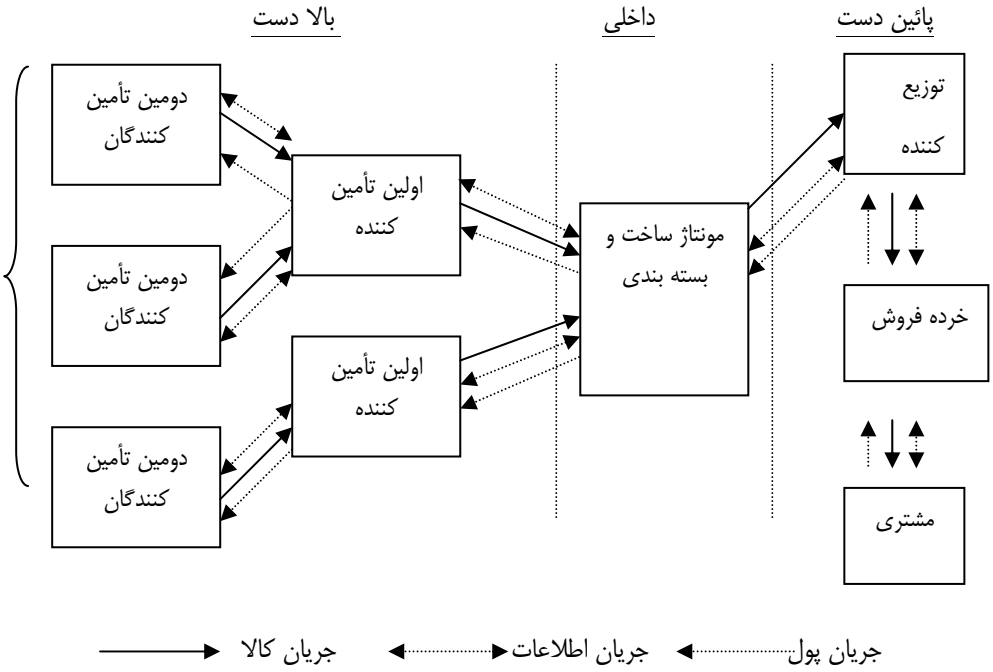
۲- مبانی نظری تحقیق

• **تعریف زنجیره تأمین :** تعریف زنجیره عرضه: یک زنجیره تأمین به جریان مواد، اطلاعات، وجوه و خدمات از تأمین کنندگان مواد خام طی کارگاه ها و انبارها تا مشتریان پایانی اشاره دارد و شامل سازمان ها و فرایندهایی که کالاها، اطلاعات و خدمات را ایجاد و به مصرف کنندگان تحویل می دهند می شود. [۳ص۹۸] این زنجیره شامل خیلی وظایف از قبیل خرید، جریان وجوه، باربری مواد، برنامه ریزی و کنترل تولید، کنترل موجودی و لجستیکی و توزیع و تحویل می شود. [۴ ص۳۱۹].

توشیباکایهارا زنجیره عرضه را چنین تعریف می کند: یک زنجیره عرضه یک شبکه از زیر ساختها است که وظایف خرید مواد، تبدیل این مواد به محصولات واسطه ای و نهایی و توزیع این محصولات نهایی به مشتریان را شامل می شود که هم در سازمان های تولیدی و هم خدماتی وجود دارد[۵ ص۲۶۳]. پس مدیریت زنجیره تأمین شامل همه فعالیت های مدیریتی است که به ارضای نیازهای مشتریان؛ با حداقل کردن هزینه ها برای همه شرکت های درگیر در تولید و تحویل محصولات و خدمات به مشتریان کمک می کند. [۶ ص۲]

[1]- Supply Chain.

• **اجزاء زنجیره تأمین:** مفهوم زنجیره تأمین از یک تصویر از چگونگی شریک شدن سازمان ها در یک زنجیره تأمین خاص که به یکدیگر متصل شده اند. ناشی شده است. شکل ۱ زنجیره تأمین نسبتاً ساده را که یک مشارکت با سلسله تأمین کنندگان (در سمت چپ) و با سلسله توزیع کنندگان (در سمت راست) ایجاد کرده است را نشان می دهد. [۴ص۳۲۰]



شکل ۱-نمونه ای از یک زنجیره تأمین خطی

• **مشکلات زنجیره تأمین و منابع آنها:** مشکلات طی زنجیره تأمین بطور کلی از دو منبع ناشی می شود :

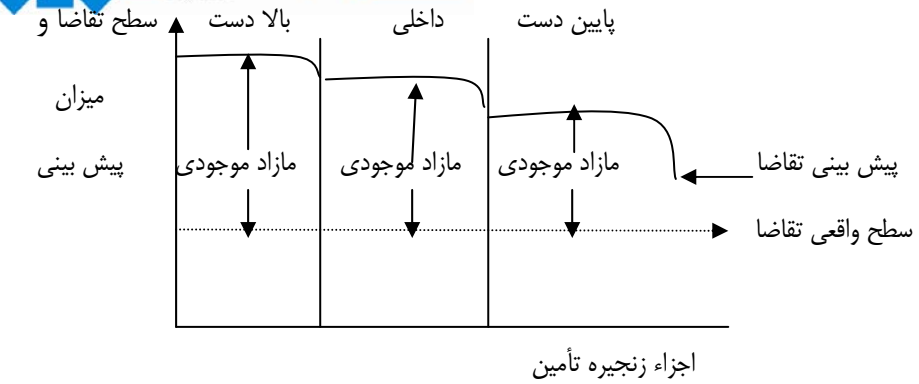
۱- عدم اطمینان : علل اصلی عدم اطمینان زنجیره تامین پیش بینی تقاضا وعوامل موثر ی‌ر ؤمانهای تحویل مانند خرابی ماشین ألات است.

۲- عدم هماهنگی: این نوع مشکلات هنگامی اتفاق می افتد که یک بخش شرکت با دیگر بخش ها ارتباط خوبی ندارد، وقتی پیغام برای شرکاء تجاری غیر قابل فهم باشد و وقتی بخش های شرکت از بعضی مسائل آگاهی ندارند و یا اشتباه مطلع هستند و یا خیلی دیر از آنچه مورد نیاز است و یا آنچه باید اتفاق بیفتد آگاه می شوند. [۴ص۲۳۵].

مشکلات طی زنجیره تأمین: شد مشکلات بیشماری طی زنجیره تأمین می تواند رخ دهد که در این قسمت به دو تا از مزمن ترین مشکلات SCM اشاره می شود.

۱- اثر شلاق چرمی[1]: اثر شلاقی به تغییرات نامنظم در سفارشات طی زنجیره تأمین اطلاق می شود. در این مشکل گرچه فروش واقعی در فروشگاه ها نسبتاً ثابت و قابل پیش بینی است اما سفارشات کل فروشان و توزیع کنندگان برای سازنده میدان نوسانات شدیدی داشته و مشکلات موجودی محصول ساخته شده را برای سازنده دارد. یک تحقیق نشان داد که سفارشات توزیع کنندگان به دلیل پیش بینی ضعیف تقاضا و کمبود هماهنگی و اطمینان در میان شرکاء زنجیره تأمین تغییرات نامنظمی داشت. به دلیل اینکه هر ماهیت مجزا طی زنجیره تأمین سفارشات و تصمیمات موجودی را با یک دید نسبت به منافع خودش به طرف بالای زنجیره تأمین انجام می داد که این منجر می شد که میزان پیش بینی ها به طرف بالای زنجیره همچنان افزایش یافته و منجر به موجودی های اضافه ای در تمام قسمت های زنجیره تأمین شود. [۴ص۲۳۶]

[1] - The Bullwhip Effect.



شکل ۲- مشکل اثر شلاق چرمی[۲ص۳۵]

۲- ذخیره فریبنده[1]: این گونه مشکل زمانی که مشتریان محصولی را می خواهند که در دسترس نیست اتفاق می افتد گرچه در حقیقت وجود دارد مثل وقتی که محصول در جائی نادرست قرار می گیرد یا اینکه مقدار ذخیره ناصحیح است. [۴ص۳۲۷].

- **تصمیم گیری در مدیریت زنجیره تأمین:** مطالعات در این مورد جهت طراحی زنجیره تأمین به دو روش مجزا شده است:

۱- به وسیله مطالعه روی بخش های زنجیره تأمین از قبیل تولید، موجودی، تأمین و توزیع.

۲- به وسیله مطالعه روی سطح تصمیم گیری ها از قبیل استراتژیک و عملیاتی.

در این قسمت ابتدا به شناسایی تصمیمات مرتبط که برای لحاظ بهینه سازی پیوسته در تصمیم برنامه ریزی تولید/ توزیع در کل شبکه زنجیره عرضه مورد نیاز است می پردازیم که شامل سه مرحله، عرضه کننده، کارخانه و توزیع می باشد.

مرحله عرضه کننده: تصمیمات اصلی در این مرحله از شبکه عبارتند از:

- چگونه عرضه کنندگان انتخاب شوند؟ چه معیارهایی در انتخاب عرضه کنندگان استفاده می شود؟
- چه تعداد عرضه کننده برای هر طبقه یا مجموعه از مواد باید وجود داشته باشد؟
- چه نوعی از ارتباطات باید با هر عرضه کننده وضع شود؟
- چه حجم و فراوانی حمل و نقل از هر عرضه کننده برقرار باشد؟ حمل از عرضه کننده به کارخانه می تواند به صورت مستقیم انجام پذیرد یا توسط نقاط ذخیره واسطه ای که ما آن را مراکز توزیع عرضه کارخانه (SDC)[2] می نامیم صورت پذیرد. چه مقدار موجودی از هر نوع مواد در این مراکز باید وجود داشته باشد و چه قوانینی برای کنترل موجودی درهر مرکز باید استفاده شود؟
- شبکه توزیع: شکل شبکه عرضه کننده به کارخانه چگونه است؟ آیا بارهای عرضه کننده باید بطور مستقیم به کارخانه فرستاده شود یا باید به نقاط ذخیره واسطه ای بین عرضه کننده ها و کارخانه ها فرستاده شود. مزیت حالت دوم این است که یک محل مرکزی می تواند بر ورودی های به هر کارخانه نظارت کند و هزینه های حمل و نقل می تواند از طریق مقیاس اقتصادی کاهش یابد اما در عین حال باعث اضافه شدن نقاط اتصال اضافی می شود و باعث آهسته تر شدن جریان مواد می شود.
- تصمیمات مکان یابی/ تخصیص: چه تعداد باید عملیاتی شود؟ کجا باید آنها واقع شوند ؟ کدام عرضه کنندگان باید در چه حجمی به کدام SDC و/ یا کدام کارخانه بایدبار بفرستد ؟

مرحله کارخانه: تصمیمات اصلی در این مرحله از شبکه عبارتند از :

- شبکه تبدیل : شکل فرایند تبدیل چگونه است ؟ ماهیت محدودیتهای ظرفیتی که کارخانه را در این شبکه محدود می کند چیست؟
- تصمیمات مکان یابی/ تخصیص: کجا بایستی فرایند تبدیل واقع شود؟ آیا جریان موجودی از کارخانه های مغذی (از قبیل کارخانه های تولید کننده قطعات عرضه کننده به کارخانه های مونتاژ)در تقاطع با مرزهای سازمانی است؟

[1]- Phantom Stock Out.
[2]- Supply Distribution Centers.

- موجودی : چه اثری موجودی یک کارخانه روی شبکه تبدیل کارخانه های دیگر دارد؟ چه اثری سیاستهای موجودی متمرکز در مقابل غیر متمرکز دارد ؟

مرحله توزیع : مباحث اصلی در این مرحله از شبکه زنجیره عرضه عبارتند از :

- شبکه توزیع: شکل شبکه کانال توزیع چگونه است ؟ آیا نقاط ذخیره واسطه ای بین مرکز توزیع وعرضه کنندگان (کارخانه ها) وجود دارد ؟ چگونه تقاضاهای مشتریان نهایی ارضاء می شود ؟ آیا مراکز توزیع مستقیما به ارضای نیازهای مشتریان می پردازند یا از طریق مراکز خرده فروشی این کار صورت می پذیرد؟
- تصمیمات مکان یابی/ تخصیص: چه تعدادی مراکز توزیع بایستی عملیاتی شوند؟ کجا باید آنها واقع شوند ؟ ظرفیت کامل هر مرکز چقدر باشد ؟ چه محصولاتی باید اداره شود توسط هر مرکز ؟
- موجودی: چه مقدار موجودی از هر محصول بایستی نگهداری شود در هر مرکز توزیع ؟ چه قوانینی برای کنترل موجودی در هر مرکز توزیع باید اجرا شود ؟ آیا اطلاعات باید بصورت کامل یا قسمتی باشد در کانال اصلی برای بهتر مدیریت شدن هزینه ای موجودی ؟ [۷ ص۲۲۰]

پس از مطالعه بخش های زنجیره تأمین، در این قسمت به تصمیم های مهم در سطوح مختلف افق زمانی می پردازیم .

۱- *سطح استراتژیک*.مساله طراحی زنجیره تامین استراتژیک شامل تصمیم گیری درباره تعداد و مکان زیر ساختها و همچنین اندازه و تکنولوژی استفاده در زیر ساختها در بعد تصمیمات جایابی می باشد. در بعد تولید شامل تصمیماتی چون : چه محصولاتی تولید شود؟ کدام کارخانجات آنها را تولید کند؟ تخصیص تهیه کنندگان مواد اولیه به کارخانجات ، کارخانه ها به مراکز توزیع به مشتری ها نیز از این تصمیمات می باشد. در بعد تصمیمات حمل و نقل با تصمیماتی چون انتخاب روش حمل و نقل چون هوایی، دریایی، راه آهن، یا جاده ای که با توجه به موازنه هزینه و منفعت بدست آمده صورت می گیرد . [۸ص۲۷۰] و حجم حمل و نقل میان زیر ساختهای توزیع. در مورد مدلهای استراتژیک لازم است به چند مفهوم بکار رفته در این مدلها اشاره نمائیم. مفهوم زیر ساختها شامل ماهیتهایی از قبیل کارخانه ها ، مراکز توزیع، انبارها، بازارهای خرده فروشی، مدارس، بیمارستانها، پایانه های رایانه ای، و...نام برد. وقتی هر زیر ساخت دارای ظرفیتی محدود است مساله به مساله مکان یابی زیر ساخت با ظرفیت [محدود] اشاره دارد. [۹ص۳۹۵]

۲- *سطح عملیاتی*.تصمیمات در این سطح دارای افق زمانی محدودتری نسبت به تصمیماتی سطح استراتژیک می باشند . در حوزه تولید شامل تصمیماتی چون زمانبندی تولید، نگهداری ابزار آلات ، بالانس باردهی اندازه گیری کنترل کیفیت مقدار اقتصادی تولید هر کدام از محصولات، پریودهای زمانی تولید و دوره تناوب خرید هر کدام از مواد اولیه از هر عرضه کننده می باشد [۱ص۴۵]

در بعد موجودی تصمیماتی چون؛ تعیین سطح بهینه سفارش مجدد، تعیین سطوح ذخیره ایمنی [۱۰ص۲۵۴] در بعد تصمیمات حمل و نقل از قبیل؛ زمانبندی تجهیزات حمل و نقل، مقدار و دوره تناوب اقتصادی توزیع محصولات تولیدی به هرکدام از مراکز توزیع و مناطق مشتریان[۱۱ص۲۶]

- **برنامه ریزی تولید و توزیع:** برنامه ریزی تولید و توزیع مهمترین فعالیت در زنجیره تأمین می باشد [۱۲ص۲۵]. بیشترین محصولات مشتریان طی خطی که با تولید در یک کارخانه شروع می شود جریان می یابند و سپس به یک خرده فروش جهت خرید مشتریان حمل می شد و شاید در این مسیر از یک مرکز توزیع نیز عبور کند. بیشترین شرکت ها این دو وظیفه را بطور مستقل با مقدار کمی و یا هیچ هماهنگی بین زمان بندی تولید و برنامه ریزی توزیع مدیریت می کنند. این رویکرد در صورتی بطور قابل قبول کار می کند که به اندازه کافی موجودی کالای نهایی در بافر تولید و توزیع برای یکدیگر وجود داشته باشد. در عین حال هزینه های موجودی و گرایش به سمت تکنیک های JIT فشاری را برای کاهش موجودی ها در کانال توزیع به وجود آورد. در نتیجه این فشار بسیاری از شرکت ها هماهنگی نزدیکتر تولید / توزیع را جستجو کردند.
- **برنامه ریزی خطی فازی:** فرم عمومی مدل برنامه ریزی خطی به صورت زیر است:

$$\max f(x) = C^T X$$
$$S.t. Ax \le b$$
$$x \ge 0$$

در این مدل در برنامه ریزی خطی قطعی ضرایب C,b,A اعداد قطعی هستند، علائم $\approx, \ge, \le$ نشانگر تساوی یا نامساوی قطعی می باشند و ماکزیمم یا مینیمم بیانگر یک جمله امری قاطع می باشند. حال ممکن است تصمیم گیرنده بخواهد تا مقدار هدف را به جای

min,max یا کردن به یک سطح دلخواه برساند یا اینکه محدودیت ها به صورت مبهم و نادقیق باشد بدین گونه که علائم $=,\geq,\leq$ و یا ضرایب b,A نادقیق باشند و یا اینکه انحراف کوچکی از محدودیت ها قابل قبول باشد. [۱۶ص۱۸۲]. در مدل برنامه ریزی خطی کلاسیک فرض کنید که تصمیم گیرنده یک سطح دلخواه Z (که تمایل دارد به آن دست یابد) برای تابع هدف قرار داده است و محدودیت ها نیز به عنوان مجموعه های فازی در نظر گرفته شده اند. آنگاه مدل برنامه ریزی خطی (FLP)[1] به صورت زیر خواهد شد:

x را به گونه ای بیابید که

$$C^T x > Z$$
$$A\tilde{x} < b$$
$$x \geq 0$$

که در آن علائم $=$, $\geq$, $\leq$ به ترتیب گونه های فازی شدهٔ علائم $=$, $\geq$, $\leq$ می باشند که تفسیر زبانی آنها «اساساً بزرگتر یا مساوی» و «اساساً کوچکتر یا مساوی» می باشد. این مدل کاملاً متقارن است و هیچ تفاوتی بین تابع هدف و محدودیت ها وجود ندارد، بنابراین می توان با در نظر گرفتن $B,\begin{pmatrix} -C \\ A \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -Z \\ b \end{pmatrix} = d$ مدل فوق را به صورت زیر نوشت:

$$\begin{matrix} -C^T x < -Z \\ A\tilde{x} < b \\ x \geq 0 \end{matrix} \Rightarrow \begin{matrix} Bx < d \\ x \geq 0 \end{matrix}$$

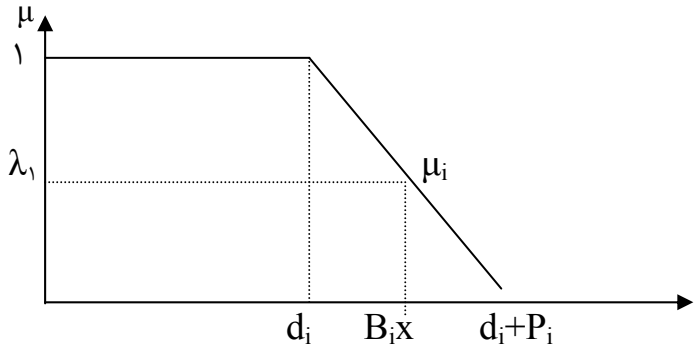
این مدل m+1 ردیف دارد که هر یک با یک مجموعه فازی با تابع عضویت $\mu_i(x)$ نمایش داده می شوند. مطابق تعریف تابع عضویت مجموعهٔ فازی «تصمیم» مدل فوق به صورت زیر خواهد شد:

$$\mu_{\tilde{D}} = \min_i \{\mu_i(x)\} = \min\{\mu_0(x), \mu_1(x), \ldots, \mu_m(x)\}$$

که در آن $\mu_i(x)$ بیانگر درجه ای است که x نامساوی فازی $B_i x < d_i$ را اقناع می نماید ویا درجه تعلق جواب به مجموعه جوابها می باشد (B_i، ردیف iام از B است). حال فرض کنید که تصمیم گیرنده به دنبال جواب بهینه قطعی در مجموعهٔ فازی «تصمیم» فوق باشد، آنگاه:

$$\max_{x \geq 0} \min_i \{\mu_i(x)\} = \max_{x \geq 0} \mu_{\tilde{D}}(x)$$

یعنی ماکزیمم جواب مجموعه فازی «تصمیم» به عنوان جواب بهینه در نظر گرفته می شود. حال محدودیت های فازی فوق را به صورتی که در شکل ۴ نشان داده شده است، در نظر بگیرید.



شکل ۳- نمایش محدودیت کوچکتر یا مساوی فازی i ام

در این نمودار d_i نقطه شروع اقناع کامل محدودیت i ام، P_i انحراف مجاز از محدودیت i ام و $B_i x$ مقدار محدودیت i ام بر حسب جواب x می باشد. همان طور که مشاهده می شود، اگر مقدار محدودیت ($B_i x$) کوچکتر از d_i باشد، درجه اقناع محدودیت، کامل (برابر یک) است و

1 -Fuzzy Linear Programming.

اگر مقدار محدودیت بزرگتر از d_i+p_i باشد این مقدار برابر صفر خواهد بود. همچنین اگر مقدار محدودیت در فاصله $[d_i,d_i+p_i]$ قرار گیرد، درجه اقناع محدودیت را می توان از تشابه مثلث های ترسیم شده در نمودار بدست آورد:

$$\mu_i(x)=\begin{cases}1 & B_i x \le d_i \\ \dfrac{(d_i+p_i)-B_i x}{P_i} & d_i < B_i x < d_i+p_i \\ 0 & B_i x \ge d_i+p_i\end{cases}$$

مقدار $\dfrac{(d_i+p_i)-B_i x}{P_i}$ را می توان با یک متغیر جدید (λ_i) نشان داد، بطوری که:

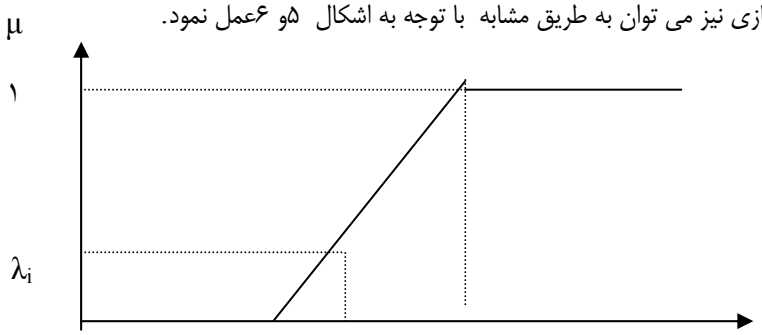
$$\lambda_i \le \frac{(d_i+p_i)-B_i x}{P_i} \Rightarrow p_i\lambda_i + B_i x \le d_i + p_i$$

λ_i بیانگر درجه اقناع محدودیت iام می باشد که سعی در ماکزیمم کردن آن داریم.

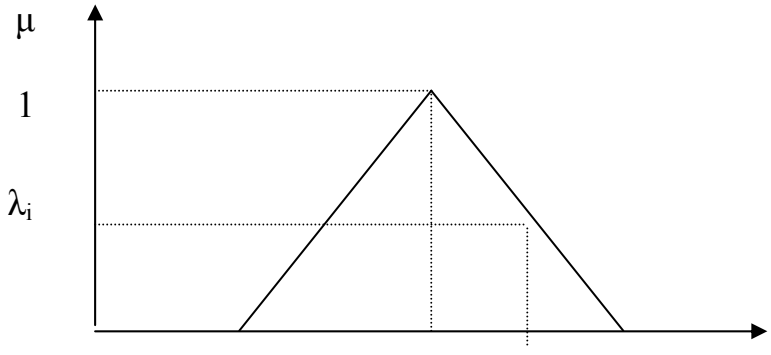
اگر $\lambda = \min\{\lambda_i\}$ قرار دهیم، آنگاه مدل برنامه ریزی خطی فوق به شکل زیر خواهد شد:

$$\max \lambda$$
$$S.to: \lambda p_i + B_i(x) \le d + p_i \quad i=0,1,2,\ldots,m$$
$$x \ge 0, \lambda \ge 0$$

این مدل یک مدل برنامه ریزی خطی کلاسیک است که پس از حل، بردار (λ^*, x^*) جواب بهینه خواهد بود. این مدل فقط یک متغیر و یک محدودیت از مدل برنامه ریزی خطی کلاسیک بیشتر دارد و از لحاظ محاسباتی بسیار کارا است. برای فرموله سازی محدودیت های بزرگتر یا مساوی فازی و مساوی فازی نیز می توان به طریق مشابه با توجه به اشکال ۵و ۶عمل نمود.



شکل ۴- نمایش محدودیت بزرگتر یا مساوی فازی i ام



شکل ۵- نمایش محدودیت مساوی فازی i ام

اگر تعدادی از محدودیت ها قطعی باشند، می توان آنها را بدون هیچ مشکلی در مسأله وارد نمود. در این صورت مدل برنامه ریزی خطی فازی به صورت زیر خواهد شد: [۱۶ص۱۸۴]

$$Max\ \lambda$$
$$S.to\ :$$
$$\lambda P_i + B_i x \le d_i + p_i \quad i = 0,1,....,\ m$$
$$D_x \le b$$
$$x, \lambda \ge 0$$

• **پیشینه تحقیق:** گراوز (۱۹۷۴) نوعی مسأله مکان یابی چند کالائی را به وسیله چندین محصول، کارخانه و انبارکه با ظرفیت محدود خاص شده اند را حل کردند. آنها از تجزیه بندر برای مسأله اشان با در نظر گرفتن زیر مسائل حمل و نقل وابسته به اندازه کالاهائی که وجود دارد، استفاده کردند. مدل منجر به مکان یابی زیر ساخت وتخصیص مشتری شد. اما مدل، تمام متغیرها را برای درگیری انتخاب در میان مجموعه کارخانه های بدیل بکار نمی گرفت و همچنین هزینه های ثابت را برای دارائی سالانه وهزینه های عملیاتی در نظر نمی گرفت. لی(۱۹۹۳) و تراگانتال(۱۹۹۷) مسأله مکان یابی کارخانه با ظرفیت محدود را با استفاده از هم راه حل های تقریبی و هم دقیق حل کرده اند. مسأله مکان یابی زیر ساختهای دو سطحی با ادغام فروشندگانی که مواد خام را برای کارخانه های تولیدی تأمین می کردند بیشتر بسط داده شد. مدلهای زیادی وجود دارند که با فعالیتهای خرید مواد، تولید و توزیع هر مرحله از زنجیره تأمین بعنوان یک سیستم مجزا رفتار می کنند و تعاملات زنجیره تأمین را نادیده می گیرند.

مون (۱۹۸۷) یک دیدگاه خلاصه از جنبه های مدیریتی را در تصمیماتی طراحی زیر ساختهای توزیعی تولیدی ارائه داده است و تعدادی مدلهای ریاضی و الگوریتم های حل را برای مسائل تک و چند محصولی بازبینی کرده. براون و همکاران (۱۹۸۷) بهینه سازی مبتنی بر سیستم پشتیبانی تصمیم گیری (Dss) را که شامل انتخاب زیر ساختها، مکان و بازدهی تجهیزات و تولید و توزیع محصولات بود را توسعه دادند. آنها یک مدل عدد صحیح ترکیبی رابط دارند و یک تکنیکی تجزیه هدف را برای تجزیه مسأله اشان به زیر مسأله های شبکه ای برای هر محصول بکار گرفتند . پیک و کوهن (۱۹۹۴)توسعه دارند مدل زنجیره مارکوف یک سیستم تولید توزیع منسجم را شامل یک کارخانه، یک انبار کالاهای پایانی ویک خرده فروش بود. مدل آنها نتایجی را ارائه داد که از رفتار درونی سیستم منتج شده بود. [۱۱ص۳۹۵]

هاک، وارت و کاندا (۱۹۹۱) یک فرموله کردن برنامه ریزی عدد صحیح ترکیبی یک سیستم سه سطحی (Echelon) را برای یک زیر ساخت تولیدی، چندین انبار و خرده فروش بسط دادند. مدل آنها اندازه دسته تولیدی و توزیع و سطوح موجودی در همه مکان هارا تعیین می کرد. یک مطالعه موردی طراحی زنجیره تأمین بوسیله کینگ و لاو (۱۹۸۰) ارائه شد. تجزیه و تحلیل آنها پیش بینی های فروش، کنترل موجودی، برنامه ریزی تولید و برنامه ریزی توزیع را که هر یک با یک زیر مدل مجزا انجام می شد را هماهنگ می کرد. آنها از حلقه های باز خور بین کنترل موجودی و تولید و بین توزیع و کنترل موجودی برای رسیدن به هماهنگی استفاده کردند. بنابراین بهینه سازی متغیرها (نقاط سفارش مجدد، اندازه های دسته، اندازه های حمل و نقل و غیره) بطور متوالی صورت می گیرد. مارتین، دنت و اخهارت (۱۹۹۳) یک مدل برنامه ریزی خطی را برای تعیین سطوح ماهانه تولید، موجودی و توزیع توسعه دادند. مدل آنها هزینه های ثابت زیر ساخت ها را در نظر نمی گرفت. بنابراین خروجی مدل برای انواع تصمیم گیری های استراتژیک باید با تحلیل های دیگر ترکیب می شد. [۱۱ص۲۶] برای اجرای SCM در جهان لجستیک واقعی زنجیره های تأمین با استفاده از روش های معین یا احتمالی به روش های تحلیلی مدله می شوند. کوهن ولی (۱۹۸۸) از سه زیر مدل احتمالی مبتنی بر هزینه مختلف استفاده کردند: زیر مدل کنترل مواد، زیر مدل تولید و زیر مدل توزیع.

توماس و گریفین (۱۹۹۶) سه طبقه هماهنگی عملیاتی را تعریف کردند: خریدار- فروشنده، تولید- توزیع و موجودی- توزیع و سپس مدل های معین متنوعی را بر طبق این طبقه بندی معرفی کردند. پترویک و همکاران (۱۹۹۸) مدله کردن فازی و شبیه سازی یک زنجیره تأمین در یک محیط نا مطمئن را توصیف کردند که در آن تقاضای مشتری و عرضه مواد خام به وسیله مجموعه های فازی تفسیر و ارائه شدند. [۱۳ص۳۶۹].

مناسب است به خلاصه ای در مورد مدل های تولیدی و توزیع چند دوره ای نیز اشاره نمائیم: مقالات زیادی طراحی زنجیره تأمین طی چندین دوره را نشان می دهد. در هر صورت، بیشترین آنها فرض بر این دارند که زیر ساخت ها در طی یک دوره یا باز و یا بسته اند. در اینجا ما به دو مورد اشاره می نمائیم.

چاندرا و فیشر (۱۹۹۴) مباحث عملیاتی برای سیستم تولید، توزیع را به وسیله ترکیب مسأله های زمانبندی تولید و مسیر یابی وسایط نقلیه را در نظر گرفتند. آنها یک مدل چند دوره ای برای یک کارخانه تولیدی با موجودی کالاهای پایانی و چندین خرده فروش را ارائه دادند. دوگان و چالکس (۱۹۹۹) طراحی زنجیره تأمین استراتژیک با تخصیصهای تولید و توزیع تاکتیکی برای موردی با تقاضای فصلی را ارائه دادند. آنها یک فرموله کردن برنامه ریزی عدد صحیح ترکیبی را توسعه دادند و از تجزیه بندر برای حل آن استفاده کردند. سطوح موجودی، جریان محصول و تولید با محاسبه برای تقاضاهای فصلی تغییر می کردند. [۱۱ص۲۸]

لی وکیم (۲۰۰۲) مدل برنامه ریزی تولید و توزیعی در سطح عملیاتی را باظرفیت محدود ارائه نمودند که مدل آنها با روشی هیوریستیک با ادغام روشهای شبیه سازی و تحلیلی حل شده است .[۱۳ص۱۸۸]

جایارامان و پیرکول (۲۰۰۱) یک مدل لجستیک یکپارچه را برای مکان یابی زیرساخت های تولید و توزیع در یک محیط چند سطحی طراحی نمودند که مدل آنها تصمیماتی در سطوح استراتژیک و عملیاتی را در برمی گرفت.مدل آنها با روشی هیوریستیک با استفاده از لاگرانزین رلکسیشن حل شده است.[۹ص۳۹۹]

کوهن و مون(۲۰۰۰) با ارائه مدلی ریاضی سعی در بهینه نمودن جریان مواد و محصولات و ترکیب تولید محصولات در یک شبکه زنجیره عرضه با ساختار ثابت نمودند. .[۱ص۶۰]

جایارامان و پیرکول (۱۹۹۸) با مدل PLANWAR به جایابی تعداد معینی از کارخانه ها و انبارها با در نظر گرفتن محدودیت های ظرفیت کارخانه و انبار کمک کردند[۱۴ص۸۷۳]

مدل p-p-p نیز توسط جانج و همکاران (۲۰۰۲) یک مدل یکپارچه شامل سه زیر مدل برنامه ریزی تولید و توزیع چند مرحله ای چند محصولی را ارائه و به روشی هیوریستیک حل نمودند. سه زیر مدل W-D-C, P-P-W, P-P-P نامیده می شوند.

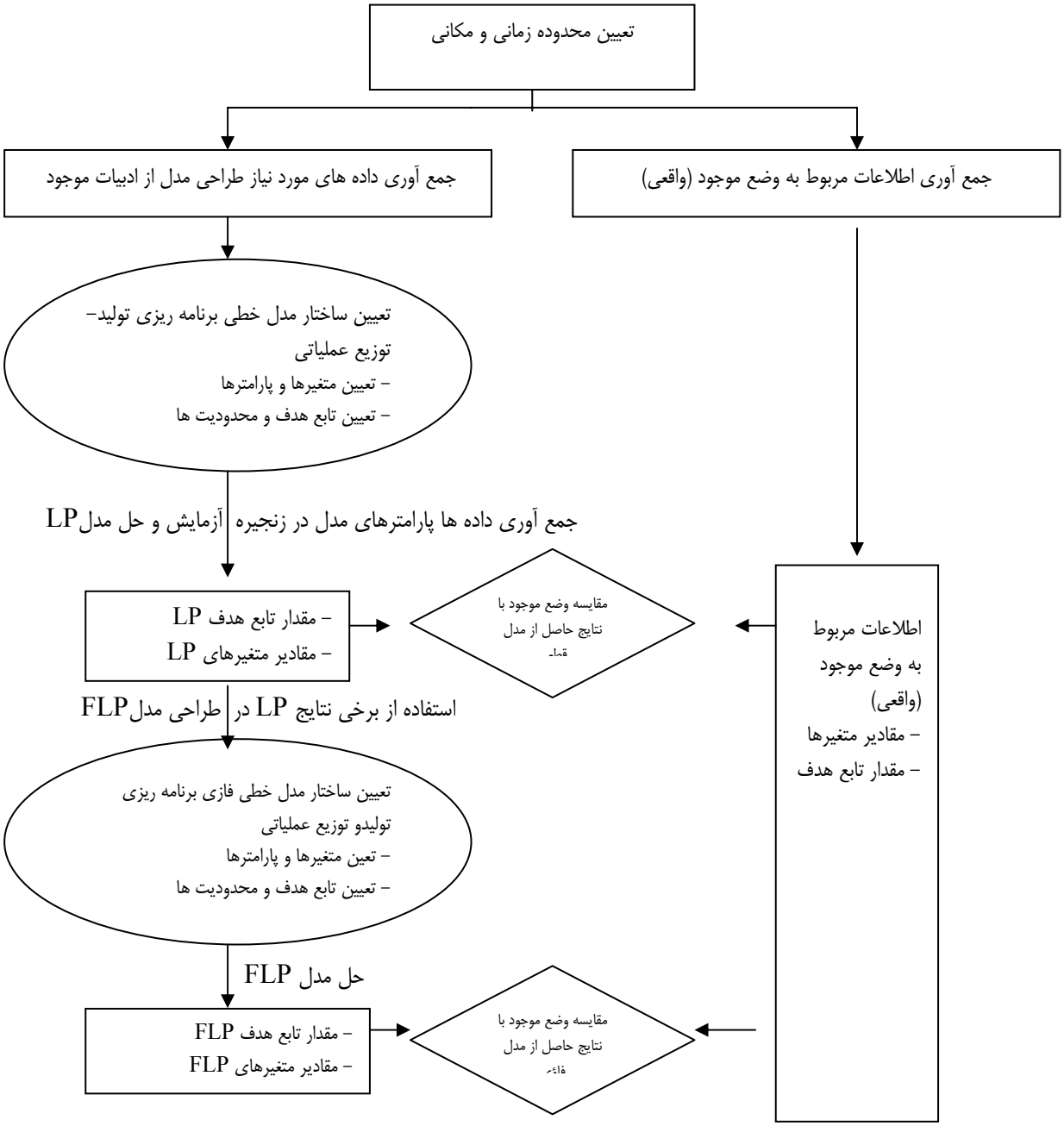
برخی مدلها نیز در چند سطح ارائه شده اند این نوع مدل ها به علت چند سطحی بودن، توانایی تطابق با تصمیمات متنوع و مختلفی که در مدیریت زنجیره عرضه اتخاذ می شود را داراست و به صورت یک مدل جامع این تصمیمات را مورد پوشش قرار می دهد. در این نوع مدل ها ابتدا داده های لازم برای حل مدل سطح استراتژیک جمع آوری می شودو با حل مدل فوق، جواب های حاصل در مدل سطح تاکتیکی وارد خواهد شد و نهایتاً جواب های مدل سطح تاکتیکی به عنوان ورودی مدل سطح عملیاتی مورد استفاده قرار می گیرد. [۱ص۷۵] از این مدلها می توان به مدل ویدیارسی و لشکری(۲۰۰۳)که مدلی را در دو سطح استراتژیک و تاکتیکی [۱۵ص۶] و مدل میرغفوری (۲۰۰۳) که در سه سطح استراتژیک تاکتیکی و عملیاتی در محیط فازی ارائه شده است اشاره نمود. [۱ص۷۸]

جنبه نوآوری – ارایه مدل LP فازی برنامه ریزی ترکیبی تولید و توزیع در سطح تصمیمات عملیاتی و مقایسه تطبیقی نتایج حاصله از آن با مدل LP غیر فازی و وضع موجود می باشد.

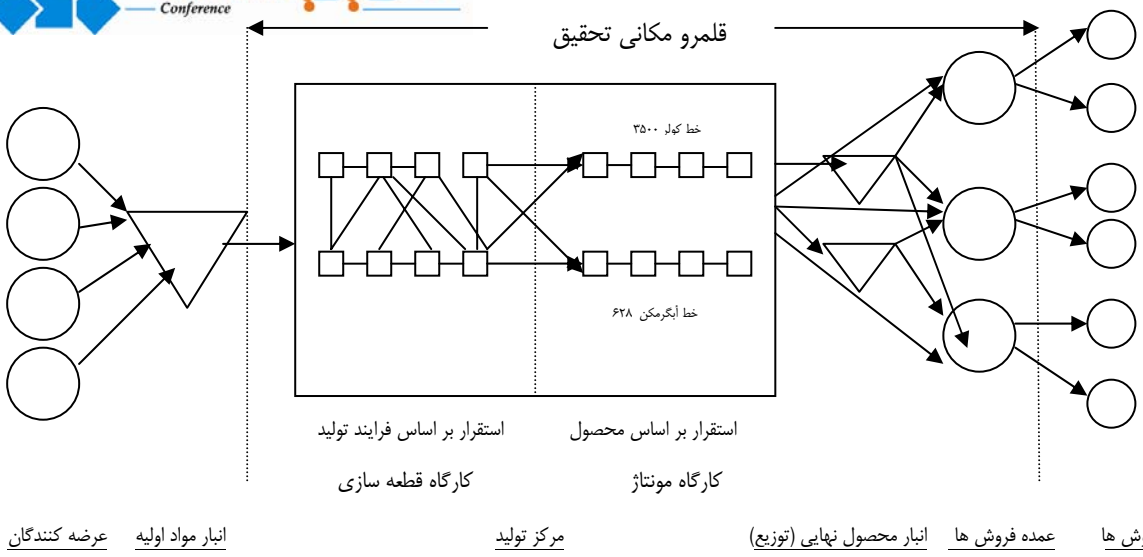
۳-قلمرو و روش تحقیق و طراحی مدل ریاضی قطعی و فازی برنامه ریزی تولید و توزیع

- **قلمرو تحقیق:** از بین دو سطح تصمیمات استراتژیک و عملیاتی، تحقیق حاضر در حوزه تصمیمات عملیاتی و آن هم در تصمیمات برنامه ریزی تولید، برنامه ریزی توزیع و تعیین مقدار خرید اقدام به طراحی مدل می نماید که تصمیماتی چون مقدار تولید محصول و قطعه، مقدار موجودی و مقدار کمبود مجاز محصول، قطعه و مواد خام، مقدار فروش به هر عمده فروش، مقدار موجودی و کمبودی مجاز در انبار عمده فروش و مقدار خرید مواد خام را شامل می شود. شرکت کارخانه های صنعتی آزمایش به همراه سه عمده فروش طرف قرارداد آن در تهران قلمرو مکانی تحقیق می باشد که بخش میدانی تحقیق در آن برای سه دوره زمانی یک ماهه صورت گرفته است.در بخش شناسایی زنجیره عرضه قلمرو مکانی بطور دقیق در شکل آورده شده است.

- **روش تحقیق:** در رویکرد علم مدیریت روش تحقیق ارائه و حل مدل و اعتبار سنجی آن می باشد که در شکل ذیل مشخص است.مدل برای سه دوره زمانی یکماهه در زنجیره شرکت آزمایش بیاده سازی شده و تجزیه و تحلیل مدل ریاضی پیاده سازی شده با استفاده از صفحه گسترده Excell و نرم افزارLingo که جهت بهینه یابی مدل های خطی، عدد صحیح، و غیر خطی مورد استفاده قرار می گیرد انجام خواهد شد. متدولوژی تحقیق نیز به صورت زیر می باشد:



- **طراحی مدل ریاضی قطعی و فازی برنامه ریزی تولید و توزیع**
- **شناسایی زنجیره عرضه کارخانه آزمایش:** شرکت آزمایش یکی از تولید کنندکان لوازم خانکی در ایران می باشد که محصولاتی چون کولر آبکرمکن بخاری یخچال جارو برقی ماشین لباسشویی را تولید می کند. در زنجیره این شرکت مواد اولیه و برخی قطعات از عرضه کنندگان مختلف خریداری گردیده و در انبار مواد اولیه واقع در کارخانه انبار می شود. مواد خام با توجه به نیاز به کارگاه قطعه سازی فرستاده شده که در آنجا با توجه فرایند تولید بین ماشین آلات مختلف در سلول های مختلف جریان می یابند. پس از آن قطعات ساخت شده به همراه قطعات دیگرخریداری شده از عرضه کنندگان به کارگاه مونتاژ فرستاده می شود. پس از اتمام کار مونتاژ محصولات با توجه به درخواست محصولات یا به انبارهای توزیع کارخانه ارسال می شود و یا به عمده فروش های طرف قرارداد شرکت ارسال می شود. خرده فروشان نیز از عمده فروش ها تغذیه شده و وظیفه رساندن و تحویل محصول را به مشتریان نهایی بر عهده دارند.



شکل ۶ نمای کلی زنجیره عرضه شرکت آزمایش

- **طراحی مدل برنامه ریزی خطی قطعی تولید و توزیع:** همچنان که قبلاً گفته شد مدل طراحی شده در این تحقیق تصمیماتی در سطح عملیاتی را در بر می گیرد. در این سطح تصمیماتی که بیشتر کوتاه مدت بین چند هفته تا یک ماه می باشند مانند سطح مقدار اقتصادی خرید هر کدام از مواد اولیه، مقدار موجودی هر کدام از مواد اولیه، مقدار اقتصادی تولید هر کدام از محصولات و قطعات و مقدار موجودی و کمبود آنها، مقدار عرضه هر کدام از محصولات به هر عمده فروش و مقدار عرضه به انبار توزیع و مقدار موجودی و کمبود محصول در انبار عمده فروش ها گرفته می شود. فرمول کردن مدل فوق به صورت زیر خواهد بود؛

اندیس ها

t : علامت دوره زمانی $(t=1,2,...,T)$
i : علامت قطعه در کارگاه قطعه سازی $(i=1,2,...,N)$
j : علامت محصول در کارگاه مونتاژ $(j=1,2,...,M)$
v : علامت ماشین در کارگاه قطعه سازی $(v=1,2,...,V)$
u : علامت ماشین در کارگاه مونتاژ $(u=1,2,...,U)$
k : علامت مواد خام برای کارگاه قطعه سازی $(k=1,2,...,K)$
r : علامت قطعه خریداری شده برای کارگاه مونتاژ $(r=1,2,...,R)$
p : علامت انبار $(p=1,2,...,P)$
q : علامت عمده فروش $(q=1,2,...,Q)$

پارامترهای مدل قطعی

D_{it} : تقاضا برای محصول j در دوره t
D_{it} : تقاضا برای قطعه i جهت خدمات پس از فروش
a_{ij} : تعداد واحدهای قطعه i استفاده شده در ساخت یک واحد محصول j
b_{kt} : مقدار در دسترس مواد خام k در دوره
d_{kt} : تعداد واحدهای مواد خام k استفاده شده در ساخت یک واحد قطعه i
b_{rt} : مقدار در دسترس مواد خام r در دوره t
g_{rj} : تعداد واحدهای مواد خام r استفاده شده در ساخت یک واحد محصول j
C_{it} : هزینه تولید یک واحد قطعه i در دوره t
C_{jt} : هزینه تولید یک واحد محصول j در دوره t
C_{kt} : هزینه خرید یک واحد مواد خام k در دوره t
C_{rt} : هزینه خرید یک واحد مواد خام r در دوره t
H_{it} : هزینه نگهداری یک واحد قطعه i در دوره t
H_{pjt} : هزینه نگهداری یک واحد محصول j در انبار p در دوره t
H_{kt} : هزینه نگهداری یک واحد مواد خام k در دوره t
H_{rt} : هزینه نگهداری یک واحد قطعه r در دوره t
π_{it} : هزینه یک واحد فروش از دست رفته قطعه i در دوره t
π_{pjt} : هزینه یک واحد فروش از دست محصول j در انبار p در دوره t
π_{kt} : هزینه یک واحد کمبود مواد خام k در دوره t
π_{rt} : هزینه یک واحد کمبود مواد خام r در دوره t
a_{iu} : زمان پردازش یک واحد قطعه i روی ماشین
a_{jv} : زمان پردازش یك واحد محصول j روي ماشين v
mc_{ut} : ظرفیت زماني ماشين u در دوره t
mc_{vt} : ظرفیت زمانی ماشین v در دوره t
Dem_{ajt} : تقاضا برای محصول j از عمده فروش q در دوره t
SQ_{qjt} : هزینه ذخیره محصول j در عمده فروش q در دوره t
v_j : حجم محصول j

SQQ_{qjt} : هزینه کمبود محصول j در عمده فروش q در دوره t

LQC_{jq} : هزینه حمل محصول j از به عمده فروش q

TQ_{qt} : ظرفیت نگهداری محصول در عمده فروش q در دوره t

TC_t : ظرفیت توزیع در انتهای خط تولید در دوره t

a_j : زمان مورد نیاز بارگیری در انتهای خط تولید

QP_{qjt} : سیاست عمده فروش برای ذخیره محصول

SS_{qjt} : مقدار ذخیره اطمینان محصول j در دوره t در عمده فروش

LPC_{jp} : هزینه حمل محصول j از انتهای خط تولید به انبار p

PQC_{jpq} : هزینه حمل محصول j از انبار p به عمده فروش q

TP_{pt} : ظرفیت نگهداری محصول در انبار p در دوره t

TC_{pt} : ظرفیت توزیع در انبار p در دوره t

C_{jp} : زمان مورد نیاز بارگیری از انبار

SS_{jt} : مقدار ذخیره اطمینان محصول j در دوره t در کارخانه

متغیرهای تصمیم مدل قطعی

X_{it} : مقدار تولید قطعه i در کارگاه قطعه سازی در دوره t

I_{pjt} : مقدار محصول j ذخیره شده در انبار توزیع p در دوره t

III_{pjt} : مقدار کمبود پایان دوره محصول j در انبار p در دوره t

GG_{it} : مقدار موجودی پایان دوره قطعه i در دوره t

E_{kt} : مقدار واحدهای خرید ماده خام k در دوره t

N_{kt} : مقدار ماده خام k ذخیره شده در دوره t

NNN_{kt} : مقدار کمبود پایان دوره ماده خام k در دوره t

MM_{rt} : مقدار موجودی پایان دوره قطعه r در دوره t

Y_{jt} : مقدار تولید محصول j در کارگاه مونتاژ در دوره t

II_{pjt} : مقدار موجودی پایان دوره محصول j در انبار p در دوره t

G_{it} : مقدار قطعه i ذخیره شده در دوره t

GGG_{it} : مقدار کمبود پایان دوره قطعه i در دوره t

F_{rt} : مقدار واحدهای خرید قطعه r در دوره t

NN_{kt} : مقدار موجودی پایان دوره ماده خام k در دوره t

M_{rt} : مقدار قطعه r ذخیره شده در دوره t

MMM_{rt} : مقدار کمبود پایان دوره قطعه r در دوره t

LP_{qjt} : مقدار محصول j حمل شده از انتهای خط تولید به انبار p در دوره t

LQ_{qjt} : مقدار محصول j حمل شده از انتهای خط تولید به عمده فروش q در دوره t

PQ_{qpjt} : مقدار محصول j حمل شده از انبار p به عمده فروش q در دوره t

Q_{qjt} : مقدار محصول j ذخیره شده در عمده فروش q در دوره t

QQ_{qjt} : مقداری موجودی پایان دوره محصول j در عمده فروش q در دوره t

QQQ_{qjt} : مقدار کمبود پایان دوره محصول j در عمده فروش q در دوره t

مدل قطعی برنامه ریزی تولید-توزیع

Min

$$\sum_{t=1}^{T}\sum_{j=1}^{M}(C_{jt}y_{jt}+H_{pjt}II_{pjt}+\pi_{pjt}III_{pjt})+\sum_{t=1}^{T}\sum_{i=1}^{N}(C_{it}X_{it}+H_{it}GG_{it}+\pi_{it}GGG_{it})+$$
$$\sum_{t=1}^{T}\sum_{k=1}^{K}(C_{kt}E_{kt}+H_{kt}NN_{kt}+\pi_{kt}NNN_{kt})+\sum_{t=1}^{T}\sum_{r=1}^{R}(C_{rt}F_{rt}+H_{rt}MM_{rt}+\pi_{rt}MMM_{rt})+$$
$$\sum_{t=1}^{T}\sum_{j=1}^{M}\sum_{q=1}^{Q}(CQ_{qjt}QQQ_{qjt}+SQQ_{qjt}QQQ_{qjt})+\sum_{t=1}^{T}\sum_{j=1}^{M}\sum_{p=1}^{P}LPC_{jp}LP_{pjt}+$$
$$\sum_{t=1}^{T}\sum_{j=1}^{M}\sum_{q=1}^{Q}LQC_{jq}LQ_{qjt}+\sum_{t=1}^{T}\sum_{j=1}^{M}\sum_{p=1}^{P}\sum_{q=1}^{Q}PQC_{jpq}PQ_{jpqt}$$

s.t.

$$\sum_{P}I_{pjt}=\sum_{P}I_{pj-1t}+y_{jt}-D_{jt},\forall j,t \qquad \text{(A-2)}$$

$$G_{it}=G_{it-1}+x_{it}-\sum_{i}a_{ij}y_{it}-D_{jt},\forall i,t \qquad \text{(A-3)}$$

$$M_{rt}=M_{rt-1}+F_{rt}-\sum_{i}g_{rj}y_{jt},\forall r,t \qquad \text{(A-4)}$$

$$N_{kt} = N_{kt-1} + E_{kt} - \sum_i d_{ki} x_{it}, \forall k,t \quad \text{(A-5)}$$

$$\sum_j g_{rj} y_{jt} \le b_{rt}, \forall r,t \quad \text{(A-6)}$$

$$\sum_i d_{ki} X_{it} \le b_{kt}, \forall k,t \quad \text{(A-7)}$$

$$\sum_j a_{iv} y_{jt} \le MC_{vt}, \forall v,t \quad \text{(A-8)}$$

$$\sum_i a_{iu} x_{it} \le MC_{ut}, \forall u,t \quad \text{(A-9)}$$

$$\sum_p LP_{pjt} + \sum_q LQ_{qjt} = y_{jt}, \forall j,t \quad \text{(A-10)}$$

$$LQ_{qjt} + \sum_p PQ_{pqjt} + Q_{qjt-1} - Q_{qjt} \ge DEM_{qjt}, \forall q,j,t \quad \text{(A-11)}$$

$$I_{pjt-1} + LP_{pjt} - I_{pjt} = \sum_q PQ_{pqjt}, \forall p,j,t \quad \text{(A-12)}$$

$$\sum_j V_j Q_{qjt} \le TQ_{qt}, \forall q,t \quad \text{(A-13)}$$

$$\sum_j V_j I_{pjt} \le TP_{pt}, \forall p,t \quad \text{(A-14)}$$

$$Q_{qjt} \le QP_{qjt}, \forall q,j,t \quad \text{(A-15)}$$

$$\sum_p I_{pjt} \ge SS_{jt}, \forall j,t \quad \text{(A-16)}$$

$$Q_{qjt} \ge SS_{qjt}, \forall q,j,t \quad \text{(A-17)}$$

$$\sum_p a_j LP_{pjt} + \sum_q a_j LQ_{qjt} \le TC_{jt}, \forall j,t \quad \text{(A-18)}$$

$$\sum_q \sum_p C_{jp} PQ_{pqjt} \le TC_{pt}, \forall p,t \quad \text{(A-19)}$$

$$I_{pjt} = II_{pjt} - III_{pjt}, \forall p,j,t \quad \text{(A-20)}$$

$$Q_{qjt} = QQ_{qjt} - QQQ_{qjt}, \forall q,j,t \quad \text{(A-21)}$$

$$G_{jt} = GG_{jt} - GGG_{jt}, \forall j,t \quad \text{(A-22)}$$

$$M_{rt} = MM_{rt} - MMM_{rt}, \forall r,t \quad \text{(A-23)}$$

$$N_{kt} = NN_{kt} - NNN_{kt}, \forall k,t \quad \text{(A-24)}$$

$$II_{pjt}, III_{pjt}, y_{jt} \ge 0, \forall j,t \quad \text{(A-25)}$$

$$GG_{it}, GGG_{it}, x_{it} \ge 0, \forall i,t \quad \text{(A-26)}$$

$$MM_{rt}, MMM_{rt}, F_{rt} \ge 0, \forall r,t \quad \text{(A-27)}$$

$$NN_{kt}, NNN_{kt}, E_{kt} \ge 0, \forall k,t \quad \text{(A-28)}$$

$$QQ_{qjt}, QQQ_{qjt} \ge 0, \forall q,j,t \quad \text{(A-29)}$$

$$LP_{pjt}, LQ_{qjt}, PQ_{pqjt} \ge 0, \forall p,q,j,t \quad \text{(A-30)}$$

تابع هدف حداقل می کند هزینه های:

- مجموع هزینه های تولید، نگهداری و کمبود محصول ها در انبارهای توزیع و انبار های عمده فروش ها را برای دوره های زمانی
- مجموع هزینه های تولید، نگهداری و کمبود قطعه های تولیدی را برای دوره های زمانی

– مجموع هزینه های خرید، نگهداری و کمبود مواد اولیه و قطعات را برای دوره های زمانی
– مجموع هزینه های حمل محصولات از انتهای خط تولید به انبارهای توزیع برای دوره های زمانی
– مجموع هزینه های حمل محصولات از انتهای خط تولید به عمده فروشان برای دوره های زمانی
– مجموع هزینه های حمل محصولات از انبارها به عمده فروشان برای دوره های زمانی

محدودیت های دسته(۲)و(۳)و(۴)و(۵) به ترتیب سری محدودیت های بالانس موجودی محصولات و قطعات تولیدی و موادخام و قطعات خریداری شده از بیرون شرکت می باشد.محدودیت های دسته (۶)و(۷)بیان کننده دسترسی به منابع می باشدو (۸)و(۹)بیان می دارد که تولید تحت تاثیر ظرفیت ماشین آلات می باشد.دسته محدودیت (۱۰)حداکثر مقدار توزیع را و(۱۱)ارضاءتقاضای خرده فروشان از عمده فروشان را نشان می دهد.(۱۲)نشاندهنده بالانس کالادر انبارهای توزیع و(۱۳)و(۱۴)بیان کننده حداکثر ظرفیت نگهداری انبار های توزیع و انبارهای عمده فروشان می باشند.(۱۵)سری محدودیت سیاست عمده فروش برای نگهداری کالا و (۱۶)و(۱۷)نگهداری ذخیره اطمینان محصولات می باشد.نا معادلات (۱۸)و(۱۹)حداکثر ظرفیت توزیع را برای انتهای خط تولید و انبار توزیع نشان می دهد.معادلات (۲۰)تا(۲۴) سری محدودیت های موجودی خالص(آزاد در علامت) را نشان می دهند.و(۲۵) تا(۳۰)نشان دهنده غیر منفی بودن متغیرها می باشند. مدل ریاضی قطعی پیاده سازی شده دارای ۱۴۰۵ متغیر و ۷۶۶ محدودیت می باشد که توسط نرم افزار Excell وارد و بوسیله نرم افزار Lingo حل شده است.

- **طراحی مدل برنامه ریزی خطی فازی تولید و توزیع:** در مدل پیشنهادی ما از آنجا که مقدار تقاضا از کارخانه (D_{jt}) و تقاضا از عمده فروشان (DEM_{qjt}) به صورت پیش بینی تقاضا و دریافت سفارش قبل از دوره مشخص می شود و از آنجا که پیش بینی تقاضا هیچ گاه دقیق نبوده است لذا می تواند تغییراتی را طی دوره داشته باشد. بنابراین، برای اینکه مدل بیانگر واقعیت عینی باشد و بتواند این ابهام و نادقیق بودن تقاضا را بپوشاند ترجیح دادیم تا مقداری انحراف از این محدودیت ها پذیرفته شود

اندیس

i : چندمین محدودیت فازی

پارامترهای خاص مدل فازی

d_i: نقطه شروع اقناع کامل محدودیت i ام

P_i : انحراف مجاز از محدودیت i ام پارامترهای مدل قطعی

محدودیت های خاص مدل فازی

۱– سری محدودیت های بالانس موجودی محصولات تولیدی (ارضای تقاضای کارخانه)

$$\sum_{p=1}^{P} I_{pj-1t} + y_{jt} - \sum_{p=1}^{P} I_{pjt} = D_{jt}, \forall j,t$$

برای این محدودیت ها در مدل قطعی، محدودیت های جایگزین در مدل فازی عبارت خواهند بود از:

$$\sum_{p=1}^{P} I_{pj-1t} + y_{jt} - \sum_{p=1}^{P} I_{pjt} - P_i^- \lambda \geq D_{jt} - P_i^-$$

$$\sum_{p=1}^{P} I_{pj-1t} + y_{jt} - \sum_{p=1}^{P} I_{pjt} + P_i^+ \lambda \leq D_{jt} + P_i^+$$

که در آن D_{jt} به عنوان نقطه شروع اقناع کامل محدودیت می باشد و مقادیر p_i^-, p_i^+ به عنوان پارامتر با نظر مدیریت سازمان تعیین می شود.(توضیح در بند۴)

۲– سری محدودیت های ارضای تقاضا از عمده فروشان

$$LQ_{qjt} + \sum_{p=1}^{P} PQ_{pqjt} + Q_{qjt-1} - Q_{qjt} \geq DEM_{qjt}, \forall q, j,t$$

برای محدودیت قطعی، محدودیت جایگزین فازی عبارت است از:

$$LQ_{qjt} + \sum_{p=1}^{P} PQ_{pqjt} + Q_{qjt-1} - Q_{qjt} - P_i\lambda \geq DEM_{qjt} - P_i$$

در این محدودیت DEM_{qjt} نقطه شروع اقناع کامل محدودیت می باشد و p_i انحراف مجاز از محدودیت DEM می باشد. به عبارتی تا چه حد حاضریم کمتر از تقاضا را برآورده نمائیم. این مقدار توسط مدیریت عمده فروشان برای محصول طی هر دوره مشخص می شود.

۳- تابع هدف مدل قطعی

تابع هدف مینیمم فازی همچون محدودیت کوچکتر یا مساوی در نظر گرفته می شود

C^Tx(تابع هدف مدل قطعی) $+P_i\lambda \leq Z_0+P_i$

که در آن Z_0 عبارت است از نقطه شروع اقناع کامل و ناشی از مقدار هدف مدل قطعی می باشد و P_i مقدار مجازی خواهد بود که مدیریت حاضراست برای رفع ابهام مدل فازی صرف نماید.

بقیه محدودیت ها همانند محدودیت های مدل قطعی می باشند.

تابع هدف مدل فازی

علاوه بر تعدیلات یاد شده در سه بند یاد شده تابع هدف مدل فازی عبارت خواهد بود از $\max \lambda$ بدین معنی که بدنبال حداکثر کردن درجه اقناع محدودیت های فاؤی می باشیم.

مدل کامل برنامه ریزی خطی فازی تولید- توزیع

$$\max \lambda$$
$$S.t.$$
$$C^T x + P_i\lambda \leq Z_o + P_i$$
$$\sum_{p=1}^{P} I_{pj-1t} y_{jt} - \sum_{p=1}^{P} I_{pjt} - P_i^-\lambda \geq D_{it} - P_i^-, \forall j,t \qquad \text{(B-2)}$$
$$\sum_{p=1}^{P} I_{pj-1t} y_{jt} - \sum_{p=1}^{P} I_{pjt} + P_i^+\lambda \leq D_{it} + P_i^+, \forall j,t \qquad \text{(B′-2)}$$

(B-3) الی (B-10) همانند (A-3) الی (A-10)

$$LQ_{qjt} + \sum_{p=1}^{P} PQ_{pqjt} + Q_{qjt-1} - P_i\lambda \geq DEM_{qjt} - P_i, \forall q, j, t \qquad \text{(B-11)}$$

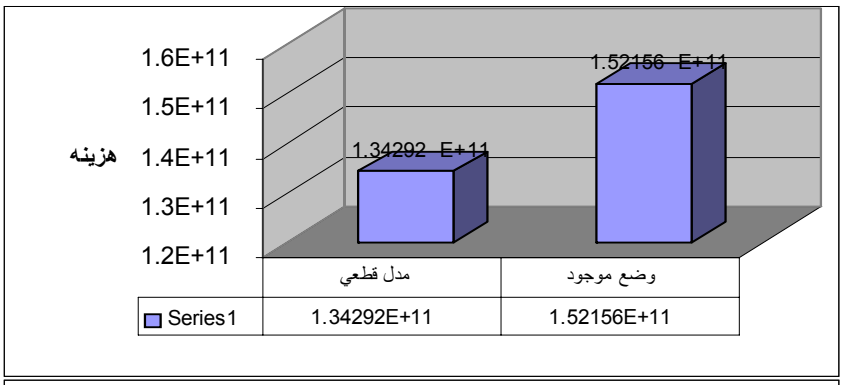
(B-12) الی (B-30) همانند (A-12) الی (A-30)

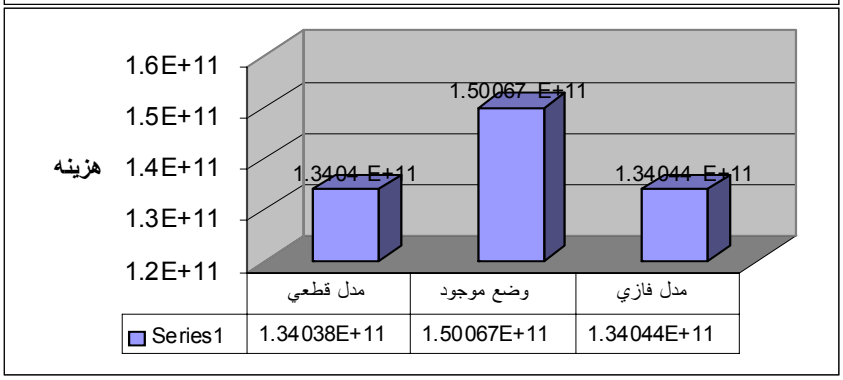
مدل ریاضی فازی پیاده سازی شده دارای ۱۴۰۶ متغیر که متغیر اضافه شده همان λ می باشد و ۷۷۳ محدودیت می باشد.

۴- نتایج حل مدلهای قطعی و فازی

از آنجا که ارایه مدل فازی در جهت رفع ابهام در مقادیر تقاضای پیش بینی شده می باشد بایستی میزان ارزش یا هزینه ای را که در جهت حل این ابهام مجاز به صرف آن هستیم را استخراج نماییم . با توجه به اینکه مدیران ارشد در زنجیره خبره ترین افراد در این زمینه می باشند می توان از نظرات ایشان در این قسمت استفاده نمود. ضمن اینکه استخراج این ارقام می تواند بعنوان یک موضوع تحقیقاتی مد نظر قرار گیرد. طبق نظر مدیر عامل کارخانه آزمایش و مسئولین عمده فروشی , انحراف تا ۲ درصد در مقدار تقاضاهای پیش بینی شده (مقدار تقاضا نقطه شروع ارضاء کامل این محدودیت ها می باشد.)مجاز می باشد(سری محدودیت های ۱و۲ فازی) و مقدار مجاز تغییر در هزینه ها ۶۲۰۰۰۰۰۰ ریال می باشد و نقطه شروع ارضاء کامل محدودیت یکم فازی(تابع هدف مدل قطعی) برابر ۱۳۴۰۳۸۰۰۰۰۰۰ که مقدار هدف مدل قطعی بدون در نظر گرفتن تقاضای قطعات خدمات پس از فروش می باشد, است(سری محدودیت ۳ فازی). اشکال ۷ و۸ مقایسه هزینه های حاصل از حل مدلهای ریاضی با وضع موجود را به نمایش می گذارد.

شکل ۷- مقایسه هزینه های حاصل از مدل قطعی با وضع موجود





شکل ۸- مقایسه هزینه حاصل از مدلهای قطعی و فازی با وضع موجود

در مورد مدلهای طراحی شده, مقایسه نتایج حاصل از حل مدلها با وضعیت موجود شرکت مورد مطالعه، کارائی مدلهای قطعی و فازی مورد استفاده درتحقیق را مورد تایید قرار می دهد. با توجه به سطوح تولید محصولات و قطعات , سطوح موجودی و حمل محصولات و مقایسه آنها با مقادیر متغیرهای مدلهای قطعی و فازی متوجه می شویم سطوح خرید و تولید در وضعیت موجود شرکت متناسب با نیاز زنجیره نمی باشد و از حد نیاز فراتر می باشد که در نتیجه منجر به افزایش سطوح موجودی و در مجموع افزایش هزینه های شرکت می شود.توجه داشته باشید که طراحی و حل مدل فازی براساس حل مدل قطعی بدون در نظر گرفتن خدمات پس از فروش صورت گرفته و همچنین در بررسی وضع موجود نیز این حالت در نظر گرفته شده است تا مقایسات صحیحتر باشند.(شکل ۸).

به طور کلی، نتایج کلی بکارگیری مدلهای قطعی و فازی بیانگر آن است که

۱. مقدار هزینه های ارائه شده توسط هر دو مدل قطعی و فازی کمتر از وضع موجود سازمان است.
۲. گر چه مقدار هزینه های ارائه شده توسط مدل قطعی در حد مقدار هزینه های ارائه شده توسط مدل فازی (و در هر حال کمتر از وضع موجود سازمان است)، ولی مدلهای فازی نسبت به مدل قطعی از قابلیت انطباق با شرایط ابهام آمیز نیز برخوردارند.

فهرست منابع و مآخذ

۱- میرغفوری، سید حبیبا...، طراحی مدل ریاضی زنجیره عرضه صنایع لاستیک‌سازی ایران، رساله دکتری مدیریت، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۲.

۲- پویا، علیرضا، مدیریت زنجیره تامین و پشتیبانی تکنولوژی اطلاعات، ماهنامه تدبیر، سال پانزدهم، شماره ۱۴۵، ۱۳۸۳.

3- Chen, Haxon, Chengbin Chu (2003) "A Lagrangian Relaxation Approach for Suupply Chain Planning with Order/setup Cost and Capacity Constraints", *Journal of. System Science and System Engineering,* Vol.12, No 1, pp. 98-110.

4- Turban (2003) "*Introduction to Information Technology*", John Wiley.

5- Kiahara, Toshiba (2003) "Multiagent Based Supply Chain Modeling with Dynamic Environment", *International Journal of Production Economic,* Vol. 85, pp. 263-269.

6- Chandra, Pankaj and Marshal L. Fisher (2003) "Coordination of Productin and Distribution Planning", Faculty of Management, Mc Gill Univecity.

7- Erenguc, S. Selcuk and et.al (1999) "Integrated Production/Distribution Planning in Supply Chain: An Invited Review", *European Journal of Operational Research,* Vol.115, pp. 219-236.

8- Janj, Yang Ja and etal (2002) "A Combined Model of Network Design and Production/Distribution Planning for a Supply Network", *International Journal of Computer & Industrial Engineering,* Vol. 43, pp. 263-281.

9- Jayaraman, Vaidyanathan and Hasan Pirkul (2001) "Planning and Coordination of Production and Distribution Facilities for Multiple Commodities" *European Journal of Operational Research,* Vol.133, pp. 394-408.

۱۰- الوانی، سید مهدی، نصرا... میرشفیعی، مدیریت تولید، چاپ دهم ، نشر آستان قدس رضوی، ۱۳۷۸.

11- Butler, Renee J. (2003) "Supply Chain Design for New Products, Thesis in Industrial Engineering, Georgia Institute of Technology.

12- Lee, Young Hae and Sook Hankim (2000) "Optimal Production-Distribution Planning in Supply Chain Management Using a Hybrid Simulation-Analytic Approach, Proceeding of the 2000 Wnider Simulation Conference, Department of Industrial Engineering, Hanyang University.

13- Lee, Yang Hae and Sook Hankim (2002) "Production-Distribution Planning in Supply Chain Considering Capacity Constraints", *Computers & Industrial Engineering,* Vol. 43, pp. 169-190.

14- Pirkul, Hasan and Vaidayanathan Jay Ataman (1998) "A Multi-Commudity, Multi-Plant, Capacitated Facility Location Problem: Formulation and Efficient Heuristic Solution", *Journal of Computer and Operation Research,* Vol. 25, No 10, pp. 869-878.

15- Vidyarthi, Navneet, Reza Lashkari (2003) Mixed Integer Programming Models for Strategic Desigen and Tactical Planning of Supply Chain Network", Departemant of Industrial and Manufacturing Systems Engineering, University of Windsor.

۱۶- آذر، عادل، حجت ا... فرجی، علم مدیریت فازی، نشر اجتماع، ۱۳۸۱.