International Journal of Industrial Engineering & Production Management (2012)

September 2012, Volume 23, Number 2
pp. 211-225

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

Development of a Fuzzy Double -Objective Model for Setting Safety Stock Inventory Units of Supply Chain

A. Norang* **& M. Malek**

Ahmad Norang, *Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, faculty of Engineering, Emam Hossien University*
Mahmood Malek, *M.Sc. graduate, Department of Industrial Engineering, faculty of Engineering, Payam Noor Tehran University*

Keywords

Safety Stock,
Customer Service Level,
Planning Model of Supply Chain,
Fuzzy Multi-Objective Decision Making,
Fuzzy Expert System

ABSTRACT

Uncertainty is an inseparable part of supplying chain management, which could be resulted from the customer's demand fluctuation, change of production capacity or lack of reliability of the raw materials suppliers and the contractors .to act properly in response of the said matters, the safety stock could be used.In the present article, considering the existing problems and conditions of Ghataat Mehvari khorasan Company brought in this text , a fuzzy double objective model has been developed based on the total cost and the customer service level to set the safety stock in the supply chain of the mentioned company. Also,existing limitations in the said unit including production capacity,batch size for ordering raw materials and financial limitation for purchasing raw materials are considered for the model. the fuzzy reliability of suppliers and contractors has been specified by a fuzzy expert system with no presumption for demand distribution, and to control and correct all the anticipation deviation from the fact,the rolling horizon technique is used and finally safety stock has been set in such way that the minimum total cost and the customer service level have reached a designed level.

© 2012 IUST Publication, IJIEPM. Vol. 23, No. 2, All Rights Reserved

* **Corresponding author. Ahmad Norang**
Email: *a.norang@gmail.com*

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-09-05]

نشـــریه بین المللـــی مهنـــدسی صنـــایع و مدیـــــریت تولیـــد

شمـــــاره ۲، جلـــد ۲۳، شهریـــــور ۱۳۹۱
صفحـــــه ۲۲۵-۲۱۲

نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید
دانشگاه علم و صنعت ایران

ISSN: 2008-4870

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

توسعه یک مدل دو هدفه فازی جهت تنظیم ذخیره اطمینان در واحدهای ذخیره موجودی زنجیره تامین

احمد نورنگ* و محمود مالک

کلمات کلیدی

ذخیره اطمینان،
برنامه ریزی زنجیره تامین؛
تصمیم گیری چند هدفه فازی؛
سیستم خبره فازی

چکیده:

عدم قطعیت جز لاینفک مدیریت زنجیره تامین است که می تواند از نوسانات تقاضای مشتری، تغییر ظرفیت تولید و عدم قابلیت اطمینان تامین کنندگان مواد اولیه و پیمانکاران ناشی شود.برای واکنش صحیح در برابر این موارد می توان از ذخیره های اطمینان استفاده کرد.

در این مقاله با توجه به مشکلات و شرایط موجود در شرکت قطعات محوری خراسان که در متن آورده شده است، یک مدل دو هدفه فازی بر اساس هزینه کل و سطح سرویس مشتری جهت تنظیم ذخیره اطمینان در زنجیره تامین این شرکت، توسعه یافته است. همچنین انواع محدودیت های موجود در این واحد صنعتی مانند ظرفیت تولید، اندازه دسته در سفارش مواد اولیه و محدودیت مالی در خرید مواد اولیه در مدل لحاظ شده است. قابلیت اطمینان فازی تامین کنندگان و پیمانکاران به وسیله یک سیستم خبره فازی تعیین گردیده و هیچ گونه فرضی پیرامون توزیع تقاضا نشده و برای کنترل و اصلاح انحراف پیش بینی از واقعیت، از تکنیک افق غلتان استفاده شده است و در نهایت ذخیره اطمینان به نحوی تنظیم گردیده که هزینه کل مینیمم و سطح سرویس مشتری به یک حد از پیش تعیین شده رسیده است.

۱. مقدمه

زنجیره تامین[1]، یک سیستم جامع شامل تامین کنندگان، واحدهای تولیدی، توزیع کنندگان و مشتریان است که دارای ساختار چندمرحله ای می‌باشد. این زنجیره شامل همه مراحلی است که به طور مستقیم و غیرمستقیم، خواسته های مشتری را برآورده می‌سازد. این زنجیره با انواع عدم قطعیت روبروست[۱].

تاریخ وصول: ۸۹/۹/۳۰
تاریخ تصویب: ۹۰/۴/۷

***نویسنده مسئول مقاله: دکتر احمد نورنگ**، استادیار،گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی،دانشگاه امام حسین (ع) a.norang@gmail.com
محمود مالک، دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه پیام نور مرکز تهران، malek_m1982@yahoo.com

[1].*Supply chain*
[2].*Safety time*
[3].*Safety stock*
[4].*Stochastic Inventory Theory*

این عدم قطعیت ها را می توان با مکانیزم‌های متفاوتی پوشش داد. بعضی از این مکانیزم ها عبارتند از:

۱- زمان اطمینان[2]
۲- ذخیره های اطمینان[3]
۳- ترکیبی از این دو

تمرکز ما در این مقاله بر روی ذخایر اطمینان است.

نگهداری ذخیره های اطمینان امری ضروری است زیرا با توجه به انواع عدم قطعیت در زنجیره، امکان بوجود آمدن کمبود در تمام مراحل زنجیره تامین وجود دارد. این کمبود ممکن است باعث از دست رفتن فروش، نقل و انتقالات فوری و کسر اعتبار شود بنابراین ذخایر اطمینان برای افزایش سطح سرویس مشتری باید نگهداری شود. به طور سنتی ، ذخایر اطمینان بوسیله مدل های تئوری موجودی[4] تعیین می گردد. اما این مدل ها هنگامی که با زنجیره های تامین پیچیده روبرو هستند، کارآمد نخواهند بود زیرا

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-09-05]

با انواع عدم قطعیت و محدودیت مواجه می شوند [۲]. به طور کلی قابلیت اطمینان تامین کننده (دیرکرد تحویل)، فرآیند ساخت (از کارافتادگی ماشین و غیره) و تقاضای مشتری سه منبع اصلی عدم قطعیت در زنجیره تامین می باشند[۱].

ادبیات وسیعی در حوزه مدل های کنترل موجودی و تنظیم ذخیره اطمینان در زنجیره های تامین چند مرحله ای مشهود است. هدف از این مدل ها تنظیم پخش مواد و منابع در شبکه زنجیره تامین است به طوریکه سطح سرویس مشتری به مقدار از پیش تعیین شده برسد و هزینه ها مینیمم گردد[۲].

دو رویکرد متفاوت در مدل های برنامه ریزی زنجیره تامین برای تنظیم ذخیره اطمینان وجود دارد.در ادامه، این دو رویکرد، معرفی شده و مدل های موجود را بر اساس این رویکرد ها دسته بندی نموده و در پایان به تجزیه و تحلیل آنها پرداخته ایم.

۱-۱. رویکرد اول: ذخیره اطمینان به عنوان یک متغیر تصمیم در مدل برنامه ریزی

این رویکرد بر اساس تئوری موجودی تصادفی است. این موجودی برای یک سیستم چند مرحله ای[1] در نظر گرفته شده و تقاضایی که زنجیره تامین با آن روبروست به صورت یک متغیر تصادفی مدل شده است. تصمیم گیری های اساسی در این رویکرد عبارتند از:

۱-تعیین موقعیت موجودی در نقاط ذخیره زنجیره

۲- تخصیص موجودی به نقاطی که در آنها جریان تولید منشعب می شود.

۳- تعیین مقادیر ذخیره اطمینان در نقاط ذخیره زنجیره

زمان‌های پیشبرد[2] ،متغیرهای ورودی می باشندکه به صورت قطعی در نظر گرفته شده اند. ظرفیت، تابعی از پذیرش سفارش و حجم کاری می باشد. در واقع در این رویکرد، ذخیره اطمینان قسمتی از مسئله است.منطق این رویکرد در تحقیقات کلارک و اسکارف پایه گذاری شده است[۳].

۱-۲. رویکرد دوم: ذخایر اطمینان به عنوان پارامترهای ورودی برای مدل برنامه ریزی در نظر گرفته شده اند که باید خارج از مدل تعیین شوند

رویکرد دوم بر اساس برنامه ریزی ریاضی است. در این رویکرد، تقاضا به عنوان پیش بینی هایی برای هر پریود در افق برنامه ریزی به مدل اضافه می شود.در اینجا ذخایر اطمینان به عنوان پارامترهای ورودی برای مدل برنامه ریزی در نظر گرفته شده اند که باید خارج از مدل تعیین شوند. تصمیم گیری کلیدی ، تخصیص مقادیر موجودی در واحد های ذخیره زنجیره می باشد. زمان های پیشبرد هم به صورت متغیرهای ورودی و هم خروجی مدل شده اند و محدودیت های مربوط به ظرفیت به عنوان محدودیت های فشرده[3] در نظر گرفته شده اند[۲].

دو رویکرد بالا از دیدگاه ذخیره اطمینان با همدیگر متفاوت هستند. در رویکرد اول ذخیره های اطمینان به عنوان قسمتی از مسئله تعریف شده در حالیکه در رویکرد دوم ذخیره های اطمینان به عنوان پارامترهای ورودی برای مدل برنامه ریزی در نظر گرفته شده اند که باید خارج از مدل تعیین شوند.تمرکز ما در این مقاله بر روی رویکرد دوم است و در حوزه رویکرد دوم نیز ادبیات وسیعی وجود دارد که می توان آنها را به دو گروه مطالعات شبیه سازی (بدون ارائه یک راه حل بهینه) و مدل های بهینه یابی تقسیم کرد.

۱-۲-۱. مطالعات شبیه سازی

Eilon and Elmaleh مطالعات شبیه سازی را برای مقایسه عملکرد پنج سیاست کنترل موجودی که دارای الگوی تقاضای فصلی و نوسان دار بوده، انجام داده اند. نتایج شبیه سازی چندین منحنی غیرخطی بوده که نشان دهنده ارتباط بین نرخ دوباره پرسازی و سطح ذخیره متوسط می باشد. سه تا از این سیاست ها، شامل ذخیره اطمینان بوده، اما آنها درباره چگونگی تخمین ذخیره اطمینان بحثی نکرده اند[۴]. Wemmelor and whybark تجربه های شبیه سازی دیگری برای ارزیابی پروسه های تعیین اندازه دسته برای سیستم تک مرحله ای تحت عدم قطعیت در تقاضا ارائه داده اند. سنجش هزینه از این پروسه با سطح سرویس نزدیک به ۹۹/۹۹۹٪ انجام شده است و ذخیره های اطمینان برای رسیدن به این سطح سرویس توسط یک روش جستجو روتین، یعنی آزمایش و خطا انجام می شود[۵].

DeBodt and wassenhove یک مطالعه موردی را در یک کمپانی ارائه داده اند که در آن از MRP در محیطی پویا (عدم قطعیت قابل توجه در تقاضا) استفاده شده است. تنظیمات موجودی اطمینان بوسیله یک مطالعه شبیه سازی آنالیز می شود و چندین استراتژی تعریف و آنالیز شده (ترکیبی از موجودی اطمینان و زمان اطمینان) که نتایج آنها در یک نمودار که ارتباط بین سطوح سرویس مشتری و سطح متوسط موجودی را نشان می دهد، آورده شد است. آنها بوسیله نشان دادن صرفه جویی قابل ملاحظه ای که می تواند در این کمپانی انجام شود، در واقع

[1] *Multi-Echelon System*

[2] *Lead Time*

[3] *Aggregate Constraint*

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-09-05]

یک بینش مدیریتی فراهم آورده اند. اما درباره چگونگی تعیین موجودی های اطمینان بحثی نکرده اند[۶].

در مطالعاتی از Callarman and Hamrin عملکرد سه قاعده تعیین اندازه انباشته در سیستم های MRP مقایسه شده، که در آن پروسه تقاضا با عدم قطعیت روبرو است. مقایسه هزینه ها با توجه به ذخیره اطمینان برای نگهداشتن سطوح سرویس مشتری در 98%, 95% انجام شده است ذخیره اطمینان مورد نیازبا استفاده از قاعده تصمیم سطح سرویس [1](SLDR) تعیین می‌شود SLDR براساس آنالیز رگرسیون خطی[2] بر روی اندازه های شبیه سازی شده از مجموعه فاکتورهایی مانند: خطاهای پیش‌بینی[3]، ضریب واریانس تقاضا[4] زمان مورد انتظار بین سفارشات می باشد. بدین ترتیب برای رسیدن به سطح سرویس موردنظر، SLDR با روش آزمون و خطا به کار گرفته شده است[۷].

Fengqi You and Grossmann برای تنظیم سطوح ذخیره اطمینان در یک شبکه زنجیره تامین از یک مدل برنامه ریزی غیرخطی عدد صحیح مختلط[5] استفاده کرده‌اند. این مدل دو معیاره می باشد: معیار اول اقتصادی بوده و معیار دوم پاسخگویی زنجیره تامین به تقاضای مشتری را نشان می دهد. معیار اقتصادی با روش ارزش خالص فعلی اندازه گیری شده در حالیکه معیار دوم (پاسخگویی) با توجه به زمان پیشبرد که شامل زمان های انتقال، صف، تولید و راه اندازی می باشد اندازه گیری شده است. اهداف مدل برنامه ریزی غیرخطی عدد صحیح (MINLP) در واقع بیشینه کردن ارزش خالص فعلی وکمینه کردن زمان پیشبرد مورد انتظار می باشد[۱۰].

Young Jung et al برای تنظیم مقادیر ذخیره اطمینان در Kohler-Gudum and De Kok یک پروسه تنظیم ذخیره اطمینان[6] (SSAP) را پیشنهاد داده اند. هدف این تکنیک تعیین ذخیره‌های اطمینان برای دستیابی به سطوح سرویس هدف در مطالعات شبیه سازی می باشد.

این تکنیک حالت عمومی داشته و برای هر سیستم موجودی اعم از چند مرحله ای و چند محصولی قابل استفاده است. در این روش هیچگونه فرضی درباره توزیع تقاضا و یا مدل پیش بینی انجام نشده است همچنین در این روش تقاضاهای بیش از حد موجودی خالص قابل جبران بوده و در واقع سفارش تأخیر شده به حساب می آیند[۸].

[1] *Service Level Decision Rule*
[2] *Linear Regression*
[3] *Erorr Forecast*
[4] *Coefficient of Variation of Demand*
[5] *Mixed-Integer Non Linear Programming*
[6] *Safety Stock Adjustment Procedure*

۲-۲-۱. مدل های برنامه ریزی ریاضی(بهینه سازی)

این مدل ها به صورت قطعی، احتمالی و ترکیبی می باشند:

در حوزه مدل های قطعی Graves and Willems یک زنجیره تأمین تولید/توزیع چند مرحله ای را با توجه به تقاضای احتمالی مطرح کرده اند. آنها برای تعیین ذخیره های اطمینان در یک زنجیره تأمین چند مرحله ای از یک مدل غیرخطی تک هدفه که در اصطلاح « مدل سرویس ضمانت شده[7]» نامیده شده است، استفاده کرده اند. آنها مدل مذکور را برای تعیین موقعیت ذخیره های اطمینان در زنجیره تأمین توسعه داده اند. هر مرحله در زنجیره تأمین بوسیله یک سیاست ذخیره مبنا کنترل می شود با این فرض که یک کران بالایی برای سطح تقاضا مشتری در نظر گرفته شده است بنابراین ذخیره های اطمینان بوسیله رویکرد مطرح شده برای پوشش تقاضاهای زیر کران بالا تنظیم می شود. آنها فرض کرده اند که تقاضا دارای توزیع نرمال است. برای هر مرحله زمان پیشبرد معلوم و قطعی می باشد و هیچگونه محدودیت ظرفیت در نظر گرفته نشده است[۹].

یک زنجیره تأمین چند مرحله ای یک مدل برنامه ریزی خطی را توسعه داده اند. در این مدل متغیرهای کنترل ذخیره اطمینان (سطوح موجودی هدف که در مدل های برنامه ریزی و زمانبندی تولید به کار گرفته شده است) و سطوح سرویس که هم در مراحل تولیدی و هم در انبارها مورد استفاده قرار گرفته است به عنوان متغیرهای تصمیم این مدل در نظر گرفته شده اند[۱۱].

Boulaksil et al مسئله تعیین ذخیره های اطمینان در سیستم های موجودی چند مرحله ای- چند محصولی را مطرح کردند. این سیستم ها با عدم قطعیت در تقاضا روبرو هستند. رویکرد آنها در تعیین سطوح ذخیره‌های اطمینان، شبیه‌سازی بوده و مطالعات شبیه سازی بر پایه حل مسئله برنامه‌ریزی زنجیره تامین در یک افق غلتان مطرح شده است.در این مقاله فرض شده که پروسه تقاضا و دوباره پرسازی موجودی از سطوح ذخیره اطمینان مستقل بوده و همه کمبودهای بوجود آمده در سیستم و در تمام مراحل زنجیره، سفارشات تاخیر شده می باشد که قابل جبران است و هیچگونه فرضی درباره شکل تقاضا و پروسه پیش بینی انجام نشده زیرا این عمل، رویکرد به کار گرفته شده را کمتر محدود می کند [۲].

در حوزه مدل های احتمالی Abdel-Malek et al با استفاده از تئوری صف به تنظیم ذخیره اطمینان در یک زنجیره تامین چند مرحله‌ای پرداخته است. این زنجیره از طریق مناقصه یا مشارکت بلندمدت با تعدادی از پیمانکاران در ارتباط می باشد. زنجیره تامین به عنوان یک سری از صف های پشت سر هم[8] مدل شده و

[7] *Guaranteed-Service*
[8] *Tandem Queue*

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-09-05]

ذخیره اطمینان طوری تنظیم شده که علاوه بر داشتن یک ارتباط پیوسته با پیمانکاران، یک سطح سرویس مناسبی حاصل شود[۱۲].

در حوزه مدل های ترکیبی، Inderfurth and minner برای حل مسئله "تنظیم سطوح ذخیره اطمینان در سیستم های موجودی چند مرحله ای" از برنامه ریزی پویا استفاده کرده اند.همچنین برای تقاضای خارجی، یک توزیع نرمال در نظر گرفته شده است. البته دراین مقاله اقلام با تقاضای بالا بررسی شده اند و اقلام دیر مصرف با تقاضای پراکنده (مانند اقلام قابل تعمیر) در نظر گرفته نشده اند. سیستم موجودی از یک سیاست ذخیر مبنا[1] با بازبینی دوره ای پیروی می کند. آنها فرض کرده‌اند که هر نقطه ذخیره در سیستم با یک محدودیت سطح سرویس روبرو است و تقاضای مشتری در نقاط ذخیره نهایی بدون تأخیر برآورده می شود[۱۱].

مدل های بررسی شده اکثرا دارای فرضیات محدود کننده و دور از واقعیت هستند از قبیل:فرض توزیع خاص برای تقاضا، نامحدود بودن ظرفیت تولید ،قطعی بودن زمان های پیشبرد. ضمن این که روش موثر و روشنی برای تنظیم ذخیره اطمینان ارائه نداده اند مانند مطالعات شبیه سازی.

در این مقاله محدودیت‌هایی مانند ظرفیت تولید، اندازه دسته در سفارش مواد اولیه و محدودیت‌های مالی در خرید مواد اولیه در مدل لحاظ شده اند. زمان پیشبرد سفارش مواد اولیه بصورت یک محدودیت فازی مدل شده است و هیچگونه فرضی برای توزیع تقاضا ارائه نشده و قابلیت اطمینان تامین کنندگان خارجی(تامین کنندگان مواد اولیه)، تامین کنندگان داخلی (پیمانکاران و تجهیزات تولید) به وسیله یک سیستم خبره فازی محاسبه و برای پوشش عدم قطعیت تقاضای مشتری از تکنیک افق غلتان استفاده شده است.

هسته رویکرد که در واقع حل مدل برنامه ریزی زنجیره تامین است بسیار تکرار شده و مدل برنامه ریزی بدون ذخیره های اطمینان حل می گردد. بعد از هر بار حل مدل، مقادیر سفارشات عقب افتاده ثبت می شود ضمنا تمام تقاضاهای تامین نشده[2] را سفارشات عقب افتاده فرض کرده ایم. حال در پایان شبیه سازی با توجه به مقادیر سفارشات عقب افتاده در تمام پریودها و مراحل، ذخایر اطمینان را طوری تعیین می کنیم که سطح سرویس (خدمت) به مقداری از پیش تعیین شده برسد(بزرگتر مساوی ۹۹٪) و هزینه کل مینیمم شود.

در این مقاله یک مدل دو هدفه فازی برای تنظیم ذخیره اطمینان در زنجیره تامین شرکت قطعات محوری خراسان توسعه داده شده است.در بخش دوم، مسئله موجود را تعریف کرده و فرضیات تحقیق را شرح خواهیم داد.در بخش سوم به تفصیل،رویکرد پیشنهاد شده را بررسی می کنیم.در بخش چهارم با استفاده از روش "حنان" مدل دو هدفه فازی را حل می کنیم.در بخش پنجم کارایی مدل را در شرکت قطعات محوری خراسان شبیه سازی کرده ونتایج حاصل از آن را تجزیه و تحلیل می کنیم و در بخش ششم نتیجه گیری وپیشنهاداتی برای مطالعات آتی ارائه خواهیم داد.

۲. فرضیات مدل

- تقاضاهای بیش از حد انتظار از سوی مشتریان که سیستم جوابگوی آنها نیست،سفارشات عقب افتاده هستند.این سفارشات در دوره های بعدی قابل جبران می باشد.
- صدور سفارشات، فرایند تقاضا و دوباره پرسازی موجودی از مقادیر ذخیره اطمینان، مستقلند.
- برای تقاضای مشتری تابع چگالی خاصی در نظر گرفته نشده است.
- تامین کنندگان مواد اولیه، تامین کنندگان خارجی نامیده می شوند.
- قابلیت اطمینان تامین کننده، درصدی از سفارش است که بلافاصله تامین می گردد.

۳. رویکرد

با توجه به فرضیات بالا یک فرایند شبیه سازی مطابق آنچه در زیر آمده انجام می شود و افق برنامه ریزی به یک تعداد ثابتی از ظرف های زمانی (۵۰ هفته) تقسیم می شود. مولد تقاضا برای هر کدام از این ظرف های زمانی، تقاضا را پیش بینی می کند سپس مدل برنامه ریزی چند هدفه فازی با توجه به همه محدودیت های مواد و منابع حل می گردد. این مدل شامل متغیرهای صحیح نیز می باشد زیرا محدودیت اندازه دسته در سفارش مواد اولیه در مدل لحاظ شده است. در پایان اولین ظرف زمانی (سیکل برنامه‌ریزی)، حالت سیستم یعنی سطوح موجودی و پیش بینی‌های تقاضا به روز می شود. سیکل برنامه ریزی، تکرار شده البته بر روی افقی که یک پریود به جلو انتقال پیدا کرده است.ضمنا قابلیت اطمینان تامین کنندگان مواد اولیه و پیمانکاران به وسیله یک سیستم خبره فازی تعیین گردیده است.

با حل مسئله برنامه ریزی زنجیره تامین که با هر بار به هنگام شدن تقاضا تکرار می شود، مقادیر سفارشات عقب افتاده در طول افق برنامه ریزی مشخص می شود.حال مقدار ذخیره های اطمینان برای جلوگیری از این سفارشات عقب افتاده طوری محاسبه می گردد که مقدار سطح سرویس مشتری به یک اندازه از پیش تعیین شده برسد.سطح سرویس مشتری برای همه

[1] *Base Stock Level*
[2] *Unsatisfied Demand*

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-09-05]

محصولات در همه مراحل زنجیره تامین خارج از مدل تنظیم می‌گردد. این سطح ، قسمتی از تقاضا است که مستقیما از موجودی در دست، پاسخ داده می شود(معیار نرخ دوباره پرسازی).

۱-۳. ارزیابی قابلیت اطمینان تامین کنندگان خارجی و داخلی

یکی از پارامترهای عدم قطعیت مدل، قابلیت اطمینان تامین کنندگان مواد اولیه و پیمانکاران است. تامین کنندگان مواد اولیه، در اصطلاح تامین کنندگان خارجی نامیده می شوند[۱]. برای تعیین قابلیت اطمینان تامین کنندگان خارجی و پیمان کاران از یک سیستم خبره فازی استفاده شده است. همچنین هر کدام از واحدهای داخلی SC برای واحد بعدی خود یک تامین کننده داخلی به شمار می آیند.

قابلیت اطمینان تامین کنندگان را می توان با توجه به تجربیات و ذهنیات افراد خبره (مدیران، مهندسین و غیره) با استفاده از منطق فازی به صورت عبارات زبانی بیان کرد و بدین منظور لازم است عوامل موثر در قابلیت اطمینان تامین کنندگان مشخص شود و اثرات هر یک از عوامل در تعیین میزان قابلیت اطمینان یک تامین کننده از دیدگاه خبرگان معین گردد. در شرایط عدم قطعیت می توان از سیستم های خبره فازی استفاده کرد.. البته از این مدل می توان برای انتخاب و ارزیابی تامین کنندگان و پیمان کاران بهره گرفت، که ما در اینجا به دنبال ارزیابی هستیم. ضرایب اهمیت معیارهای مختلف در قالب متغیرهای زبانی مورد توجه قرار می گیرد بنابراین سیستم های خبره فازی با الگو گرفتن ازشیوه های قضاوتی افراد خبره، می تواند قابلیت اطمینان تامین کنندگان و پیمان کاران را به طور مناسب تعیین کند. برخی از معیارها عبارتند از:

۱. قابلیت اطمینان سیستم حمل و نقل تامین کننده و پیمان کار
۲. گارانتی و خدمات پس از فروش
۳. درصد ظرفیت خالی
۴. تطابق سطح کیفی با مشخصات و استانداردها و غیره

ما هر یک از معیارهای فوق را با سه عبارت زبانی بیان کرده ایم و با استفاده از سیستم استنتاج فازی ممدانی و نرم افزار MATLAB، میزان قابلیت اطمینان را بصورت مجموعه های فازی نمایش داده ایم. قابلیت اطمینان تامین کننده یک عدد فازی مثلثی است که بوسیله سه عدد (Low , Medium , Upper) مشخص می‌شود. به دلیل آن که مقدار خروجی سیستم استنتاج یک مجموعه فازی نامشخص می باشد، لازم است امکان پذیرترین مقادیر جهت تخمین عدد فازی مثلثی در نظر گرفته شود. بدین منظور در فرآیند دی فازی از چند عملگر متفاوت مانند Lom, mom, som برای به دست آوردن مقادیر Low و Medium و Upper استفاده شده است [۱].

۱-۱-۳. قابلیت اطمینان تامین کنندگان داخلی

قابلیت اطمینان واحدهای تولیدی و مونتاژ زنجیره، بر اساس قابلیت اطمینان واحدهای پیش نیاز خود محاسبه می شوند. به منظور شناخت قابلیت اطمینان تامین کنندگان داخلی باید کلیه تامین کنندگان خارجی به عنوان واحدهایی با قابلیت اطمینان معلوم معین شوند.

واحدی که قابلیت اطمینان کلیه پیش نیازهای آن مشخص باشد به عنوان واحد جاری انتخاب می شود. هر یک از پارامترهای عدد فازی، قابلیت اطمینان واحد جاری را به ترتیب با استفاده از میانگین پارامترهای L، m و u مربوط به قابلیت اطمینان واحدهای پیش نیاز آن، تعیین می گردد. واحد جاری به مجموعه واحدهای با قابلیت اطمینان معلوم اضافه می شود در صورتی که قابلیت اطمینان همه واحدها مشخص نشده باشد باید روند بالا را تکرار کنیم [۱].

۲-۳. مولد تقاضا

مرحله اول رویکرد، ایجاد یک سری پیش بینی هایی برای تقاضا است که برای مدل برنامه ریزی ، ورودی محسوب می شوند. در این جا هیچگونه فرضی درباره توزیع تقاضا نکرده ایم و با استفاده از داده های گذشته و پیش بینی می توان به بهترین تابع چگالی احتمال مناسب دست یافت.

برای دستیابی به بهترین تابع چگالی احتمال، پارامترهای توزیع باید تخمین زده شوند. این پارامترها، ورودی مولد تقاضا می باشند.مولد تقاضا به طور تصادفی یک سری پیش بینی هایی را بر اساس این پارامتر ($\mu_{d,i}$ و $\delta_{d,i}$) تولید می کند. اولین پارامتر ،تقاضایی است برای قلم i ام که از مشتری انتظار می رود ($\mu_{d,i}$) .دیگری انحراف معیار از خطاهای پیش بینی ($\delta_{d,i}$) می باشد[۲].

برای محاسبه تقاضایی که از مشتری انتظار می رود ، از میانگین وزنی تقاضای دوره های گذشته استفاده می کنیم. در این روش داده های نزدیک تر وزن بیشتر و داده های دورتر وزن کمتری دارند. اگر $d_i(t)$ ، تقاضا برای قلم i ام در پریو t ام باشد داریم:

$$\mu_{d,i} = \sum_{j=n}^{n-n_1+1} w_j d_j(t-j) + \sum_{j=n-n_1}^{1} w'_j \, d_i(t-j) \qquad (۱)$$

$$\sum_{j=n}^{n-n_1+1} w_j + \sum_{j=n-n_1}^{1} w'_j = 1 \qquad (۲)$$

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-09-05]

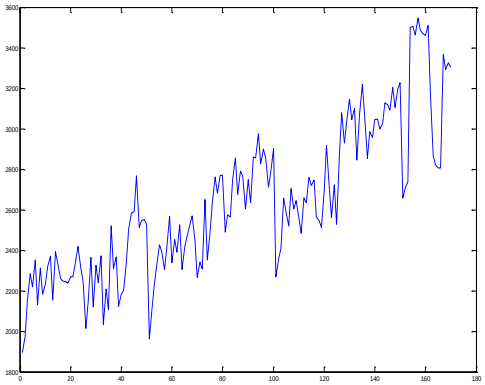
که در آن w_j وزن داده های نزدیک تر و w_j' وزن داده های دورتر می باشد و بین این دو، رابطه زیر برقرار است:

انحراف معیار از خطاهای پیش بینی بصورت فرمول زیر بدست می آید:

$$\delta_{d,i}(h)=\left[\frac{1}{T-1}\sum_{s=-T}^{1}(d_i(t+s)-\hat{d}_i(t+s-h,t+s)\right]^{\frac{1}{2}} \quad (۳)$$

در این فرمول T، طول افق برنامه ریزی بوده و $\hat{d}_i(t+h,t)$ پیش بینی تقاضای دوره t ام از قلم iام که دوره t-h انجام شده است. h نیز افق پیش بینی می باشد.

شکل (۱) تقاضای محصول نهایی را از فروردین ۸۶ تا مرداد ۸۹ نشان می دهد. (۱۷۰ هفته کاری)



شکل ۱. تقاضای محصول نهایی از فروردین ۸۶ تا مرداد ۸۹ (۱۷۰ هفته کاری)

با مشاهده تقاضاهای گذشته متوجه می شویم که تقاضا کم وبیش دارای یک اثر سیکلی با یک روند صعودی می باشد که مدت زمان سیکل، ۵۰ هفته می باشد. در نتیجه بهترین فرمول برای پیش بینی تقاضا بصورت زیر است:

$$\hat{d}_i(t)=a+bt+u\cos\frac{2\pi}{N}t+v\sin\frac{2\pi}{N}t \quad (۴)$$

کهN، تعداد پریودها در یک سیکل می باشد. v,u,b,a توسط نرم افزار (MATLAB) به بهترین نحو به دست می آیند اما این فرمول به تنهایی نمی تواند تقاضا را پیش بینی کند و خطای زیادی دارد در نتیجه خروجی آن را در فرمول (۳) قرار داده و مطابق با مقدار پارامترهای $\mu_{d,i}$ و $\delta_{d,i}$ یک توزیع تجربی برای تقاضا به دست می آوریم.

تقاضای قطعه موردنظر بگونه ای است که $\mu_{d,i}$ رفتار ثابت و یکنواختی ندارد و تابع زمان است در نتیجه برای محاسبه $\mu_{d,i}$ از وزن های زیر استفاده می کنیم. همانطور که می بینید داده‌های نزدیکتر وزن بیشتر و داده های دورتر وزن کمتری دارند وجمع اوزان برابر یک است.

جدول ۱. وزن تقاضای دوره های گذشته برای محاسبه تقاضای مورد انتظار در دوره t

داده	وزن هر داده
d(t-8),d(t-7),...,d(t-1)	0.0625
d(t-16),...,d(t-9)	0.0375
d(t-32),...,d(t-17)	0.0094
d(t-50),...d(t-33)	0.0028

۳-۳. مدل برنامه ریزی زنجیره تامین

ما از بین مدل های بررسی شده در ادبیات موضوع ، مدل Boulaksil et al(2009) را به عنوان مبنا انتخاب می کنیم زیرا آنها محدودیت های موجود در واحدهای صنعتی مانند ظرفیت تولید و اندازه دسته در سفارش مواد اولیه را در مدلشان به کار برده اند. همچنین آنها یک راه حل موثر و روشن برای تنظیم ذخیره اطمینان در زنجیره های تامین چند مرحله ای ارائه داده و هیچگونه فرض محدودکننده ای را درباره پروسه تقاضا مطرح نکرده اند.

اما دلایل توسعه مدل بولاکسیل و همکارانش به مدل مطرح شده در این مقاله به شرح زیر است:

۱- مدل Boulaksil et al(2009) از عدم قطعیت موجود در عملیات های تولید قطعات نیمه ساخته و تامین مواد اولیه چشم پوشی کرده است.

۲- محدودیت در خرید مواد اولیه در مدل Boulaksil et al(2009) لحاظ نشده است(محدودیت مالی).

۳- زمان پیشبرد سفارش مواد اولیه با عدم قطعیت روبرو بوده ولی در مدل Boulaksil et al(2009) ، قطعی فرض شده است.

در مدل این مقاله،محدودیت خرید مواد اولیه لحاظ شده و میزان قابلیت فازی تامین کنندگان مواد اولیه و پیمانکاران بوسیله سیستم خبره فازی تعیین گردیده همچنین زمان پیشبرد سفارش مواد اولیه بصورت اعداد فازی مثلثی مدل شده است.

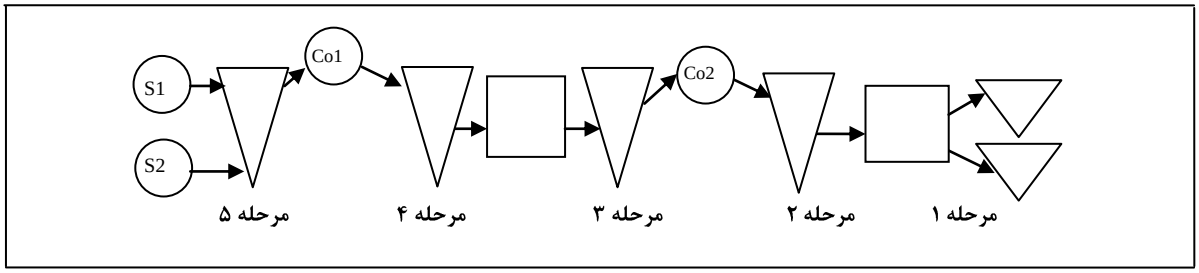
زنجیره تامین بررسی شده در این مقاله در شکل(۲) نمایش داده شده است که توضیح آن به شرح زیر است:

ما در این جا یک زنجیره تامین پنج مرحله ای داریم زیرا:

۱- مواد اولیه ارسالی از سوی تامین کنندگان در انبار مخصوص این مواد ذخیره می شود(جریان بالای رودخانه[1]).

[1] *Upstream*

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-09-05]



شکل۲. یک زنجیره تامین پنج مرحله ای که در مدل برنامه ریزی زنجیره تامین مطرح شده است

محدودیت های مدل

Co1: پیمان کار اول(مشهد) *Co2*: پیمان کار دوم(تهران)

S1[1]: تامین کننده مواد اولیه(داخل کشور) *S2*: تامین کننده مواد اولیه(خارج کشور)

$$MinTC=\sum_{n_1}\sum_{t=1}^{T}\tilde{C}_1.UD_{n_1}(t)+\sum_{n_1}\sum_{t=1}^{T}\tilde{C}_2.P_{n_1}(t)+\sum_{n_1}\sum_{t=1}^{T}\tilde{C}_3.EI_{n_1}(t)$$
$$+\sum_{n_2}\sum_{t=1}^{T}\tilde{C}_4.UDD_{n_2}(t)+\sum_{n_2}\sum_{t=1}^{T}\tilde{C}_5.S_{n_2}(t)+\sum_{n_2}\sum_{t=1}^{T}\tilde{C}_6.EI_{n_2}(t)+\sum_{n_3}\sum_{t=1}^{T}\tilde{C}_7.UDD_{n_3}(t)+ \quad (۵)$$
$$\sum_{n_3}\sum_{t=1}^{T}\tilde{C}_8.P_{n_3}(t)+\sum_{n_3}\sum_{t=1}^{T}\tilde{C}_9.EI_{n_3}(t)+\sum_{n_4}\sum_{t=1}^{T}\tilde{C}_{10}.UDD_{n_4}(t)+\sum_{n_4}\sum_{t=1}^{T}\tilde{C}_{11}.S_{n_4}(t)+\sum_{n_4}\sum_{t=1}^{T}\tilde{C}_{12}.EI_{n_4}(t)$$
$$+\sum_{n_5}\sum_{t=1}^{T}\tilde{C}_{13}.UDD_{n_5}(t)+\sum_{n_5}\sum_{t=1}^{T}\tilde{C}_{14}.EI_{n_5}(t)$$

۲-مواد اولیه برای پیمانکار اول ارسال می‌شود که بعد از عملیات‌های "سری تراشی و انواع سوراخکاری" به شرکت بازگشته و ذخیره می‌شود.

۳- بر روی قطعات نیمه ساخته از مرحله قبل، در خود واحد، عملیات برقوزنی، تابگیری و سنگ زنی انجام می شود و قطعات نیمه ساخته ذخیره و آماده ارسال برای پیمانکار دوم می شوند.

۴- قطعات نیمه ساخته به پیمان کار دوم انتقال می یابد که بعد از عملیات نیتروره کردن به شرکت بازگشته و ذخیره می شوند.

۵- از اینجا در واحد، عملیات مونتاژ پولک، رنگ زنی، مارک زنی روی قطعه انجام می شود و محصول نهایی در انبار محصول ذخیره می گردد (جریان پایین رودخانه[2]). حالت سیستم یعنی سطوح موجودی و پیش بینی های تقاضا بعد از هر بار اجرای شبیه سازی به هنگام می شود همچنین ذخایر اطمینان در مدل برنامه ریزی معادل با صفر هستند و در واقع مدل موردنظر باید بدون ذخایر اطمینان حل شود. در مدل برنامه ریزی تمامی هزینه ها به جز هزینه نگهداری ذخیره اطمینان در نظر گرفته شده است و حل مدل برنامه ریزی شامل صدور سفارشات لازم برای سیستم تولید و تعیین سطوح موجودی در نقاط ذخیره است. صدور سفارشات در مدت زمان پیشبرد بوده و اطلاعات مربوط به آن در دوره انجماد ذخیره می شود و در تکرارهای بعدی از حل مدل، قابل تغییر نیستند. حال به بررسی توابع هدف این مدل ریاضی می پردازیم.

۱-۳-۳. توابع هدف

اولین تابع هدف، مینیمم سازی هزینه های کل می باشد و چندین ضریب هزینه برای مراحل چندگانه زنجیره تامین در نظر گرفته شده اند. اگر T ،افق برنامه ریزی و t ،یک پریود زمانی معلوم باشد، تعداد کل اقلام در مرحله jام که $j\in\{1,2,3,4,5\}$ است و n_j یک قلم خاص مربوط به مرحله jام باشد، **تابع هدف اول** بصورت زیر است:

مفهوم نمادهای استفاده شده در مدل، در جدول(۶) معرفی شده‌اند.

۱-۱-۳-۳-تابع هدف دوم

هدف دوم مربوط به سطح سرویس مشتری می شود که سعی در ماکزیمم سازی آن داریم. در واقع هدف دوم با هدف اول در تقابل می باشد و هدف دوم به شرح زیر است.

$$Max\left(\frac{1}{T}.\Sigma\left(1-\frac{UD_{n_1}(t)}{ID_n(t)}\right)\right) \quad (۶)$$

[1] *Supplier*
[2] *Downstream*

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-09-05]

مرحله اول:

$$I_{n_1}(t) = I_{n_1}(t-\mathbf{1}) + P_{n_1}(t) - TD_{n_1}(t) \qquad n_1 = \mathbf{1},..., N_1 \quad t = \mathbf{1},..., T \tag{۷}$$

$$TD_{n_1} = [(\mathbf{2} - defuzzy(\tilde{r}_1)).ID_{n_1}(t)] - UD_{n_1}(t-\mathbf{1}) + UD_{n_1}(t) \tag{۸}$$

$$\mathbf{0} \le P_{n_1}(t) \le \tilde{P}_{n_1 \max} \tag{۹}$$

مرحله دوم:

$$I_{n_2}(t) = I_{n_1}(t-\mathbf{1}) + S_{n_2}(t) - DD_{n_2}(t) - UDD_{n_2}(t-\mathbf{1}) + UDD_{n_2}(t) \qquad n_2 = \mathbf{1},..., N_2 \quad t = \mathbf{1},..., T \tag{۱۰}$$

$$DD_{n_2}(t) = BOM_{n_2,n_1}.(\mathbf{2} - defuzzy(\tilde{r}_2)).\sum_{n_1} P_{n_1}(t-L_1) \quad , \quad n_2 = \mathbf{1},..., N_2 \quad t = \mathbf{1},..., T \tag{۱۱}$$

$$\mathbf{0} \le S_{n_2}(t) \le \tilde{S}_{n_2 \max} \tag{۱۲}$$

مرحله سوم:

$$I_{n_3}(t) = I_{n_3}(t-\mathbf{1}) + P_{n_3}(t) - DD_{n_3}(t) - UDD_{n_3}(t-\mathbf{1}) + UDD_{n_3}(t) \qquad n_3 = \mathbf{1},..., N_3 \quad t = \mathbf{1},..., T \tag{۱۳}$$

$$DD_{n_3}(t) = BOM_{n_3,n_2}.(\mathbf{2} - defuzzy(\tilde{r}_3)).\sum_{n_2} P_{n_2}(t-L_2) \quad , \quad n_3 = \mathbf{1},..., N_3 \quad t = \mathbf{1},..., T \tag{۱۴}$$

$$\mathbf{0} \le P_{n_3}(t) \le \tilde{P}_{n_3 \max} \tag{۱۵}$$

مرحله چهارم:

$$I_{n_4}(t) = I_{n_4}(t-\mathbf{1}) + P_{n_4}(t) - DD_{n_4}(t) - UDD_{n_4}(t-\mathbf{1}) + UDD_{n_4}(t) \qquad n_4 = \mathbf{1},..., N_4 \quad t = \mathbf{1},..., T \tag{۱۶}$$

$$DD_{n_4}(t) = BOM_{n_4,n_3}.(\mathbf{2} - defuzzy(\tilde{r}_4)).\sum_{n_3} P_{n_3}(t-L_3) \tag{۷}$$

$$\mathbf{0} \le P_{n_4}(t) \le \tilde{S}_{\max n_4} \tag{۱۸}$$

مرحله پنجم:

$$I_{n_5}(t) = I_{n_5}(t-\mathbf{1}) + O_{\mathbf{1}n_5}(t) - O_{\mathbf{2}n_5}(t) - DD_{n_5}(t-\mathbf{1}) + UDD_{n_5}(t) + UDD_{n_5}(t-\mathbf{1}) \quad n_5 = \mathbf{1},..., N_5 \quad t = \mathbf{1},..., T \tag{۱۹}$$

$$DD_{n_5}(t) = BOM_{n_5,n_4}.(\mathbf{2} - defuzzy(\tilde{r}_5))\sum_{n_4} P_{n_4}(t-L_4) \tag{۲۰}$$

$$O_{\mathbf{1}n_5}(t) = K_{\mathbf{3}}.Q_{\mathbf{1},n_5} \tag{۲۱}$$

$$O_{\mathbf{2}n_5}(t) = K_{\mathbf{4}}.Q_{\mathbf{2},n_5} \tag{۲۲}$$

$$\sum_{t=\mathbf{1}}^{T}(O_{\mathbf{1}}(t) + O_{\mathbf{2}}(t)) \tilde{\le} M\tilde{P}\,RC \tag{۲۳}$$

$$TLT_{\mathbf{1},\min} \le TLT_{\mathbf{1}} \tilde{\le} TLT_{\mathbf{1},\max} \tag{۲۴}$$

$$TLT_{\mathbf{2},\min} \le TLT_{\mathbf{2}} \tilde{\le} TLT_{\mathbf{2},\max} \tag{۲۵}$$

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-09-05]

متغیرهای غیر منفی در مدل عبارتند از:

$$I_j(t), P_i(t), UD_j(t), UDD_j(t), DD_j(t) \geq \mathbf{0} \quad j = \mathbf{1},...,\mathbf{5},\ t = \mathbf{1},...,T, i = \mathbf{1},...,\mathbf{4}$$
$$\mathrm{O}_{\mathbf{1}}(t), \mathrm{O}_{\mathbf{2}}(t) \geq \mathbf{0} \qquad (۲۶)$$

۲-۱-۳-۳.تشریح محدودیتها

توابع هدف با توجه به این محدودیت بهینه می شوند. حال این محدودیت ها را در تمام مراحل زنجیره تامین بررسی می کنیم:

مرحله اول:

معادله (۷)، تعادل موجودی را در این مرحله (نقطه ذخیره) نشان می دهد. سطح موجودی از قلم n_1 در پایان پریود tام برابر با مجموع سطح موجودی از این قلم در پایان پریود t-1ام و تولید از این قلم در پریود tام منهای تقاضای کل از این قلم در پریود tام است.

با توجه به تعریف میزان قابلیت اطمینان تامین کنندگان خارجی و داخلی، اگر مشتری به مرحله اول، $ID_{n_1}(t)$ واحد سفارش دهد این مرحله فقط می تواند defuzz($\tilde{r}_1$). $ID_{n_1}(t)$ از آن را تامین کند.این، یعنی، افزایش سفارشات عقب افتاده در این مرحله که در اثر قابلیت اطمینان فازی $\tilde{r}_1$ به وجود آمده است . از آنجایی که باید سفارشات عقب افتاده جبران شود تقاضای کل از این مرحله برابر است با تقاضای مستقل به علاوه سفارشات عقب افتاده از قلم n_1 در پریود قبل منهای سفارشات عقب افتاده از این قلم در این پریود(۸). در واقع تقاضای مستقل، ورودی مدل برنامه ریزی می باشد. نامعادله(۹) در واقع محدودیت ظرفیت تولید محصول را در این مرحله نشان می دهد.

مرحله دوم:

مانند مرحله اول، معادله تعادل موجودی برقرار است(۱۰). در این مرحله تقاضای کل برابر است با تقاضای وابسته به مرحله اول به علاوه سفارشات عقب افتاده از قلم n_2 در پریود قبل منهای سفارشات عقب افتاده از این قلم در این پریود (۱۱). تقاضا، وابسته به مرحله اول بوده و برابر است با ضرب مقدار تولید شده از اقلام n_1 در فاکتور BOM در ([1-defuzz($\tilde{r}_2$)]+1) . ضمن اینکه زمان به اندازه لید تایم مرحله اول جابجا شده است. نامعادله (۱۲) در واقع ظرفیت ارسال قطعات نیمه ساخته از طرف پیمان کار دوم(تهران) به شرکت را در این مرحله نشان می دهد.

مرحله سوم:

مانند مراحل اول و دوم، معادله تعادل موجودی برقرار است (۱۳). در این مرحله تقاضای کل برابر است با تقاضای وابسته به مرحله دوم به علاوه سفارشات عقب افتاده از قلم n_3 در پریود قبل منهای سفارشات عقب افتاده از این قلم در این پریود(۱۴). تقاضا،وابسته به مرحله دوم بوده و برابر است با ضرب مقدار تولید شده از اقلام n_2 در فاکتور BOM در ([1-defuzz($\tilde{r}_3$)]+1). ضمن اینکه زمان به اندازه لید تایم مرحله دوم جابجا شده است. نامعادله (۱۵) در واقع محدودیت ظرفیت تولید قطعات نیمه ساخته را در این مرحله نشان می دهد.

مرحله چهارم:

مانند مراحل قبل، معادله تعادل موجودی برقرار است (۱۶). در این مرحله تقاضای کل برابر است با تقاضای وابسته به مرحله سوم به علاوه سفارشات عقب افتاده از قلم n_4 در پریود قبل منهای سفارشات عقب افتاده از این قلم در این پریود(۱۷). تقاضا، وابسته به مرحله سوم بوده و برابر است با ضرب مقدار تولید شده از اقلام n_3 در فاکتور BOM در ([1-defuzz($\tilde{r}_4$)]+1). ضمن اینکه زمان به اندازه لید تایم مرحله سوم جابجا شده است.

نامعادله(۱۸) در واقع ظرفیت ارسال قطعات نیمه ساخته از طرف پیمان کار اول(مشهد) به شرکت را در این مرحله نشان می‌دهد.

مرحله پنجم:

مانند مراحل قبل، معادله تعادل موجودی برقرار است(۱۹). در این مرحله تقاضای کل برابر است با تقاضای وابسته به مرحله چهارم به علاوه سفارشات عقب افتاده از قلم n_5 در پریود قبل منهای سفارشات عقب افتاده از این قلم در این پریود(۲۰). تقاضا وابسته به مرحله چهارم برابر است با ضرب مقدار تولید شده از اقلام n_4 در فاکتور BOM در ([1-defuzz($\tilde{r}_5$)]+1). البته زمان به اندازه لید تایم مرحله چهارم جابجا شده است.

در این مرحله اقلام سفارش داده شده از تامین کنندگان خارجی و داخلی باید مضرب صحیحی از $Q_{\gamma n_5}, Q_{\gamma n_5}$ (اندازه‌های دسته سفارش مواد اولیه از تامین کنندگان) باشد (معادلات۲۱و۲۲). همچنین مجموع سفارش مواد اولیه از تامین کنندگان نباید از حد ماکزیمم خرید این مواد ($\widetilde{MPRC}$) برای اقلام بررسی شده بیشتر باشد و این نامساوی، فازی است (معادله۲۳).

زمان پیشبرد سفارش مواد اولیه از خارج کشور قطعا از هفته $TLT_{\min,1} = \mathbf{13}$ بیشتر بوده اما زمان واقعی آن به دلایلی که در

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-09-05]

شکل (۲) مطرح شد با عدم قطعیت روبرو است در نتیجه محدودیت مربوط به آن با یک نامساوی فازی نمایش داده شده است (هفته $TLT_{\max,1}=\mathbf{17}$). زمان پیشبرد سفارش مواد اولیه از داخل کشور قطعا از هفته $TLT_{\min,1}=\mathbf{4}$ بیشتر بوده اما زمان واقعی آن به دلایلی که در شکل (۲) مطرح شد با عدم قطعیت روبرو است در نتیجه محدودیت مربوط به آن نیز با یک نامساوی فازی به نمایش در آمده است. (هفته $TLT_{\max,1}=\mathbf{9}$). (معادلات۲۴و۲۵)

۴-۳. سفارشات عقب افتاده و ذخیره های اطمینان

بعد از حل مدل برنامه ریزی چند هدفه فازی که در قسمت قبل درباره آن بحث شد، افق برنامه ریزی یک واحد به جلو شیفت پیدا می کند و پیش بینی کننده تقاضا برای افق جا به جا شده یک سری جدید از پیش بینی ها را تولید می کند . سفارشاتی که در دوره انجماد صادر شده ،دیگر تغییر نمی کنند و مدل برنامه ریزی دوباره حل می شود البته قبل از آن، سطوح موجودی و پیش بینی‌ها به هنگام گردیده و سفارشات عقب افتاده در صورتی که موجودی در دست، جوابگوی مقادیر پیش بینی های جدید نباشد، حادث خواهد شد.

مقادیر سفارشات عقب افتاده که از حل بهینه مدل برنامه ریزی بدست می آیند، برای هر بار حل مدل ذخیره می شوند. به خاطر این که تصور صحیحی از توزیع تجربی سفارشات عقب افتاده داشته باشیم مدل برنامه ریزی باید به دفعات حل شود. البته نتایج بدست آمده از حل مدل در تکرارهای آغازین زیاد معتبر نیست زیرا ناشی از شرایط اولیه می باشد (سطح موجودی اولیه در نقاط ذخیره مختلف $I_n(\mathbf{O})$). ارتباط بین سفارشات عقب افتاده و ذخیره های اطمینان به شرح زیر است:

فرض کنید سطوح ذخیره اطمینان معادل با ماکزیمم سفارشات عقب افتاده در همه مراحل زنجیره تامین باشد در این صورت یک سطح سرویس ۱۰۰٪ برای اقلام مختلف در مراحل پنج گانه برای تقاضاهای پیش بینی شده محقق خواهد شد.حال بر اساس سطح سرویس مشتری هدف، سطوح ذخیره اطمینان برای اقلام مختلف تعیین می گردد.

سطح سرویس برای مرحله جریان پایین رودخانه (مرحله اول) در زنجیره بوسیله معادله زیر محاسبه می شود. که β_{n_1} نرخ دوباره پرسازی برای قلم n_1 است. نرخ دوباره پرسازی، یعنی، آن قسمت از تقاضای مستقل $ID_{n_1}(t)$ که مستقیما از موجودی در دست تامین می گردد.

$$\beta_{n_1}=\frac{\mathbf{1}}{T}\sum_t\ (\mathbf{1}-\frac{UD_{n_1}(t)}{ID_{n_1}(t)}),\quad n_1=\mathbf{1},...,N_1 \qquad (۲۷)$$

برای مراحل ۲، ۳، ۴ و ۵ در زنجیره تامین سطح سرویس بصورت زیر محاسبه می شود.

$$\beta_{nj}=\frac{\mathbf{1}}{T}\sum_t\ (\mathbf{1}-\frac{UD_{nj}(t)}{DD_{nj}(t)}),\ j=\{\mathbf{2},\mathbf{3},\mathbf{4},\mathbf{5}\} \qquad (۲۸)$$

برای اطمینان از کارآیی مدل، پیاده سازی آن در دنیای واقعی اجتناب ناپذیر است. به دلیل نیاز به حجم پردازش زیاد در شبیه سازی سیستم های واقعی، استفاده از یک برنامه رایانه ای الزامی است که به دلیل استفاده از مجموعه های فازی امکان استفاده از آنها نیست بنابراین از نرم افزار Matlab برای اجرای الگوریتم ها و شبیه سازی استفاده شده است.

این مدل برای دو محصول(مجموعه محور اسبک دود و مجموعه محور اسبک سوخت) در شرکت قطعات محوری خراسان پیاده گردیده و نتایج اجرای شبیه سازی آن، تحلیل شده اند.

۴. حل مدل

چون مدل ما دارای اهداف متعارض و چندگانه می باشد برای حل آن از مدل برنامه ریزی آرمانی[1] که یکی از مهمترین روش های تصمیم گیری چندهدفه است، استفاده می کنیم. روشهای ارائه شده پیرامون برنامه ریزی آرمانی قطعی دارای بافت مشترکی هستند و هدف همه آنها حداقل کردن انحرافات نامساعد از آرمانهاست[۱۴].

با توسعه تئوری مجموعه های فازی، محققین تلاش نمودند تا نادقیقی حاکم بر آرمانها و حتی ضرایب متغیرها را وارد مدل نمایند و مدلهایی طراحی نمایند که یک گام به واقعیت نزدیک تر باشند. برای ورود به مبحث برنامه ریزی آرمانی فازی، مدل برنامه ریزی آرمان قطعی زیر را در نظر بگیرید.

$$\begin{aligned}&Min\ A=\{g_1(n_1,p_1),g_2(n_2,p_2),....,g_k(n_k,p_k)\\&S.to:\\&f_i(x)+n_i-p_i=b_i \qquad i=\mathbf{1},\mathbf{2},...,m\\&X,n_i,p_i\geq\mathbf{0}\end{aligned} \qquad (۲۹)$$

که در آن:

A: تابع دستیابی

$g_k(n_k,p_k)$: تابع متغیرهای انحرافی در اولویت k

b_i: مقدار سمت راست آرمان iام

n_i: انحراف منفی از آرمان

[1] *Goal Programming*

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-09-05]

p_i : انحراف مثبت از آرمان

$f_i(x)$: تابعی از متغیرهای تصمیم در هدف iام می باشد.

تابع هدف در برنامه ریزی آرمانی درصدد حداقل کردن انحرافات نامساعد از آرمانها می باشد.

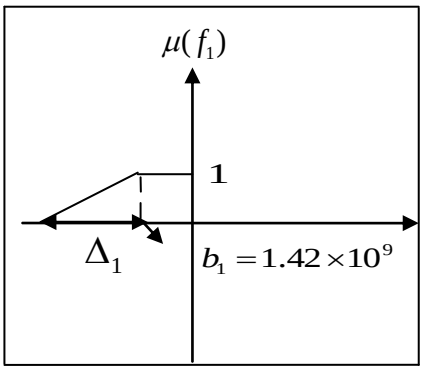
۱-۴. روش حنان

حنان ثابت کرد که یک مدل برنامه ریزی خطی با 2k محدودیت و $n+2k+1$ متغیر برای حل مساله برنامه ریزی آرمانی فازی که دارای k آرمان فازی و n متغیر تصمیم است، کفایت می‌کند. حنان مدل موردنظر خود را به صورت زیر پیشنهاد کرد[۱۴].

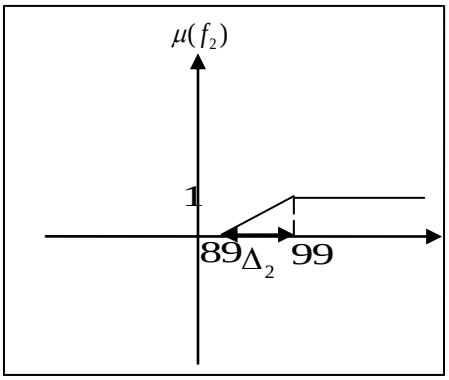
$$\begin{aligned} &\max\ \lambda \\ &S.to: \\ &\frac{f_i(x)}{\Delta i}+n_i-p_i=\frac{b_i}{\Delta i} \\ &\lambda+n_i+p_i\le 1 \\ &\lambda,n_o,p_i,x\ge 0 \end{aligned} \qquad (۳۰)$$

که در آن Δi بازه تحمل است. محدودیت $\lambda+n_i+p_i\le 1$ متضمن آن است که مقدار λ در بازه [۱ و ۰] باقی بماند و با نزدیک شدن λ به یک، میزان انحراف به سمت دستیابی به آرمان iام، مینیمم گردد[۱۴].

در اینجا تابع هدف اول (f_1)، هزینه کل و تابع هدف دوم (f_2)، سطح سرویس مشتری می باشد که در بخش قبل مطرح شدند. مقدار سمت راست آرمان اول (هزینه کل) برابر است با $b_1=1.42\times10^9$. مقدار سمت راست آرمان دوم (سطح سرویس مشتری) برابر است با $b_2=$ ۹۹٪.بازه تحمل آرمان اول برابر است با $\Delta_1=6\times10^8$. بازه تحمل آرمان دوم برابر است با $\Delta_2=10$. توابع عضویت اهداف و آرمانهای مسئله بصورت زیر است.



شکل ۳. تابع عضویت f_1



شکل۴. تابع عضویت f_2

چون مدل حنان از نوع ماکزیمم سازی می باشد و هدف اول، تابع هزینه می باشد در نتیجه تابع هزینه و مقدار سمت راست آن (b_1) در منفی ضرب شده است.

در مدل این مقاله تعداد آرمانها k=۲ و تعداد متغیرهای تصمیم n= ۷۰۰ می باشد. حال با استفاده از مدل حنان با چهار محدودیت $(2k=2\times2)$ و با ۷۰۵ متغیر تصمیم (n+2k+1=۷۰۰+۲×۲+۱) مدل برنامه ریزی چند هدفه فازی را حل می کنیم.

۵. بررسی یک نمونه عددی و شبیه سازی نتایج

۱-۵. کاربرد مدل در شرکت قطعات محوری خراسان

شرکت قطعات محوری خراسان در زمره مهمترین تولید و عرضه کنندگان پلوس و قطعات محوری موتور و گیربکس به شرکت‌های ایران خودرو، مگاموتور و دیگر واحدهای تولیدی فعال در صنعت خودرو در ایران می باشد. این واحد صنعتی دارای سه سایت تولیدی و سه انبار محصول بوده و نزدیک به ۶۰ نوع محصول مربوط به قطعات محوری موتور و گیربکس در آن تولید می گردد. شکل (۲) شمای کلی از زنجیره تامین قطعات موردنظر را نشان می دهد.

مطابق توضیحات این شکل، واحد صنعتی با مشکلاتی در تامین تقاضای مراحل مختلف زنجیره روبروست که این موضوع باعث کمبود موجودی در این مراحل و عدم پاسخگویی به موقع به تقاضای مشتری خارجی می‌شود و از آنجایی که مشتری خود یک واحد صنعتی است (سایپا)،کمبود در تامین محصول نهایی مخاطره آمیز می باشد در نتیجه ما بر آن شدیم که با یک نگاه سیستمی به زنجیره تامین این قطعات، مقدار بهینه ذخیره اطمینان را در مراحل مختلف زنجیره تعیین کنیم.

جدول زیر خروجی سیستم خبره فازی[1] را نشان می دهد:

[1] *Fuzzy Expert Systems*

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-09-05]

جدول ۲. قابلیت اطمینان تامین کنندگان خارجی و پیمانکاران حاصل از سیستم خبره

عدد فازی مثلثی	تامین کنندگان و پیمانکاران			
	S_1	S_2	CO_1	CO_2
حد پایین (Low)	۰/۷۴	۰/۷۸	۰/۹۱	۰/۹۲
حد متوسط (Medium)	۰/۸۷	۰/۸۹	۰/۹۵۵	۰/۹۶
حد بالا (Upper)	۱	۱	۱	۱

جدول ۳. ذخیره اطمینان برای تمام مراحل موجود در زنجیره تامین شرکت قطعات محوری خراسان (مجموعه محور اسبک)

مرحله	پیشنهاد مدل	وضعیت کنونی
۱	۶۷۷ عدد	۵۲۰
۲	۱۳۵۰ عدد	۹۰۰
۳	۲۴۶۵ عدد	۳۲۰۰
۴	۱۲۰۰۳ عدد	۹۱۸۰
۵	۵۵ تن	۵۰ تن

نشان می دهد.با توجه به این جدول برای افزایش سطح سرویس مشتری، موجودی اطمینان بیشتری از محصول نهایی لازم است که خود باعث افزایش تقاضای داخلی از مراحل دیگر است در حالی که این مراحل در تولید،ارسال و تامین قطعات نیمه ساخته با محدودیت هایی روبروست (شکل(۲)) که بالتبع موجب افزایش مقادیر سفارش های عقب افتاده در این مراحل می گردد و برای جبران آن، موجودی اطمینان بیشتری برای آنها در نظر گرفته می‌شود.

همچنین از آنجایی که محصولات، به مواد اولیه ای با کیفیت بالا نیاز دارند و این در داخل کشور میسر نیست، سفارش مواد اولیه از خارج کشور اجتناب ناپذیر است.زمان پیشبرد تامین مواد اولیه از خارج کشور طولانی و با عدم قطعیت روبرو ست که این نیز باعث تحمیل موجودی اطمینان بیشتر به انبار مواد اولیه می گردد همچنین جدول(۵) نشان دهنده توانایی مدل در یافتن جواب هایی با مینیمم هزینه و سطح سرویس بالا می باشد.

برای بررسی تکرار پذیری جواب های مدل ، شبیه سازی آن ۴۰ بار تکرار شده که نتایج به دست آمده نشان دهنده مطلوبیت جواب هاست.این تکرارها در جدول(۵) آورده شده است.

برای سنجش اعتبار مدل مقاله به شرح زیر عمل می کنیم:

مدل مقاله و مدل مبنا را با داده های موجود حل می کنیم.اکنون با توجه به تغییر تعداد توابع هدف،محدودیت ها و متغیرهای تصمیم در دو مدل، نتایج حاصل را با هم مقایسه می نماییم اگر تغییر نتایج، با آثار اضافه یا کم شدن موارد مذکور مطابقت داشت، مدل معتبر می باشد. این مقایسه به شرح زیر است:

با توجه به این که در مدل ما نسبت به مدل مبنا، یک تابع هدف(ماکزیمم کردن سطح سرویس مشتری) و یک محدودیت(ماکزیمم خرید مواد اولیه) اضافه شده است و از طرفی تابع هدف اول (مینیمم کردن هزینه کل) با تابع هدف دوم در تعارض است، میزان بهینگی تابع هدف اول، باید در مدل ما کمتر از مدل مبنا باشد زیرا هدف دوم به سیستم، موجودی بیشتری را تحمیل می کند و باعث افزایش هزینه کل می شود اما در عوض سطح سرویس مشتری در مدل ما باید بیشتر از مدل مبنا باشد. همچنین نظر به این که در مدل مقاله، عدم قطعیت در تامین مواد اولیه ، کارکرد تجهیزات تولید و تقاضا لحاظ شده است، مقادیر ذخیره اطمینان در جدول (۳) بیشتر از جدول (۴) است. اعداد زیر مطالب بالا را تصدیق کرده بیانگر اعتبار مدل است.

مقادیر توابع هدف بعد از حل مدل مبنا به شرح زیر می باشند:

[1]TC= 1/4972*10^9

[2]SL= 97/7270

جدول ۴. ذخیره اطمینان برای تمام مراحل موجود در زنجیره تامین شرکت قطعات محوری خراسان(مجموعه محور اسبک) با توجه به نتایج حل مدل مبنا

مرحله	مقدار ذخیره اطمینان
۱	۹۲۰
۲	۱۰۹۳
۳	۲۲۰۶
۴	۱۰۸۶۳
۵	۴۸ بر حسب تن

۶. نتیجه گیری و پیشنهادات

در این مقاله، یک مدل برای تنظیم ذخیره اطمینان در یک زنجیره تامین چند مرحله ای- چند محصولی معرفی شد.نتیجه حل این مدل، تنظیم موجودی اطمینان در واحدهای ذخیره موجودی است بطوریکه هزینه کل کاهش یافته و سطح سرویس مشتری به یک مقدار از پیش تعیین شده برسد.

[1] *Total Cost*

[2] *Service Level*

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-09-05]

جدول ۵. نتیجه ۴۰ بار تکرار شبیه سازی برای تنظیم ذخیره اطمینان در واحدهای ذخیره موجودی زنجیره تامین

تکرار	هزینه کل ×۱۰۰۰۰۰ ریال	سطح سرویس بر حسب درصد	ذخیره اطمینان مرحله اول	ذخیره اطمینان مرحله دوم	ذخیره اطمینان مرحله سوم	ذخیره اطمینان مرحله چهارم	ذخیره اطمینان مرحله پنجم بر حسب تن
1	15061	۹۷.۵۶۵۰	738	1481	۳۰۰۷	۱۲۰۳۸	۵۶
2	۱۴۷۹۳	۹۸.۰۱۱۰	۴۲۴	۱۶۹۳	۲۲۳۵	۱۱۲۵۰	۵۵
3	۱۴۸۷۰	۹۷.۸۸۴۰	۷۰۵	۱۴۱۶	۳۴۶۰	۱۰۹۲۲	۵۵
4	۱۵۰۵۱	۹۷.۸۵۱۰	۷۱۴	۱۱۳۲	۲۵۷۷	۱۲۶۱۸	۵۶
5	۱۴۷۹۳	۹۸.۰۱۱۰	۴۲۴	۱۶۹۳	۲۲۳۵	۱۱۲۵۰	۵۵
6	۱۵۲۶۴	۹۷.۲۲۷۰	۵۹۵	۱۴۸۴	۲۲۰۷	۱۲۹۳۴	۵۶
7	۱۴۸۸۳	۹۷.۸۶۱۰	۹۴۱	۱۴۸۴	۲۴۶۵	۱۲۰۱۰	۵۵
8	۱۵۱۳۸	۹۷.۴۳۶۰	۹۷۷	۱۷۸۴	۲۵۶۱	۱۲۱۶۴	۵۶
9	۱۵۲۲۳	۹۷.۲۹۵۰	۷۴۲	۱۷۱۳	۳۵۱۶	۱۰۸۸۶	۵۶
10	۱۴۹۹۴	۹۷.۶۷۷۰	۷۱۹	۱۷۹۴	۲۶۸۵	۱۱۸۰۲	۵۶
11	۱۴۹۷۴	۹۷.۷۱۰۰	۸۸۸	۱۴۸۴	۲۰۴۵	۱۲۳۱۸	۵۶
12	۱۴۷۱۷	۹۸.۱۳۹۰	۷۵۱	۱۴۸۴	۲۴۵۷	۱۱۵۸۹	۵۵
13	۱۴۹۶۶	۹۷.۷۲۴۰	۹۱۶	۱۲۸۴	۳۲۴۹	۱۱۵۵۰	۵۶
14	14714	98.1430	620	841	1958	11802	55
15	15061	۹۷.۵۶۵۰	738	1481	۳۰۰۷	۱۲۰۳۸	۵۶
16	۱۵۲۶۴	۹۷.۲۲۷۰	۵۹۵	۱۴۸۴	۲۲۰۷	۱۲۹۳۴	۵۶
17	۱۵۱۳۲	۹۷.۴۴۶۰	۶۹۰	۱۲۲۵	۲۳۷۶	۱۲۶۸۱	۵۶
18	۱۵۱۰۷	۹۷.۴۸۹۰	۵۵۸	۱۳۸۶	۲۴۳۹	۱۲۶۵۱	۵۶
19	14799	98.0020	550	1400	3442	9513	55
20	14820	97.9660	569	1326	1990	12385	55
21	14970	97.7170	471	1604	2775	12071	56
22	15408	96.9870	661	1584	2536	13371	56
23	14884	97.8600	697	1269	2153	12434	55
24	15227	97.2880	1199	1580	2813	12734	56
25	15240	97.2670	746	1385	2355	12973	56
26	14762	98.0830	853	1286	2340	11841	55
27	15020	97.6330	502	1350	2039	12784	56
28	14353	98.7450	777	1185	2229	11019	55
29	14903	97.8280	704	1484	2209	12408	55
30	۱۵۰۵۱	۹۷.۸۵۱۰	۷۱۴	۱۱۳۲	۲۵۷۷	۱۲۶۱۸	۵۶
31	15015	97.6420	612	1506	2354	12310	55
32	15187	97.3550	686	1186	2458	12523	56
33	15223	97.2950	740	1447	3516	10886	56
34	۱۴۸۷۰	۹۷.۸۸۴۰	۷۰۵	۱۴۱۶	۳۴۶۰	۱۰۹۲۲	۵۵
35	14810	97.9820	427	1434	1860	12377	55
36	14714	98.1430	513	1191	1957	12197	55
37	15090	97.5170	688	1181	2980	11584	56
38	14769	98.0510	581	796	1351	12873	55
39	14810	97.9820	427	1434	1860	12377	55
40	۱۴۹۵۵	۹۷.۷۴۲۰	۱۱۲۷	۱۱۳۹	۲۶۱۱	۱۲۳۹۲	۵۶

قابلیت اطمینان فازی تامین کنندگان مواد اولیه و پیمانکاران به وسیله یک سیستم خبره فازی تعیین گردید و برای انطباق هرچه بیشتر تقاضای پیش بینی شده با واقعیت از تکنیک" افق غلتان[1] بهره بردیم.

در این مدل هیچ گونه فرضی درباره توزیع تقاضا صورت نگرفت و انواع محدودیت ها در مدل لحاظ شد. یک فرض اساسی در مدل این است که همه ی تقاضای تامین نشده، سفارشات عقب افتاده می باشند. همچنین برای اعتبارسنجی،این مدل در شرکت قطعات محوری خراسان پیاده شده است و نتایج حاصله کارایی مدل را تایید می کند.

از آنجا که مشتری یک کارخانه تولیدی (B2B[2]) است معمولا پس افت ها را می پذیرد در نتیجه فرض اساسی ذکر شده در بالا، در این جا صادق است اما مصرف کنندگان نهایی (B2C[3]) پس

[1] *Rolling Horizon*

[2] *Business to Business*

[3] *Business to Customer*

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-09-05]

افت ها را نمی پذیرند و در واقع فروش از دست می رود بنـابراین در تحقیقات آتی می توان حالت فروش از دسـت رفتـه را بررسـی کرد البته در این حالت بکارگیری روش های آماری پیچیده مـورد نیاز است که فروش مشاهده شده را به عنوان یک نمونـه سانسـور شده از نمونه تقاضا در نظر می گیرد علاوه بر آن ذخیره اطمینـان تنها راه مقابله با کمبود موجودی نیست و می تـوان از روش هـای دیگری نیز استفاده کرد. یکی از این روش ها، استفاده از اسلک در زمان های پیشبرد می باشد.

جدول ۶. معرفی نمادها در مدل برنامه ریزی ریاضی

مقدار کمبود از قلم n_1 در مرحله اول پریود tام (تقاضای خارجی)	$UD_{n_1}(t)$
مقدار تولید از قلم n_j برای مرحله jام در پریود tام	$P_{n_j}(t)$
مقدار موجودی از قلم n_j برای مرحله jام در پریود tام	$I_{n_j}(t)$
مقدار کمبود از قلم n_j در پریود tام ناشی از تقاضای مرحله j-1 (تقاضای داخلی)	$UDD_{n_j}(t)$
مقدار ارسال به پیمانکار از قلم n_j برای مرحله j ام در پریود tام	$S_{n_j}(t)$
مقدار سفارش از تامین کننده خارجی اول و دوم برای قلم n_5 در پریود tام	$O_{1,2,n_5}$
زمان پیشبرد سفارش مواد اولیه از تامین کننده خارجی اول و دوم	$TLT_{1,2}$
هزینه	$\widetilde{C}$
تقاضای مستقل (مشتری) مربوط به قلم n_1 در پریود tام	ID_{n_1}
میانگین قابلیت اطمینان فازی تامین کنندگان خارجی(مواد اولیه) و داخلی(پیمان کاران و تجهیزات تولید)موجود بین مرحله پنجم تا j ام	$\widetilde{r}_j$
ماکزیمم خرید مواد اولیه برای اقلام بررسی شده	$\widetilde{MPRC}$
ماکزیمم و مینیمم زمان پیشبرد سفارش مواد اولیه از خارج کشور	$TLT_{\min,1}, TLT_{\max,1}$
ماکزیمم و مینیمم زمان پیشبرد سفارش مواد اولیه از داخل کشور	$TLT_{\min,2}, TLT_{\max,2}$
ماکزیمم ظرفیت تولید اسمی قلم n_j در مرحله jام	$P_{\max\, n_j}$
ماکزیمم ارسال اسمی قلم n_j از سوی پیمانکار در مرحله jام	$S_{\max\, n_j}$
ضریب استفاده از تولیدات مرحله n_j در مرحله n_{j-1}	$BOM_{n_j,n_{j-1}}$

مراجع

[۱] حجازی، سیدرضا.، فامیل دردشتی، وحید.، مهنام، مهدی.، یداله پور محمدرضا.، یک رویکرد دو معیاره به مدیریت زنجیره تامین در شرایط عدم قطعیت، تهران: پنجمین کنفرانس بین المللی مهندسی صنایع، ۱۳۸۶.

[۲] آذر، عادل؛ فرجی، حجت. "علم مدیریت فازی"، تهران: اجتماع. ۱۳۸۱.

[3] Boulaksil, Y., Fransoo, J.C., Van Halm, E.N.G., *Setting Safety Stocks in Multi- Stage Inventory Systems Under Rolling Horizon Mathematical Programming Models*. OR spectrum 31: 2009, pp. 121-140.

[4] Clark, A.J., Scarf, H., *Optimal Policies for a Multi-Echelon Inventory Problem*. Manage si 6: 1960, pp. 475-490.

[5] Eilon, S., Elmaleh, J., *An Evaluation of Alternative Inventory Control Policies*. Int J prob Res 7(1): 1968, pp. 3-14.

[6] Wemmerlov, U., whybark, D.C., *Lot- Sizing Under Uncertainty in a Rolling Schedule Environment*. Int J prod Res 22 (3): 1984, pp. 467-484.

[7] De Bodt, M.A., Van Wassenhove, L.N., *Lot Sizes and Safety Stock in MRP*: *a Case Study*, 1983.

[8] Callarman, T.E., Hamrin, R.S., *A Comparison of Dynamic Lot Sizing Rules for use in a Single Stage MRP System with Demand Uncertainty*. Int J oper prod Manage 4(2): 1984, pp. 39-49.

[9] Kohler-Gudum, C.k., De Kok, AG, *A safety Adjustment Procedure to Enable Target Service Levels in Simulation of Generic Inventory Systems*. Technische universitiet Eindhoven: BETA Working, 2002, P. 71.

[10] Graves, SC, Willems, Sp., *Optimizing Strategic Safety Stock Placement in Supply Chains*. Manu serv Oper Manage 2(1): 2000, pp. 68-83.

[11] Grossmann Ignacio, E., You Fengqi, *Design of Responsive Supply Chains Under Demand Uncertainty***.** Computers & Chemical Engineering, Vol. 32, Issue 12, 2008, pp. 3090-3111

[12] Jung June Young, Blau Gary, F., Pekny Joseph, V., Reklaitis Gintaras, Eversdyk David, *Integrated Safety Stock Management for Multi-Stage Supply Chains Under Production Capacity Constraints***.** Computers & Chemical Engineering, Vol. 32, Issue 11, 2008, pp. 2570-2581

[13] Kullpattaranirun, Tarathorn, Abdel-Malek Layek, Nanthavanij Suebsak, *A **F**ramework for Comparing Outsourcing Strategies in Multi-Layered Supply chains***. International Journal of Production Economics, Vol. 97, Issue 3, 2004, pp. 318-328

[14] Minner, S., *Dynamic Programming Algorithms for Multi- Sage Stock Optimization*. OR spektrim 19: 1997, pp. 261-271.

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-09-05]

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-09-05]