یک مدل فازی برای MRP در شرایط عدم اطمینان در زمان‌های پیشبـــرد

مهدی غضنفری
استادیار

افشین احمدوند
دانشجوی دکترا

دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران

چکیده

هدف از این مقاله توسعه یك مدل فازی برای برنامه ریزی نیازمندی هـای مـواد[1] (MRP) در شرایط وجود عدم اطمینـان[2] در زمان های پیشبرد[3] تأمین و تهیه مواد و قطعات مورد نیاز است. ابتدا مروری سریع بر سیستم MRP شده و سپس به نقاط ضعف آن و انواع موارد وجود عدم اطمینان در آن اشاره گردیده است. سپس مروری بر تحقیقات انجام شده بر روی سیستم MRP و سیستم های برنامه ریزی تولید و موجودی در شرایط وجود عدم اطمینان شده است. سرانجام یك مدل فازی برای MRP که در آن زمان های پیشبرد فازی است، توسعه داده شده و با ارائه یك مثال مدل پیشنهادی تشریح گردیده است.

کلمات کلیدی

تئوری مجموعه های فازی، برنامه ریزی نیازمندی های مواد (MRP)، عدم اطمینان، زمان پیشبرد

A Fuzzy MRP Model Under the Uncertainty in Lead Times

M. Ghazanfari
Assistant Professor

A. Ahmadvand
Ph. D. student

Deptartment of Industrial Engineering,
Iran University of Science & Technology

Abstract

This paper investigates to extend the Material Requirements Planning (MRP) model for situations in which lead times for procurement the raw materials and for operations on parts are fuzzy. Reviewing the classical MRP, we address the main weaknesses of MRP in crisp conditions. The MRP models developed in uncertainty situations are also reviewed. Finally, a fuzzy MRP model is developed using fuzzy lead times. Considering an example, the proposed model is described.

Keywords

Fuzzy Set Theory, Material Requirements Planning (MRP), Uncertainty, Fuzzy Lead Times.

مقدمه

برنامه ریزی نیازمندی های مواد (MRP) در اوایل دهه ۱۹۶۰ مطرح گردید و اوایل دهه ۱۹۷۰ بطور گسترده ای مورد استفاده قرار گرفته است. و همچنان به عنوان یکی از پرکاربردترین سیستم های برنامه ریزی و کنترل تولید شناخته می شود [1]. در MRP با تأکید بر روی کنترل جریان مواد بجای کنترل میزان موجودی، اجزای مورد نیاز جریان تولید سفارش می شود. با توجه به اینکه در کنترل جریان مواد، تدارک قطعات مورد نیاز برای حفظ تداوم جریان تولید الزامی است، در MRP اجزاء تشکیل دهندهٔ محصول نهایی شناسایی شده، میزان نیاز هر یک از اجزاء تعیین و طول زمان لازم برای تهیه آنها در موعد مقرر مشخص می شود. هدف MRP تقلیل میزان موجودی ها، افزایش بهره وری و بهبود در سرویس دهی به مشتری است.

برای شروع MRP، باید لیست مواد[4] (BOM) محصولات تولیدی یا مونتاژی را تهیه نمود. لیست مواد رابطه نسل به نسل را بین قطعات مونتاژی و یا مواد خام نشان می دهد. سیستم MRP به طور ساده بر این پایه استوار است که ارتباط تقاضا برای هر یک از اجزاء را با توجه به تقاضای قطعات والد آنها تعیین می نماید. MRP بعنوان یک تکنیک برای مدیریت تقاضای قطعات وابسته، توسط انتقال تقاضای قطعات مستقل در سطوح بالای محصول که توسط لیست مواد ارائه گردیده در نظر گرفته شده است.

این مقاله ضمن مرور خصوصیات و نقاط ضعف MRP، به بررسی تحقیقات قبلی انجام شده بر روی سیستم های برنامه ریزی تولید و موجودی و یا MRP در شرایط وجود عدم اطمینان در اطلاعات می پردازد. این سیستم ها در شرایط وجود عدم اطمینان در صورتیکه راهکار مناسبی در این زمینه ارائه نشود، کارآیی خود را از دست می دهند. از جمله این موارد هنگامی است که سیستم MRP در شرایط وجود عدم اطمینان در زمان پیشبرد قرار گیرد، واین در حالی است که در تحقیقات قبلی خلاء راهکار مناسب در این زمینه به چشم می خورد. لذا در این مقاله با توسعه یک مدل فازی برای MRP در شرایط وجود عدم اطمینان در زمان های پیشبرد، راهکار نوینی برای رفع این مشکل ارائه شده و با طرح یک مثال، نحوه بکارگیری مدل پیشنهادی تشریح گردیده است.

ساختار مطالبی که در ادامه آمده است بدین ترتیب است که، در بخش ۲ خصوصیات MRP تشریح گردیده، در بخش ۳ مروری بر تحقیقات قبلی در رابطه با سیستم های برنامه ریزی تولید موجودی در شرایط وجود عدم اطمینان در اطلاعات ارائه شده در بخش ۴ مدل فازی پیشنهادی برای MRP همراه با یک مثال عنوان شده، و نهایتاً در بخش ۵ نتیجه گیری کلی بعمل آمده است.

۲ ـ خصوصیات MRP

۲ـ۱ ـ اطلاعات مورد نیاز MRP

اطلاعات مورد نیاز MRP عبارتند از:

- سربرنامه تولید (MPS)[5]، که عبارت است از یک زمان بندی که در آن مقدار و زمان مورد نیاز هر یک از اقلام سطوح بالا مشخص شده است.
- برای هر یک از اقلام والد باید یک لیست مواد وجود داشته باشد که اجزاء و قطعات زیر مجموعه آن قلم را معین نماید.
- برای هر یک از اقلام باید اطلاعات مربوط به موقعیت موجودی در دسترس باشد.
- برای هر قلم، اعم از خریدنی یا ساختنی، باید زمان پیشبرد تعیین شده باشد.
- اطلاعات مربوط به نحوه سفارش دهی وتعیین اندازه انباشته[6] سفارش.
- اطلاعات مربوط به موجودی احتیاطی[7] یا زمان احتیاطی پیشبرد[8]

۲ـ۲ ـ نقاط ضعف MRP

اگر چه بکارگیری MRP در بسیاری موارد موفقیت آمیز بوده است. بسیاری از کارخانجات در رابطه با بکارگیری سیستم MRP بجای موفقیت با مشکلات بسیار مواجه شده اند [2]. به نظر می رسد که علل این امر نقاط ضعف ذاتی MRP و اجرای ضعیف آن بوده است. برخی از این نقاط ضعف عبارتند از:

- بکارگیری زمان های پیشبرد از پیش تعیین شده قطعی.
- عدم توانایی مدنظر قرار دادن مستقیم محدودیت های منابع حین تدوین سربرنامه تولید.
- عدم قابلیت کاربرد در موقعیت ها و شرایط پیچیده سطح کارخانه.

۲ـ۳ ـ عدم اطمینان در داده های ورودی MRP

سیستم های MRP بدون اطلاعات دقیق و به روز، دررابطه با آنچه که تحت عنوان اطلاعات مورد نیاز MRP بیان شد، نمی توانند بصورت کارا عمل کنند. با این حال هنگام پیاده سازی اولیه سیستم MRP، حصول اطمینان از خالص بودن این اطلاعات زمان بر و ناامید کننده است. زیرا که فایل های لیست مواد اغلب منعکس کننده تغییرات مهندسی انجام شده نمی باشند و معمولاً به روز نیستند. از سوی

دیگر سطوح موجودی شامل قطعات از کار افتاده معیوب و گم شده نیز می باشد. برخی اجزاء، کدهای مختلف دارند و نقل و انتقالات موجودی غالباً غلط وارد می شوند. همچنین سربرنامه تولید نیز ممکن است از پیش بینی های نادرست در رابطه با مقدار تقاضا یا زمان وقوع تقاضا، بهره گیرد. فرض معلوم بودن زمان های پیشبرد، قبل از تدوین برنامه، از مهمترین ایرادات وارد بر فلسفه MRP می باشد. زمان های برنامه ریزی شده پیشبرد، توسط کاربر سیستم دیکته می شود بدون آنکه اعتبار و قطعیت آنها محرز باشد.

لذا تمامی اطلاعات فوق الذکر بنوعی دارای عدم قطعیت، عدم اطمینان، عدم دقت و ابهام می باشند. زیرا که عدم دقت و ابهام امری ذاتی در مدل ذهنی فرد تصمیم گیرنده یعنی برنامه ریز است و یا آنکه اطلاعات مورد نیاز برای تعیین هر یک از اطلاعات ورودی MRP دارای ابهام و عدم دقت می باشد. در موارد عملی، برای مقابله با این معضل و ارائه سرویس مناسب به مشتریان، طول زمان های ثابت پیشبرد، یا ذخایر موجودی احتیاطی را افزایش می دهند. در حالی که ضعف این استراتژی بعلت افزایش بی رویه هزینه های کالای در جریان ساخت و تراکم موجودی ها، کاملاً مشهود است.

۳ـ مدل های MRP در شرایط عدم اطمینان

مرور انجام شده در مدیریت تولید و MRP در شرایط وجود عدم اطمینان موجود در زمان پیشبرد، تقاضا، اندازه انباشته سفارش و سطح موجودی بوده است. این تحقیقات در این مقاله در دو دسته کلی مورد بازبینی قرار گرفته است:

الف ـ استفاده از رویکردهای متعارف همچون تئوری احتمالات برای مواجهه با عدم اطمینان

ب ـ استفاده از رویکرد تئوری فازی برای مواجهه با عدم اطمینان

۳ـ۱ـ مدل های MRP با رویکرد احتمالی

Ho و Lau [3] از شبیه سازی برای آزمایش اثرات عدم اطمینان در زمان پیشبرد، بر روی عملکرد MRP تحت شرایط مختلف عملیاتی، استفاده کردند و نشان دادند که عدم اطمینان در زمان پیشبرد، عملکرد سیستم MRP را دچار اختلال می نماید، و نیز آنکه قواعد ساده تر تعیین اندازه انباشته همانند پارت ـ پویود بالانسینگ[9] و سیلور میل[10] می تواند در بعضی شرایط عملیاتی با وجود عدم اطمینان در زمان پیشبرد، مفیدتر از الگوریتم واگنرویتین[11] باشد. Ho و Ireland [4] اثرات خطاهای پیش بینی تقاضا را بر روی ناپایداری برنامه زمان بندی در محیط عملیاتی MRP مورد آزمایش قرار می دهند. و بر این اعتقادند که انتخاب قاعده مناسب تعیین اندازه انباشته، می تواند برای مقابله با خطاهای پیش بینی بکار گرفته شود.

Kadipasaoglu و Sridharan [5] طی تحقیقی مؤثر بودن سه استراتژی را برای کاهش تشویش[12] در سیستم های MRP چند سطحی و در شرایط عدم اطمینان در تقاضا مورد ارزیابی قرار دادند. این استراتژی ها شامل (۱) انجماد[13] سربرنامه تولید (۲) موجودی احتیاطی برای اقلام نهایی (۳) تهیه برنامه زمان بندی بر مبنای Lot-For-Lot برای سطوح زیر سطح صفر. نتایج حاکی از آن بود که استراتژی انجماد سربرنامه تولید مؤثرترین رویکرد برای کاهش بی ثباتی برنامه وهزینه در شرایطی که طول انجماد، زمان پیشبرد تجمعی را پوشش دهد، می باشد.

در تحقیق دیگری Zhao و Lee [6] اثر پارامتر انجماد سربرنامه تولید را بر روی هزینه کل، ناپایداری برنامه زمان بندی و سطوح خدمت دهی در سیستم MRP چند سطحی در شرایط عدم اطمینان در تقاضا، بررسی کردند. با استفاده از شبیه سازی و تحلیل آماری آنها دریافتند که، خطاهای پیش بینی بطور محسوس هزینه کل و بی ثباتی برنامه زمان بندی را افزایش می دهند و سطح خدمت دهی را در سیستم های MRP چند سطحی کاهش می دهند، آنها همچنین پی بردند که، یک دوره برنامه ریزی مجدد بزرگتر، منجربه هزینه کل و بی ثباتی برنامه زمان بندی کمتر، و سطح خدمت دهی بیشتر تحت شرایط تقاضای معین یا احتمالی، خواهد شد.

اثر عدم اطمینان در میزان نیازمندی های یک محیط تولیدی را Benton [7] مورد مطالعه قرار داد. نتایج آزمایشات نشان دادند که مقادیر حاشیه ای موجودی احتیاطی که برای سیاست های مختلف سطح خدمت دهی مورد نیازند، از یک الگوی قابل پیش بینی تبعیت می کنند. وی همچنین نشان داد که سطح بالای ضریب تغییرات و زمان اقتصادی بین سفارشات، منجر به سفارشات بزرگتر، کاهش موجودی احتیاطی و سطوح بالای خدمت دهی می شود.

Shafaei و Brunn [8;9] به بررسی عملکرد قواعد تهیه برنامه زمان بندی[14] کار گاهی در شرایط وجود عدم دقت در اطلاعات می پردازند و دو هدف ۱ـ یافتن بهترین قاعده تهیه زمان بندی و ۲ـ تشخیص اثرات فاصله زمان بندی مجدد را بر روی عملکرد این قواعد، در چنین شرایطی را مورد توجه قرار می دهند. آنها در مقاله دیگری در همین سال به بررسی وضعیت پایداری[15] قواعد تهیه برنامه زمان بندی در شرایط پویا و احتمالی می پردازند. آنها همچنین در مقاله دیگری [10] چارچوبی را برای تهیه یک برنامه زمان بندی کارگاهی پایدار در شرایط وجود عدم دقت در اطلاعات، ارائه می دهند. آنها

علاوه بر استفاده از یک شیوه پایدار تهیه برنامه زمان بندی همراه با یک سیاست زمان بندی مجدد دوره ای، عامل کنترل و متعادل سازی بار کاری در کارگاه را برای بهبودپایدار برنامه زمان بندی حائز اهمیت می دانند.

۲-۳ - مدل های MRP با رویکرد فازی

تحقیق بر روی مدل های برنامه ریزی تولید و کنترل موجودی، پس از معرفی تئوری فازی آغاز شد و کاربرد این مدل ها معرفی گردید. کارهای انجام شده در این زمینه می توانند به دو دسته تحت عنوان انتخاب برنامه تولید یا فرآیند، و مدیریت و برنامه ریزی تولید و موجودی، تقسیم بندی شوند. که در ادامه بطور خلاصه مرور شده اند.

۱-۲-۳ - انتخاب برنامه تولید یا فرآیند

Kacprzyk و Staniewske [11] مسئله کنترل موجودی را در یک افق برنامه ریزی نامحدود در نظر می گیرند. یک سیستم موجودی را بعنوان یک سیستم فازی با سطح موجودی فازی بعنوان خروجی و تکمیل و پر شدن مجدد فازی موجودی بعنوان ورودی ارائه کرده اند. تقاضا و محدودیت های سیستم برای تکمیل مجدد موجودی همچنین فازی هستند، یک الگوریتم برای یافتن استراتژی بهینه برای تعیین تکمیل مجدد سطوح موجودی فعلی که تابع عضویت تصمیم را بیشینه می کند، ارائه شده است.

Lehtimaki [12] مسائل برنامه ریزی MRP را از دیدگاه یک مسئله تصمیم گیری چند هدفه بررسی کرده است. مسئله عبارت است از تصمیم گیری در مورد این که چگونه درخواست های مشتری برای تغییرات سفارش را برآورده ساخت. هدف بیشینه کردن رضایت مشتری، مفهوم دارای ابهام[16] است و با استفاده از تئوری فازی می تواند به بهترین وضع مدل گردد. مجموعه ای از سربرنامه های تولید مناسب برای برآورده ساختن تغییرات تأیید شده سفارش مشتری، تولید می شوند. محدودیت ها و اهداف مربوط با استفاده از توابع عضویت نشان داده می شوند. انتخاب بهترین سربرنامه تولید براساس یک تصمیم بیشینه کننده است که در آن تابع عضویت یک تصمیم فازی، در بیشترین مقدارش باشد.

Custodio et.al. [13] مقاله ای ارائه داده اند که در این مقاله مسئله برنامه ریزی و زمان بندی کوتاه مدت با استفاده از یک رویکرد غیر کلاسیک بکمک تئوری فازی مورد بررسی قرار گرفته است. متدولوژی پیشنهادی دارای سه سطح تصمیم گیری بلند، میان و کوتاه مدت است، در تصمیم گیری سطح کلان بلند مدت میزان سطح موجودی احتیاطی لازم برای جبران و مقابله با عدم تأمین منابع مورد نیاز در آینده تعیین می شود. در سطح میان مدت نرخ های بارگذاری محاسبه می شوند و این کار از طریق بکارگیری یک کنترل کننده فازی که خطای بین تولید تجمعی و تقاضای تجمعی را حداقل می کند، انجام می شود. سرانجام در سطح کوتاه مدت جریان قطعات را در میان منابع با استفاده از یک نسخه اصلاح شده شیوه تصمیم گیری فازی Yager, کنترل می شود. نتایج شبیه سازی نشان می دهد که سیستم پیشنهادی عملکرد خوبی را با توجه به درصد بالای تولید و کار کم در جریان ساخت، در شرایط عدم تأمین منابع کافی و تغییرات در تقاضا، ارائه می دهد.

۲-۲-۳ - مدیریت و برنامه ریزی تولید و موجودی

برنامه ریزی پویای فازی برای حل یک مسئله واقعی برنامه ریزی تولید و موجودی، توسط Sommer [14] مورد استفاده قرار می گیرد. عبارات زبانی همانند «میزان موجودی می باید در پایان افق برنامه ریزی به بهترین وجهی ناچیز باشد»، آرمان های فازی مدیریت را برای کاهش ظرفیت تولید و موجودی در خرید از بازار، توصیف می کند. برنامه ریزی پویای فازی برای تعیین سطوح بهینه تولید و موجودی مورد استفاده قرار می گیرد.

Park [15] مدل EOQ را از دیدگاه تئوری فازی بررسی می کند. اعداد فازی ذوزنقه ای برای مدل کردن هزینه های سفارش و هزینه نگهداری موجودی استفاده می شوند. قواعد نما[17] و میانه[18] برای تبدیل اطلاعات فازی هزینه بصورت اعداد اسکالر برای ورود به مدل EOQ استفاده می شوند.

کاربرد تئوری فازی برای تعیین اندازه انباشته MRP با استفاده از یک نسخه فازی از الگوریتم پارت - پریود بالانسینگ توسط Lee et.al. [16] ارائه گردید. آنها عدم اطمینان در تقاضا را با استفاده از اعداد فازی مثلثی مدل کردند. آنها همچنین دو مزیت را در استفاده از اعداد فازی و توابع عضویت برای مدل کردن تقاضا، شناسایی کرده اند. اولاً تئوری فازی، امکان در نظر گرفتن تقاضای غیر قطعی[19] و قضاوت ذهنی فرد تصمیم گیرنده را، در تصمیم گیری در مورد تعیین انباشته، فراهم می سازد. ثانیاً پارت - پریود بالانسینگ فازی، منبع پربارتری از اطلاعات اولیه برای فرد تصمیم گیرنده فراهم می نماید تا در مقادیر عضویت در رابطه با اندازه های انباشته و هزینه بکار برده شود. آنها در مقاله دیگری [17] روش تعیین اندازه انباشته خود را در MRP برای منظور کردن اصلاحات فازی در الگوریتم های سیلورمیل، واگنرویتین و پارت - پریود بالانسینگ توسعه دادند. آنها عنوان می کنند، زمانی که تقاضا در سربرنامه تولید واقعاً فازی باشد، می باید با استفاده از توابع عضویت مدل گردد.

Petrovic و Sweeney [18] یک رویکرد پایگاه دانش فازی را برای حل مسئله تعیین میزان سفارش در شرایط عدم اطمینان در تقاضا، زمان پیشبرد و سطح موجودی، ارائه می کنند. داده های غیرمطمئن بوسیله اعداد فازی نشان داده می شوند و روابط غیر مطمئن بین آنها بوسیله قواعد IF - THEN فازی مدل شده اند.

در مجموع با توجه به مرور ادبیات انجام شده، در بخش ۱-۲-۳ می توان گفت که، تحقیقات انجام شده با تمرکز بر وجود عدم اطمینان در دو عامل از عوامل و اطلاعات ورودی سیستم MRP بوده است. این عوامل عبارت است از (۱) تقاضا و پیش بینی تقاضا (۲) زمان پیشبرد. در رابطه با وجود عدم اطمینان در تقاضا و پیش بینی تقاضا در تحقیقات انجام شده، راهکار انجماد سربرنامه تولید و تعیین موجودی احتیاطی، ارائه گردیده است؛ و در مورد عدم اطمینان در زمان پیشبرد، درتحقیقات انجام شده اثر این عدم اطمینان بر روی عملکرد سیستم MRP مورد ارزیابی قرار گرفته و نیز قواعد تعیین اندازه انباشته مناسب برای مقابله با این عدم اطمینان پیشنهاد گردیده است.

تحقیقات مرور شده در بخش ۲-۲-۳، عمدتاً بر وجود عدم اطمینان در تقاضا و کاربرد تئوری فازی برای تعیین اندازه انباشته و الگوریتم های تعیین اندازه انباشته، تمرکز داشتند. و بر روی سایر عوامل و اطلاعات ورودی سیستم MRP از جمله زمان پیشبرد، در شرایط عدم اطمینان و ارائه راهکارهایی با بکارگیری تئوری فازی، کاری نشده است.

با عنایت به مطالب فوق، معلوم می گردد که در رابطه با وجود عدم اطمینان در زمان پیشبرد و ارائه راهکار با استفاده از تئوری فازی برای سیستم MRP اقدامی نشده است و از آنجائیکه تئوری فازی امکان در برگیری و لحاظ نمودن عدم اطمینان را بنحو مناسبی فراهم می سازد. لذا جا دارد که از آن در این رابطه بهره گرفت.

٤ـ مدل MRP پیشنهادی بازمان های پیشبرد فازی

چنانچه برنامه ریز MRP امکان دستیابی به برآورد دقیق و کاملاً قطعی از زمان های پیشبرد را در اختیار نداشته باشد، که این امر بدلایل متعددی از قبیل وقوع وقایع پیش بینی نشده، خرابی ماشین آلات، نرسیدن بموقع مواداولیه به یا از طرف تأمین کنندگان، تأخیر در حمل و نقل، عدم شناخت کافی از تولید محصولات جدید که قبلاً تولید نشده اند، ... رخ می دهد، همگی باعث می گردد تأمین کنندگان قطعات و مواد سفارش شده از ارائه زمان دقیق در رابطه با تحویل سفارشات خودداری کنند و بدین ترتیب برنامه ریز فاقد برآوردهای دقیق از زمان های پیشبرد خواهد بود وآنچه که می تواند دریافت کند یک فاصله زمانی است و یا بیانی تقریبی از یک زمان است که در قالب کلمات نه چندان دقیق مانند حدوداً، حوالی، نزدیک به، ... زمان خاصی بیان می شوند و نه یک مقدار دقیق و قطعی، این مفهوم بخوبی توسط اعداد فازی قابل نمایش و بکارگیری است [19].

٤ـ١ـ تشریح مدل پیشنهادی

در مدل پیشنهادی امکان محاسبات MRP با زمان های فازی فراهم شده است. برای آنکه بتوان سادگی محاسبات MRP را که یکی از مزایای آنست حفظ نمود. در این محاسبات تقریب هایی وارد شده تا از پیچیدگی محاسبات جلوگیری بعمل آید و لذا یک سری روش های ابتکاری محاسباتی برای کار با مقادیر کمی در بستری از زمان فازی که با استفاده از اعداد فازی برای برنامه ریز مشخص شده است، ارائه شده است.

در اینجا یک سری مفروضات برای ساده سازی تشریح مدل پیشنهادی، منظور شده است. این مفروضات عبارتند از:

- روش تعیین اندازه انباشته سفارش Lot-For-Lot است.
- اعداد فازی بصورت مثلثی متقارن در نظر گرفته شده است.
- نحوه نمایش یک مقدار (کمیت) که می تواند تقاضا، موجودی، سفارش باشد در بستر زمان فازی بصورت یک زوج مرتب نشان داده شده که مؤلفه اول آن مقدار کمیت مورد نظر و مولفه دوم آن زمان وقوع آنست که بصورت یک عدد فازی مثلثی نمایش داده می شود. یعنی [Q; (a,m,b)] در اینجا Q مولفه اول و (a,m,b) مولفه دوم است.
- قدم های الگوریتم محاسباتی مدل پیشنهادی MRP با زمان فازی بشرح ذیل می باشد:

۱- وارد کردن مقادیر نیاز ناخالص[20] (در رابطه با اقلام سطح صفر درخت محصول این مقادیر از روی سربرنامه تولید بدست می آید و در مورد بقیه اقلام سطوح پایین تر درخت محصول این مقادیر همان مقادیر سطح آخر جداول اقلام والد مربوط به آن قلم می باشد). و نیز وارد کردن مقادیر سفارشات در راه[21] در ردیف مربوطه جدول و همچنین موجودی در دست در ردیف موجودی تصویر شده.[22]

۲- در صورتیکه اعداد فازی موجود در ردیف های نیاز ناخالص، سفارشات درراه و موجودی اولیه در دست که در ردیف موجودی تصویر شده می آید، در محور زمان با یکدیگر اشتراک داشته باشند، این اعداد را به اعداد با دامنه های کوچکتر زمانی تفکیک می نماییم (نحوه تفکیک در بخش ۲-۴ تشریح گردیده است).

۳- تفریق مقادیر نیاز ناخالص از مقادیر سفارشات در راه و موجودی در دست در فواصل زمانی که اعداد فازی زمانی مربوط به این مقادیر، هم دامنه باشند.

تذکر: اگر مولفه های زمانی مقادیر ردیف های سفارشات در راه یا موجودی در دست (چه زمان قطعی و چه زمان فازی) کوچکتر یا مساوی مولفه زمانی مقادیر ردیف نیاز ناخالص باشد، مولفه اول مقادیر ردیف نیاز ناخالص می تواند از مولفه اول این ردیف ها کم گردد. چون بنوعی موجودی در دستی است که برای نیازهای بعدی قابل استفاده است.

۴ـ نتیجه محاسبات قدم ۳ مقادیر ردیف موجودی تصویر شده را تشکیل می دهد.

۵ـ مقادیری که دارای مولفه اول منفی در ردیف موجودی تصویر شده باشند، مقادیر ردیف نیاز خالص[23] را تشکیل می دهد که مولفه اول آنها همان مقادیر مولفه های منفی با علامت مثبت است، البته پس از استخراج مقدار خالص غیر تجمعی آن و مولفه دوم آنها مشابه مولفه دوم ردیف موجودی تصویر شده است.

۶ـ تأثیر دادن زمان پیشبرد که می تواند یک عدد فازی باشد، در مولفه دوم مقادیر ردیف نیاز خالص با استفاده از روش تفریق دو عدد فازی، یعنی تفریق زمان پیشبرد از مولفه دوم. نتیجه حاصله مولفه دوم مقادیر ردیف سفارشات برنامه ریزی شده[24] را تشکیل می دهد و مولفه اول مقادیر این ردیف با مقادیر مربوطه در ردیف نیاز خالص یکسان است.

۷ـ انتقال اعداد ردیف سفارشات برنامه ریزی شده قطعه والد به ردیف اول جداول سطح پایین تر لیست مواد برای قطعات فرزند. برای این کار با ضرب کردن ضریب مصرف قطعه فرزند در مولفه اول مقادیر ردیف سفارشات برنامه ریزی شده قطعه والد، مولفه اول ردیف نیاز ناخالص قطعه فرزند بدست می آید. مولفه دوم زمانی ردیف سفارشات برنامه ریزی شده قطعه والد با مولفه دوم ردیف نیاز ناخالص قطعه فرزند یکسان است.

۸ ـ چنانچه برای هر جدول علاوه بر انتقال ردیف آخر قطعه والد به ردیف اول جدول قطعات فرزند مطابق بند ۷، لازم باشد اقدام فیزیکی خاصی صورت گیرد، می باید مقادیر ردیف آخر آن جدول تبدیل به مقادیری با دو مولفه قطعی گردد. برای این کار در صورتیکه مولفه های زمانی مقادیر این ردیف با هم تقاطع داشته باشند، ابتدا آنها را مطابق بند نحوه تفکیک که در ادامه می آید تفکیک نموده و سپس نقاط وسط قاعده مثلث های اعداد فازی تفکیکی بعنوان نماینده مقدار قطعی هر یک از این زمان ها برای مولفه دوم مقادیر بدست می آید و مقدار مولفه اول نیز در بند نحوه تفکیک مشخص می گردد.

۹ـ در صورتیکه مقادیر قطعی اعشاری، قابل قبول نباشد، می توان مقادیر اعشاری را گرد نمود. گرد نمودن بسمت بالا یا پایین بستگی به سیاست اتخاذی از سوی مدیریت واحد برنامه ریزی دارد. اگر سیاست ریسک گریزی در رابطه با ایجاد کمبود[25] در موجودی اتخاذ شود، مقادیر اعشاری مولفه های اول که نشان دهنده مقدار سفارش است بسمت بالا گرد می شود تا از ایجاد کمبود حتی الامکان ممانعت بعمل آید و چنانچه سیاست ریسک پذیری اتخاذ شود، مقادیری اعشاری بسمت پایین گرد می شود. در رابطه با مولفه های اعشاری زمانی (مولفه دوم) اگر سیاست ریسک گریزی اتخاذ شود، بسمت پایین و در صورت اتخاذ سیاست ریسک پذیری بسمت بالا گرد می شود.

۴ـ۲ ـ نحوه تفکیک اعداد جدول MRP

اعداد موجود در جدول MRP می توانند بصورت عدد ترکیبی قطعی ـ فازی باشند یعنی $[Q, \tilde{T}]$ که در آن Q کمیت مقداری کالای مربوطه (یک عدد قطعی است) و $\tilde{T}$ زمان وقوع مقدار Q است (یک عدد فازی است) یعنی زمانی که مقدار Q از کالای مربوطه، مورد نیاز است یا بدست ما می رسد و یا سفارش می شود، بسته به اینکه این اعداد در چه ردیفی از جدول MRP باشد. در چنین شرایطی عملیات جمع یا تفریق این اعداد با روش های معمول قابل انجام نیست. لذا در اینجا روشی برای تفکیک یک عدد ترکیبی به چند عدد ترکیبی کوچکتر پیشنهاد شده است. در این روش یک عدد ترکیبی که با عدد / اعداد ترکیبی دیگر در عنصر / عناصر زمانی یکدیگر تلاقی داشته باشد، به اعداد ترکیبی کوچکتر تفکیک می شود به نحوی که اعداد تفکیک شده جدید در عنصر زمانی با عنصر / عناصر زمانی اعداد ترکیبی دیگر تلاقی نداشته باشند. ابتدا فرضیات ذیل را در نظر می گیریم:

$N = [Q, \tilde{T}]$ که یک عدد ترکیبی قطعی ـ فازی است.

Q: مقدار کالای مورد نظر.

$\tilde{T}$: زمان فازی وقوع مقدار Q، که یک عدد فازی مثلثی است.

L : طول قاعده مثلث عدد فازی مثلثی مربوط به زمان فازی عدد ترکیبی قبل از تفکیک.

n : تعداد اعداد ترکیبی جدید حاصله از تفکیک عدد ترکیبی N.

Q_i : مقدار i ام حاصله از تفکیک مقدار Q مربوط به عدد ترکیبی N.

$\tilde{T}_i$: زمان فازی i ام حاصله از تفکیک $\tilde{T}$ مربوط به عدد ترکیبی N، که یک عدد فازی مثلثی است.

L_i: طول قاعده مثلث عدد فازی مثلثی مربوط به زمان فازی عدد ترکیبی i ام، حاصله از تفکیک عدد ترکیبی N.

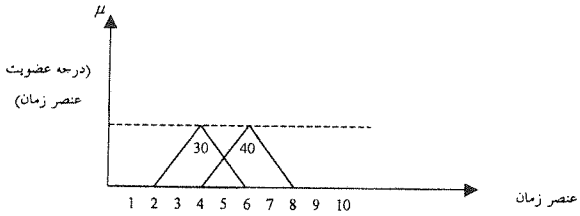
برای تفکیک عدد ترکیبی N به تعداد n عدد ترکیبی کوچکتر همانند N_i از فرمول ذیل استفاده می شود:

$$N_i = [Q_i,\ \tilde{T}_i] \quad , i = 1,...,n$$

$$Q_i = \frac{L_i}{L} Q$$

بعنوان مثال دو عدد ترکیبی ذیل را در نظر می‌گیریم:

$$N_1 = [30; (2,4,6)]$$
$$N_2 = [40; (4,6,8)]$$



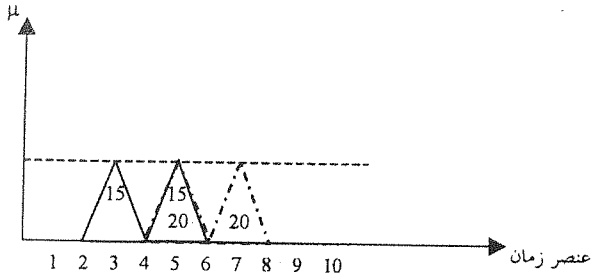
همانگونه که مشاهده می‌شود این دو عدد ترکیبی در فاصله [۴,۶] از عناصر زمانی فازی خود تلاقی دارند، بنابراین هر یک از اعداد N_1 و N_2 می‌باید به دو عدد ترکیبی کوچکتر تفکیک شوند مطابق ذیل:

$$N_1 \text{ تفکیک} = \left\{\left[\left(\frac{4-2}{6-2}.\ 30;\ (2,3,4)\right)\right], \left[\left(\frac{6-4}{6-2}.\ 30\right);\ (4,5,6)\right]\right\}$$

$$= \{[15; (2,3,4)], [15; (4,5,6)]\}$$

$$N_2 \text{ تفکیک} = \left\{\left[\left(\frac{6-4}{8-4}.\ 40;\ (4,5,6)\right)\right], \left[\left(\frac{8-6}{8-4}.\ 40\right);\ (6,7,8)\right]\right\}$$

$$= \{[20; (4,5,6)], [20; (6,7,8)]\}$$



نتیجه جمع یا تفریق دو عدد ترکیبی با عناصر زمانی یکسان یک عدد ترکیبی بصورت ذیل است:

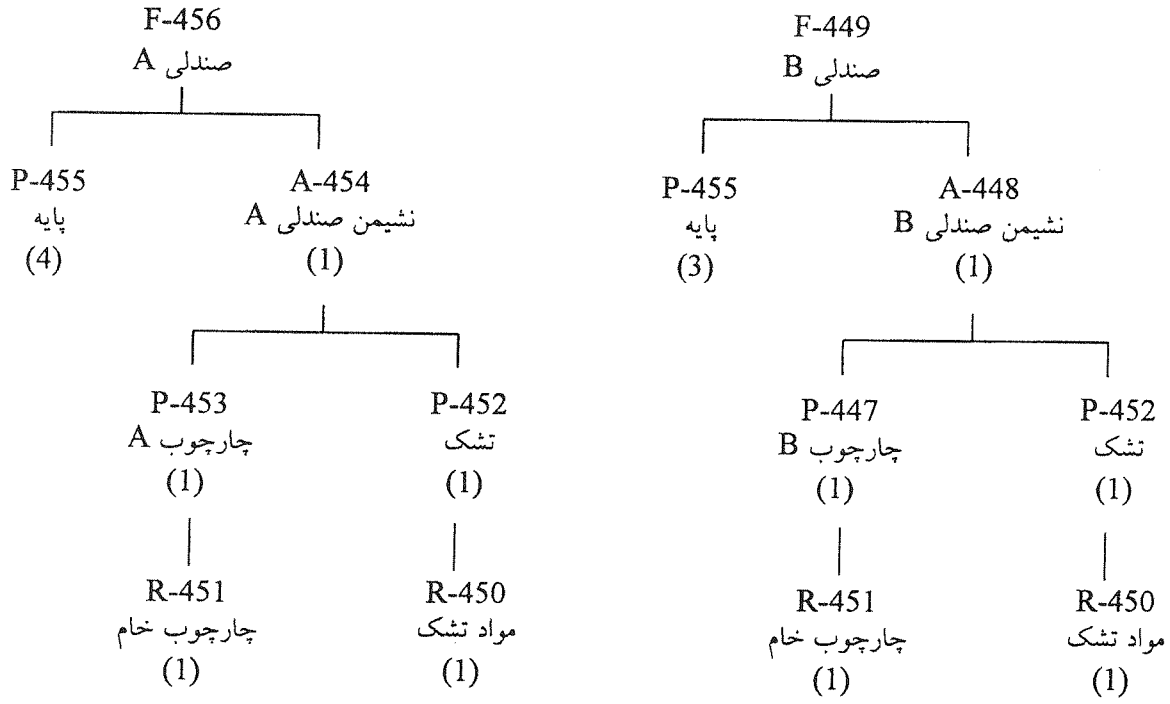
$$[Q_1,\ \tilde{T}] \pm [Q_2,\ \tilde{T}] = [Q_1 \pm Q_2,\ \tilde{T}]$$

بنابراین برای جمع N_1 و N_2 پس از تفکیک داریم:

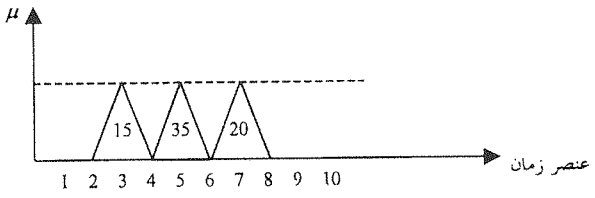
$$N_1 + N_2 = [30; (2,4,6)] + [40; (4,6,8)] \approx \{[15; (2,3,4)],$$

$$[15; (4,5,6)] + \{[20; (4,5,6)], [20; (6,7,8)]\}$$

$$= \{[15; (2,3,4)], [35; (4,5,6)], [20,(6,7,8)]\}$$



شکل (۱) ساختار محصول برای صندلی‌های نوع A و B.



۴ـ۳ ـ مثالی از بکارگیری مدل پیشنهادی

ساختارهای دو محصول ذیل را در نظر می‌گیریم که مربوط به دو نوع صندلی A و B است (شکل ۱).

سایر اطلاعات ورودی مورد نیاز MRP بشرح جداول ۱ الی ۴ است.

حال با توجه به مدل پیشنهادی به برنامه ریزی قطعات اشاره شده در فوق می پردازیم (جداول ۵ الی ۷).

توضیح جدول ۷: از آنجائیکه قطعه پایه می باید جهت خرید سفارش شود، براساس قدم ۸ از الگوریتم محاسباتی مدل پیشنهادی، اعداد ترکیبی ردیف سفارشات برنامه ریزی شده جدول ۷ به اعداد ترکیبی که با خط چین نمایش داده شده‌اند تفکیک می‌گردند. سپس نقاط میانی قاعده مثلث های خط چین بعنوان اعداد قطعی نماینده عناصر زمانی فازی انتخاب می شوند، لذا زوج های مرتب قطعی ـ قطعی از (زمان، مقدار) سفارشات بصورت ذیل سفارش می شود:

(17,1.5)(44,2.5)(78,3.5)(149,4.5)(176,5.5)(142,6.5)(54,7.5)

سپس بر اساس قدم ۹ از الگوریتم محاسباتی، عناصر زمانی که دارای مقادیر اعشاری هستند براساس سیاست مدیریت ریسک گریز، گرد می شوند:

(17,1)(44,2)(78,3)(149,4)(176,5)(142,6)(54,7)

جداول MRP فازی برای سایر قطعات مطابق جداول ۸ الی ۱۴ می باشد.

نکته: گرد کردن مولفه اول یعنی مقدار سفارش به سمت بالا و برای مولفه دوم یعنی زمان به سمت پایین انجام شده است و این بدان معناست که سیاست ریسک گریز در ایجاد کمبود اتخاذ شده است.

۵ ـ نتیجه گیری

در این مقاله همانگونه که ملاحظه گردید، با معرفی MRP و نیازهای اطلاعاتی آن و نیز نقاط ضعف MRP، به بیان تحقیقات انجام شده قبلی در زمینه وجود عدم اطمینان در اطلاعات MRP و سیستم های برنامه ریزی تولید و موجودی پرداخته شده است و با توجه به جای خالی ارائه راهکار بکارگیری تئوری فازی در رابطه با وجود عدم اطمینان در زمان پیشبرد و بطور کلی مبحث زمان، مدلی ابتکاری با استفاده ازتئوری فازی برای سیستم MRP، که بتواند وجود عدم اطمینان در زمان را پوشش دهد، ارائه شده است و جا دارد برای ایجاد امکان بکارگیری چنین مدلی در عمل، نرم افزاری مناسب در این زمینه طراحی و تهیه گردد.

جدول (۱) داده های اصلی قطعات.

ساختنی/خریدنی	شرح	زمان پیشبرد	روش اندازه انباشته	کد قطعه	سطح
ساختنی	صندلی B	(1, 2, 3)	L	F-449	0
ساختنی	صندلی A	(1, 2, 3)	L	F-456	0
ساختنی	نشیمن B	(0, 1, 2)	L	A-448	1
ساختنی	نشیمن A	(0, 1, 2)	L	A-454	1
خریدنی	پایه	(1, 2, 3)	L	P-455	1
ساختنی	چارچوب B	(0, 1, 2)	L	P-447	2
ساختنی	تشک	(0, 1, 2)	L	P-452	2
ساختنی	چارچوب A	(0, 1, 2)	L	P-453	2
خریدنی	مواد تشک	(2, 3, 4)	L	R-450	3
خریدنی	چارچوب خام	(1, 2, 3)	L	R-451	3

جدول (۲) سربرنامه تولید.

شماره صفحه	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
صندلی A							50			80
صندلی B						40			70	

جدول (۳) داده های موجودی.

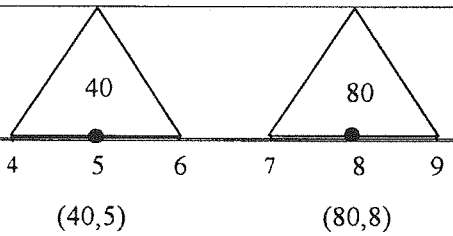
کد قطعه	موجودی در دست	تخصیص داده شده
A-448	10	0
A-454	0	0
F-449	30	0
F-456	10	0
P-447	10	0
P-452	60	20
P-453	50	10
P-455	40	0
R-451	0	0
R-450	0	0

جدول (۴) داده های سفارشات در راه.

کد قطعه	دریافت‌های برنامه‌ریزی شده	موعد تحویل
A-454	40	(1, 2, 3)
P-455	20	(2, 3, 4)
R-450	100	(0, 1, 2)

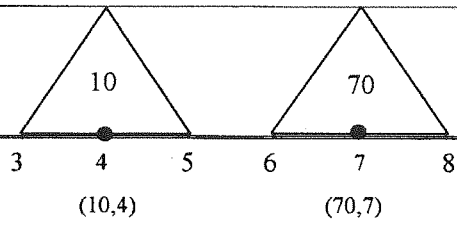
جدول (۵) برنامه صندلی A.

صندلی A : کالا	F-456 : کد قطعه									
شماره هفته	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
نیاز ناخالص							50			80
سفارشات در راه										
موجودی تصویر شده	10						-40			-120
نیاز خالص							40			80
سفارشات برنامه ریزی شده					40			80		

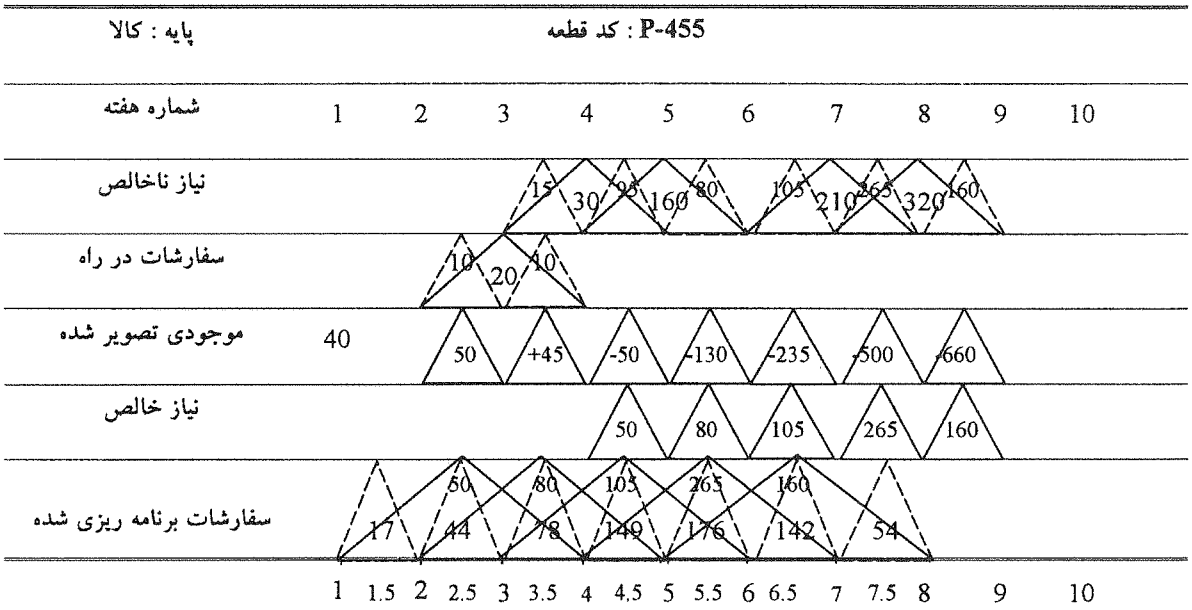


جدول (۶) برنامه صندلی B.

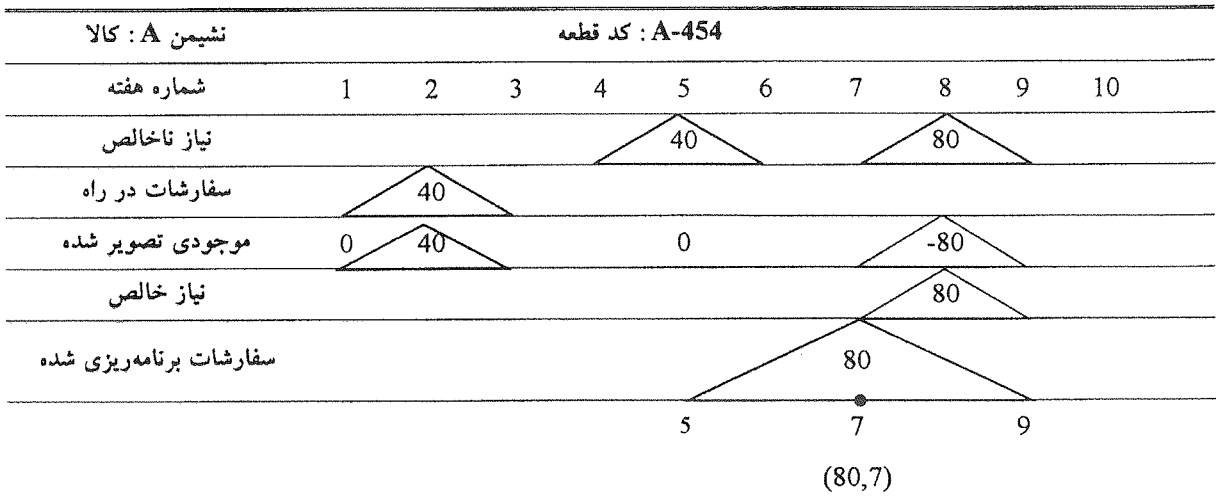
صندلی B : کالا	F-449 : کد قطعه									
شماره هفته	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
نیاز ناخالص						40			70	
سفارشات در راه										
موجودی تصویر شده	30					-10			-80	
نیاز خالص						10			70	
سفارشات برنامه ریزی شده				10			70			



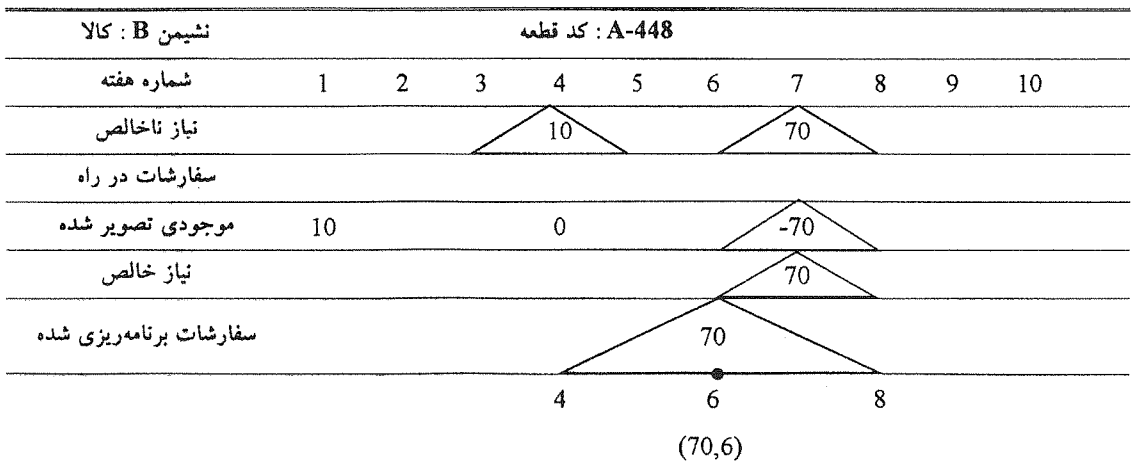
جدول (۷) برنامه پایه ها (قطعه مشترک).



جدول (۸) برنامه نشیمن A.



جدول (۹) برنامه نشیمن B.



جدول (۱۰) برنامه چارچوب A.

چارچوب A :کالا	کد قطعه : P-453									
شماره هفته	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
نیاز ناخالص							80			
سفارشات در راه										
موجودی تصویر شده	40						-40			
نیاز خالص							40			
سفارشات برنامه‌ریزی شده						40				
			3			6			9	
						(40,6)				

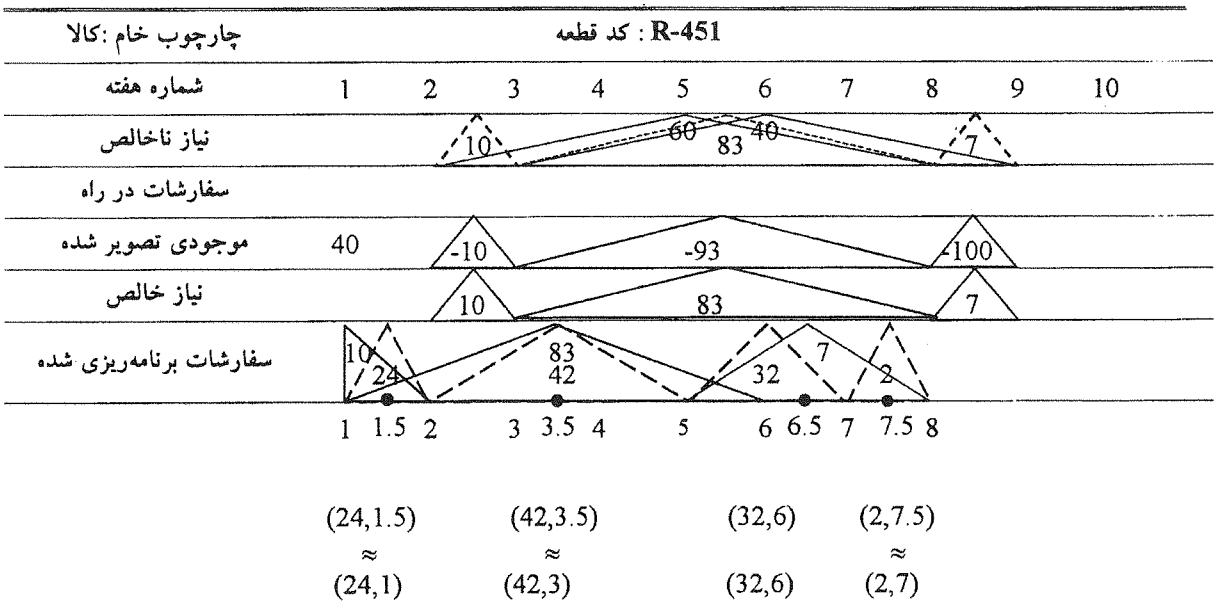
جدول (۱۱) برنامه چارچوب. B

چارچوب B :کالا	کد قطعه : P-447									
شماره هفته	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
نیاز ناخالص						70				
سفارشات در راه										
موجودی تصویر شده	10					-60				
نیاز خالص						60				
سفارشات برنامه‌ریزی شده					60					
		2			5			8		
					(60,5)					

جدول (۱۲) برنامه تشک.

تشک :کالا	کد قطعه : P-452									
شماره هفته	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
نیاز ناخالص					17.5	70	80	112.5	20	
سفارشات در راه										
موجودی تصویر شده	40				22.5	-90		-110		
نیاز خالص						90		20		
سفارشات برنامه‌ریزی شده				54		90	49	20	7	
			3	4.5	5.5	6	7	7.5	8	8.5	9
				(54,4.5)			(49,7)		(7,8.5)	
				≈					≈	
				(54,4)			(49,7)		(7,8)	

جدول (۱۳) برنامه چارچوب خام.

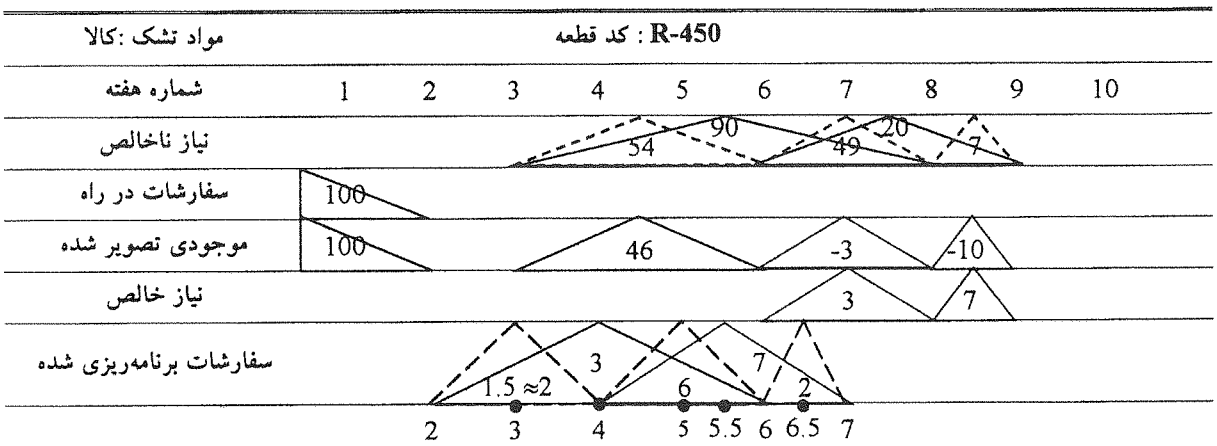


(24,1.5) (42,3.5) (32,6) (2,7.5)

≈ ≈ ≈

(24,1) (42,3) (32,6) (2,7)

جدول (۱۴) برنامه مواد تشک.



(2,3) (6,5) (2,6.5)

≈

(2,3) (6,5) (2,6)

زیرنویس ها

1. Material Requirements Planning
2. Uncertainty.
3. Lead Time
4. Bill of Material
5. Master Production Schedule
6. Lot Size
7. Safety Stock
8. Safety Lead Time
9. Part-Period Balancing
10. Silver-Meal
11. Wagner Whitin
12. Nervousness
13. Freezing
14. Scheduling
15. Robustness
16. Vague

17. Mode
18. Median
19. Uncertain
20. Gross Requirement
21. Scheduled Receipts
22. Projected Inventory
23. Net Requirement
24. Planned Orders
25. Shortage

مراجع

[1] Mohan, R. P. and Ritzman, L., 1998, "Planned Lead Times in Multistage Systems", Decision Sciences, 29, 163-191.

[2] Browne, J., Harhen, J. and Shivnan, J., 1996, "Production Management Systems", 2nd ed..

[3] Ho, C., and Lau. H., 1994, "Evaluation The Impact of Lead Time Uncertainty in Material Requirements Planning Systems", Europ. J. of Operational Research, 75, 89-99.

[4] Ho, C. J. and Ireland T. C., 1998, "Correlating MRP System Nervousness With Forecast Errors.", Int. J. Prod. Res., 36(8), 2285-2299.

[5] Kadipasaoglu, S. N. and Sridharan., V., 1995, "Alternative Approaches for Reducing Schedule Instability in Multistage Manufacturing Under Demand Uncertainty", J. of Operations Management, 13(3), 193-211.

[6] Zhao, X. and Lee, T. S., 1993, "Freezing The Master Production Schedule for Material Requirements Planning Systems Under Demand Uncertainty", J. of Operations Management., 11(2), 185-205.

[7] Benton, W. C., 1991, "Safety Stock and Service Levels in Periodic Review Inventory Systems", J. of Operational Research Society, 42(12), 1087-1095.

[8] Shafaei, R. and Brunn, P., 1999, "Workshop Sceduling Using Practical (Inaccurate) Data Part 1: The Performance of Heuristic Scheduling Rules in a Dynamic Job Shop Environment Using a Rolling Time Horizon Approach", Int. J. of Production Research, 37(17), 3912-3925.

[9] Shafaei, R. and Brunn, P., 1999, "Workshop Scheduling Using Practical (Inaccurate) Data Part 2: An Investigation of The Robustness of Scheduling Rules in a Dynamic and Stochastic Environment", Int. J. of Production Research, 37(18), 4105-4117.

[10] Shafaei, R. and Brunn, P., 2000, "Workshop Scheduling Using Practical (Inaccurate) data Part 3: A Framework to Integrate Job Releasing, Routing and Scheduling Functions to Create a Robust Predictive Schedule", Int. J. of Production Research, 38(1), 85-99.

[11] Kacprzyk, J. and Staniewski, P., 1982, "Long-Term Inventory Policy-Making Through Fuzzy Decision-Making Models", Fuzzy Sets and System, 8(2), 117-132.

[12] Lehtimaki, A. K., 1987, "An Approach for Solving Decision Problems of Master Scheduling by Utilizing Theory of Fuzzy Sets", Int. J. of Operations and Production Management, 25(12), 1781-1793.

[13] Custodio, L. M. M., Sentierio, J, J. S. and Bispo, C. F. G.,"Production Planning and Scheduling Using a Fuzzy Decision System", IEEE Trans. on Robotics and Automation, 10(2), 160-168.

[14] Sommer, G., 1981, "Fuzzy Inventory Scheduling", Applied Systems and Cybernetics, 6, 3052-3060, Lasker, G. E. (ed), Progamon Press, New York.

[15] Park, K. S., 1987, "Fuzzy - Set Theoretic Interpretation of Economic Order Quantity", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 17(6), 1080-1084.

[16] Lee, Y. Y. Kramer, B. A. and Hwang, C. L., 1990, "Part-Period Balancing With Unceretainty: a Fuzzy Sets Theory Approach", Int. J. of Production Research, 28(10), 1771-1778.

[17] Lee, Y. Y. Kramer, B. A. and Hwang, C. L., 1991, "Methods for The Case of Fuzzy Demand", Int, J. of Operations and Production Management, 11(7), 72-80.

[18] Petrovic, D. and Sweeney, E., 1994, "Fuzzy Knowledge Based Approach to Treating Uncertainty in Inventory Control.", Computer Integrated Manufacturing Systems, 7(3), 147-152.

[19] Dubois. D. and Prade. H. 1987, "Fuzzy Numbers: An Overview", in Analysis oof Fuzzy Information, CRC Press, Boca Raton, 1, 3-39.