توسعه مدل MRP با تقاضا و تأمین فازی

مهدی غضنفری – دانشگاه علم و صنعت ایران
مهدی رضایی صدرآبادی – دانشگاه علم و صنعت ایران

چکیده:

یکی از بزرگترین معضلاتی که عموماً سیستمهای برنامه ریزی با آن مواجه هستند، ورود یک سری اطلاعات نادقیق به این سیستمها می باشد. عدم قطعیت نسبت به اطلاعات ورودی سبب می شود که در بیشتر موارد برنامه های خروجی غیر واقعی بوده و در عمل با مشکلات زیادی روبرو شوند، همچنین انجام تعدیلات لازم برای ایجاد هماهنگی بین شرایط پیش بینی شده و شرایط واقعی معمولاً هزینه های گزافی را به مجموعه تحمیل کرده و کارایی سیستم را کاهش می دهد. این امر موجب اتلاف منابع تولیدی و استفاده غیر مفید از آنها می شود. سیستم برنامه ریزی احتیاجات مواد (MRP)[۲] نیز از شرایط مشابهی برخوردار است. در این مقاله به بررسی نحوه عملکرد سیستم MRP در شرایط عدم قطعیت (فازی) نسبت به تقاضا و تأمین پرداخته شده و ارائه یک سیستم برنامه ریزی تولید به نحوی که در برابر عدم قطعیت نسبت به اطلاعات ورودی مقاومتر بوده و عملکرد بهتری داشته باشد مد نظر قرار گرفته است. در پایان به منظور حصول اطمینان از ارجحیت این سیستم با رویکرد شبیه سازی به مقایسه دو سیستم MRP کلاسیک و MRP فازی پرداخته شده است .

.

واژه های کلیدی :

برنامه ریزی احتیاجات مواد (MRP) ، فازی (Fuzzy) ، تقاضا (Demand) ، تأمین (Supply)

مقدمه :

وجود عدم قطعیت نسبت به اطلاعات ورودی مورد نیاز یک سیستم MRP ، در اغلب موارد ، امری گریز ناپذیر است. چرا که عمدتاً در شرایط واقعی، با انواع وقایع پیش بینی نشده مواجه می شویم که باعث بوجود آمدن چنین شرایطی می شود. از جمله مواردی که می توان به آنها اشاره کرد : عدم اطمینان نسبت به پیش بینی های انجام شده نسبت به نیاز بازار و نیز توان تولیدی تأمین کنندگان می باشد.

در چنین شرایطی دو برخورد متفاوت می تواند وجود داشته باشد. یکی اینکه بدون توجه به واقعیت و وجود عدم قطعیت نسبت به تقاضا و تأمین اقلام، عملاً آنها را قطعی و قابل اطمینان در نظر گرفته و بر اساس آن محاسبات سیستم MRP را انجام دهیم. که نتیجه آن چیزی جز یک برنامه غیر کارا و غیر اجرائی نخواهد بود، نوع دیگر برخورد آن است که غیر قطعی بودن تقاضا و تأمین اقلام را به عنوان یک امر طبیعی و به عنوان یک واقعیت پذیرفته و درصدد انجام برنامه ریزی، با در نظر گرفتن آنها باشیم. رویکردهای متداول در این شرایط، رویکردهایی مانند در نظر گرفتن موجودی احتیاطی، زمان پیشبرد احتیاطی و یا تغییر در اندازه انباشته می باشد، تا درصورت تغییر در سربرنامه تولید ویا کاهش میزان اقلام تأمین شده دچار کمبود و یا تأخیر در برآورده ساختن تقاضا نشود. با این حال علی رغم مؤثر بودن این راهکارها بخشی از منابع تولیدی صرف نگهداری موجودی احتیاطی و یا طولانی تر در نظر گرفتن زمانهای پیشبرد می شود که برای سازمان مستلزم صرف هزینه های زیادی می باشد. از جمله دیگر راهکارها در این موارد بکارگیری تقاضا و تأمین اقلام به همان صورت غیرقطعی خود در محاسبات MRP می باشد. بدین ترتیب انتظار می رود برنامه های سفارشات حاصله به مراتب واقع گرایانه تر بوده و تناسب بیشتری با نیازمندیهای واقعی مشتریان داشته باشد. بنابراین باتوجه به اینکه اعداد فازی به خوبی می توانند بیانگر این عدم قطعیت موجود در تقاضا و تأمین قطعات

باشند برای حل این مشکل از رویکرد فازی استفاده می کنیم. آنچه در اینجا به دنبال آن هستیم توسعه یک مدل جدید MRP که بتواند ورودیها (تقاضا و تأمین اقلام) را بصورت فازی دریافت نموده و محاسبات را با توجه به این ورودیها انجام دهد، و نیز مقایسه آن با مدل کلاسیک به منظور حصول اطمینان از مؤثر بودن بکارگیری این سیستم در شرایطی که با عدم قطعیت مواجه هستیم، می باشد.

۲- مرور ادبیات مدل های MRP در شرایط عدم قطعیت

آنچه در گذشته در زمینه های مدیریت تولید و MRP در شرایط وجود عدم قطعیت انجام شده است ، به تمرکز بر روی عدم قطعیت موجود در زمان پیشبرد، اندازه انباشته سفارش و سطح موجودی منحصر می شود.

تحقیق بر روی مدلهای فازی برنامه ریزی تولید و کنترل موجودی، پس از معرفی تئوری فازی آغاز شد و کاربرد این مدلها معرفی گردید. کارهای انجام شده در این زمینه را می توان به دو دسته تحت عنوان، انتخاب برنامه تولید یا فرآیند، و مدیریت و برنامه ریزی تولید و موجودی، تقسیم بندی نمود. که در ادامه بطور خلاصه مرور خواهند شد.

- انتخاب برنامه تولید یا فرآیند

کاسپرزیک و استانیوسکی[1] [1] مسئله کنترل موجودی را در یک افق برنامه ریزی نامحدود و یک سیستم موجودی را بعنوان یک سیستم فازی در نظر گرفته اند. در این سیستم سطح موجودی فازی بعنوان خروجی، و مقدار فازی تکمیل و پرشدن موجودی بعنوان ورودی ارائه شده اند. تقاضا و محدودیتهای سیستم برای تکمیل مجدد موجودی نیز فازی هستند. یک الگوریتم برای یافتن استراتژی بهینه برای تعیین زمان تکمیل مجدد سطوح موجودی فعلی، که تابع عضویت تصمیم را بیشینه می کند، ارائه شده است.

لتمیکی[2] [2] مسائل برنامه ریزی MRP را از دیدگاه یک مسئله تصمیم گیری چند هدف بررسی کرده است. مسئله عبارت است از تصمیم گیری در مورد اینکه چگونه درخواستهای مشتری برای تغییرات سفارش را برآورده ساخت. هدف بیشینه کردن رضایت مشتری، مفهومی دارای ابهام است و با استفاده از تئوری فازی میتواند 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 مربوطه 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.

کاستودیو[3] [3] مقاله ای ارائه داده است که در این مقاله مسئله برنامه ریزی و زمانبندی کوتاه مدت با استفاده از یک رویکرد غیر کلاسیک به کمک تئوری فازی مورد بررسی قرار گرفته است. متدولوژی پیشنهادی دارای سه سطح تصمیم گیری بلند مدت ، میان مدت و کوتاه مدت است. در این 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 نرخهای 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، در میان منابع با استفاده از یک نسخه اصلاح شده از شیوه تصمیم گیری فازی *یاگر*[2] کنترل می شود. نتایج شبیه سازی نشان می دهد که سیستم پیشنهادی عملکرد خوبی را با توجه به در صد بالای تولید و کار کم در جریان ساخت، در شرایط عدم تأمین منابع کافی و تغییرات در تقاضا، ارائه می دهد.

- مدیریت برنامه ریزی تولید و موجودی

پارک[2] [4] مدل اندازه اقتصادی سفارش 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. قوائد نما و میانه برای تبدیل اطلاعات فازی هزینه بصورت اعداد اسکالر برای ورود به مدل EOQ[3] استفاده می شوند. کاربری تئوری فازی برای تعیین اندازه انباشته MRP با استفاده از یک نسخه فازی از الگوریتم تعادل قطعه- دوره توسط *لی*[4] [5] ارائه گردید. اوعدم قطعیت در تقاضا را با استفاده از اعداد فازی مثلثی مدل کرد. وی همچنین دو مزیت را در استفاده از اعداد فازی و توابع عضویت برای مدل کردن تقاضا، شناسایی کرده است. اولاً تئوری فازی، امکان در نظر گرفتن تقاضای غیر قطعی و قضاوت ذهنی فرد تصمیم گیرنده را، در تصمیم گیری در مورد تعیین انباشته، فراهم می سازد. ثانیاً تعادل قطعه – دوره فازی، منبع پربار تری از اطلاعات اولیه برای فرد تصمیم گیرنده فراهم می نماید تا در مقادیر عضویت دررابطه با اندازه های انباشته و هزینه بکار برده شود. وی در مقاله دیگری روش تعیین اندازه انباشته خود را در MRP برای منظور

---

[1] Kacprzyk and Staniewske
[2] Lethimaki
[3] Castodio
[1] Yager
[2] Park
[3] Economic Order Quantity
[4] Lee

کردن اصلاحات فازی در الگوریتم های سیلورمیل، واگنرویتین و تعادل قطعه – دوره توسعه داد. او عنوان می کند. زمانی که تقاضا در سربرنامه تولید واقعاً فازی باشد، می باید با استفاده از تابع عضویت مدل گردد.

۳– تابع فازی کننده مقدار سفارش شده

مقدار کالای تولید شده توسط تأمین کنندگان تابعی از مقدار کالای سفارش شده و شرایط تولیدی تأمین کننده می باشد. در محاسبات MRP مقدار تقاضای موجود برای هر یک از اقلام با توجه به میزان تقاضای محصول و ضریب مصرف قلم مربوطه در محصول نهایی بدست می آید ولی بخاطر شرایط تولیدی تأمین کننده عموماً میزان کالای تولید شده، دقیقاً برابر با مقدار کالای سفارش شده نبوده و ممکن است کمتر و یا بیشتر از آن باشد.
بیم مواجه با کمبود سبب می شود که سازمان در پاره ای از مواقع زمانیکه تأمین کننده مقدار کالایی بیشتر از مقدار سفارش شده را تولید می کند، مازاد تولید را از تأمین کننده پذیرفته و در انبار نگهداری نماید. هنگامیکه سازمان در یک بازه زمانی خاص مقدار کالایی کمتر از متوسط توان تولیدی تأمین کننده به او سفارش دهد، امکان تولید کالا بیشتر از مقدار سفارش شده توسط تأمین کننده بیشتر خواهد بود تا امکان مواجه با کمبود، بنابراین مقدار کالای تأمین شده بصورت یک عدد فازی مثلثی می باشد که پای راست آن از پای چپش بزرگتر می باشد(شکل ۱). همچنین زمانیکه مقدار کالای سفارش شده زیادتر از متوسط توان تولیدی تأمین کننده می باشد عموماً امکان مواجه با کمبود بیشتر از امکان تولید بیشتر از مقدار سفارش شده می باشد، یعنی پای سمت چپ عدد فازی مثلثی بزرگ و پای سمت راست آن کوچکتر است(شکل ۱) .
در وضعیتهایی بین دو حالت بیان شده، متناسب با کم یا زیاد بودن مقدار سفارش شده ، پای سمت راست و چپ بزرگ و کوچک می شوند.
برای یافتن تابع مناسبی که در برگیرنده، شرایط بیان شده باشد، برای هر یک از تأمین کنندگان بدین صورت عمل می کنیم که ابتدا کمترین و بیشترین مقدار کالای سفارش داده شده به هر یک از تأمین کنندگان را براساس سوابق گذشته بدست می آوریم، سپس با استفاده از تجربیات گذشته حداقل و حداکثر مقدار تأمین کالا برای هر یک از وضعیتهای فوق (کمتر و بیشترین مقدار کالا سفارش شده) را محاسبه کرده و عدد فازی مربوط به هر یک از آنها را ترسیم می نماییم ; فرض می کنیم :

X_1 :کمترین مقدار کالای سفارش شده به تأمین کننده

X_1' : حداقل مقدار کالای تولید شده توسط تأمین کننده زمانیکه به اندازه X_1 سفارش داده شده باشد

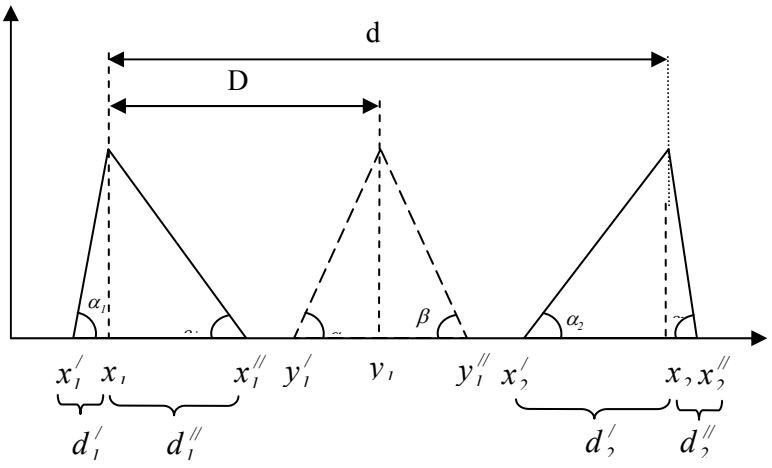
X_1'' : حداکثر مقدار کالای تولید شده توسط تأمین کننده زمانیکه به اندازه X_1 سفارش داده شده باشد

X_2 : بیشترین مقدار کالای سفارش شده به تأمین کننده

X_2' : حداقل مقدار کالای تولید شده توسط تأمین کننده زمانیکه به اندازه X_2 سفارش داده شده باشد

X_2'' : حداکثر مقدار کالای تولید شده توسط تأمین کننده زمانیکه به اندازه X_2 سفارش داده شده باشد

عدد فازی مثلثی مقدار کالای تأمین شده زمانیکه مقدار سفارش عددی بین X_2, X_1 باشد بصورت زیر محاسبه می گردد.



شکل ۱ عدد فازی میزان تولید توسط تأمین کننده در حالت کلی

۱- زمانیکه کمترین مقدار سفارش داده شده را داریم :

$$\mu_{(X)}=\begin{cases} tg\alpha_1(x-x_1)+1 & x_1^{/}\le x\le x_1 \\ -tg\beta_1(x-x_1)+1 & x_1\le x\le x_1^{//} \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (۱)$$

۲- زمانیکه بیشترین مقدار سفارش داده شده را داریم :

$$\mu_{(X)}=\begin{cases} tg\alpha_2(x-x_2)+1 & x_2^{/}\le x\le x_2 \\ -tg\beta_2(x-x_2)+1 & x_2\le x\le x_2^{//} \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (۲)$$

آنچه مسلم است با افزایش میزان کالای سفارش شده شیب ضلع سمت راست مثلث مربوط به درجه عضویت عدد فازی مثلثی تأمین، افـزایش یافتـه و شیب سمت چپ کاهش می یابد.

برای یافتن عدد فازی مربوط به هر مقدار سفارش در این بازه داریم :

$$d=x_2-x_1 \quad (۳)$$

$$D=y_1-x_1 \quad (۴)$$

$$\alpha_1=Arctg\frac{1}{x_1-x_1^{/}} \quad (۵)$$

$$\alpha_2=Arctg\frac{1}{x_2-x_2^{/}} \quad (۶)$$

$$\alpha=\alpha_1-\frac{\alpha_1-\alpha_2}{d}\times D \quad (۷)$$

$$\mu_{(Y)}=tg\alpha(y-y_1)+1\longrightarrow y_1^{/}\le y\le y_1 \quad (۸)$$

$$0=tg\alpha(y_1^{/}-y_1)+1\Rightarrow y_1^{/}=y_1-\frac{1}{tg\alpha}\Rightarrow y_1^{/}=y_1-\frac{1}{tg(\alpha_1-\frac{\alpha_1-\alpha_2}{d}\times D)} \quad (۹)$$

$$\beta_1=Arctg\frac{1}{x_1^{//}-x_1} \quad (۱۰)$$

$$\beta_2=Arctg\frac{1}{x_2^{//}-x_2} \quad (۱۱)$$

$$\beta=\beta_1+\frac{\beta_2-\beta_1}{d}\times D \quad (۱۲)$$

$$\mu_{(Y)}=tg\beta(y-y_1)+1\longrightarrow y_1\le y\le y_1^{//} \quad (۱۳)$$

$$0=-tg\beta(y_1^{//}-y_1)+1\Rightarrow y_1^{//}=y_1+\frac{1}{tg\beta}\Rightarrow y_1^{//}=y_1+\frac{1}{tg(\beta_1-\frac{\beta_2-\beta_1}{d}\times D)} \quad (۱۴)$$

بنابراین زمانیکه سازمان به اندازه y_1 به تأمین کننده سفارش تولید کالا را می دهد، میزان کالای تأمین شده بصورت عدد فازی مثلثـی (y_1', y_1, y_1'') خواهد بود .

۴- مدل MRP فازی

در یک سیستم MRP ، میزان تقاضای محصول نهایی در پریودهای مختلف زمانی در غالب سربرنامه تولید (MPS)[1] به سیستم وارد می‌شود و سیستم با استفاده از لیست مواد (BOM)[2] و ضریب مصرف هر یک از اجزاء تشکیل دهنده آن محصول ، میزان تقاضای هر یک از اجزاء تشکیل دهنده را محاسبه کرده و با در نظر گرفتن زمان پیشبرد هر یک از اجزاء ، زمان سفارش آنها را مشخص می‌نماید . در ادامه ضمن تعریف پارامترهای مدل MRP به تشریح الگوریتم حل مسئله می‌پردازیم .

$\widetilde{r}_t^j$: احتیاجات ناخالص قلم j در پریود زمانی t

$\widetilde{x}_t^j$: دریافتهای زمانبندی شده قلم j در پریود زمانی t

P_t^j : موجودی پیش بینی شده قلم j در پریود زمانی t

N_t^j : احتیاجات خالص قلم j در پریود زمانی t

X_t^j : سفارش برنامه ریزی شده قلم ر در پریود زمانی ش

O_t^j : مقدار سفارش شده قلم ر در پریود زمانی ش

$\widetilde{B}_t^j$: سفارش دریافت شده قلم ر در پریود زمانی ش

Y_t^j : موجودی تجدید نظر شده قلم ر در پریود زمانی ش

PD_j : موجودی ابتدای دوره برنامه ریزی برای قلم ر

LT_j : زمان پیشبرد قلم j موجود در محصول

از میان پارامترهای تعریف شده ،میزان احتیاجات ناخالص $\widetilde{r}_t^j$ ، دریافتهای زمانبندی شده $\widetilde{x}_t^j$ و سفارش دریافت شده $\widetilde{B}_t^j$ که مطابق با تقاضا و تأمین فازی می باشند به صورت اعداد فازی مثلثی در نظر گرفته شده‌اند

۵- الگوریتم مدل MRP

پیش از این پارامترهای مختلف مورد استفاده در یک مدل MRP فازی تشریح گردید . از میان پارامترهای بیان شده احتیاجات ناخالص محصول در پریودهای زمانی مختلف $\widetilde{r}_t^j$ ،دریافتهای زمانبندی شده هر یک از اقلام تشکیل دهنده محصول در هر یک از پریودهای زمانی $\widetilde{x}_t^j$ ، موجودی ابتدای دوره برنامه‌ریزی برای هر قلم کالا و PD_j ، زمان پیشبرد (LT_j)[2] و ضریب مصرف (k_j) هر یک از اقلام به عنوان ورودی به سیستم MRP داده می‌شود در ادامه سیستم مطابق با روال زیر به محاسبه سایر پارامترهای مورد استفاده برای دستیابی به زمان و میزان سفارش دهی هر یک از اقلام می‌پردازد .

۱- محاسبه P_t^j ،موجودی پیش بینی شده قلم j در پریود زمانی t

موجودی پیش بینی شده هر قلم در پریود زمانی t به میزان موجودی در دوره ماقبل یعنی t -۱ و میزان دریافتهای زمانبندی شده و احتیاجات ناخالص در همان پریود زمانی مرتبط می‌باشد . میزان موجودی پیش بینی شده در سیستم MRP بصورت زیر محاسبه می‌گردد :

$$\begin{cases} P_t^j = PD^j + \widetilde{x}_t^j - \widetilde{r}_t^j & t = 1 \\ P_t^j = P_{t-1}^j + \widetilde{x}_t^j - \widetilde{r}_t^j & t = 2,...,T \end{cases} \qquad (۱۵)$$

موجودی پیش بینی شده می‌تواند مقادیر مثبت و یا منفی را در بر بگیرد ، مقادیر مثبت نشان دهنده وجود میزانی موجودی از آن قلم کالای خاص در پریود زمانی مشخص شده می‌باشد و مقادیر منفی کمبود موجودی را نشان می‌دهد .

۲- محاسبه N_t^j ، احتیاجات خالص قلم j در پریود زمانی t

[1] Master Production Schedule
[2] Bill Of Material
[1] Lead Time

احتیاجات خالص هر قلم کالا در پریود زمانی t به میزان احتیاجات ناخالص، دریافتهای زمانبندی شده آن در همان پریود زمانی و میزان موجودی پیش بینی شده در دوره ماقبل آن یعنی t-1 مرتبط می‌باشد . احتیاجات خالص هر قلم کالا در سیستم MRP بصورت زیر محاسبه می‌گردد.

$$N_t^j = \begin{cases} (\tilde{r}_t^{\,j} - \tilde{x}_t^{\,j} - P_{t-1}^j) \times I_P & P_{t-1}^j \rangle 0 \\ (\tilde{r}_t^{\,j} - \tilde{x}_t^{\,j}) \times I_P & P_{t-1}^j \le 0 \end{cases} \quad (۱۶)$$

البته احتیاجات خالص تنها در زمانی که موجودی پیش بینی شده منفی می‌باشند وجود دارد بنابراین اگر موجودی پیش بینی شده مثبت و یا صفر باشند میزان احتیاجات خاص برابر با صفر خواهد بود ، پارامتر I_P بکار برده شده در رابطه فوق نشان دهنده این مطلب بوده و بصورت زیر تعریف می گردد .

$$I_P = \begin{cases} 1 & P_t^j \langle 0 \\ 0 & P_t^j \ge 0 \end{cases} \quad (۱۷)$$

۳- محاسبه X_t^j : سفارش برنامه ریزی شده قلم j در پریود زمانی t

سفارش برنامه ریزی شده هر قلم کالا از اعمال زمان پیشبرد کالای مربوطه در احتیاجات خالص مربوط به آن قلم کالا حاصل می‌گردد . سفارش برنامه ریزی شده هر قلم کالا در پریود زمانی t برابر با احتیاجات خالصی است که کالای مربوطه در پریود زمانی t + LT دارا می باشد . داریم :

$$X_t^j = N_{t+LT_j}^j \quad (۱۸)$$

۴- محاسبه O_t^j: مقدار سفارش شده قلم j در پریود زمانی t

مقدار سفارش شده هر کالا در هر پریود زمانی متناسب با میزان سفارش برنامه‌ریزی شده آن کالا در بازه زمانی مربوطه می‌باشد . O_t^j در واقع حاصل از دی فازی کردن X_t^j می‌باشد و مشخص کننده مقدار کالایی می‌باشد که برای تولید به تأمین کننده اعلام می گردد .

$$O_t^j = F_{defuzzify}(X_t^j) \quad (۱۹)$$

در مورد تابع دی فازی کننده مقادیر فازی در فصل گذشته مطالبی بیان گردید .

۵- محاسبه $\tilde{B}_t^j$: سفارش دریافت شده قلم j در پریود t

سفارش دریافت شده $\tilde{B}_t^j$ معرف میزان کالایی است که تأمین کننده به اندازه LT واحد زمانی بعد از اعلام مقدار سفارش شده O_t^j به آن تأمین کننده ، برای ما تولید می‌کند سفارش دریافت شده $\tilde{B}_t^j$ یک مقدار فازی بوده و از فازی کردن مقدار سفارش شده به تأمین کننده حاصل می گردد .

$$\tilde{B}_t^j = F_{fuzzify}(O_{t-LT_j}^j) \quad (۲۰)$$

در مورد توابع فازی کننده مقدار سفارش شده که سفارش دریافت شده برای هر قلم کالا را به ما می‌دهد در قسمت سوم مطالبی بیان گردید.

۶- محاسبه Y_t^j: موجودی تجدید نظر شده قلم j در پریود t

موجودی تجدید نظر شده برای اولین پریود از افق برنامه ریزی برابر با مقدار موجودی ابتدای دوره می‌باشد و برای پریودهای زمانی بعدی با در نظر گرفتن مقدار موجودی تجدید نظر شده در دوره قبل از آن یعنی t -۱ و مقدار احتیاجات خالص و سفارش دریافت شده در همان پریود زمانی حاصل می گردد.

$$Y_1^j = P_1^j \quad (۲۱)$$

$$Y_t^j = Y_{t-1}^j + \tilde{B}_t^j - N_t^j \quad (۲۲)$$

از میان پارامترهای بیان شده فوق ، نحوه محاسبه دو پارامتر، موجودی تجدید نظر شده (Y_t^j) و سفارش برنامه‌ریزی شده (X_t^j) بسته به رابطه‌ای که سازمان نسبت به عقب انداختن زمان تحویل کالای سفارش شده، با مشتری دارا می‌باشد (تأخیر مجاز ، تأخیر غیر مجاز) تغییر کرده و می تواند در غالب یکی از دو مورد زیر باشد :

۱- سیاست سفارش دهی بصورت بهر به بهر و امکان تأخیر در ارسال محصول برای مشتری، وجود دارد .

۲- سیاست سفارش دهی بصورت بهر به بهر و امکان تأخیر در ارسال محصول برای مشتری، وجود ندارد .

در ادامه بر تشریح الگوریتم محاسباتی در هر یک از سیستمهای فوق می‌پردازیم .

۵-۱- سیاست سفارش دهی بصورت بهر به بهر و امکان تأخیر در ارسال محصول وجود دارد

در این حالت، زمانیکه سازمان توان برآورده ساختن تمامی تقاضای مشتری در یک پریود زمانی را ندارد، این امکان وجود دارد که سهمی از تقاضا کـه در این پریود زمانی برآورده نشده است را در پریود زمانی بعد از آن جبران نماید در چنین وضعیتی مقدار موجودی تجدید نظر شـده Y_t^j هـر پریـود زمـانی تأثیر پذیر از میزان موجودی تجدید نظر شده دوره ماقبل Y_{t-1}^j می‌باشد . زمانیکه موجودی تجدید نظر شد ، دوره قبلی مثبت باشد بدین معنی اسـت کـه در پریود زمانی قبل مقدار کالای تأمین شده بیشتر از تقاضای مشتری بوده و میزانی موجودی در انبار باقی مانده است. در چنین حالتی در دوره فعلی بـا توجه به داشتن میزانی موجودی، تقاضای آن کالای خاص کاهش یافته و نیاز به سفارش اقلام کمتری به تأمین کنندگان می‌باشـد. زمانیکـه موجـودی تجدید نظر شده دوره قبلی منفی باشد بدین معنی است که در این دوره زمانی مقدار کالای تأمین شده کمتر از تقاضای مشتری بوده و مقـداری کمبـود ایجاد شده است و از آن جهت که به تأخیر انداختن سفارش مجاز می‌باشد در دوره فعلی تقاضا افزایش یافته و نیاز به سفارش اقلام بیشـتری بـه تـأمین کنندگان می‌باشد. داریم:

$$Y_t^j = Y_{t-1}^j + \tilde{B}_t^j - N_t^j$$
$$X_t^j = N_{t+LT_j}^j - Y_t^j \qquad (۲۳)$$

الگوریتم محاسباتی این روش بصورت زیر می‌باشد

برای t = 1

$$P_1^j = PD_j + \tilde{x}_1^j - \tilde{r}_1^j$$
$$N_1^j = (\tilde{r}_1^j - \tilde{x}_1^j - PD_j) \times I_P \qquad I_P = \begin{cases} 1 & P_t^j \langle 0 \\ 0 & P_t^j \geq 0 \end{cases}$$
$$Y_1^j = P_1^j$$
$$X_1^j = N_{1+LT_j}^j$$
$$O_1^j = F_{defuzzify}(X_1^j)$$
$$B_1^j = 0 \qquad t = 1, \ldots, LT_j$$

برای t = 2,3,…,T

$$P_t^j = P_{t-1}^j + \tilde{x}_t^j - \tilde{r}_t^j$$
$$N_T^j = \begin{cases} (\tilde{r}_t^j - \tilde{x}_t^j - P_{t-1}^j) \times I_P & P_{t-1}^j \rangle 0 \\ (\tilde{r}_t^j - \tilde{x}_t^j) \times I_P & P_{t-1}^j \leq 0 \end{cases} \qquad I_P = \begin{cases} 1 & P_t^j \langle 0 \\ 0 & P_t^j \geq 0 \end{cases}$$
$$\mathrm{B}_t^j = F_{fuzzy}(O_{t-LTj}^j)$$
$$Y_t^j = Y_{t-1}^j + \tilde{B}_t^j - N_t^j$$
$$X_t^j = N_{t+LT_j}^j - Y_t^j$$
$$O_t^j = F_{defuzzify}(X_t^j)$$

۵-۲- سیاست سفارش دهی بصورت بهر به بهر و امکان تأخیر در ارسال محصول وجود ندارد

در این حالت، چنانچه سازمان توان برآورده ساختن تمامی تقاضای مشتری در یک پریود زمانی را نداشته باشد، امکان اینکه سهمی از تقاضـای مشـتری که در این پریود زمانی برآورد نشده است را در پریودهای زمانی بعد از آن جبران نماید، وجود ندارد . در این زمان مقدار موجـودی تجدیـد نظـر شـده ای (Y_{t-1}^j) درنظر گرفته می شود که مقدار آن $Y_{t-1}^j > 0$ باشد . مثبت بودن موجودی تجدید نظرشده دوره قبل بدین معنی است که میـزان کـالای تـأمین شده بیشتر از میزان تقاضای مشتری بوده و میزانی موجودی در انبار باقی مانده است در چنین وضعیتی مقدار تقاضا در دوره فعلی کاهش یافته و نیاز بـه سفارش اقلام کمتری به تأمین کننده می باشد ولی زمانیکه موجودی تجدید نظر شده دوره قبل منفی باشد $Y_t^j < 0$ بدین معنی است که در ایـن دوره

زمانی مقدار کالای تأمین شده کمتر از تقاضای مشتری بوده و سازمان با کمبود مواجه شده است ولی از آن جهت که به تأخیر انداختن ارسال محصول برای مشتری مجاز نمی‌باشد ، تأثیری در تقاضای دوره بعدی نداشته و مقدار سفارش اقلام به تأمین کننده مطابق با نیاز مشتری در همان دوره تعیین می‌گردد . داریم:

$$Y_t^j = \begin{cases} Y_{t-1}^j + \tilde{B}_t^j - N_t^j & Y_{t-1}^j \geq 0 \\ \tilde{B}_t^j - N_t^j & Y_{t-1}^j < 0 \end{cases} \quad (۲۴)$$

$$X_t^j = \begin{cases} N_{t+LT_j}^j - Y_t^j & Y_t^j > 0 \\ N_{t+LT_j}^j & Y_t^j \leq 0 \end{cases} \quad (۲۵)$$

الگوریتم محاسباتی این روش بصورت زیر می‌باشد

برای t = 1

$$P_1^j = PD_j + \tilde{x}_1^j - \tilde{r}_1^j$$

$$N_1^j = (\tilde{r}_1^j - \tilde{x}_1^j - PD_j) \times I_P \qquad I_P = \begin{cases} 1 & P_t^j \langle 0 \\ 0 & P_t^j \geq 0 \end{cases}$$

$$Y_1^j = P_1^j$$

$$X_1^j = N_{1+LT_j}^j$$

$$O_1^j = F_{defuzzify}(X_1^j)$$

$$B_1^j = 0 \qquad t = 1, \ldots, LT_j$$

برای t = 2,3,…,T

$$P_t^j = P_{t-1}^j + \tilde{x}_t^j - \tilde{r}_t^j$$

$$N_T^j = \begin{cases} (\tilde{r}_t^j - \tilde{x}_t^j - P_{t-1}^j) \times I_P & P_{t-1}^j \rangle 0 \\ (\tilde{r}_t^j - \tilde{x}_t^j) \times I_P & P_{t-1}^j \leq 0 \end{cases} \qquad I_P = \begin{cases} 1 & P_t^j \langle 0 \\ 0 & P_t^j \geq 0 \end{cases}$$

$$\mathrm{B}_t^j = F_{fuzzy}(O_{t-LTj}^j)$$

$$Y_t^j = \begin{cases} Y_{t-1}^j + \tilde{B}_t^j - N_t^j & Y_{t-1}^j \geq 0 \\ \tilde{B}_t^j - N_t^j & Y_{t-1}^j < 0 \end{cases}$$

$$X_t^j = \begin{cases} N_{t+LT_j}^j - Y_t^j & Y_t^j > 0 \\ N_{t+LT_j}^j & Y_t^j \leq 0 \end{cases}$$

$$O_t^j = F_{defuzzify}(X_t^j)$$

جدول ۱- جدول محاسباتی در سیستم MRP فازی

روش بهر به بهر LT = n	PD_j										
شماره هفته		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\widetilde{P}_t^j$ احتیاجات ناخالص											
$\widetilde{x}_t^j$ دریافتهای زمانندی شده											
p_t^j موجودی پیش بینی شده											
N_T^j احتیاجات خالص											
X_T^j سفارش برنامه ریزی شده											
O_T^j تعداد سفاش شده											
$\widetilde{B}_T^j$ سفارش دریافت شده											
Y_T^j موجودی تجدید نظر شده											

۶- ارزیابی مدل پیشنهادی در مقایسه با مدل کلاسیک

به منظور مقایسه عملکرد مدل پیشنهادی نسبت به مدل MRP کلاسیک، از روش شبیه سازی کامپیوتری استفاده می شود. در این روش ضمن آنکه شرایط عدم قطعیت در میزان تقاضا و تأمین بر اساس تابع توزیع تقاضا و تأمین فازی ، توسط کامپیوتر شبیه سازی می گردد ، برنامه ریزی دو مسئله استفاده شده از مقالات معتبر[۶،۷] به تعداد زیاد (هر مسئله ۲۵ مرتبه) تکرار می شوند. بدین ترتیب بر مبنای نتایج حاصل از تکرارهای برنامه ریزی هر مسئله انتظار می رود که قضاوت بهتری انجام پذیرد .

هر مسئله به ترتیب فوق بر اساس هر دو مدل فازی و کلاسیک MRP برنامه ریزی می گردند، برای این هدف از نرم افزار کامپیوتری که برای همین منظور طراحی و آماده گردیده ، استفاده می شود. مقادیر هر شاخص ارزیابی در تکرارهای متعدد برنامه ریزی در ارتباط با هر یک از دو مدل محاسبه و مقایسه می شوند . و لذا مدلی که در شرایط وجود عدم قطعیت در تقاضا و تأمین اقلام ، امتیاز بالاتری از نظر شاخص های ارزیابی کسب نماید به عنوان مدل برتر انتخاب می شود .

۷- شاخص های ارزیابی مدل کلاسیک و مدل توسعه داده شده

بمنظور مقایسه عملکرد مدل کلاسیک MRP با مدل توسعه داده شده ، در شرایط عدم قطعیت نسبت به تقاضا و تأمین ، معیارها و شاخص هایی تعریف گردید . این شاخص ها بیانگر چگونگی عملکرد هر یک از این دو مدل می باشند و مطابق با خروجی برنامه ریزی مسائل شاخص ها محاسبه می گردند .

حال به توضیح این شاخص ها پرداخته می شود :

۷-۱- شاخص مجموع میزان موجودی باقی مانده در پایان دوره برنامه ریزی

این شاخص بیانگر مجموع مقدار موجودی است که در پایان دوره برنامه ریزی از تفاضل بین مقدار سفارش دریافت شده واقعی هر یک از اقلام و مقدار احتیاجات خالص واقعی مربوط به آن بدست می آید، در صورتی که این تفاضل مثبت باشد موجودی باقی مانده برابر با تفاضل مقادیر خواهد بود و در صورت منفی بودن آن میزان موجودی باقی مانده در پایان دوره برنامه ریزی برابر با صفر است .

$$PI = \sum_{j=1}^{J} K_j \left| B_T^j - M_T^j \right| \qquad (۲۶)$$

$$K_j = \begin{cases} 1 & B_T^j > M_T^j \\ 0 & B_T^j \le M_T^j \end{cases} \qquad (۲۷)$$

B_T^j: سفارش دریافت شده واقعی در پایان دوره برنامه ریزی قلم j

M_T^j: تقاضای خالص واقعی پایان دوره برنامه ریزی قلم j

K_j: متغیر صفر و یک

وضعیت مطلوب **:** کمتر بودن این شاخص به منزله وضعیت بهتر است .

۷-۲- شاخص جمع انحراف از سر برنامه تولید

این شاخص بیانگر جمع قدر مطلق تفاوتهای مثبت یا منفی است که میان مقادیر سفارشات یک قطعه در دوره های مشابه برای دو برنامه متوالی حاصل از تولید مجدد برنامه وجود دارد .به عبارت دیگر این شاخص از قدر مطلق تفاضل میان مقدار سر برنامه تولید و مقدار موجودی آماده برای تحویل هر یک از اقلام در پایان هر بار برنامه ریزی مجدد حاصل می شود .

$$TSD = \sum_{j=1}^{J}\sum_{t=1}^{T}\left|r_t^j - X_t'^j - B_t^j\right| \qquad (۲۸)$$

r_t^j: احتیاج ناخالص واقعی قلم j در دوره زمانی t

$X_t'^j$: مقدار واقعی دریافت زمانبندی شده قلم j در دوره زمانی t

B_t^j: مقدار واقعی مقدار سفارش دریافت شده قلم j در دوره زمانی t

وضعیت مطلوب : کمتر بودن این شاخص به منزله وضعیت بهتر است .

۷-۳- مجموع کمبود در پایان دوره برنامه ریزی :

این شاخص بیانگر مجموع مقدار کمبودی است که در پایان دوره برنامه ریزی برای هر یک از اقلام خواهیم داشت که از تفاضل بین مقدار سفارش دریافت شده واقعی هر قلم کالا و احتیاج خالص واقعی مربوط به آن حاصل می شود در صورتی که این تفاضل، مقداری مثبت باشد میزان کمبود برابر با آن خواهد بود و در صورتی که منفی باشد مقدار کمبود صفر است .

$$NPI = \sum_{j=1}^{J} m_j\left|N_T^j - B_T^j\right| \qquad (۲۹)$$

$$m_j = \begin{cases} 1 & N_T^j > B_T^j \\ 0 & N_T^j \le B_T^j \end{cases} \qquad (۳۰)$$

N_T^j: تقاضای خالص واقعی در پایان دوره برنامه ریزی برای قلم j

B_T^j : سفارش واقعی دریافت شده در پایان دوره برنامه ریزی برای قلم j

m_j : متغیر صفر و یک

وضعیت مطلوب : کمتر بودن این شاخص به منزله وضعیت بهتر است .

۷-۴- تعداد و دفعات کمبود:

این شاخص عبارت از کل دفعاتی است که برنامه ریزی MRP برای مسئله مورد نظر دچار کمبود می شود .

وضعیت مطلوب : کمتر بودن این شاخص به منزله وضعیت بهتر است .

۷-۵- تعداد دفعات داشتن موجودی مازاد:

این شاخص عبارت از تعداد کل دفعاتی است که برنامه ریزی MRP برای مسئله مورد نظر دچار موجودی مازاد می شود .

وضعیت مطلوب : کمتر بودن این شاخص به منزله وضعیت بهتر است .

۸- نتیجه :

پس از انجام آزمایشات، به مقایسه وضعیت هر یک از دو مدل MRP کلاسیک و توسعه یافته (فازی) با توجه به شاخصهای تعریف شده می پردازیم، وضعیت هر یک از شاخصها بصورت زیر می باشد :

شاخص اول : مجموع میزان موجودی باقی مانده در پایان دوره برنامه ریزی

در این شاخص مدل MRP فازی بهتر عمل می کرد .

شاخص دوم : جمع انحراف از سر برنامه تولید

در این شاخص مدل MRP فازی بهتر عمل می کرد .

شاخص سوم : مجموع کمبود در پایان دوره برنامه ریزی

در این شاخص مدل MRP فازی بهتر عمل می کرد .

شاخص چهارم : تعداد دفعات مواجه با کمبود

در این شاخص مدل MRP فازی بهتر عمل می کرد .

شاخص پنجم : تعداد دفعات داشتن موجودی مازاد

در این شاخص مدل MRP فازی بهتر عمل می کرد .

آنچه از بررسی وضعیت دو مدل در مقایسه شاخصها بدست می آمد، این است که مدل MRP فازی با روش تعیین اندازه انباشته بهر بـه بهـر ، عملکـرد بهتری نسبت به مدل MRP کلاسیک دارد، بنابراین در شرایطی که میزان تقاضا و تأمین اعداد فـازی هسـتند، اسـتفاده از مـدل MRP فـازی برنامـه سفارش و تولید واقعی تری را بدست داده و با مشکلات کمتری مواجهه خواهد شد .

۹- مراجع :

[1] Kacprzyk, J. and Staniewski, P., 1982, “Long-Term Inventory Policy-Making Through Fuzzy Decision-Making Models”, Fuzzy Set and System, 8(2), 117-132.
[2] Lehtimaki, A. K., 1987, “An Approach for Solving Decision Problem of Master Scheduling by Utilizing Theory of Fuzzy Sets”, Int. J. of Operations and Production Management, 25(12), 1781-1793.
[3] Custodio, L. M. M. , Sentierio, J. J. S. and Bispo, C. F. G. ,1994, “Production Planning and Scheduling Using a Fuzzy Decision System”, IEEE Trans. on Robotics and Automation, 10(2), 160-168.
[4] Park, K. S., 1987 , “Fuzzy-Set Theoretic Interpretation of Economic Order Quantity” , IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 17(6), 1080-1084.
[5] Lee, Y. Y., Kramer, B. A. and Hwang , C.L., 1990, “Part-Period Balancing with Uncertainty: A Fuzzy Sets Theory Approach”, Int. J. of Production Research, 28(10), 1771-1778.
[6] Vollmann T.E., Berry W.L. and Whybark D.C., 1992, “Manufacturing Planning and Control Systems” , 3rd ed., IRWIN, Boston.
[7] Noori H. and Radfard R., 1995, “Production and Operation Management: Total Quality and Responsiveness”, McGraw-Hill Inc.