برنامه‌ریزی تولید و زمان‌بندی عملیات: یک رویکرد جدید

نویسندگان: دکتر سید کمال چهارسوقی [1]
دکتر محمدصادق پاک‌کار [2]

چکیده

این مقاله به معرفی چارچوب کلی و برخی ضمیمه‌های مهم یک سیستم جدید برای برنامه‌ریزی جریان مواد و زمان‌بندی عملیات با توجه به محدودیت‌های ظرفیت تولید می‌پردازد. توجیه توسعه رویکرد جدید، نارسایی‌های موجود در سیستم برنامه‌ریزی جریان مواد MRP به‌دلیل برخی پیش فرض‌های غیرواقعی آن می‌باشد.

این سیستم با بهره گیری از یک مکانیزم برنامه‌ریز خودکار (الگوریتم ابداعی - ابتکاری) زمان‌های تدارک ساخت را با ملاحظه رابطهٔ بین الگوی بارگذاری و ظرفیت‌های محدودکننده برای ترکیب مشخصی از تولید در هر زمان خاص محاسبه می‌کند و بدین ترتیب بر عمده‌ترین محدودیت‌های پارادیم MRP در زمینه فرض زمان‌های ثابت تدارک ساخت و ظرفیت‌های نامحدود غلبه می‌کند. انجام طرح‌های مختلف آزمایشی حاکی از بهبود قابل ملاحظهٔ معیارهای سنجش عملکرد برای سیستم جدید برنامه‌ریزی در مقایسه با سیستم برنامه‌ریزی MRP می‌باشد.

۱ـ مقدمه

ظهور پویایی‌های تجارت و تکنولوژی در جهان معاصر، تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر روی استراتژی‌های شرکت‌های تولیدی به جای گذارده است. توسعهٔ سیستم‌های کامپیوتری مدیریت تولید به ویژه MRPII از بارزترین ویژگی‌های، این استراتژی‌های جدید تولیدی می‌باشد. علی‌رغم سرمایه گذاری قابل ملاحظه بر روی این سیستم‌ها (برای مثال به [۱] مراجعه کنید) به‌عنوان ابزاری برای حل مسائل تجاری - تولیدی و با وجود تعداد بی‌شمار بسته‌های نرم‌افزاری، عملکرد

۱- عضو هیأت علمی دانشگاه تربیت مدرس، بخش صنایع
۲- عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی

رضایت‌بخش این سیستم‌ها به ویژه در محیط‌های پیچیدهٔ تولیدی مورد تردید است [۲]. این ادعا از طریق گزارش‌های تحقیقی مختلف که ۵۰ تا ۷۰ درصد از سیستم‌های MRP را در رده‌های ناموفق قرار می‌دهند، تأیید می‌شود [۳].

عموماً، یکی از علل اساسی این عدم کارایی و عملکرد ضعیف انجام محاسبات احتیاجات مواد بر مبنای زمان‌های ثابت تدارک ساخت[۳] می‌باشد. زمان‌های ثابت تدارک ساخت در شرایطی که MPS نسبتاً ثابت بوده و تغییرات قابل ملاحظه‌ای برای بارگذاری ماشین‌آلات نداشته باشیم، به خوبی عمل می‌کند. ولی در شرایطی که MPS دارای نوسانات مداوم باشد، آنگاه طراحی برنامهٔ ارسال سفارش‌ها بر مبنای یک مدل عملی برای ظرفیت، امری اجتناب‌ناپذیر خواهد بود (برای مثال به [۴] مراجعه کنید).

این تحقیق با توسعهٔ یک سیستم جدید برنامه‌ریزی، زمان‌های تدارک ساخت قطعات را با ملاحظهٔ رابطهٔ همزمان بین الگوی بارگذاری و ظرفیت تعیین می‌کند و بدین ترتیب بر عمده‌ترین نارسایی‌هایی سیستم‌های MRP در زمینهٔ زمان‌های ثابت تدارک ساخت و ظرفیت‌های نامحدود، غلبه می‌کند. نظریهٔ رابطهٔ همزمان بین الگوی بارگذاری و ظرفیت که از اصول پذیرفته شده در سیستم برنامه‌ریزی OPT می‌باشد، مورد توجه تحقیقات اخیر در برنامه‌ریزی و کنترل تولید قرار گرفته است [۷و۶و۵].

برای آشنایی بیشتر با اصول تشکیل‌دهندهٔ سیستم برنامه‌ریزی OPT می‌توانید به [۹و۸] مراجعه کنید در بخش بعد، جنبه‌های مختلف توسعه سیستم تشریح می‌شود.

۲ـ توسعهٔ ساختار سیستم

توسعهٔ این سیستم شامل دو مرحلهٔ زیر می‌باشد:

الف- روش برنامه‌ریزی پس‌رو با قید ظرفیت مبتنی بر زمان‌های متغیر تدارک ساخت.

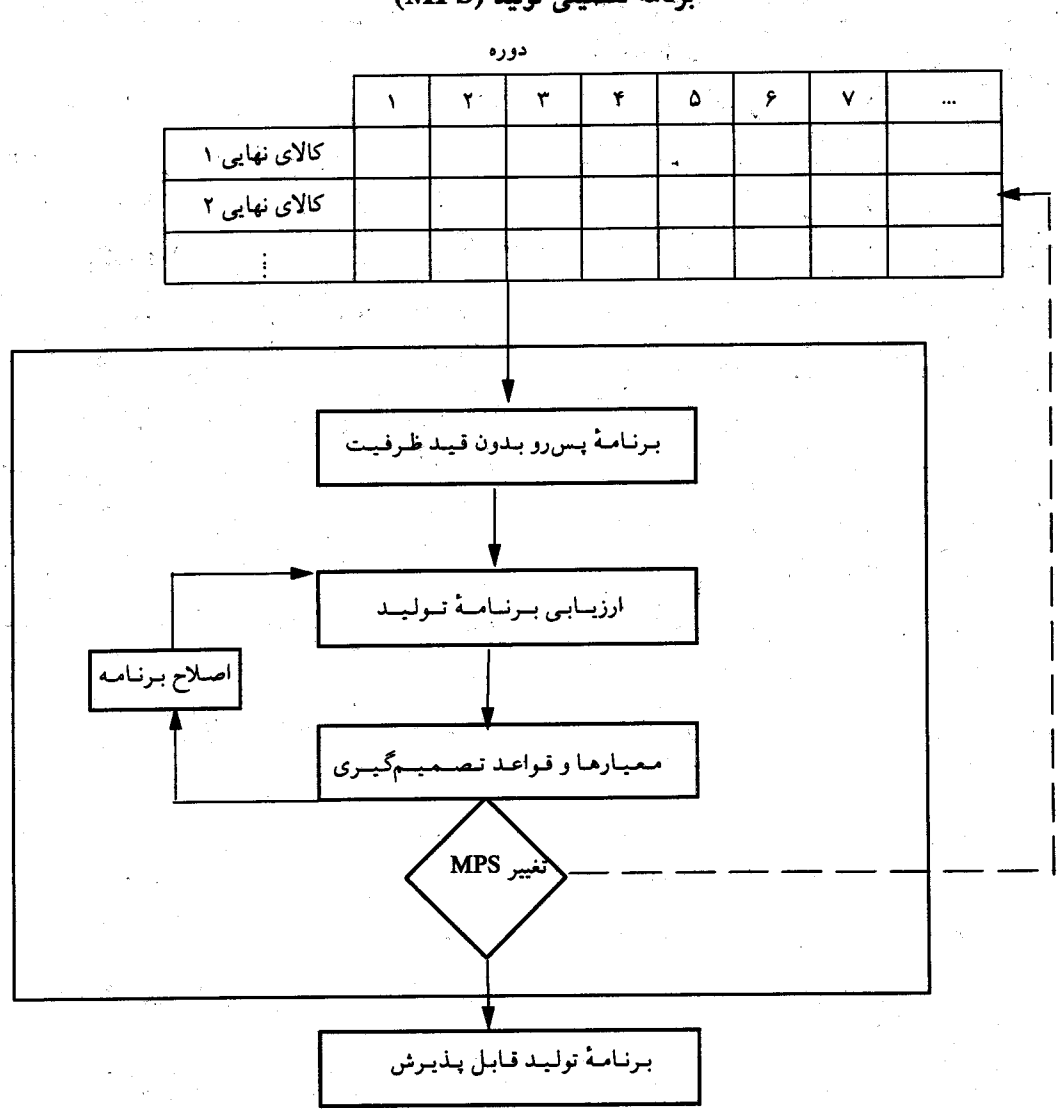
ب- روش برنامه‌ریزی پس‌رو بدون قید ظرفیت مبتنی بر زمان‌های ثابت تدارک ساخت.

اجرای هر مرحله با طراحی چندین مادول مختلف که در قالب یک متدولوژی جدید ارائه می‌شود، عملاً تحقق می‌یابد. این مادول‌ها با استفاده از یک سیستم اطلاعاتی MRP (برای مثال به [۱۰] رجوع کنید)، خروجی‌ها و گزارش‌های مختلفی را ارائه می‌کنند. همچنین، چند برنامهٔ کاربردی دیگر نیز برای تجزیه و تحلیل نتایج به‌دست آمده طراحی شده است. ابزارهای مورد استفاده برای توسعهٔ متدولوژی، زبان برنامه‌نویسی C و بستهٔ نرم‌افزاری Code-Base می‌باشد که امکانات قابل ملاحظه‌ای برای انجام عملیات روی فایل‌های اطلاعاتی در محیط برنامه‌نویسی C/C^{++} ایجاد می‌کند.

۳- زمان تدارک ساخت ترجمه اصطلاح Lead time بوده و شامل زمان آماده‌سازی، زمان پردازش و زمان صف برای ساخت هر یک از قطعات تولیدی می‌باشد.

۱-۲- برنامه‌ریزی پس‌رو با قید ظرفیت

هدف اصلی در این مرحله، توسعهٔ یک الگوریتم ابتکاری برای محاسبهٔ زمان‌های برنامه‌ریزی شده تدارک ساخت با ملاحظهٔ رابطهٔ بین ظرفیت و الگوی بارگذاری برای ترکیب مشخصی از تولید در هر زمان خاص می‌باشد. شکل (۱) ساختار کلی این روش را نشان می‌دهد.



شکل ۱- برنامه‌ریزی با قید ظرفیت مبتنی بر زمان‌های متغیر تدارک ساخت

مادول برنامه‌ریزی با قید ظرفیت، بارگذاری حاصل از برنامهٔ پس‌رو بدون قید ظرفیت را مورد ارزیابی قرار می‌دهد و با استفاده از تعدادی قواعد ابتکاری منابعی با تراکم بارگذاری را مشخص می‌کند. سپس این عملیات را به زمان‌های زودتری تخصیص می‌دهد تا ظرفیت مطلوب حاصل شود.

هر یک از این قواعد، یکی از محدودیت‌های دیرکرد یا هزینه را به حداقل می‌رساند. با این وجود، اثر هر یک از قواعد با وارد کردن یک ضریب ثابت (Wj) در سیستم، کنترل می‌شود. هنگامی که زمان جدیدی برای انجام عملیات تخصیص داده می‌شود، تکنیک مشابهی نیز برای عملیات قبلی وابسته به آن به کار می‌رود. این فرایند (که به‌صورت یک مدار بسته در شکل (۱) آمده است) آن‌قدر تکرار می‌شود، تا در نهایت یک برنامهٔ مطلوب و قابل پذیرش و نه لزوماً بهینه به‌دست آید. به‌علاوه اگر، اجرای این مکانیزم مستلزم بارگذاری عملیات قبل از مبدأ شروع برنامه‌ریزی در MPS باشد، آنگاه برنامهٔ تولید سفارش‌ها به اندازهٔ حداکثر فاصله زمانی مورد نیاز از مبدأ شروع برنامه‌ریزی در MPS به جلو انتقال یافته و در نتیجه موعد تحویل برخی از سفارش‌ها در MPS به تأخیر می‌افتد. در بخش‌های بعد، قسمت‌های مختلف این سیستم جدید برنامه‌ریزی را شرح می‌دهیم.

۱-۱-۲- برنامهٔ پس‌رو بدون قید ظرفیت

توسعهٔ الگوریتم برنامه‌ریزی پس‌رو بدون قید ظرفیت، مبنایی برای سنجش شدت بارگذاری روی ظرفیت موجود و طراحی برنامه پس‌رو با قید ظرفیت (فلسفه مطرح شده در سیستم برنامه‌ریزی تولید OPT) فراهم می‌کند. این تکنیک با در نظر گرفتن خط مشی میزان سفارش / ساخت و استفاده از زمان‌های تدارک عملیات شامل زمان‌های پردازش و آماده‌سازی، به برنامه‌ریزی عملیات ساخت برای کلیه قطعات تشکیل دهندهٔ هر یک از سفارش‌های نهایی در MPS اقدام می‌کند. سپس برنامه تولید برای پارتی‌های قطعات در فایل اطلاعاتی برنامهٔ پس‌رو بدون قید ظرفیت ذخیره می‌شود. روش محاسبات مستلزم اجرای پیمایش پس رفتی درختی از آخرین عملیات تولیدی برای تکمیل سفارش‌های نهایی تا اولین عملیات وابستهٔ قبلی به آن می‌باشد.

فرمول عمومی محاسبهٔ برنامهٔ عملیات ساخت برای هر پارتی تولیدی به قرار زیر است:

s[i].st = s[i].dd - s[i].qnty × s[i].runt - s[i].setup

در رابطهٔ بالا داریم.

s[i].st = زمان شروع برنامه عملیات iام

s[i].dd = زمان تکمیل برنامه عملیات iام

s[i].qnty = تعداد اقلام مورد نیاز ساخت برای برنامهٔ عملیات iام

s[i].runt = زمان پردازش برنامهٔ عملیات iام

s[i].setup = زمان آماده‌سازی برنامهٔ عملیات iام

اگر برای یک قطعهٔ خاص تعداد اقلام مورد نیاز بزرگتر از میزان ساخت / سفارش باشد، آنگاه بیش از یک پارتی تولیدی مورد نیاز خواهد بود. در این شرایط، برای سایر پارتی‌های تولیدی زمان آماده‌سازی s[i].setup در نظر گرفته نمی‌شود. از

آنجا که برنامه‌ریزی پس‌رو برای برخی عملیات ممکن است به تخطی از مبدأ شروع برنامه‌ریزی (زمان صفر) منتهی شود، تمام عملیات ساخت به اندازهٔ حداکثر فاصلهٔ زمانی تخطی شده به سمت جلو انتقال می‌یابد:

```
if (Min(s[i].st)<0)
shift = -Min(s[i].st)
به ازای تمامی Shiftsها s[i].st = s[i].st + Shift
s[i].dd = s[i].dd + Shift
```

همچنین رابطهٔ تقدم و تأخر عملیات در فایل دیگری به‌نام فایل اطلاعاتی تقدم و تأخر عملیات ذخیره می‌شود. این فایل، اطلاعاتی دربارهٔ مسیر بحرانی همهٔ پارتی‌های تولیدی فراهم آورده و برای حفظ محدودیت حاصل از توالی منطقی عملیات به‌وسیلهٔ سایر مادول‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. به موازات این مادول، مادول دیگری برای اطمینان از قابلیت اعتبار برنامه تفصیلی تولید مشابه با روش RCCP طراحی شده است. این مادول «تست ظرفیت» نامیده شده و قابلیت اجرایی MPS را ارزیابی می‌کند. گزارش این برنامه کل ضریب بارگذاری برای هر کارگاه تولیدی را روی صفحهٔ نمایش، نشان می‌دهد. اگر کل بارگذاری از حد مجاز ظرفیت تخطی کند، آنگاه MPS غیر عملی بوده و باید مورد بازنگری و اصلاح قرار گیرد. برنامهٔ تست ظرفیت، زمان‌های انتظار در صف را در محاسبات دخالت نداده و بنابراین قابلیت اعتبار سفارش‌های نهایی در فایل MPS را از نقطه نظر بارگذاری مستقل از یکدیگر در نظر می‌گیرد. اصول کلی این روش ظرفیت سنجی به قرار زیر است:

هر پارتی تولیدی مجاز است که در طول یک دورهٔ زمانی تعریف شده به کارگاه‌های تولیدی تخصیص یابد. حداکثر طول مجاز این دوره با کسر کردن زودترین زمان ممکن برای شروع تولید (EST) از دیرترین زمان ختم (LFT) به‌دست می‌آید. EST و LFT را می‌توان به ترتیب بر اساس کل زمان عملیات قبلی و موعد تحویل پارتی تولیدی (حاصل از برنامهٔ پس‌رو بدون قید ظرفیت) محاسبه کرد. سپس شدت بارگذاری حاصل از تخصیص یک پارتی تولیدی به کارگاه با تقسیم کل زمان ساخت پارتی (زمان پردازش و آماده‌سازی) بر حداکثر دورهٔ مجاز بارگذاری (LFT - EST) به‌دست می‌آید و در انتها شدت بارگذاری برای پارتی تولیدی به کل بارگذاری قبلی در کارگاه اضافه می‌شود.

۲-۱-۲- قواعدومعیارهای برنامه‌ریزی با قید ظرفیت

در این بخش به معرفی اصول و قواعد به کار رفته در الگوریتم ابتکاری برای تکنیک برنامه‌ریزی با قید ظرفیت می‌پردازیم:

۱- تعیین عملیاتی که با یکدیگر تلاقی دارند.

Find {clash[m]} m=۱و۲و۳...

برنامه عملیات s[i] و s[j] در صورتی با یکدیگر تلاقی دارند که یکی از شرط‌های زیر برقرار باشد:

st= s [i].st

dd= s[i].dd

$$\text{clash[m]} \begin{cases} s[j].dd > st \\ s[j].dd \le dd \end{cases}$$

or

$$\text{clash}[m] \begin{cases} s[j].st \geq st \\ s[j].st < dd \end{cases} \qquad \begin{matrix} i = ۱و۲و...n \\ j = ۱و۲و...n \\ i \neq j \\ m = ۱و۲و۳و... \end{matrix}$$

۲ـ تعیین اولین و بزرگ‌ترین گروه عملیاتی که با یکدیگر تلاقی دارند.

Max {clash [۱] , clash [۲],...}

۳ـ یافتن تعداد عملیات وابسته قبلی برای هر یک از اعضای گروه با شمارش عضو تلاقی.

Find {opcount[i]} i= ۱و۲و۳و...

۴ـ یافتن حداکثر تعداد عملیات وابسته قبلی برای هر یک از اعضای گروه، با شمارش عضو تلاقی.

Find {Max{opcount[1]} , Max {opcount [2],...}

۵ـ یافتن حداکثر زمان تراکمی پردازش برای هر عضو و عملیات وابستهٔ قبلی به آن.

Find {optime[i]} i= ۱و۲و۳و...

۶ـ یافتن حداکثر زمان تراکمی پردازش برای هر عضو و عملیات وابستهٔ قبلی به آن.

Find {Max {optime [۱]} , Max {optime[۲]},}

۷ـ یافتن هزینه موجودی در جریان ساخت برای هر یک از اعضای گروه.

Find {wip [۱], wip [۲], ...}

برای محاسبه هزینه‌های موجودی در جریان ساخت داریم:

اگر عملیات نهایی i≠

$$wip[i] = \{dd_{\text{ساخت}} - s[i].st\} \times cost$$

اگر $dd_{\text{ساخت}} < dd_{mps}$

اگر $dd_{\text{ساخت}} \leq dd_{mps}$

$$wip[i] = \begin{cases} \{dd_{\text{ساخت}} - dd_{mps}\} \times cost \\ 0 \end{cases}$$

به‌طوری که عملیات نهایی i=

براساس روابط بالا، هزینه‌های نگهداری موجودی به زمان تدارک مواد اولیه بستگی دارند. مبالغ پرداخت شده برای تدارک مواد از زمان شروع تولید تا کسب درآمد برای کالای نهایی در سیستم راکد می‌ماند. برای آخرین عملیات تولیدی (تکمیل کالای نهایی) متحمل هزینه فرصت از دست رفته حاصل از عدم تحویل به موقع سفارش‌ها می‌شویم.

۸ـ محاسبهٔ فاصلهٔ زمانی بین اولین عملیات پردازش برای هر یک از اعضای گروه تا زمان مبدأ برای شروع برنامه‌ریزی.

Find {dist[i]} i= ۱و۲و۳و...

۹ـ یافتن حداقل فاصلهٔ زمانی به‌دست آمده برای هر عضو گروه.

Find {Min {dist[۱]} , Min{dist[۲]} , ...}

۱۰ـ انتخاب برترین عضو گروه.

این انتخاب مستلزم تأمین همزمان قواعد و معیارهای چهارگانهٔ تصمیم شامل تعداد عملیات وابستهٔ قبلی، زمان تراکمی پردازش، هزینه موجودی در جریان ساخت (با هدف‌های حداقل‌سازی) و فاصله از مبدأ زمان تا اولین عملیات وابستهٔ قبلی (با هدف حداکثرسازی) می‌باشد. فرایند انتخاب با استفاده از روش ELECTRE (برای مثال به [۱۱] و [۱۲] مراجعه کنید) در طی چند گام به قرار زیر انجام می‌شود:

گام ۱ـ محاسبه ماتریس تبدیل مقیاس (R).

با این روش، مقیاس‌های مختلف قواعد تصمیم

به مقیاس‌های قابل مقایسه تبدیل می‌شوند. برای محاسبهٔ هر یک از عناصر ماتریس تبدیل مقیاس می‌توان از رابطهٔ زیر استفاده کرد:

$$r[i,j] = \frac{x[i,j]}{\sqrt{\Sigma x[i,j]^2}}$$

در این رابطه x[i,j] ارزش‌های حاصل از قاعده iام تصمیم برای عملیات jام را نشان می‌دهد.

گام ۲ـ محاسبه ماتریس وزنی تبدیل مقیاس (V).

این ماتریس از حاصل‌ضرب هر یک از عناصر ستون ماتریس R در عناصر ماتریس وزنی متناظر با آن به‌دست می‌آید:

$$V=RW$$

گام ۳ـ تعیین مجموعه قواعد موافق و ناموافق

مجموعهٔ قواعد موافق شامل کلیهٔ قواعدی است که برتری یک زوج از عملیات را نسبت به یکدیگر نشان می‌دهد:

$$C[i,l] = \{j | x[i,j] \geq x[l,j]\} \quad i \neq l$$

مجموعه قواعد ناموافق شامل کلیه قواعدی است که عدم برتری یک زوج عملیات را نسبت به یکدیگر نشان می‌دهد. این مجموعه مکمل مجموعهٔ قواعد موافق است:

$$D[i,l] = \{j | x[i,j] < x[l,j]\}$$

گام ۴ـ محاسبه ماتریس قواعد موافق (C).

عناصر این ماتریس اهمیت نسبی هر یک از عملیات را نسبت به یکدیگر نشان می‌دهد. معیار سنجش اهمیت در این ماتریس حاصل جمع وزن‌های قواعد تصمیم در مجموعهٔ قواعد موافق می‌باشد. برای محاسبهٔ هر یک از عناصر ماتریس قواعد موافق از رابطه زیر استفاده می‌شود:

به‌طوری‌که $j \varepsilon C[i,l]$،

$$C[i,l] = \sum_{j=1}^{4} W[j]$$

$$\sum_{j=1}^{4} W[j]=1$$

گام ۵ـ محاسبهٔ ماتریس قواعد ناموافق (D).

عناصر این ماتریس عدم اهمیت هر یک از عملیات را نسبت به یکدیگر نشان می‌دهد. معیار سنجش عدم اهمیت در این ماتریس حداکثر اختلاف بین ارزش‌های وزنی قواعد تصمیم در مجموعه ناموافق نسبت به حداکثر اختلاف بین کلیه ارزش‌های وزنی قواعد تصمیم برای هر زوج عملیات می‌باشد:

$$d[i,l] = \frac{\max_{j \varepsilon Dil} |V[i,j] - V[l,j]|}{\max_{j \varepsilon J} |v[i,j] \; V[l,j]|}$$

گام ۶ـ محاسبه ماتریس رجحان بر مبنای قواعد موافق (F).

عناصر این ماتریس برتری هر یک از عملیات را نسبت به یکدیگر نشان می‌دهد. برای محاسبه هر یک از عناصر ماتریس رجحان موافق از روابط زیر استفاده می‌شود:

$$f[i,l]=1 \quad \text{اگر } c[i,l] \geq \bar{C}$$

$$f[i,l]=0 \quad \text{اگر } c[i,l] < \bar{C}$$

به‌طوری که $i \neq l$

$$\bar{C} = \sum_{i=1}^{m} \sum_{l=1}^{m} c[i,l/m(m-1)$$

گام ۷ـ محاسبه ماتریس رجحان بر مبنای قواعد ناموافق (G).

عناصر این ماتریس برتری هر یک از عملیات را نسبت به عملیات دیگر نشان می‌دهد. برای محاسبهٔ هر یک از عناصر ماتریس رجحان ناموافق از روابط زیر استفاده می‌شود:

اگر $d[i,l] \geq \bar{d}$ $g[i,l]= 1$

اگر $d[i,l] < \bar{d}$ $g[i,l]= 0$

به‌طوری که $i \neq l$

$$\bar{d}= \sum_{i=1}^{m} \sum_{l=1}^{m} d[i,l]/m(m-1)$$

گام ۸ـ محاسبهٔ ماتریس رجحان ادغامی (E).

عناصر این ماتریس با در نظر گرفتن رابطهٔ توأم بین عناصر ماتریس رجحان موافق (F) و عناصر ماتریس رجحان ناموافق (G)، برتری هر یک از عملیات را نسبت به یکدیگر نشان می‌دهد. برای محاسبهٔ هر یک از عناصر ماتریس رجحان ادغامی از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$e[i,l] = f[i,l] \times g[i,l]$ $\quad i,l=$ ۱و۲و...وm

$i \neq l$

گام ۹ـ انتخاب برترین عملیات

شرط انتخاب برترین عملیات $s[i]$ از بین سایر عملیات تلاقی به قرار زیر است:

$l=$ ۱و۲و...و m , $i \neq l$

و برای حداقل یک 1

$e[i,l]= 1$

$k=$ ۱و۲و...و m, $i \neq k$ $k \neq l$

و برای تمام kها

$r[k,i]= 0$

۱۱ـ تخصیص عضو انتخاب شده به زودترین فاصلهٔ زمانی ممکن

این قاعده برای انتقال برترین عضو گروه تلاقی به دوره‌های زمانی زودتر انجام می‌شود. برای انجام حرکات انتقالی پس‌رو توجه به چهار نکته دارای اهمیت است.

● تعیین حداقل فاصلهٔ زمانی مورد نیاز برای تخصیص عملیات.

$st= s[i].st$

$dd= d[i].dd$

$req=dd-st$

● یافتن عملیاتی که از نظر منبع تولیدی با عملیات iام مشابه‌اند.

$h= i+$ ۱ , $i+$ ۲و...

$H= \{Find\ (h)\ S\ [h]|\ St < dd\}$

● مرتب کردن عناصر مجموعه H با توجه به ترتیب نزولی زمان شروع (st).

$K = SORT_{des}\ (\{H\}.st)$

● تخصیص عملیات انتخاب شده (i) به زودترین فاصلهٔ زمانی ممکن.

if (req ≤ s [current] . st −s [precede]. dd)

s [i]. dd = s [current]. st

s [i] = st = s [i]. dd = req $\quad i \neq$ Current

Current = ۱و۲و...n

precede = current + ۱و... و n−۱

در روابط بالا s[current] به ترتیب نشان دهندهٔ اولین تا آخرین برنامهٔ عملیات برای عناصر بردار K می‌باشد. s[precede] برنامهٔ عملیات برای عنصر ماقبل آن‌را نشان می‌دهد. اگر s[precede] نداشته

باشیم، با نادیده گرفتن رابطهٔ شرطی (if)، محاسبات را انجام می‌دهیم.

۱۲ـ انتقال عملیات وابستهٔ قبلی برای عضو انتخاب شده.

Move {dependent [I]} $I = \left\{ \begin{matrix} \text{تمامی عملیات} \\ \text{وابستهٔ قبلی i} \end{matrix} \right\}$

این قاعده بر اساس روابط زیر انجام می‌شود:

s [I]. st = s[I]. st = req

S [I]. dd = s[I].dd = req

با تکرار مداوم این الگوریتم تلاقی بین عملیات بر طرف شده و در نهایت یک برنامهٔ تولید رضایت‌بخش بر اساس زمان‌های واقعی تدارک ساخت حاصل خواهد شد.

۲-۲- برنامه عملیاتی MRP

این مرحله به دنبال تدوین برنامهٔ عملیاتی تولید برای MRP می‌باشد. برنامهٔ عملیاتی MRP مبتنی بر الگوریتم برنامه‌ریزی پس‌رو بدون قید ظرفیت با زمان‌های ثابت تدارک ساخت است. هدف از توسعهٔ برنامه عملیاتی MRP فراهم ساختن امکان مقایسه با برنامه تولید مرحلهٔ قبل است که بر پایهٔ زمان‌های متغیر تدارک ساخت، طراحی گردید. توسعهٔ برنامه عملیاتی تولید با زمان‌های ثابت تدارک ساخت در طی سه مرحله انجام می‌شود.

- برنامه‌ریزی پیش‌رو
- زمان‌های انتظار در صف
- برنامه MRP

هر یک از مراحل بالا، داده‌های مورد نیاز برای طراحی یک برنامه تولید مبتنی بر زمان‌های ثابت تدارک را به شرح زیر فراهم می‌آورند:

۱-۲-۲- برنامه‌ریزی پیش‌رو

این مادول که مبتنی بر الگوریتم برنامه‌ریزی پیش‌رو با قید ظرفیت می‌باشد، با مبدأ قراردادن زمان صفر به زمان‌بندی ساخت قطعات از پایین‌ترین سطح BOM اقدام می‌کند. هدف از طراحی این برنامه فراهم آوردن امکان محاسبهٔ زمان‌های صف برای مرحلهٔ بعدی می‌باشد، که در محاسبات زمان‌های ثابت تدارک ساخت توسط برنامه تولید MRP مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مطابق با روش برنامه‌ریزی پیش‌رو، سفارش‌های رسیده بر اساس توالی عملیات برای پردازش روی ماشین‌آلات یا مراکز تولیدی بارگذاری می‌شوند. سفارش‌ها و قطعاتی که از منابع مشترکی استفاده می‌کنند،به ترتیب با معیار زودترین زمان‌های تحویل (Duedate)، اولویت‌گذاری می‌شوند. داده‌های مربوط به زمان‌های تحویل قطعات نیز از طریق فایل اطلاعاتی برنامه پس‌رو بدون قید ظرفیت قابل استخراج است. بنابراین نتایج برنامه‌ریزی پس‌رو بدون قید ظرفیت به عنوان داده‌های ورودی برای طرح برنامهٔ پیش‌رو مورد استفاده قرار می‌گیرد. با این وجود، بارگذاری سفارش‌ها عموماً تحت تأثیر دو عامل محدودکننده قرار دارد:

۱ـ امکان دسترسی به منابع و اولین فاصلهٔ قابل دسترس برای منابع مورد نیاز.

۲ـ زمان ختم عملیات قبلی.

۲-۲-۲- زمان انتظار در صف

این مادول، نتایج برنامه‌ریزی پیش‌رو را مورد

تجزیه و تحلیل قرار داده و زمان صف برای هر یک از عملیات را محاسبه می‌کند.

زمان‌های انتظار در صف از محدودیت دسترسی به منابع موجود حاصل می‌شود. در این شرایط زمان‌های صف از طریق اختلاف بین زمان تکمیل آخرین عملیات قبلی و زمان واقعی شروع، به‌دست می‌آید، سپس متوسط زمان‌های صف برای هر یک از عملیات محاسبه شده و در فایل اطلاعاتی زمان‌های انتظار در صف ذخیره می‌شود، تا به عنوان بخشی از زمان‌های ثابت تدارک ساخت توسط برنامه MRP مورد استفاده قرار گیرد.

۳-۲-۲- برنامه MRP

این مادول، الگوریتم برنامه‌ریزی پس‌رو بدون قید ظرفیت را توأم با زمان‌های ثابت تدارک ساخت، مورد استفاده قرار می‌دهد. هدف اصلی از توسعهٔ برنامه MRP امکان مقایسهٔ آن با برنامه پس‌رو با قید ظرفیت است که با بهره‌گیری از زمان‌های متغیر تدارک ساخت، تدوین یافته است. این مقایسه از طریق سه معیار، دیرکرد در تحویل سفارش‌ها، نرخ بهره‌برداری از منابع تولیدی و کل هزینه‌های برنامه انجام می‌شود که در قالب چند برنامه کاربردی طراحی شده است. در بخش بعد، به یافته‌های حاصل از مدل اشاره خواهد شد.

۳- یافته‌های حاصل از مدل

این تحقیق، با توسعه یک سیستم برنامه‌ریزی با قید ظرفیت، منطق برنامه‌ریزی MRP را با سایر فلسفه‌های رقیب به‌ویژه OPT و JIT نزدیک ساخته و بدین ترتیب برخی از مهم‌ترین محدودیت‌های حاکم بر پارادیم MRP را بر طرف می‌کند. اجرای طرح‌های مختلف آزمایشی (پیوست ۲) حاکی از آن است که این روش:

۱- با کاهش زمان تدارک ساخت، امکان تحویل به موقع سفارش‌ها را به مشتریان بیشتر فراهم می‌کند.

۲- برآورد دقیق‌تری از بارگذاری و ظرفیت مورد نیاز برای هر ترکیب تولید ارائه می‌دهد.

۳- با توجه به محدودیت‌های هزینه یا موعد تحویل، یک برنامه تولید قابل پذیرش در سطح کارگاه ارائه می‌کند. برخی از مشخصات اصلی که در طراحی مدل مورد توجه قرار گرفته است عبارتند از:

۱- ساخت قطعات متنوع و در حجم‌های متفاوت

۲- ساختارهای درختی کالا با سطوح متعدد

۳- عملیات مختلف در مسیر ساخت قطعات

۴- وجود قطعات مشابه

از این‌رو، نتایج به‌دست آمده ممکن است با واقعیت‌های موجود در محیط‌های پیچیده‌تر تولیدی سازگار نباشد. حذف مفروضات زیر در تحقیقات آتی می‌تواند راهگشای چنین مسائلی باشد:

۱- میزان ساخت / سفارش. خط مشی میزان سفارش / ساخت مستقل از تغییرات ظرفیت در نظر گرفته شده است.

۲- اولویت. یکی از مفروضات اصلی یکسان بودن ارزش و اهمیت همهٔ سفارش‌های رسیده است.

۳ـ مسیرهای جایگزین. زمان‌های آماده‌سازی ثابت فرض شده و محدودیت‌های ابزار تولید نیز نادیده گرفته می‌شود. این عوامل در انتخاب مسیرهای جایگزین، بسیار تعیین‌کننده هستند.

۴ـ زمان حمل و نقل مواد. این عامل از طریق طراحی استقرار تجهیزات روی استراتژی برنامه‌ریزی تولید تأثیر می‌گذارد.

۵ـ روش قراردادی بازخور. در شرایط موجود فرض شده است که اگر موعد تحویل تعیین شده در MPS عملی نباشد، کل عملیات به زمان‌های جلوتر انتقال یابد. با این وجود می‌توان از روش‌های دیگری مانند تغییر MPS یا استراتژی جایگزینی استفاده کرد.

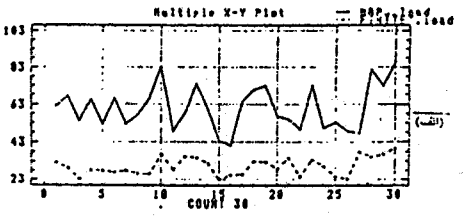
۶ـ تخصیص نیروی کار. برای بسیاری از مدیران و در بسیاری از محیط‌های تولیدی، تخصیص نیروی کار، می‌تواند زمینه ایجاد مشکل باشد. مسأله اصلی در اینجاست که نیروی کار برای انجام عملیات مختلف از سطح مهارت یکسانی برخوردار نیستند.

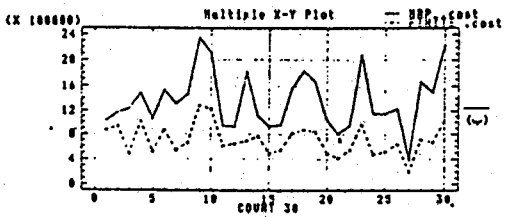
نقش هر یک از این عوامل در تعیین زمان‌های واقعی تدارک ساخت، مستلزم انجام تحقیقات بیشتر درآینده می‌باشد[۴].

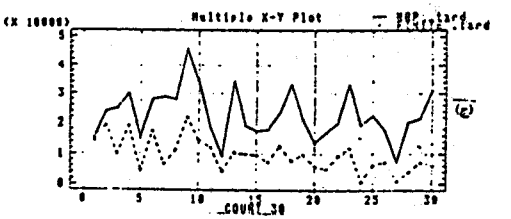
پیوست ۱: فهرست اختصارات

BOM	Bill Of Material
JIT	Just In Time
MPS	Master Production Scheduling
MRPI	Materials Requirements Planning
MRPII	Manufacturing Resource Planning
OPT	Optimized Production Technology
RCCP	Rough – Cut Capacity Planning

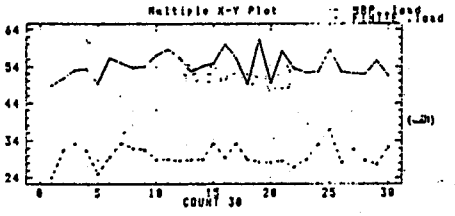
۴- برای آشنایی بیشتر با جزییات این مقاله می‌توانید به [۱۳] مراجعه کنید.

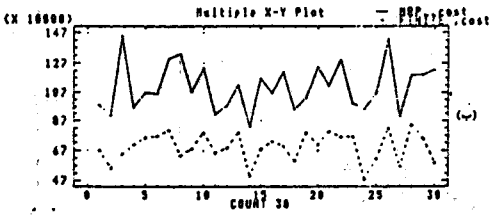


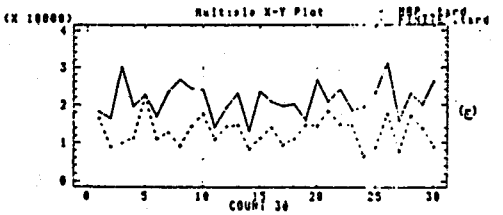




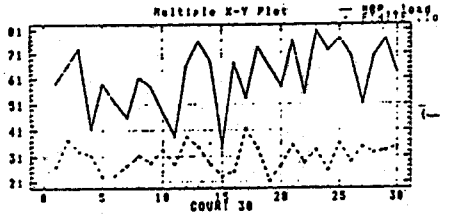
شکل ۱ـ مقایسه عملکرد بین سیستم‌های برنامه‌ریزی mrp و finite به ازای تغییرات ترکیب سفارش‌هابا سه معیار الف- متوسط بارگذاری ب- هزینه ج- متوسط دیرکرد

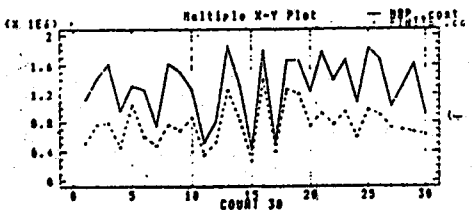


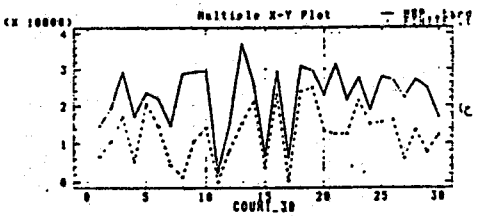




شکل ۲ـ مقایسه عملکرد بین سیستم‌های برنامه‌ریزی mrp و finite به ازای تغییرات ظرفیت پردازش با سه معیار الف- متوسط بارگذاری ب- هزینه ج- متوسط دیرکرد







شکل ۳ـ مقایسه عملکرد بین سیستم‌های برنامه‌ریزی mrp و finite به ازای تغییرات ظرفیت پردازش و ترکیب سفارش‌ها با سه معیار الف- متوسط بارگذاری ب- هزینه ج- متوسط دیرکرد

منابع و مآخذ

1- Zais (1986). Quoted Reference from John, J. Kanct (1986). Expert System in Production Scheduling. European Journal of Operational Research, 29, 51-59.

2- Monniot et al (1986). A Study of Computer Aided Production Management in UK. Batch Manufacturing. International Journal of Operations and Production Management, 7 (2).

3- Archer, G. (1991). MRP: A Review of Failure and a Proposal for Recovery using CBS.BPICS, Vol/ 17, No. 1, P. 27.

4- Higgins, P. et al (1996). Manufacturing Planning and Control Beyond MRP II. Chapman & Hall

5- Tall, Martin Wortmon, John C. (1997). Integrating MRP and Finite Capacity Planning. Production Planning and Control. Vol. 8, No. 3, Apr. May 1997, P 245-254.

6- Zijm, W.H.M, Buitenhek, R. (1996). Capacity Planning and Lead Time Management. International Journal of production Economics Vol. 46-47, Dec 1996. P 165-179.

7- Panday, P.C, Hasin, M. Absan Akhtar (1996). Role of Manufacturing Lead Time in Capacity Planning International Journal of Materials & Production Technology. Va. 11, No 5-6, 1996, P. 438-450.

8- Browne, J. et al (1996). Production Management Systems: A CIM Perspective. Addison - Wesley.

9- Goldratt, E. and Fox, R.E. (1988). The Race. North River Press, NewYork.

10-Vollmann, T. E. et al (1992). Manufacturing Planning and Control Systems. Thrid Edition. Irwin, Homewood.

11-Hwang, C.L. Yoon, K (1980). Multiple Attribule Decision Making.

12-Tabucanon, M.T. (1988). Multiple Critcria Decision Making in Industry.

۱۳- پاک‌کار، محمدصادق، (۱۳۷۷). رویکرد تلفیقی سیستم‌های برنامه‌ریزی و کنترل جریان مواد در محیط‌های پیچیدهٔ تولیدی، رسالهٔ دکتری (ph.D)، دانشگاه آزاد اسلامی - واحد علوم و تحقیقات