

توسعه یک مدل احتمالی برنامه ریزی احتیاجات ظرفیت (CRP)¹ برای مراکز بازسازی (تعمیرگاهی)

مهدی غضنفری

استادیار

دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران

مجید نوجوان

دانشجوی دکترا

بخش مهندسی صنایع، دانشکده فنی، واحد جنوب تهران،

دانشگاه آزاد اسلامی

کوروش آذرنوش

کارشناسی ارشد

دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران

چکیده

برنامه ریزی احتیاجات ظرفیت (CRP) برای کنترل ظرفیت خروجی برنامه ریزی احتیاجات مواد² (MRP) بکار می رود. هر چند دو مدل MRP و CRP به خوبی در حالت قطعی مطالعه شده اند، معهذرا در شرایط احتمالی مطالعه زیادی بر روی آنها صورت نگرفته است. هدف این مقاله توسعه مدل جدیدی از CRP است که بتواند تحت شرایط احتمالی عمل نماید. شرایط مورد نظر، یک مرکز بازسازی است که در آن وضعیت قطعات دمونتاژ شده، ممکن است به سه حالت: سالم، نیازمند تعمیر و یا اسقاطی باشند. با توجه به این مسئله حجم عملیات بازسازی مورد نیاز بصورت قطعی قابل برآورد نبوده و این امر بر محاسبه ظرفیت اثر می گذارد و در نتیجه باید مدل CRP جدیدی در این محیط بکار رود. در این مقاله ضمن توضیح CRP کلاسیک، مدل CRP جدیدی برای مراکز بازسازی توسعه داده شده است. برای نشان دادن کارایی این مدل یک مثال نیز با آن حل شده است.

کلمات کلیدی

برنامه ریزی احتیاجات مواد (MRP)، برنامه ریزی احتیاجات ظرفیت (CRP)، برنامه ریزی تحت شرایط احتمالی، عدم اطمینان، برنامه ریزی تولید.

A Stochastic CRP Model for Overhaul Centers

M. Ghazanfari
Assistant Professor

M. Nojavan
Ph. D. Student

K. Azarnosh
Master of Science

Industrial Engineering Department,
Iran Science and Technology University

Abstracts

Capacity Requirements Planning (CRP) model is applied to control the output plant of Material Requirements Planning (MRP) model. These models have deeply investigated in deterministic circumstances. However there are a few models for uncertain conditions. This paper develops a CRP model for a probabilistic case. The case is an overhaul center in which the repairing are done on the disassembled parts. The case is an overhaul center in which the repairing operations are done on the disassembled parts. The disassembled parts may be in one of three situations: workable, repairable and salvage. Therefore the classic CRP model cannot be used to check the required capacity. Explaining the algorithm of classic CRP model, the paper expands its concept to develop a special CRP model. Using an example, the capability of new model is indicated.

Keywords

Material Requirements Planning (MRP), Capacity Requirements Planning (CRP), Planning Under Uncertainty, Production Planning.

مقدمه

در اوایل دهه ۱۹۶۰، برنامه ریزی احتیاجات مواد (MRP) به عنوان یک رویکرد کامپیوتری به برنامه ریزی استراتژیک و تولید مواد در آمریکا شکل گرفته و کتاب راهنمای کامل آن در سال ۱۹۷۵ توسط ارلیکی^۳ منتشر گردید. بدون شک این تکنیک پیش از جنگ جهانی دوم نیز به صورت دستی و به شکلی تلفیقی در بخش های مختلف اروپا کاربرد داشته است. ولی امروزه امکانات و تسهیلات رایانه ای بکارگیری کلیه جزئیات این تکنیک را فراهم ساخته و این امر کاربرد MRP را در مدیریت موجودی های در جریان تولید، بسیار اثر بخش ساخته است [۱].

طرح اولیه برای بکارگیری کامپیوتری MRP بر مبنای یک پردازشگر لیست مواد (BOMP)^۴ بود که برنامه تولیدی اقلام والد^۵ را به برنامه تولید یا خرید اقلام جزء تبدیل می کرد. این امر با بسط دادن یا باصطلاح انفجار^۶ نیازمندی های محصول بالاترین سطح^۷ در طول لیست مواد (BOM) و بمنظور تعیین تقاضای قطعات، انجام می گرفت. سپس تقاضای ناخالص پیش بینی شده، با موجودی های در دست و سفارشات، در طول افق زمانی برنامه ریزی و در هر سطح از BOM مقایسه می گردید.

این سیستم ها بر روی کامپیوترهای بزرگ (مین فریم) پیاده شده و در بخش های متمرکز بر برنامه ریزی مواد شرکت های بزرگ اجرا گردیدند. با گذشت زمان نصب این سیستم ها در شرکت های مختلف گسترش یافته و بمنظور افزایش دامنه عملکرد این سیستم های نرم افزاری، توابع عملیاتی متعددی به آنها اضافه گردید. از جمله توسعه های صورت گرفته بر روی سیستم اولیه می توان به افزودن سربرنامه تولید (MPS)^۸، کنترل فعالیت تولید (PAC)^۹، برنامه ریزی سرانگشتی ظرفیت (RCCP)^{۱۰}، برنامه ریزی نیازمندی های ظرفیت (CRP) و خرید به این سیستم اشاره نمود [2].

چون برنامه ریزی در MRP تنها براساس زمان های پیشبرد برنامه ریزی شده^{۱۱} برای تولید و خرید اقلام انجام شده و در آن محدودیت های ظرفیت امکانات تولیدی در نظر گرفته نمی شود، بنابراین خروجی MRP باید توسط سیستم برنامه ریزی نیازمندی های ظرفیت (CRP) مورد ارزیابی قرار گیرد. این امر از طریق بسط یا انفجار سفارشات ساخت (برنامه ریزی شده واقعی) در طول مسیری که در سیستم کنترل فعالیت های تولیدی مشخص گردیده انجام می شود. با این کار نیازمندی های ظرفیت هر مرکز کاری بطور دقیق مشخص شده و سپس ظرفیت مورد نیاز با ظرفیت در دسترس مقایسه و کمبود یا اضافه ظرفیت آن تعیین می شود.

برای اجرای برنامه ریزی نیازمندی های ظرفیت دو روش متداول وجود دارد که زمان بندی رو به جلو^{۱۲} و زمان بندی رو به عقب^{۱۳} نام دارند. در زمان بندی رو به جلو زمان شروع عملیات بر مبنای زمان آزاد سازی سفارشات برنامه ریزی شده (که توسط MRP تعیین شده است) مشخص می گردد. سپس با استفاده از زمان پیشبرد، تاریخ تکمیل سفارش تعیین می شود. اگر زمان تکمیل سفارش قبل از موعد تحویل^{۱۴} باشد در تحویل سفارش یک زمان شناوری یا فرجه و در غیر این صورت تأخیر وجود خواهد داشت. در زمان بندی رو به عقب، ابتدا موعد تحویل مشخص شده و بر اساس آن دیرترین تاریخ شروع عملیات محاسبه می گردد. اگر دیرترین تاریخ شروع عملیات بعد از زودترین تاریخ شروع عملیات باشد، شناوری و در غیر این صورت تأخیر وجود خواهد داشت.

لازم به ذکر است که زمان عملیات برنامه ریزی شده^{۱۵} برای همه عملیات در مسیر تولید و نیز جزئیات کارهای انجام شده در هر مرکز کاری را می توان از طریق PAC بدست آورد. بنابراین وظیفه CRP، ترسیم وضعیت بارکاری^{۱۶} در هر مرکز کاری است تا بدین وسیله ظرفیت در دسترس و ظرفیت مورد نیاز در افق برنامه ریزی مشخص و با هم مقایسه گردند.

تحقیقات و مطالعات بسیاری نیز برای در نظر گرفتن عدم اطمینان در این سیستم صورت گرفته است. تحقیقات در این زمینه را می توان به دو دسته، استفاده از تئوری احتمالات و استفاده از تئوری فازی تقسیم نمود. بعنوان نخستین مطالعات پیرامون بررسی اثر عدم اطمینان در عملکرد MRP می توان به کار وایبارک و ویلیامز^{۱۷} (۱۹۷۶) اشاره کرد [3] که اثر عدم اطمینان را در عملکرد نادرست MRP بررسی کردند. دی بات و ون واسنهو^{۱۸} (۱۹۸۲) با انتشار دو مقاله جداگانه سعی کردند با سنجش معیار هزینه، اثر عدم اطمینان را در عملکرد MRP و روش های مختلف اندازه انباشته نشان داده و با استفاده از روش شبیه سازی بهترین سیاست را برای مقابله با آن تعیین کنند [4 و 5]. واکر^{۱۹} (۱۹۸۵) در مقاله خود به روش های کاهش عدم اطمینان در MRP اشاره کرده و رویکردهای پیش بینی را بررسی نموده اند [6].

هو و لای^{۲۰} (۱۹۹۴) با استفاده از شبیه سازی نشان دادند که در صورت وجود عدم اطمینان در زمان پیشبرد، بکارگیری قواعد ساده تر تعیین اندازه انباشته می تواند در بعضی شرایط عملیاتی می تواند مفیدتر از الگوریتم های پیچیده باشد [7]. اثر خطاهای پیش بینی بر روی ناپایداری برنامه زمان بندی در محیط عملیاتی MRP نیز توسط هو و ایرلند^{۲۱} (۱۹۹۸) بررسی گردید. آنان با ارائه چهار فرضیه متفاوت و تست آنها، رابطه میان قواعد تعیین اندازه انباشته،

تشویب در سیستم و خطای پیش بینی را مشخص نمودند [8]. کادیاسوگلو و همکارانش²² (۱۹۹۵) عنوان کردند که تشویب ناشی از تغییرات مکرر در برنامه زمان بندی بدلیل عدم اطمینان موجود در تقاضا، تأمین مواد و یا تعیین پویای اندازه انباشته می تواند بصورت سدی در برابر اجرای مؤثر سیستم های MRP عمل کنند [9]. مطالعات فازی در زمینه MRP نیز اخیراً آغاز شده است. کاکریزک و استینوسکی²³ (۱۹۸۲) یک الگوریتم برای یافتن استراتژی بهینه برای تکمیل مجدد سطوح موجودی در شرایط فازی ارائه کرده اند [10]. لیتماک²⁴ (۱۹۸۷) مسائل برنامه ریزی MRP را از دیدگاه یک مسئله تصمیم گیری چند هدفه بررسی کرده است که در آن یکی از اهداف یعنی رضایت مشتریان دارای ابهام بوده و از طریق تئوری فازی مدلسازی می گردد [11]. مدل EOQ فازی نیز توسط پارک²⁵ (۱۹۸۷) مطالعه شده است [۱۲]. لی و همکارانش²⁶ (۱۹۹۰) کاربرد تئوری فازی را برای تعیین اندازه انباشته در سیستم MRP بررسی کرده و یک الگوریتم تعدیل شده برای الگوریتم تعادل قطعه - پریود ارائه داده اند [13]. پتروویچ و سووینی²⁷ (۱۹۹۴) نیز رویکرد پایگاه دانش فازی را برای حل مسئله تعیین میزان سفارش در شرایط عدم اطمینان در تقاضا، زمان پیشبرد و سطح موجودی ارائه نموده اند [14].

با توجه به مرور فوق مشخص می شود که در مطالعاتی که تاکنون بر روی مدل های MRP و CEP انجام شده است نااطمینانی در زمان واقعه (مانند زمان پیشبرد) یا بزرگی واقعه (مانند اندازه تقاضا) در نظر گرفته شده اند ولی نااطمینانی در خود واقعه را بررسی نکرده اند. این نوع از نااطمینانی عموماً در مراکز تعمیراتی و بازسازی رخ می دهد. در این مراکز مشتری براساس شاخص هایی نظیر میزان کارکرد و یا عمر محصول، آن را برای بازسازی به سازمان تعمیر گاهی ارسال می کند و برخلاف سازمان های تولیدی که در آنها عملیات مورد نیاز قطعی و مشخص می باشد، در آنها ممکن است با توجه به وضعیت قطعات و مجموعه های محصول، فعالیت های متفاوتی مورد نیاز باشد. از طرفی مباحثی چون افزایش ظرفیت کاری، کاهش هزینه ها، کاهش زمان تحویل سفارش و ... در مراکز تعمیر گاهی نیز مطرح بوده و بنابراین کاربرد MRP و CRP در این محیط ها امکان پذیر و مطلوب بوده و باید این مدلها را برای بکارگیری در چنین محیطی توسعه داد. در بخش دوم این مقاله یک مدل احتمالی برای CRP توسعه داده شده است که می توان از آن در مراکز بازسازی و تعمیر گاهی استفاده کرد.

۲- توسعه یک مدل احتمالی برای CRP

به منظور انطباق سیستم CRP با شرایط مراکز تعمیر گاهی، در این بخش از مقاله فرضیات، تعاریف و قدم های اجرای CRP در چنین مراکزی توسعه داده می شود.

۲-۱- تعاریف و فرضیات

مهمترین قدم در اجرای MRP و CRP در یک محیط تعمیرگاهی تعیین ساختار محصول می باشد که نقش لیست مواد را ایفا می کند. در تهیه لیست مواد و تهیه جدول MRP فرضیات زیر در نظر گرفته شده است.

فرض ۱: هر جزء در ساختار محصول بدو جزء متفاوت تبدیل می گردد که یکی جزء قبل از بازسازی و دیگری جزء بعد از بازسازی نامیده می شود. تعداد در والد اجزاء قبل و بعد از بازسازی یکسان بوده و ساختار محصول برای این اجزاء نیز بصورت معکوس و متصل به هم می باشد.

فرض ۲: وضعیت هر جزء بازسازی نشده به یکی از صورت های سالم، معیوب و قابل تعمیر می باشد. بنابراین هر جزء بازسازی نشده خود به سه جزء سالم، تعویضی و اصلاحی تقسیم می شود که تعداد در والد همه این اجزاء یکسان می باشد. وضعیت اجزاء بازسازی شده فقط بصورت سالم و وضعیت محصول ورودی فقط بصورت اصلاحی می باشد.

فرض ۳: احتمال مشاهده وضعیت های مختلف هر جزء مشخص می باشد. این احتمالات برای اجزاء بازسازی نشده به شرط وقوع حالت اصلاحی برای جزء بازسازی نشد سطح بالاتر آن محاسبه شده است. با توجه به این احتمالات و تعداد در والد هر جزء، تعداد متوسط اجزاء برای کلیه وضعیت های هر جزء تعیین می گردد.

فرض ۴: زمان پیشبرد هر جزء در همه وضعیت ها مشخص می باشد.

فرض ۵: سربرنامه تولید (MPS) که تاریخ های تحویل محصول بازسازی شده را نشان می دهد مشخص شده اند.

فرض ۶: در محاسبات جدول MRP، در صورتی که در تعیین زمان صدور سفارش یک جزء، چندین جزء نقش داشته باشند ماگزیم زمان پیشبرد اجزاء در نظر گرفته می شود.

پس از مشخص شدن ساختار محصول باید پروفیل منابع برای این ساختار تهیه گردد. پروفیل منابع علاوه بر آنکه بیان کننده ظرفیت مورد نیاز از مراکز کاری برای عملیات بر روی یک واحد از اجزاء محصول می باشد، تاریخ نیاز به این منابع را نیز بر اساس زمان های پیشبرد سفارشات مشخص می کند. در تهیه پروفیل منابع و CRP در مراکز تعمیراتی فرضیات زیر در نظر گرفته شده اند.

فرض ۷: بر اساس رویه²⁸ (ور العمل) بازسازی، فعالیت های

$tsf_{izq,j,b}$ = زمان قطعی تنظیم، صف و حمل برای انجام عمل

$F_{izq,j,b}$ بر روی انباشته ای از اجزاء i

$atsf_{izq,j,b}$ = زمان متوسط تنظیم، صف و حمل برای انجام عمل

$F_{izq,j,b}$ بر روی انباشته ای از اجزاء i

$C_{izq,j,t+b}$ = ظرفیت مورد نیاز از مرکز کاری Z برای عمل $F_{izq,j,b}$ در دوره $t+b$

$C_{j,t}$ = ظرفیت مورد نیاز از مرکز کاری Z در دوره t

$D_{iz,t}$ = میزان صدور سفارش جزء i در حالت Z در دوره t

(بدست آمده از سطر آخر جدول MRP)

$CA_{j,t}$ = ظرفیت در دسترس مرکز کاری Z در دوره t

$U_{j,t}$ = در صد استفاده از مرکز کاری Z در دوره t

$E_{j,t}$ = کارائی مرکز کاری Z در دوره t

$ACA_{j,t}$ = متوسط ظرفیت در دسترس مرکز کاری Z در دوره t

$1-\alpha$ = درجه اطمینان به حد بالای زمان (سطح خدمت

مدیریت)

۲-۲. قدم های اجرای CRP احتمالی

بر اساس فرضیات و تعاریف فوق می توان قدم های زیر را برای انجام CRP در محیط های تعمیر گاهی در نظر گرفت.

قدم ۱: تعیین زمان های قطعی فعالیت ها

برای کلیه فعالیت هایی که زمان انجام آنها احتمالیست حد بالای زمان انجام فعالیت ها را بصورت یک مقدار قطعی بدست آورید. این کار را با استفاده از تابع توزیع زمان فعالیت ها و پارامترهای آن و نیز درجه اطمینان (سطح خدمت مدیریت)، بصورت زیر انجام دهید.

$$P(TF_{izq,j,b} < tf_{izq,j,b}) = 1-\alpha$$

$$P(TSF_{izq,j,b} < tsf_{izq,j,b}) = 1-\alpha$$

$$P(LTF_{izq,j,b} < ltf_{izq,j,b}) = 1-\alpha$$

قدم ۲: محاسبه زمان های متوسط فعالیت ها

زمان متوسط هر فعالیت را با توجه به زمان قطعی آن فعالیت و احتمال انجام آن، بصورت زیر محاسبه کنید.

$$atf_{izq,j,b} = tf_{izq,j,b} \times PF_{izq,j,b}$$

$$ats_{izq,j,b} = tsf_{izq,j,b} \times PF_{izq,j,b}$$

$$altf_{izq,j,b} = ltf_{izq,j,b} \times PF_{izq,j,b}$$

قدم ۳: تعیین بار مراکز کاری در هر دوره به ازای

فعالیت های مورد نیاز هر جزء

بار (ظرفیت مورد نیاز) مراکز کاری را که بخاطر عملیات

مورد نیاز در هنگام مواجه با هر جزء محصول (در همه وضعیت ها) مشخص شده است. همچنین زمان انجام هر فعالیت (و در صورتیکه این زمان بصورت یک متغیر تصادفی باشد توزیع زمان و پارامترهای آن)، احتمال انجام هر فعالیت (در صورتیکه انجام فعالیت بصورت قطعی نباشد)، زمان پیشبرد فعالیت ها، ترتیب انجام فعالیت ها و محل (مرکز کاری) انجام هر فعالیت مشخص شده است. زمان های عملیات به ازای یک واحد از جزء محصول و زمان های تنظیم، صف و جابجایی به ازای انباشته ای از هر جزء مشخص شده اند.

فرض ۸: درجه اطمینان به زمان انجام فرآیند (سطح خدمت مدیریت) تعیین شده است. سطح خدمت مدیریت درصد اوقاتی را نشان می دهد که متغیر تصادفی زمان عملیات از مقدار قطعی مشخص شده برای آن کمتر است.

فرض ۹: سطر آخر جدول MRP برای همه اجزاء محصول (در همه وضعیت ها) که زمان صدور سفارش (شروع کار) هر جزء را نشان می دهد، مشخص می باشد.

فرض ۱۰: زمان در دسترس، کارائی²⁹ و در صد استفاده³⁰ در هر مرکز کاری مشخص شده است.

بر اساس فرضیات فوق می توان پارامترهای زیر را تعریف کرد.

i = کد جزء نام درساختار محصول ($i=1, \dots, I$)

Z = حالت هر جزء (a = سالم، r = اصلاحی و s = تعویضی)

t = دوره t ام برنامه ریزی ($t=1, \dots, T$)

j = مرکز کاری j ام ($j=1, \dots, J$)

n_i = تعداد قلم i ام در والد

$P_{i,r}$ = احتمال وقوع حالت Z برای جزء i ($\sum_z P_{i,z} = 1$)

$LT_{i,r}$ = متغیر تصادفی زمان پیشبرد جزء i در حالت Z

$l_{i,r}$ = زمان قطعی پیشبرد جزء i در حالت Z

$F_{izq,i,b}$ = کد q امین عمل برای جزء i در حالت Z در مرکز کاری

Z در دوره b بعد از صدور سفارش

$PF_{izq,i,b}$ = احتمال انجام عمل $F_{izq,i,b}$

$LTF_{izq,i,b}$ = متغیر تصادفی زمان پیشبرد انجام عمل $F_{izq,i,b}$

$ltf_{izq,i,b}$ = زمان قطعی پیشبرد عمل $F_{izq,i,b}$

$altf_{izq,i,b}$ = زمان متوسط پیشبرد عمل $F_{izq,i,b}$

$TF_{izq,i,b}$ = متغیر تصادفی زمان انجام عمل $F_{izq,i,b}$ بر روی یک

واحد از جزء i

$tf_{izq,i,b}$ = زمان قطعی انجام عمل $F_{izq,i,b}$ بر روی یک واحد جزء i

$atf_{izq,i,b}$ = زمان متوسط انجام عمل $F_{izq,i,b}$ بر روی یک واحد از

جزء i

$TSF_{izq,i,b}$ = متغیر تصادفی زمان تنظیم، صف و حمل برای

انجام عمل $F_{izq,i,b}$ بر روی انباشته ای از اجزاء i

مورد نیاز هر جزء در دوره های مختلف ایجاد می شود بصورت زیر بدست آورید .

$$C_{izq,j,t+b} = (atf_{izq,j,b} \times D_{iz,t}) + atsf_{izq,j,b}$$

قدم ۴: محاسبه بار مراکز کاری در هر دوره

بار مراکز کاری در هر دوره را به ازای کلیه اجزاء بصورت زیر محاسبه کنید .

$$C_{j,t} = \sum_i \sum_z \sum_q C_{izq,j,t}$$

قدم ۵: تعیین ظرفیت متوسط در دسترس برای مراکز کاری

ظرفیت متوسط در دسترس مراکز کاری را در هر دوره با توجه به ظرفیت در دسترس، کارائی و درصد استفاده از مرکز کاری بصورت زیر بدست آورید .

$$ACA_{j,t} = CA_{j,t} \times U_{j,t} \times E_{j,t}$$

قدم ۶: مقایسه ظرفیت در دسترس و ظرفیت مورد نیاز

بار (ظرفیت مورد نیاز) مراکز کاری در هر دوره را با ظرفیت متوسط در دسترس مراکز کاری در آن دوره مقایسه و در صورتیکه ظرفیت مورد نیاز بیش از ظرفیت در دسترس است از روش هایی چون کاهش فعالیت های بازسازی، افزایش ظرفیت منابع کاری (داخلی و خارجی)، افزایش بهره وری و نظائر آن استفاده کنید .

۳- مثالی برای نشان دادن نحوه کاربرد CRP احتمالی

برای بررسی نحوه کاربرد CRP احتمالی توسعه داده شده در این مقاله به مثال زیر توجه کنید. ابتدا فرض کنید که اطلاعات زیر در مورد بازسازی محصولی به نام ژنراتور در دست می باشد .

الف) ساختار درختی محصول که رابطه والد - فرزندی اجزاء ژنراتور، نرخ مصرف (در والد) و احتمال وقوع وضعیت های همه اجزاء را نشان می دهد مشخص و در شکل ۱ نشان داده شده است .

ب) دستور العمل بازسازی که در آن فعالیت های مورد نیاز، زمان (شامل زمان انجام فعالیت ها و زمان های تنظیم، صف و جابجایی)، ترتیب و محل انجام فعالیت ها و زمان های پیشبرد هر فعالیت مشخص شده است مشخص می باشد . برای سادگی مثال فقط دستور العمل بازسازی برای جزء D (شیفت بازسازی نشده) در شکل ۲ نشان داده شده است .

ج) سطر آخر جدول MRP برای همه دوره ها مشخص

شده اند . برای حالت های مختلف جزء D این مقادیر در شکل ۳ نشان داده شده اند .

د) ظرفیت در دسترس، کارائی و درصد استفاده مراکز کاری در دوره های مختلف ثابت بوده و در شکل ۴ نشان داده شده است .

ه) درجه اطمینان (سطح خدمت مدیریت) برای کلیه زمان ها ۹۵٪ در نظر گرفته شده است .

حال باتوجه به این اطلاعات می توان برای انجام CRP احتمالی قدم های زیر را برداشت .

قدم ۱: تعیین زمان های قطعی فعالیت ها

با توجه به توزیع احتمالی زمان ها که بصورت نرمال مشخص شده اند و نیز درجه اطمینان تعیین شده، مقدار قطعی زمان های احتمالی بصورت زیر محاسبه می شوند:

$$TF_{DS3,W_{1,2}} \sim N(33,4)$$

$$P(TF_{DS3,W_{1,2}} < tf_{DS3,W_{1,2}}) = 0.95 \rightarrow tf_{DS3,W_{1,2}} \approx 35$$

$$TF_{DS3,W_{1,3}} \sim N(23,4)$$

$$P(TF_{DS3,W_{1,3}} < tf_{DS3,W_{1,3}}) = 0.95 \rightarrow tf_{DS3,W_{1,3}} \approx 25$$

قدم ۲: محاسبه زمان های متوسط فعالیت ها

با توجه به زمان های قطعی فعالیت ها و احتمال انجام آنها، زمان های متوسط فعالیت ها بصورت زیر محاسبه می گردد .

$$atf_{DS4,W_{1,2}} = tf_{DS4,W_{1,2}} \times PF_{DS4,W_{1,2}} = 35 \times 0.6 = 21$$

$$atsf_{DS4,W_{1,2}} = tsf_{DS4,W_{1,2}} \times PF_{DS4,W_{1,2}} = 100 \times 0.6 = 60$$

$$atf_{DS4,W_{1,3}} = tf_{DS4,W_{1,3}} \times PF_{DS4,W_{1,3}} = 25 \times 0.4 = 10$$

$$atsf_{DS4,W_{1,3}} = tsf_{DS4,W_{1,3}} \times PF_{DS4,W_{1,3}} = 250 \times 0.4 = 100$$

قدم ۳: تعیین بار مراکز کاری در هر دوره به ازای

فعالیت های مورد نیاز هر جزء

برای تعیین بار مراکز کاری در دوره های مختلف باید مقدار تقاضای هر دوره و زمان پیشبرد عملیات را در نظر گرفت . به عنوان نمونه بار مرکز کاری یک (z=۱) در دوره سوم (t=۳) به ازای جزء D در وضعیت سالم، ناشی از تقاضای آن در دوره t=۳ و همچنین تقاضای این جزء در دوره t=۱ (که در دوره t=۳ به این مرکز کاری نیاز دارد) می باشد . بار مرکز کاری z=۱ در دوره t=۳ به ازای جزء D در وضعیت سالم بصورت زیر محاسبه می شود :

$$C_{DS,W_{1,3}} = [(D_{DS,3} \times atf_{DS1,W_{1,0}} + atsf_{DS1,W_{1,0}}) +$$

$$[(D_{DS,1} \times atf_{DS3,W_{1,2}} + atsf_{DS3,W_{1,2}})] =$$

$$[(3 \times 10) + 20] + [(4 \times 10) + 15] = 105$$

همچنین با توجه به ویژگی‌ها و فرضیات چنین محیطی، مدل توسعه یافته‌ای از CRP ارائه گردیده و با حل یک مثال نحوه استفاده از مدل تشریح شده است.

زیرنویس‌ها

- 1- Capacity Requirements Planning (MRP)
- 2- Material Requirements Planning (CRP)
- 3- Orlicky
- 4- Bill Of Material Processor (BOMP)
- 5- Parent Items
- 6- Top Level Product
7. Explosion
- 8- Master Production Schedule (MPS)
- 9- Production Activity Control (PAC)
- 10- Rough Cut Capacity Planning (RCCP)
- 11- Planned Lead Time
12. Forward Scheduling
13. Backward Scheduling
14. Due Date
15. Planned Operation Time
16. Load Profile
17. Whybark and Williams
18. DeBodt and Van Wassenhove
19. Wacker
20. Ho and Lau
21. Ho and Ireland
22. Kadipasaoglu et. al
23. Kacprzyk and Staniewske
24. Lehtimake
25. Park
26. Lee et. al
27. Petrovic and Sweeney
28. Routing
29. Efficiency
30. Utility

بار مراکز کاری در دوره‌های مختلف به ازای همه وضعیت‌های جزء D در شکل ۵ نشان داده شده است.

قدم ۴: محاسبه بار مراکز کاری در هر دوره

با جمع کردن بار مراکز کاری در هر دوره به ازای همه وضعیت‌های اجزاء می‌توان بار مراکز کاری را در هر دوره مشخص کرد. بار مراکز کاری در دوره‌های مختلف برای جزء D در شکل ۶ نشان داده شده است.

قدم ۵: تعیین ظرفیت متوسط در دسترس برای مراکز کاری

ظرفیت متوسط در دسترس برای همه مراکز کاری در دوره‌های مختلف ثابت بوده و به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$ACA_{j,t} = CA_{j,t} \times U_{j,t} \times E_{j,t} = 2400 \times 100\% \times 100\% = 2400$$

قدم ۶: مقایسه ظرفیت در دسترس و ظرفیت مورد نیاز

ظرفیت در دسترس و ظرفیت مورد نیاز مقایسه شده و در صورتیکه ظرفیت مورد نیاز بیش از ظرفیت در دسترس است از راهکارهای مناسب استفاده می‌گردد.

۴ - نتیجه گیری

سیستم‌های MRP اولیه به عنوان سیستم‌هایی با ظرفیت بی‌نهایت معروف بودند چرا که در این سیستم‌ها فرض بر این بود که منابع و ظرفیت‌های لازم برای اجرای برنامه‌ها بدون محدودیت در دسترس می‌باشد. بر همین اساس برنامه ریزی بدون هیچگونه بازخوردی صورت می‌گرفت. و این امر موجب می‌شد که این سیستم‌ها نتوانند پیچیدگی محیط‌های واقعی را پوشش دهند. از این رو در سیستم‌های MRP II و MRP از برنامه ریزی احتیاجات ظرفیت (CRP) استفاده می‌شود که برنامه تولید را از نقطه نظر منابع موجود و ظرفیت‌های در دسترس، بررسی می‌کند. در این مقاله کاربرد سیستم برنامه ریزی احتیاجات ظرفیت در مراکز بازسازی (تعمیر گاهی) مورد بررسی قرار گرفته و پارامترهای تأثیر گذار بر CRP در چنین شرایطی شناسایی گردیده است.

نام جزء	وضعیت جزء	دوره (هفته)						
		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
شفت بازسازی نشده (D)	سالم	۴	۵	۳	۴	۶	۳	۵
	تعویض	۱۰	۱۳	۸	۱۰	۱۵	۸	۱۳
	اصلاح	۶	۷	۴	۶	۹	۴	۷

شکل (۳) سطر آخر جدول MRP برای جزء D.



شکل (۱) ساختار درختی ژنراتور در CRP احتمالی.

نام جزء	وضعیت جزء	شماره عمل	شرح عمل	زمان عمل (دقیقه)	زمان تنظیم صف و حمل (دقیقه)	احتمال انجام عمل	محل انجام عمل	زمان پیشبرد عمل (طنه)	دوره عمل بعد از صدور سلفی	کد عمل
شفت بازسازی نشده (D)	سالم	۱	شستو	۱۰	۱۵	۱	W ₁	۱	۰	F _{D81,W1,0}
		۲	تست	۱۵	۳۰	۱	W ₂	۱	۱	F _{D82,W2,1}
		۳	روانکاری	۱۰	۲۰	۱	W ₁	۱	۲	F _{D83,W1,2}
	تعویض	۱	شستو	۱۰	۱۵	۱	W ₁	۱	۰	F _{D81,W1,0}
		۲	تست	۱۵	۳۰	۱	W ₂	۱	۱	F _{D82,W2,1}
		۳	تعویض	۵	۱۲۰	۱	خرید	۳	۴	-
	اصلاح	۱	شستو	۱۰	۱۵	۱	W ₁	۱	۰	F _{D81,W1,0}
		۲	تست	۱۵	۳۰	۱	W ₂	۱	۱	F _{D82,W2,1}
		۳	جوشکاری	N(۳۳, ۴)	۱۰۰	۱/۶	W ₃	۱	۲	F _{D83,W1,2}
		۴	ماشینکاری	N(۲۳, ۴)	۲۵۰	۱/۴	W ₄	۱	۳	F _{D84,W4,3}

شکل (۲) دستورالعمل بازسازی جزء D.

کد مرکز کاری	زمان در دسترس (دقیقه)	کارایی (درصد)	میزان استفاده (درصد)
W ₁	۲۴۰۰	۱۰۰	۱۰۰
W ₂	۲۴۰۰	۱۰۰	۱۰۰
W ₃	۲۴۰۰	۱۰۰	۱۰۰
W ₄	۲۴۰۰	۱۰۰	۱۰۰

شکل (۴) اطلاعات مربوط به مراکز کاری.

نام جزء	نام مرکز کاری	وضعیت جزء	دوره (هفته)						
			۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
شفت بازسازی نشده (D)	W ₁	سالم	۵۵	۶۵	۱۰۵	۱۲۵	۱۲۵	۱۰۵	۱۴۵
		تعویض	۱۱۵	۱۴۵	۹۵	۱۱۵	۱۶۵	۹۵	۱۴۵
		اصلاح	۷۵	۸۵	۵۵	۷۵	۱۰۵	۵۵	۸۵
	W ₂	سالم	-	۹۰	۱۰۵	۷۵	۹۰	۱۲۰	۷۵
		تعویض	-	۱۸۰	۲۲۵	۱۵۰	۱۸۰	۲۵۵	۱۵۰
		اصلاح	-	۱۲۰	۱۳۵	۹۰	۱۲۰	۱۶۵	۹۰
	W ₃	سالم	-	-	-	-	-	-	-
		تعویض	-	-	-	-	-	-	-
		اصلاح	-	-	۱۸۶	۲۰۷	۱۴۴	۱۸۶	۲۴۹
	W ₄	سالم	-	-	-	-	-	-	-
		تعویض	-	-	-	-	-	-	-
		اصلاح	-	-	-	۱۶۰	۱۷۰	۱۴۰	۱۶۰

شکل (۵) بار مراکز کاری در هر دوره برای وضعیت‌های مختلف جزء D.

نام جزء	نام مرکز کاری	دوره (هفته)						
		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
شفت بازسازی نشده (D)	W ₁	۲۴۵	۲۹۵	۲۵۵	۳۱۵	۳۹۵	۲۵۵	۳۷۵
	W ₂	-	۳۹۰	۴۶۵	۳۱۵	۳۹۰	۵۴۰	۳۱۵
	W ₃	-	-	۱۸۶	۲۰۷	۱۴۴	۱۸۶	۲۴۹
	W ₄	-	-	-	۱۶۰	۱۷۰	۱۴۰	۱۶۰

شکل (۶) بار مراکز کاری در هر دوره برای جزء D.

مراجع

- [1] Browne, J., Harhen J. and Shivnan, J., "Production Management Systems: an Integrated Perspective", 2 nd. Edition, Wesley Publishing Co., 1996.
- [2] Fogarty, D. W., Blackstone, J. H. and Hoffmann, T. R., "Production and Inventory Management", 2 nd Edition, Cincinnati, South-Western Publishing Co., 1991.
- [3] Whybark, D. C. and Williams, J. C., "Material Requirements Planning Under Uncertainty", Decision Sciences, 7, No. 4, 1976.
- [4] De Bodt, M. A. and Van Wassenhove, L. N., "Cost Increases Due to Demand Uncertainty MRP Lot

- Sizing", *Decision Sciences*, **14**, No. 3, 1983.
- [5] De Bodt, M. A. and Van Wassenhove, L. N., "Lot-Sizes and Safety Stock in MRP: A Case Study". *Production & Inventory Management*, 1983.
- [6] Wacker, J. C., "A Theory of MRP, An Empirical Methodology to Reduce Uncertainty in MRP System", *International Journal of Production Research*, **23**, No. 4, 1985.
- [7] Ho, C. J. and Lau, H. S., "Evaluation the Impact of Lead Time Uncertainty in MRP System". *European Journal of Operational Research*, **75**, 1994.
- [8] Ho, C. J. and Ireland, T. C., "Correlating MRP System Nervousness with Forecast Errors", *International Journal of Production Research*, **36**, No. 8, 1988.
- [9] Kadipasaoglu, S. N. and Sridharan, V., "Alternative Approaches for Reducing Schedule Instability in Multi-Stage Manufacturing Under Demand Uncertainty", *Journal of Operations Management*, **13**, No. 3, 1995.
- [10] Kacprzyk. J. and Staniewski, P. "Long-Term Inventory Policy-Making Through Fuzzy Decision Making Models", *Fuzzy Sets and Systems*, **8**, 1982.
- [11] Lehtimaki, A. K., "An approach for Solving Decision Problems of Master Scheduling by Utilizing Theory of Fuzzy Sets", *International Journal of Operations and Production Management*, **25**, No. 12, 1987.
- [12] Park. K. S., "Fuzzy-Set Theoretic Interpretation of Economic Order Quantity", *IEEE Transactions on Systems, Management and Cybernetics*, **17**, No. 6, 1987.
- [13] Lee, Y. Y., Kramer, B. A. and Hwang, C. L., "Part-Period Balancing with Uncertainty: A Fuzzy Sets Theory Approach", *International Journal of Production Research*, **28**, No. 10, 1990.
- [14] Petrovic, D. and Sweeney, E., "Fuzzy Knowledge Based Approach to Treating Uncertainty in Inventory Control", *Computer Integrated Manufacturing Systems*, **7**, No.3, 1994.