

تکنیک های شبیه سازی در مسائل مهندسی صنایع و نگهداری و تعمیرات و مدیریت صنعتی، تکنیک شبیه سازی "مونت کارلو"

۱- مقدمه :

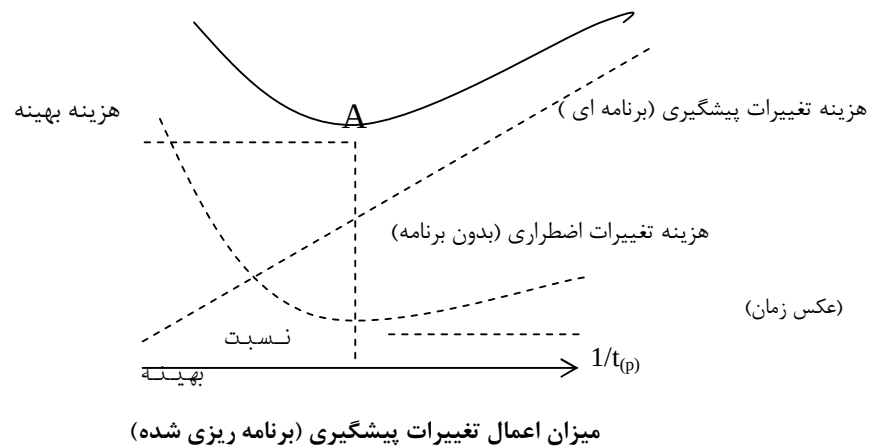
در کاربردهای شبیه سازی به جای ایجاد فرمولی برای حل مسئله سعی می شود "مدل" برای چندین بار (هزاران بار) در شرایطی احتمالی مورد تجزیه و آزمایش قرار گیرد و هر بار نتایج بدست آمده یادداشت شود. آنگاه با تحلیل آمار بدست آمده به نتایج قابل اطمینان از عملکرد حقیقی سیستم واقعی دسترسی حاصل خواهد شد. روشن است که تجربه چندین هزار بار تنها با استفاده از کامپیوتر عملی و منطقی خواهد بود.

از کارآترین تکنیک های شبیه سازی در مسائل مهندسی صنایع و نگهداری و تعمیرات و مدیریت صنعتی، تکنیک شبیه سازی "مونت کارلو" می باشد در این تکنیک، اصول کار، بر این استوار شده است که ضمن در دست داشتن توابع توزیع احتمالی و عوامل موثر در طراحی سیستم، با استفاده از اعداد تصادفی وقایع محتمل که بر سیستم اثر خواهد گذاشت برداشت شده و همینطور عکس العمل های سیستم در مقابل این وقایع بررسی می شوند.

۲- روش کار:

در این روش شبیه سازی هدف تعیین فاصله بهینه بین دو عملیات پیشگیرانه با رعایت ضوابط ذیل است:

۱-۲- کاهش بیش از حد میزان اعمال تعمیرات پیشگیرانه و یا افزایش بیش از حد آن باعث افزایش میزان هزینه های کل نگهداری و تعمیرات (CM) خواهد شد (شکل ۱). بنابراین از نظر تئوری زمانی منحصر بفرد و یگانه وجود خواهد داشت که در آن هزینه های کل نگهداری و تعمیرات که مجموع هزینه های تعمیرات پیشگیرانه (CP) و هزینه تعمیرات اضطراری (Cf) خواهد بود می نیمم می گردد.



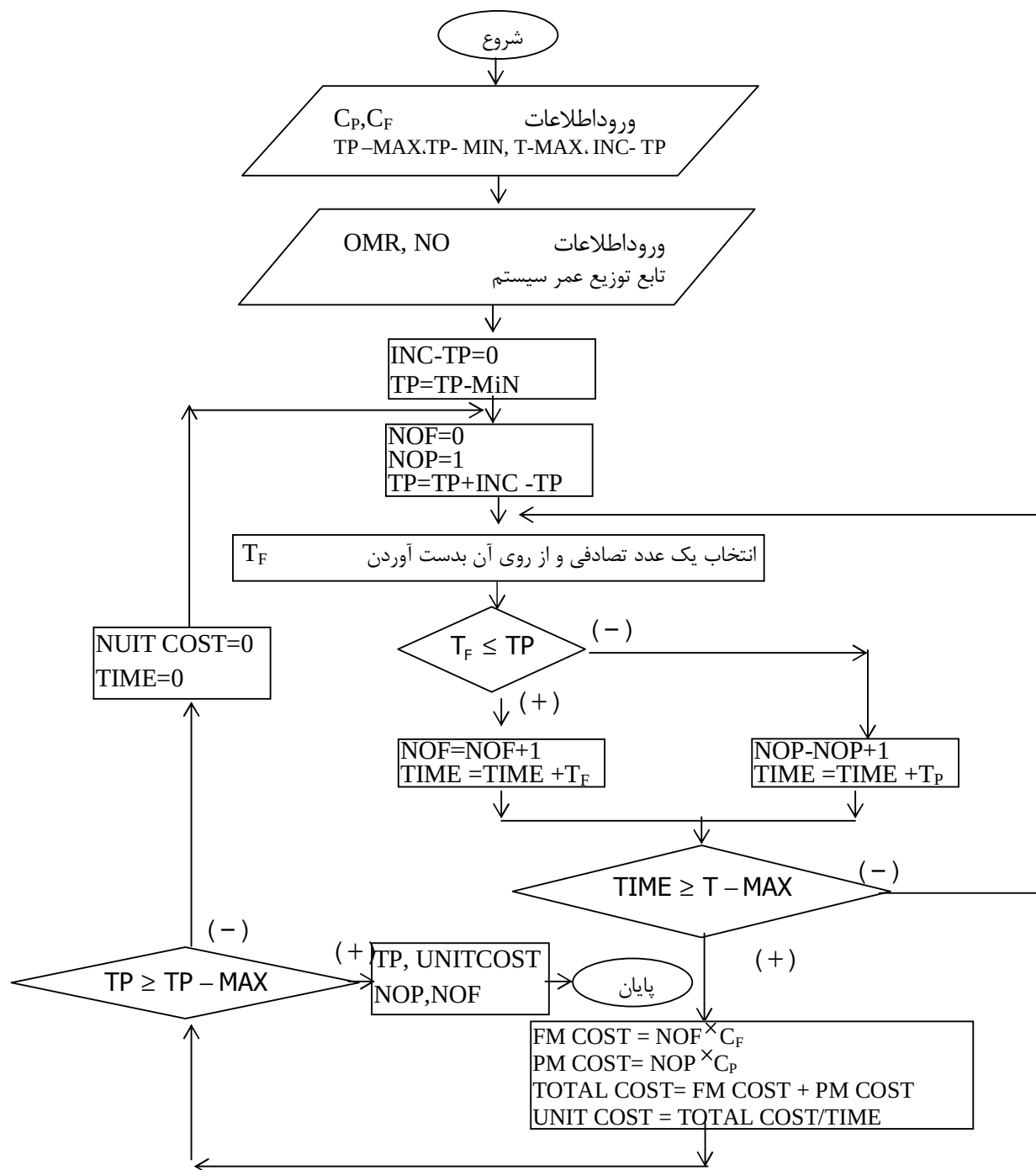
(شکل ۱) - روند عمومی فعالیتهای برنامه ریزی شده و اضطراری و تاثیر آن بر هزینه های کل نگهداری و تعمیرات

۲-۲- داده های ورودی به برنامه عبارتند از:

- الف - تابع توزیع عمر دستگاه که معمولاً بصورت گسسته در دست است. این تابع از آمار خرابی های اضطراری (EM) دستگاه در گذشته بدست خواهد آمد و به صورت هیستوگرام در دست می باشد.
- ب - هزینه هر بار تعمیرات پیشگیرانه (CP): این هزینه می بایست توسط واحد حسابداری صنعتی در اختیار بخش فنی قرار گیرد. و معدل هزینه تعمیرات پیشگیرانه می باشد که در دوره زمانی مورد بحث است.
- پ - هزینه هر بار تعمیرات اضطراری (Cf): این هزینه نیز می بایست توسط واحد حسابداری صنعتی در اختیار بخش فنی قرار گیرد و معدل کل هزینه های تعمیرات اضطراری می باشد که در دوره زمانی مورد بحث است.

فلوچارت برنامه:

فلوچارت برنامه به شکل ذیل خواهد بود:



۴- توضیح متغیرهای فلوچارت و عملکرد برنامه شبیه سازی مونت کارلو

ورود اطلاعات تابع توزیع عمر:

توابع توزیع عمر دستگاه معمولاً یا بوسیله کارخانه سازنده ارائه می گردد و یا از روی سوابق قبلی دستگاه بدست می آیند. ذکر این نکته قابل توجه است که حتی در مواردی که توابع توزیع عمر دستگاه بوسیله کارخانه سازنده ارائه گردیده است بدلیل تغییر عوامل جوی - محیطی و تغییر در شرایط بهره برداری از دستگاهها این توابع توزیع عمر تغییر می یابند و به مرور زمان دستخوش تغییر و تحول می گردند و پیشنهاد می گردد که بر اساس سوابق قبلی دستگاهها و بر اساس جایگزینی شکست آنها اقدام به تهیه و توزیع عمر دستگاهها نمود که با این کار می توان تا حد بسیار زیادی به شرایط واقعی نزدیک شد. نکته قابل توجه دیگر آن است که این توابع معمولاً و عموماً بصورت گسسته قابل دسترس هستند چرا که برای مواردی که دستگاه دچار خرابی اضطراری شده است وقایع ضبط و ثبت گردیده است در همین جا وجود یک سیستم ثبت و ضبط قوی اطلاعات در هر مجتمعی که قصد ایجاد سیستم نگهداری و تعمیرات را دارد بسیار ضروری و از اهم موارد بنظر می رسد.

OMR : این کاراکتر میزان عمر دستگاه در دفعات مختلف بوده و واحد آن زمان می باشد. با توجه به تعداد عمرهای اتفاق افتاده که می تواند از ۱ تا N اتفاق افتاده باشد در ستونی که به همین منظور در ورود اطلاعات برنامه پیش بینی شده است به عنوان یکی از اطلاعات ورودی وارد می گردد.

نکته: در برنامه نوشته شده، فواصل ۱ تا N به صورت مساوی تقسیم شده اند از این بابت حالت عمومیت مسئله دچار مخاطره نخواهد شد چرا که در صورت وجود تعداد قابل قبولی آمار نسبت به تشکیل جدول توزیع فراوانی اقدام نموده و در آن جدول فواصل مساوی اختیار می شوند.

در صورت محدود بودن تعداد مشاهدات نیز با روشهای آمار ناپارامتری و آزمون خوبی برازندگی کولموگراف نسبت به حدس تابع توزیع احتمال پیوسته از روی آماره های موجود اقدام نموده و با یافتن تابع توزیع احتمال پیوسته (البته با قبول سطح قابل قبول آزمون (a)، مقاطع عمر بصورت مساوی انتخاب می شوند.

NO: در این کاراکتر تعداد دفعاتی که هر عمر اتفاق افتاده است روبروی آن نوشته می شود این کاراکتر نیز به صورت ستونی به عنوان اطلاعات ورودی به برنامه داده می شود.

CP : هزینه یک بار جایگزینی پیشگیرانه می باشد. این هزینه توسط واحد حسابداری صنعتی با توجه به هزینه هایی که شامل هزینه رکود دستگاه (در صورت لزوم) هزینه ابزار آلات و کارگر نگهداری و تعمیرات، مواد، قطعات و سایر هزینه هایی است که از اعمال عمل جایگزینی پیشگیری به کل سیستم تحمیل می گردد، تعیین می شود. لازم به ذکر است در این حالت در صورتی که روند تولید به صورت پیوسته باشد، هزینه رکود سایر تجهیزاتی که به واسطه رکود دستگاه دچار رکود و یا عدم بازدهی کامل می شوند نیز می بایست به این هزینه افزوده گردد، بدیهی است این هزینه در طول دوره زمانی بصورت معدل گیری محاسبه می گردد.

CF : هزینه یک بار جایگزینی شکست (تعمیرات اضطراری) می باشد. این هزینه نیز توسط واحد حسابداری صنعتی با توجه به هزینه هایی که شامل رکود سایر تجهیزات در اثر رکود ناگهانی ماشین، هزینه کارگر تعمیراتی، هزینه قطعات، موارد و ابزار می باشد، تعیین می گردد و از راه معدل گیری بدست خواهد آمد.

بدیهی است که بطور معمول هزینه تعمیرات اضطراری (cf) از هزینه های جایگزینی پیشگیرانه (cp) بیشتر می باشد چرا که رکود ناگهانی بصورت برنامه ریزی نشده واقع می گردد و بطور معمول زمان نسبتاً طولانی تری را جهت عیب یابی و رفع عیب در بر می گیرد. مضافاً بر آنکه روند تولید در سیستمهای پیوسته بصورت ناگهانی و بدون برنامه ریزی دچار گسستگی می گردد.

TP-MiN: TP-MAX, TP- MiN حداقل زمانی است که برای میزان TP مجهول در نظر گرفته می شود و کرانه پائینی آن حداقل عمری است که در تابع عمر سیستم واقع شده است. TP-MAX نیز حداکثر زمانی است که برای TP مجهول در نظر گرفته می شود و کرانه بالایی آن حداکثر عمری است که در تابع عمر سیستم واقع می گردد. روشی که در برنامه به کار برده شده است بدین صورت می باشد که TP- MiN , TP-MAX هر بار به ازاء یک مقدار خاصی از TP هزینه کل نگهداری و تعمیرات که شامل هزینه های جایگزینی پیشگیری و هزینه تعمیرات اضطراری است محاسبه می گردد. اینکار از TP-MiN شروع و به TP-MAX خاتمه می یابد.

لازم به ذکر است جهت انتخاب مقادیر فوق با توجه به تابع احتمالی عمر سیستم می توان مقادیر را انتخاب نمود. چنانچه افرادی با تجربه نیز با دستگاه مورد نظر برای مدت مدیدی کار کرده باشند از تجربیات آنها نیز می توان در تعیین حدود حداقل و حداکثر مقادیر فوق استفاده نمود.

در مواردی که هیچگونه حدس منطقی در دست نیست نیز می توان کوچکترین عمر اتفاق افتاده تا بزرگترین عمر اتفاق افتاده را با توجه به تابع توزیع عمر سیستم به عنوان TP- MiN , TP-MAX انتخاب نمود. توجه به این نکته لازم است که اینکار هیچگونه تاثیری در روند برنامه ندارد و تنها با این کار امکان ازدیاد حجم عملیات بالا می رود. بطور پیشنهادی و بصورت نظری TP- MiN , TP-MAX بطور معمول به ترتیب ۲۰٪ و ۸۰٪ متوسط طول عمر دستگاه انتخاب می شوند.

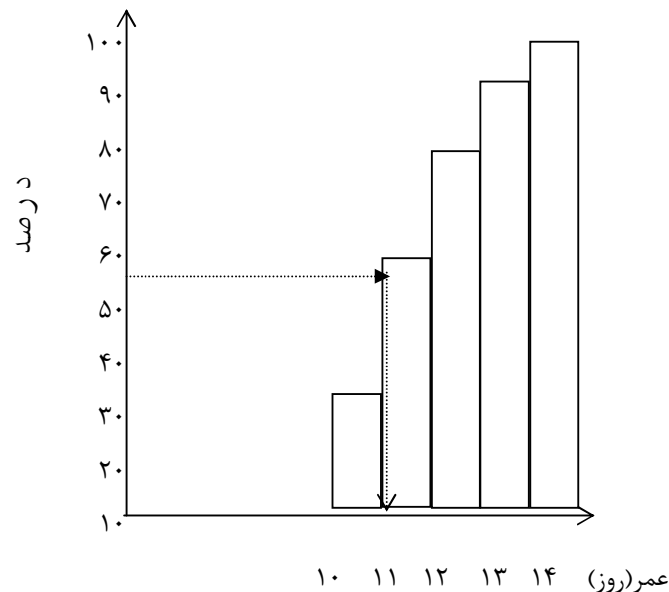
T-MAX : عملیات شبیه سازی در افقی از زمان انجام می پذیرد. هر چه این افق طولانی تر باشد بدیهی است که به علت ازدیاد عملیات شبیه سازی جوابهای بدست آمده جوابهای قابل قبول تری خواهند بود. این مقدار نباید از "چندین هزار بار" کمتر باشد با ازدیاد TP-MAX حجم عملیات زیاد شده و بالتبع جوابهای منطقی تری خواهیم داشت. میزان TP-MAX با توجه به حساسیت و دقت و کاربر محدود می گردد این منطق منتج از "قضیه حد مرکزی" است.

INC-TP : این متغیر مقداری است که هر بار پس از بدست آمدن میزان کل هزینه تعمیرات و با پایان یافتن زمان TP-MAX جهت انجام عملیات بعدی شبیه سازی به مقدار TP- MiN اضافه می شود. با اضافه شدن هر بار INC-TP به TP- MiN هزینه ای که شامل مجموع هزینه های پیشگیری و هزینه های تعمیرات اضطراری است بدست خواهد آمد. بدیهی است عملیات شبیه سازی تا زمانی ادامه خواهد یافت که TP- MiN به TP-MAX رسیده باشد. کوچک کردن بیش از حد INC-TP حجم عملیات را به شدت افزایش خواهد داد. عوامل محدود کننده INC-TP نیز وقت و هزینه و حساسیت کاربر می باشد اگر چه دقت عملیات را بالا خواهد برد.

۵- بدست آوردن یک عدد تصادفی و معرفی TP از روی تابع توزیع تجمعی دستگاه:

چنانچه می دانیم جهت یافتن اعداد تصادفی روشهای مختلفی وجود دارد. در این رابطه جدول اعداد تصادفی و همچنین ماشین های حسابگر می توانند به ما کمک نمایند. برنامه های نرم افزاری کامپیوتری نیز اکثراً دارای دستوری بنام (RAND) و یا دستورات مشابه دیگری هستند که بوسیله آن قادر به ایجاد اعداد تصادفی می باشند.

روشی که در نوشتن این برنامه به کار برده شده است بدین صورت می باشد که کامپیوتر در عملیات شبیه سازی هر بار با انتخاب یک عدد تصادفی بر روی محور عمودی تابع توزیع تجمعی که بین ۱ تا ۱۰۰ درجه بندی شده است عمر متناظر با آن عدد تصادفی را انتخاب می نماید و به عنوان TF به برنامه ما معرفی می نماید. این عملیات در شکل بعد به وضوح نمایش داده شده است:



شکل (۲) - تابع توزیع تجمعی و انتخاب عمر متناظر با عدد تصادفی

به عنوان مثال در شکل بالا عدد تصادفی بین ۵۰ و ۶۰ بوده است (۵۱). در مورد تابع توزیع عمر گسسته فوق عدد متناظر با اعداد بین ۵۰ و ۶۰ مقدار (۱۱) که واحد آن بر حسب زمان عمر دستگاه می باشد به عنوان TF به برنامه ما معرفی می گردد.

بدیهی است در مورد توابع توزیع عمر پیوسته به ازاء هر مقدار عدد تصادفی نیز یک نقطه متناظر جهت معرفی TF وجود خواهد داشت و توابع توزیع تجمعی مورد استفاده در صنعت نیز خوشبختانه همگی "یک به یک" می باشند نکته قابل ذکر آن است که معمولاً کامپیوترها اعداد تصادفی را بین ۰ تا ۱ به ما ارائه می نمایند که به سادگی می توان با ضرب کردن در عدد ۱۰۰ به یکی از نقاط احتمالی بر روی محور $F(t)$ دست یافت. دقت شود چون این عملیات کاملاً تصادفی می باشد تنها با حجم بالای عملیات می توان به جوابهای واقعی نزدیک شد و این موضوع بزرگ انتخاب نمودن TP-MAX را توجیه می نماید.

NOP : تعداد جایگزینی های پیشگیری می باشد که در طول عملیات شبیه سازی و تا رسیدن زمان شبیه سازی T-MAX بدست می آید. در ابتدا $NOP=1$ اختیار می گردد با انتخاب مقدار TF که به صورت تصادفی انتخاب شده است مقدار TF با TP مورد نظر بررسی می گردد و چنانچه از مقدار مورد نظر بزرگتر بود به مقدار NOP یک عدد اضافه می شود و در غیر این صورت NOP همان مقدار قبلی خود را خواهد داشت.

NOF : تعداد جایگزینی شکست (تعمیرات اضطراری) می باشد که در طول عملیات شبیه سازی و تا رسیدن زمان شبیه سازی به T-MAX بدست می آید در ابتدا $NOF=0$ اختیار می گردد. با انتخاب مقدار TF که بصورت تصادفی معرفی شده است مقدار TF با TP مورد نظر مقایسه می گردد و چنانچه مساوی یا کوچک تر از مقدار TP مورد نظر باشد به مقدار NOF یک عدد اضافه می گردد در غیر اینصورت NOF همان مقدار قبلی خود را خواهد داشت.

TIME: متغیری است که از مقدار صفر شروع و تا میزان T-MAX افزایش می یابد. میزان افزایش آن نیز کاملاً تصادفی است چرا که هر بار بر اساس TF بدست آمده با مقدار TF (در صورتی که $TF \leq TP$ باشد) و یا با TP (در صورتی که $TF > TP$ باشد) جمع می گردد. در صورتی که مقدار متغیر TIME به T-MAX رسیده باشد عملیات شبیه سازی برای یک TP انتخاب شده به پایان می رسد و محاسبات هزینه برای TP مورد نظر انجام می گیرد و مقدار آن بدست می آید.

FMCOST : پس از آنکه عملیات شبیه سازی با رسیدن مقدار TIME به T-MAX برای یک TP معین به پایان رسید، مقدار NOF معلوم خواهد شد. متغیر FMCOST که هزینه جایگزینی شکست را معرفی می نماید از حاصلضرب هزینه جایگزینی شکست (Cf) در تعداد جایگزینی های شکست بدست آمده در طول عملیات شبیه سازی (NOF) بدست خواهد آمد. PM COST : بالتبع در پایان عملیات شبیه سازی و رسیدن مقدار TIME به T-MAX برای یک TP معین تعداد NOP نیز که معرف تعداد جایگزینی پیشگیری است معلوم خواهد شد متغیر PM COST که هزینه جایگزینی پیشگیری را معرفی می نماید از حاصلضرب هزینه جایگزینی پیشگیری (CP) در تعداد جایگزینی های پیشگیری در طول عملیات شبیه سازی (NOP) بدست خواهد آمد.

TOTAL COST : این متغیر جمع هزینه های نگهداری و تعمیرات را معرفی می نماید که شامل مجموع هزینه های جایگزینی شکست (FMCOST) و هزینه های جایگزینی پیشگیری (PM COST) است و برای یک بار عملیات شبیه سازی و متناظر با یک مقدار TP معین شده محاسبه می گردد.

UNIT COST : چنانچه هزینه مورد انتظار برای یک سیکل مد نظر باشد می بایست کل هزینه جایگزینی بدست آمده (TOTAL COST) را به کل زمان مفید کارکرد دستگاه (TIME) تقسیم نمائیم. متغیر UNIT COST معرف هزینه مورد انتظار برای یک سیکل کاری می باشد و واحد آن عبارت است از واحد هزینه به واحد زمان.

پس از محاسبه UNIT COST و اتمام عملیات شبیه سازی برای یک مقدار معلوم و معین TP ، برنامه اقدام به افزایش TP به میزان $INC-TP$ خواهد نمود و مقدار جدید TP برابر خواهد بود با $TP=TP+INC-TP$ در این حالت ضمن آنکه مجدداً $NOF=0$, $INC-TIME=0$ اختیار می شوند، کل عملیات توضیح داده شده برای TP جدید تکرار خواهد شد و UNIT COST جدید متناظر با TP جدید محاسبه می گردد.

این عملیات مرتباً تکرار خواهد شد و بدیهی است که در نهایت تعدادی UNIT COST که متناظر با TP مربوطه است را خواهیم داشت. با مقایسه هزینه های UNIT COST خواهیم دید که سیر نزولی و سپس صعودی هزینه ها را به TP خاصی خواهد رساند که در آنجا UNIT COST مینیمم خواهد بود. این برنامه قابلیت SAVE کردن اطلاعات و EDIT کردن برای هر دستگاه مورد بررسی را دارد.

۶- بحث و نتیجه گیری:

نکته جالب توجه آن است که بطور منطقی با افزایش زمان TP از TP-MIN به سمت TP-MAX به تعداد NOF افزوده خواهد شد و از تعداد NOP کاسته خواهد شد. دلیل این امر نیز به روشنی واضح است چرا که در ابتدا بدلیل کوچک بودن $TP(TP=TP-MIN)$ احتمال اینکه TF بدست آمده از مقدار TP کوچک تر باشد کم است و مرتباً بر NOP در طول عملیات شبیه سازی افزوده خواهد شد و احتمال وقوع تعمیرات اضطراری با این TP کوچک، ناچیز است. بالتبع در این حالت هزینه تعمیرات اضطراری (FM COST) ناچیز و هزینه جایگزینی پیشگیری (PM COST) به شدت بالا خواهد بود و در مجموع هزینه کل یعنی TOTAL COST و بالطبع UNIT COST تحت تاثیر به شدت بالا خواهد بود.

با افزایش TP به تدریج احتمال اینکه TP کوچک تر از زمان TF شود افزایش یافته و در نتیجه روند منطقی برنامه آن خواهد بود که با افزایش TP بر تعداد NOF افزوده و از تعداد NOP کاسته شود. هزینه های بدست آمده به صورتی خواهد بود که هزینه FM COST در این حالت افزایش و هزینه PM COST کاسته می شود چنانچه TP-MIN , TP-MAX و در محدوده درستی انتخاب شده باشند، روند هزینه ها COST UNIT به تدریج با افزایش TP - MIN به سمت کاهنده خواهد بود.

از TP خاصی به بعد به دلیل افزایش احتمال کوچک تر شدن TF از TP تعداد NOF ها و در نتیجه FM COST افزاینده خواهد شده بطوری که گر چه هزینه FM COST سیر کاهنده داشته است، هزینه UNIT COST که مجموع هزینه های FM COST و PM COST می باشد روندی صعودی می یابد چرا که وزن FM COST در این حالت عمده خواهد شد. با بخاطر آوردن روند هزینه های نگهداری و تعمیرات که در شکل (۱) آورده شده بود نتایج بدست آمده به خوبی قابل توضیح است.

نکته قابل توجه آن است که بدلیل شیب کم منحنی (شکل ۱) در حوالی نقطه مینیمم (نقطه A) وجود مقدار قابل قبول خطا در محاسبات چندان بر میزان هزینه ها تاثیر شدیدی نخواهد داشت و می توان با درصد قابل قبولی محدوده ای را جهت بروز خطا که می تواند در بدست آوردن هزینه دقیق CP یا CF و یا تابع توزیع عمر دستگاه که معمولاً بصورت گسسته ارائه می شود قبول و تعریف نمود. در نهایت این روش خواهد توانست روشهای سنتی PM را به روشهای CBM نزدیکتر سازد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از راهنمائیها و همفکری های آقای دکتر علی حاج شیر محمدی که بنده را در انجام این کار تشویق و هدایت کردند و همچنین از آقای مهندس داریوش حمیدی مدیر عامل شرکت سرمایه گذاری صنایع شیمیایی ایران (L.A.B) که زمینه های لازم را جهت پیاده سازی این سیستم در مجتمع الکیل بنزن خطی اصفهان فراهم آوردند کمال تشکر و سپاسگزاری را دارم.

منابع و مراجع :

[۱] - ا. ک. جاردین، "استراتژی های تعمیرات و نگهداری و قابلیت اطمینانی"، ترجمه دکتر محمدحسین سلیمی نمین، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، ۱۳۷۰.

[۲] - علی حاج شیر محمدی، "برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات (مدیریت فنی در صنایع)"، انتشارات عزل اصفهان، ۱۳۷۷.

[۳] - جواد بهبودیان، "آمار ناپارامتری"، انتشارات دانشگاه شیراز، ۱۳۶۶.

[۴] - امین امیر تیمور، "تعیین الگوریتم بررسی فنی - اقتصادی سیاست های اعمال تعمیرات پیشگرا نه با نگرش خاص به مجتمع تولید کننده ماده اولیه شوینده ها (L.A.B)" پروژه فارغ التحصیلی کارشناسی ارشد، مجتمع آموزش عالی صنایع ایران - واحد اصفهان - با نظارت دکتر علی حاج شیر محمدی، ۱۳۷۶.