برنامه ریزی تعمیرات پیشگیرانه واگن های حمل بار بااستفاده از الگوریتم ژنتیک برمبنای هزینه و قابلیت اطمینان

عبدالوهاب کرائی زاده[۱] ، محسن گلبهار زاده[۲] ، حجت الله اسدی نسب[۳] و مصطفی گلبهار زاده[۴*]

۱. کارشناس ارشد مدیریت صنعتی – تولید
۲. کارشناس ارشد عمران مهندسی و مدیریت ساخت
۳. کارشناس ارشد مدیریت صنعتی – تولید
۴. کارشناس ارشد مدیریت صنعتی – تولید

پیام نگار: mgol90@yahoo.com

* نویسنده مسئول مکاتبات

چکیده

هدف اصلی مدیران در برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات کمینه کردن هزینه های اجرا و همچنین بیشینه کردن سطح اطمینان ماشین آلات و تاسیسات است. از این رو برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات ملزم به انتخاب برنامه ای نظامند است تا در این برنامه هزینه های عملیات نت پیشگیرانه و نت اصلاحی به حداقل و در عین حال قابلیت اطمینان ماشین آلات ، در سطح مطلوب بهره بردار حفظ گردد. این گونه از مسائل جزء مسائل چند هدفه بزرگ بوده که حل آن با روشهای معمول بسیار مشکل است با توجه به خصوصیات الگوریتم ژنتیک این پتانسیل را دارد که روش مناسبی برای حل مسائل بهینه سازی ترکیبی با ابعاد بزرگ باشد. بنابراین در این پژوهش با استفاده از الگوریتم ژنتیک برای یافتن برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات واگن در واحد حمل و نقل صنعتی در یک شرکت فولاد سازی اقدام گردیده است .

واژه‌های کلیدی:" نت پیشگیرانه"،"برنامه‌ریزی‌نت‌پیشگیرانه"،"الگوریتم‌ژنتیک"،"بهینه‌سازی‌هزینه‌وقابلیت‌اطمینان"

۱- مقدمه

امروزه نقش صنعت حمل و نقل در ایجاد توسعه پایدار نقشی بدیهی و بی‌بدیل است. با در نظر گرفتن نرخ رشد جمعیت انسانی، تقاضا برای جابجایی مسافر و بار در مسافتهای مختلف، روز به روز افزایش می‌یابد. تأمین بسترهای لازم برای پاسخگویی به این نیاز روزافزون، موضوعی بسیار مهم و چالش برانگیز است؛ به ویژه که این بسترها باید از ویژگیهایی نظیر: سرعت ، ضریب ایمنی و امنیت بالا ، کیفیت بالای تجهیزات و تأسیسات ، قیمت تمام شده اقتصادی ، سازگاری با محیط زیست ، حجم کافی و متناسب با تقاضا ، خدمات و پشتیبانی مطمئن ، پایداری و استمرار برخوردار باشند . ایران نیز از این قاعده جهانی مستثنی نیست و به عنوان کشوری در حال توسعه، نیازمند زیرساختهای مستحکم در صنعت حمل و نقل است. از میان انواع روشهای جابجایی، حمل و نقل ریلی با گستره وسیع صنعت خود و نیز ویژگیهای منحصر بفردی که نسبت به دیگر انواع روشهای حمل و نقل دارد، یکی از صنایع مادر محسوب می‌شود. با یک بررسی اجمالی آماری، میزان گستردگی و اهمیت شبکه ریلی در کشورهای توسعه یافته به روشنی مشخص می‌شود و این خود تأیید دیگری بر اهمیت این صنعت است .

به کارگیری سیستم نگهداری و تعمیرات مناسب در یک سازمان، می تواند نقش حیاتی را در کاهش قیمت تمام شده محصول نهایی ایفا نماید . اما این تأثیرات تنها محدود به هزینه نبوده و در سرعت ارائه محصول در کل زنجیره تامین ، کیفیت محصول ، قابلیت اطمینان ، چابکی سازمان و عواملی از این دست نیز تأثیرات خاص خود را خواهد داشت که هر یک از آن ها محلی از تامل خواهد بود. از این رو می توان به نقش مهم و تأثیر گذار استراتژی های مختلف نگهداری و تعمیرات بر روی کسب و کار یک بنگاه اقتصادی پی برد. کلیه بنگاه های اقتصادی، جهت رقابت در بازار بر اساس برخی اولویت های مرتبط با توانمندی هایشان با یکدیگر به رقابت می پردازند. نگهداری و تعمیرات بخش جدایی ناپذیر تولید است که می تواند این اولویت های رقابتی را تحت تأثیر قرار دهد و در نتیجه استراتژی های کسب و کار را به شکل مثبت یا منفی متأثر سازد. در ادامه به توضیح مختصری از نگهداری و تعمیرات ، الگوریتم ژنتیک و پارامترهای آن خواهیم پرداخت .

۱-۱- نگهداری و تعمیرات

هدف از پیشرفت تکنولوژی ابداع محصولات ، روشها و سیستم های جدید و به کار گیری روز افزون اتوماسیون و بالا بردن سطح تولید می باشد . در محیطی رقابتی در بازار کاهش یا تثبیت هزینه های تولید دارای اهمیت ویژه ای بوده که راه کار آن افزایش بازدهی ماشین آلات می باشد . هرچند در نگاه اول موارد ذکر گردیده مربوط به بخش تولید می باشد ، اما در پس زمینه بخش نگهداری و تعمیرات قرار دارد . باید به موازاتی که روشها و ماشین آلات تولیدی جدیدی ابداع و بکار گرفته می شوند ، بخش نگهداری و تعمیرات نیز با بکارگیری آخرین روشها جهت پاسخگویی به تکنولوژی پیشرفته تولیدی روند رو به رشدی را طی نماید . به دلیل هزینه های بالای اتوماسیون در تجهیزات و دستگاههای جدید ، توقفات در تولید ، خسارت های زیادی را به این صنایع وارد می نماید . لذا کاهش توقفات در فرآیند تولید از اهمیت بسزایی برخوردار است . بنابراین اجرای برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات مناسب برای کاهش توقفات الزامی است . در این میان نت پیشگیرانه از اهمیت خاصی برخوردار است ، بگونه ای که نت پیش گیرانه را می توان اساس کل استراتژی نت دانست .

۱-۲- نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه

نگهداری وتعمیرات پیشگیرانه(Preventive Maintenance) یک روش قانونمند نگهداری و تعمیرات است ، که در آن وضعیت تجهیزات ، دایماً به وسیله بازرسی های فنی (Technical Inspection) و روانکاری های (Lubrication) منظم و دوره ای و اقدامات پیشگیرانه ، به منظور کاهش احتمال وقوع خرابیهای ناگهانی ، تحت نظارت قرار گرفته و بدین وسیله ، ضرورت انجام تعمیرات جزیی و یا کلی تعیین می گردد ، تا از توقفات اضطراری و برنامه ریزی نشده یا هر نوع خرابی دیگری پیشگیری شود . نیل به حداکثر کردن قابلیت دسترسی دستگاه ها و حفظ آنها در این شرایط با انجام به موقع کلیه ی فعالیتهای نت (PM,CM,EM) ، قابلیت در دسترس بودن (availability) دستگاه ها افزایش می یابد و تعداد ماشینهای از کار افتاده کاهش پیدا می کند . همچنین ، زمان های در حال تعمیر دستگاه ها کاهش یافته و کیفیت بهره برداری و قابلیت اطمینان آنها افزایش می یابد .بصورت کلی می توان اهداف اصلی از اجرای برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات را بدین گونه برشمرد :

- بیشینه کردن دوره عمر مفید تجهیزات و ماشین آلات
- بیشینه کردن قابلیت اطمینان تجهیزات و ماشین آلات
- بیشینه کردن کارایی تجهیزات
- کمینه کردن تعمیرات اتفاقی تجهیزات و ماشین آلات
- کمینه کردن هزینهای توقفات فعالیتها بر اثر خرابیهای دستگاه

۱-۳- الگوریتم ژنتیک

برنامه ریزی تکاملی در سال ۱۹۶۶ توسط فوگل (Fogel) ابداع شد . پس از آن هولاند (Holland) در سال ۱۹۷۵ اصطلاح الگوریتم ژنتیک (Genetic Algorithm(GA)) را ابداع نمود . الگوریتم ژنتیک هولاند بر دو ویژگی استفاده از رشته های بیتی و استفاده از برش (Cross over) به عنوان مکانیسم جست و جو ی اولیه ، تاکید داشت و این بر خلاف

کار فوگل است که از رشته های عددی صحیح و از جهش (Mutation) به عنوان مکانیسم جست و جوی اولیه ، استفاده کرد . [۳]

الگوریتم ژنتیک را می توان یک روش جستجوی اتفاقی براساس ساز و کار انتخاب طبیعی و ژنتیک طبیعی دانست . الگوریتم های ژنتیک ، اصل بقای بهترین را بر روی جمعیتی از راه حلهای ممکن یک مسئله ، برای تولید راه حلهای بیشتر و بهتر اعمال می کنند . در هر تولید نسل ، یک گروه راه حلهای جدید توسط فرآیند انتخاب اشخاص براساس سطح تطبیق آن در قلمرو مسئله و ترکیب آنها با یکدیگر توسط عملگرهای ژنتیک ایجاد می شود . این فرآیند به تکامل اشخاص جمعیت که تطبیق بهتری با محیط دارند منجر می شود . در سالهای اخیر الگوریتم های ژنتیک دامنه کاربرد وسیعی در تجارت ، علوم و مهندسی پیدا کرده اند . دلیل افزایش کاربرد این الگوریتم ، محاسبات ساده و در عین حال قدرت جستجوی بالای آن برای یافتن بهترین راه حل در مسائل پیچیده است . افزون بر آنها محدودیتهای بنیادی ایجاد شده توسط فرضهای محدود کننده فضای جستجو را ندارد . [۴]

مکانیزم الگوریتم ژنتیک بدین صورت است که با در نظر گرفتن مجموعه ای از نقاط فضای جواب در هر تکرار محاسباتی ، به نحو مؤثری نواحی مختلف فضای جواب را جستجو می کند . این الگوریتم ها با تولید نسل آغاز می شوند که وظیفه ایجاد مجموعه نقاط جستجوی اولیه به نام جمعیت اولیه را بر عهده دارند و به طور انتخابی یا تصادفی تعیین می شوند . از آنجا که الگوریتم ژنتیک ، جستجو را به سمت نقطه بهینه انجام می دهد ، در فرآیندی که به انتخاب طبیعی وابسته است ، جمعیت موجود به تناسب برازندگی افراد آن برای نسل بعد انتخاب می شوند . سپس عملگرهای ژنتیکی شامل انتخاب (Selection) ، ترکیب ، جهش و دیگر عملگرهای احتمالی اعمال شده و جمعیت جدید به وجود می آید . پس از آن جمعیت جدید جایگزین جمعیت پیشین می شود و این چرخه ادامه می یابد . معمولاً جمعیت جدید برازندگی بیشتری دارد . هنگامی جستجو نتیجه بخش خواهد بود که به حداکثر نسل ممکن رسیده باشیم یا همگرایی حاصل شده باشد و یا معیارهای توقف برآورده شده باشند . [۵]

۱-۴- اصول الگوریتم ژنتیک

در این بخش به شرح اصول الگوریتم ژنتیک می پردازیم این مراحل در حل هر مسئله الگوریتم ژنتیک باید مورد بررسی قرار گیرند . بدیهی است که دقت الگوریتم ژنتیک برای حل یک مسئله ، به میزان دقت این مراحل وابسته است .

۱-۴-۱- رمز گذاری

این مرحله شاید مشکل ترین مرحله حل مسئله به روش الگوریتم ژنتیک باشد . این مرحله به این مفهوم است که ما باید با ارایه یک شبیه سازی کارا به جایگذاری خوب برای کلیه جواب های ممکن بپردازیم . در واقع ما در این مرحله رشته های کرموزومی یا همان رشته های بیتی ممکن برای جواب ها را می سازیم . چه بسا ما بتوانیم با یک شبیه سازی خوب برای جواب ها ، الگوریتم را در یک زمان خوب و معقول پیش ببریم . بعد از ساختار بندی برای هر جواب ممکن ، از کنار هم گذاشتن این ساختارها جمعیت اولیه ما ساخته می شود . [۶]

۱-۴-۲- ارزیابی

این مرحله نیز نقش بسیار مهمی را در حل مسأله به روش الگوریتم ژنتیک ایفا می کند . ما در این مرحله با معرفی یک معیار و اندازه گیری بهتر بودن یا نبودن هر جواب ممکن از جمعیت اولیه پی می بریم . این معیار به ما می گوید که مثلاً جواب x واقع در جمعیت اولیه چقدر خوب است . این معیار می تواند با نسبت دادن یک عدد به هر جواب ممکن میزان خوب بودن آن جواب را بیان نماید . [۶]

۱-۴-۳- تقاطع

این عمل در واقع چسبیدن ابتدای یک کروموزوم به انتهای یک کروموزوم دیگر است . این همان چیزیست که مثلاً باعث می شود تا فرزند تعدادی از خصوصیات پدر و تعدادی از خصوصیات مادر را با هم به ارث ببرد و از شبیه شدن تام فرزند به تنها یکی از والدین جلوگیری می کند . عملگر تقاطع روی جواب های انتخاب شده برای تغییر به اینگونه عمل می کند که یک نقطه بصورت تصادفی روی رشته

کروموزومی جابه جا می شود . همچنین برای تقاطع می توانیم دو نقطه انتخاب کنیم و ناحیه های بین دو نقطه را جابه جا کنیم . جهش نیز عملگر دیگری است که جواب های ممکن دیگری را متولد می کند . نحوه عملکرد آن به این صورت می باشد که به صورت تصادفی روی کروموزوم انتخابی نقطه هایی را انتخاب کرده و فرم آن را تغییر می دهد . [۶]

۱-۴-۴- رمز گشایی

در این مرحله بعد از اینکه الگوریتم بهترین جواب را برای مسئله ارائه کرد لازم است عکس عمل رمزگذاری روی جواب ها یا همان عمل رمزگشایی اعمال شود تا بتوانیم نسخه واقعی جواب را به وضوح در دست داشته باشیم . [۶]

زمان بندی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه یک مسئله بهینه سازی ترکیبی در واحد نت بوده که وقتی تعداد فعالیتها زیاد شود ، با روش های بهینه سازی معمول بدست آوردن جواب بهینه در یک زمان مناسب بسیار مشکل است . این بدان دلیل است که ترکیب حالتهای در دسترس و تحت تعمیرات واحدها بصورت فزاینده ای افزایش می یابد . از نقطه نظر علمی ، برای یک برنامه ریز سیستم مطلوب نیست که فقط یک جواب بهینه ی مطلق را بداند زیرا ترجیح می دهد چندین جواب جایگزین زیر بهینه در دسترس داشته باشد تا با شرایط واقعی بهره برداری سیستم مطابقت کند . از این نقطه نظر الگوریتم ژنتیک ابزار مناسبی برای حل مسئله ی زمان بندی برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه در محیط های پویا می باشد زیرا حتی اگر تضمینی نباشد که الگوریتم ژنتیک در یک زمان محدود جواب بهینه مطلق را بیابد ، در عوض چندین جواب زیر بهینه ارایه خواهد داد . [1]

۲- روش

۲-۱- مدل قابلیت اطمینان

R(t) را به عنوان قابلیت اطمینان یک قطعه در نظر بگیرید که مستعد انجام تعمیرات اصلاحی است و یا تحت سیاست تعمیرات پیشگیرانه بوده اما در هیچ رویداد تعمیراتی در یک زمان t واقع نشد که t زمان انجام عملیات یا مقطع زمانی می باشد که آمادهٔ شروع است.

$T_m(i)$ را زمان برنامه ریزی شده برای i امین رویداد تعمیراتی قطعهٔ m و $T_m(ult)$ را آخرین رویداد تعمیراتی دریافت شده در زمان t بگذارید. بنابراین تعداد رویداد های تعمیراتی در زمان t است. پس معادله۱ در برگیرندهٔ فرضیاتی در مدل زیر است:

$$R_m\left[t,T_m(i),T_m(ult)\right]=R\left[t-T_m(ult)\right] \times\prod_{i=1}^{ult}R\left[T_m(i)-T_m(i-1)\right] \quad ,T_m(ult)\le t<T_{mis} \qquad (۱)$$

همان‌طور که ما قصد بررسی تأثیر تعمیرات انجام شده توسط یک قطعه بر کل سیستم عملیاتی را داشتیم، فرض کردیم که قطعه مورد نظر در زمان تعمیرات خارج از عملیات است(زمان انفصال) $\Delta_m(i)$. ما همچنین احتمال p (احتمال نامطلوب بودن تعمیرات) را بررسی کردیم:

$$R\left[t,T_m(i),T_m(ult)\right]=\begin{cases}R\left[t-T_m(ult)\right]\times\\(1-p)^{ult}\prod_{i=1}^{ult}R\left[T_m(i)-T_m(i-1)\right] & ,T_m(ult)\le t<T_{mis}\\0, & T_m(i)\le t\le T_m(i)+\Delta_m(i)\end{cases} \qquad (۲)$$

معادلهٔ ۲ قابلیت اطمینان دقیق قطعات نیست، گاهی تابع توزیع جمعی است و نمی‌تواند ارزش‌ها به کوچک‌تر از آنچه قبلاً بدست آمده بودند برگرداند. از این‌رو معادلهٔ۲ قابلیت اطمینان را در هر دو حالت عملیاتی و غیرعملیاتی در طول زمان انفصال ارائه می‌کند.

عامل p (احتمال تعمیرات غیر رضایت بخش) موقعیت جدیدی را معرفی می‌کند که بنابر شواهد موجود تعمیرات ممکن است گاهی قابلیت اطمینان سیستم را فراهم نکند یا حتی گاهی به آن ضرر برساند. به منظور پذیرش بررسی روش فاصلهٔ انعطاف پذیر (Flexible interval method) تحلیل شده است که با استفاده از معادلهٔ ۲ در طول زمان‌هایی است که قطعات در حال فعالیتند:

$$R_m[t,T_m(i),T_m(ult)] = R[t-T_m(ult)](1-p)^{ult} \prod_{i=1}^{ult} R[T_m(i)-T_m(i-1)] \quad (۳)$$

با ملاحظهٔ اینکه قابلیت اطمینان قطعات بر حسب آثار قدیمی می‌تواند به وسیلهٔ توزیع ویبول (Weibull) ارائه شود و با قبول p«1 و همچنین $(1-p)^{ult} \approx e^{-pult}$ نتیجه می‌گیریم:

$$R_m[t,T_m(i),T_m(ult)] = \exp\left[-((t-T_m(ult)/\theta_j)^{m_j}\right]\exp[-p(ult)] \times \left[\prod_{i=1}^{ult}\exp\left[-\left(T_m(i)-T_m(i-1)\right)/\theta_j\right]^{m_j}\right] \quad (۴)$$

که m و θ هرکدام فاکتور قدمت و عمر قطعه می‌باشند.

۲-۲- بررسی سیاست تعمیرات فراگیر در سطح سیستم

مدل معرفی شده در معادله ۴ رفتار یک قطعهٔ مجزا که برای آزمودن سیاست تعمیرات ارائه شده را شرح می‌دهد. اگرچه هدف از این کار تخمین قابلیت دسترسی سیستم‌های چند قطعه ای است.

برای تخمین احتمال شکست سیستم برای هر ترکیب معین در میان حالت قطعه (عملیاتی یا آزمایشی) ، برخی فنون ارزیابی فراگیر(Global) از جمله درختچه های خرابی، مجموعه های برش حداقلی یا زنجیره های مارکو باید بتوانند به منظور ارائه قابلیت اطمینان کل سیستم مورد استفاده قرار گیرند.

$$R_{sis} = fun\left\{\begin{matrix} R_m^1[t,T_m(ult),T_m(i)] \\ ;R_m^2[t,T_m(ult),T_m(i)] \\ ;\cdots R_m^x[t,T_m(ult),T_m(i)] \end{matrix}\right\} \quad (۵)$$

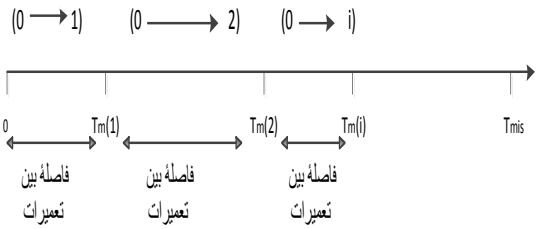
که x تعداد قطعات سیستم است.

۲-۳- مدل هزینه

در ابتدا یک مدل تخمین هزینه برای یک سیاست تعمیرات معین به یک قطعه مجزا ایجاد شده است . شکل یک محور زمان را در روزهای وقوع تعمیرات برای یک مأموریت معین در طول T_{mis} یا دوره ی هدف نشان می دهد.

$$C_T^{0\to T_{mis}} = \sum_{j=1}^{ult} C_m^{(j-1)\to j}\left\{\frac{R[T_m(i)]}{R[T_m(j-1)]}\right\} + C_r^{(j-1)\to 1}\{1-R[T_m(j)]/R[T_m(j-1)]\} + C_r^{ult\to T_{mis}}\{1-[R[T_{mis}]/R[T_m(ult)]]\} \quad (۶)$$

که $T_m(0)$ تاریخ شروع مأموریت است. توجه به اینکه آخرین وقفه $T_m(ult)\to T_{mis}$ یک هزینه بلقوه تعمیرات اصلاحی (بازسازی) اضافه شده است و معادله ۶ هزینه کل را با توجه به یک قطعه ارزیابی می کند که تحت تعمیرات پیشگیرانه در زمان $T_m(j)$ قرار می گیرد که j=1 … ult همراه با مدت مأموریت T_{mis} است. به منظور بررسی چندین جنبه از قبیل بازسازی و تعمیرات در زمان توقف در مدل هزینه لازم است، سازگاریشان با مدل قابلیت اطمینان (معادله ۵) که همچنین با این قبیل ویژگی ها سرو کار دارد بررسی شود.



شکل ۱ : رویدادهای تعمیراتی یک قطعه

جزئیات بیشتر راجع به این قبیل پیوستگی ها میان دو مدل، بعداً با هم تعریف و با تابع عضویت تشریح خواهند شد.

خاطرنشان می سازیم این جفت ها شرح قابل ملاحظه ای دارند و آن اینکه مدل هزینه مأموریت را به عنوان جمع توقف ها میان رویدادهای تعمیرات بررسی می کند . اثر قطعی ها در کل سیستم مورد توجه واقع نشده است . در یک سیستم که دارای x قطعه است هزینهٔ کل برای عملیات سیستم جمع هزینهٔ کل هر قطعه است؛ از این رو با یکی کردن x ها داریم:

$$
\begin{aligned}
C_{T_{sis}}^{0\to T_{mis}} &= \sum_{Q=1}^{x} C_T^{0-T_{mis}} \\
&= \sum_{Q=1}^{x} \{ C_{mQ}^{(j-1)\to j} \left[R_Q\left[T_{mQ}(i)\right] / R_Q\left[T_{mQ}(j-1)\right] \right] \\
&+ C_{rQ}^{(j-1)\to j} \\
&\left\{ 1 - \left[R_Q\left[T_{mQ}(j)\right] / R_Q\left[T_{mQ}(j-1)\right] \right] \right\} \\
&+ C_{rQ}^{ult\to T_{mis}} \\
&\left\{ 1 - \left[R_Q\left[T_{mis}\right] / R_Q\left[T_{mQ}(ult)\right] \right] \right\} \}
\end{aligned}
\tag{۷}
$$

که Q شاخص قطعه و j شاخص رویداد تعمیرات است.

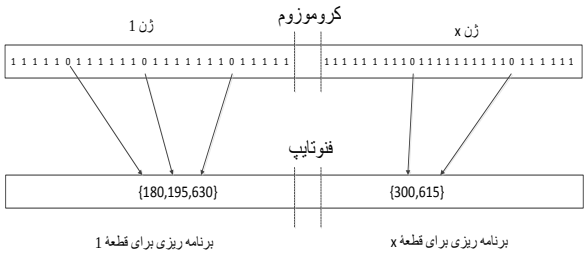
بطور کلی مدل سازی یک مسئله بهینه سازی توسط الگوریتم های ژنتیک، دو دیدگاه عمده را در بر می گیرند:

الف) تعریف کروموزوم، که ساختار داده ای است که راه حل های منتخب را رمزگشایی می کند و

ب)تابع هدفی را فراهم می کند که راه حلهای منتخب را ارزیابی می کند.

۲-۴- ساختار کروموزوم

در این مسئله جدید کروموزوم باید همهٔ ترکیبات برنامه ریزی ممکن را برای همگی قطعات سیستم رمزگشایی کند. به طور سنتی مسئله به طور اساسی یک مسئله بهینه سازی عددی است که متغیر جستجو آزمون یا فراوانی تعمیرات است. اما حالا نیاز داریم بدانیم که چه زمانی و چگونه تعدادی رویدادها باید در همهٔ قطعات سیستم انجام شوند. در این رویکرد محور زمان به طور جداگانه یک دورهٔ زمانی ده روزه را در نظر می‌گیرد که تعداد ژن‌ها و رشتهٔ ثابتی را در فرآیند جستجو برای مسائل برنامه ریزی در نظر می‌گیرد.



شکل ۲: نمونه ای از ساختار کروموزوم

بر حسب الگوی الگوریتم ژنتیک یک رشته ثابت دودویی مورد استفاده قرار گرفت. هر ژن 10/ T_{miss} بیت را در بر می‌گیرد و رمزگشایی‌اش(کروموزوم) از این قرار است که ۱ به معنی این است که ترکیب در حال کار و یا آمادهٔ به کار است. در حالی که ۰ یعنی به منظور آزمودن طبق تاریخ (ضربدر ۱۰ روز) می‌باشد.

شکل ۲ کروموزوم و رمز گشایی(فنوتایپ) مربوطه‌اش را برای هر قطعه که برداری که عناصر آن زمان‌هایی‌اند که در آزمون روی می‌دهد، نشان می‌دهد. کروموزوم ارائه شده ممکن است به منظور مطابقت زمان با مراحل گوناگون سفارشی شده باشد. اگرچه هزینهٔ محاسبه ای ممکن است گاهی تحت تأثیر قرار بگیرد و الزام آور باشد. در این کار یک زمان- مرحله ۱۰ روزه ممکن است، برای حل مسئله کافی باشد.

۲-۵- تابع عضویت (Fitness function)

تابع برای ارزیابی کروموزوم معین(برنامه ریزی) یک مجموع وزن دهی شده است که قابلیت اطمینان سیستم را همراه همهٔ مأموریت‌ها، محاسبهٔ اثر توقفات و هزینه های کلی مربوط به سیاست تعمیرات ارائه شده دارد. معادلهٔ ۸ اثر یکپارچه شدهٔ سیاست تعمیرات معین بر قابلیت اطمینان سیستم را بیان می‌دارد:

$$
Fun = T_{mis}^{-1} \int_0^{T_{mis}} R_{sis} dt \tag{۸}
$$

پس تابع عضویت یک ترکیب خطی میان تابع (معادله ۹) و هزینه های کلی مربوط به سیاست تعمیرات می‌باشد.

$$
fit = W_d Fun + W_c CT_{sis}^{0-T_{sis}} \tag{۹}
$$

که W_d میان ۰ و۱ و W_c دامنه ای میان ۰ و1/(N_COMP*MAX_INT) در حال تغییر است که N_COMP تعداد قطعه و MAX_INT حداکثر مقدار رویداد های تعمیرات است. این ترکیب به خاطر این واقعیت که مدل هزینه خودش را با تأثیر قطعی قطعه در میان خودشان تطبیق نمی‌دهد، لازم است. 2]]

۲-۶- اطلاعات ورودی

تجهیزات واگن حمل بار به شرح جدول ۱ می باشند:

جدول۱: تجهیزات واگن

نام تجهیز	عمر مفید/ سال
چرخ و محور	۴
بوژی	۲۰
تامپون	۴
رینگ فدر	۴
سیلندر ترمز	۴
خودکار	۴
سوپاپ سه قلو	۴
قلاب اتوماتیک	۴
بدنه واگن	۲۰
گهواره	۴
سرسره گهواره	۰.۵
شیر هوا	۴
دستگیره شیر	۴

برنامه ریزی برای دستگاه‌ها در تنظیمات الگوریتم ژنتیک در این پژوهش بر اساس چندین پارامتر انجام می‌شود .

- تأثیر قابلیت اطمینان در بهینه سازی
- تأثیر هزینه در بهینه سازی
- بیشترین تعداد تعمیرات ممکن
- تعداد قطعات
- ویژگی قطعات
- عمر مفید قطعات
- احتمال درست انجام ندادن تعمیر
- زمان برنامه ریزی
- هزینه نگهداری قطعه
- تعداد نسل
- تعداد جمعیت
- نرخ تلفیق

در این برنامه ریزی تأثیر قابلیت اطمینان ۰/۷ و تأثیر هزینه ۰/۳ تنظیم شده است. احتمال درست انجام ندادن تعمیرات ۰/۰۱ قرار داده شده است.زمان برنامه ریزی برای ۲۰۰ روز آینده می‌باشد.تعداد نسل‌ها ۳۰ و تعداد جمعیت ۱۰۰ در نظر گرفته شده است. نرخ تلفیق ۰/۷ می‌باشد یعنی اینکه نسل آینده به این مقدار از طریق انتخاب و به مقدار ۰/۳ از طریق جهش تعیین می‌گردند.

۲-۷- نتایج تحلیل اطلاعات (تحلیل نتایج خروجی)

با توجه به داده های وارد شده، هزینه و قابلیت اطمینان، برنامهٔ تعمیرات پیشگیرانهٔ واگن برای ۲۰۰ روز آینده بدست می‌آید که در جدول۲ نمایش داده شده است. همچنین ارزش نهایی که مقدار نهایی تابع شایستگی ۳۴۱۱/۲ شد. بهترین مقدار شایستگی که در اینجا کوچک‌ترین مقدار شایستگی به ازای کلیهٔ افراد جمعیت می‌باشد، همراه با میانگین مقادیر شایستگی نشان داده شده است. در نهایت پیش بینی توقف‌ها در قطعهٔ در طی دورهٔ زمان بندی در جدول۳ نشان داده شده است.

جدول ۲: نتایج اطلاعات واگن

هزینه	۱۱۲۳۹ تومان
قابلیت اطمینان	٪۵.۵
ارزش نهایی	۳۴۱۱/۲
بهترین مقدار شایستگی	۲۱۸۱۹.۵۷۷
متوسط مقادیر شایستگی	۲۵۲۰۸.۵۸۹۱

جدول۳: توقف‌های پیش بینی شدهٔ برای قطعات واگن

نام قطعه	توقف اول	توقف دوم	توقف سوم
چرخ و محور	۱۳	۱۸۹	---
بوژی	۱۲	---	---
تامپون	۱۸۹	---	---
رینگ فدر	۱۷	۱۸۹	---
سیلندر ترمز	۱۸۹	---	---
خودکار	۱۲	---	---
سوپاپ سه قلو	۱۴	۱۸۹	---
قلاب اتوماتیک	۱۳	۱۶۵	---
بدنه واگن	۱۸۹	---	---
گهواره	۱۳	۱۶۸	۱۹۰
سرسره گهواره	۱۲	۲۰	۱۲۱
شیر هوا	۱۵	---	---
دستگیره شیر	۱۸۹	---	---

۳- نتیجه‌گیری

با توجه به مدل معرفی شده ابتدا هزینه و قابلیت اطمینان هر قطعه بطور جداگانه محاسبه و سپس برای کل دستگاه محاسبه می گردد و سپس در تابع هدف قرار می گیرند. اطلاعات جانبی از جمله تاثیر قابلیت اطمینان و هزینه در بهینه سازی، هزینهٔ نگهداری و تعمیر قطعه، احتمال درست انجام ندادن تعمیر و ... تعیین و وارد نرم افزار متلب می گردند. بخشی از اطلاعات یاد شده از اسناد و مدارک بخش نت استخراج و بخشی دیگر حاصل مصاحبه با متخصصان بود. لازم به ذکر است این برنامه ریزی تنها برای قطعاتی قابل انجام است که تعمیر پذیر باشند. حاصل این بهینه سازی معرفی روشی جدید برای انجام فعالیت های تعمیرات پیشگیرانه با استفاده از روش فواصل انعطاف پذیر بود. برای انجام بهتر برنامه ریزی به پژوهشگران آینده پیشنهاد می شود که موارد زیر را در کار خود لحاظ فرمایند: سوابق خرابی دستگاه، تاریخ شروع بکار دستگاه، استفاده از نظرات مهندسین قابلیت اطمینان، ساعات کارکرد دستگاه در روز و روزهای تعطیلی کارخانه. همچنین این گونه پژوهش ها باید در جایی انجام شوند که اطلاعات بسیار دقیقی از وضعیت دستگاه های خود دارند و رویکردشان به تعمیرات پیشگیرانه فعالانه می باشد.

سپاسگزاری

پژوهشگر لازم می داند که تقدیر و تشکر ویژه خود را از جناب آقای مهندس محمد گلبهارزاده به دلیل مشاوره علمی در این پژوهش ابراز نماید.

مراجع

[1] M. Negnevitsky and G. Kelareva , “Maintenance Scheduling in Power Systems Using Genetic Algorithm” , IEEE , Trans , Vol. 18 , No.2 , pp. 187 , 2000 .

[2] C.M.F. Lapa , C.M.N.A. Pereira , M.P.D. Barros , “A model for preventive maintenance planning by genetic algorithms based in cost and reliability” , Reliability Engineering And System Safety, Vol. 91, No.2, pp. 233-240 , 2006 .

[۳] محجوبه بهادرانی، "حل مسئله رنگ آمیزی گراف با الگوریتم ژنتیک" ، اولین همایش ملی کاربرد سیستم های هوشمند (محاسبات نرم) در علوم و صنایع ، اسفند ۱۳۹۱ .

[۴] فریدون مقدس نژاد و آزاده منتظری پور ، "ارایه یک برنامه مدیریت روسازی با استفاده از الگوریتم ژنتیک" ، پژوهشنامه حمل و نقل ، سال چهارم ، شماره ۳ ، صص ۲۴۸-۲۳۵ ، پاییز ۱۳۸۶.

[۵] مرجانه قربان پور و علی اکبری نسب ، "بررسی روند اجرایی الگوریتم ژنتیک در مسأله کوله پشتی صفر و یک" ، اولین همایش ملی کاربرد سیستم های هوشمند (محاسبات نرم) در علوم و صنایع ، اسفند ۱۳۹۱ .

[۶] علی ناصر اسدی و فریده سبز علی ، " حل مسئله لگاریتم گسسته با استفاده از الگوریتم ژنتیک " ، اولین همایش ملی کاربرد سیستم های هوشمند (محاسبات نرم) در علوم و صنایع ، اسفند ۱۳۹۱ .