فصل اول

اصول کنترل اتوماتیک قطار

(Automatic Train Control Principles)

۱-۱- سیستم علامت دهی (Signalling)

مهمترین رکن و هدف سیستم راه آهن شهری هدایت قطار و کنترل آن به طور ایمن و صحیح است.سیستمی که این وظیفه را بر عهده دارد به سیستم علامت دهی موسوم است.

سیستم علامت دهی کلاً در خدمت سیستم کنترل خودکار و قطار برای مسیرهای رفت و برگشت در جهت هر مسیر می باشد بنحوی که تمامی احتیاطهای لازم از نظر مسائل ایمنی به طور کامل در بر گرفته شود و انتقال مسافرین با سهولت و آسایش همراه باشد.سیستم خودکار قطار بایستی به طریقی عمل نماید تا حداکثر سرعت مورد نظر را مثلاً ۱۶۰ کیلومتر در ساعت بتواند به طور مطلوب ممکن ساخته و رعایت فواصل ایمنی لازم بین قطارهای موجود در خط را در حالات مختلف تأمین نماید.جهت طرح ریزی کلی سیستم علامت دهی رعایت اصول ذیل الزامی است.

۱- تأمین موارد ایمنی حرکت به میزان صد در صد با بهره گیری از پدیده اتوماسیون بمنظور تضعیف احتمال بروز خطای انسانی

۲- در نظر گرفتن نقاط ضعف و بهینه کردن سیستم و چگونگی بهره برداری از خط

۳- میزان انعطاف پذیری و انطباق در هنگام بروز اغتشاش

٤- امکان گسترش و امتداد خط

البته ورود عواملی نظیر سرعت بالای حرکت،حجم نسبتاً چشم گیر جابجایی مسافر در طول مسیر و نیز امکان استفاده از دو نوع قطار در سرویس روزانه (قطار عادی و اکسپرس)،سیستم علامت دهی و هدایت را بیش از پیش بسوی اتوماسیون متمایل می نماید.در هر حال سیستمهای کنونی دنیا در جهت هر چه کمتر نمودن دخالتهای انسانی در برنامه های عادی بوده و این وظایف عمدتاً به عهده کامپیوتر گذاشته می شوند.در بعضی از این سیستمها حتی در هنگام بروز اغتشاش نیز کامپیوتر راه حلهای مناسب را انتخاب و بکار می گیرد و دخالت اپراتور مرکز به عنوان مثال محدود به تصمیم گیریهای بسیار خاص و غیر قابل پیش بینی می گردد.لذا با عنایت به مطالب فوق وظایف سیستم علامت دهی و هدایت را می توان به سه بخش زیر تقسیم بندی نمود :

۱- عملکرد خودکار قطار (Automatic Train Operation , ATO)

۲- نظارت خودکار قطار (Automatic Train Supervision , ATS)

۳- حفاظت خودکار قطار (Automatic Train Protecion , ATP)

در زیر نظری اجمالی به این سه گروه انداخته و در ادامه به تفصیل، آن را مورد بررسی قرار خواهیم داد :

عملکرد خودکار قطار (ATO) :

وظایف تجهیزات عملکرد خودکار قطار اجمالاً عبارتند از :

- **دریافت و ارزشیابی تلگرامهای ارسالی از تجهیزات کنار خط**

- پذیرش اطلاعات مربوط به سیستم حفاظت خودکار
- شروع عملکرد خودکار از هر ایستگاه به ایستگاه بعدی
- کنترل نیروی رانش و ترمز و همچنین ترمز در نقطه هدف
- تشخیص نقطه شروع هر بلوک و یا کابل القایی
- ارسال اطلاعات عملکرد خودکار به تجهیزات نمایش علائم داخل کابین

نظارت خودکار قطار (ATS) :

وظایف تجهیزات نظارت خودکار قطار عبارتند از :

- ارسال اطلاعات قطار به مرکز کنترل ترافیک
- تقلیل وظایف مرکز کنترل ترافیک بواسطه بهره گیری از تجهیزات محلی
- ضبط اطلاعات مربوط به عملیات

حفاظت خودکار قطار (ATP) :

وظایف عمده سیستم حفاظت خودکار قطار عبارتند از :

- نظارت و نمایش سرعت مجاز و نیز تغییرات سرعت
- اعمال ترمز اضطراری در صورت ازدیاد سرعت
- صدور اجازه آغاز عملیات حرکت
- رعایت فاصله زمانی ایمنی بین دو قطار

سیستم کنترل خودکار قطار (ATC) به طور کلی شامل وسایل و دستگاههایی است که بخشی از آنها در داخل کابین هدایت قطار قرار گرفته و بخشی دیگر در مرکز کنترل،ایستگاهها و نیز در محلهائی مشخص در طول مسیر واقع می باشند که با خط مرتبط هستند.

۱-۲- حفاظت خودکار قطار (ATP)

اصل اساسی در سیستمهای هدایت قطار اطمینان از ایمنی حرکت و مسافرین می باشد.این اصل در هدایت خودکار یا دستی نظارت شده رعایت می شود.به عبارت دیگر کلیه سیستمهای هدایت حمل و نقل شهری مجهز به زیر سیستم ATP می باشند.این زیر سیستم در شرایط نرمال حرکتی عمل نمی نماید یعنی عملیات هدایت بصورت خودکار یا توسط راننده انجام شده و ضرورتی برای صدور فرمانهای ATP وجود ندارد.وظایف این زیر سیستم برقراری حفاظت در مقابل برخورد قطارهای متوالی،برخورد قطار د ر انشعابات و حفاظت قطار در برابر افزایش سرعت است.فرمانهای ATP روی ترمز اضطراری عمل کرده و قطار را کاملاً متوقف می نماید.این زیر سیستم به انضمام کلیه تجهیزات آن می باید ایمن از خطا (fail – safe) باشد.

۱-۲-۱- ایمنی در برابر برخورد قطارهای متوالی

در سیستمهای بلوک ثابت از تقسیم خط به بلوکهای معین استفاده می شود.در سیستمهای بلوک متحرک محل قطار جلوئی به قطار عقبی ارسال میشود. روشهای مختلفی برای برقراری ایمنی وجود دارد.

۱- روش قدیم تر و معمول تر آنست که وقتی قطاری در یک بلوک واقع شود به بلوکهای قبل فرمان توقف داده می شود و قطارهای بعدی طوری متوقف می شوند که فاصله حفاظتی با بلوک اشغال شده حفظ گردد. فاصله حفاظتی با در نظر گرفتن خطاهای مجاز سیستم کنترل محاسبه میگردد.در صورتی که قطاری وارد این منطقه شود به

وسیله AT P متوقف خواهد شد.فاصله حفاظتی در واقع تکمیل کننده سیستم هدایت بوده و ایمنی حرکت را بطور کامل حفظ می نماید.در این روش فرمانها به صورت فرکانسهای معین در محدوده فرکانسهای صوتی از طریق ریل و به صورت القا به قطار منتقل می شود.

۲- روش دیگر ارسال محل قطار جلوئی یا بلوک اشغال شده بوسیله تلگرام به قطار بعدی است.در این حالت پردازشگر داخل قطار با کمک گرفتن از مشخصات شیب خط،طول و سایر اطلاعات لازم محاسبات مربوط به فاصله ترمزی را انجام داده و در صورتی که قطار به فاصله حفاظتی وارد شود ،ATP با ترمز اضطراری ،قطار را متوقف خواهد نمود.

فاصله حفاظتی فاصله بین نقطه توقف قطار تا بلوک اشغال شده (یا محل قطار) می باشد.با این روش فرمانها از طریق ریل و با فرکانس حامل صوتی و یا از طریق کابل مجزا و با فرکانس حامل حوالی ۳۰ تا ۷۰ کیلو هرتز به قطار ارسال می شود.

۱-۲-۲- ایمنی حرکت در انشعابات

انتخاب مسیر در انشعابات به عهده سیستم اینترلاکینگ می باشد.وقتی مسیری برقرار شد علائم مناسب برای اجازه یا ممنوعیت عبور توسط سیستم اینترلاکینگ مشخص می شود.این علائم مانند آنچه در قسمت الف ذکر شد از طریق بلوکها و بصورت فرکانسهای خاص و یا از طریق تلگرامهایی به قطار مخابره می شود.در این حالت نیز مشابه حالت قبل ورود قطار به منطقه حفاظت شده عملکرد ترمز اضطراری را به دنبال خواهد داشت.

۱-۲-۳- ایمنی در برابر افزایش سرعت

سرعت مجاز حرکت قطار در هر منطقه و محل معین بوده و توسط تجهیزات کنار خط به قطار داده می شود.با کمک گرفتن از تجهیزاتی که برای انـد ازه گیـری سـرعت در قطـار وجود دارد سرعت حقیقی مشخص شده و با سرعت مجاز مقایسه می گردد.در صورتی که این سرعت به مقدار معینی از سرعت مجاز افزایش یابد سیستم حفاظتی قطـار را بـا ترمـز اضطراری متوقف خواهد ساخت.اندازه گیری سرعت عموماً با استفاده از تعداد دور چـرخ انجام می گیرد.

در ارسال سرعت محاز به قطار از روشهای زیر استفاده می گردد.

۱- ارسال یک سرعت مجاز برای هر بلوک توسط تجهیزات کناره راه

۲- ارسال سر عت مجاز در هر نقطه بوسیله کابـل کهـم در طـو ل خـط نـصب شـده است.(بیشتر در بلوک متحرک استفاده می شود)

۳- محاسبه سرعت لحظه ای در پردازشگر داخل قطار بر مبنای تلگرافهای دریافت شده.

حفاظت خودکار قطار (ATP) بوسیله تجهیزاتی که به منظور حفاظت محدوده یک یـا چنـد ایستگاه نصب می شود انجام می گیـرد.وضـعیتهای خطرنـاک کـه بوسـیله مـدارات راه ، تجهیزات اینترلاکینگ و برنامه حرکت تعیین می گردد به تجهیزات ATP فرمان مـی دهـد .تجهیزات حفاظت خودکار دارای دو بخش میباشد : بخش اول، تجهیزات نصب شـده در خط که از اطلاعات مدارات راه و تجهیـزات اینترلاکینـگ اسـتفاده نمـوده و بـه کمـک پردازشگر مربوطه اطلاعات مورد نیاز قطار (یا فرمانهای لازم به قطار)را تعیین و از طریـق فرستنده های مربوطه به قطار ارسال می نماید.بخش دوم ،تجهیزات داخل قطار مـی باشـد که شامل گیرنده های اطلاعات،آشکار کننده و پردازشگر اطلاعات خواهد بود.

۱-۳ عملکرد خودکار قطار (ATO)

استفاده از ATO به منظور کاهش کارهای تکراری راننده،حذف نقش کلیدی وی در هدایت و تطابق بیشتر حرکت قطار با موارد طراحی شده می باشد.عدم استفاده از ATO نه ایمنی حرکت را دچار مخاطره خواهد نمود و نه در مقدار هدوی (headway) تأثیر می گذارد.ولی به عنوان یک اصل پذیرفته شده و به منظور تطابق بیشتر تئوری با عمل در اکثر متروها از ATO استفاده می گردد.عملکرد خودکار قطار می تواند شامل موارد زیر باشد :

۱- باز و بسته کردن دربهای قطار

۲- عزیمت از ایستگاه

۳- هدایت در طول خط مطابق سرعتهای ارسال شده

٤- توقف دقیق در ایستگاه بعدی

٥- ترمز به منظور حفظ فاصله حفاظتی از قطار جلوئی

٦- مانور قطار در انشعابات خط و ترمینالها

۷- کنترل هدایت در حالت اغتشاش به منظور رسیدن به نظم عادی

۸- کنترل هدایت به منظور صرفه جوئی در انرژی مصرفی

۹- انتخاب دربهای سرویس در قطار

با توجه به ضرورت حضور راننده در قطار به منظور انجام وظیفه در مواقع اضطراری و به علاوه اجتناب از انتقال تصویر سکوها به مرکز کنترل،بستن دربها و عزیمت از ایستگاه در اختیار راننده قرار خواهد گرفت که پس از دریافت فرمان عزیمت از مرکز کنترل انجام گیرد.به علاوه انتخاب دربهای سرویس با توجه به شکل خط و ایستگاهها کار مداومی نبوده و ضرورتی به خودکار کردن آن نیست.

عملکرد خودکار قطار نیاز به تجهیزات مناسب در خط و قطار دارد.تجهیزات لازم جهت عملکرد خودکار (ATO) در اساس مشابه تجهیزات مربوط به حفاظت خودکار (ATP) می

باشند و فرمانهای مورد نیاز به صورت فرکانسهای مختلف یا تلگرامهـای F S K بـه قطـار ارسال می شود.منتها این تجهیزات خطا ناپذیر نیستند.فرمانهای مـورد نیـاز مـی توانـد از طریق ریلهای حرکتی،کابلهای مجزای نصب شده در طول خط با حلقه های کوتـاه نـصب شده در نقاط مورد نظر ارسال گردد.ریلهای حرکتی از ایمنی بیشتری برخوردار هـستند در حالیکه کابلهای نصب شده در طول خط قابلیت انتقال اطلاعات بیشتری را دارند.حلقه های کوتاه به طور معمول از هزینه کمتری برخوردار بوده و معمولاً بـه عنـوان مکمـل سیـستم انتقال مورد استفاده قرار می گیرند.

تجهیزات خط ATO با توجه به اطلاعات دریافت شـده از سیـستم ATP و برنامـه حرکـت (توقف در ایستگاه ،عزیمت از ایستگاه ،صرفه جویی در مصرف انرژی ،حذف تـأخیرات و باز شدن دربهای قطار)از طریق منطق مخصوص خود اطلاعات و یا فرمانهـای مناسـب را تهیه و به قطار ارسال می نماید.تجهیزات داخل قطار این اطلاعات را دریافت نموده و پس از آشکار سازی با توجه به اطلاعات دریافـت شـده از ATP فرمانهـای لازم را بـه ترمـز سرویس ،موتور ،درب و کابین راننده ارسال می نماید.

شکلهای ۱-۱ و ۱-۲ بلوک دیاگرام تجهیزات کنار خط و قطار را نشان می دهند.

۱-٤ طرق مختلف هدایت قطار

روش معمول هدایت قطار در خط بصورت خودکار (ATO) است و دلایل آن توضیح داده شد و لی این روش هدایت به تنهایی برای حالات مختلف بهره برداری کـافی نیـست.در اغلب متروها یک روش هدایت دستی با نظارت علائم وجود دارد.بطور کلی هدایت قطـار به سه صورت ۱- تمام اتوماتیک (ATO) ۲- نیمه اتوماتیک یا هدایت از کابین به کمـک علائم کنترلی (cab signalling)

٤- کاملاً دستی انجام می گیرد.

قسمت اول قبلاً بحث شده است و لذا به دو قسمت بعدی می پردازیم :

۱-٤-۱- هدایت در حالت نیمه اتوماتیک

چنانچه در تجهیزات هدایت خودکار قطار نقص فنی روی دهد لیکن تجهیزات کنار خط وظائف خود را همچنان دنبال نمایند،در این حالت راننده از وضعیت آگاه شده و از این لحظه به بعد کار هدایت توسط وی صورت می گیرد،لیکن فرمانها از طریق صفحه جلوی وی به او داده می شود.این فرامین که از سوی تجهیزات کنار خط صادر می گردند شامل شتاب گیری ،میزان سرعت مجاز،ترمز کردن و ایستادن می باشند.باز و بستن دربها نیز توسط راننده انجام می گیرد.همان طوریکه در هدایت تمام اتوماتیک اشاره شد؛هدایت به صورت نیمه اتوماتیک در شرایطی انجام میگیرد که تجهیزات ATO در هر دو اطاقک کابین از کار افتاده باشند.در وضعیت هدایت نیمه اتوماتیک راننده نمی تواند بیش از سرعت مجاز حرکت نماید.هنگامی که سرعت قطار به میزان اجازه داده شده برسد،وی توسط علائمی که می تواند تولید صدا نماید و هم به صورت قابل رویت باشد آگاه می گردد.چنانچه تحت شرایطی راننده نتواند افزایش سرعت را پایان دهد،در مدتی کوتاه،سیستم حفاظت خودکار قطار (ATP) عمل نموده و ترمز اضطراری به طور خودکار انجام گرفته و قطار کاملاً متوقف خواهد شد.

۱-٤-۲- هدایت در حالت کاملاً دستی

هنگامی که تجهیزات مستقر در کابین راننده و نیز تجهیزات کنار خط از کار افتاده باشند به نحویکه هیچگونه فرمانی از سیستم خودکار و یا نیمه خودکار به راننده نرسد،در چنین شرایطی کلیه وظایف حرکت و هدایت توسط راننده صورت گرفته و وی با استفاده از ارتباط کلامی با مرکز کنترل و یا ایستگاه و صرفاً توسط دید حرکت را ممکن خواهد

ساخت.اگر چنانچه راننده سرعت را بیش از حد مجاز افزایش دهد زنگ اخطار به صدا در آمده و یا پس از مدتی کوتاه ترمز اضطراری تحت فرمان سیستم ATP بـه طـور خودکـار فعال شده قطار را به توقف کامل وا خواهد داشت.البته باید خاطر نشان نمود که مـدارات راه موقعیت قطار را به مرکز کنترل اطلاع داده و اپراتور مرکز می تواند از طریـق ارتبـاط کلامی و رادیویی دستورات لازم را به راننده صادر نماید.از طـرف دیگـر مرکـز کنتـرل توسط کامپیوتری خود،بلوک از کار افتـاده را مـشخص نمـوده و از ورود سـایر قطارهـا جلوگیری کرده و یا فرمان تقلیل سرعت برای آن بلوک را صادر می نماید.

در هر حال حرکت و هدایت قطار در شـرایط کـاملاً دسـتی کـلاً مـستقل از وسـایل و تجهیزات سیستم ATC بوده و عمل هدایت صرفاً با استفاده از دید مـستقیم و بـه کمـک راننده انجام خواهد شد.

۱-۵- شرایط کلی حرکت

سیستم خودکار قطار به گونه ای عمل می نمایـد تـا تغییـر حرکـت و هـدایت از تمـام اتوماتیک به نیمه اتوماتیک و یا بالعکس در حال حرکت و یا سکون امکان پذیر باشد.لیکن تغییرات وضعیت به و یا از حالت کاملاً دستی در حین حرکت غیر ممکن بوده و یا باعـث اعمال ترمز اضطراری می گردد.بنابراین چنانچه شرایط قطار ایجاب نماید که ادامه حرکت در شرایط کاملاً دستی انجام شود و یا بالعکس از حالت کاملاً دسـتی خـارج شـده و در یکی از وضعیتهای تمام اتوماتیک و یا نیمه اتوماتیک قرار گیرد،این تغییر حالـت فقـط در شرایط توقف کامل قطار ممکن می باشد.بدیهی است که چنانچه راننده بخواهد اشتباهاً در

حین حرکت دست به چنین اقدامی بزند، سیستم حفاظت خودکار (ATP) فرمان برقراری ترمز اضطراری را صادر خواهد نمود.

سیستم کنترل خودکار قطار (ATC) با یستی به طریقی طراحی گردد تا بتواند قطار های عادی را در سکوی کلیه ایستگاهها در محل مشخص با خطائی قابل قبول نگاه داشته و نیز در صورت وجود قطار اکسپرس آنرا فقط در ایستگاههای مورد نظر متوقف نماید.برنامه ریزی مربوط به بهره برداری (نرم افزار مربوطه)بایستی به گونه ای تدوین شود تا قطار اکسپرس در صورت وجود،بتواند از کلیه قطارهای عادی که در مسیر قرار دارند،هر یک را در خط انشعابی ایستگاه،در اثناء وارد و خارج شدن مسافران و توقف قطار عادی پشت سر نهاده بدون اینکه اختلالی در برنامه حرکت و سرویس دهی روزانه قطارها بروز کرده و یا باعث تغییر احتمالی سرعتهای پیش بینی شده گردد .این قسمت در بخش شبیه سازی های انجام شده مفصلاً و عملاً بحث شده است.

فصل دوم

سیستمهای تبادل اطلاعات خط و قطار

سیستمهای تبادل اطلاعات خط و قطار کلاً جهت اعمال کنترل اتوماتیک قطار (ATC) بکار گرفته می شوند.در این سیستمها اطلاعاتی نظیر ماکزیمم سرعت مجاز،شیب خط،وضعیت سیگنالها فاصله تا سیگنال بعدی و سرعت تا سیگنال بعدی می تواند از خط به قطار فرستاده شود.

از طرف دیگر،در قطاری که از سیستم ATC استفاده می کند معمولاً یک سیستم ارزیابی نیز وجود دارد.این مدار یا بصورت رله ای عمل می کند.یعنی با استفاده از ترتیب منطقهای مختلف دستورالعملهای مختلفی را اجرا می کند.و یا اینکه با استفاده از یک سیستم میکروپروسسور به محاسبه و تحلیل فرامین لازم می پردازد.در اغلب سیستمهای A TC یک ژنراتور پالس که به محور چرخ قطار مرتبط است پالسهایی متناسب با تعداد دور چرخ تولید می کند.این پالسها به واحد ارزیابی و پردازش رفته و با استفاده از آن سرعت لحظه ای و در بعضی سیستمها موقعیت دقیق قطار مشخص می شود.

در صورت موجود بودن سیستم ارتباط دو طرفه بین قطار و تجهیزات کنار خط،این اطلاعات بعلاوه سایر خصوصیات بدست آمده از مشخصات و چگونگی ترمز کردن از قبیل فاصله ترمزی می تواند به تجهیزات خط ارسال گردد.

۲-۱- انواع سیستمهای ارتباط خط و قطار

چون مسئله انتقال اطلاعات بین خط و قطار مستقیماً با علامت دهی (Signalling) مرتبط است.لذا از سلسله مراتب موجود در سیستم علامت دهی پیروی می کند.

سیستمهای علامت دهی را از نقطه نظر تبادل اطلاعات به طور کلی دو دسته می توان تقسیم نمود :

۲-۱-۱- سیستم بلوک ثابت (Fixed Block)

در این سیستم اطلاعات معمولاً در جهت خط به قطار قابل انتقال می باشد.هر مسیر به بخشهایی بنام بلوک تقسیم شده است و هر بلوک از طریق یک فرستنده اطلاعات مورد نیاز را به قطار ارسال می دارد.ارسال اطلاعات به دو شکل ممکن است :

۲-۱-۱-۱- ارسال اطلاعات بصورت پیوسته

در این سیستم اطلاعات مورد نیاز قطار از طریقق ریل یا کابلهای القایی موجود بین ریلها به قطار فرستاده می شود.در این سیستم چنانکه در بلوک بعدی اغتشاشی رخ دهد ،سیستم قادر به اصلاح اطلاعات ارسالی خواهد بود.

۲-۱-۱-۲- ارسال اطلاعات بصورت ناپیوسته

در این سیستم اطلاعات از طریق دستگاههایی که در نقاط مشخص مسیر (معمولاً در کنار سیگنالها)تعبیه شده اند به قطار ارسال می شود.این دستگاهها ممکن است اطلاعات را از طریق فرستنده و گیرنده امواج الکترومغناطیسی به قطار بفرستند و یا بصورت القایی ارسال دارند.اشکال این سیستم در این است که درصورت بروز اغتشاش ،تا رسیدن قطار به فرستنده بعدی اصلاح فرامین ممکن نمی باشد.

معمولاً سیستمهای بلوک ثابت دارای این محدودیت هستند که ارتباط فقط از خط به قطار ممکن است.سرعت انتقال اطلاعات در این سیستم در حالت پیوسته حـدود ۲۰۰bit/ s مـی باشد،در سیستمهایی که ارتباط از طریق ریل است ،ارسال اطلاعات به تماس چرخ با ریل وابسته می شود و خرابی سطح تماس هر یک موجب از دست رفتن اطلاعات لحظه ای می گردد.

از طرفی در سیستمهایی بلوک ثابت ،صرفنظر از اینکه قطار در کجای بلـوک قـرار گرفتـه است ،آن بلوک از نظر سیستم اشغال است و تا خروج قطار از این بلوک ،قطار بعدی نمی تواند به این بلوک وارد شود.در نتیجه محدودیتهایی جهت در نظر گرفتن زمـان هـدوی و توقف ایستگاهی و در نتیجه ظرفیت کل خط وجود دارد.

۲-۱-۲- سیستمهای بلوک متحرک (Moving Block)

در این سیستم ارتباط دو طرفه بین خط و قطار از طریق کابلهای القایی که در طول خـط قرار گرفته اند می باشد.در اینجا قطار ،خود موقعیتش را مشخص کرده و به تجهیزات کنار خط گزارش می دهد.از خصوصیات این سیستم موارد زیر را می توان نام برد :

۱- ارتباط بین خط و قطار دوطرفه بوده و بشکل لحظه ای قابل اصلاح می باشد.

۲- محل دقیق قطار در هر لحظه می تواند مشخص شود.

۳- به دلیل لحظه ای بودن اطلاعات امکان تقلیل زمان هدوی و در نتیجه بالا رفتن ظرفیت ترافیک خط موجود می باشد.

۲-۲- نمونه هایی از سیستمهای ارتباط خط با قطار

۲-۲-۱- نمونه سیستمهای بلوک ثابت

در این قسمت سیستمهایی که ارسال اطلاعات در آنها بصورت پیوسته ،یا ناپیوسته ،یا ترکیبی از این دو نوع باشد مورد بحث قرار می گیرد.

۲-۲-۱-۱- سیستمهای با ارسال اطلاعات بصورت پیوسته

شکل ۲-۱ بلوک دیاگرام یک نمونه نوعی از سیستم را نشان می دهد.اطلاعات از طریق کابلهای القایی که در فواصل مختلف بصورت ضربدری از روی یکدیگر عبور می کنند ارسال می گردد.طول حلقه ها بستگی به نیاز تبادل اطلاعات در طول مسیر دارد.مثلاً زمانی که قطار با سرعت ثابت حرکت می کند(اطلاعات کم)طول حلقه ها طولانی تر و هنگامیکه قطار شروع به کاهش یا افزایش سرعت می کند (اطلاعات زیاد)طول حلقه ها کوتاهتر می شود.

اطلاعاتی که به قطار فرستاده می شود شامل موارد زیر است :

۱- ماکزیمم سرعت مجاز

۲- وضعیت اشغال بلوک

۳- وضعیت برقراری مسیر

٤- وضعیت نقطه توقف

این اطلاعات به سیگنالهای الکتریکی تبدیل می شوند.سیگنال مذکور جهت حصول اطمینان کد گذاری شده و با استفاده از یک سیستم TDM (Time Denision Multiplex) بصورت پالسهای AC با فرکانس میانی ۳٦KHZ به حلقه های القایی فرستاده می شود.

جریان این پالسها در حلقه ها تولید میدان الکتریکی کرده و نهایتاً ولتاژی در آنتن گیرنـده قطار القا می شود.این ولتاژ فرآیند ارزیابی را در داخل قطار تحریک می نماید و در نتیجـه اطلاعات زیر آماده می گردد.

۱- سرعت لحظه ای

۲- انحراف از سرعت مجاز

۳- انتخاب شتاب افزاینده یا شتاب ترمزی

ارسال اطلاعات می تواند از مدارهای راه نیز بـه ریـل فرسـتاده شـود.بـدین ترتیـب کـه اطلاعات کد شده و در محدوده فرکانسهای صوتی ارسال می گردد.واحد خط ،اطلاعـات مربوط به دستگاههای اینترلاکینگ و همچنین اطلاعات مربوط به خط نظیر ماکزیمم سرعت مجاز ،طول بلوک ،میانگین شیب و فاصله تا مدار راه بعدی را جمع آوری کرده و آنچه را که باید به قطار ارسال گردد را معین می نماید.این اطلاعات شامل موارد زیر است :

۱- فرکانس مدار راه بعدی

۲- کد شناسایی قطار

۳- ماکزیمم سرعت مجاز

٤- سرعت در مدار راه بعدی

٥- آگاهی از فرمان حرکت یا ترمز در بلوک بعد

٦- طول بلوک مرتبط با مدار راه

ارسال اطلاعات توسط مدارهای راه صورت می گیرد.اطلاعات بصورت تلگرامهای TDM (Time Division Multiplex) با سرعت ۲۰۰ bit/s در زمانی که بلوک توسط قطار اشـغال شود به ریل فرستاده می شود. میدان مغناطیسی ناشی از جریان سیگنال مدوله شده در ریل

،ولتاژی را در گیرنده قطار القا می کند.یک مدار ارزیابی شامل دو میکروپروسسور تلگـرام رسیده را بررسی کرده و سپس پردازش می نماید.یـک ژنراتـور روی یکـی از محورهـای چرخ (چرخهای آزاد بدون ترمز)نصب گردیده و سیگنالی با مدولاسیون فرکانس متناسـب با تعداد گردش چرخ تولید می کند.این سیگنال به مدار ارزیابی رفته و پس از پردازشـهای لازم نهایتاً موجب نمایش سرعت بر روی صفحه نمایش می گردد.

نرم افزارهای موجود در مدار ارزیابی با استفاده از سرعت لحظـه ای مـسافت طـی شـده محاسبه مینمایند.همچنین با بکارگیری اطلاعات آمده از خط فاصله باقیمانده برای ترمـز و فاصله طی شده از زمان ترمز تا توقف کامل محاسبه می گردد.

۲-۲-۱-۲- سیستمهای ارسال اطلاعات بصورت ناپیوسته

در این قسمت نمونه ای از سیستم ارسال اطلاعات بصورت ناپیوسته را بررسی مـی کنـیم ،ارسال اطلاعات به قطار می تواند توسط دستگاههایی بنام b eacon صورت گیرد.beacon ها عبارتند از یک صفحه فیبر نوری که به پلاستیک آغشته شده و حلقه های فرستنده و گیرنده به کنار آن محاط گشته است.

مطابق شکل (۲-۲) اطلاعات مورد نیاز قطار توسط یک کد کننده،کد گذاری می شود و با bcacon روی خط داده می شود.این b eacon هنگام عبور قطار ،توسط سیگنالی که از قطـار ،خط را بررسی می کند تغذیه شده و اطلاعات موجودش را به قطار می فرستد.

اطلاعات آمده از beacon بعلاوه اطلاعات رسیده از سرعت سنج و سیستم ترمـز در واحـد ارزیابی قطار توسط قسمت پردازشگر ،پرد ازش شده و نهایتاً شرایط حرکت ایمـن بـرای قطار فراهم می گردد.ایـن سـیگنال بررسـی (Scan) توسـط گیرنـده beacon دریافـت مـی

گردد.این سیگنال شامل یک کاریر ۲۷ MHZ است،که توسط یک پـالس سـاعت ۵۰ KHZ مدوله شده است.انرژی موجود در این سیگنال ذخیره شده و پالس ساعت فیلتر مـی شـود (شکل ۲-۳) به عبارت دیگر خروجی گیرنده beacon شـامل دو قـسمت انـرژی و پـالس ساعت است.

اطلاعات آمده از کد کننده در یک رجیستر ذخیره شده است.هـر پـالس سـاعت محتـوی رجیستر را یک بیت به سمت جلو شیفت می دهد.زمانی که خروجی رجیستر صـفر شـود ،انرژی ذخیره شده در گیرنده beacon ،مدار تشدید را که شامل اندوکتانس حلقـه فرسـتنده نیز می باشد،تحریک می کند.این مدار در فرکانس ٤/٥ MHZ با دامنه میرا شروع به نوسـان می کند.زمانی که خروجی شیفت رجیستر یک می باشد ،هیچ انرژی به مدار تشدید اعمـال نمی گردد.

هنگامیکه تمامی بیت ها به این صورت فرستاده شود اطلاعات جدید بـه صـورت مـوازی وارد شیفت رجیستر می شود.

با در نظر گرفتن سرعت قطار (حدود k m/ h ۳۰۰)و اندازه آن beacon (حـدود ۰/۵m) و اینکه در حین عبور قطار از روی b eacon باید پیش از ۲۵٦ بیت اطلاعـات بـه قطـار داده شود ،سرعت ارسال اطلاعات حدود k bit / s ۵۰ در نظر گرفته می شود.

اطلاعاتی که می توانند از طریق beacon به قطار منتقل شوند عبارتند از : ماکزیمم سـرعت لحظه ای، ماکزیمم سرعت در سیگنال بعدی ، ماکزیمم سرعت مجـاز ، مـاکزیمم سـرعت مجاز در بلوک بعد ،فاصله بین سیگنال فعلی و سیگنال بعدی ، شیب خط.

سیگنال ٤/٥ MHZ آمده از beacon بوسیله دو حلقه در یک کوپل دیفرانسیل روی آنتن قطار دریافت می شوند.این کوپل از ورود سیگنال ۲۷ MHZ ممانعت می نماید.تجهیزات ارزیابی

در قطار از دو کانال مستقل برای پردازش داده ها جهت آشکار نمودن هرگونه خطا استفاده می نماید. (شکل۲-٤) هر دو برنامه های مقایسه کننده در طول عملکرد قطـار یکـدیگر را چک می کنند و از بروز خطای احتمالی جلوگیری می نمایند.

۲-۲-۲- نمونه سیستم بلوک متحرک

یکی از ساختارهای این سیستم بدین صورت است که در کابین هدایت قطار یـک واحـد میکروپرسسوری موجود است که با مینی کامپیوترهای کنار خط از طریـق خطـوط القـائی مرتبط هستند.در چنین ساختاری از کنترل کننده های کنار خط یا (Vchiclc Control Center) VCC استفاده می شود.VCC وظیفه جدا کردن قطارها جهت برقراری ایمنـی در حرکـت را بر عهده دارند.این سیستم اطلاعاتی نظیر سرعت و جهت حرکت قطارهـا و شـیب خـط و همچنین اطلاعات مورد نیاز هر قطار برای تعیین نقطه توقف را به روز در می آورد .در V CC بمنظور حصول اطمینان از سه کامپیوتر استفاده می شود.

یک کامپیوتر بصورت ذخیره است و همواره نتیجه محاسبات دو کامپیوتر مقایـسه شـده و در صورت یکی بودن به خط داده می شود.

اطلاعات مورد نیاز قطار از طریق کابلهای القایی به قطار فرستاده می شود.این کابلها بـین ریلهای قطار قرار دارند و در هر ۲۵ متر به شکل ضـربدری جـای ولتـاژ بـالا (high) و پائین (low) عوض می شود (شکل ۲-۵).موقعیت قطار با مشخص شدن تعداد ۲۵ مترهـائی که گذرانده است معین می گردد.یک نمایانگر ثانویه در لکوموتیو اندازه گیری مسافت طی شده در داخل ۲۵ متر را به عهده دارد.اطلاعات داده شده به کابلها توسـط گیرنـده قطـار

دریافت شده و به واحد میکروپروسسور های کابین هدایت داده می شود.این واحد عمدتاً سه عمل را انجام می دهد :

۱- ترجمه دستور العملهای آمده از VCC

۲- فرستادن اطلاعات به VCC

۳- نظارت بر سرعت لحظه ای و اعمال ترمز اضطراری

هر VCC با استفاده از سه مینی کامپیوتر برای بالا بردن ضریب اطمینان قادر به کنترل قطارهای موجود روی مسیری بطول ٤٨ Km می باشد.یک سیستم کامپیوتر مرکزی کار نظارت بر عملکرد سیستم را بر عهده دارد.

فصل سوم

مسسیریابی اتوماتیک

(Automatic Routing)

۳-۱- سیستمهای اینترلاکینگ

در انشعابات طول خط محوطه های ترمینال و پارکینگ که امکان انتخاب مسیرهای متفاوت برای قطار وجود دارد می بایست احتمال برخورد قطارها را از بین برد.سیستمهایی کـه بـه این منظور بکار گرفته می شوند و علائم حفاظتی را برای سایر قطارها فراهم می نمایند بـه سیستمهای اینترلاکینگ موسوم هستند.

وظیفه این سیستمها برقراری مسیر ایمن برای حرکت قطار می باشد.به طور سنتی تـا دهـه حاضر تجهیزاتی که این حفاظت را فراهم می کردند از رله استفاده می نمودند.عمده ترین مشکل سیستمهای اینترلاکینگ که کاربرد پردازشگرها را غیر ممکن می ساخت خصوصیت ایمنی سیستم اینترلاکینگ بود.این مشکل با بکارگیری روشهای مختلفـی ماننـد بکـارگیری کانالهای مختلف برای اجرای برنامه و یا برنامه های مختلف و پردازش کردن آنها در کانال برطرف گردیده و سیستمهای اینترلاکینگ الکترونیکی خـصوصیت خطاناپـذیری را کـسب نموده اند.

مهمترین مزایای سیستمهای اینترلاکینگ الکترونیکی نسبت به نوع رله ای آن به شـرح زیـر می باشد :

- دسترس پذیری سیستم بالاتر است زیرا بخشهای مختلف سیستم دارای اطمینان کـافی بوده و در صورت بروز عیب سیستم بکار خود ادامه می دهد.
- فضای مورد نیاز تجهیزات از سیستمهای رله ای کمتر است.
- بروز عیب بعلت عدم وجود قطعات متحرک مکانیکی کمتر است.

بلوک دیاگرام کلی و ساده اینترلاکینگ در شکل ۳-۱ مشخص شده است. همان طـور کـه مشخص است سیستم شامل پردازنده های اصلی جهت کنترل وقایع و واسطه ها و کنتـرل کننده های کنار خط و نیز تجهیزات مخابراتی برای ارتباط با مرکز کنترل و کنتـرل کننـده ها می باشد.

۳-۲- انواع مسیرها

در شکل ۳-۲ شمای یک منطقه انشعاب نشان داده شده است.برای عبـور قطـار از منطقـه سوزن اطمینان از صحت وضعیت سوزن و اطمینان از عدم تغییر وضعیت سوزن مـی بایـد حاصل شود.در هر سیستم مترو با توجه به نیازهای بهره برداری استفاده از انواع مـسیرهای زیر اجتناب ناپذیر است.

- مسیر ساده : یک مسیر ساده از مدار راه قبل از اولین سوزن شروع شده و به مـدار راه بعد از آخرین سوزن ختم می شود.
- مسیر ترکیبی :تعدادی مسیر که به طور متوالی برای حرکت قطار آماده گردد به مـسیر ترکیبی موسوم است.

- مسیر گردشی : تعدادی مسیر که بطور متوالی برای حرکت قطار آماده گردد و پس از عبور قطار مجدداً آماده پذیرش قطار بعدی گردد به مسیر گردشی موسوم است.مسیرهای ترکیبی و گردشی با اعمال یک فرمان به ترتیب برقرار می گردند.

۳-۳- روشهای کنترل مسیر

کنترل مسیر در طول خط بطور معمول توسط کامپیوتر مرکز کنترل و یا از طریق اپراتور آن صورت می گیرد ولی امکان کنترل مسیر از ترمینالها نیز می تواند در سیستم پیش بینی شود.در هر حال کنترل مسیر می تواند برای یکبار (automatic route release) و یا به طور مداوم (Permanent) صورت گیرد.در حالت اول پس از عبور قطار، مسیر، آزاد شده و سوزن می تواند دراختیار مسیر دیگری قرار گیرد.در حالت دوم پس از عبور قطار، سوزن در همان وضع باقی خواهد ماند.در صورت کنترل یک مسیر چنانچه شرایط برقراری آن فراهم نباشد عموماً کنترل مسیر ضبط گردیده و به محض فراهم شدن شرایط آن مسیر برقرار خواهد شد.

در آزاد سازی مسیر دو روش عمومی وجود دارد.روش اول با عبور قطار از مدار راه هر سوزن، این سوزن آزاد شده و می تواند در اختیار مسیر دیگری قرار گیرد.در روش دوم با عبور قطار از مدار راه آخرین سوزن، مسیر آزاد شده و سوزنهای آن می توانند در اختیار مسیرهای دیگر قرار گیرند.روش اول دارای سرعت مسیریابی بالاتر میباشد ولی روش دوم از اطمینان بیشتری برخوردار است.

۳-٤- منطق اینترلاکینگ

هدف اصلی این منطق، برقراری مسیرهای ایمن برای عبور قطارها ست.لذا با ایجاد ارتباط منطقی بین عناصر خط یعنی مدارات راه ، علائم کنار خط و فرستنده های علائم ایمنی، حرکت قطار در محدوده انشعابات تامین می گردد.منطق اینترلاکینگ بر سه اصل اساسی زیر استوار است :

۱- اینترلاکینگ ناسازگاری : این اینترلاکینگ از برقراری و یا کنترل مسیری که با یک و یا چند مسیر برقرار شده ناسازگار است جلوگیری می کند.این ناسازگاری می تواند در رابطه با وضعیت سوزنها، در رابطه با جهت و یا به دلایل عملیاتی باشد.

۲- اینترلاکینگ عبوری : این اینترلاکینگ با اشغال اولین مدار راه بعد از سیگنال مبدا مسیر وارد عمل شده و تا عبور قطار از مدار راه آخرین سوزن از کنترل سوزنهای مسیر و یا از رهاسازی آن ممانعت می کند.

۳- اینترلاکینگ نزدیکی : هنگامی که این اینترلاکینگ در حال عمل است از تغییر وضعیت سوزنهای بعد از سیگنال مبدا مسیر جلوگیری می کند.

۳-۵- واحد پردازشگر اینترلاکینگ

واحد پردازشگر اینترلاکینگ شامل یک سیستم برنامه است که در یک واحد سخت افزاری از نوع مینی کامپیوتر قرار دارد.(شکل ۳-۳) هر واحد پردازشگر تعداد مشخصی سیگنال،ماشین سوزن و غیره را کنترل می نماید.برای افزایش ظرفیت می توان دو یا تعداد بیشتری سسیتم را به هم وصل نمود (شکل ۳-٤).پردازش داده ها در اینترلاکینگ به صورت گردشی می باشد.در حین هر سیکل کارهای زیر انجام می شود :

- تمامی داده های مرتبط با نقاط کنار خط جمع آوری شده و در حافظه پردازشگر قرار داده می شود.
- داده ها توسط دو برنامه مجزا پردازش می شوند.
- دستورات مربوط به نقاط، تفسیر شده و به کنترل کننده های نقاط فرستاده می شوند.
- اطلاعات مربوط به وضعیتهای نقاط به سیستم نظارت و کنترل ارسال می شوند.

۳-٦- قوانین ترافیکی (Traffic Rules)

شرایط اینترلاکینگ بر اساس موارد جغرافیائی تشریح و تعریف می شوند.بدان معنی که به نقاط کنار خط اعم از ماشینهای سوزن و سیگنالها وابسته اند.لازم به توضیح است که قوانین ترافیکی خاص هر سیستم مترو می باشد و حالت کلی نیست.برای هر نقطه شرایط ممکن و هر تغییر محتمل و مجاز تعریف می شوند.شکل ۳-۵ نمونه ای از شرایط جغرافیائی را نشان می دهد، هر نقطه واسطه ای با موارد زیر دارد :

- سیستم نظارت و کنترل
- کنترل کننده های نقاط کنار خط
- دیگر همسایه های جغرافیائی

برنامه اینترلاکنیگ ، داده ها را برای هر نقطه پردازش نموده و نتایج را ایجاد می نماید.

شکل ۳-٦ چگونگی استفاده قوانین ترافیکی را در پردازش داده ها برای سیگنال D مشخص شده در شکل نشان می دهد.

یکی از اصول مهم سیستمهای اینترلاکینگ آن است که قسمتهای معینی از آن دارای عملکرد بدون خطا باشد.به این معنی که تصمیمات و وقایع حتی در شرایط بروز اشکال در تجهیزات حفاظت شوند.

روش اصلی در خطاناپذیری داشتن دو برنامه مستقل و پردازش آنها در یک کامپیوتر و اطمینان از نتایج آنها میباشد.این دو برنامه که بوسیله دو تیم طراحی، نوشته می شوند هر دو یک کار را میکنند اما از سخت افزار به روشهای مختلف استفاده می کنند.این تکنیک هم در سیستمهای اینترلاکینگ و هم در کنترل کننده های نقاط مورد استفاده قرار می گیرد.همچنین ارسال داده بین سیستمهای اینترلاکینگ و کنترل کننده های نقاط شامل اطلاعات مضاعف است به طوری که هر نوع انحراف آشکار خواهد شد.شکل ۳-۷ موارد فوق را نشان می دهد.

۳-۷- کنترل سیگنالها و ماشینهای سوزن در سیستم اینترلاکینگ

سیستمهای کنترل کامپیوتری اینترلاکینگ،شامل کنترل کننده هایی در خط هستند که نقـاط مشخصی را نظیر ماشینهای سوزن و سیگنالها را نظارت و کنترل می نمایند.این کنترل کننده ها در سیستمهای مدرن از نوع میکروپروسسوری بـوده و مـوارد ایمنـی از خطـا در آنهـا رعایت می شود.در زیر به تشریح این کنترل کننده ها با تاکید بـر خطاناپـذیری آنهـا کـه اهمیت اساسی دارد می پردازیم.

بلوک دیاگرام زیر (شکل ۳-۸) موقعیت سیستم اینترلاکینگ و کنترل کننـده را نـشان مـی دهد.کنترل کننده ها از طریق کابلهای مخابراتی به نقاط مربوطه وصل می شـوند و محـل آنها نزدیک نقاط میباشد.در هر محفظه کنترل کننده ،تعداد مشخصی از آنها که بـا متمرکـز کننده اطلاعات مرتبط هستند نصب می گردند.متمرکز کننـده (Concentrator) اطلاعـات را بین کنترل کننده ها و سیستم اینترلاکینگ مبادله می نماید و به عنـوان یـک تکـرار کننـده دوباره ساز (Regenerative) عمل می کند.

شکل (۳-۹).

۳-۷-۱- ارسال اطلاعات بین سیستم اینترلاکینگ و کنترل کننده ها

یکی از شرایط لازم برای خطاناپذیری و اطمینان سیستم آنست که اطلاعات مبادله شـونده بین سیستم اینترلاکینگ و کنترل کننده ها چک شده و در صورت وجود اعوجاج و خطا در آنها مشخص شوند.بنابراین برای بالا بردن ضریب ایمنی در مقابل عملکرد خطای یک پیغام مبادله شده خاص از اطلاعات مضاعف در هر دو جهت ارسال استفاه می کنند.

شکل ۳-۱۰ جزئیات یک پیام را که شامل دستوراتی به یک یا تعداد بیشتری کنترل کننـده است نشان می دهد.پروتکل HDLC که بر طبق استاندارد ISO می باشد یکـی از روشـهای استفاده در این نوع ارسال است.(شکل ۳-۱۰)

۳-۷-۲- متمرکز کننده ارسال

متمرکز کننده شکل ۳-۱۱ شامل موارد زیر است :

- مدم هایی برای ارتباط دو طرفه به سایر متمرکز کننده ها.

- واحد کنترل کننده متمرکز کننده که می تواند مضاعف نیز بشود.
- واحد منبع تغذیه.

مدم ها جهت ارسال سنکرون در نوع ارسال دوطرفه و مدولاسیون باند پایه طراحی می کردند سرعت ارسال متغیر می تواند ۲kbit / s / ۱۹ باشد.این مدمها در صورت استفاده از فیبر نوری بجای کابل مسی می توانند با واحدهای نوری جایگزین شوند.واحد کنترل شامل یک مدار میکروپروسسوری در جهت مدم و کنترل کننده های نقاط می باشد.هر متمرکز کننده با کنترل کننده های نقاط می باشد.هر متمرکز کننده با کنترل کننده های نقاط به صورت نقطه به نقطه با استفاده از پروتکل تقسیم زمانی ارتباط دارد و می تواند به دستورات نظارت پاسخ داده و به صورت خودکار اطلاعات و اعلام ها را ارسال نماید.

۳-۷-۳- کنترل کننده نقاط خط

هر یک از نقاط خاص خط به وسیله کنترل کننده مربوطه نظارت و کنترل می شوند.کنترل کننده ها طوری می شوند که نوع معینی از نقاط نظیر سیگنالها ،ماشینهای سوزن ،تجهیزات تقاطع خط راه آهن با خطوط عابرین را کنترل نمایند.آنها شامل یک میکروپروسسور برنامه ریزی شده و مدارهای واسطه جهت ارسال اطلاعات به متمرکز کننده ،موتورهای ماشین سوزن ،لامپها ،رله ها و غیره میباشند.قسمتهایی از کنترل کننده که در طراحی آنها موارد خطا ناپذیری باید رعایت کردند عبارتند از : برنامه ،منبع تغذیه و مولد برق ،مدارهای اندازه گیری و اتصالات.

۳-۷-٤- ساختار برنامه

فاکتورهای زیر در ساختار برنامه کنترل کننده ها نقش موثری دارند :

- ایمنی پردازش
- پردازش لحظه ای (Real time)
- شامل قسمتهای مستقل بودن

ایمنی پردازش :

در این مورد از دو روش گوناگون برنامه نویسی استفاده می کنند.این به آن معنی است که یک عملکرد توسط دو تیم مستقل برنامه نویسی که از روشهای متفاوت بهره می برند نوشته می شود.محصول نهایی شامل برنامه های هر دو تیم می باشد که آنها را برنامه های B و A می نامیم.

هر دو برنامه B و A با توجه به قوانین خاص خود فرآیند تحت کنترل را اندازه گیری و کنترل مینماید.

پردازش لحظه ای :

پردازش کنترل کننده ها به طور تناوبی شامل بررسی و کنترل وضعیت های نقاط است.حوادث خود به خود و بدون کنترل گاه رخ می دهند و شرط لازم آن است که این عملکردها شناسایی شده و شرایط خطرناک در کمترین زمان حذف شوند.برنامه های خاصی جهت انجام موارد فوق لازم است و به طور نرمال با استفاده از روش های گوناگون نوشتن برنامه ها (برنامه های B وA)مضاعف می شوند.