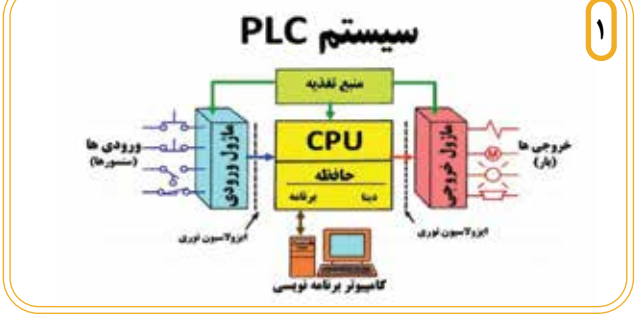
سیستم‌های کنترل اتوماتیک
پیش‌زمینه‌ی قطارهای خودران

طاها خاکباز؛
کارشناس مهندسی حمل‌ونقل ریلی

نیاز آدمی به حمل‌ونقل پایدار و بی‌دردسر می‌تواند از عوامل پیشرفت در هر ناوگانی باشد. ناوگان ریلی هم از این قاعده مستثنا نیست!
یکی از پیشرفت‌های حوزه‌ی ریلی، خودران کردن قطارهاست که جلوتر با مراحل اولیه‌ی آن یا همان سیستم‌های کنترل اتوماتیک قطار آشنا می‌شویم!!

قبل از ورود به بررسی سیستم‌های کنترل اتوماتیک قطار، با یک مبحثی از رشته‌ی مهندسی برق آشنا می‌شویم که تأثیر به‌سزایی در صنایع مختلف، مخصوصاً صنعت ریلی داشته است. این فناوری در رشته‌ی مهندسی برق با عنوان (PLC) شناخته می‌شود. مطابق شکل زیر و به‌طور خیلی خلاصه می‌توان گفت؛ با یک برنامه‌ای که به‌وسیله‌ی CPU و تعدادی داده (Data) اجرا می‌شود (که در این‌جا به‌طور مثال؛ میزان مسافر هر ایستگاه در هر ساعت است) و سنسورهایی که داده‌های جدید به ما می‌دهند، می‌توان یک سیستم را پایش کرد:
از این سیستم به‌درستی در صنعت ریلی استفاده شده است که جلوتر به آن می‌پردازیم! (تصویر شماره‌ی ۱)

۱


سیستم‌های کنترل اتوماتیک قطار(ATC):

با ارزشمند شدن هرچه بیشتر زمان برای آدمی و اهمیت این مسأله در حوزه‌ی حمل‌ونقل، قطارها با سرعت بالا ساخته شدند و یکی از عوامل مهم بهره‌برداری از این سیستم، کنترل آن‌ها است. با توجه به این‌که در ایران تنها وسیله‌ی ارتباطی بین لکوموتیوران و ایستگاه، علائم کنار خط و به‌طور ویژه چراغ‌های علائم است، کنترل کیفیت حرکت قطار به قدرت عکس‌العمل لکوموتیوران بستگی دارد. طبق توصیه‌های اتحادیه‌ی بین‌المللی راه‌آهن‌ها (UIC)، حداکثر سرعت گذر از کنار این علائم، ۱۶۰ کیلومتر بر ساعت است تا ایمنی تضمین باشد و در سرعت‌های بالای ۲۰۰ کیلومتر بر ساعت، این چراغ‌ها نمی‌توانند ایمنی قطار را تأمین کنند بنا بر این مسأله، باید سیستمی به کار گرفته شود تا علائم کنار خط را دریافت کرده و در کابین به راننده نشان دهد (به نظر بنده این مسأله جزو اولین گام‌ها برای حذف راننده‌ی لکوموتیو است).

طبیعتاً با افزایش سرعت، ترافیک قطارها و توسعه‌ی شبکه‌ی ریلی و ایستگاه‌ها و نبود توانایی فرد در کنترل مطمئن قطارها و برای افزایش ایمنی حرکت، از تعدادی مکانیزم و سیستم‌های هشدار دهنده به راننده استفاده شده که به‌صورت کلی می‌توان به‌عنوان «سیستم‌های کنترل اتوماتیک قطارها» از آن یادکرد. به دلیل رشد تدریجی این سیستم‌ها در جهان، شاهد سطوح مختلفی از این سیستم‌ها در جهان هستیم که در زیر با آن‌ها آشنا می‌شویم (در بخش بعد بیشتر به آن‌ها می‌پردازیم):
(تصویرشماره ی۲)

سیستم یکم؛ AWD (Approach Warning Device) :

این سیستم ساده‌ترین سیستم کنترلی قطار است که در یک مسیر غیر علائمی به کار می‌رود. به‌طوری‌که این سیستم را در فاصله‌ی مناسبی از محل خطر نصب‌کرده و این سیستم به‌وسیله‌ی آلارم مخصوصی هنگام نزدیک شدن قطار به ایستگاه، به راننده اطلاع‌رسانی می‌کند. کار این سیستم همین‌جا تمام نمی‌شود. حال که به راننده هشدار داده شد، به‌منظور اطمینان از هشیاری ایشان، سیستم منتظر دریافت پاسخ از طرف لکوموتیوران می‌شود (این پاسخ می‌تواند با فشردن دکمه‌ای صورت گیرد). اگر در مدت زمان معین سیستم پاسخ را دریافت نکند، سیستم به‌طور خودکار لکوموتیوران را غیر هشیار تلقی کرده و با اعمال ترمز اضطراری، قطار را متوقف می‌کند.

سیستم دوم؛ ATS (Automatic Train Stop) :

این سیستم اولین قدم در سیگنالینگ کردن داخل کابین است. وظیفه‌ی این سیستم، نظارت بر عملکرد راننده در هنگام عبور از چراغ قرمز است و در صورت اشتباه لکوموتیوران این سیستم اقدام به ترمز اضطراری می‌کند. این سیستم را می‌توانیم نوعی ترمز که با چراغ راهنمایی کار می‌کند به‌حساب بیاوریم.

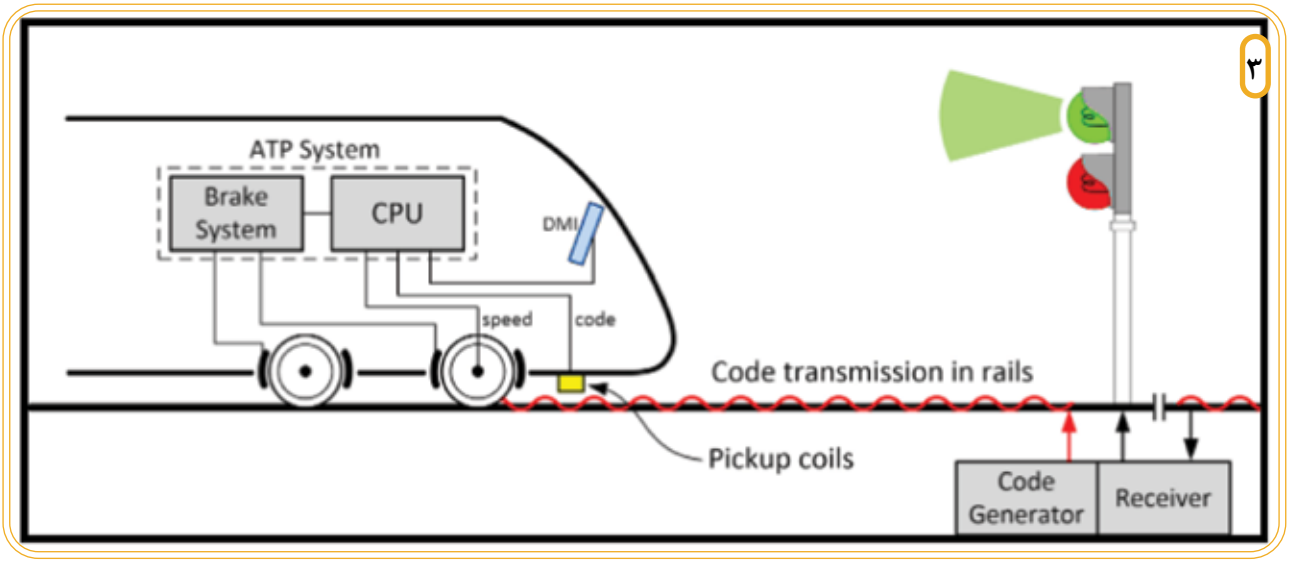
سیستم سوم؛ ATP (Automatic Train Protection) :

این سیستم کار نظارت بر حد سرعت هنگام عبور از محدوده‌ی خطر را بر عهده دارد. منظور از محدوده‌ی خطر می‌توان مکان‌هایی را مانند ایستگاه، قوس‌ها یا محدوده‌های تقلیل سرعت به دلیل افت خط که طبیعتاً در صورت داشتن سرعت بالا و غیرمجاز برای هر یک از مکان‌های ذکرشده از ترمز سرویس اضطراری استفاده می‌کند تا سرعت قطار را به‌سرعت مجاز برساند. لازم به ذکر است، ازآنجایی‌که در این سیستم، کنترل سرعت به‌طور پیوسته انجام نمی‌شود، این سیستم نمی‌تواند به‌تنهایی جلوگیری از بروز حادثه را تضمین کند. زیرا ممکن است قطار قبل از توقف وارد ناحیه‌ی خطر شود. لطفاً به تصویر زیر دقت کنید:(تصویر شماره‌ی ۳)

۲

- AWD (Approach Warning Device)
- ATS (Automatic Train Stop)
- ATP (Automatic Train Protection)
- ATC (Automatic Train Control)
- ATO (Automatic Train Operation)
- ATS (Automatic Train Supervision)

۳



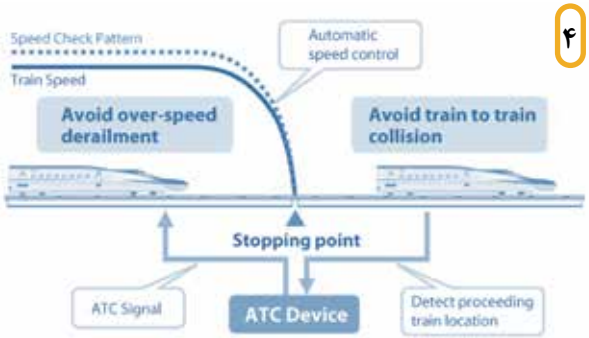
همان‌طور که قبل‌تر در رابطه با PLC توضیح داده شد و گفتیم این توضیحات مربوط به این موضوع می‌شود، در تصویر بالا هم شاهد نوعی از مبحث PLC هستیم. به‌طوری‌که اطلاعات حرکت قطار از دریافت‌کننده (receiver) لب خط ریلی، آن داده را دریافت کرده و به صورتی که CPU موجود در قطار بتواند دستور را بخواند (حالت کد)، دستوری ارسال و حالا بسته به سرعت قطار، دستور صادر و از وقوع حادثه‌های کمیاب ولی ناگوار ریلی جلوگیری می‌شود.

سیستم چهارم؛ ATC (Automatic Train Control):

این سیستم را می‌توان به‌عنوان پیش‌گیرنده و کمک‌کننده به سیستم کنترلی ATP دانست. به صورتی که اشاره شد ATP دارای اشکال مهمی بود و آن نبود تضمین توقف قطار قبل از ورود به ناحیه‌ی خطر بود. برای رفع این اشکال مناسب است سرعت قطار قبل از رسیدن به محل خطر به‌صورت پیوسته مورد نظارت قرارگرفته شود و همواره این سرعت، زیر حد ماکسیمم مجاز خود نگه‌داشته شود. حال به این سیستم کنترل پیوسته‌ی سرعت، ATC می‌گوییم.

بدین ترتیب پیش از رسیدن به محدوده‌ی خطر، سرعت قطار بر اساس منحنی سرعت برحسب فاصله از محدوده‌ی خطر، به گونه‌ای نظارت می‌شود که سرعت در هنگام رسیدن به محدوده‌ی خطر، به حد مجاز رسیده باشد. اطلاعات محدوده‌ی خطر مانند فاصله تا محدوده، سرعت مجاز در محدوده و نوع محدوده (نقطه‌ای یا منطقه‌ای)، از طریق سیستم ارتباطی به تجهیزات داخل قطار منتقل شده و به لکوموتیوران اعلام می‌شود. بدین ترتیب بر اساس مشخصات قطار (شتاب ترمز، وزن و طول) و اطلاعات دریافتی، منحنی کاهش سرعت برحسب فاصله به‌وسیله‌ی سیستم داخل قطار محاسبه می‌شود. درصورتی‌که لکوموتیوران عملیات کاهش سرعت را به‌طور صحیح انجام داده و زیر منحنی سرعت برحسب فاصله حرکت کند، سیستم نقشی در عملیات ندارد. تصویر زیر نمایه‌ای گویا از سیستم کنترلی ATC است: (تصویر شماره‌ی ۴)

۴



سیستم پنجم؛ ATO (Automatic Train Operation):

در چهار سیستم قبلی که به آن‌ها پرداختیم، کلیه‌ی فرامین و محدودیت‌های سیر و حرکت قطارها به محدودیت‌های سرعت (speed limits) تبدیل شده‌اند. طبیعتاً در این سیستم‌ها، بخش کنترل ترمز اضطراری و سرویس، جزء ضروریات سیستم بوده و کنترل سرعت قطار، نیاز به تجهیزات اندازه‌گیری موقعیت و سرعت در خود قطار است.

بدیهی است فرامین کنترلی، تنها محدودیت سرعت نیست و افزایش سرعت نیز می‌تواند جزء فرامین کنترلی به‌شمار آید. لذا؛ بهره‌برداری بهتر و عملکرد بهینه‌تر سیستم، باید گاز هم در اختیار سیستم کنترل اتوماتیک قطار قرار گیرد که این قابلیت در سیستم‌های ATO اضافه شده و بدین ترتیب، کنترل حرکت قطار بدون راننده نیز میسر می‌شود. این یعنی اولین گام جدی و مؤثر برای حذف کامل لکوموتیوران.

سیستم ششم؛ ATS (Automatic Train Supervision):

این سیستم، از مابقی سیستم‌ها پیچیده‌تر و البته جامع‌تر است. زیرا تمامی اطلاعات وضعیتی قطارها در یک مرکز کنترل جمع‌آوری شده و علاوه بر کنترل اتوماتیک ترمز و گاز قطارها، اعمالی چون مسیرگری نیز در آن‌ها صورت می‌پذیرد. این سیستم، هدایت خودکار ناوگان را میسر می‌سازد و بالطبع زمان‌بندی‌های دقیق، سرعت مناسب و ناوگان هوشمندی را در اختیار سرویس‌گیرندگان قرار می‌دهد.

در نهایت تا این جای مطلب که نگاهی بر این سیستم‌های هوشمند داشتیم، می‌توان با تصویر زیر یک جمع‌بندی مختصر از سیستم‌های کنترل اتوماتیک قطار داشت:

(CBTC: کنترل قطار مبتنی بر ارتباطات)- (تصویر شماره‌ی ۵)

قطار، اولین باری که بر روی ریل به حرکت درآمد، متوقف نشد و راه خود را ادامه داد. راه پیشرفتش را، راهی که او را از لحاظ اعتماد مردم به خود، در رتبه‌ی نخست نگه دارد. در این گزارش باتعدادی از سیستم‌های پیشرفته‌ی کنترل قطار آشنا شدیم که می‌توان آن‌ها را اولین گام‌ها در خوددران کردن قطار دانست. آینده‌ی صنعت ریلی به‌خصوص رشته‌ی مهندسی حمل‌ونقل ریلی صرفاً برای مدیریت و بهره‌برداری سنتی از راه‌آهن نیست. در آینده متخصصین با استفاده از داده‌هایی که سیستم‌های هوشمند کنار خط به آن‌ها می‌فرستند، می‌توانند بهتر تصمیم بگیرند و بهتر مسائل مربوط را حل کنند. حال اگر چاشنی هوش مصنوعی به این ماجرا اضافه شود، می‌تواند ناوگان ریلی و دیگر ناوگان‌های حمل‌ونقل را دچار نظم دیدنی کنند.

دنیای حمل‌ونقل به گیشه‌ی فروش بلیت بسنده نمی‌کند. اکنون در زمانی زندگی می‌کنیم که تمام اطلاعات حمل‌ونقل برای رفتن از نقطه‌ی «الف» به نقطه‌ی «ب» در یک اپلیکیشن بر روی گوشی شما به نمایش درآمده و این بیانگر کاهش ترافیک‌های کاذب و در نهایت کمکی برای استشمام هوای پاک است.

به امید روزهای خوب و پاک!

۵