بنام خدا

پروژه‌های اتوماسیون مترو بروان‌فیلد

ملاحظات برای ارتقاء به GoA2, GoA3 و GoA4

UITP May 2023

دکتر محمد منتظری

Dr. M. Montazeri

آبانماه 1403

m_montazeri@yahoo.com

فهرست مطالب

مقدمه

چه زمانی باید یک خط موجود را اتوماتیک کرد؟

Headway قطارها به محدودیت ظرفیت رسیده است

هم‌زمان با نوسازی عمده سیستم

هم‌زمان با توسعه خط

هم‌زمان با نوسازی‌های عمده خط

هم‌افزایی با پروژه‌های گرین‌فیلد GoA4

مشکلات در استخدام رانندگان

سایر مزایایی که برای نرخ بازگشت سرمایه تعیین‌کننده هستند

دستیابی به اهداف تاثیرات اقلیمی

مطالعه موردی: خط 1 و خط 4 پاریس

مسائل اقتصادی

انتقال رانندگان

معرفی ابزارها و تکنیک‌های مدرن تعمیرونگهداری

مزایا و معایب هزینه‌های نگهداری

کاهش اندازه ناوگان

جذاب‌تر کردن خط

قفل شدن بر یک تأمین‌کننده

هزینه‌های اقتصادی گسترده‌تر (مسایل اجتماعی-اقتصادی)

مسائل فنی

یکپارچه‌سازی سیستم‌های مختلف

تکیه بر تخصص صحیح

فضا برای تجهیزات جدید

پشتیبانی سیستم‌های سیگنالینگ

نصب CBTC روی ناوگان

پهنای باند برای سیستم‌های ارتباطی

ارتباطات بین مرکز کنترل عملیات و مسافران

انتقال مسئولیت‌ها از راننده
نرم‌افزار و امنیت سایبری
سیستم‌های حفاظت از مسیر
نصب دربهای محافظ سکو
آزمایش، راه‌اندازی و اجرای آزمایشی
حذف یا نگه‌داشتن کابین راننده
انتقال "بزرگ" (بیگ بنگ) یا استفاده از ناوگان ترکیبی
وابستگی به پروژه‌های همزمان
کوپلینگ اتوماتیک
مطالعه موردی: کوپلینگ خودکار برای خط B شهر لیون
گزینه های دیگر
مطالعه موردی: انتخاب مربوط به سیستم‌های محافظت از خط (PSD، آشکارسازها)

منابع انسانی

وظایف (پست‌های) چند رشته‌ای جدید
ارائه وظایف جدید به رانندگان
بهره‌گیری از تغییرات استراتژیک منابع انسانی
مطالعه موردی: رانندگان اتوبوس و مترو شهر مارسی در فرانسه
آموزش
هماهنگی با اتحادیه‌ها از مدت‌ها قبل
جلب رضایت کارکنان پروژه
برنامه‌ریزی برای مرحله انتقال
تغییر طرز فکر
حفظ کارشناسان در طول پروژه
مطالعه موردی: استقرار رانندگان و وظایف جدید در پاریس

سازمان‌دهی پروژه

هماهنگی زیرپروژه‌ها
همسویی اهداف تیم‌های مختلف (داخل پروژه و با پروژه‌های دیگر)
سازمان‌دهی پیمانکار
تیم‌های مختلط
در نظر گرفتن ارتقای تدریجی و خطرات مرتبط

دسترسی محدود به مسیر

یکپارچه‌سازی و ایمنی سیستم‌ها

مطالعه موردی: مدیریت پروژه اتوماسیون در پاریس

سایر ملاحظات

جهت‌گیری سیاسی قوی

مکانیزم‌های قراردادی

ارتباطات با ذی‌نفعان

الزامات ضمانت‌نامه

سایر پروژه‌های مهاجرت

تفاوت برای توسعه خطوط

از GoA4 تا GoA4 مدرن

نتیجه‌گیری

مقدمه

از آنجایی که متروها به سن خاصی می‌رسند و زیرسیستم‌ها باید جایگزین شوند، اپراتورها یا مقامات مسئول متروها باید گزینه‌های مختلفی را برای مدرن کردن سیستم خود در نظر بگیرند. ارتقاء به سیستم مترو کاملاً اتوماتیک یا GoA4 (Grade of Automation 4) اگرچه پیچیده است، اما گزینه‌ای است که برای تعداد رو به رشدی از خطوط انتخاب می‌شود.

مزایای اتوماسیون کامل مترو امروزه به طور گسترده‌ای شناخته شده است [1]. البته انتخاب اتوماسیون کامل خطوط موجود (براون فیلد)* به سادگی انتخاب GoA4 برای یک خط جدید (گرین فیلد)** نمی‌باشد. علاوه بر تجزیه‌وتحلیل فایده-هزینه، مقامات (PTA) و اپراتورهای حمل‌ونقل عمومی (PTO) با چالش‌های متعددی از نقطه نظر فنی، مدیریت پروژه و منابع انسانی روبرو هستند.

هدف این مقاله حمایت از سازمان‌ها و شرکت‌هایی است که پروژه‌های مهاجرت GoA4 را در نظر داشته، برنامه‌ریزی یا اجرا می‌کنند [2]. با این حال، بسیاری از مسائل مربوط به چنین پروژه‌هایی با مهاجرت به GoA2 و همچنین GoA2-to-GoA3 و GoA3-to-GoA4 مشترک هستند. بخش پایانی این مقاله چالش‌های مشترک ارتقای GoA4 و سایر ارتقاءها و تفاوت‌های بین آنها را توضیح میدهد.

یک پروژه پیچیده و به خصوص چالش برانگیز

پروژه‌های اتوماسیون مترو براون‌فیلد پیچیده هستند. آنها نیازمند نصب تجهیزات مدرن بر روی زیرساخت‌ها و سیستم‌هایی هستند که برای آن طراحی نشده‌اند و باید کارکنان را برای تغییرات عمده آماده کنند. بعلاوه، چنین پروژه‌هایی باید در زمانی که خدمات مسافری ادامه دارد انجام شوند زیرا شهرها نمیتوانند خطوط مترو را که هزاران مسافر به آن متکی هستند، تعطیل کنند. به همین دلیل است که گاهی اوقات چنین پروژه‌ای با انجام عمل جراحی قلب باز روی یک بیمار که در حال دویدن است مقایسه میشود.

نمونه های ده ساله‌ای از اتوماسیون کامل خطوط در آلمان و فرانسه وجود دارد. اولین خط مترو در جهان که به GoA4 ارتقاء یافت خط U2 در نورنبرگ در سال 2010 بود. سال بعد، خط 1 پاریس اولین خط با ظرفیت بالا بود که به چنین ارتقایی دست یافت[3]. واکنش مسافران به سیستم جدید مثبت بود و مردم از بهبود خدمات قدردانی کرده و از این که سوار قطارهای بدون راننده هستند نگران نیستند.

بعد از نمونه‌های نورنبرگ و پاریس، پروژه‌های مشابهی برای ارتقای GoA4 در شهرهای مارسی، لیون، گلاسکو، کپنهاگ (قطار S) و وین انجام شده است. در پاریس، پس از اتوماسیون خط 1، قرار است خط 4 که دومین خط قدیمی با عمر بیش از یک قرن است بطور کامل اتوماتیک شود. این پروژه در سال 2023 [4] تکمیل میشود. البته در مورد اتوماسیون خط 13 قبلا تصمیم گرفته شده بود.

درباره این مطالعه

این مطالعه توسط رصدخانه متروهای اتوماتیک، یک گروه کاری UITP متشکل از 21 اپراتور و مقامات حمل‌ونقل عمومی که مسئول خطوط اتوماتیک مترو و خدمات مسافری هستند، انجام شده است. این گروه کاری مسوول انتشار و به اشتراک گذاری جدیدترین و مرتبط‌ترین دانش در مورد خطوط اتوماتیک خودکار مترو میباشد.

علاوه بر اعضای گروه کاری، چندین عضو زیرکمیته بهره‌برداری مترو درUITP، زیرکمیته تاسیسات الکتریکی و سیستم‌های ایمنی و زیرکمیته ناوگان با پروژه‌های اتوماسیون براون‌فیلد (تبدیل به GoA2، GoA3 یا GoA4) در این مطالعه مشارکت داشتند.

این مطالعه توسط RATP (پاریس) راهبری شد و از مشارکت TMB (بارسلونا)، Metroselskabet (مترو کپنهاگ)، DSB (قطارهای S کپنهاگ)، DMRC (دهلی)، MTR (هنگ‌کنگ)، TL (لوزان)، Keolis (لیون) ATM (میلان)، Grupo CCR (سائوپائولو)، LTA (سنگاپور)، مترو سئول، BCRTC (ونکوور)، STIB/MIVB (بروکسل)، RTM (مارسی)، مترو مادرید، DPP (پراگ)، STM (مونترال) و وینرلینن (وین) بهره برده است.

چه زمانی یک خط موجود را اتوماتیک کنیم؟

مزایای اتوماسیون کامل مترو امروزه به طور گسترده‌ای شناخته شده است. آنها عبارتند از افزایش انعطاف پذیری، ظرفیت، ایمنی، صرفه جویی در هزینه، اثرات کمتر مخرب زیست محیطی و افزایش رضایت کارکنان. این مزایا در نشریه UITP Knowledge Brief 2019 "مزایای اتوماسیون کامل مترو" توضیح داده شده است.

تا پایان سال 2020، 80 خط مترو تمام اتوماتیک GoA4 در سراسر جهان وجود داشت که شامل بیش از 1350 کیلومتر خط در 48 شهر است (UITP Statistics Brief 2022 تحت عنوان "آمار متروهای جهان"). بیش از 1 از هر 4 شبکه مترو حداقل یک خط با سیستم GoA4 دارد و GoA4ها 8٪ از کل خطوط مترو را تشکیل میدهند. این نسبت همچنان افزایش خواهد یافت زیرا اکثر پروژه‌های مترو امروز برای GoA4 طراحی شده‌اند.

برخی از پنجره‌های زمانی خاص فرصت مناسبی برای اتوماسیون کامل یک خط هستند. مواردی که می‌تواند در این مورد تعیین کننده باشد در زیر ذکر شده است.

Headway قطارها به محدودیت‌های ظرفیت رسیده است

هنگامی که یک خط به محدودیت‌های ظرفیت می‌رسد، اتوماسیون اغلب مؤثرترین (و معمولا تنها) راه برای حمل مسافر بیشتر است، عمدتاً به این دلیل که چنین سیستمی قطارها را قادر می‌سازد تا با فاصله زمانی کمتری حرکت کنند و مدیریت زمان توقف را بهبود بخشند. هزینه ارتقاء به طور کلی کمتر از هزینه گسترش شبکه حمل‌ونقل است.

هم‌زمان با نوسازی‌های عمده سیستم

تعویض ناوگان قطار یا سیستم سیگنالینگ زمانی ضروری است که آنها به پایان عمر خود میرسند و افزایش عمر آنها از طریق جایگزینی پرهزینه، گزینه مناسبی نمی‌باشد.

نوسازی این سیستم‌ها نیاز به سرمایه‌گذاری عمده دارد و این هزینه بخش قابل توجهی از هزینه کل ارتقاء سیستم به متروی تمام اتوماتیک (به بدون راننده) را شامل میشود.

اگر قبل از تصمیم‌گیری برای اتوماتیک کردن خط یا مطالعه در مورد سیستم مترو اتوماتیک، نیاز به جایگزینی قطارها یا سیستم سیگنالینگ باشد، میتوان این کار را انجام داد، اما باید توجه داشت که این امر برای پروژه اتوماسیون مترو براون فیلد خطرناک است زیرا سیستم‌های ارتباطی جدید با سیستم قدیمی کار نخواهند کرد. در این مورد مفید است که در اسناد مناقصه، مشخصات خاص برای پیکربندی GoA4 و شرح سیستم‌های ارتباطی ذکر شود. همچنین ممکن است لازم باشد که کابین راننده قابلیت جابجایی داشته باشد.

هم‌زمان با توسعه خط

هنگامی که تصمیم برای توسعه یک خط گرفته میشود، سوال در مورد ارتقای کل خط میتواند مطرح گردد. بودجه لازم برای توسعه خط، انجام کارهای عمرانی و تهیه قطارهای جدید (برای مسیر توسعه) میتواند بیشتر از بودجه مورد نیاز برای ارتقای سیستم‌های دیگر مانند سیگنالینگ کل خط باشد. در این حالت هزینه ارتقاء به GoA4 نسبتا پایین تر است. علاوه بر مزایای فنی ارتقاء، خرید یک سیستم جدید میتواند راهی برای جلوگیری از وابستگی به تامین‌کنندگان قدیمی باشد.

طول عمر زیرسیستم‌های مختلف

عمر باقیمانده زیرسیستم‌ها، به ویژه گرانترین آنها مانند قطار باید برای معادله اقتصادی در نظر گرفته شود. زیرسیستمهای مختلف طول عمر متفاوت دارند. به عنوان مثال تقریباً 40 سال برای قطار، 40 سال برای سیستم سیگنالینگ، 30-20 سال برای CBTC (Communication Based Train Control)، 20-15 سال برای سیستم اینترلاکینگ کامپیوتری و 20-15 سال برای سیستم‌های اطلاعات مسافری (تجهیزات سمعی و بصری).

هم‌افزایی با پروژه‌های Greenfield GoA4

هنگامی که یک شبکه دارای پروژه جدید خط تمام اتوماتیک باشد، می‌تواند با یک پروژه براون فیلد هم افزایی داشته باشد. به عنوان مثال، در نورنبرگ، زمانی که خط جدید GoA4 U3 راه اندازی شد، خط U2 که یک بخش مسیر مشترک با U3 دارد نیز تغییر حالت داد. در پراگ، دپو پارکینگ مدرن شده برای سیستم کاملا اتوماتیک در خط C، برای خط جدید D گرین‌فیلد تا زمانی که دپو جدید آن خط آماده شود مورد استفاده خواهد بود (دپو پارکینگ در خط D در آخرین ایستگاه و در آخرین مرحله ساخت خط خواهد بود). علاوه بر این، خط C پراگ باید قبل از خط D تکمیل شود، بنابراین از تجربه و ظرفیت به دست آمده با پروژه براون فیلد برای پروژه گرین فیلد استفاده خواهد شد.

مشکلات استخدام رانندگان

در برخی کشورها، استخدام رانندگان چالش برانگیز است، از جمله به دلیل کمبود نیروی کار و مشکلات برآورده کردن انتظارات حرفه‌ای جمعیت جوان‌تر. مواردی وجود داشته است که برخی از متروها به دلیل کمبود راننده یا غیبت زیاد آنها مجبور به کاهش خدمات شده‌اند. چنین مشکلاتی به طور بالقوه میتواند در آینده شدیدتر شود، بنابراین مسائل مربوط به نیروی کار باید هنگام بررسی مزایای مالی (و عملیاتی) ارتقاء یک خط در نظر گرفته شود. اتوماسیون اجازه میدهد تا کل سرویس‌دهی را با موقعیت‌های شغلی معنی‌دارتر فرموله کرد.

سایر مزایایی که برای نرخ بازگشت سرمایه تعیین کننده هستند

یک تحلیل هزینه‌وفایده گسترده باید مجموعه‌ای از عناصر اقتصادی را در نظر بگیرد که بر ROI تأثیر می‌گذارد (برای برخی از عواملی که باید در نظر گرفته شوند به بخش «جنبه های اقتصادی» در زیر مراجعه کنید).

دست‌یابی به اهداف تاثیرات اقلیمی

صرفه‌جویی در انرژی به دلایل اقتصادی و همچنین با در نظر گرفتن تأثیرات آب‌وهوا و کاهش انتشار CO2، می‌تواند محرکی برای اتوماسیون سیستم باشد. در GoA4، سرویس‌دهی سبزتر از طریق جابجایی بهینه مسافر، هماهنگی شتاب‌گیری و ترمز برای بهینه‌سازی ترمز Regenerative و با عملکرد به دست آمده توسط اتوماسیون امکان پذیر شود (در GoA2، زمان‌های توقف توسط انسان‌ها مدیریت میشود که بر عملکرد سیستم و هماهنگی آن تأثیر می‌گذارد).

مطالعه موردی: خطوط 1 و 4 متروی پاریس

در ابتدا برنامه نوسازی شبکه متروی پاریس که در اوایل دهه 2000 آغاز گردید ارتقاء به GoA2 بود. با این حال، تجربه RATP با سیستم GoA4 گرین فیلد خط 14 نشان داد که کیفیت خدمات بالاتر است، لذا مطالعه امکان سنجی برای ارتقای خط 1 به GoA4 انجام شد. این پروژه در سال 2004 آغاز و در سال 2012 تکمیل شد.

قبل از اتوماسیون، خط 1 (قدیمی‌ترین خط شبکه با بیش از یک قرن قدمت) حداقل 105 ثانیه هدوی داشت. این سرفاصله اعزام (Headway) به لطف اتوماسیون به 85 ثانیه کاهش یافت که در کنار سایر مزایا، 30 درصد افزایش ظرفیت ایجاد نمود. برای این پروژه، RATP بازده سرمایه‌گذاری را در حدود 15 سال محاسبه کرد. در مجموع پروژه اتوماسیون خط 1 موفقیت آمیز بود، از جمله از نقطه نظر مالی پروژه (تکمیل در محدوده بودجه و در زمان تعیین شده).

موفقیت کلی اتوماسیون خط 1 منجر به اتوماسیون خط 4 (خطی با ویژگی‌های مشابه) شد. زمان ارتقای خط 4 به خط تمام اتوماتیک به دلیل نیاز به جایگزینی بسیاری از زیرسیستم‌های مربوط به دهه 1960 از جمله سیگنالینگ، خط، انرژی کششی و تجهیزات فشار ضعیف برق (ولتاژ پایین) مناسب بود. جزئیات مربوط به سازماندهی این پروژه در یک مطالعه موردی در بخش "سازمان پروژه" در زیر گنجانده شده است.

در زمان انتشار این مقاله، خط 4 با ناوگان ترکیبی از قطارهای بدون راننده و با راننده و به صورت کاملاً خودکار در پایان سال 2023 برنامه ریزی شده است. در مورد تبدیل خط 13 به GoA4 نیز تصمیم گرفته شده است.

مسائل اقتصادی

اتوماسیون یک خط، پروژه گرانی است اما زمانی که زیرسیستم‌های خاصی نیاز به تعویض دارند یا زمانی که یک خط گسترش می‌یابد، همانطور که در بالا توضیح داده شد، اتوماسیون میتواند هزینه‌ها را جبران کند. هنگام بررسی یک پروژه اتوماسیون باید عوامل اقتصادی گوناگونی را در نظر گرفت. این عوام در زیر توضیح داده شده‌اند.

تغییر شغل رانندگان

تغییر شغل و جابجایی رانندگان قطارها در سیستم از جمله عوامل اصلی معادله اقتصادی برای اتوماسیون یک خط می‌باشد. هنگامی که یک خط به سیستم کاملاً خودکار تغییر میکند، از کارکنان سیار یا در برخی موارد از کارکنان ثابت استفاده می‌کند که عملیات مختلفی از جمله سرویس‌رسانی به مسافران و سایر خدمات مسافری و امداد رسانی به قطار را انجام می‌دهند. گرچه هنوز کارکنانی هستند که میتوانند قطار را برانند، اما دیگر لازم نیست در هر قطار یک نفر وجود داشته باشد که این موضوع هزینه‌های عملیاتی را کاهش می‌دهد.

در حالی که انتقال رانندگان به قسمت‌های دیگر میتواند منجر به کاهش قابل توجه هزینه شود، برخی هزینه‌های مرتبط با این تغییر باید هنگام محاسبه مزایای اقتصادی در نظر گرفته شود. به عنوان مثال هزینه مذاکره مربوط به وظایف جدید رانندگان، هزینه ارتقاء مهارت و بازآموزی و غیره.

معرفی ابزارها و تکنیک‌های مدرن تعمیرونگهداری

ارتقاء یک سیستم می‌تواند فرصتی برای نصب اینترفیس برای جمع‌آوری داده‌ها و حرکت به سمت تعمیرونگهداری مبتنی بر شرایط موجود و قابل پیش‌بینی باشد که می‌تواند هزینه‌های مختلف نگهداری را بهینه کرده، در دسترس

بودن آنها را بهبود بخشیده و اختلالات سیستم را کاهش دهد. گرچه این موضوع بطور مشخص به درجه اتوماسیون مرتبط نیست ولی باید در معادلات اقتصادی یک پروژه اتوماسیون مد نظر قرار گیرد.

مزایا و معایب هزینه‌های تعمیرونگهداری

ارتقای یک سیستم میتواند هزینه‌های تعمیرونگهداری را کاهش دهد و راهکاری برای حل مشکلات استهلاک سیستم‌های قدیمی باشد. باید در نظر داشت که هزینه چرخه عمر بعضی از سیستم‌های ساده کمتر از سیستم‌های جدید میباشد (به عنوان مثال، سیستم‌های اینترلاکینگ بر مبنای رله الکترومکانیکال، طول عمر بیشتری نسبت به سیستم‌های اینترلاکینگ دیجیتال دارند). در مجموع، سیستم‌های جدید عملکرد بهتری دارند که میتوانند هزینه‌های تعمیرونگهداری را کاهش دهند.

هزینه‌های تعمیر و نگهداری ممکن است در خطوط GoA4 به دلیل تعداد بیشتر زیرسیستم‌های مورد استفاده (به عنوان مثال، دربهای محافظ سکو یا هر سیستم فرعی اضافه شده دیگر) افزایش یابد. سیستم‌های بدون راننده به طور کلی نیاز به کیفیت تعمیر و نگهداری بالاتری دارند که منجر به قابلیت اطمینان بالاتری می‌شود زیرا هیچ راننده‌ای به عنوان پشتیبان در سیستم در صورت خرابی وجود ندارد.

کاهش اندازه ناوگان

حتی با حفظ همان سرفاصله اعزام و ظرفیت مسافری قطارهای قبلی، اتوماسیون با بهبود سرعت تجاری، به لطف بهبود زمان اعزام (در مقایسه با ATP یا ATO قدیمی) و کنترل بهتر زمان توقف، ظرفیت مسافری را افزایش می‌دهد. از آنجایی که کابین راننده نیز وجود ندارد، در زمان مورد نیاز برای تعمیرونگهداری کابین راننده نیز صرفه جویی می‌شود و ظرفیت مسافری حدود 3 متر مربع برای کابین افزایش می‌یابد. این عوامل امکان کاهش اندازه ناوگان را فراهم می‌کنند.

جذاب‌تر کردن خط

یک خط کاملاً خودکار عموماً قابل اعتمادتر و انعطاف‌پذیرتر از خطوط غیراتوماتیک است. چنین خطی می‌تواند راحت‌تر به صورت پویا با نوسانات تقاضای ظرفیت سازگار شود زیرا طبیعتاً برنامه‌ریزی مجدد برای رانندگان یا خدمه قطار وجود ندارد.

انحصار فروشنده

در زمان بهره‌برداری از سیستم، وابستگی احتمالی به تامین‌کننده قطعات و تجهیزات سیستم موجود نه تنها برای توسعه خط، بلکه همچنین زمانی که بخش‌هایی از سیستم ارتقاء می‌یابد باید در نظر گرفته شود. وابستگی به تامین‌کننده ممکن است منجر به هزینه‌هایی شود که بالاتر از حد انتظار است. با اینحال باید خاطرنشان کرد که برای ارتقاء سیستم سیگنالینگ، حفظ تامین‌کنندگان قبلی میتواند از ایجاد چالش‌های فنی بزرگ (گاهی غیرقابل حل) جلوگیری کند.

هزینه های اقتصادی گسترده‌تر (مسائل اجتماعی-اقتصادی)

یک خط GoA4 قابل اعتمادتر از یک خط با سطوح پایین‌تر اتوماسیون است. به این معنی که تاخیرهای کمتری در حرکت قطارها وجود دارد که باید در مزایای اقتصادی (حذف هزینه‌های دیررسیدن افراد) در نظر گرفته شود. همچنین دربهای محافظ سکو (PSD) از ورود افراد غیر مجاز به خط و تصادفات و خودکشی جلوگیری میکنند که باعث افزایش ایمنی و صرفه جویی در هزینه‌های بیمه برای مسوولین میگردد.

مسائل فنی

اتوماسیون یک خط شامل زیرپروژه‌های فنی مختلفی مانند سیگنالینگ، مرکز کنترل عملیات (OCC)، دربهای محافظ سکوی ایستگاه، قطارها، دپوها و تعمیرگاهها است. پروژه‌های اتوماسیون بروان‌فیلد بسیار پیچیده هستند و شامل ملاحظات و چالش‌های فنی خاصی می‌شوند. در زیر به مهم‌ترین موارد اشاره شده است.

یکپارچه‌سازی سیستم‌های مختلف

یک خط GoA4 (Grade of Automation 4) نیاز به یکپارچه‌سازی سیستم‌های مختلف دارد. این کار نیازمند دانش فنی و درک خوب از سیستم‌های مختلف و مدیریت عالی روابط است که عملیات پیوسته و روان را تضمین می‌کند (برای مثال، هیچ راننده‌ای برای راه‌اندازی مجدد سریع قطار در صورت بروز نقص کوچک وجود ندارد). هرچند این موضوع در پروژه‌های گرین‌فیلد نیز صادق است، اما چالش برای پروژه‌های بروان‌فیلد به دلیل محدودیت‌های دیگر، مانند دسترسی محدود به مسیر که در بخش‌های دیگر این مقاله ذکر شده است، بیشتر است.

داشتن مستندات اصلی سیستم‌های قدیمی برای مشخص کردن و مدیریت فصل مشترک‌ها به‌ویژه در مراحل گذار اهمیت دارد. اگر مدارک به‌درستی در دسترس نباشند، ممکن است لازم باشد که جمع‌آوری اطلاعات و تحلیل

سیستم قدیمی (و در نهایت باقی‌مانده فصل مشترک‌ها) در قرارداد با تأمین‌کننده CBTC (Communication Based Train Control) گنجانده شود.

با توجه به ادغام در محیط موجود، موارد ایمنی باید در تمام مراحل کار و آزمایش، در همان سطح باقی بماند حتی برای فعالیتهایی که در شب انجام می‌شوند.

تکیه بر تخصص صحیح

پروژه‌های بروان‌فیلد ممکن است به‌جای استفاده از محصولات آماده بازار، نیاز به فناوری با مشخصات از پیش تعیین‌شده بسیار خاص داشته باشند. سازمان‌هایی که مسئول این پروژه‌ها هستند باید از ابتدای پروژه مطمئن باشند که به تخصص صحیح متکی هستند تا بتوانند راه‌حل‌ها و فرآیندهای فناوری مناسب را ارائه دهند. هر پروژه بروان‌فیلد باید تا حدی به سوابق فنی سیستم و محدودیت‌های اجتماعی (برای مثال، مخالفت رانندگان با تغییرات شدید در محیط سیگنال‌دهی در طول مرحله گذار) توجه داشته باشد. علاوه بر مسوولین پروژه، تأمین‌کنندگان نیز باید از تخصص کافی در این زمینه برخوردار باشند تا موفقیت پروژه و جلوگیری از افزایش هزینه‌ها تضمین شود.

همچنین این یک مزیت متمایز برای مدیر/اپراتور زیرساخت است که در داخل خود تیم‌های مهندسی با تجربه در کار سیگنالینگ و مدیریت پروژه داشته باشد که بتواند مناقصه‌ها را برگزار کرده و با تامین کنندگان همکاری نماید.

فضا برای تجهیزات جدید

فضای لازم برای نصب تجهیزات جدید مانند سیستم سیگنالینگ ممکن است محدود باشد. در برخی موارد ممکن است نیاز به ایجاد فضاهای جدید برای تجهیزات فنی باشد که خود چالش به همراه دارد. بسته به نوع سیستم، ممکن است نیاز باشد قطارها همزمان دارای هر دو سیستم سیگنالینگ باشند و البته فضای موجود در قطارها محدود است. این موضوع به‌ویژه زمانی چالش‌برانگیز است که ناوگان قدیمی قبل از اجرای پروژه اتوماسیون، در حال سرویس دهی بوده است.

همچنین ممکن است مشکلاتی در اتاق‌های اینترلاکینگ وجود داشته باشد در حالی که هر دو سیستم همزمان در حال کار هستند. سخت‌افزار جدید ممکن است فشرده‌تر باشد، اما به هر صورت سخت‌افزار اضافی مورد نیاز

است (به عنوان مثال، PSD نیاز به اینترفیس و کنترل دارد). راه حل‌های بیشتر میتوانند بر اساس فضای داخل سیستم در نظر گرفته شوند (مثلا داخل ایستگاهها).

پشتیبانی سیستم‌های سیگنالینگ

سیستم سیگنالینگ قدیمی می‌تواند به‌عنوان یک سیستم پشتیبان پس از فاز انتقال حفظ شود تا برای تشخیص قطارهای ثانویه (که مثلاً برای نظارت بر خط در صورت اختلال در CBTC استفاده می‌شوند) به کار رود. این سیستم همچنین ممکن است برای تشخیص شکستگی ریلهای خط مفید باشد گرچه کافی نیست. در عین حال باید به‌دقت بررسی شود که آیا استفاده مجدد از سیستم موجود برای تشخیص قطار ثانویه به‌صرفه است یا خیر. به هر حال هزینه طول عمر داشتن یا حذف سیستم ثانویه سیگنالینگ باید در نظر گرفته شود.

اگر کل شبکه تبدیل شود، می‌تواند فرصتی برای تجهیز قطارهای فعال به CBTC باشد. این موضوع همچنین ممکن است بر تصمیم برای حفظ یا عدم حفظ سیستم ثانویه تأثیر بگذارد.

هنگامی که سیگنالینگ قبلی حفظ شود، سیگنالهای ارسالی برای حفظ فاصله قطارها به دلیل کارکرد صحیح GoA4 نادیده گرفته می‌شوند. البته اپراتورها ممکن است فکر کنند که مسافران در صورت مشاهده عبور قطارهای خط ارتقاء یافته از سیگنال‌های قرمز نگران شوند اما تجربه RATP در پاریس، این موضوع را تایید نکرد.

نصب CBTC روی ناوگان

نصب CBTC بر روی ناوگان قدیمی امکان‌پذیر اما چالش‌برانگیز است. ولی این تنها مشکل نیست.

ممکن است نیازهای خاصی مانند دقت توقف ناوگان برای تطابق با دربهای سکو نیز وجود داشته باشد که با برخی سری‌های ناوگان هماهنگ نشود. همچنین مشکلاتی مانند توانایی ناوگان در مدیریت ارتباطات صوتی بین اینترکام‌ها و OCC که برای قطارهای بدون راننده حیاتی است یا ایجاد امکانات جدید برای تخلیه مسافران وجود دارد. بعلاوه در قطارهای قدیمی، تنظیمات ممکن است دیگر یکسان نباشند زیرا هر قطاری در طول عمر خود تا حدودی تغییر کرده است.

تجهیزات دوگانه قطارها ممکن است ظرفیت داخل آنها را حداقل به طور موقت کاهش دهد. علاوه بر این، قطار دارای دو تجهیزات ممکن است بر روی در دسترس بودن ناوگان با خروج برخی از قطارها تأثیر بگذارد که میتواند ظرفیت خط را به طور موقت تحت تاثیر قرار دهد.

بنا به دلایلی که در بالا ذکر شد، در صورتی که امکان انتقال قطارهای موجود به خط دیگری در شبکه و استفاده از قطارهای جدید مجهز به GoA4 در این خط به جای قطارهای قدیمی وجود نداشته باشد، پایان عمر قطارهای موجود می‌تواند زمان مناسبی برای اتوماسیون یک خط باشد.

پهنای باند برای سیستم‌های ارتباطی

وجود سیستم‌های ارتباطی رادیویی کارآمد برای CBTC در یک خط مترو اتوماتیک حیاتی است. علاوه بر راه‌اندازی سیستم سیگنالینگ جدید، باید به امنیت پهنای باند اختصاصی و مناسب برای سیستم‌های ارتباط رادیویی توجه شود.

ارتباطات بین مرکز کنترل عملیات (OCC) و مسافران

یک سیستم اینترفون قابل‌اعتماد که امکان برقراری ارتباط بین OCC و مسافران را فراهم کند برای یک خط GoA4 الزامی است. اگر سیستم به‌درستی کار نکند، حضور یک متصدی در هر قطار ضروری خواهد بود که یکی از مزایای اصلی عملیات کاملاً خودکار را از بین می‌برد.

از دیگر عوامل چالش‌برانگیز، نصب سیستم ارتباطات لحظه‌ای بین قطار و مدارهای اطراف خط برای CCTV است.

انتقال مسئولیت‌ها از راننده

مرکز کنترل عملیات (OCC) باید برخی از فعالیت‌هایی را که قبلاً توسط راننده انجام می‌شد، به‌عهده بگیرد که این امر به افزایش مسئولیت‌های نظارتی و کنترلی OCC منجر می‌شود.

همچنین برخی از سیستم‌ها برای کمک به افراد معلول به راننده متکی هستند. در سیستم جدید بدون راننده، راه حلهای دیگری در این مورد باید ارائه شود.

نرم‌افزار و امنیت سایبری

خطوط اتوماتیک نیاز به تدابیر قوی‌تر امنیت سایبری نسبت به خطوط غیراتوماتیک دارند. مراحل مختلف گذار و تجهیزات مرتبط در پروژه‌های بروان‌فیلد پیچیدگی خاصی به این مسئله اضافه می‌کنند.

سیستم‌های محافظت از خط

سیستم‌های محافظت از خط مانند دربهای سکو (PSD) یا سیستم‌های تشخیص ورود به خط باید با سیستم‌های دیگر مانند ناوگان هماهنگ باشند. این کار از طریق عملیات سیگنالینگ انجام می‌شود. بسته به استراتژی مهاجرت و در مرحله انتقال، این موضوع در برخی موارد با استفاده از روشی متفاوت از سیستم CBTC جدید به دست می‌آید. البته قطارها باید خیلی دقیق متوقف شوند تا با PSD هماهنگ گردند.

نصب دربهای محافظ سکو

نصب دربهای محافظ سکو نیاز به کارهای عمرانی در سکوی ایستگاه‌ها دارد. این دربها گاهی نیاز به تقویت دارند تا فشار جمعیت و اثرات پیستونی ناشی از حرکت قطارها را تحمل کنند. انتقال تجهیزات مورد نیاز به ایستگاه‌ها خارج از ساعات سرویس‌دهی چالشی بزرگ است. سکوهای منحنی ممکن است به سیستم‌های پیچیده‌ای نیاز داشته باشند تا فاصله بین قطار و سکو را ایمن کنند.

درصورتیکه که مشکلی به دلیل توزیع ناهمگن دربهای قطار یا ظرفیت قطار وجود داشته باشد، یک راهکار می‌تواند استفاده از استراتژی انجام شده توسط RTM در مارسی باشد که در ابتدا شامل تغییر قطار، سپسCBTC، سپس نصب PSD، و در پایان حذف رانندگان شد.

تست، راه‌اندازی و دوره‌های آزمایشی

تست، راه‌اندازی و راهبری آزمایشی در پروژه‌های بروان‌فیلد به دلیل زمان محدود دسترسی به خط، طولانی‌تر است. یک روش کارآمد برای پیش‌بینی عدم انطباق عملیاتی/فنی، درخواست یک پلت‌فرم شبیه‌سازی برای آزمایش کامل و بالاتر از همه سناریوهای حرکتی و مقرراتی است.

اگر سیستم دارای یک خط مستقل باشد که در آن تست و راه‌اندازی انجام شود باعث صرفه‌جویی در زمان باارزش تعمیرونگهداری خط و هم‌چنین در سایر فعالیتها و کارهای مربوط به ارتقای خط می‌گردد.

حذف یا نگهداری کابین راننده

حذف کابین راننده علاوه بر ایجاد فضای اضافی برای مسافران، باعث بوجود آمدن دید مناسب مسیر برای کودکان و بزرگسالان میگردد. گرچه حفظ کابین راننده برای راحتی و ایمنی راننده هنگام رانندگی در حالت غیر اتوماتیک مفید است، با این حال اکثر قریب به اتفاق خطوط GoA4 (گرین فیلد و براون فیلد) کابین راننده ندارند.

"بیگ بنگ" یا انتقال به روش ناوگان مختلط

محدودیت‌های تحقق پروژه، نوع مهاجرت را که "بیگ بنگ" یا انتقال به روش ناوگان مختلط است تعیین میکند. در هر دو مورد، در یک دوره مشخص چندین سیستم نصب خواهد شد. این سیستم‌ها باید به طور همزمان نگهداری شوند و بنابراین آمادگی کارکنان و وجود قطعات یدکی مهم است.

در صورت استفاده همزمان از قطارهای GoA1/2 و GoA4 در خط (به عنوان مثال خط 1 و خط 4 پاریس)، حفظ سیستم سیگنالینگ قدیمی در این دوره انتقال ضروری است. چالش دیگر در دوره انتقال این است که OCC باید قطارهای با راننده و بدون راننده را مدیریت کند. اگر همزمان دو سیستم OCC در مرحله انتقال با هم کار کنند، باید طوری عمل کرد که از نظر اپراتورها فقط یک سیستم بنظر آید.

بیشتر اوقات، بیگ بنگ یا انفجار بزرگ به دلیل تحویل ناگهانی قطارها، به OCC محدود می شود. به عنوان مثال در مارسی موارد زیر وجود دارد:

- مهاجرت "بیگ بنگ" برای OCC با ATS جدید و نظارت بر منبع تغذیه.
- یک دوره انتقال با استفاده ترکیبی از GoA2 با سیستم فاصله‌گذاری قدیمی قطارها و قطارهای قدیمی و GoA2 با قطارهای جدید و CBTC (داشتن یک نیروی امنیتی در قطار تا عملکرد کامل PSD اجباری است). این انتقال به مدت یک سال در زمان تحویل قطارها ادامه خواهد داشت.

برای شبکه‌های بزرگتر، مهاجرت جغرافیایی نیز میتواند یک گزینه باشد. در این حالت بخش‌های مختلفی از شبکه یک به یک منتقل میشوند و سپس کنترل قطار بین سیستم قدیم و جدید در یک منطقه انتقال انجام میشود، به عنوان مثال در یک ایستگاه. اگر هدوی قطارها کم باشد، دوره انتقال مشکل خواهد بود و نیاز به یک مکانیسم و رویه انتقال اختصاصی است. چنین فرآیندی در نصب CBTC در متروی بروکسل انجام شده است.

هنگام انتخاب بهترین روش مهاجرت برای یک پروژه خاص، فاکتورهای مختلفی باید در نظر گرفته شوند. به عنوان مثال، ظرفیتی که میتواند در طول مهاجرت ارائه شود. همچنین خطرات و مدت زمان دریافت تاییدیه‌های ایمنی مرتبط با مهاجرت.

وابستگی متقابل با پروژه های همزمان

ارتقاء سیگنالینگ به عنوان یک پروژه براون‌فیلد به ندرت میتواند به عنوان یک پروژه مستقل مورد توجه قرار گیرد. سایر فعالیت‌های همزمان در شبکه عملیاتی مانند کامل شدن ناوگان قطار و به‌روز رسانی آن، ترکیب قطار در منطقه خاصی از شبکه، اولویت‌های تعمیرونگهداری و غیره باید شناسایی شوند و وابستگی‌های متقابل بین آنها باید از نظر کاهش ریسک احتمالی تجزیه و تحلیل شود.

کوپلینگ اتوماتیک

یک پروژه براون‌فیلد همچنین میتواند فرصتی برای معرفی/شروع کوپلینگ اتوماتیک واگنها باشد. کوپلینگ اتوماتیک امکان امداد و نجات اتوماتیک و فوری را درصورت بروز مشکل در یک قطار فراهم می‌کند. این موضوع امکان استفاده از قطارهای کوتاه/بلند را بر اساس نیاز فراهم میکند، به عنوان مثال نوع روز (روزهای کاری/غیرکاری هفته) و دوره روز (ساعات اوج/غیر اوج مسافری). این کار می‌تواند مسافت طی شده سالانه توسط قطارها را بطور قابل توجهی کاهش دهد (30٪ در مورد خط B لیون). این موضوع همچنین اثرات داشتن یک واگن خراب در سیستم را که در نتیجه آن اپراتور باید یک قطار کامل را از سرویس خارج کند، کاهش خواهد داد.

مطالعه موردی: کوپلینگ اتوماتیک برای خط B متروی Lyon

خط B متروی Lyon که در سال 1975 با سیستم GoA2 افتتاح شد و در سال 2022 به GoA4 ارتقاء یافت مثال خوبی برای استفاده از فرصت پروژه اتوماسیون برای معرفی کوپلینگ خودکار میباشد.

Sytral، مسوول حمل و نقل عمومی شهر لیون با دو مشکل روبرو بود، یکی افزایش ترافیک مسافری و دیگری فرسودگی قطارها و سیستمهای حمل‌ونقل. برای حل مشکلات فوق، پروژه‌ای با نام"Avenir Metro" تهیه و توسط اپراتور Keolis برای رسیدگی به این دو چالش پیاده‌سازی شد.

با در نظر گرفتن بهترین روشها برای بهبود ظرفیت و ارائه خدمات و کاهش هزینه‌ها، Keolis یک مطالعه و آزمایش برای نشان دادن مزیت استفاده از قطارهای طولانی در ساعات اوج مسافری (قطارهای چند واگنه/ قطارهای 4 واگنه) و قطارهای کوتاه خارج از ساعات اوج مسافری (قطارهای تک واگنه/قطارهای 2 واگنه) انجام داد. با اجرای این عملیات برای خط B متروی لیون انتظار میرود تا 30٪ از کیلومتر طی شده توسط واگنها کاهش یابد، حدود 30٪ در برق مصرفی کششی و حدود 30٪ در تعمیر و نگهداری قطارها صرفه جویی گردد (همچنین باعث افزایش 30 درصدی طول عمر قطارها شود).

در نتیجه، قطارهای قدیمی 3 واگنه که در سال 1975 تهیه شده بودند با قطارهای دو واگنه کاملاً جدید که قابلیت اعزام بصورت تک قطار 2 واگنه (ظرفیت 325 نفر) یا قطارهای 4 واگنه (ظرفیت 650 نفر) با کوپلینگ و جداسازی اتوماتیک در ساعات پیک را دارند، جایگزین شدند.

انتخابهای دیگر

انتخاب‌های دیگری که میتواند در پروژه های اتوماسیون مترو (گرین فیلد و براون فیلد) انجام شود شامل اتوماسیون مسیر و دپوپارکینگ، اعزام قطار بصورت اتوماتیک، داشتن OCC مجزا یا مشترک با خطوط دیگر، امدادرسانی به قطار (اتوماتیک یا بصورت دستی)، برون‌سپاری یا انجام داخلی عملیات تعمیر و نگهداری و/یا بهره‌برداری از سیستم و غیره می‌باشد.

مطالعات موردی: انتخابهای مربوط به سیستم‌های حفاظت مسیر (PSD، آشکارسازها)

نصب انواع مختلف PSD یا استفاده ازسیستم‌های تشخیص موانع می‌تواند به عوامل فنی (از جمله ایمنی و عملکرد) و عوامل اقتصادی بستگی داشته باشد. در زیر چند نمونه شرح داده شده است:

در **متروی کپنهاگ** (گرین فیلد GoA4)، ایستگاههای روی زمینی در ابتدا فقط به سیستم‌های تشخیص موانع مجهز بودند. با این حال، پس از چند سال تصمیم گرفته شد که با توجه به راندمان مثبت PSDها در افزایش ایمنی، این دربها در اینگونه ایستگاهها نصب شوند. سیستمهای تشخیص موانع برای ایستگاه‌های روی زمینی به دلیل اعلام هشدارهای کاذب مناسب نیستند.

به این جهت برای پروژه اتوماسیون GoA4 متروی S-bane کپنهاگ (که عمدتا بالای زمین است)، PSD در نظر گرفته شد اما در نهایت به دلیل هزینه‌های بالای این سیستم، این پروژه عملیاتی نشد.

در **بارسلونا**، جدا از هزینه قطارهای جدید، نصب PSD بالاترین هزینه را در قرارداد اولیه پروژه اتوماسیون خط 1 داشت.

در **نورنبرگ**، زمانی که U2 به سیستم کاملاً خودکار تبدیل شد، سیستم حفاظت مسیر دیگری (ردیاب رادار) به جای PSD نصب شد.

در **لیون**، برای تبدیل خط B از GoA2 به GoA4 در سال 2022، سیستم حفاظت (آشکارسازهای مادون قرمز) مشابه خط D موجود گرین فیلد GoA4 که در سال 1991 افتتاح شده بود استفاده شد.

همانطور که برخی از موارد بالا نشان می‌دهد، آشکارسازها میتوانند جایگزینی برای PSD باشند. این سیستم می‌تواند از تصادف در هنگام سقوط اشیاء یا افراد روی ریل جلوگیری کند. با این حال این سیستم نمیتواند هنگام وقوع چنین حوادثی از اختلال در ترافیک جلوگیری کند.PSD ها برای نصب بسیار گرانتر و پیچیده‌تر هستند، اما یک مزیت آنها این است که میتوانند از وقوع چنین اتفاقاتی جلوگیری و در نتیجه به قابلیت اطمینان سیستم کمک کنند.

منابع انسانی

مسائل مربوط به کارکنان، از اجزای کلیدی هر پروژه مهاجرت به GoA4 است. افرادی که پروژه را مدیریت می‌کنند باید به جنبه‌های کلیدی مانند پذیرش اجتماعی، اتحادیه‌های کارگری، مشاغل و مهارت‌های جدید، آموزش و تغییرات در فرهنگ بهره‌برداری توجه داشته باشند. باید اطمینان حاصل شود که مسوولان حمل و نقل عمومی از جنبه انسانی پروژه آگاه هستند زیرا این موضوع در موفقیت یا ایجاد ریسک در پروژه موثر است.

مخالفت اتحادیه‌های کارگری می‌تواند باعث تأخیر یا حتی توقف پروژه شود. برخی از رانندگان احتمالاً در زمان ارتقای خط به حالت بدون راننده، به سن بازنشستگی می‌رسند اما این موضوع برای همه رانندگان صدق نمی‌کند. تغییر وظیفه آن‌ها باید به‌دقت برنامه‌ریزی شود.

آموزش برای اپراتورها یک چالش بزرگ است. آموزش مهندسان و کارکنان تعمیر و نگهداری نیز کلیدی است زیرا سیستم‌های جدید برای خطوط خودکار می‌توانند بسیار متفاوت از سیستم‌های قبلی باشند. ممکن است برخی از تیم‌های فنی نسبت به مشارکت در چنین پروژه‌ای مردد باشند، زیرا این کار نیاز به دانش مهندسی و سیستم‌های متعدد دارد و شامل تصمیم‌گیری‌های زیادی است. آموزشهای متفاوتی برای تمام مراحل مهم پروژه لازم است.

مدیریت تغییرات منابع انسانی مهم است. موارد زیر به تعدادی از ملاحظات اشاره میکند.

پست‌های چند رشته‌ای جدید

حذف وظایف مشترک بین مشاغل عملیاتی می‌تواند در نهایت باعث افزایش رضایت کارکنان شود. همچنین می‌تواند طرز فکر و فرهنگ کارکنان در داخل شرکت را تغییر دهد. ابعاد مشتری‌محور نقش‌های جدید می‌تواند به افزایش رضایت مسافران نیز کمک کند.

ارائه وظایف جدید به رانندگان

برخی از رانندگان می‌توانند به مأموران سیار تبدیل شوند. آن‌ها می‌توانند وظایف مختلفی مانند خدمات‌دهی به مسافران، تعمیرات جزئی و رانندگی در شرایط استثنایی را با هم ترکیب کنند. معمولاً مأموران سیار در سراسر شبکه مستقر می‌شوند تا بتوانند به‌سرعت به قطارها یا ایستگاه‌ها دسترسی پیدا کنند. انتقال رانندگان به موقعیت‌های خدمات مسافری به بهبود خدمات مشتری کمک می‌کند.

همه رانندگان خطوط سنتی مهارت‌های خاصی مانند ارتباط با مسافران را برای تبدیل شدن به مأموران سیار ندارند. بنابراین باید موقعیت‌های دیگری برای تبدیل حرفه‌ای آن‌ها ارائه شود. در شبکه‌های بزرگ‌تر، ممکن است ترجیح داده شود تمام رانندگان به خطوط دیگر منتقل شوند و فرآیند انتخاب برای کارکنان جدید برای خطوط بدون راننده انجام شود تا از داشتن پروفایل‌های مناسب اطمینان حاصل شود.

برخی از رانندگان ممکن است در قسمت OCC مشغول به کار شوند.

بهره‌گیری از تغییرات استراتژیک منابع انسانی

اپراتورهای یک شبکه بزرگ مترو می‌توانند رانندگان را به خطوط با راننده منتقل کنند. برای شبکه‌های کوچک‌تر، این امر می‌تواند کمک‌کننده باشد، اما احتمالاً به‌تنهایی راه‌حل نخواهد بود. یک راه‌حل مکمل می‌تواند این باشد که رانندگانی را که در سال‌های قبل از تغییر به سیستم اتوماتیک بازنشسته می‌شوند، با رانندگانی که قرارداد آن‌ها شامل وظایف مختلط و تغییر به یک وظیفه دیگر پس از تبدیل خط است جایگزین کرد.

در مورد یک شبکه چندوجهی، به عنوان مثال میتوان کارکنان جدیدی استخدام کرد که بصورت پاره وقت راننده اتوبوس، تراموا و قطار باشند و پس از تبدیل سیستم مترو به اتوماتیک، فقط اتوبوس رانندگی کنند (به مطالعه موردی مارسی در زیر مراجعه کنید).

مطالعه موردی: رانندگان اتوبوس و مترو مارسی - فرانسه

از سال ۲۰۱۸، RTM رانندگانی را استخدام میکند که شش ماه در سال قطار و شش ماه دیگر اتوبوس رانندگی می‌کنند. پس از اتوماسیون کامل دو خط مترو، این رانندگان فقط اتوبوس خواهند راند. در زمان انتشار این گزارش، RTM دیگر رانندگان مترو را استخدام نکرد. تعداد "رانندگان سیستم قدیمی" با بازنشستگی آنها در حال کاهش بود (بازنشسته شدن 50 راننده در چهار سال و کاهش تعداد آنها از 120 به 70 نفر). در این ارتباط یک واحد سازمانی برای حمایت از رانندگان باقیمانده ایجاد شده و برای هر یک از این رانندگان یک وظیفه جدید که عمدتا شغل عملیاتی است در نظر گرفته خواهد شد. 60 نفر از این رانندگان برای شبکه تمام اتوماتیک انتخاب می‌شوند و 10 نفر باقیمانده در سال 2025 در توسعه خط 2 مشغول به کار خواهند گردید.

از آنجایی که شغل رانندگان قطار دارای سختی‌های زیادی است، RTM تصمیم گرفت تعداد رانندگان را 100٪ افزایش دهد. این رانندگان جدیدالاستخدام مسولیت رانندگی قطار و تراموا را به عهده خواهند داشت و در زمان توسعه برنامه‌ریزی شده خط، راننده تراموا خواهند شد. البته بهترین روش داشتن مجموعه‌ای از راه‌حل‌ها است.

RTM همچنین یک شغل عملیاتی ایجاد کرده که هر فرد مسئول سه ایستگاه خواهد بود که در عرض 10 دقیقه قابل دسترسی هستند، یعنی 10 کارمند در کل شبکه به طور همزمان، در سه شیفت بین ساعت 4 بامداد تا 2 بامداد روز بعد. بخشی از وظیفه این افراد حل مشکلات PSD و قطارهای در حال رانندگی در صورت نیاز و همچنین اطلاعات مشتری می‌باشد.

برای پروژه تبدیل، RTM دو توافقنامه با اتحادیه‌ها منعقد کرد. توافقنامه اول شامل شرایط ارایه مشاوره و جلسات دوره‌ای و توافقنامه دوم توافقنامه چند مهارتی بود. RTM معتقد است که این موضوع به روند مذاکره و دستیابی به نتایج کمک کرده است. همه اینها بر اساس پیش‌بینی انجام شده است اما طرف مقابل آن بی‌صبر بوده و تمایل به انجام ماموریت‌های جدید دارد. در نتیجه، انتظارات باید ارزیابی شوند.

آموزش

آموزش کارکنان برای پروژه‌های تبدیل به خطوط بدون راننده چالشی بزرگ است و نباید دست کم گرفته شود. این موضوع برای رانندگان قدیمی، سایر کارکنان عملیاتی و مهندسین تعمیر و نگهداری صدق می‌کند. به عنوان مثال، CBTC در مقایسه با سیستم‌های قدیمی عمدتا مبتنی بر نرم‌افزار است.

موضوع بازآموزی نیز ضروری است. خوشبختانه خطوط مدرن بدون راننده بسیار قابل اعتماد هستند. با این وجود، آمادگی برای مداخله سریع کارکنان در موارد (نادر) خرابی یا اختلال ضروری است. برای این منظور، کارکنان باید در مورد اقداماتی که می‌بایست در موارد خاص انجام دهند آموزش ببینند.

همچنین لازم است خطرات ناشی از دسترسی کارکنان به خط برای تعمیرونگهداری برنامه‌ریزی شده/نشده را مدیریت نموده و قوانین و دستورالعمل‌های اضافی برای خطوط غیراتوماتیک را اعمال نمود.

به طور خلاصه، دوره‌ها و دستورالعمل‌های آموزشی موجود باید با دانش جدید پرسنل عملیاتی، تعمیرونگهداری و کارکنان مهندسی تطبیق داده شوند.

برنامه‌ریزی با اتحادیه‌ها از مدت‌ها قبل

اتحادیه‌های کارگری برای موفقیت پروژه اتوماسیون باید مشارکت موثر داشته باشند. تجربه نشان میدهد که مذاکرات اپراتورهایی که اتحادیه‌های رانندگان دارند می تواند چالش برانگیزتر باشد. اتحادیه‌های بین شرکتی میتواند راه‌حل‌های مشترک و مناسب را جهت همدلی کارکنان ارایه نمایند.

ایجاد حس تعلق به پروژه در کارکنان

اتوماسیون سیستم جزیی از نوسازی شبکه است و باید برای پرسنل و مسافران مزیت داشته باشد. در صورتیکه پرسنل خود را جزیی از سیستم بدانند، به پیشرفت پروژه کمک خواهند کرد. برقراری ارتباط و سازماندهی رویدادها می‌تواند در این زمینه موثر باشد. از آنجایی که پروژه‌های براون‌فیلد ممکن است طولانی باشند، رسیدن به اهداف بلند مدت ممکن است باعث شود که کارکنان احساس مشارکت کمتری در پروژه بکنند. لذا مهم است که یک تیم باتجربه ایجاد کرد که از همان ابتدا راهبری پروژه را به عهده داشته باشد.

برنامه ریزی مرحله انتقال

بسیار مهم است که چالش‌های بالقوه‌ای را که مختص مرحله‌گذار هستند در نظر داشت، مثلا برای سناریویی که در آن قطارهای بدون راننده و با راننده (قدیمی) با هم در شبکه حرکت می‌کنند. به عنوان مثال، پس از نصب PSD در خط 4 متروی پاریس و قبل از استفاده از آن، زمانی که رانندگان اظهار عدم اطمینان به تصاویر دوربین‌ها به جهت امنیت مسافران کردند، RATP به رانندگان اطمینان داد که تصاویر دوربینها دید کافی را از سوار شدن مسافران در اختیار آنها قرار میدهد. در مارسی تصمیم گرفته شد که تا زمانی که قطارهای قدیمی از

رده خارج نشده و PSD بطور کامل عملیاتی نشده است، رانندگان همچنان در قطارها حاضر بوده و وظیفه نظارت و فشار دادن دکمه شروع را به عهده داشته باشند (در واقع یک مرحله در GoA2 قبل از GoA4 وجود خواهد داشت).

تغییر در طرز فکر

اگر دپوهای اتوماتیک شوند، طرز تفکر کارکنان تعمیرونگهداری نیز باید تغییر کند. این موضوع بیشتر یک مسئله انسانی و سازمانی است تا فنی.

تغییر فرهنگ فقط برای رانندگان نیست. شبکه‌هایی که هر دو سیستم بدون‌راننده و با راننده دارند ساختار سازمانی متفاوتی برای این دو نوع خط دارند. بعضی مزایای خطوط اتوماتیک میتواند الهام بخش برای تغییر سیستم‌های قدیمی به سیستم اتوماتیک GoA4 باشد.

حفظ کارشناسان در طول مدت پروژه

از آنجایی که پروژه‌های اتوماسیون براون فیلد می‌توانند طولانی باشند، حفظ پرسنل متخصص در تیم پروژه یا نزد پیمانکار یکی از چالش‌ها میباشد. این موضوع میتواند به دلیل گردش مالی بالا در طول پروژه، یا حتی وجود چندین پروژه هم‌زمان باشد که نیاز به پرسنل متخصص را افزایش میدهد.

مطالعه موردی: استقرار مجدد راننده پاریس و عملکردهای جدید

در زمان تبدیل خطوط 1 و 4 متروی پاریس و به دلیل بزرگی شبکه، امکان انتقال رانندگان به خطوط دیگر وجود داشت. علاوه بر انتقال به خطوط دیگر که شامل مشوق های مالی نیز بود، برخی از رانندگان به سمت‌های مدیریتی ارتقاء یافتند.

رانندگانی که از خطوط 1 و 4 به سایر خطوط منتقل شدند عمدتاً افراد مسن بودند و این موضوع باعث شد که رانندگان جوانتر در این 2 خط باقی بمانند. این موضوع البته چالش برانگیز بود زیرا رانندگان کمی مانده بودند که میتوانستند تجربه خود را با رانندگان جوان به اشتراک بگذارند.

در زمان این تبدیل‌ها، کارکنان پروژه‌ها لحظات چالش برانگیزی را تجربه کردند. لذا RATP توسط ارتباطات ویژه، سازماندهی رویدادها و تیم‌سازی سعی کرد محیطی را بوجود بیاورد که کارکنان احساس کنند که بخشی از این پروژه‌های "ماجراجویی" هستند.

سازمان‌دهی پروژه

همان‌طور که پیش‌تر ذکر شد، موفقیت در اتوماسیون یک خط نیازمند دانش فنی، درک مناسب از سیستم‌های مختلف و مدیریت مناسب کارکنان است. این موضوع همچنین نیاز به آماده‌سازی دقیق و مدیریت تمام مراحل و فازهای پروژه دارد. مدیریت پروژه باید شامل فرآیند مهاجرت، مراحل پروژه، یکپارچه‌سازی و غیره باشد.

مقامات مسوول حمل و نقل عمومی که قبلاً تجربه‌ای با یک خط GoA4 گرین‌فیلد داشته باشند، مزیت قابل‌توجهی دارند. نداشتن چنین تجربه‌ای نباید مانعی برای شروع یک اتوماسیون متروی بروان‌فیلد باشد، اما ممکن است پروژه نیاز به حمایت از تجربه‌های خارجی داشته باشد.

سازمان‌دهی خوب پروژه یکی از عوامل موفقیت آن است. این موضوع در پروژه‌های پیچیده اتوماسیون متروی بروان‌فیلد اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. ملاحظات کلیدی برای سازمان‌دهی پروژه در زیر آورده شده است.

هماهنگی زیرپروژه‌ها

یک پروژه اتوماسیون از چندین زیرپروژه تشکیل شده است، مانند سیگنالینگ، سیستم‌های محافظت از خط (دربهای محافظ سکوی و حفاظت کنندها)، منابع انسانی، ناوگان، تطبیق دپو و غیره. هر یک از زیرپروژه‌ها به پیشرفت سایر زیرپروژه‌ها وابسته است. آن‌ها باید به‌دقت برنامه‌ریزی شوند تا از افزایش زمان و هزینه پروژه جلوگیری شود. برنامه‌ریزی باید دقیق و قابل‌انطباق باشد. استفاده از یک هماهنگ کننده با تجربه خارج از سازمان در پروژه‌های تبدیل، راهبری و نگهداری نیز می‌تواند به موفقیت پروژه کمک کند. چالش ادغام پروژه را نباید کم اهمیت شمرد.

همسو کردن اهداف تیم‌های مختلف (در داخل پروژه و با سایر پروژه‌ها)

ممکن است نگرانی‌ها و اهداف متفاوتی بین تیم‌های هدایت‌کننده پروژه اتوماسیون و تیم‌های راهبری و نگهداری وجود داشته باشد. برای تیم‌های راهبری و نگهداری، اولویت اصلی حفظ عملکرد سیستم و نگهداری آن است که ممکن است با اهداف تیم پروژه تضاد داشته باشد. ارتباطات و هماهنگی قوی و ایجاد رویکرد "تیم واحد" با انگیزه‌هایی که گروههای مختلف را به همسو کردن اهداف تشویق می‌کند، حیاتی است.

سازماندهی پروژه نیاز به مشارکت تیم‌های راهبری و نگهداری از شروع پروژه دارد که منجر به ایجاد راهکارهایی می‌شود که مورد قبول هر دو تیم هستند.

سازمان‌دهی پیمانکار

به دلیل پیچیدگی پروژه‌های اتوماسیون، مهم است که با چگونه سازمان‌دهی پرسنل کلیدی پیمانکاران آشنا شد، از جمله مدیر پروژه، مسوول زیرسیستم‌ها و ادغام زیر مجموعه‌ها، مدیران کیفیت و غیره. همچنین باید اطمینان حاصل شود که تأمین‌کنندگان نیز تیم قوی در اختیار دارند. مکانیسم‌های انگیزشی برای تشویق پیمانکار اصلی سیستم و سایر تأمین‌کنندگان به نگه‌داشتن تیم‌های متخصص در طول پروژه نیز می‌تواند در نظر گرفته شود.

تیم‌های مختلط

مدیریت رابطه مثلثی (مسوول/حامی پروژه، اپراتور، تأمین‌کنندگان) چالش‌برانگیز است. پیشنهاد می‌شود تیم‌های مختلط متشکل از کارکنان بهره‌بردار یا مدیراموال و پیمانکاران ایجاد شود تا از ارتباطات و انگیزه مناسب برای اطمینان از پیشرفت پروژه و در نهایت تحویل پروژه اطمینان حاصل شود. اگر مدیر پروژه بهره بردار سیستم نباشد، ضروری است که اپراتور/بهره‌بردار از همان ابتدا به‌طور نزدیک درگیر سیستم شود.

تعامل زودهنگام مدیران آینده سیستم‌های سیگنالینگ مفید است. این افراد باید هر چه زودتر در تست و راه‌اندازی سیستم شرکت کنند.

در نظر گرفتن ارتقاهای تدریجی و خطرات مرتبط

ارتقای یک سیستم به‌صورت مرحله‌ای رویکردی است که فشردگی کمتری نیاز دارد و بنابراین تداخلات و مشکلات کاری را محدود می‌کند. این رویکرد همچنین تضمین می‌کند که هر زیرسیستم برای کل عمر مفید خود استفاده می‌شود (به عنوان مثال، سیستم رادیویی عمر کوتاه‌تری نسبت به سایر زیرسیستم‌ها دارد).

به روزکردن سیستم سیگنالینگ برای مهاجرتهای GoA2 به GoA2 یا مهاجرت‌های GoA4 به GoA4 می‌تواند به راحتی انجام پذیرد اما برای مهاجرت‌های GoA2 به GoA4 بسیار مشکل است و تنها در صورتی امکان‌پذیر است که همان تامین کننده، اینترفیس‌ها را مدیریت کند.

ارتباط مستمر با ذینفعان اصلی برای جلوگیری از موارد غیرمنتظره (بهره‌برداری یا فنی) که در طول مدت پروژه رخ میدهد ضروری است.

ارتقاء مرحله‌ای برای مهاجرت به GoA4 می‌تواند به این معنی باشد که پروژه مورد نظر پتانسیل تغییر در اراده سیاسی مسوولین برای تکمیل آن با گذشت زمان را دارا میباشد. علاوه بر این، اگر ارتقاء شامل یک فاز GoA3

میانی برای ایمنی باشد، بحث در مورد حذف افراد متخصص مستقر در قطار میتواند دشوار باشد. بنابراین حکمرانی قوی و پایدار عامل موفقیت است.

دسترسی محدود به مسیر

بیشتر شبکه‌ها نمی‌توانند خطوط را به‌ویژه در روزهای هفته ببندند، لذا ساعات خارج از سرویس‌دهی برای انجام کارها بسیار محدود است، به‌ویژه از آنجا که فعالیت‌های نگهداری نیز باید در آن زمان انجام شود. بهینه‌سازی زمان موجود بسیار کلیدی است. اگر وقفه در راهبری سیستم برای نصب و آزمایش‌ها لازم است، باید در زمان‌هایی انجام شود که کمترین اختلال را ایجاد کند، مثلاً در شب‌ها یا آخر هفته‌ها.

از جمله عوامل چالشی، پیدا کردن زمان مناسب دسترسی به سیستم بین تیم‌های پروژه و تیم‌های تعمیر و نگهداری است.

مدیریت ارشد باید شناخت کافی در مورد تداخلات کاری بین واحد عملیات (که مسوول راهبری قطارها است) و واحد نصب و تست (که خواهان توقف خدمات مسافری برای نصب تجهیزات و راه‌اندازی قطارهای آزمایشی میباشد) داشته باشد. تصمیم‌گیری در مورد برنامه‌ریزی مجدد فعالیت‌ها و تمدید بالقوه توقف خدمات مسافری باید سریع باشد. داشتن یک کمیته راهبری مسئول برنامه‌ریزی یا برنامه‌ریزی مجدد یا اولویت دادن به فعالیت‌ها، ضروری است.

یکپارچه‌سازی سیستم‌ها و ایمنی

مسایل ایمنی باید در تمام مراحل مختلف پروژه گنجانده شود. به عنوان مثال در زمان عملیات به‌سازی طول مسیر (خط)، تمام تجهیزاتی که در طول شب نصب شده‌اند باید فردای آنروز کنترل شوند که با تجهیزات موجود یکپارچه هستند تا اطمینان حاصل شود که قطارها می‌توانند با ایمنی کامل حرکت کنند.

مطالعه موردی: مدیریت پروژه برای اتوماسیون در پاریس

در تجربه RATP در پاریس، کل پروژه یک خط مترو، از مطالعه امکان‌سنجی و تامین بودجه تا اتمام پروژه، حدود 10 سال طول می‌کشد.

درRATP، یک پروژه اتوماسیون شامل پنج پروژه فرعی است:

1. ارتقاء زیرساخت

2. سکو و PSD
3. سیستم
4. قطار (نسل‌های مختلف)
5. جنبه‌های اجتماعی

هر یک از این پنج پروژه فرعی یک رییس پروژه دارد و همگی آنها توسط یک مدیر پروژه انجام میشود. هماهنگی بین مدیریت پروژه، بهره‌برداری و نگهداری (همه تیم ها از RATP هستند) به موفقیت پروژه کمک می‌کند.

داشتن یک مجموعه هماهنگ بسیار مهم است. یکی از مزیت‌های کلیدی این هماهنگی، همسو کردن اهداف است. این موضوع به لطف وجود مدیران حرفه‌ای با مهارت‌های چندگانه در RATP امکان پذیر شده است. برای اتوماسیون خط 4، مدیر پروژه، یکی از مدیران یک خط بدون راننده بود و مدیر پروژه سکو و PSD هم قبلاً در قسمت تعمیر و نگهداری کار میکرده است. آنها مسائل را می‌دانند و میتوانند رهبری گروه‌های کاری (به عنوان مثال، گروه کاری بین واحد مهندسی، نگهدارنده، اپراتور و غیره) را به عهده داشته باشند.

مهندسان و مدیران ارشد RATP نیز درگیر پروژه هستند و توسط مدیر پروژه هدایت میشوند. آنها می‌توانند دقیقاً برای RATP مسایل را تعریف کنند و این موضوع امکان بهبود را فراهم میکند.

نصب PSD و عملیات عمرانی در همان پروژه فرعی گنجانده شده است زیرا هماهنگی آنها چالش‌برانگیزتر از ادغام PSD و CBTC در نظر گرفته شده بود.

این مطالعه بطور غیرمستقیم نشان می‌دهد که در شرایطی که شرکت یکپارچه نیست، مدیریت اینترفیس‌های سازمانی و روابط بین طرف‌های درگیر برای موفقیت بسیار مهم است.

سایر ملاحظات

جهت‌گیری سیاسی قوی

همان‌طور که در بالا توضیح داده شد، پروژه‌های اتوماسیون بروان‌فیلد پرهزینه و پیچیده هستند. مشکلات در طول پروژه (برای مثال، مسائل اجتماعی یا دشواری‌های مربوط به تأمین‌کنندگان) می‌تواند شک و تردیدهایی در مورد انتخاب اتوماسیون کامل یک خط ایجاد کند و پروژه را از مسیر خود خارج کند. بنابراین، برای موفقیت یک پروژه لازم است که مدرن‌سازی شبکه یا خط به‌عنوان یک اولویت برای اپراتور و مقامات باقی بماند.

مکانیسم‌های قراردادی

هر مکانیسم قراردادی که برای اطمینان از حفظ عملکرد در طول مرحله گذار تنظیم شده باشد (برای مثال، جریمه برای تاخیر) باید در نظر گرفته شود.

ارتباط با ذی‌نفعان

حتی اگر پروژه‌های تبدیل، حداقل قطعی سرویس‌دهی را برای مردم ایجاد کنند باید تلاش شود تا مسافران این قطعی‌ها را با نظر مثبت بپذیرند. مسافران باید از مزایای اتوماسیون (به‌ویژه بهبود خدمات) آگاه شوند و از قبل در مورد قطعی موقت برنامه‌ریزی شده سرویس‌دهی و اختلالات احتمالی ناشی از آن مطلع شوند.

الزامات ضمانت‌نامه

طول زمان نصب تجهیزات جدید (برای مثال، دربهای سکو) می‌تواند بر مدت و الزامات ضمانت‌نامه تأثیر بگذارد.

سایر پروژه‌های مهاجرت

بسیاری از توصیه‌های فوق برای مهاجرت به GoA4، برای سایر پروژه‌های مهاجرت نیز کاربرد دارند. برای مثال نصب سیستم CBTC جدید برای ارتقاء از GoA1 به GoA2 که یکی از چالش‌های اصلی پروژه‌های مهاجرت به GoA4 است.

برای سیستم‌های حفاظت از خط، مهاجرت به GoA3/4 یک چالش بزرگ‌تر نسبت به GoA2 است زیرا نیاز به حفاظت‌های پشتیبان دارد، اما برای ارتقاء به GoA2 ممکن است یک فرآیند طولانی مشابه نیاز باشد.

از سوی دیگر مشکلاتی وجود دارد که مختص مهاجرت به GoA2 است. مثلا برخلاف مهاجرت‌های GoA4، در نظر گرفتن اشتباهات احتمالی رانندگان از جمله موارد ایمنی پروژه‌های اتوماسیون GoA2 است.

تفاوت برای توسعه خطوط

در مهاجرت به GoA2 برای یک پروژه توسعه، می‌توان یک پیمانکار جدید با سیستم سازگار معرفی کرد تا رقابت بین پیمانکاران مختلف حفظ شود. در مقابل برای پروژه GoA4، سیستم‌ها باید کاملاً با یکدیگر هماهنگ باشند تا از ایجاد هرگونه اشکال در بهره‌برداری که به دلیل نبود راننده مدیریت آن دشوارتر است، جلوگیری شود.

از GoA4 تا GoA4 مدرن

گزینه‌های مهاجرت ممکن است متفاوت باشد، زیرا دیگر نیازی به حفظ عملکرد سیستم سیگنالینگ موجود برای رانندگان در طول فرآیند مهاجرت نیست.

RATP در حال انجام مهاجرت GoA4 به GoA4 برای خط 14 متروی پاریس، به عنوان بخشی از پروژه گسترش آن خط است. دلیل اصلی این موضوع ناتوانی سیستم کنترل موجود قطارها برای افزایش تعداد ناوگان و توسعه خط بود. دلیل دیگر این امر نیاز به افزودن قابلیت‌های جدید، به ویژه برای دپوی جدید بود. چنین پروژه‌ای نمایانگر بسیاری از چالش‌های مشابه در سایر پروژه‌های طراحی مجدد سیگنالینگ میباشد.

TRTC در تایپه پروژه انتقال GoA4 به GoA4 از خط قهوه‌ای را تکمیل کرده است. در حال حاضر پروژه‌های طراحی مجدد سیگنالینگ برای مهاجرت GoA4 به GoA4 در سایر متروهای دنیا از جمله در خط D لیون و متروی کپنهاگ (M1-M2) در دست انجام است.

نتیجه‌گیری

دیر یا زود، تمام خطوط متروی موجود نیاز به نوسازی دارند. سوال این است که چه زمانی و چگونه باید این کار انجام شود. این موضوع نیازمند داشتن یک استراتژی است. پروژه نوسازی ممکن است کمتر از ساخت یک خط جدید برای تصمیم‌گیرندگان جذاب باشد زیرا در دید عموم کمتر به چشم می‌آید. با این حال، این پروژه‌ها باید به‌عنوان فرصتی برای اتوماسیون یک خط و دستیابی به تمام مزایای مرتبط با آن تلقی شوند.

یک چشم‌انداز استراتژیک باید لحظه مناسب برای مهاجرت یک خط را با توجه به ملاحظات مختلف (مانند عمر باقی‌مانده زیرسیستم‌ها، نیازهای ظرفیت شبکه، هم‌افزایی با سایر پروژه‌ها و غیره) شناسایی کند.

به لطف برخی از مزایای اتوماسیون (ظرفیت، هزینه‌های عملیاتی، بهره‌وری انرژی و غیره) سرمایه‌گذاری‌ها می‌توانند جبران شوند و شاخص‌های کلیدی عملکرد اجتماعی-اقتصادی و محیطی بهبود یابند. لذا این مزایا پشتیبانی قوی در حمایت از این پروژه‌ها هستند.

برای اینکه پروژه شانس موفقیت بیشتری داشته باشد، باید پذیرش اجتماعی پیوسته‌ای برای آن وجود داشته باشد. همچنین باید روش مناسب و سازگار (مدیریت دقیق ایمنی، بهینه‌سازی زمان محدود دسترسی به مسیر جهت تعمیرات و غیره) و یکپارچگی سازمانی (مقامات مسوول، مدیر اموال، بهره بردار، واحد مهندسی و تامین کنندگان) بین ذینفعان وجود داشته باشد. استفاده از سطح مناسبی از شایستگی و تجربه نیروی انسانی نیز از عوامل کلیدی است (این افراد میتوانند از قسمت‌های داخل پروژه یا خارج از آن باشند).

محیط کار کارمندان با اجرای پروژه‌های اتوماسیون تغییر خواهد کرد. مکان فیزیکی تیم‌ها، به عنوان مثال با جابجایی مکان سیگنال‌ها، تغییر خواهد کرد. روش‌ها و آموزش‌های جدید برای کارکنان عملیاتی و تعمیرونگهداری در مراحل مختلف پروژه مورد نیاز خواهد بود.

آنچه در بالا ذکر شد برای تمام مراحل اتوماسیون (GoA2، GoA3 یا GoA4) صحیح میباشد گرچه چالش‌های خاصی برای GoA4 وجود دارد.

منبع UITP

محمد منتظری

مدرس دانشگاه و

مشاور شرکت متروی تهران

آبانماه 1403

---

1. UITP Knowledge Brief 2019 مزایای اتوماسیون کامل مترو

2. این مقاله در ادامه گزارش دیگری از UITP در مورد "تکنیک‌های پروژه‌های تمام اتوماتیک مترو" (2018) است که بر پروژه های گرین فیلد متمرکز شده است.

3. قطار بدون راننده در نوامبر 2011 در خط 1 شروع به کار کرد اما یک فاز عملیاتی ترکیبی با قطارهای غیر اتوماتیک و قطارهای بدون راننده وجود داشت. عملیات با قطارهای بدون راننده در دسامبر 2012 آغاز شد.

4. عملیات ترکیبی با قطارهای بدون راننده و معمولی در سال 2022 و قبل از جایگزینی کامل ناوگان در سال 2023 آغاز شد.

*مترو **"براون‌فیلد"** به یک سیستم مترو یا قطار زیرزمینی موجود اشاره دارد که در حال ارتقاء، نوسازی یا اتوماسیون است. اصطلاح "براون‌فیلد" معمولاً به پروژه‌های زیرساختی اطلاق می‌شود که شامل بازتوسعه یا بهبود یک منطقه توسعه یافته هستند، برخلاف پروژه‌های "گرین‌فیلد" که به ساخت‌وسازهای جدید در زمین‌های توسعه نیافته مربوط می‌شوند.

در زمینه سیستم مترو، یک پروژه براون‌فیلد شامل پیاده‌سازی فناوری‌های جدید مانند سیستم‌های سیگنالینگ، اتوماسیون (مانند GoA4) یا ارتقاء ایمنی در خطوط متروی موجود است بدون اینکه خدمات مسافری مختل شوند. این پروژه‌ها معمولاً پیچیده هستند زیرا باید زیرساخت‌های موجود در حین ارتقاء همچنان عملیاتی باقی بمانند.

مترو **"گرین‌فیلد" به یک سیستم مترو یا قطار زیرزمینی کاملاً جدید اشاره دارد که از ابتدا و معمولاً در یک منطقه توسعه نیافته یا بدون ساخت‌وساز قبلی ساخته می‌شود. برخلاف پروژه‌های براون‌فیلد که شامل ارتقاء یا نوسازی زیرساخت‌های موجود هستند، پروژه‌های گرین‌فیلد نیازی به کار کردن با ساختارها یا سیستم‌های موجود ندارند. این موضوع اجازه می‌دهد که برنامه‌ریزان و مهندسان، سیستم‌های مدرن را بدون محدودیت‌های ناشی از زیرساخت‌های قدیمی، از پایه طراحی و اجرا کنند.

پروژه‌های متروی گرین‌فیلد می‌توانند از جدیدترین فناوری‌های اتوماسیون، ویژگی‌های ایمنی و طراحی‌های کارآمدتر استفاده کنند چرا که محدودیت‌هایی مانند حفظ سرویس‌دهی در یک خط مترو در حال بهره‌برداری (عملیاتی) در حین ساخت‌وساز یا نوسازی وجود ندارد.