ابزار مهندسی و زیرساخت زیرکی برای استخراج منابع؛ از ایران تا بازارهای جهانی

مهندس کیانوش رادمنش و مهندس مهرداد بهرامی

مشارکت در طراحی سامانه پایش لرزه‌ای معدن مس سرچشمه

مهندس کیانوش رادمنش و مهندس مهرداد بهرامی در گفت‌وگو با هیرالدنا از تجربه مشترک خود در طراحی سامانه پایش لرزه‌ای معدن مس سرچشمه سخن می‌گویند. این سامانه با استفاده از ۱۲۰ سنسور لرزه‌نگار و الگوریتم یادگیری ماشین، ریزلرزه‌های ناشی از انفجار و فرسایش سنگ را ثبت و تحلیل می‌کند. به گفته مهندس رادمنش، دقت سامانه در تشخیص ریزلرزه‌های مقدماتی ریزش دیواره به ۹۲ درصد رسیده است. مهندس بهرامی نیز از کاهش ۳۰ درصد زمان واکنش به هشدارها در مقایسه با روش دستی سخن گفت. هر دو مهندس تأکید کردند که موفقیت پروژه بدون همکاری تیم عملیات معدن ممکن نبود.

۳۰ سال تجربه در صنعت فولاد ایران

مهندس رادمنش پیش از این در طرح توسعه معدن سنگ‌آهن چغارت و سپس در واحد نگهداری تجهیزات کارخانه فولاد سبزکوه فعالیت کرده است. او می‌گوید تفاوت میان محیط کارگاه و محیط معدن در این است که در کارگاه می‌توان داده‌ها را ساعت‌ها بررسی کرد، اما در معدن هر ثانیه داده می‌تواند تفاوت میان ایمنی و حادثه باشد. به همین دلیل تیم طراحی ناچار شد سامانه را طوری بسازد که حتی در صورت قطع ارتباط اینترنت، هشدارها روی دستگاه‌های محلی ذخیره و ارسال شوند.

مهندس بهرامی که پیش از این در یکی از پروژه‌های صنعتی شرکت مهندسی پایدار کوهسار فعالیت داشته، از چالش کالیبراسیون سنسورها در محیط مرطوب و پرگرد و غبار معدن سخن گفت. به گفته او، تیم فنی ناچار شد هر سنسور را هر ۴۵ روز یک بار کالیبره کند و این فرایند به یک روتین هفتگی تبدیل شد. او افزود که آموزش اپراتورهای معدن برای تفسیر هشدارها به اندازه خود سامانه زمان برد و بدون آن، حتی دقیق‌ترین سامانه هم بی‌فایده می‌ماند.

۱۲۰ سنسور لرزه‌نگار در عمق ۳۵۰ متری

سامانه پایش لرزه‌ای معدن مس سرچشمه شامل ۱۲۰ سنسور لرزه‌نگار است که در عمق ۳۵۰ متری زیر سطح زمین نصب شده‌اند. داده‌ها از طریق کابل فیبر نوری به سرور مرکزی در ساختمان کنترل معدن ارسال می‌شوند و الگوریتم یادگیری ماشین آن‌ها را با بیش از ۴۰۰ هزار رویداد ثبت‌شده در گذشته مقایسه می‌کند. سیستم سه سطح هشدار دارد: زرد، نارنجی و قرمز. هشدار قرمز به صورت خودکار به اپراتور جرثقیل و سرپرست شیفت پیامک می‌فرستد و تا ۳ دقیقه پاسخ ثبت نشود، به مدیر فنی نیز اطلاع داده می‌شود.

مهندس رادمنش گفت در مرحله آزمایش، سامانه ۱۷ هشدار قرمز صادر کرد که ۱۴ مورد از آن‌ها با ریزش واقعی سنگ در بخش شرقی معدن تأیید شد. سه مورد باقی‌مانده هشدار کاذب بودند که علت آن تردید در تنظیم آستانه حساسیت بود. تیم طراحی پس از این رویداد، آستانه‌ها را برای هر بخش معدن جداگانه تنظیم کرد. مهندس بهرامی افزود که این تنظیم باید با تغییر شرایط زمین‌شناسی هر ماه بازبینی شود و این کار اکنون بخشی از وظایف روزانه تیم است.

آموزش اپراتورها و ادغام با سیستم هشدار

آموزش اپراتورها بخش مهمی از پروژه بود. تیم فنی ۴۰ ساعت کارگاه برگزار کرد و به هر اپراتور یک کتابچه راهنما داده شد که زبان آن ساده و بدون اصطلاح فنی نوشته شده است. مهندس رادمنش گفت که برخی از اپراتورها در ابتدا نسبت به سامانه بدبین بودند زیرا فکر می‌کردند جایگزین نظر انسانی آن‌ها می‌شود و تیم ناچار شد نشان دهد که سامانه تصمیم‌گیرنده نیست و فقط اطلاعات را سریع‌تر در اختیار قرار می‌دهد.

سامانه با سیستم هشدار کارخانه نیز ادغام شد تا در صورت فعال شدن هشدار قرمز، چراغ‌های هشدار و آژیر در سالن کنترل به صدا درآیند. مهندس بهرامی گفت این ادغام کمک کرد زمان واکنش تیم عملیات به کمتر از ۴ دقیقه برسد. او افزود که پیش از این، هشدارها روی صفحه نمایش ذخیره می‌شدند و کسی لازم نبود آن را ببیند تا اقدام کند.

هزینه، زمان و درس‌های اجرا

هزینه کل طرح حدود ۴۲۰ میلیارد ریال بود که شامل خرید سنسورها، کابل‌کشی، نرم‌افزار و آموزش می‌شود. مهندس رادمنش گفت این هزینه در مقایسه با خسارت یک حادثه بزرگ معدنی قابل توجه است. او افزود که بیمه معدن نیز پس از نصب سامانه، شرایط بیمه را بهتر کرد. زمان اجرا نیز ۱۱ ماه طول کشید که ۲ ماه بیشتر از برنامه اولیه بود و علت آن تأخیر در نصب کابل‌های فیبر نوری در بخش شرقی معدن بود.

مهندس بهرامی درس مهم پروژه را این می‌داند که هیچ سامانه‌ای بدون آموزش نیروی انسانی کارآمد نیست. او گفت تیم قصد دارد نسخه دوم سامانه را تا پایان سال ۱۴۰۴ با قابلیت پیش‌بینی ریزش در ساعات آینده طراحی کند. مهندس رادمنش نیز اعلام کرد که تیم قصد دارد داده‌های سامانه را با سایر معادن مس کشور به اشتراک بگذارد تا الگوریتم با داده بیشتری آموزش ببیند.

۳۰ سال در صنعت، درس‌هایی برای نسل جدید

مهندس رادمنش ۳۰ سال سابقه در صنایع فولاد و معدن دارد و پیش از این در کارگاه تعمیر و نگهداری کارخانه فولاد سبزکوه فعالیت می‌کرد. او گفت که تفاوت اصلی میان کار در کارگاه و معدن در این است که در کارگاه می‌توان دستگاه را خاموش کرد و با خیال راحت تعمیر کرد، اما در معدن هر توقف تولید هزینه سنگین دارد. به همین دلیل طراحی سامانه باید طوری می‌بود که بدون توقف تولید نصب و تعمیر شود.

مهندس بهرامی نیز گفت که تیم او در طول پروژه ۲۳ جلسه با اپراتورها برگزار کرد و هر جلسه به طور میانگین ۹۰ دقیقه طول کشید. او افزود که بسیاری از پیشنهادهای اپراتورها در نسخه دوم سامانه لحاظ شده است. از جمله می‌توان به افزودن یک صفحه ساده برای ثبت دستی رویدادها اشاره کرد که اپراتورها ترجیح می‌دهند به جای صفحه پیچیده، از آن استفاده کنند.

مدیر اجرایی طرح: ۱۲۰ سنسور لرزه‌نگار در عمق ۳۵۰ متری زیر سطح زمین نصب شده‌اند

مهندس کیانوش رادمنش، مدیر اجرایی طرح، در گفت‌وگو با هیرالدنا گفت که تیم طراحی پیش از نصب هر سنسور، مسیر کابل‌کشی را با دقت سانتی‌متری نقشه‌برداری کرد تا از آسیب دیدن کابل‌ها در اثر ریزش سنگ جلوگیری شود. او افزود که هزینه اجرای طرح حدود ۴۲۰ میلیارد ریال بود و تیم اجرا ۱۱ ماه زمان برد که دو ماه بیشتر از برنامه اولیه بود. به گفته او، بیشتر این تأخیر به دلیل رطوبت بالای معدن و نیاز به تعویض کابل‌های آسیب‌دیده بود.

مهندس رادمنش گفت که تیم طراحی پیش‌بینی کرد که سامانه در ماه‌های اول با هشدارهای کاذب زیادی روبه‌رو شود و این طبیعی است. به گفته او، تیم تا پایان سال ۱۴۰۴ الگوریتم را با داده‌های جدید بازآموزی می‌کند تا دقت هشدارها به بیش از ۹۰ درصد برسد. او افزود که تیم قصد دارد داده‌های سامانه را با سایر معادن مس کشور به اشتراک بگذارد تا الگوریتم با داده بیشتری آموزش ببیند.

(مهندس کیانوش رادمنش در اتاق فرمان سامانه پایش لرزه‌ای معدن مس سرچشمه)

مهندس کیانوش رادمنش در اتاق فرمان سامانه پایش لرزه‌ای معدن مس سرچشمه

مهندس کیانوش رادمنش، مدیر اجرایی طرح، در اتاق فرمان سامانه پایش لرزه‌ای معدن مس سرچشمه دیده می‌شود. این اتاق در ساختمان کنترل معدن قرار دارد و صفحه‌های نمایش داده‌های ۱۲۰ سنسور لرزه‌نگار را به صورت زنده نشان می‌دهد. مهندس رادمنش گفت که تیم طراحی سامانه را طوری ساخت که حتی در صورت قطع ارتباط اینترنت، هشدارها روی دستگاه‌های محلی ذخیره و ارسال شوند.

مهندس رادمنش گفت که تیم طراحی سامانه را طوری ساخت که حتی در صورت قطع ارتباط اینترنت، هشدارها روی دستگاه‌های محلی ذخیره و ارسال شوند. او افزود که تیم قصد دارد داده‌های سامانه را با سایر معادن مس کشور به اشتراک بگذارد تا الگوریتم با داده بیشتری آموزش ببیند.

«سامانه ما باید طوری طراحی می‌شد که حتی در صورت قطع اینترنت، هشدارها روی دستگاه‌های محلی ذخیره و ارسال شوند. در معدن هر ثانیه داده می‌تواند تفاوت میان ایمنی و حادثه باشد.»

مهندس کیانوش رادمنش، مدیر اجرایی طرح، در گفت‌وگو با هیرالدنا

«داده‌ها باید به زبان اپراتور ترجمه شوند، نه به زبان الگوریتم.»

مهندس مهرداد بهرامی، مدیر فنی طرح، در گفت‌وگو با هیرالدنا

«آموزش اپراتورها به اندازه خود سامانه زمان برد، اما بدون آن هیچ سامانه‌ای کارآمد نیست.»

مهندس کیانوش رادمنش، مدیر اجرایی طرح، در گفت‌وگو با هیرالدنا

«در معدن هر توقف تولید هزینه سنگین دارد، به همین دلیل طراحی سامانه باید طوری می‌بود که بدون توقف تولید نصب و تعمیر شود.»

مهندس کیانوش رادمنش، مدیر اجرایی طرح، در گفت‌وگو با هیرالدنا

«ما قصد داریم الگوریتم را با داده‌های جدید بازآموزی کنیم تا دقت هشدارها به بیش از ۹۰ درصد برسد.»

مهندس مهرداد بهرامی، مدیر فنی طرح، در گفت‌وگو با هیرالدنا

«اپراتورها در ابتدا نسبت به سامانه بدبین بودند زیرا فکر می‌کردند جایگزین نظر انسانی آن‌ها می‌شود.»

مهندس کیانوش رادمنش، مدیر اجرایی طرح، در گفت‌وگو با هیرالدنا

«ما قصد داریم داده‌های سامانه را با سایر معادن مس کشور به اشتراک بگذاریم تا الگوریتم با داده بیشتری آموزش ببیند.»

مهندس کیانوش رادمنش، مدیر اجرایی طرح، در گفت‌وگو با هیرالدنا

«در معدن هر ثانیه داده می‌تواند تفاوت میان ایمنی و حادثه باشد