راهنمای سیستم پایش وضعیت هوشمند (AutoencoderBased Monitoring)

این سیستم از متدولوژی «یادگیری عمیق برای شناسایی ناهنجاری‌های سیستماتیک» استفاده می‌کند. برخلاف روش‌های سنتی که سنسورها را جداگانه بررسی می‌کنند، این تکنیک کل سنسورها را به عنوان یک «موجودیت واحد» تحلیل می‌کند.

۱. منطق تکنیک: بازسازی چندمتغیره (Multivariate Reconstruction)

قلب این کد، یک شبکه عصبی به نام Autoencoder است. کار این شبکه عصبی دو مرحله دارد:

فشرده‌سازی (Encoding): مدل یاد می‌گیرد روابط منطقی و هم‌بستگی بین ۹ سنسور را در فضای کوچکتری خلاصه کند (درست مثل یاد گرفتن «قانون نانوشته» بین فشار، دما و ارتعاش).

بازسازی (Decoding): سپس سعی می‌کند بر اساس آن قوانین، مقادیر سنسورها را دوباره بازسازی کند.

نتیجه: اگر دستگاه در وضعیت سالم باشد، بازسازی بسیار دقیق است. اما اگر «رابطه سیستماتیک» بین سنسورها بهم بخورد (مثلاً دمای یاتاقان بالا برود در حالی که ارتعاش ثابت مانده)، مدل دیگر نمی‌تواند وضعیت را به درستی بازسازی کند.

۲. شاخص انحراف سیستماتیک (Systematic Deviation Index) چیست؟

این شاخص که در ستون خروجی اکسل شما درج می‌شود، تفاوت بین «واقعیتِ سنسور» و «انتظارِ مدل» است.

مقدار کم: یعنی سنسورها دقیقاً طبق الگوی سلامت دستگاه رفتار می‌کنند.

مقدار زیاد: یعنی در سیستم یک ناهماهنگی رخ داده که با رفتار نرمال تاریخی دستگاه (که مدل یاد گرفته) تضاد دارد. این اولین نشانه از شروع یک خرابی مخفی است.

۳. آستانه هوشمند (The 3Sigma Threshold)

به جای استفاده از اعداد ثابت (مثلاً آلارم روی ۱۰۰ درجه)، این کد از آستانه آماری استفاده می‌کند.

نحوه محاسبه: سیستم به کل تاریخچه نگاه می‌کند، میانگین خطاها و پراکندگی آن‌ها (انحراف معیار) را حساب می‌کند و خط قرمز را روی «۳ برابر انحراف معیار» قرار می‌دهد.

تفسیر: یعنی اگر شاخص انحراف از این خط بگذرد، از نظر آماری با احتمال ۹۹.۷٪ دستگاه وارد یک وضعیت غیرعادی شده است که در شرایط کارکرد عادی سابقه نداشته است.

۴. فیلتر زمانی (تمرکز بر ماه آخر)

مدل برای اینکه باهوش شود، از کل تاریخچه داده‌ها برای آموزش (Training) استفاده می‌کند تا تمام شرایط عملیاتی (بار کم، بار زیاد، تغییر فصل) را ببیند. اما در خروجی نهایی، فقط ۳۰ روز گذشته را نمایش می‌دهد تا تیم نگهداری و تعمیرات بتواند روی وضعیت فعلی و روندهای اخیر تمرکز کند.

۵. نحوه تفسیر نتایج در فایل اکسل

ستون `Systematic_Deviation_Index`: هر چقدر این عدد بزرگتر باشد، شدت ناهنجاری سیستماتیک بیشتر است.
ستون `Is_Anomaly`:
اگر `True` باشد: یعنی دستگاه در آن لحظه رفتاری غیرمنطقی نشان داده و نیاز به بررسی فنی دارد. اگر `False` باشد: یعنی نوسانات در محدوده قابل قبول و نرمال دستگاه است.