متدولوژی بازسازی چندمتغیره با شبکه‌های عصبی عمیق

این سیستم به جای استفاده از روش‌های سنتی (تعیین اعداد ثابت برای هشدار)، از هوش مصنوعی برای درک «شخصیت فنی» دستگاه استفاده می‌کند. در ادامه، منطق کارکرد و نحوه تفسیر نتایج آن توضیح داده شده است:

۱. منطق اصلی: انگشت‌نگاری سیستم (Digital Twin)

در روش‌های قدیمی، اگر دمای یک بخش بالا می‌رفت، آلارم صادر می‌شد. اما در این روش هوشمند، سیستم یاد می‌گیرد که در هر لحظه، رابطه منطقی بین ارتعاش، دما و سایر پارامترها چگونه باید باشد.

تفسیر: سیستم یک «مدل سالم» از دستگاه می‌سازد. اگر سنسورها اعدادی گزارش کنند که با هم «همخوانی» نداشته باشند (حتی اگر اعداد در محدوده مجاز باشند)، سیستم متوجه یک انحراف سیستماتیک می‌شود.

۲. شاخص انحراف (Deviation Index) چیست؟

این شاخص نشان‌دهنده فاصله وضعیت موجود با وضعیت ایده‌آل طراحی است.

عدد صفر: یعنی دستگاه دقیقاً مطابق الگوهای سالم خود کار می‌کند.

افزایش عدد: نشان‌دهنده این است که قطعات مکانیکی یا فرآیندی دستگاه در حال خروج از تعادل هستند.

۳. فیلتر روند (Trend Smoothing)

برای جلوگیری از هشدارهای اشتباه ناشی از نوسانات لحظه‌ای برق یا نویز سنسورها، سیستم از یک «فیلتر وزنی» استفاده می‌کند.

کاربرد: این فیلتر باعث می‌شود که فقط خرابی‌های واقعی و تدریجی (مثل فرسایش برینگ یا گرفتگی فیلترها) دیده شوند و پرش‌های لحظه‌ای بی‌اثر شوند.

۴. نحوه تفسیر رنگ‌های وضعیت (Traffic Light System)

وضعیت نهایی دستگاه با سه رنگ استاندارد گزارش می‌شود که مبنای آن‌ها «رفتار تاریخی» خودِ دستگاه است:

وضعیت عادی (Normal Green):

تفسیر: انحراف سنسورها در بازه ۹۵ درصدِ داده‌های تاریخی است.

اقدام: عملیات عادی ادامه یابد.

وضعیت هشدار (Warning Yellow):

تفسیر: دستگاه رفتاری از خود نشان می‌دهد که فقط در ۵ درصد مواقع (در شرایط سخت) دیده شده است. این یک انحراف عملیاتی (Drift) است.

اقدام: بازرسی‌های دوره‌ای نزدیک‌تر شود؛ احتمالا نشانه‌ای از شروع یک فرسایش یا تغییر در شرایط بهره‌برداری است.

وضعیت بحرانی (Critical Red):

تفسیر: انحراف فعلی جزء ۱ درصدِ بدترین وضعیت‌های ثبت شده در تاریخچه دستگاه است. روابط سیستماتیک بین سنسورها به کلی بهم خورده است.

اقدام: احتمال وقوع خرابی سیستماتیک یا شکست مکانیکی بسیار بالاست. بررسی فنی فوری و تحلیل ریشه‌ای (RCA) توصیه می‌شود.

۵. مزیت این تکنیک برای کاربر

این روش «خرابی را قبل از وقوع» می‌بیند. در حالی که آلارم‌های فیزیکی اتاق فرمان زمانی فعال می‌شوند که خرابی اتفاق افتاده است، این سیستم ناهماهنگی‌های بسیار کوچک بین سنسورها را شناسایی کرده و به شما فرصت می‌دهد تا پیش از توقف ناخواسته تولید، برای تعمیرات برنامه‌ریزی کنید.