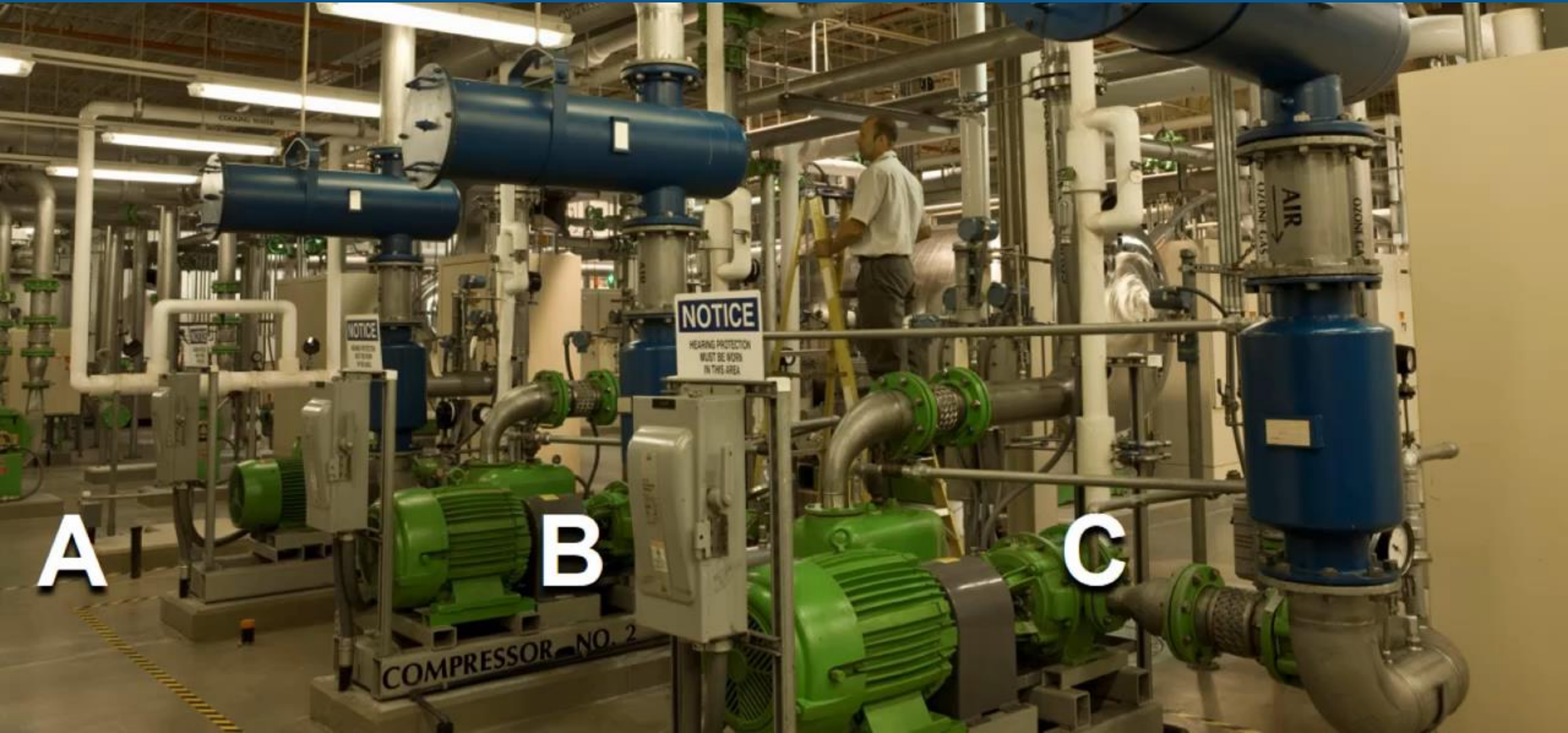
MATLAB EXPO 2021

深度学习在预测性维护中的应用

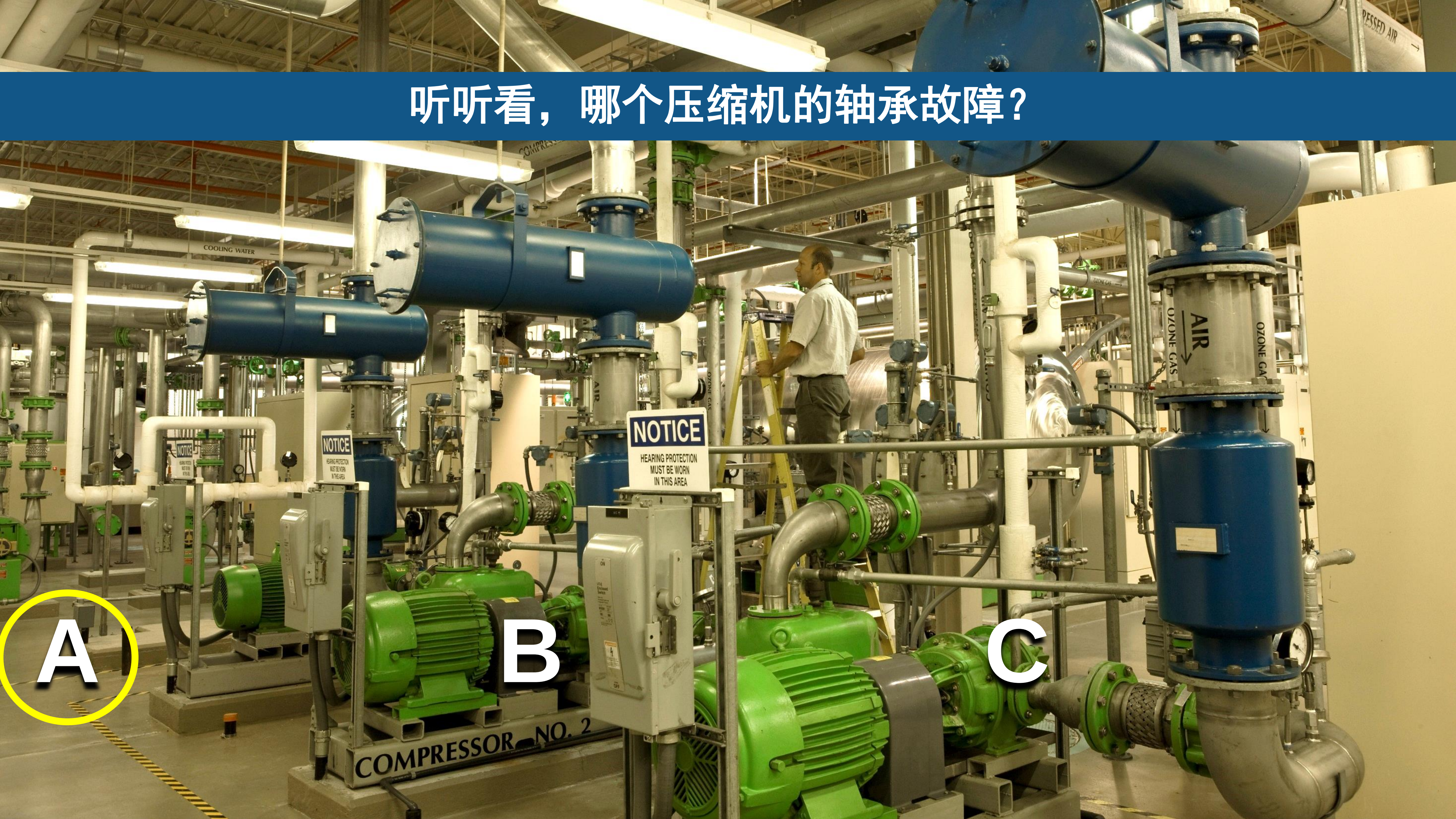
袁航，MathWorks

MathWorks

听听看，哪个压缩机的轴承故障？



听听看，哪个压缩机的轴承故障？



内容概要

积跬步以至千里
尝试不同的方法，包括深度学习

开发者需要具备AI和领域专业能力
MATLAB提供了结合二者的环境

MATLAB 帮助您自动化整个工作流程

场景 1:
听音识故障

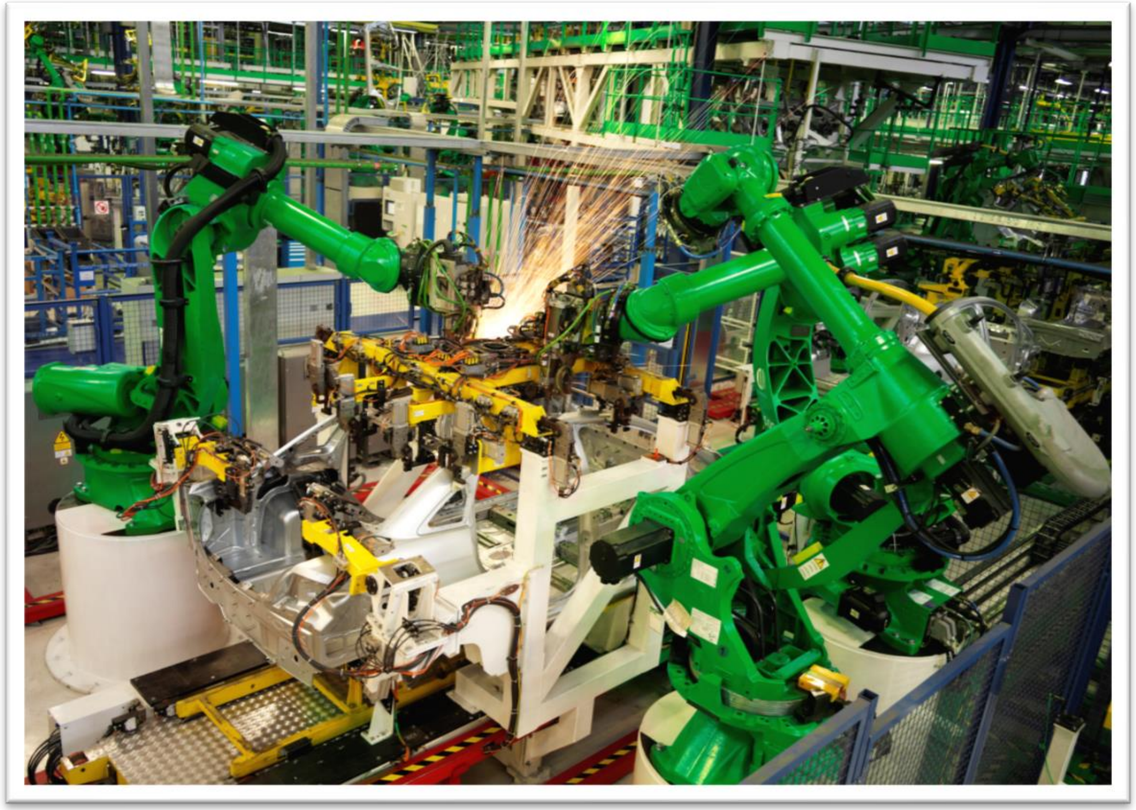
基于声学信号的故障隔离

场景 2:
数据无处不在

基于振动信号的异常检测

背景

- 人员：机械/电气工程师
- 职能：负责维护工业设备组
- 目标：将 AI 与现有系统集成
- 状态：没有深度学习开发经验



预测性维护工作流

数据准备

- 数据访问和预处理
- 基于仿真的数据生成
- 特征工程

预测性维护工作流

数据准备	AI 建模
数据访问和预处理	模型设计和调试
基于仿真的数据生成	硬件加速训练
特征工程	跨框架的模型交换

预测性维护工作流

数据准备

- 数据访问和预处理
- 基于仿真的数据生成
- 特征工程

AI 建模

- 模型设计和调试
- 硬件加速训练
- 跨框架的模型交换

部署

- 嵌入式设备
- 企业系统
- 边缘、云端、桌面

迭代和优化

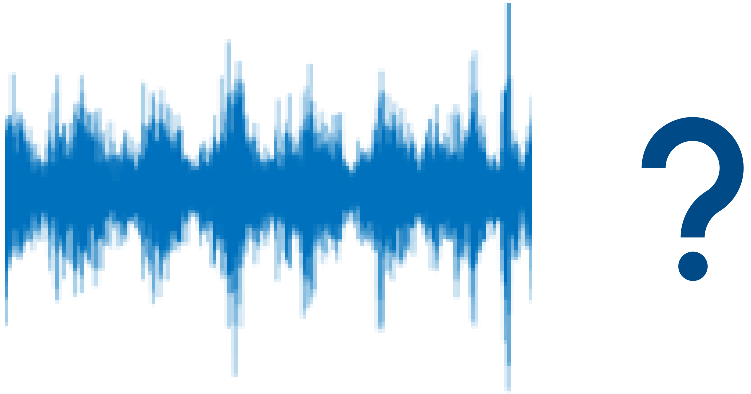
场景 1：听音识故障


COOLING WATER
NOTICE
HEARING PROTECTION
MUST BE WORN
IN THIS AREA
AIR
OZONE GAS
COMPRESSOR NO. 2

场景 1：听音识故障

目标 | 数据 | 方式 | 结果

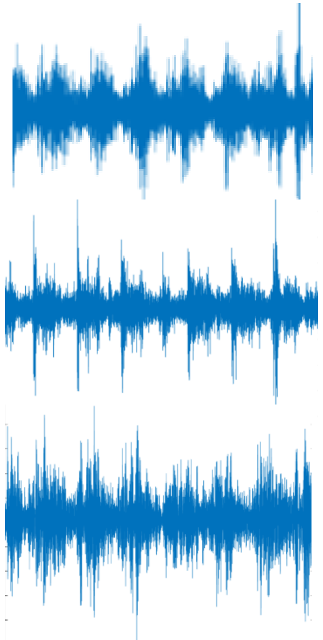
- **故障检测：**识别特定故障，能够帮助维护人员快速响应



场景 1：听音识故障

目标　　数据　　方式　　结果

- 通过传感器采集声学信号的时间序列数据
- 根据维护日志标注故障类型



1. 健康状态
2. 入口阀泄露
3. 出口阀泄露
4. 单向阀故障
5. 活塞环故障
6. 飞轮故障
7. 传送带故障
8. 轴承故障

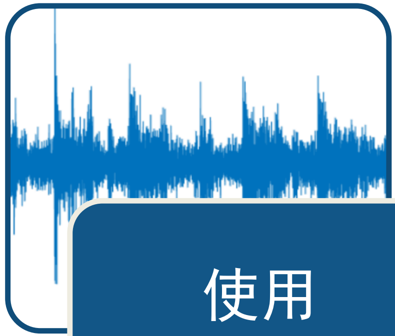
场景 1：听音识故障

目标 | 数据 | 方式 | 结果

方法	验证准确度
集成树	88%
深度神经网络	?

场景 1：听音识故障

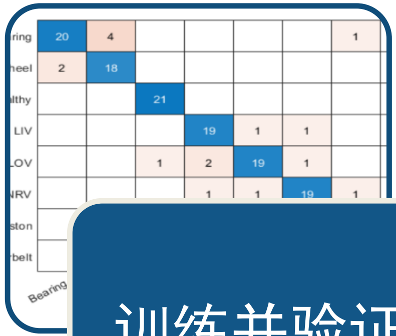
目标 | 数据 | 方式 | 结果



使用
datastore
访问数据

```
audioFeatureExtractor('SampleRate
Window',hamming(windowLength,'peric
OverlapLength',overlapLength,...
spectralCentroid',true, ...
spectralCrest',true, ...
spectralDecrease',true, ...
spectralEntropy',true,...
spectralFlatness',true,...
```

提取特征
Audio
Toolbox



训练并验证
LSTM

```
d extractFeatures_init
onfig.linearSpectrum.N
or (int i = 0; i < 257
 config.OneSidedSpectr
+ 1U);
 config.linearSpectrum
```

生成C代码
用于
边缘部署

Air Compressor Data Classification

Part 1: Data Preparation

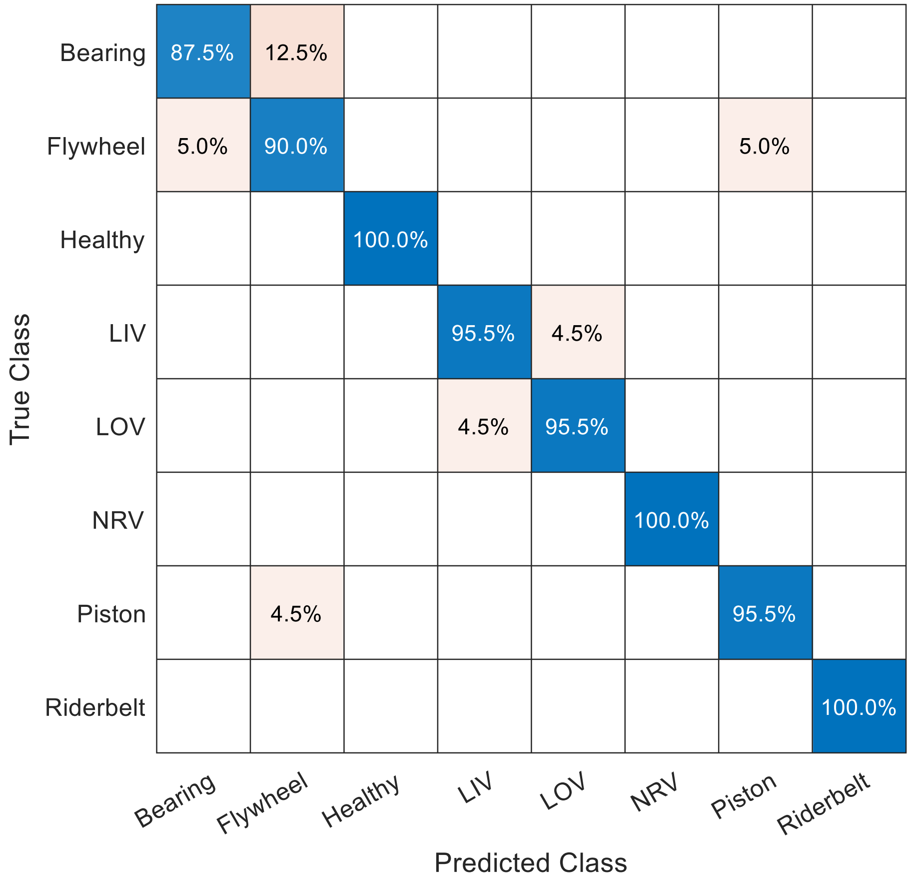
Table of Contents

场景 1：听音识故障

目标 | 数据 | 方式 | 结果

- 验证准确度提高到 95%

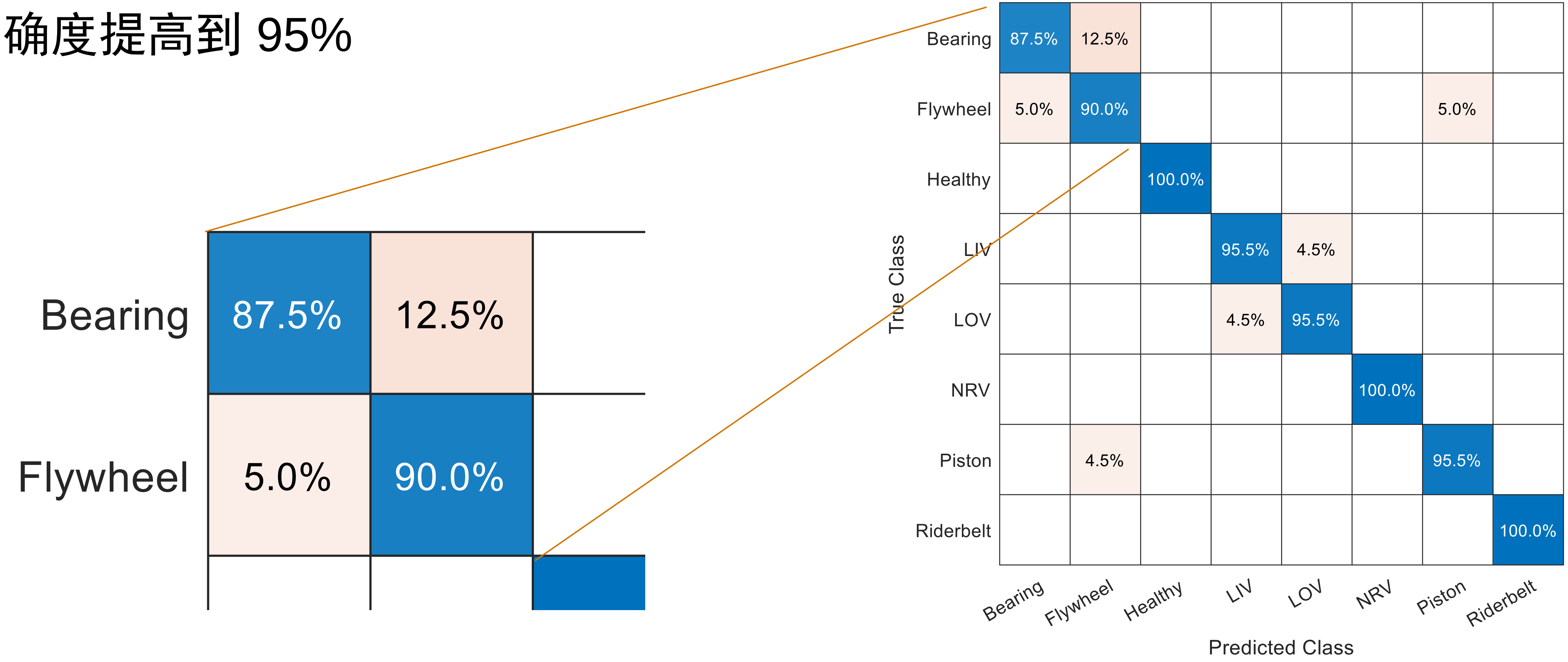
方法	验证准确度
集成树	88%
深度神经网络	95%



场景 1：听音识故障

目标 | 数据 | 方式 | 结果

- 验证准确度提高到 95%



场景 1：听音识故障

目标 | 数据 | 方式 | 结果

Poll: 如何进一步提高预测能力？

- ❑ 采集更多数据
- ❑ 调整网络超参数
- ❑ 尝试另一组不同的特征集
- ❑ 尝试不同的算法
- ❑ 采购更多 GPU

场景 1：听音识故障

目标 | 数据 | 方式 | 结果

Poll: 如何进一步提高预测能力？

- [x] 采集更多数据
- [x] 调整网络超参数
- [x] 尝试另一组不同的特征集
- [x] 尝试不同的算法
- [ ] 采购更多 GPU

场景 1：听音识故障

数据准备
- 数据访问和预处理
- 基于仿真的数据生成
- 特征工程

AI 建模
- 模型设计和调试
- 硬件加速训练
- 跨框架的模型交换

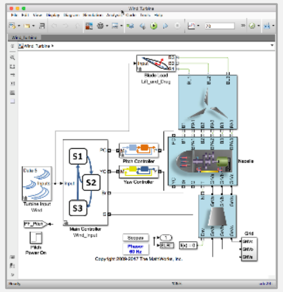
部署
- 嵌入式设备
- 企业系统
- 边缘、云端、桌面

迭代和优化

场景 1：听音识故障

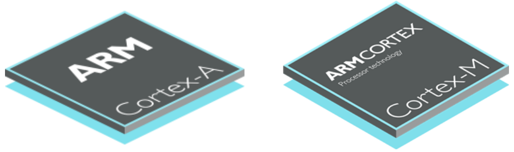
部署

- 嵌入式设备
- 企业系统
- 边缘、云端、桌面



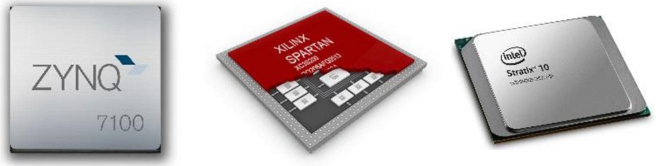
Code Generation

CPU



GPU

FPGA



场景 2：数据无处不在

场景 2：数据无处不在

目标 | 数据 | 方式 | 结果

- **异常检测：**根据设备正常运行数据检测故障
- 避免预料外的问题，在严重故障出现前解决问题以规避风险。

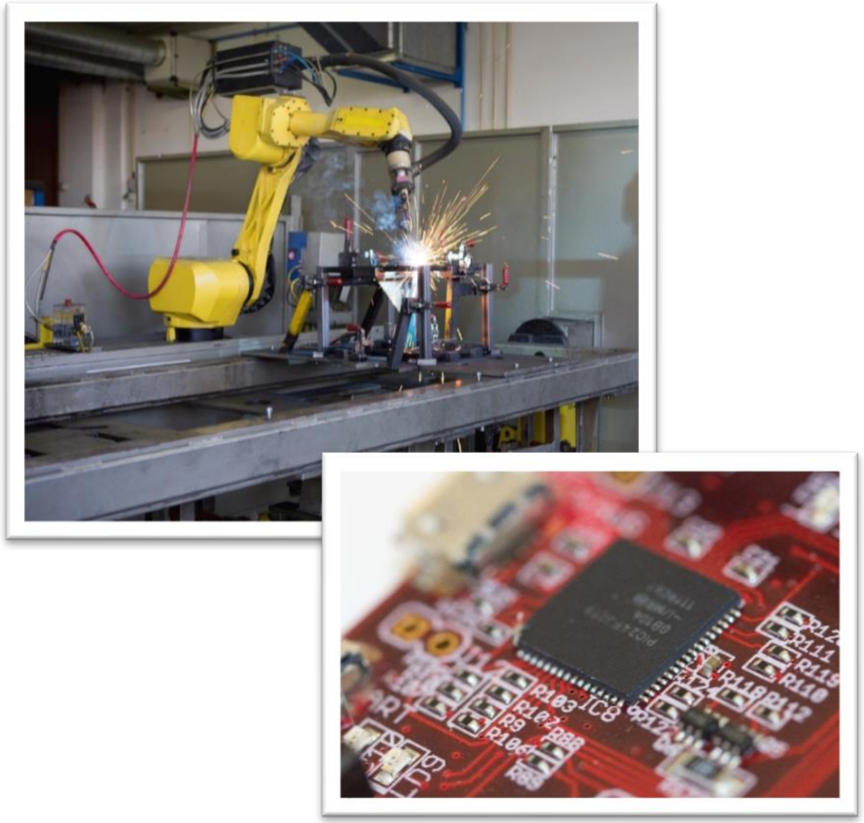
现状

- 每月定期维护
- 故障发生次数较少
- 故障发生时后果严重 …

场景 2：数据无处不在

目标 | **数据** | 方式 | 结果

- 使用3轴加速度计采集振动数据
- 标签标注为：“维护前”和“维护后”
  - “维护后” 数据 = 正常 ✓
  - “维护前” 数据 = 不确定 ?
- 某些由维护人员标记为“异常”的数据



场景 2：数据无处不在

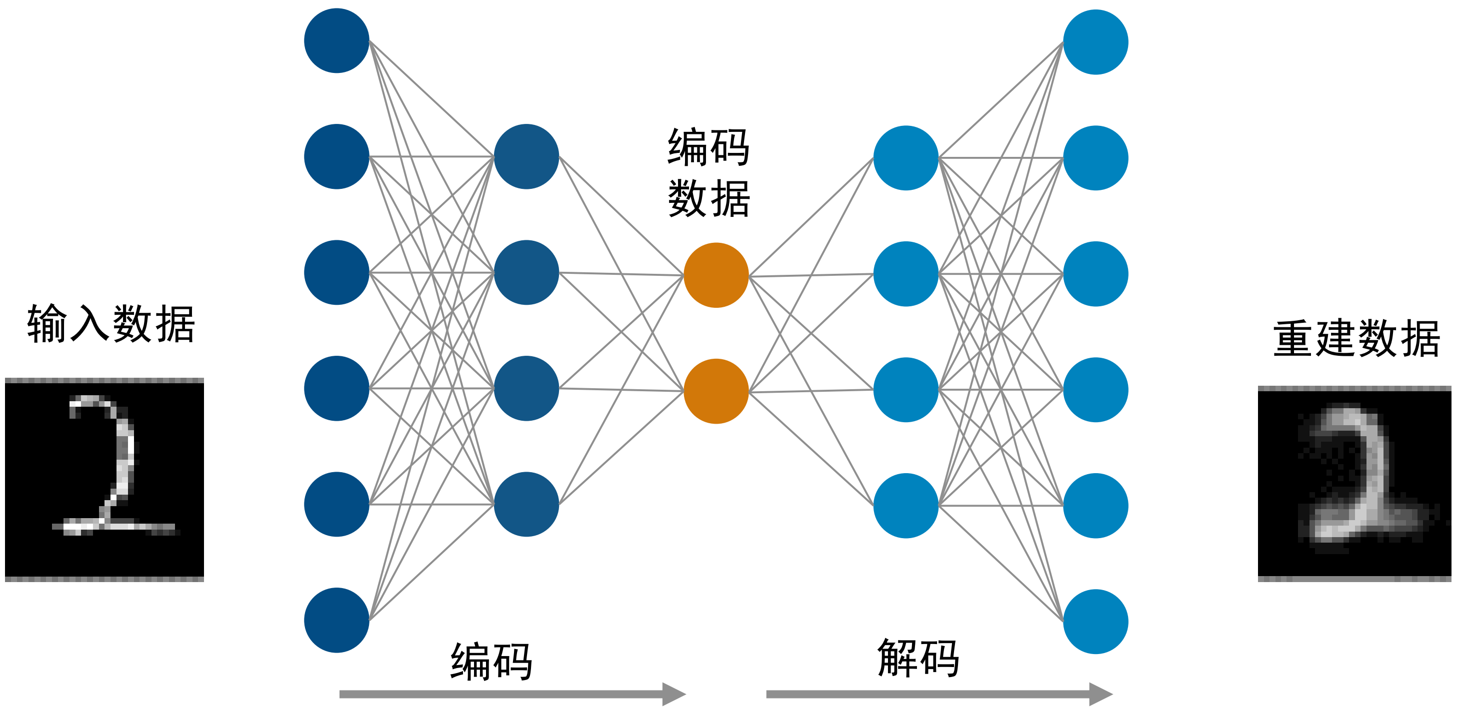
目标 | 数据 | 方式 | 结果

方法	验证准确度
K-均值聚类	85%
自编码器	?

场景 2：数据无处不在

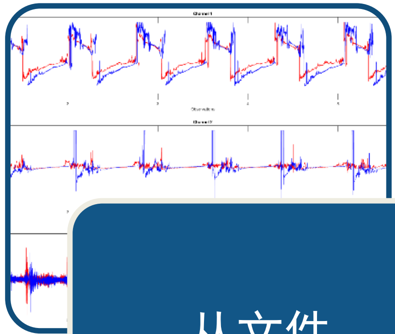
目标 | 数据 | **方式** | 结果

自编码器



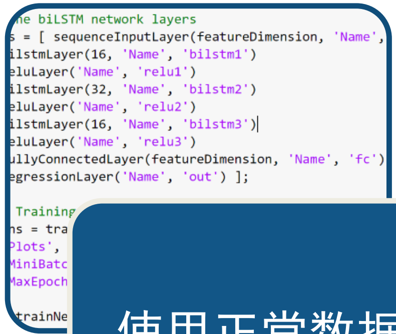
场景 2：数据无处不在

目标	数据	方式	结果

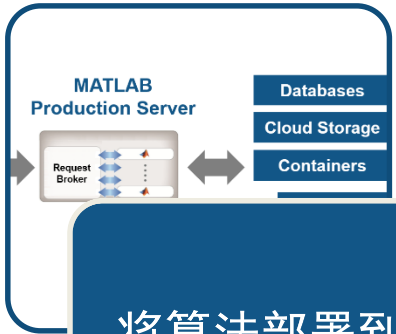


从文件
访问数据

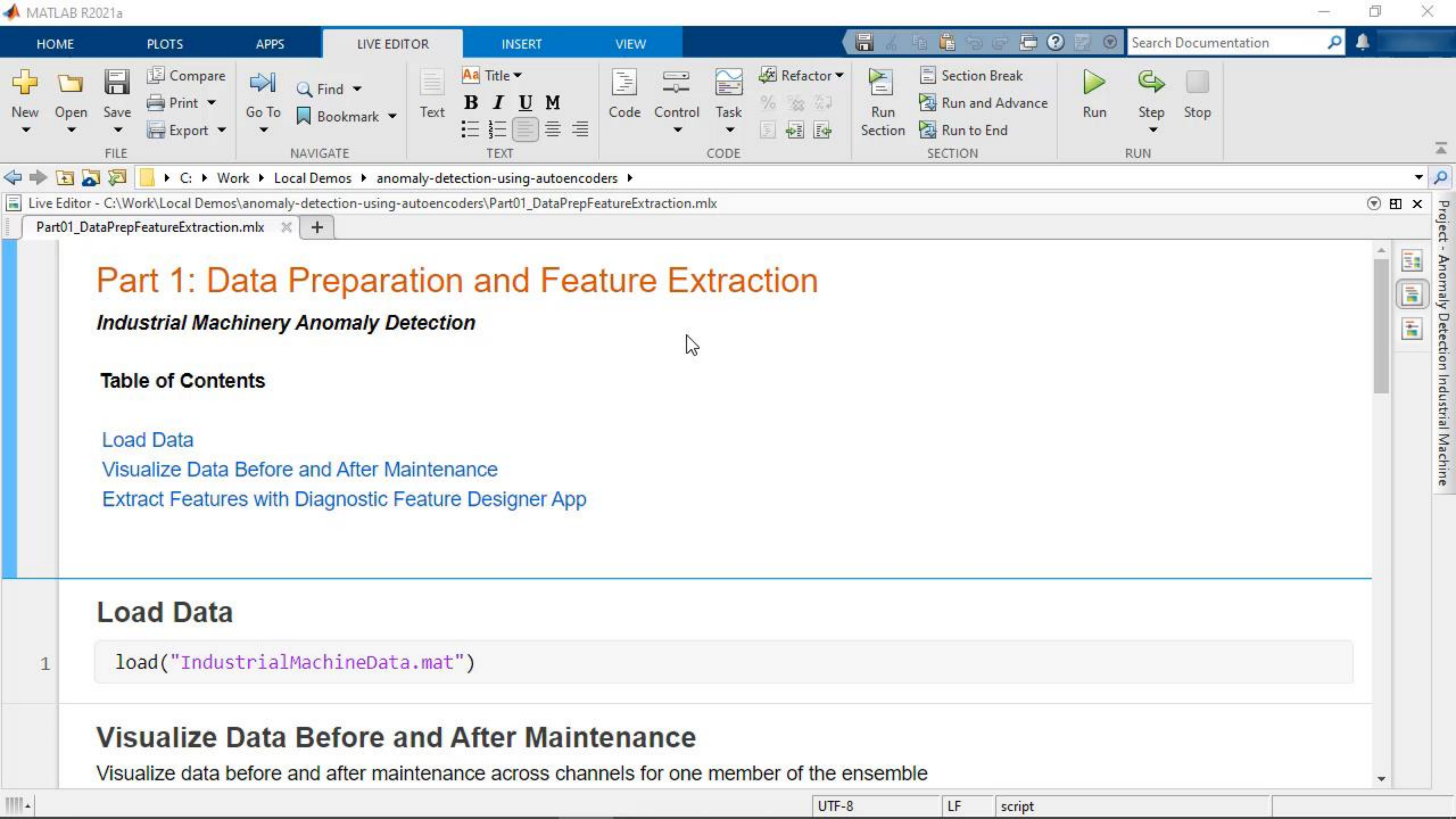
使用
Diagnostic
Feature
Designer 提取
特征并排序



使用正常数据
训练自编码器



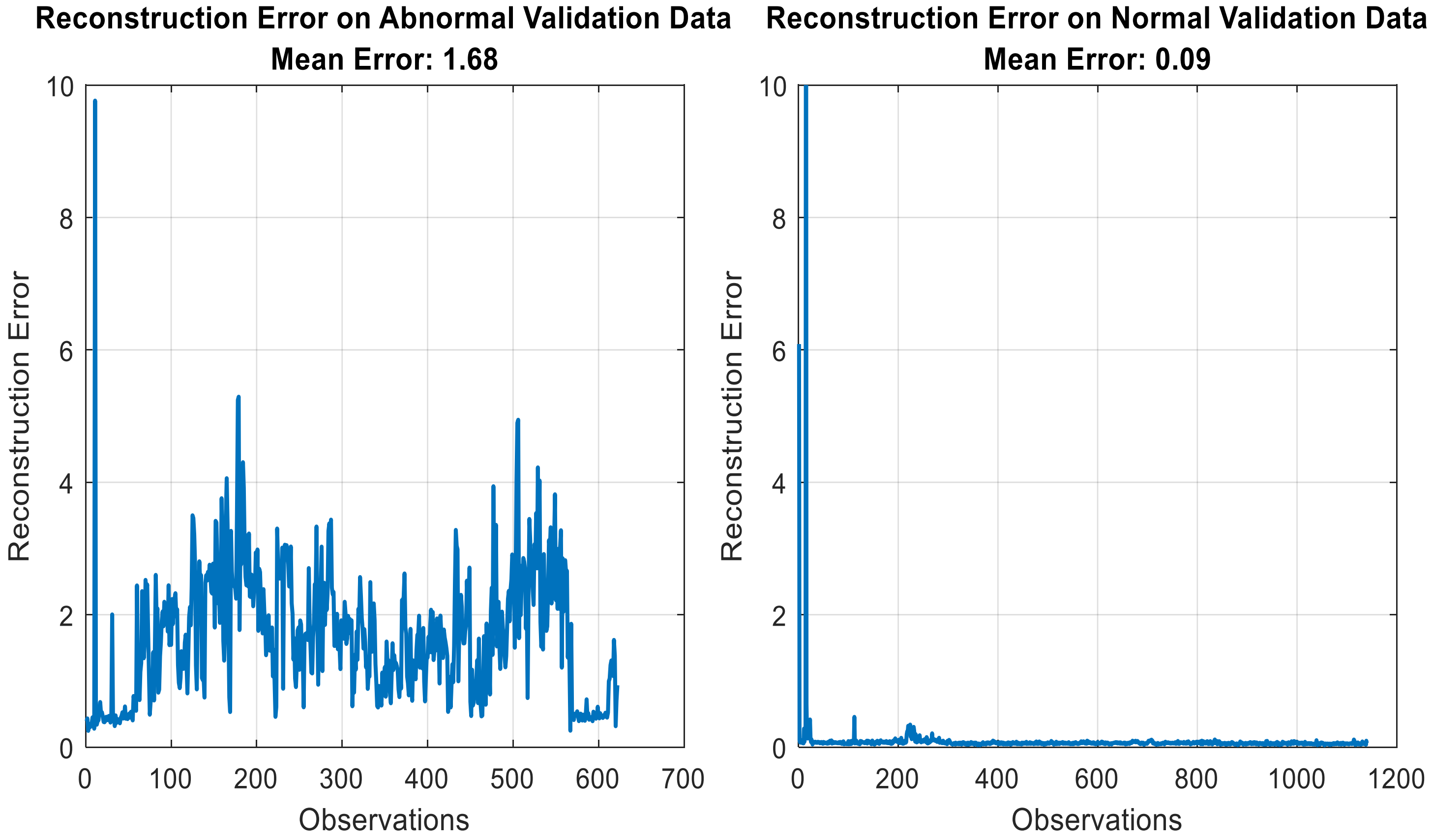
将算法部署到
云端


MATLAB R2021a
HOME
PLOTS
APPS
LIVE EDITOR
INSERT
VIEW
Search Documentation
New
Open
Save
Compare
Print
Export
FILE
Go To
Find
Bookmark
NAVIGATE
Text
Title
TEXT
Code
Control
Task
Refactor
CODE
Run Section
Section Break
Run and Advance
Run to End
SECTION
Run
Step
Stop
RUN
C: ▸ Work ▸ Local Demos ▸ anomaly-detection-using-autoencoders ▸
Live Editor - C:\Work\Local Demos\anomaly-detection-using-autoencoders\Part01_DataPrepFeatureExtraction.mlx
Part01_DataPrepFeatureExtraction.mlx
Part 1: Data Preparation and Feature Extraction
Industrial Machinery Anomaly Detection
Table of Contents
Load Data
Visualize Data Before and After Maintenance
Extract Features with Diagnostic Feature Designer App
Load Data
1 load("IndustrialMachineData.mat")
Visualize Data Before and After Maintenance
Visualize data before and after maintenance across channels for one member of the ensemble
Project - Anomaly Detection Industrial Machine
UTF-8
LF
script

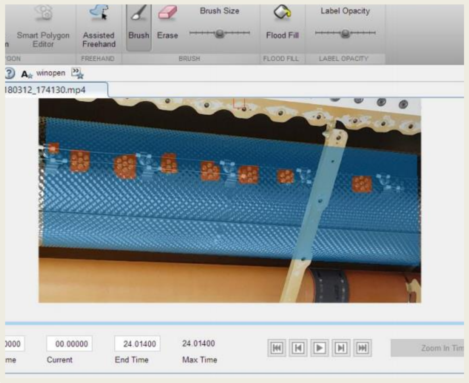
场景 2：数据无处不在

目标 | 数据 | 方式 | 结果

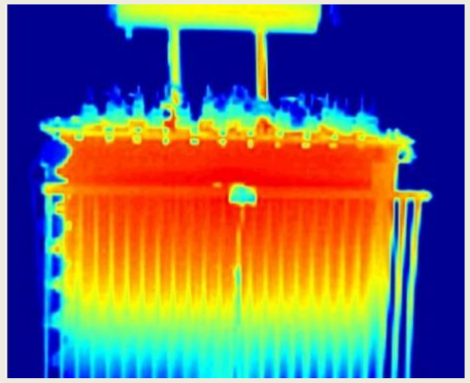
方法	验证准确度
K-均值聚类	85%
自编码器	99%



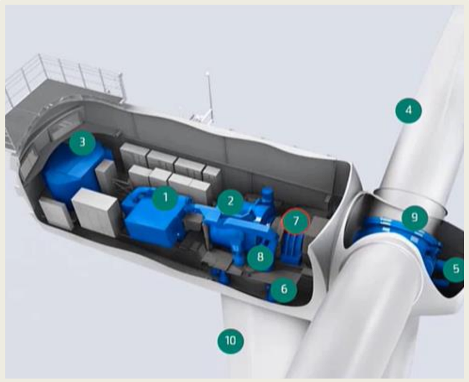
成功案例



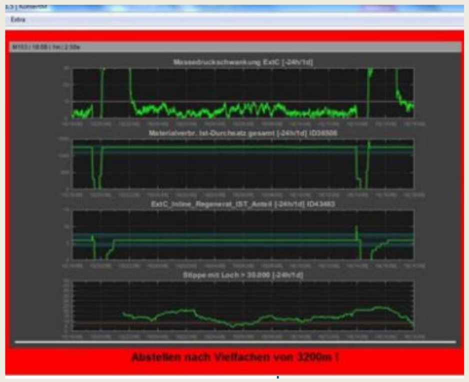
Airbus 使用语义分割检测飞机管道缺陷



Siemens 开发配电变压器健康监控系统



RWE Renewables 使用神经网络检测风机轴承异常



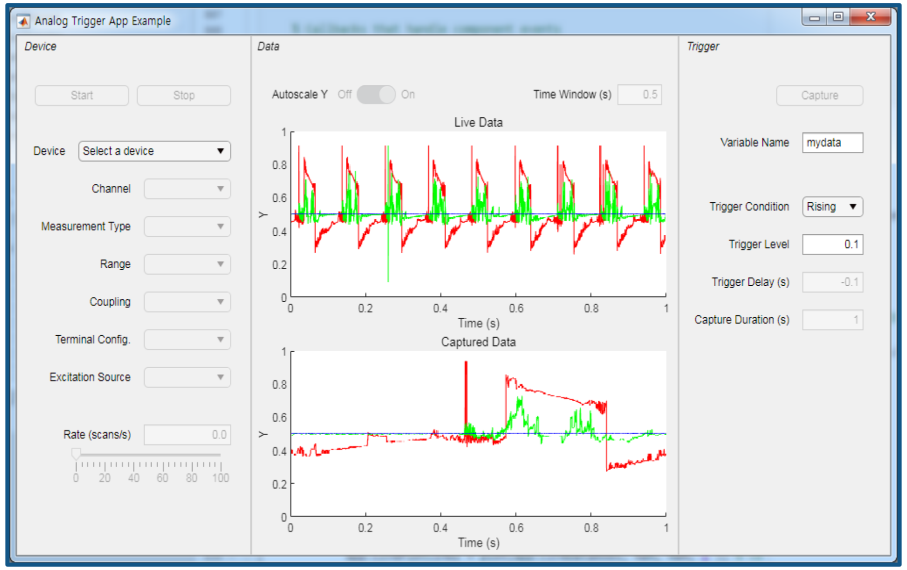
Mondi 开发并部署算法用于预测产线设备故障

LG Energy Solution 使用深度学习进行工业切割机的预测性维护

挑战
降低维护规划时对现场工程师意见的依赖（偶尔过于保守）

解决方案
开发状态监控系统，并部署独立可执行文件，直接从N I 设备获取原始数据，进行预测，并显示结果

关键结果
- 使用交互式应用程序生成特征并用于训练多个AI模型
- 开发从数据获取到部署的完整工作流
- 在MathWorks工程团队的支持下加快样机开发



Condition monitoring system using deep learning

> *"Three advantages of MATLAB that led our project to success: app-based AI development workflow, compatibility with third-party hardware, and short test cycle with rapid prototyping."*
>
> *– Junghoon Lee, LG Energy Solution*

[» Explore MATLAB for deep learning]

预测性维护关键结论

积跬步以至千里

尝试不同的方法，包括深度学习

开发者需要具备AI和领域专业能力

MATLAB提供了结合二者的环境

MATLAB 帮助您自动化整个工作流程

MATLAB EXPO
2021

谢谢！

MathWorks

MATLAB EXPO

深度学习在预测性维护中的应用

在 GitHub 上查看今天的 MATLAB 示例

您可以在 GitHub 上搜索查看本次演讲中提到的参考示例。

Industrial Machine Anomaly Detection using an Autoencoder

Air Compressor Fault Detection using an LSTM

更多关于使用深度学习进行预测性维护的示例

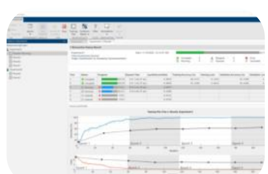
- ***Remaining Useful Life Estimation using Convolutional Neural Network***
- ***Automated Optical Inspection with Deep Learning***

探索 MATLAB 的功能 Explore MATLAB Capabilities

Apps

分类学习器
Classification Learner

诊断特征设计器
Diagnostic Feature Designer



试验管理器
Experiment Manager

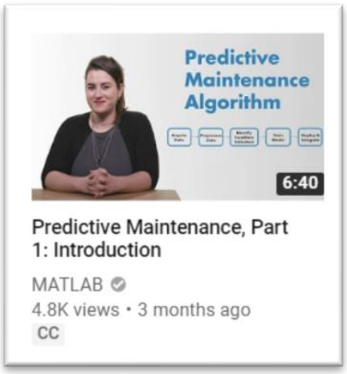
工具箱

- ***Predictive Maintenance Toolbox***
- ***Deep Learning Toolbox***
- ***Audio Toolbox***

成功用户案例

- *Airbus* 使用语义分割检测飞机管道缺陷
- *Siemens* 开发配电变压器的健康监控系统
- *Mondi* 开发并部署算法用于预测产线设备故障
- *RWE Renewables* 使用神经网络检测风机轴承异常
- *更多 MATLAB 成功案例*

MATLAB 预测性维护快速起步



- **新！培训课程： Predictive Maintenance with MATLAB**

  本课程为期两天，针对预测性维护和状态监控的工作流程， 集中介绍了其中常用的数据分析，信号处理和机器学习技巧。 学员将会学习如何使用 MATLAB 导入数据， 提取特征，估计设备的工作状态，以及剩余使用寿命。

- **系列视频：Predictive Maintenance Tech Talks**
- **电子书：Getting Started with Predictive Maintenance in MATLAB**
- **更快获取结果：咨询服务**

MATLAB EXPO

Poll Recap

How could we improve the results of a trained deep learning algorithm?

- ✓ **Collect more data**
  Collecting more data is important to make sure your training dataset fully represents the operating conditions you are trying to predict.
- ✓ **Tune network hyperparameters**
  Optimizing hyperparameters can improve performance, but can be challenging. MATLAB makes it easy to do this interactively in ***Experiment Manager*** and ***Classification Learner*** using Bayesian optimization.
- ✓ **Try a different feature set**
  It is important to ***select the best features*** that can differentiate between classes. You can automate selection of the most promising features using techniques such as feature ranking or wavelet scattering.
- ✓ **Try a different algorithm**
  Explore a variety of algorithms to solve your problem. MATLAB Apps such as ***Classification Learner*** for machine learning and ***Experiment Manager*** for deep learning can help you easily compare algorithm performance.
- × **Buy more GPUs**
  This won't improve the accuracy, but it will help speed up training. Many functions in MATLAB have built-in ***GPU support***.

Related Sessions to Check Out at MATLAB EXPO

- **DevOps for Software and Systems: Putting Algorithms and Models in Operation**
- **Deploying AI to Embedded and Enterprise Systems**
- **Deploying AI on PLCs**

Thank you for attending!