

数字孪生是实际运营中的物理资产的最新的一种模型表现形式。它反映当前资产状况，并包括与资产相关的历史数据。数字孪生可用于评估资产的最新状况，更重要的是预测未来行为、精细化控制或优化运营。

数字孪生可能是一个组件的模型、多个组件构成的系统或多个系统构成的系统，例如泵、发动机、发电厂、生产线或一个车队。数字孪生模型可以由基于物理的方法或统计方法实现。这些模型反映营运资产的当前环境、寿命和配置，通常涉及资产数据直接流向调优算法。

数字孪生的重要意义

数字孪生的工作原理

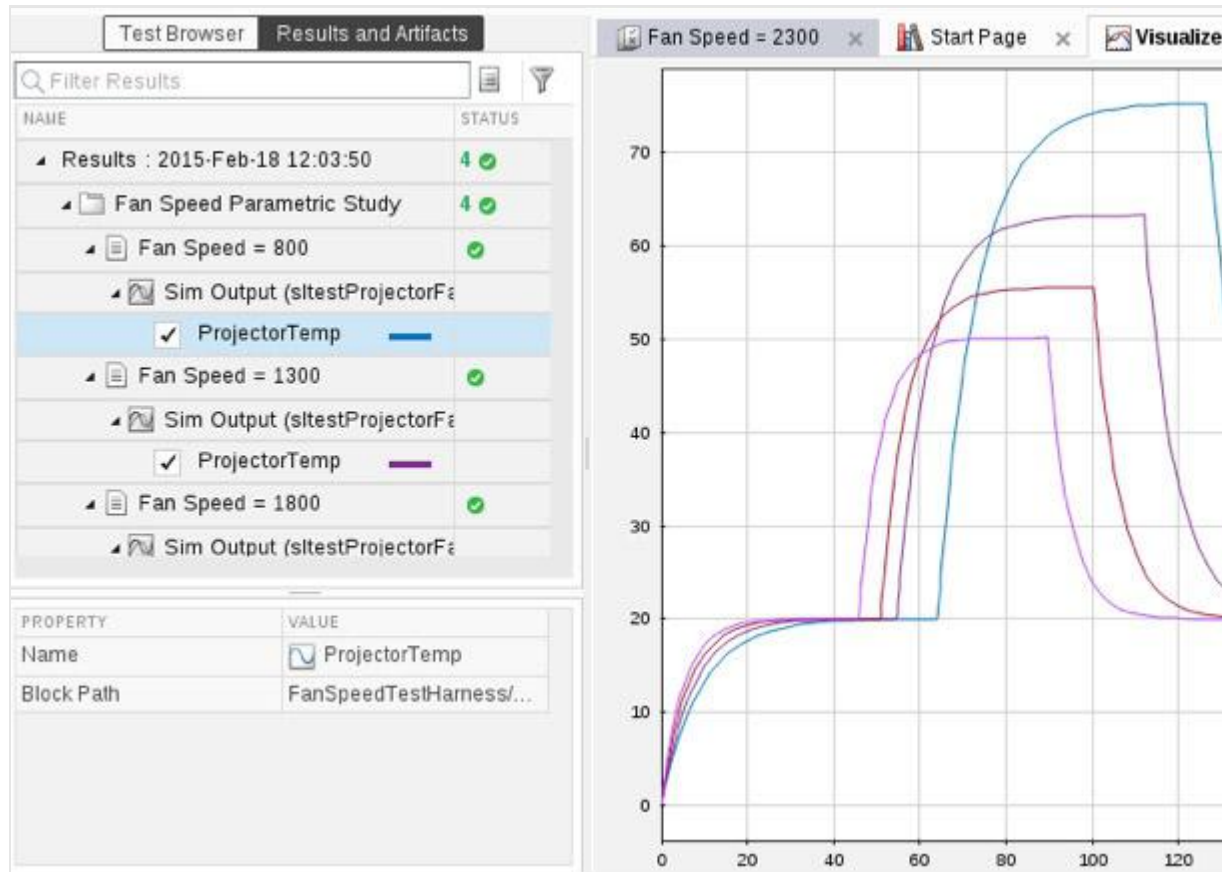
MATLAB 和 Simulink 助力数字孪生

数字孪生的重要意义

作为运营系统的组成部分，创建和使用数字孪生可以提高智能水平。利用真实运营资产的最新表示形式，可以控制或优化资产和更上层的系统。该表示形式不仅捕获资产的当前状态，而且通常会反映资产运营历史记录。数字孪生使您能够优化、提高效率，实现自动化和评估未来性能。您也可以将这些模型用于其他目的，例如虚拟试运营或用来影响下一代设计。

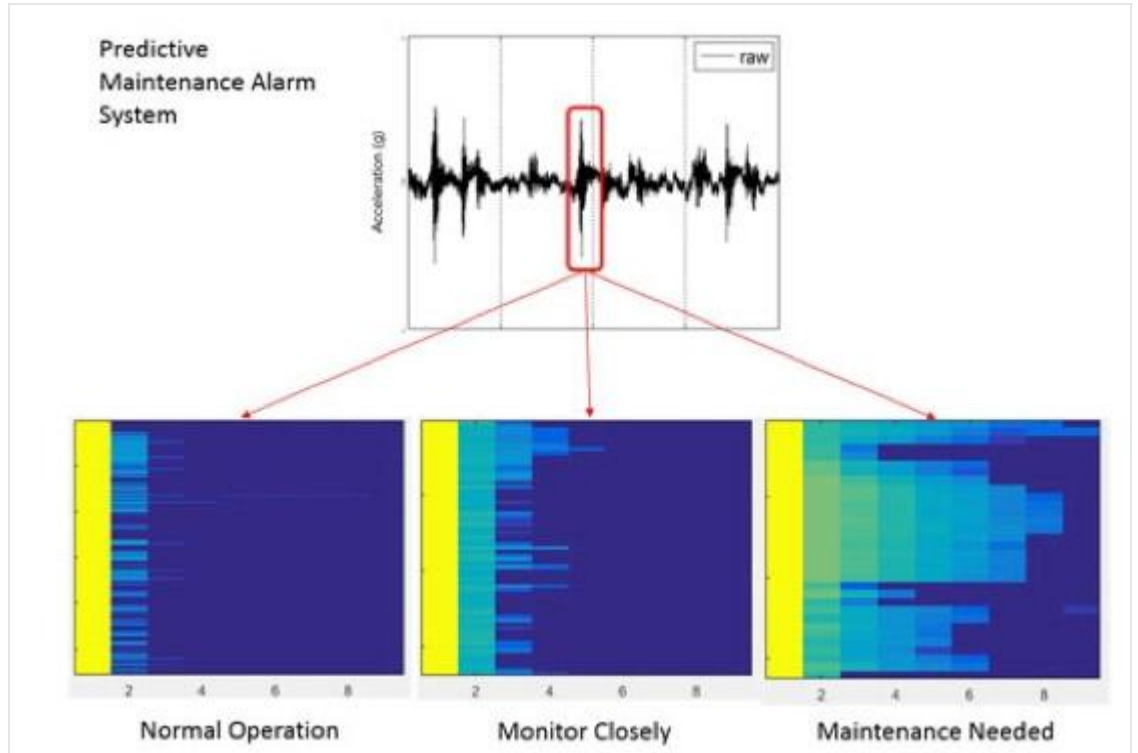
数字孪生模型常用于以下几个领域：

1. **运营优化** – 使用天气、车队大小、能源成本或性能因素等变量，触发模型运行成百上千个假设分析仿真，评估是否就绪或对当前系统设置点进行必要调整。这样就能够在运营过程中对系统运行进行优化或控制，从而缓解风险、降低成本或提高系统效率。



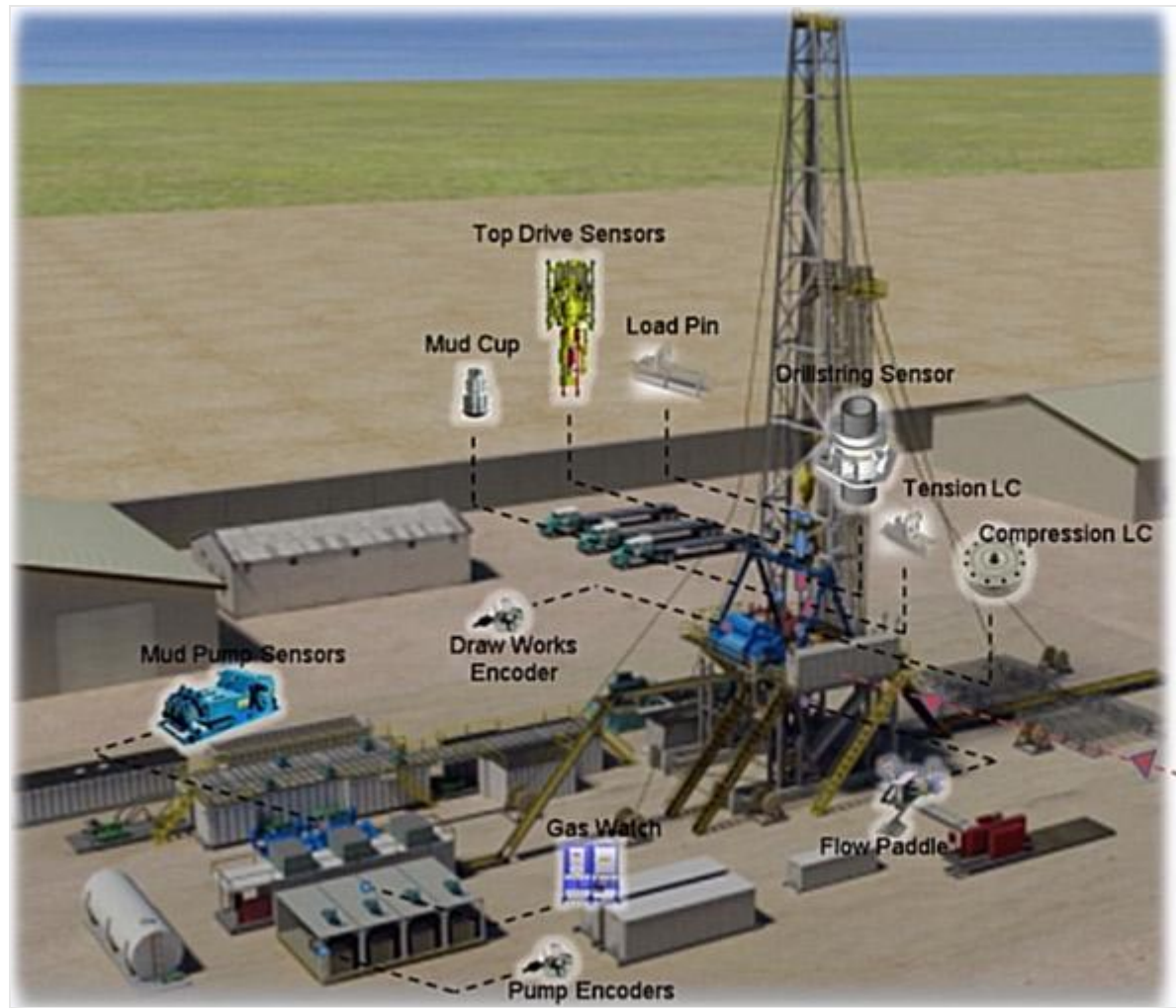
用来评估可能行为的蒙特卡洛仿真。

1. **预测性维护** – 在工业 4.0 应用中，模型可以用来确定剩余使用寿命，通知运营部门在最适当的时间检修或更换设备。



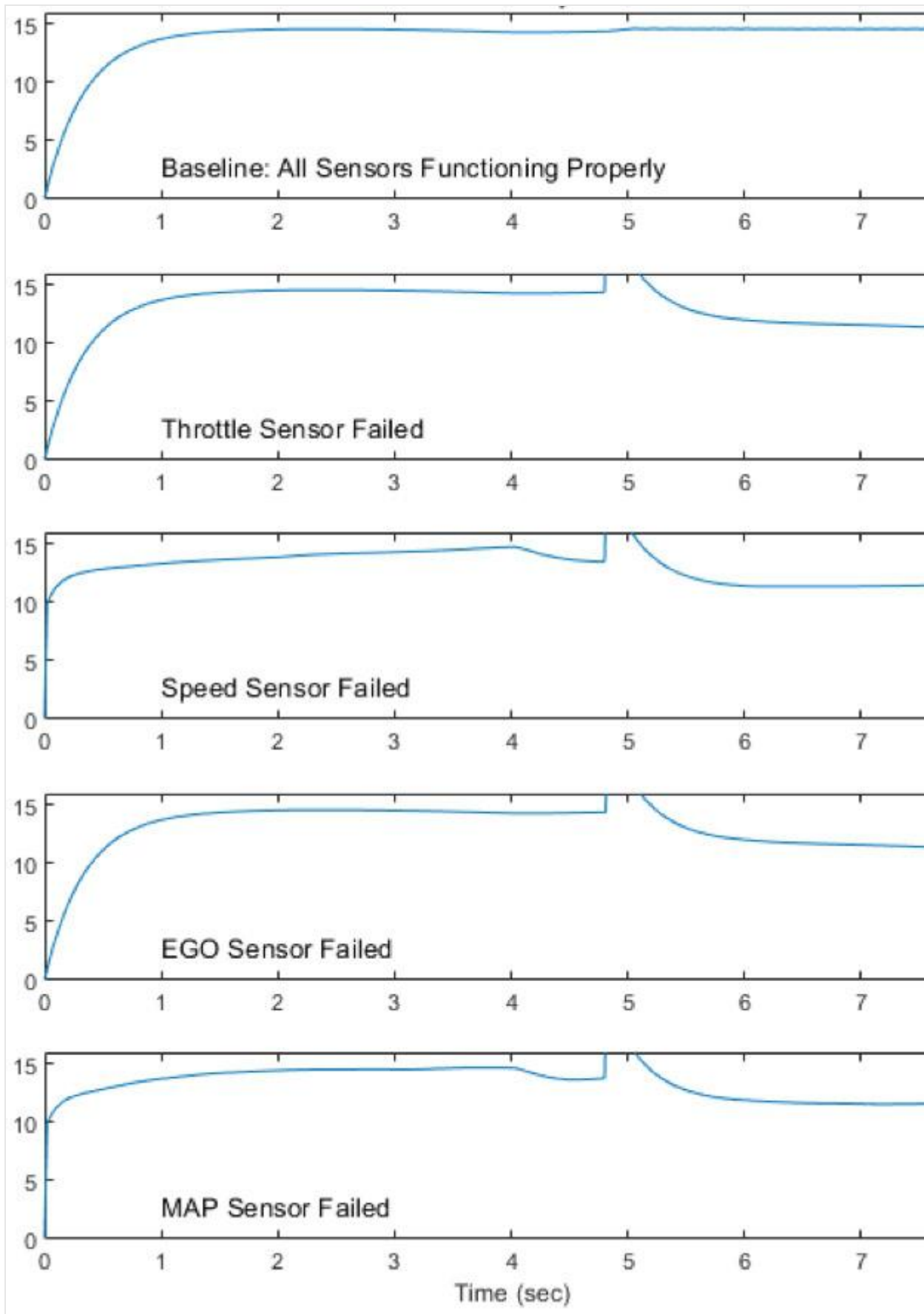
基于 MATLAB 的 Baker Hughes 预测性维护报警系统。

1. **异常检测** – 模型与实际资产并行运行, 并会立即标记偏离预期(仿真) 行为的运营行为。例如, 石油公司可以流式采集持续运转的海上石油钻塔的传感器数据。数字孪生模型会寻找运营行为中的异常现象, 以帮助避免灾难性破坏。



使用 Simulink Real-Time 在石油钻塔上进行工业物联网部署的原型。图像由 National Oilwell Varco 提供。

1. **故障隔离** – 异常可能触发一连串的仿真，以便隔离故障，识别根本原因，使工程师或系统能够采取适当措施。



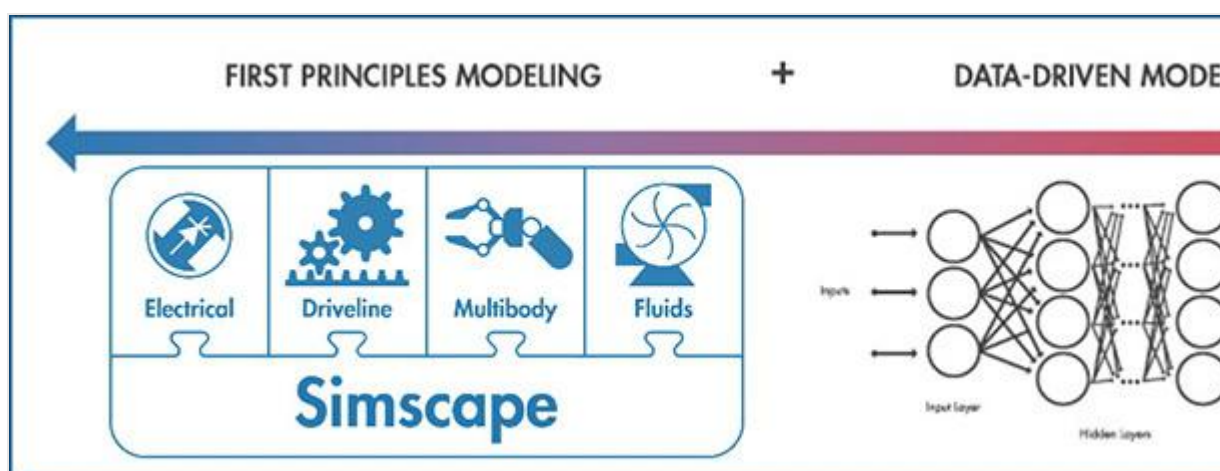
燃油控制系统的故障隔离。

数字孪生的工作原理

物联网应用推动建模所需的内容和方法，这也是数字孪生的一部分。

数字孪生模型将会包括物联网资产的所需组件、行为和动态数据。

建模方法一般可以划分为两大类 – 第一性原理或基于物理的方法（例如力学建模）和数据驱动的方法（例如深度学习）。数字孪生也可能是各种建模行为和建模方法的综合，并且有可能随着更多用途被发现而越来越详尽。



数字孪生的建模方法 – 第一性原理和数据驱动。

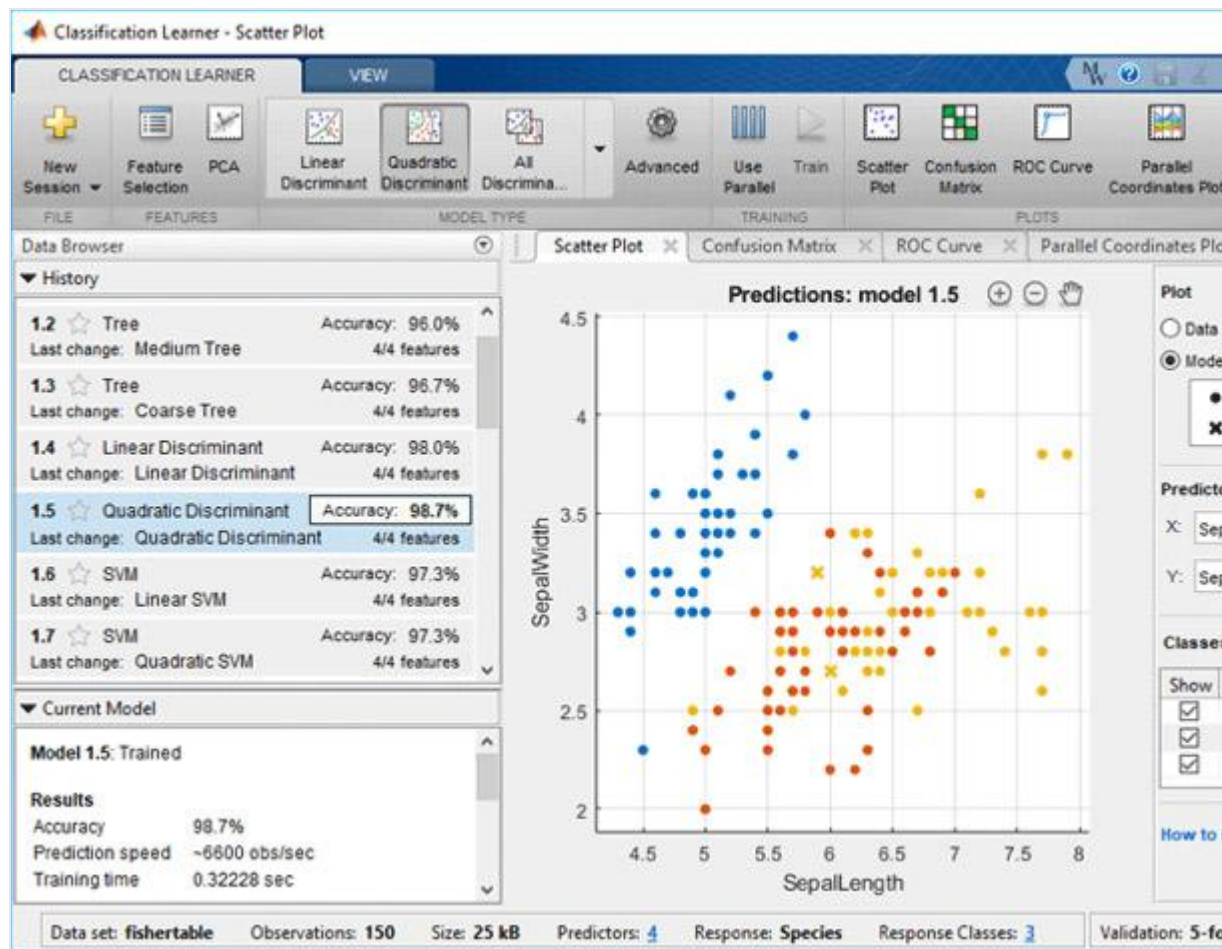
这些模型必须保持最新，并根据运营中的资产进行调优，这通常涉及将来自资产的数据直接传输到调优数字孪生的算法中去。这允许您可以考虑资产环境、寿命和配置等方面的问题。

一旦确认数字孪生可用并保持最新后，您可以用它以各种方式预测未来行为、精细化控制或优化资产运营。一些例子包括模拟真实资产上不存在的传感器、模拟任意数量的未来情景以便为当前和未来运营提供更多信息，或通过向数字孪生发送当前真实输入来提取当前运营状态。

MATLAB 和 Simulink 助力 数字孪生

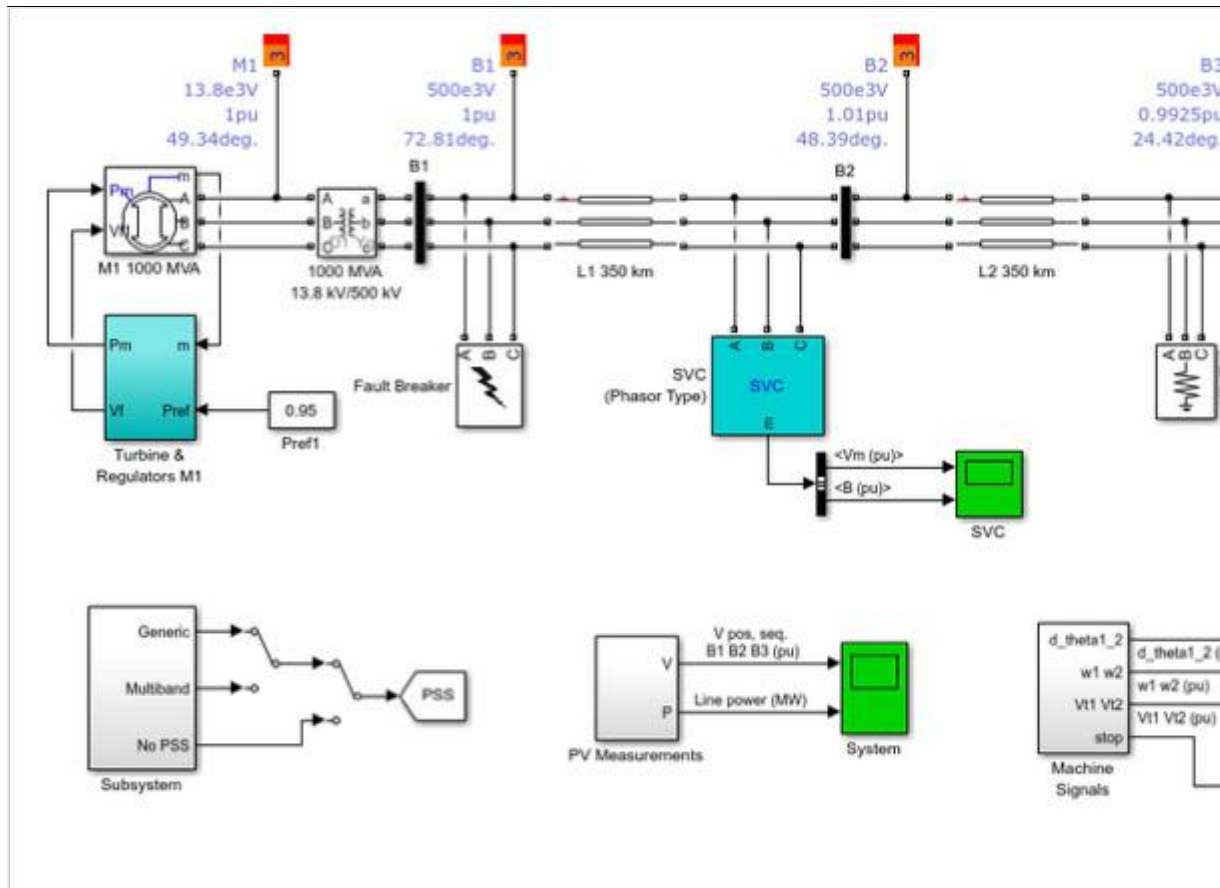
通过 MATLAB，您可以使用所连接资产的数据定义模型。您还可以使用 Simulink 中的[多域建模工具](#)创建基于物理实体的模型。数据驱动和基于物理实体的模型都可以使用来自运营资产的数据进行调整，以发挥数字孪生的作用。您可以使用这些数字孪生进行预测、假设分析仿真、异常检测、故障隔离等。

MATLAB 中可用的数据驱动方法包括机器学习、深度学习、神经网络和系统辨识。您通常可以使用一组数据来训练或提取模型，然后使用另外一组验证数据来验证或测试模型。借助 MATLAB 应用程序，您可以探索这些建模方法，找到适合您的应用的最精确方法。



用于交互式训练、验证和调优分类模型的 Classification Learner 应用程序。

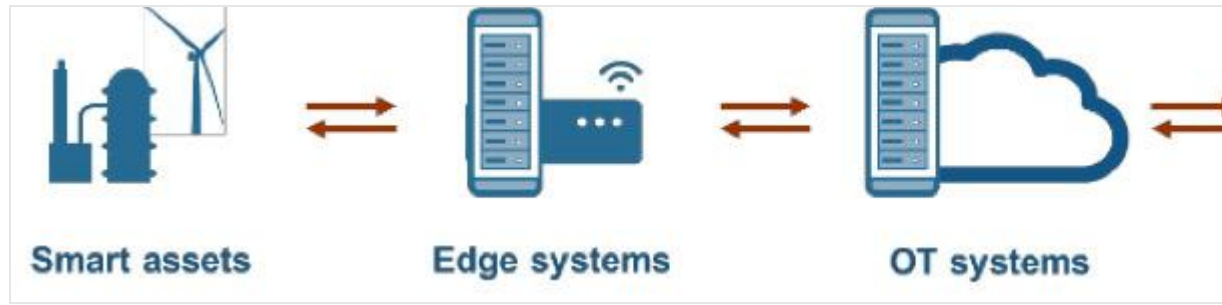
Simulink 中基于物理的建模涉及利用第一原理设计系统。模型可能包括机械、液压和电气组件。此外，模型也可能来自使用基于模型的设计与 Simulink 的上游设计工作。



电网的 Simulink 数字孪生模型。该模型接收来自电网的测量数据进行参数估计，然后运行数千个仿真方案来确定储能是否充足、电网控制器是否需要调整。

通过优化方法，您可以使用标准协议（如用于入站数据流的 MQTT）调优数字孪生模型并使其保持最新状态。

您可以在任何对您的应用有意义的地方实现数字孪生 — 在边缘节点、运营技术基础架构或 IT 系统。并可在 Azure IoT Hub 或 AWS IoT 等商用系统上集成，或根据需要通过 API 和其他常用集成方法（如共享库和 RESTful 调用）实现自定义集成。



物联网拓扑结构 - 在任何对应用有意义的地方实现数字孪生。