

## Application Brief

# 了解雷达应用中的人工智能和机器学习



Kottyn Quintanilla

## 引言

人工智能 (AI) 和机器学习 (ML) 因其影响和扩展全球众多行业的潜力而受到广泛关注。机器学习广泛应用于机器人、安全、研究以及楼宇自动化、工厂自动化和个人电子产品等各行各业。机器学习的实施和开发面临诸多挑战，包括实现自主决策，以及创建能够适应非结构化环境的复杂系统。

基于雷达的传感器集成电路 (IC) 得益于传感器远距离功能、高运动灵敏度和隐私特性，成为位置和接近感应设计的常用技术。由于具有高精度，雷达传感器还广泛应用于汽车和工业市场，包括机器人、家庭安全、个人电子产品、人员存在和运动检测等领域。毫米波雷达传感器是一种领先的感应技术，它使用机器学习提供更可靠、更准确的分类，以识别更接近更昂贵的视觉系统的物体。

## 使用雷达对物体进行分类

任何感应技术的关键组成部分都是能够正确理解和识别物体周围的物体。毫米波不仅能够精确检测 3D 环境中物体的位置，而且通过机器学习，毫米波还能够对物体类型进行分类。每个有生命或无生命的物体在运动中都有不同的微多普勒特征，毫米波可以通过这种特征利用机器学习来对物体进行准确分类。图 1 显示了不同物体的各种微多普勒特征。

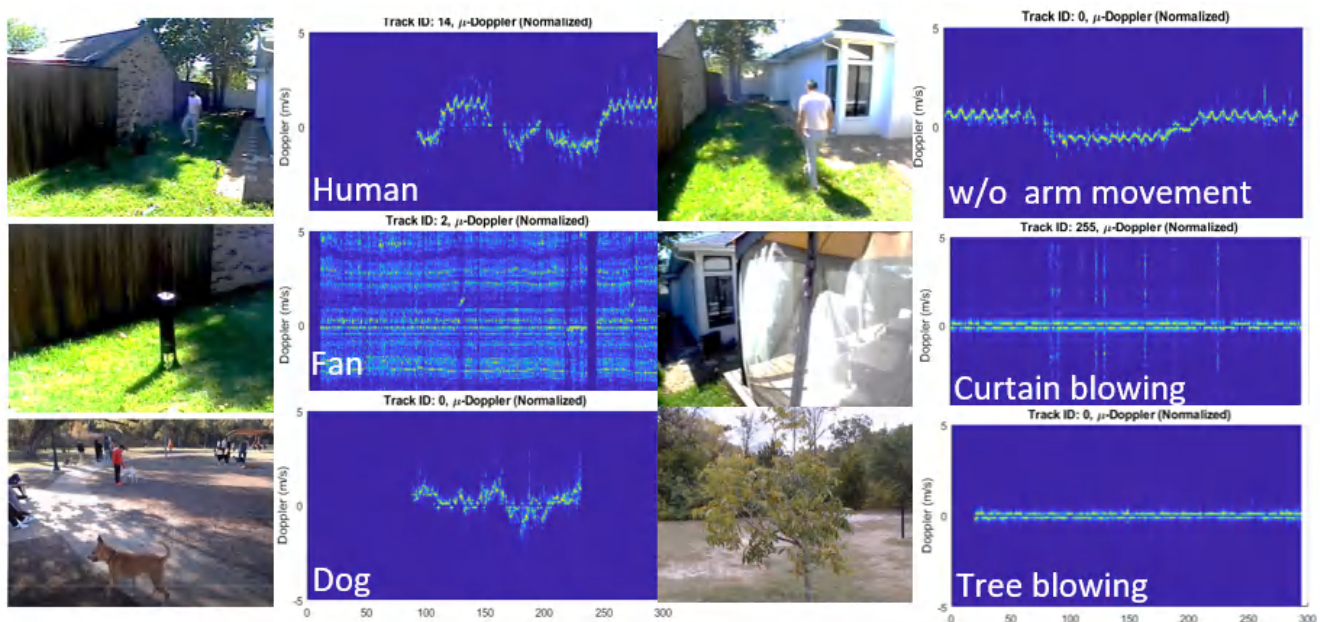


图 1. 物体的不同微多普勒特征

毫米波能够避免因意外运动（例如，树、叶子、小动物、割草机器人等的运动）而导致的任何不必要的虚假错误。使用来自多接收器系统的角度信息来确定高度和距离，可以根据大小、距离和多普勒对物体进行过滤。这可以帮助家庭安全系统将物体分类为人、动物或识别汽车，以限制任何不必要的通知，或仅在检测到某些物体时通知用户。

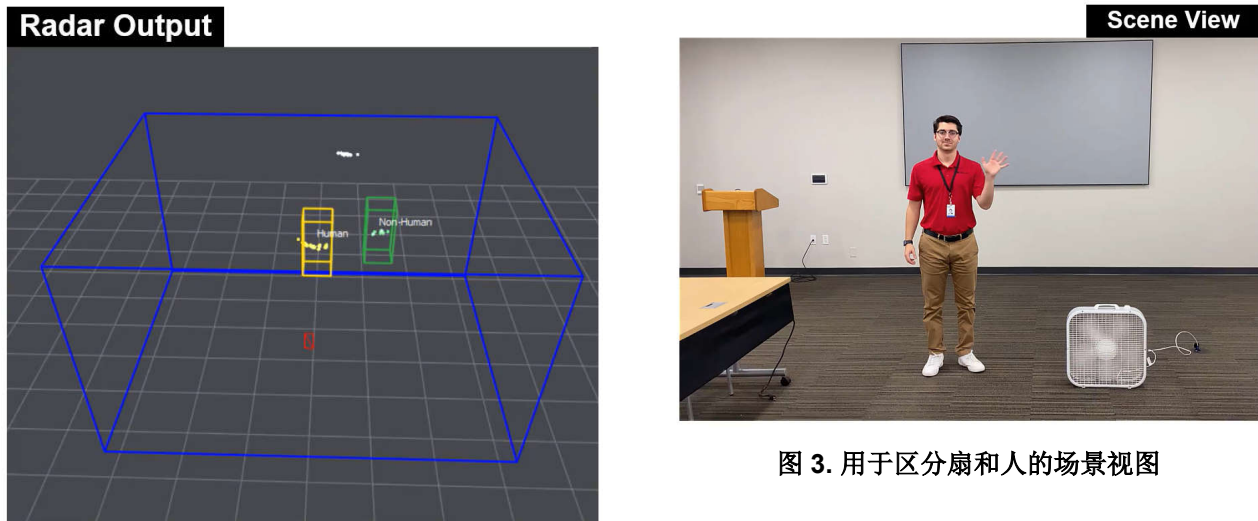


图 2. 用于区分风扇和人的雷达分类输出

图 3. 用于区分扇和人的场景视图

这种精确的分类形式不仅限于物体，毫米波还可以使用微多普勒下方地面的微多普勒特征来确定毫米波传感器所指向的表面。帮助割草机器人了解机器人是否位于草地、混凝土上，甚至帮助家庭机器人确定某个区域是否潮湿（地面有水坑）以通知房主，或确定表面是否干燥。

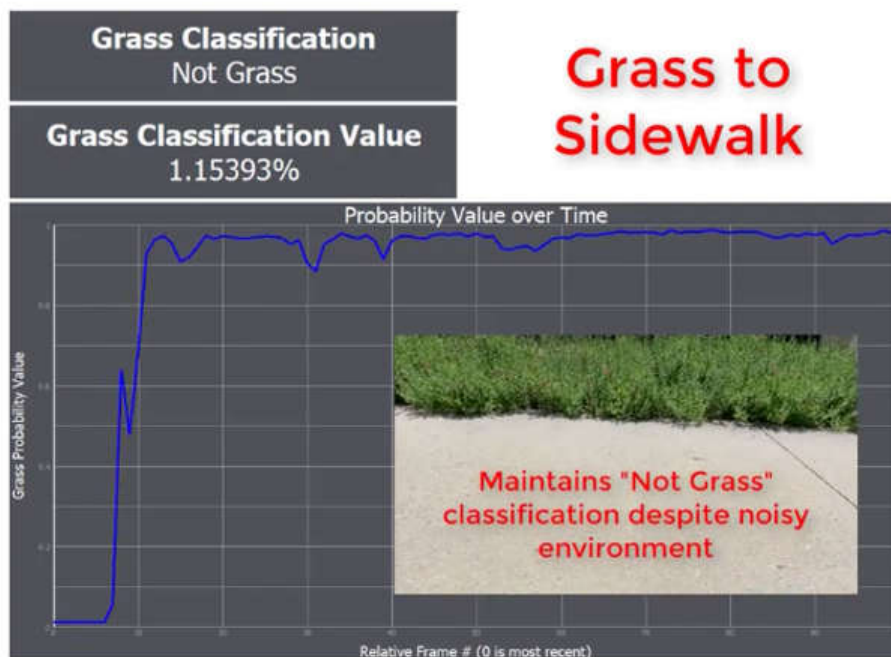


图 4. 草地与非草地间的表面分类

毫米波传感器可提供导航和感知设计，同时仍支持非接触式和私有应用。物体和表面分类可用于各种终端设备。通过让设备变得更准确、更智能来提升用户体验，并根据这些决定调整与最终用户的交互或操作。

### 利用雷达进行手势识别

毫米波雷达传感器不只能够利用机器学习来区分物体，手势识别也是许多应用中最令人期待的技术功能之一。只需挥挥手，即可在不使用遥控器的情况下更改电视频道，或者调高手机扬声器的音量。许多应用可以利用手势识别来扩展产品系列，打开实现许多令人兴奋的新功能的大门。

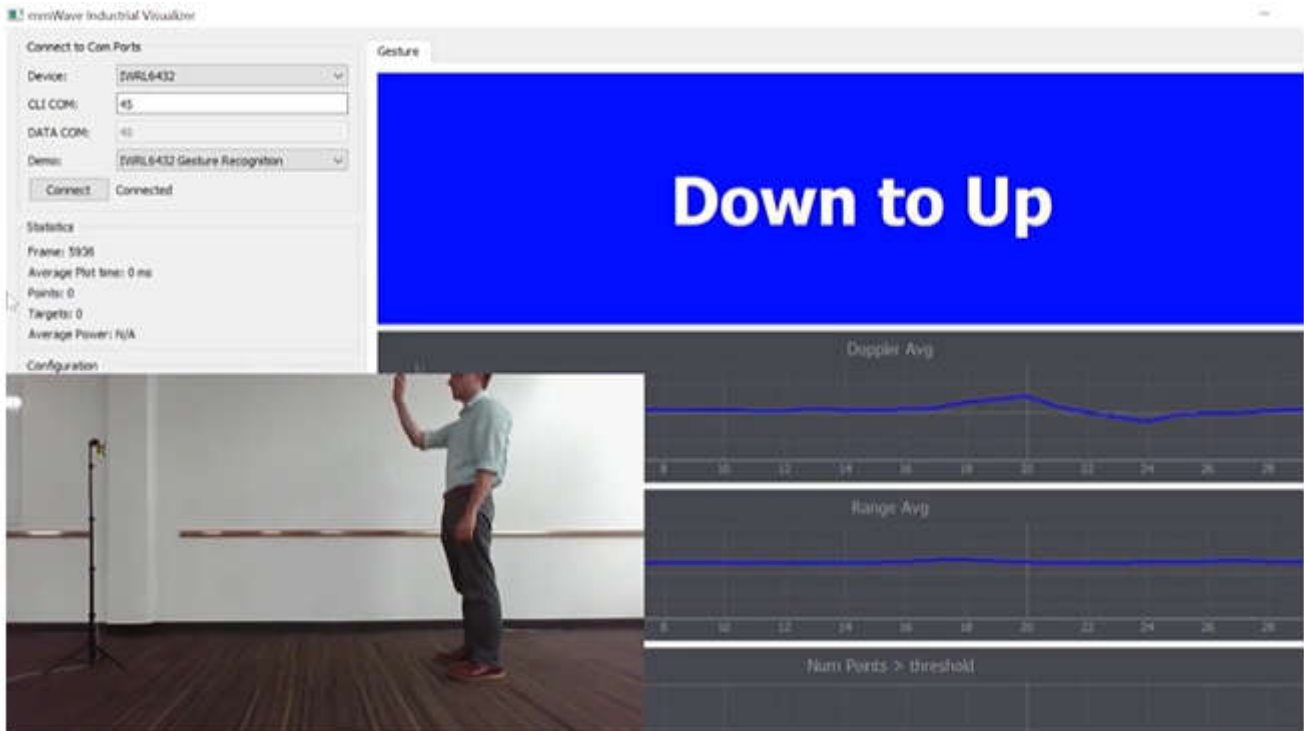


图 5. 雷达使用手势分类来确定从上到下的运动

通过使用机器学习，毫米波能够捕获各种不同的动作，例如向左或向右滑动、向上或向下移动手，甚至是独特的运动，例如顺时针或逆时针移动手以实现某个动作。想象一下，不再需要输入密码来解锁前门，而是可以选择执行各种手势来打开门，或者展示幻灯片并使用手势移动到下一张幻灯片，而不是使用按钮。通过机器学习，可以实现所有这些应用，同时保持毫米波已知的所有低成本、低功耗和高性能指标。

### 毫米波传感器相较于激光雷达和摄像头的优势

通常选择毫米波雷达技术而不是激光雷达、摄像头和其他光学传感器，不仅是为了节省成本，还因为雷达能够在恶劣天气条件下良好运行；而摄像头可能会受到光线不足和天气的影响。雷达还具有较宽的距离和覆盖范围，使传感器能够检测 100 米以外的物体。由于移动机器人应用需要节省功耗，因此客户经常使用可低至 1mW 的雷达进行存在检测。但是，将雷达与激光雷达配合使用时，摄像头或其他光学传感器可帮助应用覆盖应用可能需要的几乎每个角落场景。

从功能安全的角度来看，TI 在设计 IWR6432 等非接触式雷达传感器之前，已进行了大量的硬件和软件开发工作，并获得了 (TÜV) SÜD 的器件认证。所有 TI 雷达传感器均具有多种内置的功能安全机制，可提供 IEC 61508 所要求的必要诊断覆盖范围，可在元件级别满足高达安全完整性等级 (SIL) 2 的硬件功能。

TI 通过诊断软件库、编译器资质审核套件、第三方操作系统、开发工具和其他文档在线提供此功能安全配套资料，从而让工程师简化安全设计流程和系统级认证。

### 总结

机器学习提供了雷达可涵盖的各种新用例，例如：表面分类、人类与非人类、手势识别等。现在，使用 TI 的开源 PyTorch 模型可以轻松完成机器学习，其中所有模型都在片上运行，并且是使用开源库和工具创建的。德州仪器 (TI) 提供完整的分步流程，涵盖了部署您自己的模型所需的一切。使用 Python 进行数据收集，使用 PyTorch 和 Jupyter 进行任何基于模型的训练，使用 Code Composer Studio 进行所需的任何 TVM 和 C 集成。提供数据操作、模型生成和最终目标集成所需的一切。

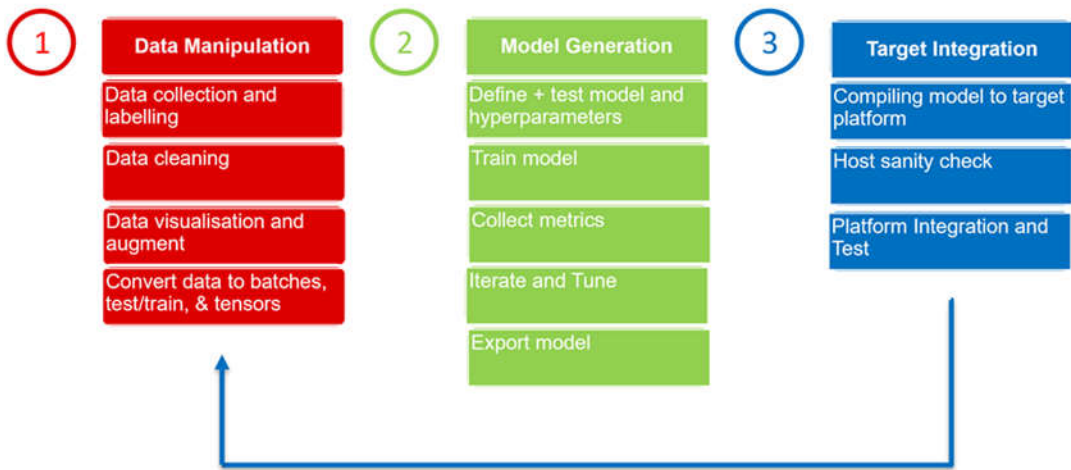


图 6. 使用 TI 雷达的机器学习流程

在将机器学习实施到应用中时，德州仪器 (TI) 提供了各种学习资源，使现在的入门变得比以前更简单。毫米波传感器具有低成本、低功耗等优势，并且能够在所有天气条件下准确感应且极其精确，使得毫米波雷达成为在应用中应用机器学习的先进感应设计。

**资源**

- 德州仪器 (TI), [适用于毫米波传感器的 Radar Toolbox](#)。
- 德州仪器 (TI), [雷达摄像头融合](#)。
- 德州仪器 (TI), [IWR6843AOP 单芯片 60GHz 封装天线 \(AoP\) 毫米波传感器评估模块](#)。

**商标**

所有商标均为其各自所有者的财产。



## 重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265  
版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司