

# 无人驾驶工程师纳米学位课程大纲

课程大纲	1
第一学期	1
第二学期	5
第三学期	9
先修要求	14
我们的目标	14

# 课程大纲

## 第一学期

周	部分	课程
1	简介	欢迎
		项目 1 : 检测车道线
2	深度学习	神经网络入门
3	深度学习	MiniFlow
4	深度学习	TensorFlow 入门
5	深度学习	深度神经网络
		卷积神经网络
6	深度学习	项目 2 : 交通标志识别与分类
7	深度学习	Keras
8	深度学习	迁移学习
9	深度学习	项目 3 : 行为克隆
10	计算机视觉	高级车道检测
11	计算机视觉	项目 4 : 高级车道检测
12	计算机视觉	机器学习
		支持向量机
		决策树
13	计算机视觉	项目 5 : 车辆检测与跟踪
		结束

## 第一学期 - 第一部分

### 简介

在这节课中，你将会了解无人驾驶车的组成系统和工作原理，并着手迎接你的第一个实战项目-检测车道线。同时，我们会介绍整个纳米项目和课程期间提供的各项学习服务。

课程	标题	描述
1	简介	与讲师见面，包括 Sebastian Thrun、Ryan Keenan 和我自己。了解无人驾驶车的组成系统，以及此纳米学位项目的授课内容和授课形式。
2	项目 1：检测车道线	从视频流中获取的图像检测高速公路车道线。使用 OpenCV 图像分析技术，包括霍夫变换（Hough transforms）、Canny 边缘检测、颜色选择，切图（ROI, region of interest selection），灰度处理，高斯模糊等方法来识别车道线。

实战项目 1：检测车道线
投从视频流中获取的图像检测高速公路车道线。使用 OpenCV 图像分析技术，包括霍夫变换（Hough transforms）、Canny 边缘检测、颜色选择，切图（ROI, region of interest selection），灰度处理，高斯模糊等方法来识别车道线。

## 第一学期 - 第二部分

### 深度学习

深度学习已经成为机器学习和自动化交通发展中最关键的组成部分！来自 NVIDIA 和 Uber ATG 的专家将会教你利用现实世界和优达模拟装置中的数据，来进行深度神经网络架构和训练。

课程	标题	描述
----	----	----

1	神经网络入门	了解感知器、激活函数和基本神经网络。使用 Python 语言搭建你自己的神经网络。
2	MiniFlow	从头开始构建你自己的神经网络库！你的 MiniFlow 图书馆将和谷歌的 TensorFlow 非常类似。
3	TensorFlow 入门	Google Brain 首席科学家 Vincent Vanhoucke 向你介绍深度学习和 Google 深度学习框架 Tensorflow。
4	深度神经网络	学习如何从简单的神经网络转变为深度神经网络，并了解为什么附加层可以帮助以及如何防止过拟合。
5	卷积神经网络	研究卷积神经网络的构建模块，包括过滤器、步幅（stride）和池化（pooling），以及它们如何可以提升图片分类性能。
6	项目 2：交通标志识别与分类	实现和训练卷积神经网络对交通标志进行分类。使用验证集、池化和丢弃数据技术选择神经网络架构并提高性能。
7	Keras	在 Keras 中构建一个多层卷积神经网络。比较 Keras 的简单性与 TensorFlow 的灵活性。
8	迁移学习	微调已经经过训练的神经网络来解决你自己的问题。研究 AlexNet、VGG、GoogLeNet 和 ResNet 等标准神经网络。
9	项目 3：行为克隆	架构和训练一个深度神经网络，以在模拟器中驾驶汽车。收集你自己的训练数据，并用它来在测试跑道上克隆你自己的驾驶行为模式。

### 实战项目 2：交通标志识别与分类

实现和训练卷积神经网络对交通标志进行分类。使用验证集、池化和丢弃数据技术选择神经网络架构并提高性能。

### 实战项目 3：行为克隆

架构和训练一个深度神经网络，以在模拟器中驾驶汽车。收集你自己的训练数据，并用它来在测试跑道上克隆你自己的驾驶行为模式。

## 第一学期 - 第三部分

### 计算机视觉

你将会整合摄像头、软件和机器学习的相关知识，进行多种路况下的车道检测和车辆跟踪。同时你会着手校正摄像头，处理图像，应用支持向量机和决策树来从视频中提取信息。

课程	标题	描述
1	高级车道检测	学习摄像头的物理知识，以及如何校准、反失真和转换图像角度。研究可以应对弯道、恶劣天气和不同照明情况的先进车道检测技术。
2	项目 4：高级车道检测	在各种条件下检测车道线，包括不断变化的路面、弯道和变化的照明条件。使用 OpenCV、滤波器、多项式拟合和样条曲线（spline）实现摄像头校准和变换。
3	机器学习	回顾机器学习的基础知识，包括回归和分类。
4	支持向量机	实现支持向量机，并应用于图像分类。
5	决策树	实现决策树并应用于图像分类。
6	项目 5：车辆检测与跟踪	使用图像分类器（例如 SVM、决策树、HOG 和 DNN）跟踪摄像头图像中的车辆。应用过滤器融合位置数据。
7	结束	小结与回顾。

#### 实战项目 4：高级车道检测

在各种条件下检测车道线，包括不断变化的路面、弯道和变化的照明条件。使用 OpenCV、滤波器、多项式拟合和样条曲线（spline）实现摄像头校准和变换。

#### 实战项目 5：车辆检测与跟踪

使用图像分类器（例如 SVM、决策树、HOG 和 DNN）跟踪摄像头图像中的车辆。应用过滤器融合位置数据。

## 第二学期

周	部分	课程
1	传感器融合	欢迎
		传感器
		卡尔曼滤波器
2	传感器融合	C++
3	传感器融合	在 C++ 中用卡尔曼滤波器实现 Lidar 和 Radar 传感器融合
4	传感器融合	项目：扩展卡尔曼滤波器
5	传感器融合	无迹卡尔曼滤波器
6	传感器融合	项目：无迹卡尔曼滤波器
7	定位	定位简介
		马尔可夫定位
		运动模型
8	定位	粒子滤波
		构建粒子滤波器
9	定位	项目：被绑架的汽车
10	控制	PID 控制
11	控制	项目：PID 控制器
12	控制	车辆模型
		模型预测控制
13	控制	项目：模型预测控制器

## 第二学期 - 第一部分

### 传感器融合

长时间追踪对象是了解车辆周围环境的一项重大挑战。来自梅赛德斯 - 奔驰(Mercedes-Benz) 的传感器融合工程师将向你展示如何编程卡尔曼滤波器的基本数学工具。这些滤波器可以准确预测并确定道路上其他车辆的位置。

课程	标题	描述
1	欢迎	第二学期简介。
2	传感器	传感器融合模块的第一课，涵盖了在无人驾驶汽车上的两种最重要的传感器——雷达与光学雷达背后的物理。
3	卡尔曼滤波器	卡尔曼滤波器是将数据融合的重要工具，运用 Python 实现这些滤波器，并融合单一传感器实时数据。
4	C++	复习 C++ 的关键概念并实现第二学期的项目。
5	在 C++ 中用卡尔曼滤波器实现 Lidar 和 Radar 传感器融合	在本课中，你将使用 C++ 构建一个能够处理有多来源数据的卡尔曼滤波器。为什么选择C++？因为其性能使得卡尔曼滤波器能够实时跟踪对象。
6	项目：扩展卡尔曼滤波器	通过在 C++ 中完成扩展卡尔曼滤波器，在实际中应用你迄今为止所学到的关于传感器融合的所有内容！
7	无迹卡尔曼滤波器	扩展卡尔曼滤波器对于线性运动很有效，而现实中的物体很少线性移动。使用无迹卡尔曼滤波器，你将能够准确地跟踪非线性运动！
8	项目：无迹卡尔曼滤波器	这一项目将测试你的技能！你将使用 C++ 编码来追踪非线性运动的无损卡尔曼滤波器。

#### 实战项目 1：扩展卡尔曼滤波器

通过在 C++ 中完成扩展卡尔曼滤波器，在实际中应用你迄今为止所学到的关于传感器融合的所有内容！

## 实战项目 2：无迹卡尔曼滤波器

这一项目将测试你的技能！你将使用 C++ 编码来追踪非线性运动的无损卡尔曼滤波器。

## 第二学期 - 第二部分

### 定位

定位是用于确定我们的车辆在世界上的位置。GPS 定位无疑是伟大的，但它只能在方圆几米内保持准确。我们需要精确到厘米级的精度！为了实现这一点，来自梅赛德斯-奔驰的工程师将教你使用马尔科夫定位的原理来编制粒子滤波器，该滤波器能够使用数据和地图来确定车辆的精确位置。

课程	标题	描述
1	定位简介	学习运动和概率将如何影响你对你所在位置的认识。
2	马尔可夫定位	运用一个简单的贝叶斯滤波器，定位一辆在简单环境中的车辆。
3	运动模型	学习车辆移动的基本模型，其中包括自行车模型。运用不同传感器所提供的数据估计汽车的位置。
4	粒子滤波	运用一种概率抽样技术，即粒子滤波，来定位处于复杂环境中的车辆。
5	构建粒子滤波器	现在你已经了解了粒子滤波器的工作原理，你将学习如何编写粒子滤波器。
6	项目：被绑架的汽车	在这一项目中，你将构建一个粒子滤波器，并将其与实际地图组合，来定位被绑架的车辆！

## 实战项目 1：被绑架的汽车

在这一项目中，你将构建一个粒子滤波器，并将其与实际地图组合，来定位被绑架的车辆！



## 第二学期 - 第三部分

### 控制

一辆无人驾驶车归根结底是一辆汽车，我们需要发出转向，油门和刹车等指令来运行汽车。Uber ATG 将指导你构建比例积分微分（PID）控制器和模型预测控制器。在学习这些控制算法中，你将熟悉起动车辆的基础和先进技术。

课程	标题	描述
1	PID 控制	学习控制系统是如何让车辆准确地行驶，实现经典的闭环控制器——比例微分积分控制系统。
2	项目：PID 控制器	在这一项目中，你将从行为克隆项目中重新考察湖泊车道。然而，这一次，你将在 C++ 中实现一个 PID 控制器来操纵车道上的车辆！
3	车辆模型	在本课中，你将学习运动学和动力学车辆模型。我们稍后将使用模型预测控制。
4	模型预测控制	在本课中，你将学习如何将控制问题看成一个随时间的优化问题处理。这就是模型预测控制！
5	项目：模型预测控制器	在这一项目中，你将实现模型预测控制，即使在命令之间有额外的延迟，也可以在车道上驾驶车辆！

#### 实战项目 1：PID 控制器

在这一项目中，你将从行为克隆项目中重新考察湖泊车道。然而，这一次，你将在 C++ 中实现一个 PID 控制器来操纵车道上的车辆！

#### 实战项目 2：模型预测控制器

在这一项目中，你将实现模型预测控制，即使在命令之间有额外的延迟，也可以在车道上驾驶车辆！

## 第三学期

周	部分	课程
1	路径规划	搜索
2	路径规划	预测
3	路径规划	行为规划
4	路径规划	路径生成
5	路径规划	项目：高速公路行驶
6	选修	课程 1：深度学习进阶
7	选修	课程 2：功能安全
8	选修	课程 3：系统集成
9	选修	项目：选修项目
10	系统集成	无人驾驶车架构
		ROS 入门
11	系统集成	包 & Catkin Workspaces
12	系统集成	编写 ROS Nodes
13	系统集成	项目：Carla 无人驾驶车实践

## 第三学期 - 第一部分

### 路径规划

梅赛德斯-奔驰智能汽车团队将带您进行路径规划的三个阶段。首先，您将运用模型驱动和数据驱动的方法来预测道路上其他车辆的行为。然后，您将构建一个有限状态机，以决定你自己的车辆应该执行几次操作。最后，您将设计出一条安全舒适的轨迹来执行该操作。

课程	标题	描述
1	搜索	在本课中，您将了解用于解决路径规划问题的离散路径规划和算法。
2	预测	使用基于模型、数据驱动，以及两者混合的方法，预测无人驾驶汽车四周的其他汽车的行为。
3	行为规划	建立有限状态机，代表汽车可以选择的全部可能的行为。有限状态机可能包括：加速，减速，左转，右转与继续直行。接下来您将构建一个代价函数，以计算每种行为的代价，并选择代价最小的选择。
4	路径生成	使用 C++ 与 Eigen 线性代数库，为汽车提供一些备选的路径。这些路径中，有的可能会不安全，有的可能仅仅是行驶体验较差。随后，你的代价函数将为汽车指出可行的最佳路径。
5	项目：高速公路行驶	在这一项目中，您将设计一个路径规划器，能够创建平稳、安全的路径，使汽车沿着一个3车道高速公路实现流畅平稳的驾驶。

实战项目 1：高速公路行驶
在这一项目中，您将设计一个路径规划器，能够创建平稳、安全的路径，使汽车沿着一个3车道高速公路实现流畅平稳的驾驶。

## 第三学期 - 第二部分

### 选修课程 1 - 深度学习进阶

在与 NVIDIA 深度学习研究所共同设计的这门课程中，你将学习语义分割与推理优化，了解深度学习研究中的活跃领域。这门课是选修课，你可以选择完成深度学习进阶或功能安全任意一门课以达到毕业要求。

课程	标题	描述
1	全卷积网络	建立并训练一个全卷积网络，该网络输出一整张图片而不仅仅是分类。
2	景物理解	学习边界框网络的优点与缺点，如 YOLO 或单点探测器。
3	推理优化	学到如使用诸如融合、量化和降低精度等技术，加速网络的实际运行性能。
4	项目 1：标记道路	在这一项目中，你将建立一个语义分割网络，使用全卷积神经网络（FCN）在图像中标记道路的像素。

实战项目 1：标记道路
在这一项目中，你将建立一个语义分割网络，使用全卷积神经网络（FCN）在图像中标记道路的像素。

## 选修课程 2 - 功能安全

在与 Elektrobit 合作设计的这门功能安全课程中，你将学习功能安全框架，以确保车辆在系统和组件级别都是安全的。这门课是选修课，你可以选择完成深度学习进阶或功能安全任意一门课以达到毕业要求。

课程	标题	描述
1	简介	来自 Elektrobit 的专家们将指导你通过 ISO 26262 标准规定的建立功能安全实例的抽象步骤。
2	安全计划	为车道保持辅助功能设计一份安全计。你将在 Elektrobit 功能安全管理者使用的同一份模板基础上，添加属于你的特定信息。

3	危害分析和风险评估	为车道保持辅助功能，完成一个危害分析和风险评估系统。
4	功能安全概念	对于在危害分析和风险评估中识别出的问题，你将开发一个功能安全概念，以描述那些顶层的性能要求。
5	技术安全概念	你将把那些抽象的功能安全概念需求转化为技术安全概念需求，以规定具体的性能参数。
6	软件与硬件	功能安全在如何实现硬件与软件这一问题上，有着具体的规则。在这一课程中，你将学习空间、时间和通讯中的干扰，以及如何对抗它们。
7	项目 1：安全实例	在这一项目中，你将创建一个文档，记录车道辅助系统的功能安全性，展示其功能安全知识，包括危害分析和风险评估、安全概念和工程安全要求。

### 实战项目 1：安全实例

在这一项目中，你将创建一个文档，记录车道辅助系统的功能安全性，展示其功能安全知识，包括危害分析和风险评估、安全概念和工程安全要求。

## 第三学期 - 第三部分

### 系统集成

这是整个无人驾驶车工程师纳米学位项目的巅峰压轴之作！我们将介绍 Carla - Udacity 无人驾驶车以及控制她的机器人操作系统。你将与其他同学一起进行团队合作，结合你在整个项目课程中学到的内容，驱动 Carla - 一辆真正的无人驾驶车，并围绕 Udacity 测试道路进行无人驾驶测试！

课程	标题	描述
1	无人驾驶车架构	这一课程中你将了解到 Carla 的核心子系统：传感器，感知，规划与控制，最终你需要集成这些软件模块，让 Carla 可以在测试轨道上导航。

2	ROS 入门	了解机器人操作系统框架架构，并在你的计算机上配置 ROS 环境。
3	包 & Catkin Workspaces	你将在Carla的软件开发环境中，集成 ROS节点与 Autoware 模块。你将学到如何将代码上载到汽车上，并解决在真实硬件中遇到的问题，例如延迟、中断消息和进程崩溃。
4	编写 ROS Nodes	ROS 节点是允许模块化构建机器人系统的关键抽象。在本课中，你将学习如何使用 Python 编写 ROS 节点。
5	项目 1 : Carla 无人驾驶车实践	在这一项目中，你将在 Carla - Udacity 无人驾驶车上运行你的代码！你可以在项目规范中提供反馈，并可以向学生提供数据集或视频的链接。

### 实战项目 1 : Carla 无人驾驶车实践

这是这一纳米学位项目的压轴项目！你将和其他学员合作，实践你在过去九个月中掌握的技能。项目的目标是建立 Carla 的软件环境，使其可以自主驶过 Udacity 测试道路。

## 先修要求

- 中级 Python 开发技能
  - NumPy
  - Classes
- 中级 C++ 开发技能
  - 内存分配
  - 类
  - 参考 (References)
- 基础性代数
  - 矩阵乘法
- 基础物理知识
  - 力
  - 速度
  - 力矩

## 我们的目标

无人驾驶工程师纳米学位将通过一系列实战项目，引导学生了解并掌握无人驾驶开发领域所用到的知识和技术。从这个纳米学位毕业后，学生将创建自己的项目作品集，展示自己已掌握世界领先公司无人驾驶车开发团队正在使用的技术。