

---

## 文献信息

作者：Mariusz Bojarski, Davide Del Testa, Daniel Dworakowski, Bernhard Firner,  
Beat Flepp, Praseon Goyal, Lawrence D. Jackel, Mathew Monfort,  
Urs Muller, Jiakai Zhang, Xin Zhang, Jake Zhao

题目：End to End Learning for Self-Driving Cars

发表途径：arXiv:1604.07316v1 [cs.CV]

发表时间：2016.4

## 问题意义

人工智能和机器学习是当下的热门话题，无人驾驶汽车是近年来的热点焦点之一。国内外许多科研人员以及公司竞相对此进行研究。因为无人驾驶汽车涉及到大量机器学习的内容，对无人驾驶汽车的研究成果可以应用于其他智能化自动化设备之中，简单高效的算法实现可以带动整个行业的发展与进步。

对于无人驾驶汽车的研究在很早就有了，近年来各家公司也是推出自己的无人驾驶汽车产品，但效果都不是很好，很多并不是完全无人驾驶，而只是能够在简单的道路上进行无人驾驶，在交通或地形复杂的道路还需要人去驾驶，且在目前，无人驾驶汽车的成本也较高昂，需要比较复杂的算法和大量的运算，这就对处理器提出了更高的要求。但尽管如此，目前在一些城市中，已经出现了一些无人驾驶汽车，它可以进行简单的道路监测，避障等功能，完全适应城市中的汽车行驶要求，相比于过去已经有了很大的进步，其中的一些技术也渐渐成熟。

如何在更加复杂的道路上行驶，如何使无人驾驶汽车更加智能化，如何用最简单高效的算法实现优化，如何降低成本是目前要解决的问题。当然，不仅是无人驾驶汽车，在整个人工智能，机器学习领域，更简单高效的算法，更低的成本都是研究的热点和难点，当高效的算法实现后，将带动整个行业的进步，作者在这篇文章中提出的端到端的机器学习就是一种简单高效的算法，在这种算法下，可以较为有效的解决上述问题，用最少的训练数据来学习并优化自身性能，并使之能够在不断学习中适应各种道路下的行驶，显然，这对于其他领域的机器学习也是有非常重大的借鉴意义的，接下来就来简单研究一下作者的思路方法以及得到的一些结论。

## 思路方法

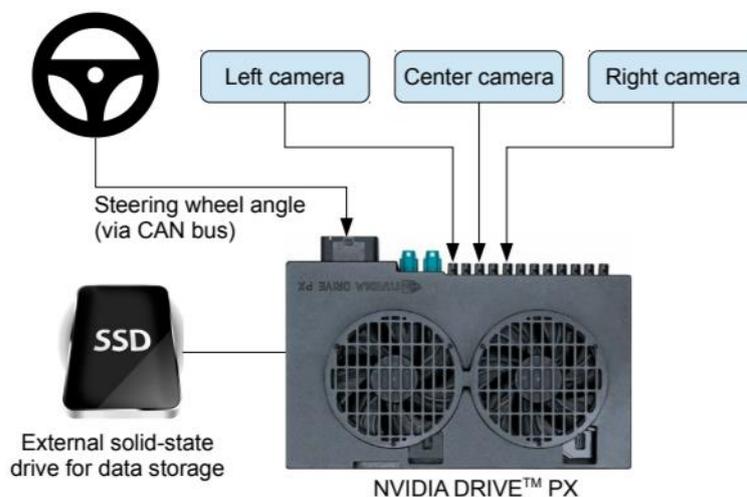
在广泛使用卷积神经网络之前,大多数模式识别任务是使用手工特征提取的初始阶段执行,然后进行分类。显然,这种方式简单但低效,且不能自适应的去优化更新,更不能去自我学习。卷积神经网络在无人驾驶汽车中的突破在于可以从训练示例中自动学习。作者提出采用卷积神经网络的原因在于卷积神经网络方法在图像识别任务中特别强大,因为卷积操作捕获了图像的2D性质,而且通过使用卷积核扫描整个图像,与操作总数相比,需要学习的参数相对较少,这就达到了通过少量训练而达到高效学习的目的。

这里作者给出了 DEVE-2(无人驾驶汽车系统)训练数据收集系统的简化框图。可以看到在挡风玻璃后安装了三个摄像头,来自摄像头的带时间戳的视频与人类驾驶员施加的转向角同时被捕获,通过进入车辆的控制器局域网(CAN)总线即可获得此转向命令。

为了使系统独立于汽车的几何形状,作者将转向命令表示为  $1/r$ , 其中  $r$  是以米为单位的转弯半径,这里使用  $1/r$  而不是  $r$  来防止直线行驶时的奇异性(直线行驶的转弯半径为无穷大)。 $1/r$  从左转(负值)到右转(正值)平滑过渡到零。

训练数据包含从视频中采样的单个图像,以及相应的转向命令( $1/r$ )。仅从驾驶员那里进行数据培训是不够的。网络必须学习如何从错误中恢复。否则,汽车将缓慢驶离道路。因此,训练数据会增加其他图像,这些图像显示了汽车偏离车道中心的不同班次和道路方向的旋转。

可以从左右相机获取两个特定的偏心偏移的图像,摄像机和所有旋转之间的其他偏移是通过对最近摄像机的图像进行视点转换来模拟的。图像被送入卷积神经网络,然后计算出建议的转向命令,将建议的命令与该图像的所需命令进行比较,并调整 CNN 的权重以使 CNN 输出更接近所需的输出。使用 Torch 7 机器学习包中实现的反向传播来完成权重调整。



---

## 实验结论

通过经验证明，CNN 能够学习车道和道路跟踪的全部任务，而无需人工分解为道路或车道标记检测，语义抽象，路径规划和控制。不到一百小时的驾驶时间得到的少量培训数据就足以训练汽车在各种条件下（在高速公路，本地和住宅道路上，在晴天，阴天和雨天条件下）运行，CNN 能够从非常稀疏的训练信号（仅转向）中学习有意义的道路特征，该系统在训练过程中无需显式标签即可检测道路轮廓。

## 启发思考

这篇论文作者提出了一种应用于无人驾驶汽车的端到端的学习方式，通过少量训练使车辆自适应优化更新。作者也提出，这种利用卷积神经网络训练无人驾驶汽车的研究早在 25 年前就已经出现，只是受限于当时的技术，效果并不是特别理想，但在 25 年后，随着技术的发展和相关研究的跟进，卷积神经网络已经相对成熟，使这一设想成为可能。因此，我们在进行相关研究的同时，可以去参考一些曾经进行过但是受限于当时科技情况没有取得很好效果的项目，或许可以从中得到启发，并将现有的成熟的技术结合自己的专业知识应用于其中，或许可以得到意想不到的效果。