

# 自动驾驶超车换道课程大作业

张启超，赵冬斌

中国科学院自动化研究所  
中国科学院大学

2022年春季



自动驾驶超车换道问题

作业任务



G-track-3 2 tracks



Brondehach 3 tracks

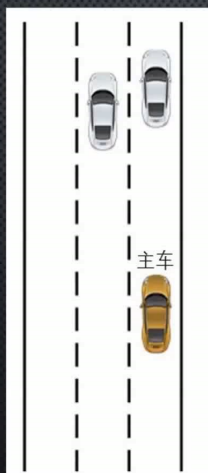
Method	Velocity	Success
DDQN	60.1	100%
DQN	56.5	60%



## Transfer to Udacity

换道场景1简述

主车在边道上，且本车道前方和中间车道前方均有其他车辆阻挡，主车是否能提前预判，避免被堵在边道；



基于规则的换道策略	规则约束的深度强化学习换道策略
很难换道，常用跟车策略	前车距离较远时，即选择左换道

## Transfer to VTD





## 无人驾驶换道超车





模块化方案1的状态输入：

低  
维  
状  
态

$s_1$	Agent1	
$s_2$	$a_1$	Stay in current lane
	$a_2$	Change lanes to the left
$s_3$	$a_3$	Change lanes to the right
$s_{3i+1}$	Agent2	
$s_{3i+2}$	$a_1$	Stay in current lane, keep current speed
	$a_2$	Stay in current lane, accelerate with $-2 \text{ m/s}^2$
	$a_3$	Stay in current lane, accelerate with $-9 \text{ m/s}^2$
$s_{3i+3}$	$a_4$	Stay in current lane, accelerate with $2 \text{ m/s}^2$
	$a_5$	Change lanes to the left, keep current speed
	$a_6$	Change lanes to the right, keep current speed

$\times$

ego vehicle

go vehicle

ehicle

o vehicle

go vehicle

模块化方案1的动作空间：

行为决策指令：-1(向左换道)，0(保持当前车道)，1(向右换道)

Hoel et al, Automated Speed and Lane Change Decision Making using Deep Reinforcement Learning, 2018.

# 自动驾驶课程大作业介绍



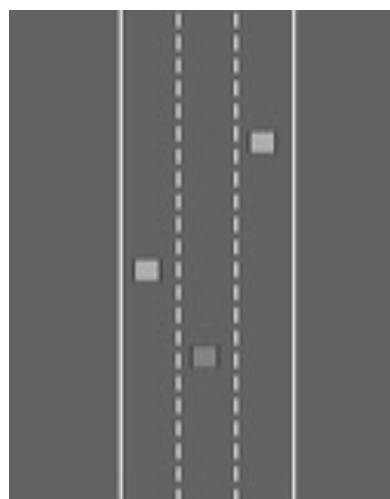
模块化方案2的状态输入：

栅格化地图形式



-0.35724575	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0
1.0	-0.32895369	1.0
1.0	-0.32895369	1.0
1.0	-0.32895369	1.0
1.0	-0.32895369	1.0
1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	-0.33921215
1.0	1.0	-0.33921215
1.0	1.0	-0.33921215
-0.33914119	1.0	-0.33921215
-0.33914119	1.0	1.0
-0.33914119	1.0	1.0
-0.33914119	-0.35665066	1.0
1.0	-0.35665066	1.0
1.0	-0.35665066	1.0
1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	-0.38066016
1.0	1.0	-0.38066016
1.0	1.0	-0.38066016
1.0	1.0	-0.38066016
1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0
1.0	0.3306313	1.0
1.0	0.3306313	1.0
1.0	0.3306313	1.0
1.0	0.3306313	1.0
1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	-0.41660752
1.0	1.0	-0.41660752
1.0	1.0	-0.41660752
1.0	1.0	-0.41660752
1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0

鸟瞰图形式

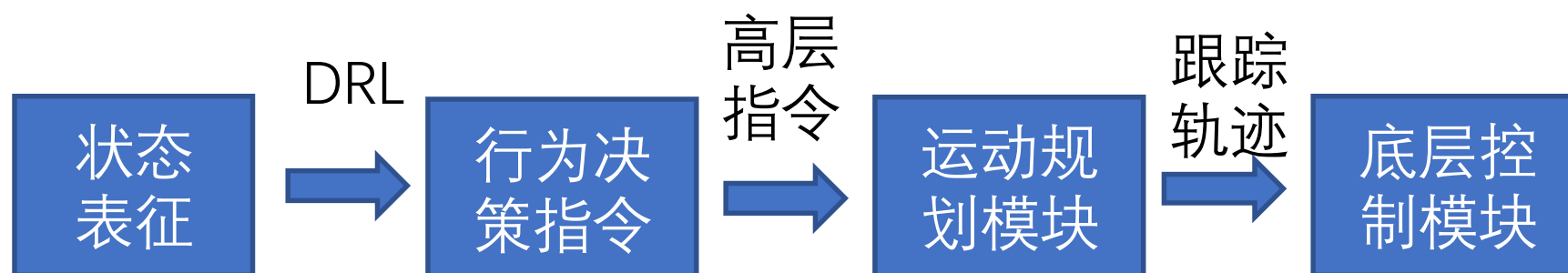






模块化方案2的动作空间：

行为决策指令：-1(向左换道), 0 (保持当前车道), 1(向右换道)

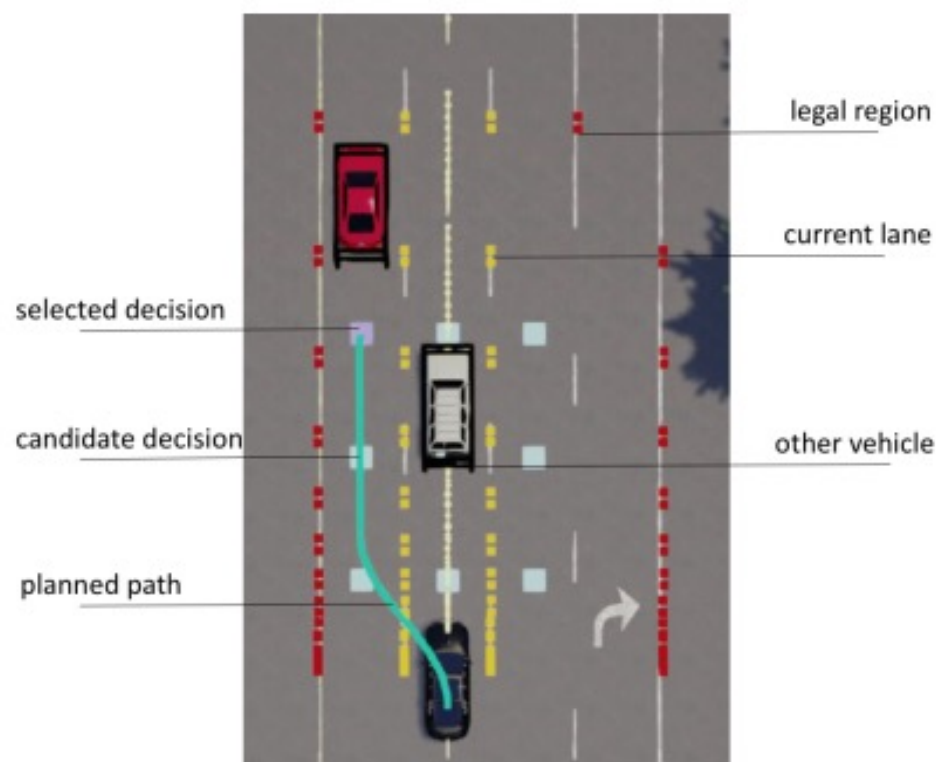


Wang J, Zhang Q, Zhao D. Highway Lane Change Decision-Making via Attention-Based Deep Reinforcement Learning[J]. IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica, 2021, 9(3): 567-569.

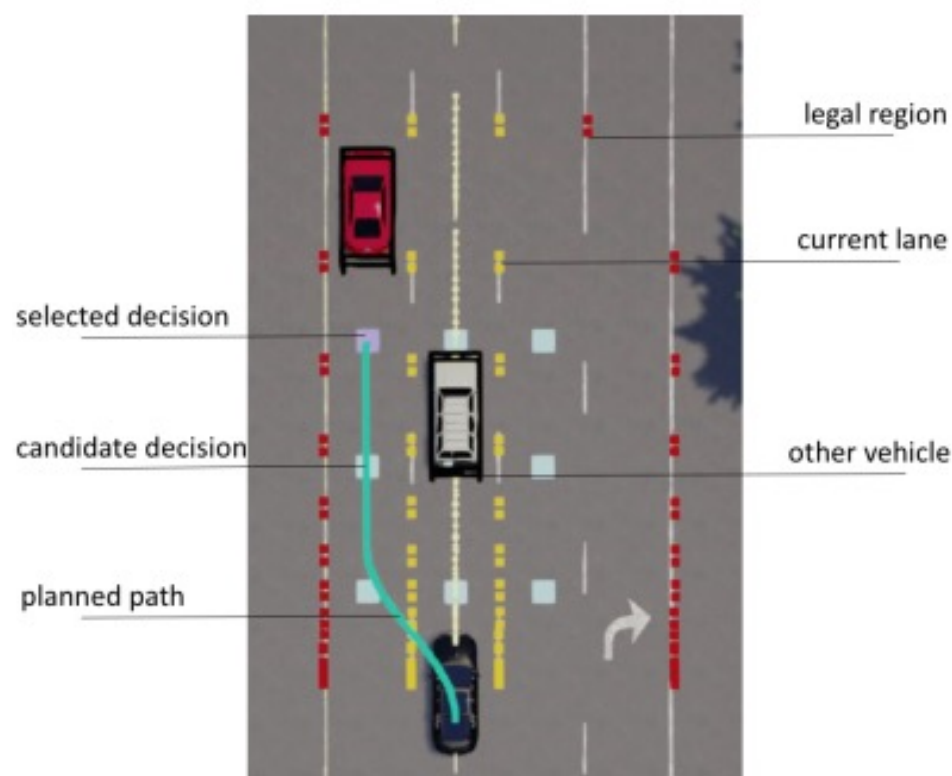
Wang J, Zhang Q, Zhao D. Lane Change Decision-making through Deep Reinforcement Learning with Rule-based Constraints, IJCNN, 2019.

模块化方案3的状态空间和动作空间：

局部鸟瞰地图



离散目标点





模块化方案3的端到端方案的状态输入：

以当前驾驶员视角的图像作为网络输入

或者以连续历史帧图像作为输入

端到端方案的动作输出：

方向盘转角（离散/连续）

油门刹车控制量

（离散/连续，纵向速度控制不做要求）



- 需要有较强的算力
- 对算法设计能力要求比较高



自动驾驶超车换道问题

作业任务

## 自动驾驶课程大作业介绍

### ■ 基于HighwayEnv仿真器实现基于深度强化学习的高速路超车换道功能

状态表征：可基于鸟瞰图图像，可基于仿真器读取的低维信息(速度，距离等)，可尝试二者结合的输入及引入注意力机制；

动作空间：可以选择高层决策动作(直行，左右换道)，也可以直接控制油门/方向盘

奖赏设计：考虑安全和效率

安全项：碰撞惩罚-1，无碰撞为0；

效率项： $r_v = 0.2 \cdot (v_t - v_{\min}) / (v_{\max} - v_{\min})$ ,  
 $v_{\max} = 30 \text{ m/s}$ ,  $v_{\min} = 20 \text{ m/s}$

提交形式：demo+自己编写可运行agent算法+大作业报告  
(可参考科研论文形式，需要有过程分析)



要求：

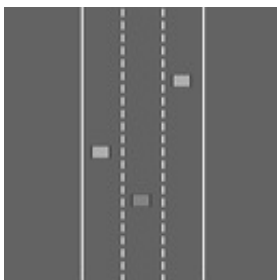
- 尽可能少的发生碰撞；
- 除了换道时，要保持在车道线内平稳行驶；
- 速度越快越好；
- 有前车阻挡时，能够尝试安全换道；

性能评估指标：测试10次统计以下指标

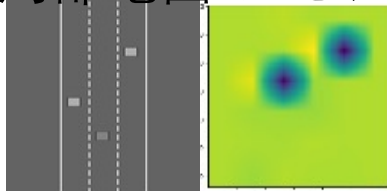
- 换道安全率：无碰撞完整跑完次数/总测试次数
- 平均换道次数
- 平均回报
- 平均步数（每次测试最长step为50）

## 状态输入的对比

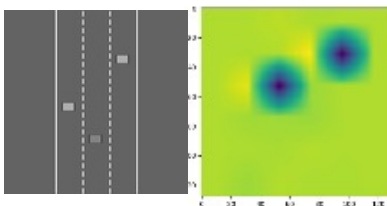
局部地图输入



局部地图 注意力



局部地图 注意力

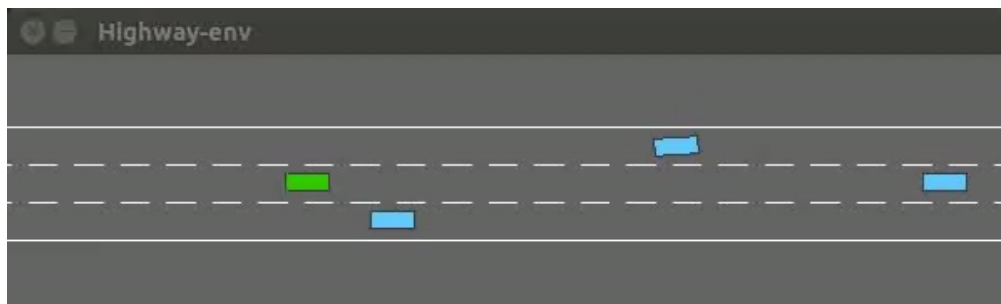


状态向量

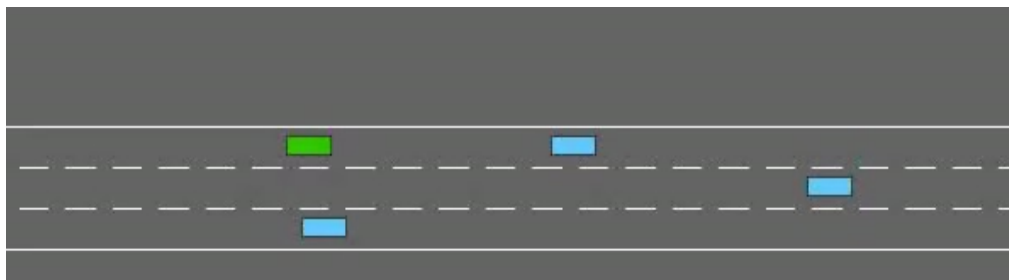
无注意力机制的超车换道（多次无效换道）



基于注意力机制的超车换道（性能提升）



基于注意力机制的超车换道（性能提升）





环境配置：ubuntu16.04 或华为云

以华为云使用为例进行说明

## ■ 第一步：建立并启动华为云notebook虚拟环境

创建		您最多可以创建10个Notebook，还可以创建9个Notebook					只显示自己 ?	<input type="checkbox"/>	
名称	状态	镜像	规格	描述	创建时间	操作			
egoattention	停止中	pytorch1.8-cuda10.2-cudnn7-ubuntu18...	GPU: 1*V100(32GB) CPU: 8核64G		2022/04/29 17:13:10 GMT+...	打开   启动   停止   更多			

## ■ 第二步：上传提供的zip压缩文件，并进行解压

highway_env	2022/3/15 10:45	文件夹	
scripts	2022/3/15 10:45	文件夹	
tests	2022/3/15 10:45	文件夹	
.gitattributes	2022/3/15 10:45	文本文档	1 KB
.gitignore	2022/3/15 10:45	文本文档	1 KB
agent.py	2022/5/5 12:56	PY 文件	8 KB
configuration.py	2022/3/15 10:45	PY 文件	4 KB
LICENSE	2022/3/15 10:45	文件	2 KB
models.py	2022/3/15 10:45	PY 文件	17 KB
obs.png	2022/3/15 10:45	PNG 文件	1 KB
obs_resize.png	2022/3/15 10:45	PNG 文件	2 KB
README.md	2022/3/15 10:45	MD 文件	1 KB
requirements.txt	2022/5/5 12:58	文本文档	2 KB
test.py	2022/3/15 10:45	PY 文件	2 KB

需要编写程序的文件

需要依赖的环境配置



## 自动驾驶课程大作业介绍

- 第三步：pip install -r requirements.txt 在华为云安装环境需要依赖文件

```
(PyTorch-1.8) [ma-user ~]$cd work/
```

```
(PyTorch-1.8) [ma-user work]$cd attention-based-lane-changing-main
```

```
(PyTorch-1.8) [ma-user attention-based-lane-changing-main]$pip install -r requirements.txt
```

Successfully installed Box2D-2.3.10 Box2D-kengz-2.3.3 Cython-0.29.26 Markdown-3.3.4 PTable-0.9.2 Pillow-7.2.0 Send2Trash-1.8.0 Shapely-1.7.1 Werkzeug-2.0.1 absl-py-0.13.0 argon2-cffi-21.3.0 argon2-cffi-bindings-21.2.0 asciitree-0.3.3 astroid-2.7.3 atari-py-0.2.6 attrs-21.4.0 beautifulsoup4-4.11.1 bleach-5.0.0 bokeh-2.4.2 brotli-0.7.0 cachetools-4.2.2 certifi-2021.5.30 cloudpickle-1.6.0 cycycler-0.10.0 decorator

- 第四步：由于华为云没有可视化，在路径/anaconda/lib/python3.7/site-packages/gym/utils 下修改 gym的play.py 文件

```
(PyTorch-1.8) [ma-user ~]$cd anaconda/lib/python3.7/site-packages/gym/utils/
```

```
(PyTorch-1.8) [ma-user utils]$edit play.py
```

```
        video_size = event.size
        screen = pygame.display.set_mode(video_size)
        print(video_size)

    #pygame.display.flip()
    clock.tick(fps)
    pygame.quit()

class PlayPlot(object):
    def __init__(self, callback, horizon_timesteps, plot_names):
        self.data_callback = callback
        self.horizon_timesteps = horizon_timesteps
        self.plot_names = plot_names
```

注释掉136行的  
pygame.display.flip()

Esc+ shift zz 保存

## 自动驾驶课程大作业介绍

- 第五步：编写agent.py 文件，并在终端进行运行  
(注意为了提高云资源利用效率，可以同时多个terminal中运行不同算法或超参的程序)

```
(PyTorch-1.8) [ma-user utils]$edit play.py
(PyTorch-1.8) [ma-user utils]$cd
(PyTorch-1.8) [ma-user ~]$cd work/attention-based-lane-changing-main
(PyTorch-1.8) [ma-user attention-based-lane-changing-main]$python dueling_ddqn_with_ego_attention.py
pygame 2.1.2 (SDL 2.0.16, Python 3.7.10)
Hello from the pygame community. https://www.pygame.org/contribute.html
=====
Model has been loaded...
=====
step: 49, ep_reward: 44.53333333333333
step: 49, ep_reward: 48.26666666666666
_
```

经过测试，1000个episode在华为云训练约5小时

- 第六步：绘制图形，利用保存的模型测试10次，统计指标结果，进行对比分析



智能驾驶课程作业的提交：

- 以组为单位提交一份大报告
- 代码
- 运行的demo

要求：

- 需要在大报告里体现每个人分工完成的部分
- 必须涉及到强化学习/深度强化学习方法
- 大报告可以以会议论文，或者以PPT汇报的形式
- 建议进行不同算法、不同状态的对比分析

严格禁止抄袭，如有发现，大作业成绩全组计零