

公共巴士辅助无线充电的电动汽车调度

赛题说明及参赛细则

一、赛题背景

电动汽车的广泛应用不仅可以减少碳排放，还可以降低汽车对传统石油资源的依赖。然而，电动汽车的广泛应用面临着诸多挑战性问题：（1）为了解决电动汽车的充电问题，需要在城市内投入大量资金和土地资源建设大规模的充电站或充电桩；（2）电动汽车用户总是希望在截止时间之前到达目的地，不愿花费大量时间前往充电站给电动汽车充电；（3）大规模电动汽车采用传统充电方案（充电站、充电桩等）的充电行为，容易导致城市电网的不稳定。

为了解决上述问题，急需设计一种低成本、低时延和高效的新型充电系统。幸运的是，在大多数城市，公共巴士网络高度发达，可以覆盖人们绝大多数的日常生活轨迹。因此，电动汽车的大部分行驶轨迹可以被公共巴士网络覆盖。在公共巴士和电动汽车上集成在线电动汽车（OnLine Electric Vehicle）OLEV 系统和微波电力传输（Microwave Power Transfer）MPT 系统，公共巴士作为移动充电站给电动汽车补能[1]。如图 1 所示，无线充电系统包含 2 辆电动汽车和 1 辆公共巴士。每辆电动汽车有指定起点和终点。公共巴士有固定的时刻表，通过 OLEV 系统充电。在相同路段上，当电动汽车主动靠近公共巴士时，电动汽车

由公共巴士通过 MPT 系统充电。例如，当 EV_1 行驶在路段 a_1 、 EV_2 行驶在路段 a_2 时，可以从公共巴士上获取能量补给。

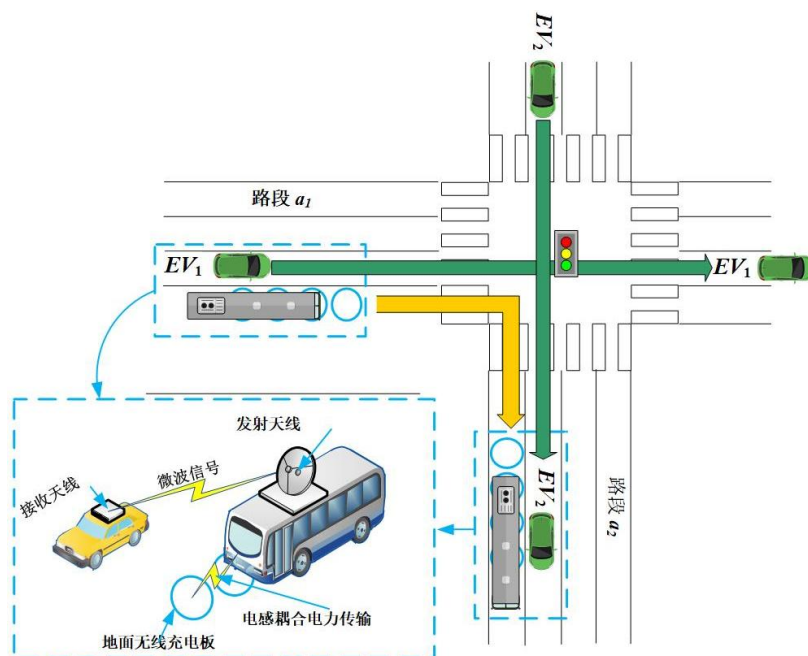


图 1 公共巴士网络辅助无线充电的电动汽车调度场景

二、赛题任务

在上述无线充电系统中，路段分为两种类型：（1）普通路段，即电动汽车消耗能量；（2）充电路段，即在该路段电动汽车可以从公共巴士获得能量补给。电动汽车的调度面临以下问题：电动汽车调度必须满足截止时间约束（在截止时间之前达到终点）和能量约束（电动汽车在行驶过程中剩余电量总是非负的）；充电路段的选择将极大地影响电动汽车的能耗和行驶时间。

1. 任务描述

本次比赛要求参赛选手以公共巴士辅助的电动汽车无线充电系统为核心，基于人工智能算法设计电动汽车调度方案，基于

指定数据集设计仿真实验，验证所设计算法的性能。

2. 任务说明

假设充电路段总是有公共巴士在行驶，即电动汽车总是可以在充电路段获得能量补给。该任务输入交通网络数据和电动汽车参数，目的是为每辆电动汽车分配一条满足能量约束和截止时间约束的路径，使得所有电动汽车到达终点后剩余电量总和最大。

输入：交通网络数据和电动汽车参数，详见“三、数据集”（1），（2）和（3）。

输出：每辆电动汽车的分配路径及其到达终点的剩余电量，以及所有电动汽车到达指定终点的剩余电量总和，即总剩余电量。

三、数据集

赛题使用公共巴士线路真实数据。该数据集在大约 10 分钟的增量中，展示公共巴士位置、路线、公共巴士站台等信息，还包括公共巴士时刻表中的预定到达时间，以指示公共巴士的预定位置等。举办方从数据集中随机部分公共巴士站点数据，构造一个交通网络，提供以下数据集：

（1）三个矩阵，分别表示任意两点之间的距离（单位 km）、行驶速度（单位 km/h）、是否可以充电（1 表示可以充电，0 表示不可以）。

（2）所有电动汽车的起点和终点的点集合：为每辆电动汽车从交通网络的顶点集合中随机选取起点和终点。

（3）其它参数从指定区间随机生成，具体设置如表 2 所示。

表 2 实验参数设置

参数	值	参数	值
顶点数	[40,100]	行驶速度	[30, 60]km/h
电动汽车数量	[30,100]	电动汽车初始电量	[30, 50]kWh
MPT 充电功率	100kW	电动汽车电池容量	[80, 100]kWh
电动汽车行驶能耗	[10,15] kWh/100km	电动汽车截止时间	正态分布(2.1, 0.1)

说明：（1）、（2）和（3）以 csv 文件形式提供。

电动汽车 $e \in \mathcal{V}$ 的从起点 s_e 到终点 d_e 的满足截止时间 t_e 约束的路径记为 p_e 。 E_e^{\max} 和 E_e^0 分别表示电动汽车 e 的电池容量和初始电量。 γ_e 表示电动汽车 e 的单位距离能耗。 α 表示电动汽车接收到的 MPT 充电功率。电动汽车 e 走完任意路段 $a \in p_e$ 后的剩余电量 E_e^a 可参考如下公式计算得到。

$$E_e^a = \min \left\{ E_e^0 - \gamma_e(|p_e^a| + |a|) + \sum_{a' \in p_e} x_e^{a'} \alpha \frac{|a'|}{r_e^{a'}}, E_e^{\max} \right\} \quad (1)$$

其中， $p_e^a \subset p_e$ 表示 p_e 中路段 a 之前子路径。 $x_e^{a'}$ 是一个二维变量，用于表示电动汽车 e 是否在路段 a' 补充电量。 $x_e^{a'} = 1$ 表示电动汽车 e 在路段 a' 补充电量。否则， $x_e^{a'} = 0$ 。 $|a'|$ 表示路段 a' 的长度。 $|p_e^a|$ 表示路径 p_e^a 的长度。

四、解题思路

考虑基于深度强化学习^{[2][3]}，例如 Deep Q Network，Deep Deterministic Policy Gradient (DDPG)，Asynchronous Advantage

Actor-Critic (A3C)等，设计电动汽车调度方案。

五、评价方式

1.数据指标评价方式：

按照各参赛队伍提交的所有电动汽车总剩余电量值降序排名；然后，按如下规则计算得分：

（1）第一名得 100 分；

（2）第二名之后的队伍得分计算方式：

所有参赛队伍提交的总剩余电量值记为集合 \mathcal{E} ，参赛队伍的总剩余电量值 $E(e) \in \mathcal{E}$ ，则该参赛队伍得分是 $\frac{E(e)}{\max \mathcal{E}} * 100$ ，其中 $\max \mathcal{E}$ 为第一名队伍的总剩余电量。

对于结果无法复现的队伍，将取消比赛资格，并按照排行榜顺次选取队伍入围。

2.总决赛综合评价方式参考大赛组委会评审总则。

六、成绩提交

每个队伍每周的提交次数限制为 1 次。以“参赛队伍名称_队长姓名_提交日期”命名的文件夹，提交以下材料：

1.源代码包：

包含所有必要的源代码文件，请保存好训练好的模型参数，确保举办方能够独立运行并重现参赛队伍的算法结果。为了便于复现实验，开发环境建议使用 Pycharm，请编写一个 run.py 文件，启动算法，加载训练好的模型参数，直接生成最终结果。

2.成绩文件：

命名为 **result.xlsx**，给出两个工作表：详情和汇总。

下面给出一个示例，假设交通网络包含 10 个点，记为 {1,2,3,4,5,6,7,8,9,10}。1 号电动汽车的起点是 1，终点是 5，调度路径是{1 → 2 → 3 → 4 → 5}，则提交成绩文件的“详情”工作表样例详见表 3。

表 3 “详情”工作表样例

1 号电动汽车	路径（点集）	1	2	3	4	5
	剩余电量（kwh）	10	9	8	7	6
	剩余截止时间（hour）	5	4	3	2	1

假设共有 4 辆电动汽车，到达终点的剩余电量分别是 10、20、30 和 40，则 **result.xlsx** 文件“汇总”工作表样例详见表 4。

表 4 “汇总”工作表样例

电动汽车序号	到达终点的剩余电量
1	10
2	20
3	30
4	40
总剩余电量	100

3.代码运行环境配置文件

包含如下信息：**python** 版本、神经网络框架（**TensorFlow** 或 **Pytorch**）版本与环境所需软件包等。

七、参考文献

[1] Jin Y, Xu J, Wu S, Xu L, Yang D. Enabling the Wireless Charging via Bus Network: Route Scheduling for Electric Vehicles[J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2021, 22(3):1827-1839.

[2] Z Wan, H Li, H He, D Prokhorov. Model-Free Real-Time EV Charging Scheduling Based on Deep Reinforcement Learning[J]. IEEE Transactions on Smart Grid, 2019, 10(5): 5246-5257.

[3] H Li, Z Wan, H He. Constrained EV Charging Scheduling Based on Safe Deep Reinforcement Learning[J]. IEEE Transactions on Smart Grid, 2020, 11(3): 2427-2439.

八、省赛说明

- 1.获奖比例与大赛组委会公布的获奖比例一致；
- 2.省赛榜单截止时间：10月31日前，具体事宜另行通知。

九、总决赛

- 1.获奖比例与大赛组委会公布的获奖比例一致；
- 2.省赛结束后另行通知。

十、联系方式

（一）赛题负责人

联系人：靳勇

赛题 QQ 群：825627598

（二）国赛组委会

国赛组委会邮箱：lican@digix.org.cn

国赛参赛学生交流 QQ 群：635906376、695491030

大赛官网：www.digix.org.cn