中作业1：虚拟电厂投标决策优化

一、作业概况

在虚拟电厂（VPP）聚合数千辆电动汽车（EV）同时参与电能量-调频市场的背景下，根据所给的VPP运行模型和场景参数，编写优化程序并给出VPP的最优投标结果。

二、VPP投标模型

包括VPP的投标的运行约束、VPP收益和成本的表达式等，可以直接用ref\_model.pdf中给出的模型。这是一个最简单的VPP联合参与能量-调频市场模型。如果想尝试更复杂的模型，可以自行查阅文献，或者参考ref\_model.pdf中的文献[2]中所列的文献列表。

三、相关参数

1、VPP投标所考虑的时段范围：2022年7月27日18:00(ept)到7月28日10:00(ept)，共16个时段。第一个时段为18:00-19:00，最后一个时段为9:00-10:00。

2、市场价格（认为已经被准确预测）：能量电价：PJM的RTO边际节点电价(total\_lmp\_rt)；调频价格：PJM的RTO边际容量价格(mcp)。已经换算好给在数据表格(param.xlsx)中。

3、其他参数(见param.xlsx)：

（1）电动汽车（EV）到达和离开时间：第一列：EV编号；第二列：EV达到时段（一旦进入这个时段，EV就开始可以充电）；第三列：EV离开时段（这个时段结束后，EV离开）。

（2）EV电池的其他参数。请注意，param.xlsx中给的参数与ref\_model.pdf中所给出的VPP投标模型的参数不是完全对应，可能需要进行相应的换算才能带入模型。提示：可以将每辆EV视为一个分布式资源。

四、具体任务

1、给出VPP的最优投标结果（逐小时能量投标、逐小时调频容量投标）、最优投标下的市场收入和VPP利润；要求以图表等形式清晰呈现。

2、对以上结果进行初步分析；参考方向：在当前参数设置下，是否有EV直接向电网反送电？分析VPP收入的来源，以及主要影响因素等。

3、提交报告（word/pdf）无页数限制，附上代码和其他内容。本次作业满分25分，与小作业不同，中作业的打分除了考虑结果的正确性而外，也会兼顾结果呈现的清晰程度、结果分析的合理性等因素，以便拉开差距。

4、附加题：ref\_model.pdf中所给的模型中(1c)，没有考虑EV跟随调频信号改变出力后对其电池能量状态的改变。如何合理考虑这种改变？可以参考文献[2]以及其中的文献列表，给出更精细的模型。视完成情况，可以有1~5分的额外加分。

附：常见问题和思路

①在ref\_model中，（2a）到（2e）的式子，首先，r表示可以进行调节的容量，显然这需要分成充电过程和放电过程的容量的吧？但是文章里好像没有描述清楚。

re: 现行市场机制中，大多数不区分调节方向，也就是假设上调/下调容量相等。所以这里没有区分。调频容量r的含义是资源在基准能量出力的基础上，功率可以增大/减小的空间，实际调频时电网不会让你同时上/下调，因此不需要限制其不能同时大于零。

②其次在（2b）到（2e）的式子里，默认P\_dis和P\_ch都参与了式子的运算，但是一般的储能设备，我们不是一般认为充放电不能同时进行吗？（2c），（2d）是表示充电过程的功率约束与电能约束，（2b），（2e）是表示放电过程中的功率与能量约束，不知道我理解的是否正确？如果是这样理解的话，是否可以认为（2b）,(2e)中的r可以认为是r\_dis，（2c），（2d）式子里的r是r\_ch呢？

re:(1)你可以验证一下，如果以VPP利润最大为目标进行优化，P\_dis和P\_ch不会同时为正，因为这样会导致利润下降。如果有其他优化目标（例如减少弃风），则P\_dis和P\_ch可能被优化到同时为正，这时候需要限制其符号，但是本作业不涉及这种情况。（2）见中的解答。

③针对我在②里提出的问题，是不是需要对充放电不能同时进行，以及充放电容量r不能同时大于0这一部分做出新的约束？

re:见上述回复。你可以试试加上“充放电不能同时进行”的约束，算出来结果和不加应该是一样的。

关于求解时间：如果发现yamilp时间过长，可能是用了太多的for循环导致的；建议构造约束的时候不要使用循环语句，而是使用矩阵运算。例如，约束(1c)可以用矩阵语言描述如下：

% 前后时段衔接 NOFEV \* NOFINTERVALS

[E(:, 2 : end) == E(:, 1 : end - 1) + (param.eta \* P\_ch ...

- 1/param.eta \* P\_dis) \* delta\_t];

其中：

P\_dis = sdpvar(NOFEV, NOFINTERVALS, 'full'); % EV在各场景放电功率(kW)

P\_ch = sdpvar(NOFEV, NOFINTERVALS, 'full'); % EV在各场景充电功率(kW)

E = sdpvar(NOFEV, NOFINTERVALS + 1, 'full'); % EV在各时段之初的电池能量(kWh)。包括离开时刻(时段初)，因此多一个维度