1. **对METANET的改进**

我查阅了在2010年出版的Fundamentals of Traffic Simulation一书，该书对于METANET模型发展成熟后的全貌以及在计算机仿真中的应用进行了全面而详细的总结。根据该书的内容，METANET模型的核心部分大致包含以下几个部分：

1. 链路模型：包括4月19日文档中的式（1）~（9）；这一部分还包括一个考虑可变限速对交通流运行状态的影响的模型，具体形式是一组简单的仿射方程，4月19日文档中没有介绍；
2. 节点模型：包括4月19日文档中的式（10）~（13）。

在上一份文档之中，我对METANET模型的改动总结如下：

1. 车道数：原来链路的定义是指没有分支和合流，且几何性质（车道数）一贯不变的路段。我通过把原来的车道数更改为每一个“路段”（Segment）内的车道数可以变化（减少，代表交通事件所占用的车道数），把车道数从一个常亮改变为扰动变量的一部分（表述为），增加了系统扰动输入的一个途径；（可以）
2. 转向比率：加入驾驶员对VMS绕行建议的遵从率作为一个常数参数，并建立了在给出绕行建议或指令的情况下，考虑驾驶员遵从率，从原来的转向比率估算新的节点分流处转向比率的模型，即4月19日文档中的式（16）；（可以）
3. 体现可变限速对交通流运行状态影响的模型：这一模型已经使用阿姆斯特丹附近高速公路网的实际数据标定过了，且标定的结果也有10年以上的历史了，我觉得在实际情况下获得的数据和在VISSIM仿真里面的交通流特性不一定可以对应，才有在VISSIM中重新标定模型的想法，因为这毕竟是一个仿真实验，算法的控制对象是存活在计算机内存中的仿真模型，自然要与之匹配；如果是要真实地在生产环境下使用，再使用根据真实作用对象的交通流数据标定的模型也不迟。至于是否采取原来的METANET模型的形式，我觉得可以商榷，也有可能做成在离散的可变限速值的情况下各参数取值的一个表，通过查表来确定，可变限速取值的离散型提供了这样做的条件。（可以先用别人标定的结果，有时间再自己标定）

在这里，我称以上的这些内容为“改动”。根据我这两天的思考，如果说要对一个模型作“改进”，应当是在这个模型在某些方面存在缺陷的情况下，通过对其进行改动消除原来的缺陷或不足；而我只是根据我自己研究的需求更改里面的一些概念或者增加一些算式，并没有在认识到其本身有什么不足的情况下做针对性更改，也许还不足以称之为“改进”。

另外，在查阅Fundamentals of Traffic Simulation一书时，该书也提供了在动态交通分配下使用的一种计算新的转向比率的方法，具体来说，是根据某个特定的OD对，计算这一OD对产生的那一部分交通流在节点N处的转向率，和我提出的根据出行时间构造触发条件的方法有所区别，以目前只有高速公路出入收费卡数据的条件也不能准确计算路阻函数，构造一个交通分配问题。

书的链接：https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-1-4419-6142-6

1. **目标函数量纲问题**

把目标函数改成以下的形式（有修改的部分用红字，各符号意义不变）：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （15） |

是执行相邻两次次MPC框架内的优化过程之间相隔时长。修改后，第1项是所有在高速公路主线上的车辆在预测范围内行驶所耗费的总行程时间，第2项是在预测范围内所有上匝道排队车辆花在排队上的总时间，第3项求和符号内，除以后量纲为1，乘后整一项的量纲是时间单位；第4项中，根据本身的定义，其本身就是一个比率，量纲为1，乘后量纲为时间单位；第5项中，根据的定义，其本身的单位是veh，与作差再除以，所得的是匝道i排队长度超出最长排队长度部分占整个匝道几何条件允许的最大排队长度的比例，量纲为1，乘T后量纲同样是时间单位。这样，J的单位可以统一为时间单位。国际单位制（SI）中规定的时间的基本单位是s，具体在实验过程中不一定选用这么精细的时间单位，我个人估计最大可能选用min。

为了使得整个目标函数之间各项的符号表示方式统一，标蓝色的地方是对符号表述做了改动，但是不影响其基本功能或性质的地方。

（我感觉目标函数的意义还是不够清晰。首先不说数学公式，先用文字来表达你的优化目标，希望哪些量最大或最小，然后再把目标函数写出来，当然要统一量纲而且是有明确物理意义的）

优化目标：在预测时间范围内，经过高速公路所有车辆的总出行时间最小。

总的来说，PI由下列几个部分组成：

1. 高速公路主线车辆总出行时间
2. 上匝道车辆排队时间
3. 抑制可变限速值剧烈波动的罚函数
4. 抑制匝道控制控制率剧烈波动的罚函数
5. 抑制上匝道排队过度增长的罚函数

车辆从进入高速公路到离开，一定会先经过上匝道、高速公路主线和下匝道共3个部分。对于下匝道，假设匝道下游没有发生可以回堵（spillback）到高速公路主线的拥堵，在下匝道上所花费的时间可以忽略不计。要计算车辆在高速公路上的行程时间，就要分开主线和上匝道两个方面考虑。对于高速公路主线，可以先计算每个路段内的车辆数，求和后得到(k-1,k]时段在高速公路主线上的全部车辆数，那么在这一时段内，所有存在于主线上的车辆所消耗的行程时间就是，由此可以得到在预测时段内所有在主线上出现过的车辆所消耗的行程时间；对于上匝道，由于匝道控制的存在，上匝道可能会在信号灯停止线前出现排队，对(k-1,k]时段所有上匝道排队车辆数目进行计算后，可以得出这一时段内所有车辆耗费在排队上的时间，由此可以得出在预测时段内所有车辆消耗在上匝道排队上的时间。这两个部分行程时间的计算构成了目标函数中的前两项。

匝道控制和可变限速的控制变量中不能发生太过剧烈的变化，造成驾驶员在现实世界中无法适应。为了抑制这两种控制方法的控制变量可能发生的剧烈波动，把相邻时段的控制变量进行差分平方后求和构造罚函数，防止在对PI进行优化的过程中采用极端波动的控制参数组合达到一个非常低的总出行时间，达到控制参数平缓变化的目的。

另外，对于上匝道排队，为了防止系统为了达到自身总行程时间降低的目的，把过多的通行需求全部积压在上匝道上，需要设置一个最大排队长度，其设置的标准是，匝道上的排队不会蔓延到匝道上游的道路，即发生回堵现象（Spillback）。当然，在主线已经拥挤或上匝道通行需求太大，已经超过系统自身调节极限的情况下，强行把最大排队长度作为硬约束来处理是不合适的，这样很可能会导致模型得不到可行解。把排队长度超出最大排队长度的比率平方后相加构造罚函数加入目标函数，既能抑制排队长度的增长抑制回堵现象，也能照顾到刚才提到的超过系统自身控制能力的极端情况。

目标函数中的后3项都是人为构造的罚函数。为了使量纲统一，乘以一个时间单位的量。