

2019 年 MathorCup 高校数学建模挑战赛题目

A 题 数据驱动的城市轨道交通网络优化策略

截至 2018 年 12 月 31 日，中国内地累计共有 35 座城市建成并投运城市轨道交通，里程共计 5766.6 公里。进入“十三五”以来，三年累计新增运营线路长度为 2148.7 公里，年均新增线路长度为 716.2 公里（2018 中国城市轨道交通协会快报）。表 1 统计了 2018 年中国内地城轨交通运营线路长度排名前 5 的各大城市。以北京市为例，其轨道交通覆盖 11 个市辖区，运营里程约 714 公里，共设车站 391 座，开通里程居中国第二位。此外，据 2017 年统计，北京城市轨道交通年乘客量全年达到 45.3 亿人次，日均客流为 1241.1 万人次，单日客运量最高达 1327.46 万人次。可见，城市轨道交通已成为大城市居民出行的主要载体，也是城市发展的重要支撑。

表 1 中国内地已开通城轨交通运营线路长度统计（2018 年）

序号	城市	截止 2018 年 12 月 31 日运营线路长度（公里）							
		合计	地铁	轻轨	单轨	快轨	有轨电车	磁浮	APM
1	上海	784.6	669.5	/	/	56.0	23.7	29.1	6.3
2	北京	713.7	617.1	/	/	77.0	9.4	10.2	/
3	广州	449.5	437.9	/	/	/	7.7	/	3.9
4	南京	394.5	207.0	/	/	170.8	16.8	/	/
5	武汉	351.1	263.9	37.8	/	/	48.4	/	/

目前，北上广等城市轨道交通客流量大，乘客出行的 O-D 数据纷繁复杂，以北京城市轨道交通网络为例，现需要你对给定的历史数据进行以下分析和评估：

问题 1：附件 1 给出了北京市某时段部分城市轨道交通线网的乘客 O-D 数据，附件 2 为基础信息数据，附件 3 为该时段的列车运行图数据。依据北京城市轨道交通线网图（附件 4），试分析基于以上数据的乘客出行特征，包括出行时段分布、出行距离分布、出行时长分布等。

问题 2：基于问题 1 的路径选择结果，设计一套算法还原乘客出行的准确信息，即乘客在何时何站搭乘何辆地铁列车（如有换乘，需计算）并在何时何地出站，完成其一

次完整的地铁出行，并完整填写表 2（计算乘客编号为 2、7、19、31、41、71、83、89、101、113、2845、124801、140610、164834、193196、223919、275403、286898、314976、315621 的完整出行线路）。另外，设计一套智能算法，以辅助并优化乘客的在轨道交通路网中的路径选择，如通过优化路径可缩短行程、减少拥挤等。

表 2 乘客出行准确数据

乘客	车站	进站时间	列车 1	换乘站 1	列车 2	...	换乘站 x	列车 x	车站	出站时间
#2	A	B	C	D(如有)	E(如有)	...	F(如有)	G(如有)	H	I
#7										
#19										
...										
#315621										

问题 3：假设地铁八通线每列列车容量为 1428 人，列车座位数为 256 座，限流时段长度可根据需要任选，且以 7:00 为首班列车发车时刻，在减小列车超载现象的基础上，尽可能缩短乘客出行时间（包括出行时间和滞留时间），并以此为目标建立城市轨道交通单一线路乘客限流模型。对模型求解后给出具体限流措施以改进八通线的服务水平，具体包括：

问题 3.1：若八通线不限制限流车站个数，试分析限流前后的总出行时间、平均出行时间对比，结果如表 3 所示。

问题 3.2：若八通线限制限流车站个数（分别取限流车站数为 1-5 个车站），试分析限流前后的总出行时间、平均出行时间对比，结果如表 4 所示。

问题 3.3：根据以上分析结果，举例说明八通线两个限流效果最好的车站，并阐述原因。

表 3 八通线不限制限流车站个数

对比项	总出行时间（min）	平均出行时间（min/人）
限流前		
限流后		
差值		
减少百分比		

表 4 八通线限流车站分析

对比项	限流车站数量：1		限流车站数量：2	
	总出行时间（min）	平均出行时间（min/人）	总出行时间（min）	平均出行时间（min/人）
限流前				
限流后				
差值				
百分比				
对比项	限流车站数量：3		限流车站数量：4	
	总出行时间（min）	平均出行时间（min/人）	总出行时间（min）	平均出行时间（min/人）
限流前				
限流后				
差值				
百分比				
对比项	限流车站数量：5			
	总出行时间（min）	平均出行时间（min/人）		
限流前				
限流后				
差值				
百分比				

问题 4：结合问题 1-3，给出具体限流措施以改进城市轨道交通的服务水平，如动态限流方案、限流车站的选取、限流时段的选择、限流强度等。

附件 1 线网乘客 O-D 数据

附件 2 线网基础信息表

附件 3 列车运行图数据

附件 4 轨道交通线网图