

效用理论背景下城市轨道交通运营管理优化策略

袁含雨

(安徽水利水电职业技术学院, 安徽 合肥 230000)

摘要: 效用理论是在分析交通客流形成原理的基础上, 对城市居民出门时的交通需求进行分析的理论, 对于提高城市轨道交通运营管理效率具有重要作用, 有助于优化城市轨道交通运营管理结构。本文基于效用理论, 分析了城市轨道交通运营管理工作, 在此基础上提出了一些有效的管理措施, 以期优化城市轨道交通运营管理结构贡献力量。

关键词: 效应理论; 城市轨道交通; 运营管理; 优化策略

DOI: 10.12373/xdhjy.2022.03.4606

近年, 城市轨道交通系统在城市建设中发挥了越来越重要的功能和价值, 城市对于轨道交通的需求越来越大, 城市轨道交通系统也不断完善。但是目前仍然存在一些问题, 比如, 轨道线路一经完成后难以更改调整、与其他交通方式的兼容性差等。这些问题既影响城市交通的运行, 也使得不少交通企业处于亏损经验的状态。为了解决轨道交通运营中的种种问题, 国内外不少学者都开始进行研究。本文从交通需求出发, 分析了城市中不同时段的客流量, 为提高城市轨道交通运营工作效率贡献力量。

一、城市交通客流的形成

影响城市客流形成的因素主要分为两种, 其一是城市居民出行需求, 其二是出行决策。

(一) 交通需求

为了生活或者工作需求, 居民产生出行需求。交通出行的支付能力指的是出行者选择某种交通工具出行后, 支付费用的能力, 同时也包括出行者在乘坐交通工具过程中消耗的时间。也就是说, 交通出行的支付能力包括费用消耗和时间消耗两方面。

如果某种交通工具能够在出行者的支付能力之内, 那么就会产生交通客流量。城市轨道交通是现代城市交通系统的中心, 价格低廉、时间快速, 能够满足城市出行者一大部分的出行需求, 改善城市交通情况。

(二) 交通出行的决策

通过众多的城市轨道交通系统决策理论, 效用理论能够很好地响应城市出行者对出行方式的选择, 出行者在决策的过程中的决策观念也能够复合最大化原则。因此, 将效用值作为决策标准是非常科学的, 它既能够体现出决策者所面临的决策风险, 又能够帮助决策者做出最符合需求的决策。用效用理论分析交通出行需求, 可以用如下公式表达:

$$U(E, F, M, S) = a \cdot E + \beta \cdot T - n \cdot M - y \cdot S$$

公式中, U 代表乘坐交通工具的平均费用, E, F, M, S 是平均费用 U 的影响因素, 其中, E 代表出行者乘坐交通工具所消耗的票价, a 代表某种交通工具的距离费用率, 是总费用与出行距离

的比值; T 表示出行者在做出出行所选择的交通工具的决策时所耗费的时间; β 代表出行时间成本当量; M 代表出行者对着某种交通工具的满意程度; n 代表出行者满意程度的成本当量; S 表示为出行者对某一种交通工具的喜爱程度和使用频率; y 表示出行者对某一种交通工具喜爱程度的成本当量。

根据这个公式, 我们发现, 影响着出行者支付能力的因素既有乘坐某种交通工具的费用支出, 也有做出出行决策所消耗的时间、在出行过程中所消耗的时间。而这所有的因素中, 交通工具的出发时间间隔和车的容量是主要影响因素, 对支付能力具有直接影响。如果某种几桶工具的发车时间过长, 则出行所消耗的时间成本会明显增加, 降低出行者的选择意愿。在城市轨道交通系统中, 如果客流量稳定, 那么发车频率和客流量成正比, 也就是说提高发车频率能够明显增强某种交通工具对于出行者的吸引力。但是提高发车频率对于城市轨道交通系统中的管理者和交通司机而言, 会提高运营成本。

二、交通方式的选择

(一) 交通方式分担

城市公交系统是大型城市的重要组成部分, 因为城市轨道交通系统具有运输容量大、速度快的优势, 因此更容易得到出行者的偏爱。公交车穿梭在城市中, 能够有效减少出行所耗用的实践, 还能让乘客观察城市的风土人情, 因此, 公交车也是受到城市出行者喜爱的一种交通工具。

出行者在选择出行方式的时候, 可以将出行方式假设为“选择枝”, 能够满足出行者的出行需求的“选择枝”计算“效用”。对于“效用”, 有专业人员给出了以下假设: 其一, 在选择交通工具时, 出行者会选择带来最大“效用”的“选择枝”; 其二, 出行者的工作性质和生活需求决定了不同的“选择枝”的“效用”不同。假设, U 代表“效用值”, 那么 C 可以代表出行者可选择的“选择枝”的集合, 则有 $U_i > U$, 集合 j 包含与集合 C , 且 $j \neq i$ 时, 出行者则选择第 i 个选择枝。通过效用理论, 结合上面的交通公式, 我们可以得到如下的分摊模型:

$$S(i) = \frac{E = e^{\alpha_i i}}{\sum_i^n = 1e^{\alpha_i i}} = \frac{e^{\alpha_i \times E_i + \beta_i \times T_i - u_i \times M_i - \gamma_i \times S_i}}{\sum_i^n = 1e^{\alpha_i \times E_i + \beta_i \times T_i - u_i \times M_i - \gamma_i \times S_i}}$$

城市轨道交通分担率 S (R)

$$S(R) = \frac{E = e^{iR}}{\sum_i^2 = 1e^{ui}} = \frac{e^{\alpha_R \times E_R + \beta_R \times T_R - u_R \times M_R - \gamma_R \times S_R}}{\sum_i^n = 1e^{\alpha_i \times E_i + \beta_i \times T_i - u_i \times M_i - \gamma_i \times S_i}}$$

常规交通分担率 S (B)

$$S(B) = 1 - S(R)$$

因为城市轨道交通是整个交通系统的核心，所以，要想提高出行者选择城市轨道交通系统的比率，就需要让城市轨道交通产生最大的效用，也就是满足 $U_r > U_b$ 。

U_r 表示城市轨道交通的效用值， U_b 表示公共交通方式的效用值。当公式 (2) 的条件得到满足时，有 $S(R) > S(B)$ ，此时，城市轨道交通的运行效率大于轨道交通的交通编程效率。

(二) 交通方式的比较

根据交通需求分析结果，我们发现，影响着出行者的决策的主要因素是出行成本以及个人偏好。个人偏好主要是出行者在日常的生活对某种交通工具的偏好，包括交通工具的舒适度等和其他一些出行者的主观感受。出行成本主要包括出行所耗的费用以及时间。当前，我们的城市交通体系中，轨道交通是中心，导致出行者不选择城市轨道交通的主要因素包括发车时间延长、乘坐的舒适度降低以及出行费用上升。

交通运行者和出行者无法实现有效的信息对称，在城市轨道交通系统的运营中，运营者追求的是最大利润，主要是通过提高城市轨道交通资源的利用率，进而降低运营成本，产生最大利润。而出行者追求的是出行成本低、又符合个人偏好，如舒适度等的交通工具。

调整交通系统发车时间间隔策略

当交通出行需求固定时，并假设城市轨道交通的替代者只有常规公交的条件下，要增强城市轨道交通的吸引力，一方面要优化城市轨道交通出行方式，另一方面要适当降低常规公交出行对于出行者的吸引力，引导他们选择城市轨道交通出行，让城市轨道交通承担更多的客流量。可通过如下式子进行验证。

常规公交在 08:00—18:00 属于客流中峰期的客运量 QB 为：

$$QB = VB \cdot (t_2 - t_1) / t \text{ 间} \cdot NOB$$

式中：QB 表示常规公交的客流承担量；VB 表示一辆常规公交的客容量，一般取 60 人； $t_2 - t_1$ 表示一定的时间段，这里取 08:00—18:00；NOB 为常规公交的总线路条数；t 间表示常规公交发车时间间隔。

假设，某中型城市有常规公交线路 350 条，平均线路为 20 千米，常规公交的平均时速为 30 千米每小时。假设在 8:00—18:00 一段时间内常规公交车的发车时间间隔为 10 分钟，每一条公交线路有 4 辆公交车运营。那么根据计算公式可得，常规公交运输的

总客流为 451040 人次。

假设发车时间间隔延长至 15 分钟，则有 853 辆车次则在运行状态，出行者需要等待的时间延长，进而乘车舒适度降低，支付成本提高。为了获得最大效用，约有 50% 的出行者会选择城市轨道交通，计算发现城市轨道交通将吸引大约 91 980 人。

根据我们的假设条件，在 8:00—18:00 这个时间段，实行弹性票价制度，能够多吸引 13% 的客流量；同时实行弹性票价制度并调整发生时间间隔，可多吸引 30% 客流量；实行弹性票价策略可多吸引 6.5% 客流量，实行综合优化策略可多吸引 14.9% 客流量。

三、城市轨道交通运营管理的优化措施

对城市的轨道几桶进行详细分析以后，我们发现如果城市的轨道交通客流量没有达到最基础的客流量，那么城市轨道交通就处于亏损运营的状态。城市轨道交通系统必须要尽可能地吸引客流量，以此提高利润率。

(一) 可行性

基于效用理论的分析结果，在非高峰期时段，城市轨道交通运营系统可以适当延长发车时间间隔，在出行高峰期轨道交通管理系统可以适当缩短发车时间间隔，将出行者的出行成本降低，使得轨道交通系统对出行者产生更大的吸引力。同时，运营系统还能够通过调整票价和发车时间间隔来调控城市轨道交通的客流量。

(二) 调整城市交通系统发车时间间隔

乘车的舒适度受等车时间长短的影响比较大。根据效用理论，要将城市轨道交通的目标效应最大化，轨道交通运营管理系统就需要适当缩短发车的实践间隔，同时城市交通管理部门还可以适当延长公交车的发车时间间隔，对出行者形成一种诱导作用，引导他们选择城市轨道交通出行。为城市轨道交通带来最大客流量的最有效的方式就是调整各个交通系统的发车时间。

四、结语

通过本文的分析，我们发现要提高城市轨道交通系统的客流量，可通过反向调整轨道系统和常规公交的发车时间间隔；调整票价也可以影响城市轨道交通系统的客流量，将轨道交通和公交系统的票价进行反向调整，降低轨道交通的票价，提高公交系统的票价，出行者选择常规公交出行的成本上升，由此形成一种诱导作用，引导乘客选择城市轨道交通。

参考文献：

[1] 包叙定, Zhang, Liman. 强力推进智慧城市轨道交通建设 [J]. 城市轨道交通研究, 2020, v.23; No.211 (04): 4+148.
 [2] 中国城市轨道交通协会. 中国城市轨道交通智慧城轨发展纲要 [Z]. 2020, 3.