

建模背景

在交通运输系统中，道路拥堵是一个动态累积的过程。交通流量的短期增加不仅会立即造成通行延误，还可能在这段时间内持续影响道路的通行效率。这种影响具有时间衰减特性，即当前时刻的拥堵不仅取决于当前的交通流量，还与过去一段时间内的流量水平密切相关，但其影响力随着时间推移而逐渐减弱。

为了量化交通流量对拥堵时间的动态累积效应，建立一个基于时间积分的数学模型，能够有效描述从某一初始时刻开始至当前时间为止，交通流量对拥堵时间的持续性影响。该模型可用于交通管理、信号控制优化以及城市交通规划中的预测与评估环节。

建模公式

模型采用如下形式的积分方程：

$$T(t) = \int_0^t \alpha \cdot q(\tau) \cdot e^{-\beta(t-\tau)} d\tau$$

其中：

- $T(t)$ 表示在时间 t 累积的额外拥堵时间（单位：分钟）
- $q(\tau)$ 表示时间 τ 的交通流量（单位：车辆/小时）

的流量（单位：车辆/小时）

- α 为比例系数

是拥堵影响系数，反映单位交通流量对拥堵时间的增益（单位：分钟·小时/车辆）

- β 是衰减系数，表示道路通行能力恢复的速度，值越大表示拥堵影

响消散越快（单位：1/小时）

该模型通过引入指数衰减核函数 $e^{-\beta(t-t_0)}$

，刻画了历史交通流量对当前拥堵影响的递减效应，体现了交通系统的时间记忆特性。