

文章编号: 2095-2163(2023)01-0060-07

中图分类号: U491

文献标志码: A

# 检测器布设对路网行程时间可靠性估计精度影响研究

程敏茜, 杨智豪, 王嘉文

(上海理工大学 管理学院, 上海 200093)

**摘要:** 为了提高路网行程时间可靠性估计精度, 考虑交通断面检测器在目前城市中的应用, 本文对检测器布设对路网行程时间可靠性估计精度的影响进行分析。首先, 明确了路网行程时间可靠性的统计学定义; 其次, 在此基础上考虑行程时间影响因素, 建立了路段行程时间模型、路网行程时间可靠性模型、自由流行程时间模型以及行程时间阈值模型; 最后, 以微观仿真路网为例, 设置合理路网、信号配时以及相关参数, 列出5个检测器布设方案, 将仿真数据与路网实际真值数据进行对比分析, 并进一步进行渗透率分析。研究表明, 检测器布设的密度和位置会对路网行程时间可靠性估计造成影响, 检测器在路网中铺设的不均匀、不完整将会降低路网行程时间可靠性精度, 而在布设均匀且完整的情况下, 提高检测器在路网中的铺设密度将提高路网行程时间可靠性精度。

**关键词:** 路网行程时间可靠性; 断面检测器; 渗透率

## Influence of detector layout on estimation accuracy of travel time reliability to road network

CHENG Minqian, YANG Zhihao, WANG Jiawen

(Business School, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

**[Abstract]** In order to improve the reliability estimation accuracy of road network travel time, considering the application of traffic section detectors in cities at present, the influence of detector layout on the reliability estimation accuracy of road network travel time is analyzed. Firstly, the statistical definition of travel time reliability of road network is defined. On this basis, considering the impact factors of travel time, the road section travel time model, the road network travel time reliability model, the free popular travel time model and the travel time threshold model are established. Finally, take the microscopic simulation road network as an example, set reasonable road network, signal timing and related parameters, list five detector layout schemes, compare and analyze the simulation data with the actual truth data of the road network, and further analyze the permeability. The research shows that the density and location of detectors will affect the reliability estimation of travel time of road network. The results show that the non-uniform and incomplete laying of detectors in the road network will reduce the reliability accuracy of travel time of the road network, while in the case of uniform and complete laying, increasing the laying density of detectors in the road network will improve the reliability accuracy of travel time of the road network.

**[Key words]** travel time reliability of road network; section detector; penetration rate

## 0 引言

交通网络是城市稳定运转的关键系统。随着城市路网的发展, 城市交通拥堵日益严重, 大量的道路建设已经不能满足车辆日益增长的需求, 改善城市路网, 提高交通路网的效率成为缓解交通拥堵的出路。路网行程时间可靠性是交通路网评价的重要指标之一, 其定义为交通路网中所有车辆在预定时间内完成其行程的概率<sup>[1]</sup>。交通断面检测器作为路网数据的主要来源之一, 为行程时间可靠性的评价提供了可靠的参数支持。目前, 交通断面检测器并

没有完全均匀的分布在交通路网, 检测器的布设将影响路网行程时间可靠性的估计。分析不同的检测器布设情况对路网行程时间可靠性估计的影响, 可以助力交通路网的控制与管理优化, 从而进一步提高城市路网的服务水平。

目前, 有许多学者研究了行程时间可靠性对交通路网评价的贡献。Asakura<sup>[2]</sup>等人给出了行程时间可靠性的定义, 其定义为路网中的车辆在一定条件下预定时间内完成其行程的可能性; Wakabayashi<sup>[3]</sup>等人率先引入了行程时间可靠性作为路网性能的主要评估指标体系, 并说明了增强路

作者简介: 程敏茜(1997-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向: 交通信息工程及控制、交通可靠性研究。

收稿日期: 2022-09-08

哈尔滨工业大学主办 ◆ 学术研究与应用

网安全性的重要含义;Higatani<sup>[4]</sup>等人根据收集的道路交通安全流数据,对比了可靠性估计指数(包含平均行程时间、第95百分位数、标准差、变异系数及缓冲时间)的特征,进而研究了事故对行程时间可靠性的负面影响;姜乙甲<sup>[5]</sup>通过浮动车调查收集了北京市的路网行驶历史数据,并采用加权分析法和时间树法定量分析路网出行的时间可信度;刘秋杰<sup>[6]</sup>系统总结了城市道路网络的可靠性调研文献,对各种可靠性理论和计算方法进行了综合评价,对行程时间可靠性和容量可靠性加以总结,并在此基础上给出了各种综合可靠性评估指标体系,并通过双层规划模型量化分析。路网检测器的布设也有一定的研究,姜桂艳<sup>[7]</sup>首先探讨了利用固定道路检测器优化布置的途径,预先给出了若干种检测器等距离布设方法,通过交通速度数据对道路行程时间作出估计,选择出满足预测精度条件的检测器布设方法;储浩<sup>[8]</sup>研究了根据行程时间估计的对检测器布设密度最优估计的方式,并认为检测器布置得越密,测量的总行程时间更贴近于实际行程时间,但是探测器的布设密度必须区间于某个合理范围;Liu<sup>[9]</sup>等人探讨了在交通检测器不同布设距离下的车辆行程时间的估算方式,研究表明不同拥挤程度的道路需要进行不同密度的检测器布设;Feng<sup>[10]</sup>等人利用了两种最基本的行程时间预期和评估算子,建立了行程时间预期—估算精度、探测器的布设距离和监测车样本量相互之间的联系;Joonhyo<sup>[11]</sup>等人给出了基于遗传算法的优化算法,来探讨检测器的速度和数量对路段行程时间的估计准确性的影响。

综上所述可知,行程时间可靠性的估计大多是基于路网中车辆交通流数据中车辆的行程时间数据。对车辆行程时间的监测可以通过交通断面数据、车辆轨迹数据和浮动车数据等。在大多城市中,交通断面数据的获取较其他的获取方式要更为容易<sup>[12]</sup>。研究表明检测器的不同布设方式将会影响车辆行程时间的估计,现有的路网行程时间可靠性估计方法并没有考虑对路网数据来源检测器布设对其估计精度影响,研究检测器布设对路网行程时间可靠性估计精度的影响对路网可靠性领域的研究具有重要的意义和价值。

本文考虑了检测器布设的数量和密度,从两个方面分别对路网行程时间可靠性估计的精度作出分析,提出了5个不同的方案,并作仿真验证。

## 1 路网行程时间可靠性

行程时间可靠性概念分为两类:

第一类行程时间可靠性概念将出行者在路网中的实际行程时间与期望值进行比较,得出出行者实际出现所需时间在期望值范围内的概率,其定义式为

$$R(T) = P(T \leq T_0) \quad (1)$$

其中, $T$ 为出行者路网行程时间, $T_0$ 为行程时间阈值。

第二类行程时间可靠性定义,将行程时间可靠性界定为行程时间变化率低于一定阈值的概率,其定义式为

$$R(\theta) = P\left[\frac{t_1 - t_0}{t_0} \leq \theta\right] \quad (2)$$

其中, $t_1$ 为实际行程时间(s); $t_0$ 为理想状态下的行程时间(s); $\theta$ 为行程时间变化率阈值,体现了在路网状况随机波动状态下的整体服务水平。

相较于第一类行程时间可靠性概念,第二类行程时间可靠性概念的研究仍不成熟,尚未有研究指出其变化率取值范围与服务水平要求有明确关系,使得可靠性评价结果不能与不同服务水平要求相对应。因此,本文以第一类行程时间可靠性概念为基础,对检测器在路网行程时间可靠性中产生的影响进行分析。

综合现有的研究成果可知,大部分研究者主要是从微观影响因素和宏观影响因素两方面对行程时间可靠性进行分析。微观影响因素主要包括出行特征(出行费用、行程时间等)和出行者个人特征(年龄、性别、职业、教育程度、收入水平、出行目的、出行方式等);宏观影响因素通常会体现在微观影响因素上,只有在跨越市级以上的区域时才需要考虑宏观影响因素,而本文的模拟研究路网较小,因此并不需要对宏观因素的影响展开深入探讨。

在本文研究的行程时间可靠性概念模型中,行程时间可靠性的微观影响因素主要体现在路段自由流行程时间、出行者的行程时间以及出行者的出行预留时间上。通过对各路段自由流的行程时间与出行者的出行预留时间的数值确定,评价出行者的行程时间阈值。通过对出行者的行程时间与行程时间阈值的确定,以行程时间可靠性概念模型为基准,得出路网的行程时间可靠性。因此,为了能够准确地对行程时间可靠性作出评价,需要先对行程时间模型、行程时间阈值模型以及路段自由流模型进行模型构建。

## 2 模型建立

### 2.1 行程时间模型

从第一类行程时间可靠性概念可知,行程时间

模型是行程时间可靠性评价的基础。在路网可靠性研究中,学者们大多都以美国联邦公路局(Bureau of Public Roads,简称BPR)的路段行程时间模型确定路段的行程时间,是在城市路网模型中典型的路网模型之一, $T$ 为路段的行程时间数学表达式为

$$T = t \left[ 1 + \beta \left( \frac{Q}{C} \right)^k \right] \quad (3)$$

其中, $t$ 为路段自由流的行程时间; $Q$ 为路段的交通流量(pcu/h); $C$ 为路段的通行能力(pcu/h); $\beta, k$ 为待标定参数;BPR推荐值 $= 0.15, k = 4$ 。

## 2.2 路网行程时间可靠性模型

根据路网行程时间可靠性的定义,路网行程时间可靠性可表达为车辆通过路网的行程时间小于行程时间阈值的概率,同时在纪魁<sup>[13]</sup>的研究中,一般将路网中的车辆行程时间视作正态分布,因此可以通过BPR模型的行程时间可靠性估计数学表达式中得出,式(4)~式(6):

$$T_i(Q_i, C_i) = t_i \left[ 1 + \beta \left( \frac{Q_i}{C_i} \right)^k \right] \quad (4)$$

$$E(T_i) = E(t_i) + \beta t_i \cdot E \left[ \left( \frac{Q_i}{C_i} \right)^k \right] \quad (5)$$

$$\text{var}(T_i) = \beta^2 t_i^2 \cdot Q_i^{2k} \cdot \left[ E \left( \frac{1}{C_i^{2k}} \right) - E \left( \frac{1}{C_i^k} \right)^2 \right] \quad (6)$$

其中, $T_i$ 为车辆通过路段 $i$ 的行程时间(s); $t_i$ 为路段 $i$ 的自由流程程时间(s); $Q_i$ 为路段 $i$ 的交通流量(pcu/h); $C_i$ 为路段 $i$ 的通行能力(pcu/h); $\beta$ 与 $k$ 分别取0.15与4。

因此,可以得到行程时间可靠性表达式(7):

$$R(T) = P(T_i \leq T_0) = \Phi \left[ \frac{t_i - E(T_0)}{\sqrt{\text{var}(T_i)}} \right] \quad (7)$$

## 2.3 自由流程程时间模型

在本研究中,自由流程程时间即为机动车在交通量很小的条件下,通过没有信号交叉口的城市干道的路段所需的平均时间。由于本文采用模拟路网进行研究,因此车辆在自由流中行驶的速度可以由该种车辆的期望车速替代,可以得到自由流程程时间 $T_{free}$ 的数学表达式为

$$T_{free} = \frac{L}{\sum (V_i \times \rho_i)} \quad (8)$$

其中, $T_{free}$ 为自由流程程时间(s); $L$ 为路段长度(m); $V_i$ 为车辆期望车速(m/s)。

## 2.4 行程时间阈值模型

行程时间阈值是出行者完成一次出现所用的最

大行程时间,是本文行程时间可靠性的重要评价指标。在Bell<sup>[14]</sup>等人的研究中,基于实际出行者行程时间的视角考虑,将行程时间阈值设定为在路段内自然流程程时间的1.1倍,该取值可以按照实际研究需求的精度进行适当的调节。而程天琪<sup>[15]</sup>在Bell等人的研究基础上做了进一步的研究,在充分考虑出行者行程时间的基础上,进一步将出行者出行的预留时间与出行者行程时间相结合,为行程时间阈值作出了更加精准可靠的定义,其数学表达式为

$$T_0 = 1.1 \left( 1 + \frac{ht}{t} \right) t_0 \quad (9)$$

其中, $ht$ 为出行者的平均预留时间; $t$ 为出行者的平均行程时间; $t_0$ 为一路段自由流程程时间。

## 3 仿真设置

### 3.1 仿真路网

为研究路网中检测器布置方式对路网行程时间可靠性精度的影响,本研究以 $4 \times 4$ 的规则路网为例,其中将各路口进口道界定为4条车道,出口路界定为3条车道,每一条机动车道长度设定为3.5m,而每两条交叉口中间的道路总长度设定为500m,绘制路网底图如图1所示。

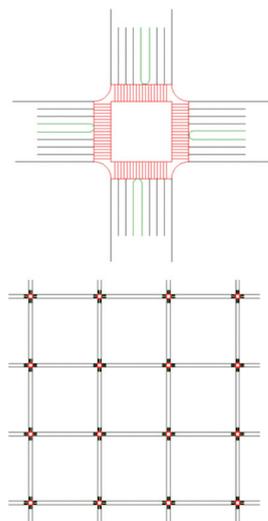


图1 仿真路网交叉口及路网图

Fig. 1 Simulate road network intersections and road network drawings

### 3.2 信号配时

本文使用VISSIM的内建固定配时信号控制作为路网的信号控制机,在每个交叉口中,皆具有4个信号相位,既4个信号灯组。分别是第一相位东西方向直行与右转26s、第二相位东西方向左转26s、

第三相位南北方向直行与右转 25 s、第四相位南北方向左转 25 s, 在每个相位之间存在 3 s 的黄灯与 2 s 的全红时间用以清除交叉口内的行驶车辆, 防止车辆堆积在交叉口内。交叉口一个信号周期时间为 120 s, 具体信号配时图如图 2 所示。

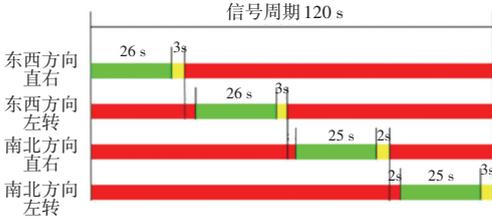


图 2 信号配时图

Fig. 2 Signal timing

### 3.3 车辆输入

为了避免路网中车辆输入不均衡造成实验结果的偏差, 本研究将各个路段输入交通量均设为 2 000 pcu/h。车流车辆以小汽车占比 91%、大型货车占比 3%、公交车占比 6% 构成, 其中小汽车期望车速设置为 50 km/h, 大型货车期望车速设置为 40 km/h, 公交车期望车速设置为 30 km/h。

### 3.4 检测器布设方案

为研究在路网中不同的检测器布设方案对路网行程时间可靠性精度的影响, 本研究设置了 5 种检测器分布方案, 从检测器在路网中设置的全面性、密度等方面对路网行程时间可靠性进行研究。

方案一: 在每个东西方向的路段布设一个检测器, 南北方向的路段均未布设检测器如图 3 所示, 检测器检测布设路段上 500 m 内的车辆数据。

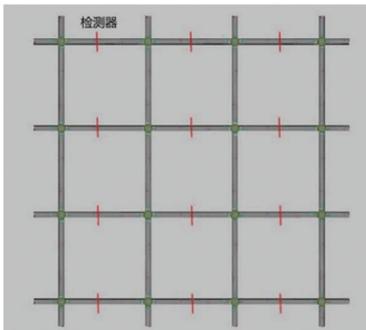


图 3 检测器布设方案一

Fig. 3 Detector layout scheme 1

方案二: 在每个路段上均布设一个检测器的情况下, 删去路网中右下角正方形上的 4 个路段检测器如图 4 所示, 检测器检测布设路段上 500 m 内的车辆数据。

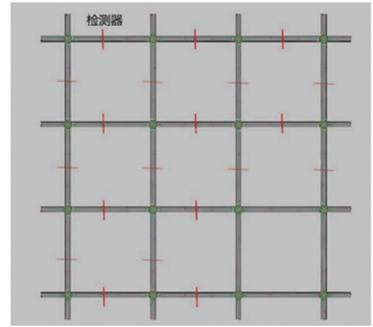


图 4 检测器布设方案二

Fig. 4 Detector layout scheme 2

方案三: 在路网中每个路段上均布设一个检测器如图 5 所示, 检测器检测布设路段上 500 米内的车辆数据。

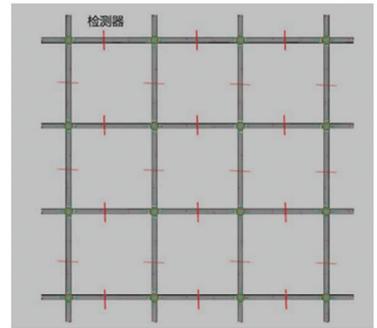


图 5 检测器布设方案三

Fig. 5 Detector layout scheme 3

方案四: 在路网中每个路段上均布设两个检测器如图 6 所示, 检测器检测布设路段上 250 m 内的车辆数据。

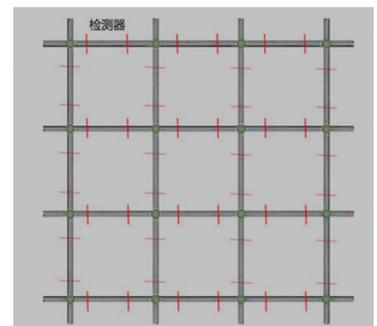


图 6 检测器布设方案四

Fig. 6 Detector layout scheme 4

方案五: 在路网中每个路段上均布设 3 个检测器如图 7 所示, 检测器检测布设路段上 167 m 内的车辆数据。

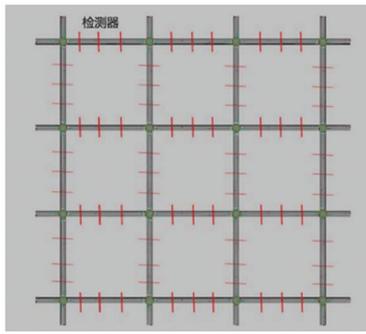


图7 检测器布设方案五

Fig. 7 Detector layout scheme 5

## 4 分析验证

仿真输出文件可得出:路网运行时间、检测器编号、车辆行程时间、延误时间等,方案一检测器数据示例见表1。

表1 方案一检测器数据

Tab. 1 Scenario 1 detector data

路网运行时间/s	检测器编号	车辆编号	行程时间/s	延误/s
45.9	8	27	30	0
46.1	8	15	31.6	0.7
46.3	2	2	32.7	1.3
46.4	24	11	31.8	0.6
48	8	20	31.8	-0.4
49.5	24	7	33.4	0
52.9	14	59	33.6	1.2
53.2	11	38	34.4	0
53.2	17	39	34.1	0
53.6	5	21	35.1	0.6
54.8	8	85	31.5	0.5
57.3	8	70	35.5	0.5
57.5	2	89	33.6	0
57.6	14	56	35	0
58.7	2	95	34.2	1.6
58.8	19	123	31.2	0.7
58.9	5	86	34.6	0.7
60.5	24	113	32.5	1

由表1可以看出,随着路网中检测器密度的增加,车辆行程时间逐渐缩短,且车辆出现延误的情况逐渐减少。由于在路网车辆构成中小汽车占比0.91,因此在车辆类型数据中100占比较大,其他车辆类型数据较少出现。由于本文着重研究检测器在不同布设方式下对路网行程时间可靠性的影响,因此将在行程时间数据上做着重研究。

为了对检测器在不同布设方式下的路网行程时间可靠性进行分析评价,需先从仿真模拟数据中分析得出路网中车辆的行程时间标准差、自由流行程时间以及行程时间阈值,从而计算出路网行程时

间可靠性在不同检测器布设方式下的估计值。检测器布设不同方案下所测得的车辆行程时间平均值与标准差,见表2。

表2 行程时间均值与标准差

Tab. 2 Travel time mean and standard deviation

方案	行程时间平均值/s	行程时间标准差/s
方案一	48.830 3	26.365 7
方案二	46.067 4	24.283 7
方案三	45.130 8	24.313 6
方案四	22.548 6	20.080 7
方案五	15.849 9	17.023 2

自由流行程时间由路段长度与自由流车速的比值确定,路段长度在仿真场景中既为检测器之间的距离,而自由流车速由各车辆类型的期望速度与相对车流比的乘积和决定,可以将自由流行程时间化为

$$T_{free} = \frac{L}{V_{car} \times \rho_{car} + V_{HGV} \times \rho_{HGV} + V_{bus} \times \rho_{bus}} \quad (10)$$

其中, $T_{free}$ 为自由流行程时间,单位:s; $L$ 为检测器间距,单位:m; $V$ 为各类型车辆期望车速,单位km/h; $\rho$ 为各类型车辆相对车流比。

计算出5个方案的自由流行程时间分别为10.309 3 s、10.309 3 s、10.309 3 s、5.154 6 s、3.436 4 s。

对于行程时间阈值的取值,针对城市通勤者的早高峰出行进行了交通调查,获取了行程时间可靠性影响因素中出行者出行特征的上班时间、出发时间\出行方式、总行程时间、期望行程时间、出行预留时间等数据,具有典型性与科学性。根据调查结果显示,出行者的平均预留时间为13.23 min,出行者的平均行程时间为33.25 min。因此行程时间阈值公式可简化为

$$T_0 = 1.54t_0 \quad (11)$$

所得各检测器布设方案下的行程时间阈值、行程时间可靠性估计值见表3。

表3 行程时间阈值与可靠性估计值

Tab. 3 Travel time threshold and reliability estimates

方案	行程时间阈值	行程时间可靠性估计值/%
方案一	15.876 3	41.68
方案二	15.876 3	40.90
方案三	15.876 3	42.19
方案四	7.938 1	44.43
方案五	5.292 1	45.62

为了让上述行程时间可靠性估计数据有合理的

对照数据,本文同时对该路网的行程时间可靠性实际值进行了测算。在行程时间实际值阈值的选取中,由于检测器所得数据不能包括车辆在交叉口内的行程时间,因此将行程时间阈值取为 2.33 倍的自由流行程时间。由行程时间可靠性公式得出模拟路网的行程时间可靠性实际值为 53.52%。

根据上述数据分析结果,绘制在 5 种检测器布设方案下路网行程时间可靠性估计值与实际值的对比参照如图 8 所示。

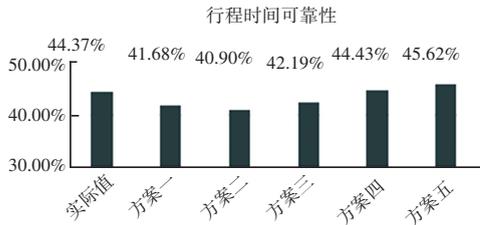


图 8 路网行程时间可靠性各方案估计值与实际值对比

Fig. 8 Comparison between estimated and actual values of various schemes for road network travel time reliability

由图 8 可知检测器布设方案模拟数据分析所得的行程时间可靠性估计值与实际值均在 40%~46% 之间,但各检测器布设方案模拟数据分析所得的行程时间可靠性估计值与实际值相比存在一定的误差,由此可知,通过行程时间检测器所得的模拟数据会对行程时间可靠性分析的准确性产生一定的影响。对各检测器布设方案模拟数据分析所得的行程时间可靠性估计值与实际值进行精度分析,得出检测器布设对行程时间可靠性精度影响见表 4。

表 4 检测器布设对行程时间可靠性精度影响表

Tab. 4 Influence of detector layout on reliability and accuracy of travel time

方案	精度影响/%
方案一	-2.690
方案二	-3.470
方案三	-2.180
方案四	0.060
方案五	1.250

从检测器布设对行程时间可靠性精度影响分析中可知,各检测器布设方案下的行程时间可靠性估计值与行程可靠性实际值的误差均小于 4%,属于合理的误差范围之内,因此由路网检测器所得数据推算出的行程时间可靠性估计值对行程时间可靠性精度影响分析具有实际意义。

对比各检测器布设方案模拟数据分析所得的行程时间可靠性估计值与实际值,可以得出,在路网中

检测器铺设不均衡且有所缺失的方案二对行程时间可靠性的精度影响最显著,该方案行程时间可靠性估计值与实际值相差 3.47%。方案三、四、五中,在路网中每一个路段都铺设了检测器的情况下,路段上检测器铺设密度的提高能够提升路段行程时间可靠性估计值。在这些检测器布设方案中,方案四在路网每个路段上布设两个检测器的情况下行程时间可靠性估计值最接近实际值,该方案行程时间可靠性估计值与实际值相差仅 0.06%。

为了验证数据的合理性与准确性,使上述结论更有说服力,本文将原数据分别以 5% 渗透率、10% 渗透率、20% 渗透率进行随机筛查。经过与原数据相同的数据处理方式得出 5 种检测器布设方案下的行程时间可靠性估计值与实际值见表 5。

表 5 渗透筛查下各方案行程时间可靠性估计值与实际值

Tab. 5 Estimated and actual travel time reliability of each scheme under penetration screening

行程时间可靠性	渗透率 5%	渗透率 10%	渗透率 20%
实际值	47.70	48.36	46.13
方案一	42.47	41.68	41.68
方案二	40.52	41.29	40.90
方案三	40.90	40.52	40.52
方案四	43.64	43.25	43.64
方案五	45.22	45.62	45.22

将经过渗透率 5%、渗透率 10% 与渗透率 20% 的随机筛查后所得的行程时间可靠性估计值与实际值汇总,并与原数据的行程时间可靠性估计值与实际值对照,如图 9 所示。

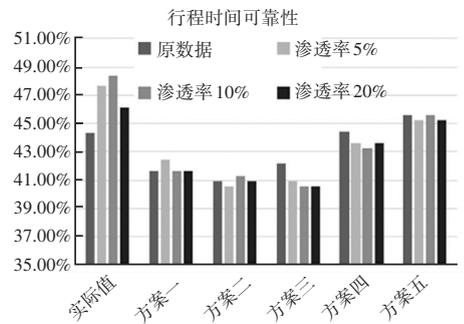


图 9 原数据与渗透率 5%、10%、20% 下行程时间可靠性对照

Fig. 9 Reliability comparison between the original data and the down stroke time of permeability 5%, 10% and 20%

为了更直观地体现出原数据在分别经过渗透率 5%、10% 与 20% 的随机筛查后行程时间可靠性与原数据的行程时间可靠性的差别,分别计算各渗透率下检测器布设对行程时间可靠性精度的影响以及各渗透率下行程时间可靠性的波动值,得出渗透筛查

后行程时间可靠性精度影响表与行程时间可靠性波动值见表6和表7。

表6 渗透率5%、10%、20%下行程时间可靠性精度影响表

Tab. 6 Influence on reliability accuracy of 5%、10% and 20% down stroke time of permeability %

精度影响	原数据	渗透率 5%	渗透率 10%	渗透率 20%
方案一	-2.690	-5.227	-6.675	-4.455
方案二	-3.470	-7.177	-7.065	-5.235
方案三	-2.180	-6.797	-7.835	-5.615
方案四	0.060	-4.057	-5.105	-2.495
方案五	1.250	-2.477	-2.735	-0.915

表7 渗透率5%、10%、20%下行程时间可靠性波动值表

Tab. 7 Reliability fluctuation values of down stroke time of transmittance 5%、10% and 20% %

波动值	渗透率 5%	渗透率 10%	渗透率 20%
实际值	3.33	3.99	1.77
方案一	0.79	0.00	0.00
方案二	-0.38	0.39	0.00
方案三	-1.29	-1.67	-1.67
方案四	-0.79	-1.18	-0.79
方案五	-0.40	0.00	-0.40

从表6可以看出,经过5%渗透率、10%渗透率与20%渗透率的随机筛查后,各渗透率下行程时间可靠性的数据趋势与原数据大致相同,但相较于原数据,检测器布设方案五的行程时间可靠性估计值与行程时间可靠性实际值最接近,既该检测器方案对行程时间可靠性精度影响最小。

在表7中,除行程时间可靠性实际值的波动与行程时间可靠性估计值相比较显著,各检测器布设方案下的行程时间可靠性估计值在渗透筛查下基本保持不变。因此,路网模拟数据能够在一定程度上证明仿真数据结果的合理性与准确性。

由上述数据分析与方案评价证明,检测器在路网中铺设的均匀程度、完整性以及密度都会在一定程度上对路网行程时间可靠性精度造成影响。

## 5 结束语

本文针对交通网络的重要评价指标——行程时间可靠性进行研究,阐述了行程时间可靠性的评价指标,并以检测器在路网中的布设方式构建VISSIM路网模型,分析与评价模型数据,验证了检测器布设方式能够在一定程度上对路网行程时间可靠性精度造成影响。检测器在路网中铺设的不均匀、不完整

将会降低路网行程时间可靠性精度。而在检测器在路网中铺设均匀且完整的情况下,提高检测器在路网中的铺设密度将提高路网行程时间可靠性精度。

本研究验证了检测器布设方案在一定程度上能够对路网行程时间可靠性精度造成影响,但影响的规律与普遍结论尚不明确,后期将细化标准,深入研究检测器布设方案对行程时间可靠性精度影响的原理。

## 参考文献

- [1] WANG J, HE X, PEETA S, et al. Feedback perimeter control with online estimation of maximum throughput for an incident-affected road network [J]. Journal of Intelligent Transportation Systems, 2021, 26(1): 81-99.
- [2] ASAKURA Y, KASHIWADANI M. Road network reliability caused by daily fluctuation of traffic flow[C]//Proceedings of the 19<sup>th</sup> PTRC Summer Annual Meeting, Brighton, Seminar.1991:73-84.
- [3] WAKABAYASHI H, IIDA Y. Improvement of Road Network Reliability with Traffic Management JJIFAC Proceedings Volumes,1994,27(12)603-608.
- [4] HIGATANI A, KITWAZAWA T, TANABE J, et al. Empirical analysis of travel time reliability measures in urban expressway network[J]. Turkish Journal of Pediatrics, 2007, 13(1)28-38.
- [5] 姜乙甲. 基于行程时间可靠性的北京中心城路网运行状态评价[D]. 北京:北京交通大学,2007.
- [6] 刘秋杰. 城市路网可靠性及其模型研究[D]. 成都:西南交通大学,2010.
- [7] 姜桂艳. 道路交通状态判别技术与应用[M]. 北京:人民交通出版社,2004.
- [8] 储浩,杨晓光,李克平,等. 基于行程时间估计的快速路检测器布设密度优化方法研究[J]. 公路交通科技,2006,23(5):84-87.
- [9] LIU Ying, LAI Xiaorong, CHANG Ganglen. Detector Placement Strategies for Freeway Travel Time Estimation [C]. 2006 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference, Toronto, Canada, 2006:499-504.
- [10] FENG W, BIGAZZI A Y, KOTHURI S, et al. Freeway sensor spacing and probe vehicle penetration: Impacts on travel time prediction and estimation accuracy [J]. Transportation research record, 2010, 2178(1): 67-78.
- [11] KIM Joonhyo, PARK B B, LEE Joyoung, et al. Determining optimal sensor locations in freeway using genetic algorithm-based optimization [J]. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2011, 24: 318-324.
- [12] 王卓,刁朋娣,董宏辉,等. 城市道路网络可靠度及其敏感度研究[J]. 中国公路学报,2013,26(2):134-139,146.
- [13] 纪魁. 中小城市道路网络可靠性研究[D].南京林业大学,2020.
- [14] BELL M G H, IIDA Y. Transportation Network Analysis[B]. New York: Johnwiley and Sons, 1997: 179-192.
- [15] 程天琪. 基于不同出行者预留时间的路网行程时间可靠性研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2015.