

# 单向交通组织条件研究

刘 婷, 夏澄彰, 吴 剑, 代春香, 高 荷, 李英帅\*

南京工业大学交通运输工程学院, 江苏 南京

收稿日期: 2026年3月13日; 录用日期: 2026年5月21日; 发布日期: 2026年5月29日

## 摘 要

交通拥堵已成为城市共同面对的难题, 在解决交通拥堵问题上, 单向交通是一种重要的交通组织方式, 为了解决单向交通评价中主观性较强及网络效应考虑不足的问题, 本文探究了考虑绕行效应的单向交通综合评价模型, 并尝试建立从微观仿真数据向层次分析法(AHP)决策权重的客观映射机制, 旨在为城市单向交通组织提供更具量化支撑的决策依据。本文在整理前人文献的基础上, 总结了单向交通的基本概念及其优缺点, 对单向交通路段交通特性以及单向交通网络模式特性进行分析。介绍了层次分析法的基本原理, 并运用层次分析法构建了综合评价模型, 将单向交通这一问题分解为多个组合因素影响的层次结构。本文通过交通仿真软件VISSIM构建仿真道路, 运用软件输出项获取道路运行指标统计数据, 将仿真结果用于层次分析法中各层的比较以对评价模型进行验证, 最终得出在不同条件下应优选哪种方案。

## 关键词

交通工程, 单向交通, 道路通行能力, 层次分析法, 交通仿真

# Research on One-Way Traffic Organization Conditions

Ting Liu, Chengzhang Xia, Jian Wu, Chunxiang Dai, He Gao, Yingshuai Li\*

School of Transportation Engineering, Nanjing Tech University, Nanjing Jiangsu

Received: March 13, 2026; accepted: May 21, 2026; published: May 29, 2026

## Abstract

Traffic congestion has become a common problem faced by cities. One-way traffic is an important traffic organization method for solving this problem. To address the issues of strong subjectivity and insufficient consideration of network effects in one-way traffic evaluation, this paper explores

\*通讯作者。

**a comprehensive evaluation model for one-way traffic that considers detour effects. It also attempts to establish an objective mapping mechanism from microscopic simulation data to the decision weights of the Analytic Hierarchy Process (AHP), aiming to provide a more quantitatively supported decision-making basis for urban one-way traffic organization. Based on a review of previous literature, this paper summarizes the basic concepts and advantages and disadvantages of one-way traffic, and analyzes the traffic characteristics of one-way traffic segments and the characteristics of one-way traffic network patterns. The basic principles of the AHP are introduced, and a comprehensive evaluation model is constructed using AHP, decomposing the one-way traffic problem into a hierarchical structure influenced by multiple combined factors. This paper constructs simulated roads using the traffic simulation software VISSIM, uses the software output to obtain statistical data on road operation indicators, and uses the simulation results to compare the various layers in the AHP to verify the evaluation model, ultimately determining which scheme should be preferred under different conditions.**

## Keywords

**Traffic Engineering, One-Way Traffic, Road Traffic Capacity, The Analytic Hierarchy Process, Traffic Simulation**

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

近年来,我国机动车数量持续增长,交通拥挤已成为城市普遍面临的难题。单向交通作为一种重要的交通组织方式,能够有效提升道路通行能力,缓解城市交通拥堵。单向交通又称单行道,指在特定区域或路段实行单向行驶,以保障交通安全与畅通。自19世纪美国首次出现单行道以来,随着城市道路规模扩张与空间分布复杂化,单向交通的应用日益广泛。为此,有必要对单向交通组织的条件进行进一步的研究[1]。

关于单向交通的研究可分为微观与宏观两个层面。微观层面, Fan Jieyu 等[2] (2019)采用综合方法研究单向交通对汽车尾气排放的影响; 刘海峰[3] (2022)从行动者适应过程出发,研究了长期与短期单向交通组织方案的评价指标; 梁小文[4] (2017)等利用 VISSIM 仿真模拟某路段由双向转为单向后的运行状况。但单向交通对于节能减排的作用是有限的,基于此, Sun Sijia [5]等(2022)提出了单向交通中绕行距离的估计方法,以解释单向交通走廊上增加车辆行驶里程和氮氧化物排放量的变化。宏观层面, 廖婧仪[6] (2022)探讨了微循环系统中考虑非机动车影响的单向交通组织方法; 程俊龙[7] (2014)通过交通冲突技术分析比较了单向与双向交通的优势; 王羽尘[8] (2019)基于数据包络分析构建了单行道影响因素评估模型; 迟陌强[9] (2022)构建了单向交通条件下路段及交叉口通行能力通用模型; 王晶[10] (2016)指出高密度路网是实施单向交通组织的必要条件。

在模型构建方面, Hadi Karimi [11] (2021)开发了单向交通网络重新配置方法框架; Peng Zixuan [12] (2016)将均衡流量分配模型与 VISSIM 仿真相结合; Tengzhou Zhu [13]等(2020)通过对单向交通设置条件的确定,采用设置条件评价方法为单向交通组织的设计与比较过程提供科学依据; Jun Zhang [14]等(2020)提出了单向交通网络规划模型,根据遗传算法确定在现有交通网络中增加单行道的方案; 曹文娟[15] (2020)等建立了双层规划模型,综合考虑路边停车需求与绕行因素; 蒋阳升等(2019)将单向交通引入到城

市交通微循环系统,建立了双层规划模型,并设计了一种遗传算法,以一个具体的算例来验证该模型的有效性[16];张征[17]等(2017)将功能描述作为切入点,基于此研究分支道路的功能量化指标,对绕行指标的阈值范围进行研究,总结出分支道路的单向交通组织规律,并在此基础上分析了单向交通的实现条件及利弊,建立了单向交通对道路网络的绕行距离的影响模型;史峰[18](2009)等为降低主干道与微循环道路饱和度,建立了双层规划模型并提出遗传算法。部分研究将模型应用于实际规划中,如马晓东[19](2018)利用 TRANSCAD 分析单向交通组织替代方案;李佳桐[20](2017)从老城区的交通特性出发,阐述了在微循环路网中设置单向交通的必要性;韩敏[21](2017)针对苏州古城的特殊条件考虑了交通组织优化方案,并采用 TRANSCAD 交通仿真软件模拟优化措施的实施效果,以验证确定研究成果的可行性和有效性;卓亚娟[22](2016)将 VISSIM 仿真应用于西安市唐延路单向交通设计中。

尽管上述研究对单向交通的实施效果、模型构建与规划应用进行了广泛探讨,但仍存在以下不足:一是研究视角偏重实施后评价,对单向交通设置的适宜条件缺乏系统识别;二是方案选择依据主观性较强,缺少从仿真指标到评价标度的客观映射机制;三是仿真模型多局限于单一路段,未充分考虑单向交通实施后的路径选择行为与网络效应,可能导致方案对比的公平性不足。

为此,本文在总结单向交通特性基础上,构建基于层次分析法(AHP)的综合评价模型,建立仿真输出指标与判断矩阵的客观映射规则,并通过引入路径选择行为的网络化仿真,系统分析交通量、车道数、限速值等因素对单向交通组织效果的影响,最终提出单向交通的优势区间与适用条件,以期为单向交通的科学设置提供量化依据。

## 2. 单向交通特性分析

### 2.1. 单向交通的路段交通特性分析

在双向行驶时,道路横截面如图 1 所示,计同向行驶的相邻车道上车辆间间距为  $d$ ,两个方向行驶相邻车道间距为  $a$ ;在单向行驶时,道路横截面如图 2 所示。单向交通道路中两车之间的距离  $c$  相对于双向行驶道路上相邻车道间距  $a$  要小,在现行城市道路设计速度范围内,单向行驶要比双向行驶的安全间距减少 0.2~0.3 米,并且道路设计车速与横向安全间距的差异存在正相关性[23]。因此,单向道路上车流行驶比双向交通道路上车流行驶更加安全,且对路面的使用效率有所提升,可以节约投资。

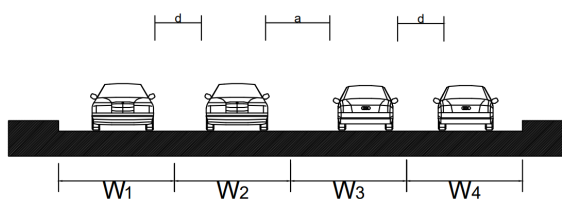


Figure 1. Two-way traffic road

图 1. 双向行驶道路

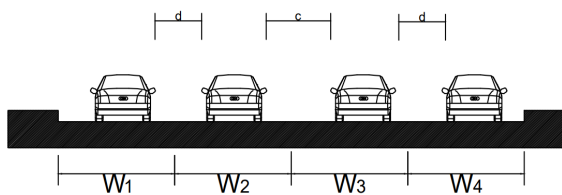


Figure 2. One-way traffic road

图 2. 单向行驶道路

## 2.2. 单向交通网络模式特性分析

国际上典型的单向交通组织包括曼哈顿模式(棋盘式)如图 3、伦敦模式(不规则路网)如图 4 和新加坡模式(干支结合)如图 5，其核心均在于通过高密度路网缓解转向冲突[24]。

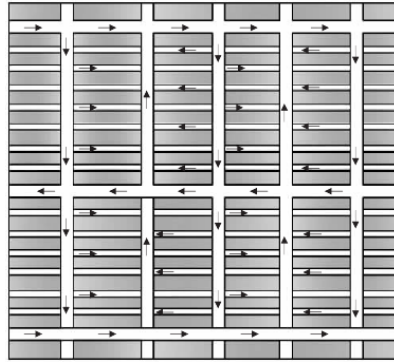


Figure 3. Manhattan mode

图 3. 曼哈顿模式

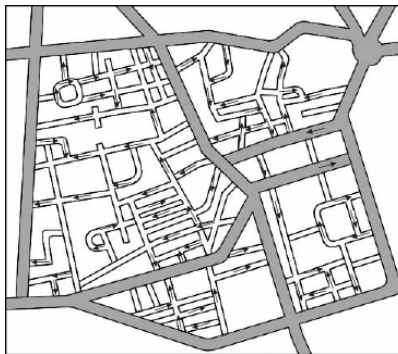


Figure 4. London mode

图 4. 伦敦模式

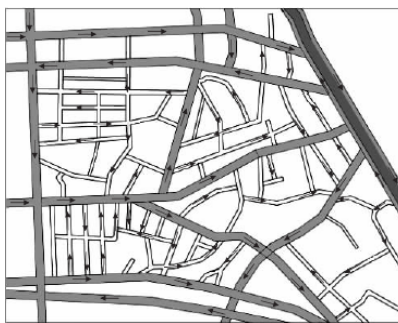


Figure 5. Singapore mode

图 5. 新加坡模式

## 2.3. 单向交通网络绕行分析

如图 6 所示，由多条单向交通道路构成的道路网中，行车方向为路线箭头所指方向，若从 S 点到 D 点，则须经过 S→F→G→C→D。而在所有道路均为双向交通组织的条件下，从 S 点到 D 点仅须经过 S→B→D。由此可见，在单向交通系统中，会使车辆产生绕行。

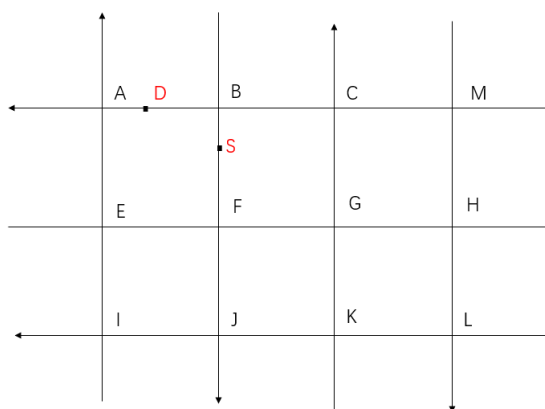


Figure 6. One-way traffic road network

图 6. 单向交通道路网

实施单向交通后, 由于存在着较长的绕行长度和较长的穿越时间, 将导致车辆的延误, 同时也会增加单向交通主干道附近的交通流量。如果绕行距离增大太多, 会使驾驶员在心理上难以承受, 也会对社会经济效益产生不利的影响, 从而丧失了实施单向交通的意义。

然而, 在实施单向交通时, 最大的弊端就是绕行的路程过长, 这也是引起人们强烈反感的一个因素。若两个单一通道之间的间距太大, 或是网络的密度太低, 则会导致驾驶员需要绕行的路程过多, 耗时太长, 同时也不利于乘客的出行。因此, 在实施单向交通时, 必须要兼顾到汽车的绕行路程, 尽可能将单行路线布置在路网密集程度相对较高的地区, 同时尽可能减小两条单行路线之间的间隔, 从而使绕行距离最小化, 方便人们的出行。

## 2.4. 单向交通优点

在对单行道的实施成效进行分析和研究的基础上, 结合国内外实践, 归纳出单行道的主要优势:

(1) 提高道路通行能力。在单向交通道路上, 由于车辆均只能沿一个方向行驶, 与双向通行相比, 可降低车辆之间的相互干扰、便于驾驶、易于超车, 可更有效地利用车道宽度, 路段通行能力则会得到有效提升[25]。

(2) 提高车辆运行速度, 降低行车延误。根据路阻函数, 结合上文所述, 设置单向交通可提高道路的通行能力  $C$ , 若不改变道路的交通流  $V$ , 则会减少车辆的通行时间。根据美国运输与交通工程手册, 一般来说, 实施单向交通后可有效减少路段行程时间, 提高行驶速度, 并且当单行道越长时, 提升效果越明显[25]。

(3) 降低交通事故率。国外研究表明, 实施单行道, 可使城市的交通事故发生率降低 30%~60%。可以提升道路车辆行驶安全, 主要表现在单向交通使车辆避免了原车道中线附近的两个方向的碰撞, 同时减少了夜晚对向车的强光等的影响。在单行线上, 虽然也有交通事故, 但通常以车辆追尾为主的交通事故较多, 而严重的恶性交通事故的发生率较双向交通更少, 且所致人员伤亡和损失也有所减少。

(4) 能有效挖掘区域潜力, 提高道路利用率。单行道的设置改变了原有的车流方向, 减轻了车流的不平衡性, 最大程度地利用了道路资源。

## 3. 单向交通组织方案评价体系建立

### 3.1. 评价指标确定

评价是从各方面或全面的综合状况对评价对象进行优劣比较的过程, 在评价过程中须正确地选取评

价指标, 在选取评价指标时应注意以下几点: (1) 客观性: 评价方法科学, 指标数据来源真实可靠; (2) 可量测性: 所选的评价指标应便于量测及获取; (3) 明确性: 评价指标应当能够反映评价对象及评价内容的情况; (4) 全面性: 评价指标的选取应尽量全面的反应评价的内容。

结合上文对影响道路运行状况的因素的分析以及评价指标的选取原则, 选取评价指标为 A1 行程车速、A2 延误、A3 交叉口排队长度、A4 停车次数。

### 3.2. 层次分析法模型的构建

根据上文所提到的评价指标, 结合交通组织设置条件方案模型, 如图 7 所示。结合上文关于单向交通组织的影响条件、评价指标的研究, 构建层次分析法指标层为评价指标行程车速、延误、交叉口排队长度、停车次数。为比较在相同条件下单向交通组织与双向交通组织的优劣性, 构建以下两种方案模型: 方案一: 实施单向交通组织, 方案二: 实施双向交通组织。

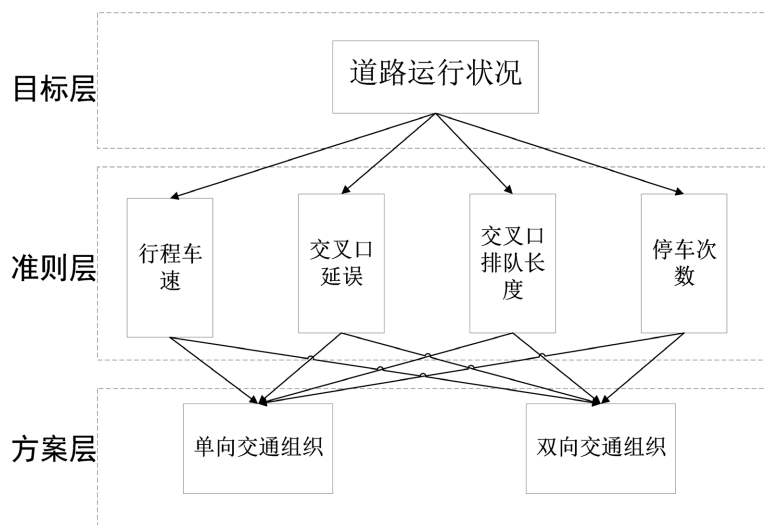


Figure 7. Analytic hierarchy process (AHP) model  
图 7. 层次分析法模型

#### 准则层对目标层的判断矩阵

为确定行程车速、延误、交叉口排队长度、停车次数分别对道路通行能力的影响程度, 构建仿真道路及道路检测器设置如图 8 所示, 纵向道路为双向六车道, 限速值 50 km/h, 横向道路为单向双车道, 限速值为 30 km/h, 调整交通输入量, 分别进行仿真, 仿真时长为 3600 s, 间隔为 600 s。



Figure 8. Simulation road layout  
图 8. 仿真道路

设置纵向道路交通输入量为 1800 pcu/h, 横向道路交通输入量为 800 pcu/h, 经统计, 行程车速、延误、交叉口排队长度、停车次数分别为: 14.8 km/h、69.9 s、29 m、696 次, 每 600 秒三个监测点交通量如表 1 所示。

**Table 1.** First simulation results

**表 1.** 第一次仿真结果

	0~600	600~1200	1200~1800	1800~2400	2400~3000	3000~3600
检测点 1	119	123	128	128	120	117
检测点 2	147	169	162	161	179	153
监测点 3	156	212	197	183	234	184

设置纵向道路交通输入量为 2100 pcu/h, 横向道路交通输入量为 1000 pcu/h, 经统计, 行程车速、延误、交叉口排队长度、停车次数分别为: 14.4 km/h、73 s、41 m、934 次, 每 600 秒三个监测点交通量如表 2 所示。

**Table 2.** Second simulation results

**表 2.** 第二次仿真结果

	0~600	600~1200	1200~1800	1800~2400	2400~3000	3000~3600
检测点 1	140	173	153	156	140	184
检测点 2	174	208	211	195	198	214
监测点 3	192	247	233	251	239	241

设置纵向道路交通输入量为 2400 pcu/h, 横向道路交通输入量为 1200 pcu/h, 经统计, 行程车速、延误、交叉口排队长度、停车次数分别为: 13.6 km/h、80.8 s、84 m、1577 次, 每 600 秒三个监测点交通量如表 3 所示。

**Table 3.** Third simulation results

**表 3.** 第三次仿真结果

	0~600	600~1200	1200~1800	1800~2400	2400~3000	3000~3600
检测点 1	175	196	194	173	212	211
检测点 2	211	243	238	239	237	243
监测点 3	223	293	261	308	274	290

结合以上仿真结果, 随着交通量的增长, 行程时间变化较小, 延误变化次之, 停车次数变化最大。考虑对目标层道路运行状况的影响, 结合前人的研究以及仿真数据, 对行程车速、延误、交叉口排队长度、停车次数四个指标两两比较, 得出判断矩阵如表 4 所示。为确保判断矩阵赋值的客观性, 本文建立了一套基于离差比例的映射规则: 通过计算各方案仿真输出值(如平均延误)的相对离散程度, 将其自动转化为 AHP 的 1~9 标度值。具体而言, 以两方案指标值的相对差异率作为映射依据, 差异率在 10% 以内设定标度为 1, 差异率在 10%~30% 之间设定为 3, 差异率在 30%~50% 之间设定为 5, 差异率超过 50% 设定为 7 及以上, 并采用中间值 2、4、6、8 进行过渡。例如, 当两方案指标值差异在 10% 以内时设定标度为 1, 差异超过 50% 时设定标度为 5 及以上。该方法消除了传统研究中人为定性打分的随意性, 使得判断矩阵的构建过程具备可复现性、可审计性, 显著提升了 AHP 模型在交通方案评价中的科学性与公信力。

**Table 4.** Judgment matrix  
**表 4.** 判断矩阵

P	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>
A <sub>1</sub>	1	1/3	2	1/2
A <sub>2</sub>	3	1	5	2
A <sub>3</sub>	1/2	1/5	1	1/2
A <sub>4</sub>	2	1/2	2	1

由判断矩阵计算准则层相对于目标层的重要性，计算公式为：

$$w_i = \frac{1}{n} \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{\sum_{k=1}^n a_{kj}} \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

先对判断矩阵进行列归一化处理，再将列归一化后的矩阵按行求和，最后对行和向量进行归一化得到权重向量，计算得各指标权重为： $w_1 = 0.160$ ， $w_2 = 0.488$ ， $w_3 = 0.100$ ， $w_4 = 0.251$ 。

为保证计算过程的透明度与可重复性，将判断矩阵列归一化后，求出每一行的算术平均值，归一化后的判断矩阵如表 5 所示。

**Table 5.** Normalization of judgment matrix  
**表 5.** 判断矩阵归一化

P	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>
A <sub>1</sub>	0.154	0.163	0.200	0.125
A <sub>2</sub>	0.462	0.493	0.500	0.500
A <sub>3</sub>	0.077	0.099	0.100	0.125
A <sub>4</sub>	0.308	0.246	0.200	0.250

得到该判断矩阵的近似权重向量  $w^{(2)} = (0.160, 0.489, 0.1, 0.251)$ 。

### 3.3. 一致性检验

把判断矩阵的每一列元素  $a_{ij}$  乘以相应的权重值后，得出加权后的判断矩阵，结果如表 6 所示。

**Table 6.** Weighted judgment matrix  
**表 6.** 加权后的判断矩阵

A <sub>1</sub> (0.160)	A <sub>2</sub> (0.489)	A <sub>3</sub> (0.1)	A <sub>4</sub> (0.251)
0.025	0.079	0.020	0.031
0.074	0.241	0.050	0.1226
0.012	0.048	0.010	0.031
0.049	0.120	0.020	0.063

当  $n = 4$ ，得出随机一致性指标  $RI^{(2)} = 0.89$ ，根据公式：

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{\sum_{i=1}^n a_{ij} w_j}{w_i} \quad (3)$$

计算矩阵最大特征根为  $\lambda_{\max} = 4.038142$ 。

$$\text{一致性指标为 } CI^{(2)} = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{4.038142 - 4}{3} = 0.012714。$$

则判断矩阵的一致性比率  $CR^{(2)} = \frac{CI}{RI} = \frac{0.012714}{0.89} = 0.014 < 1$ ，故上述结果符合一致性要求。因此，评

价指标行程车速、延误、交叉口排队长度、停车次数各自的权重为  $w^{(2)} = (0.160, 0.489, 0.1, 0.251)$ ，可用于综合评估。

## 4. 方案综合评价

### 4.1. 仿真数据收集

#### 4.1.1. 仿真道路构建

如图 9 所示，仿真道路网包含四个交叉口，横向道路设定为单向交通道路，行驶方向如图所示，单向交通路段长度为 500 m，限速 40 km/h，纵向道路设定为双向交通道路，行驶方向如图所示，为双向六车道，长度均为 300 m，车道宽度为 3.5 m，期望速度为 50 km/h。车辆流入设置在路段 a 进口、路段 b 进口、路段 c 进口、路段 d 进口、路段 e 进口、路段 g 进口、路段 h 进口、路段 i 进口。VISSIM 引入基于用户均衡的路径分配模型，模拟绕行效应，动态监测流量转移并设置绕行敏感度参数，从而评估单向交通对周边 300~500 m 影响区内整体路网服务水平，弥补了局部代替整体的不足。

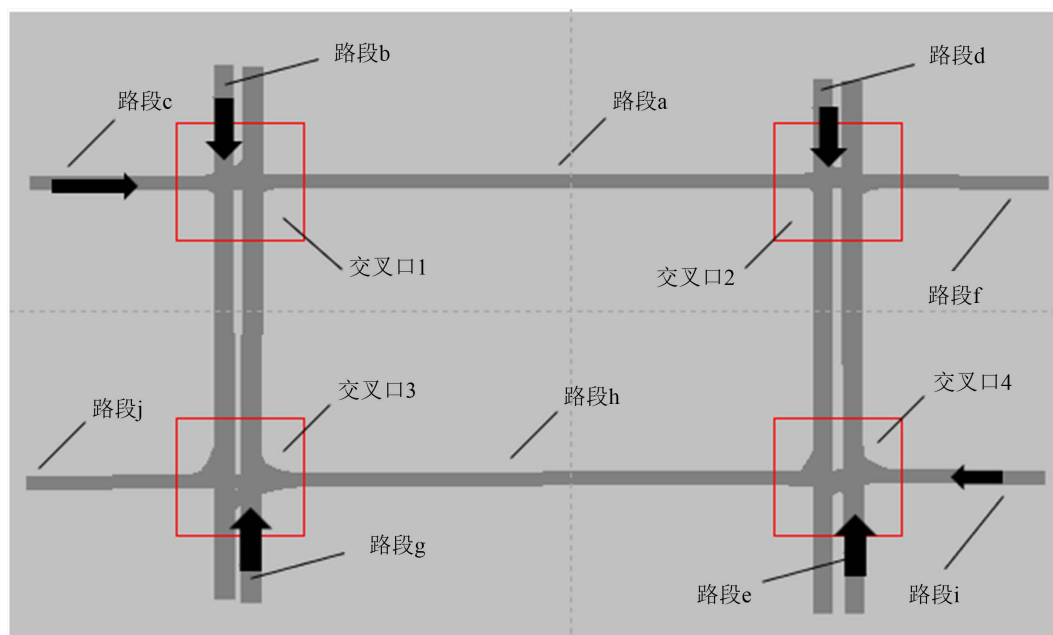


Figure 9. Simulation road network

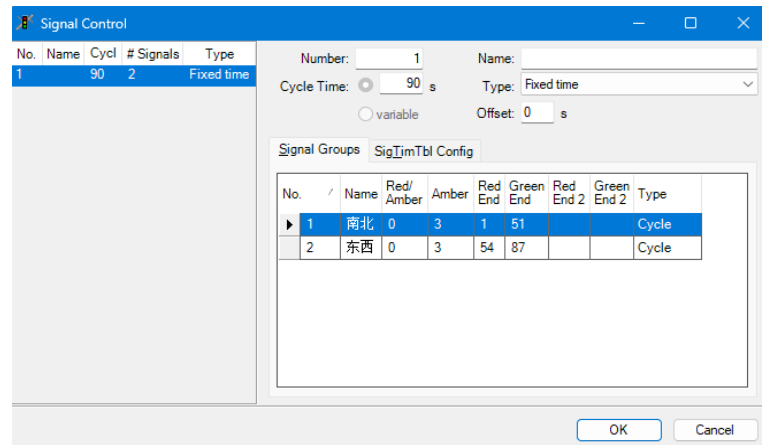
图 9. 仿真道路网

根据主干道、次干道性质及相关标准规范，设定主要道路上单车道交通输入量为 600 pcu/h，次要道路上单车道交通输入量为 400 pcu/h，各路段具体输入交通量及交叉口车辆转向比例见表 7。

**Table 7.** One-way traffic system traffic volume input  
**表 7.** 单向交通系统交通量输入

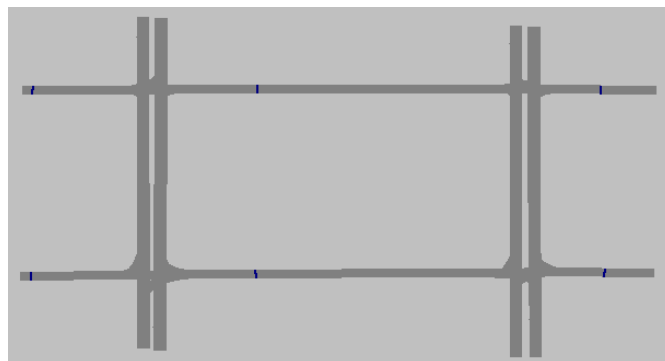
名称	等级	输入量(pcu/h)	左转比例(%)	右转比例(%)
路段 a 进口	次要道路	-	3	8
路段 b 进口	主要道路	1800	6	12
路段 c 进口	次要道路	1200	3	8
路段 d 进口	主要道路	1800	6	12
路段 e 进口	主要道路	1800	6	12
路段 g 进口	主要道路	1800	6	12
路段 h 进口	次要道路	-	3	8
路段 i 进口	次要道路	1200	3	8

根据王炜等人对固定周期信号灯配时方法, 确定交叉口 1 和交叉口 2 的交通信号灯组配时方案设置。得出交叉口信号灯组时长, 结果如图 10 所示。



**Figure 10.** Signal timing settings in simulation  
**图 10.** 仿真信号灯组配时设置

为获取各评价指标统计数据文件, 设置通行时间检测器如图 11 所示。本文计划分析次要道路上不同交通组织方案的影响, 因此通行时间检测器位置如图 12 所示。



**Figure 11.** Detector settings  
**图 11.** 检测器设置

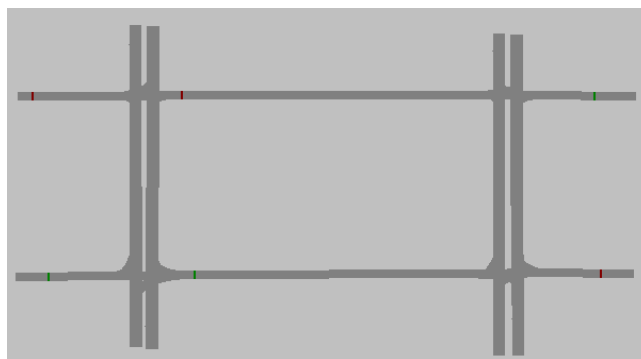


Figure 12. Placement of travel time detectors

图 12. 通行时间检测器设置位置

#### 4.1.2. 单向交通组织设置下道路运行指标

以上文提到的仿真道路设置为基础，调整次要道路上的交通量、车道数、限速值，分别进行仿真，单向四车道仿真道路如图 13 所示。

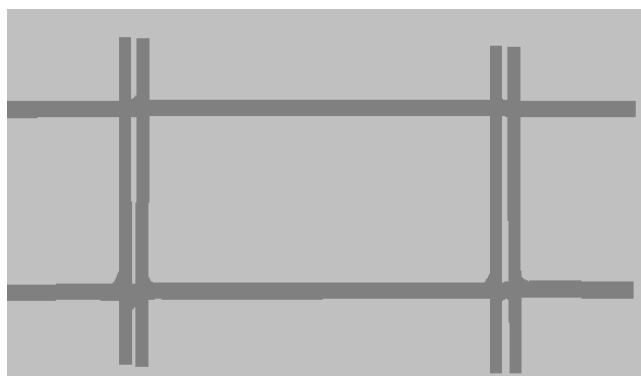


Figure 13. Simulation of four-lane one-way road

图 13. 单向四车道仿真道路

保持图 10 所示的信号灯配时方案不变，仿真结果如表 8 所示。

Table 8. Simulation results of one-way traffic scheme

表 8. 单向交通方案仿真结果

交通量条件 (pcu/h)	车道数	编号	限速值 (km/h)	行驶速度 (km/h)	延误 (s)	交叉口排队长度 (m)	停车次数 (次)
(600, 400)	双车道	1	30	12.5	68.5	45	483
		2	40	14.4	58.2	35	449
		3	50	19.3	41.8	21	283
	四车道	4	30	20	77.1	46	528
		5	40	25	58.5	38	481
		6	50	26.9	49.3	24	378
(700, 500)	双车道	7	30	11.5	72.7	59	602
		8	40	13.5	64.3	54	515
		9	50	18.3	47.3	30	356

续表

(800, 600)	四车道	10	30	19.3	84.3	68	582
		11	40	24.8	76.9	60	418
		12	50	25.2	66.5	45	393
	双车道	13	30	10.8	90.5	73	642
		14	40	13.7	74.3	65	691
		15	50	17.1	63.4	57	501
	四车道	16	30	17.8	87.7	132	642
		17	40	21.7	75.2	90	546
18		50	23.7	61.1	79	470	

#### 4.1.3. 双向交通组织设置下道路运行指标

与单向交通仿真方案类似，将单向道路改为双向双车道如图 14 所示；四车道改为双向四车道仿真道路如图 15 所示。

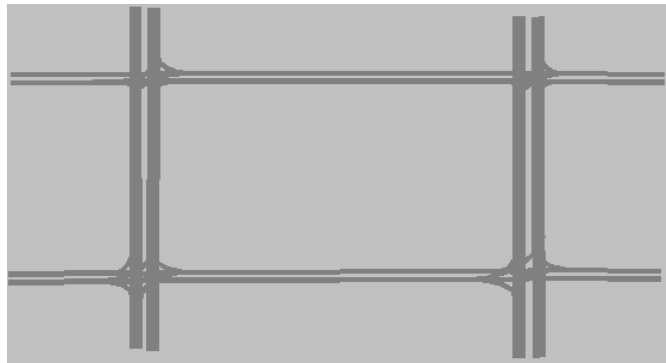


Figure 14. Simulation of two-lane two-way road

图 14. 双向双车道仿真道路

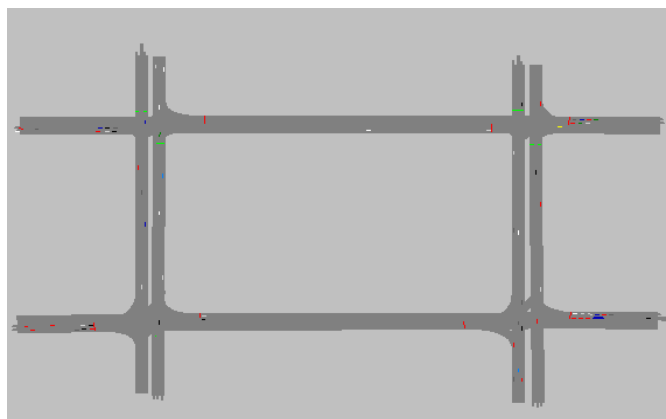


Figure 15. Simulation of four-lane two-way road

图 15. 双向四车道仿真道路

保持图 10 的信号灯配时方案不变，改变道路交通条件，分别进行仿真，仿真结果如表 9 所示，表格中编号指在相同控制条件下，比较单向交通组织与双向交通组织的分组，下同。

**Table 9.** Simulation results of two-way traffic scheme  
**表 9.** 双向交通方案仿真结果

交通量条件 (pcu/h)	车道数	编号	限速值(km/h)	行驶速度 (km/h)	延误(s)	交叉口排队 长度(m)	停车次数(次)
(600, 400)	双车道	1	30	13.3	89.6	97	519
		2	40	16.4	69.6	71	483
		3	50	19.1	63.8	62	412
	四车道	4	30	15.1	69.2	41	456
		5	40	18.4	58.7	32	365
		6	50	23.7	43.4	20	256
(700, 500)	双车道	7	30	10.2	94.6	132	623
		8	40	13.6	82.1	115	531
		9	50	16.9	75.3	99	442
	四车道	10	30	14.5	77.1	56	514
		11	40	17.5	65.8	45	435
		12	50	22.3	52.3	33	380
(800, 600)	双车道	13	30	9.8	103.5	144	698
		14	40	12.3	95.6	135	583
		15	50	14.6	87.3	119	488
	四车道	16	30	13.8	75.9	63	607
		17	40	16.1	73.8	48	448
		18	50	20.2	56.3	39	363

## 4.2. 评价过程

### 4.2.1. 具体算例

结合在单车道交通输入量为(600, 400)、双车道、限速值为 30 km/h 条件下仿真结果, 即如表 10 所示编号 1 组合下各项道路运行指标值。

**Table 10.** Evaluation indicators under Group 1  
**表 10.** 组别 1 下各评价指标

	行驶速度(km/h)	延误(s)	交叉口平均排队长度(m)	停车次数
单向交通组织	12.5	68.5	45	483
双向交通组织	13.1	89.6	97	518

考虑单向交通组织和双向交通组织对准则层中四个因素的影响, 建立仿真性能指标与 AHP 1-9 标度值的客观映射规则: 对于行程车速、行驶速度等正指标, 标度值 = 较优方案指标值/较劣方案指标值; 对于延误、交叉口排队长度、停车次数等负指标, 标度值 = 较劣方案指标值/较优方案指标值, 若计算结果超出 9 则取 9, 低于 1 则取其倒数。根据该规则对单、双向交通组织的各指标进行两两比较, 构造出(A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>)四个判断矩阵。

$$A_1 = \begin{bmatrix} 1 & 1/2 \\ 2 & 1 \end{bmatrix}, A_2 = \begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 1/3 & 1 \end{bmatrix}, A_3 = \begin{bmatrix} 1 & 4 \\ 1/4 & 1 \end{bmatrix}, A_4 = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$$

用求和法求出各方案对每一准则的权向量，结果如表 11 所示。

**Table 11.** Results of weight vector calculation

**表 11.** 权向量计算结果

$k$	1	2	3	4
$w_k^{(3)}$	0.833	0.750	0.833	0.500
	0.167	0.250	0.167	0.500

由于判断矩阵为二阶正互反矩阵，具有一致性，RI 值为 0，结果有效  
则根据方案层对目标层的组合权向量计算公式：

$$w^{(3)} = W^{(3)}w^{(2)}$$

其中， $W^{(3)} = \begin{bmatrix} 0.833 & 0.750 & 0.833 & 0.500 \\ 0.167 & 0.250 & 0.167 & 0.500 \end{bmatrix}$ ， $w^{(2)} = (0.160, 0.489, 0.1, 0.251)$ 。

计算得  $w^{(3)} = (0.626, 0.374)$ 。

同样，由于随机一致性指标  $RI=0$ ，各判断矩阵均具有一致性，不需要对判断矩阵进行修改，整个层次  
的比较判断也满足一致性要求。因此， $w^{(3)} = (0.626, 0.374)$ 可作为最终决策依据，即在编号 1 的条件下  
单向交通组织方案更具有优越性，可做出决策。

#### 4.2.2. 评价结果

结合仿真结果，构建其余各组对应的判断矩阵，并计算其组合权向量，结果如表 12 所示。

**Table 12.** Results of the remaining combined weight vectors

**表 12.** 其余组合权向量结果

编号	$W_1^{(3)}$	$W_2^{(3)}$	$W_3^{(3)}$	$W_4^{(3)}$	$W^{(3)}$
1	0.200	0.800	0.800	0.667	(0.671, 0.329)
	0.800	0.200	0.200	0.333	
2	0.500	0.750	0.800	0.750	(0.715, 0.285)
	0.500	0.250	0.200	0.250	
3	0.800	0.250	0.667	0.250	(0.380, 0.620)
	0.200	0.750	0.333	0.750	
4	0.750	0.250	0.333	0.200	(0.326, 0.674)
	0.250	0.750	0.667	0.800	
5	0.750	0.250	0.333	0.250	(0.338, 0.662)
	0.250	0.750	0.667	0.750	
6	0.667	0.800	0.833	0.500	(0.707, 0.293)
	0.333	0.200	0.167	0.500	
7	0.333	0.750	0.800	0.667	(0.667, 0.333)
	0.667	0.250	0.200	0.333	
8	0.750	0.800	0.800	0.750	(0.779, 0.221)
	0.250	0.200	0.200	0.250	
9	0.833	0.200	0.250	0.250	(0.167, 0.833)
	0.167	0.800	0.750	0.750	

续表

10	0.800	0.250	0.250	0.667	(0.443, 0.557)
	0.200	0.750	0.750	0.333	
11	0.750	0.250	0.200	0.500	(0.388, 0.612)
	0.250	0.750	0.800	0.500	
12	0.500	0.751	0.800	0.667	(0.695, 0.305)
	0.500	0.249	0.200	0.333	
13	0.667	0.751	0.800	0.200	(0.604, 0.396)
	0.333	0.249	0.200	0.800	
14	0.800	0.751	0.800	0.333	(0.659, 0.341)
	0.200	0.249	0.200	0.667	
15	0.833	0.200	0.167	0.333	(0.331, 0.669)
	0.167	0.800	0.833	0.667	
16	0.800	0.333	0.250	0.250	(0.379, 0.621)
	0.200	0.667	0.750	0.750	
17	0.667	0.750	0.200	0.167	(0.535, 0.465)
	0.333	0.250	0.800	0.833	

基于各组别组合权向量计算的结果, 首先开展权重差异显著性分析, 当单向交通组织权重值与双向交通组织权重值的差值  $\geq 0.1$  时, 判定为该条件下单向交通(或双向交通)具有显著优势; 差值  $< 0.1$  时, 判定为两种方案无显著差异。同时对准则层各指标权重进行敏感性分析, 依次将各指标权重  $\pm 20\%$ , 验证组合权重结果的稳定性。根据显著性分析与敏感性分析结果, 做出方案层的决策, 即决定选择单向交通组织还是双向交通组织, 结果如表 13 所示。

Table 13. Decision results

表 13. 决策结果

交通量条件	车道数	编号	限速值	选择方案
(600, 400)	双车道	1	30	单向交通
		2	40	单向交通
		3	50	单向交通
	四车道	4	30	双向交通
		5	40	双向交通
		6	50	双向交通
(700, 500)	双车道	7	30	单向交通
		8	40	单向交通
		9	50	单向交通
	四车道	10	30	双向交通
		11	40	双向交通
		12	50	双向交通

续表

(800, 600)	双车道	13	30	单向交通
		14	40	单向交通
		15	50	单向交通
	四车道	16	30	双向交通
		17	40	双向交通
		18	50	单向交通

## 5. 结语

### 5.1. 论文主要研究成果

(1) 对单行道及单向交通网络进行分析,总结了单向交通组织的优缺点,其中在路网层面上车辆绕行是一重要考虑因素。确定了影响单向交通道路通行能力的因素如道路条件、交通条件、管制条件,确定了在设置单向交通组织时需着重考虑的条件,即车道数、限速值、交通量。

(2) 通过层次分析法建立了综合评价模型,在考虑评价指标的选取原则和总结前人文献的基础上确定了准则层因素,即评价指标,利用交通仿真软件 VISSIM 构建仿真道路并通过软件输出项获取道路运行指标,将仿真结果用于层次分析法中各层的比较,建立判断矩阵,最终得出优选的交通组织方式。

### 5.2. 不足与研究展望

(1) 没有进行实地调查,缺少真实的路网数据,如果通过真实路网数据通过 TRANSCAD 建立进行 OD 反推,在此基础上通过 VISSIM 对路网进行仿真应能得到更为充分且有说服力的结论;

(2) 车辆绕行是路网设置单向交通的重要因素。虽然本文在仿真实验中初步探讨了局部绕行对指标映射的影响,但尚未建立完整的全域绕行能耗与碳排放模型。未来研究可进一步结合大规模路网 OD 数据,深入剖析长距离绕行对城市路网稳定性的负面反馈。

(3) 本文得出的是一种用于评价的方法,但对于该方法对其他的研究方案是否适用,没有进行更深一步的研究。

## 基金项目

南京工业大学青年教师科研启动基金项目(3827400205),南京工业大学大学生创新创业训练计划项目(X2026102911607)。

## 参考文献

- [1] 刘家军. 城市道路单向交通组织有效性研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 西南交通大学, 2013.
- [2] Fan, J., Gao, K., Xing, Y. and Lu, J. (2019) Evaluating the Effects of One-Way Traffic Management on Different Vehicle Exhaust Emissions Using an Integrated Approach. *Journal of Advanced Transportation*, **2019**, Article ID: 6248796. <https://doi.org/10.1155/2019/6248796>
- [3] 刘海峰. 考虑出行者适应过程的单行交通组织评价方法[J]. 中国市政工程, 2022(1): 76-80.
- [4] 梁小文, 严芳芳, 胡耀龙. 城市商业街单向交通组织研究[J]. 公路与汽运, 2017(6): 34-37.
- [5] Sun, S., Wang, Y., Yang, L., Wang, Y., Yu, Q. and Liu, Y. (2022) Mining Urban Sustainability: Vehicle Emission Changes on Traffic Corridor by One-Way Traffic Conversion. *Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems*, **148**, Article ID: 05022002. <https://doi.org/10.1061/jtepbs.0000662>
- [6] 廖婧仪, 贾顺平. 考虑非机动车流影响的微循环路网组织优化[J]. 科学技术与工程, 2022, 22(28): 12605-12611.
- [7] 程俊龙. 单向交通对交叉口交通安全影响分析[J]. 公路交通技术, 2014(1): 126-130.

- [8] 王羽尘, 刘宇航, 白莹佳. 基于数据包络分析的单向交通网络运行效率评价[J]. 交通运输研究, 2019, 5(4): 89-96.
- [9] 迟佰强. 考虑单向交通的城市道路网通行能力模型研究[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2022.
- [10] 王晶, 朱军功. 大城市单向交通组织适应性研究——以重庆市主城区为例[J]. 城市公共交通, 2016(6): 30-33.
- [11] Karimi, H., Ghadirifaraz, B., Shetab Boushehri, S.N., Hosseininassab, S. and Rafiei, N. (2021) Reducing Traffic Congestion and Increasing Sustainability in Special Urban Areas through One-Way Traffic Reconfiguration. *Transportation*, **49**, 37-60. <https://doi.org/10.1007/s11116-020-10162-4>
- [12] Peng, Z., Guan, F., Wang, K., Li, T. and Yao, B. (2016) Simulation-Optimization Model for One-Way Traffic Reconfiguration. *Simulation*, **92**, 627-635. <https://doi.org/10.1177/0037549715621400>
- [13] Zhu, T., Deng, M., Gong, Y. and Huang, X. (2020) Research and Evaluation of One-Way Traffic Setting Method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, **787**, Article ID: 012029. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/787/1/012029>
- [14] Zhang, J., Zhang, X., Yang, Y. and Zhou, B. (2020) Study on the Influence of One-Way Street Optimization Design on Traffic Operation System. *Measurement and Control*, **53**, 1107-1115. <https://doi.org/10.1177/0020294020932366>
- [15] 曹文娟. 考虑弹性需求交通分配的城市办公区单向交通组织优化研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2020.
- [16] 蒋阳升, 王逸, 赵斌, 等. 基于单向交通组织的城市交通微循环网络优化设计[J]. 综合运输, 2019, 41(1): 65-70.
- [17] 张征. 面向功能的支路设计与单向交通组织评价[D]: [硕士学位论文]. 郑州: 郑州大学, 2016.
- [18] 史峰, 黄恩厚, 陈群, 等. 城市微循环交通网络中单行交通组织优化[J]. 交通运输系统工程与信息, 2009, 9(4): 30-35.
- [19] 马晓东. 天津市和平区单向交通组织优化研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国人民公安大学, 2018.
- [20] 李佳桐. 老城区微循环路网的单向交通组织优化研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2017.
- [21] 韩敏. 苏州古城区交通网络微循环体系构建与策略研究[D]: [硕士学位论文]. 苏州: 苏州科技大学, 2017.
- [22] 卓亚娟, 王元庆. VISSIM 仿真在单向交通组织方案比选与评价中的应用[J]. 城市交通, 2016, 14(1): 72-79.
- [23] 晏克非. 单向交通的基本原理[J]. 交通与运输, 1996, 12(3): 7-8.
- [24] 唐大勇. 单向交通方案设计 & TransCAD 软件的应用[D]: [硕士学位论文]. 西安: 长安大学, 2013.
- [25] 王崇明. 单向交通特性的分析研究[J]. 河南机电高等专科学校学报, 2011, 19(5): 28-30.