

4-16-2020

Multi-objective Signal Timing Optimal Model for Rural-urban Fringe Area Intersection

Xiaoyu Zhang

Key Laboratory of Transport Industry of Big Data Application Technologies for Comprehensive Transport, Ministry of Transport, PRC, Beijing 100044, China;

Chunfu Shao

Key Laboratory of Transport Industry of Big Data Application Technologies for Comprehensive Transport, Ministry of Transport, PRC, Beijing 100044, China;

Follow this and additional works at: <https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal>



Part of the [Artificial Intelligence and Robotics Commons](#), [Computer Engineering Commons](#), [Numerical Analysis and Scientific Computing Commons](#), [Operations Research, Systems Engineering and Industrial Engineering Commons](#), and the [Systems Science Commons](#)

This Paper is brought to you for free and open access by Journal of System Simulation. It has been accepted for inclusion in Journal of System Simulation by an authorized editor of Journal of System Simulation.

Multi-objective Signal Timing Optimal Model for Rural-urban Fringe Area Intersection

Abstract

Abstract: With the acceleration of the urbanization process in our country, the road traffic problems in the urban-rural fringe area are becoming serious. In order to improve the traffic efficiency, environmental benefits and traffic safety, *a multi-objective optimal model for signal timing is established under the comprehensive consideration of several factors, such as the delay, capacity, number of stops and vehicle emissions*. The genetic algorithm is used to solve the problem. *A typical intersection is taken as the example for the analysis and the improved design schemes can be achieved and evaluated by the road traffic simulation*. The results indicate that the multi-objective optimization is effective in the traffic signal control, *which can reduce the traffic congestion and pollutant emissions*.

Keywords

urban-rural fringe, intersection, signal timing, vehicle emission, multi-objective optimization

Recommended Citation

Zhang Xiaoyu, Shao Chunfu. Multi-objective Signal Timing Optimal Model for Rural-urban Fringe Area Intersection[J]. Journal of System Simulation, 2020, 32(4): 709-717.

城乡结合部道路交叉口多目标信号配时优化模型

张小雨, 邵春福*

(北京交通大学综合交通运输大数据应用技术交通运输行业重点实验室, 北京 100044)

摘要: 随着我国城镇化进程的加快, 城乡结合部道路交通问题日益显著。为提高城乡结合部道路交叉口的交通运行效率、环境效益和交通安全, 提出信号配时多目标优化方法, 综合考虑延误、通行能力、停车次数、车辆尾气排放等因素构建模型, 运用遗传算法进行求解。以某典型交叉口为例进行分析, 给出改进设计方案并进行交通仿真评价。研究表明, 通过多目标信号配时优化可以缓解城乡结合部道路交叉口交通拥堵和污染物排放的问题, 具有较好的交通信号控制效果。

关键词: 城乡结合部; 道路交叉口; 信号配时; 车辆排放; 多目标优化

中图分类号: U491

文献标识码: A

文章编号: 1004-731X (2020) 04-0709-09

DOI: 10.16182/j.issn1004731x.joss.18-0392

Multi-objective Signal Timing Optimal Model for Rural-urban Fringe Area Intersection

Zhang Xiaoyu, Shao Chunfu*

(Key Laboratory of Transport Industry of Big Data Application Technologies for Comprehensive Transport, Ministry of Transport, PRC, Beijing 100044, China)

Abstract: With the acceleration of the urbanization process in our country, the road traffic problems in the urban-rural fringe area are becoming serious. In order to improve the traffic efficiency, environmental benefits and traffic safety, a multi-objective optimal model for signal timing is established under the comprehensive consideration of several factors, such as the delay, capacity, number of stops and vehicle emissions. The genetic algorithm is used to solve the problem. A typical intersection is taken as the example for the analysis and the improved design schemes can be achieved and evaluated by the road traffic simulation. The results indicate that the multi-objective optimization is effective in the traffic signal control, which can reduce the traffic congestion and pollutant emissions.

Keywords: urban-rural fringe; intersection; signal timing; vehicle emission; multi-objective optimization

引言

随着我国经济的迅速增长, 城镇化发展水平不断加快。到 2017 年底, 我国城镇化率为 58.52%, 较 2006 年上升约 14%。城镇化步伐的加快导致经

济社会活动逐渐向城市周边拓展, 城市建成区范围不断扩大, 从而形成城乡结合部这一过渡地带。城市的快速发展与乡村发展的滞后、交通组成的差异及部门管理之间的衔接等导致道路交通问题在城乡结合部尤为显著。加之我国城乡结合部道路及交叉口与城市道路及交叉口的设计标准存在差异, 使得城乡结合部道路交叉口的通行能力不能满足新的需求。因此, 对道路交叉口的时空资源进行优化设计, 提升其服务水平和通行效率具有现实意义。



收稿日期: 2018-06-21 修回日期: 2019-06-24;
基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金 (2018YJS077, 2017JBZ106);
作者简介: 张小雨(1995-), 女, 山西, 博士生, 研究方向为交通运输规划与管理; 邵春福(1957-), 男, 河北, 博士, 教授, 研究方向为交通运输规划与管理。

<http://www.china-simulation.com>

在道路交通信号控制方面,国外有许多先进的成果^[1]。而由于国情不同,特别是最近十几年,西欧以及北美的高度城市化使其对于城乡结合部的研究缺乏现实条件。此外,我国的交通流组成情况和国外存在差异,国外的传统信号配时计算方法是否适用于我国当前的交通现状需要进一步讨论^[2]。国内对于城乡结合部交通特征、交通问题、道路交通安全、交通标志设置优化、道路出入口布设、道路线形优化等均有研究,对城乡结合部交通设计也提出了一些理论方法,但将城乡结合部交通特征与交叉口时空设计相结合的研究较少^[3]。

1 城乡结合部道路交通现状分析

1.1 城乡结合部道路交通特征

城乡结合部的交通是指城乡结合部与城市中心区及其与郊区或周边市、县的交通。根据交通流起讫点和行车轨迹的不同,城乡结合部的交通可以分为过境交通、出入交通和区内交通^[4]。本文首先对城乡结合部道路交通特征进行深入研究,为后续模型构建提供依据,具体如下:

(1) 城乡结合部是城市客货运输车辆到达城市内外的交通干道,时间分布相对分散,与中心城区相比,呈现出早高峰滞后、晚高峰提前特点;交通流的主流向早上为入城方向,下午为出城方向,具有显著不均衡性。

(2) 独特的区位特征导致其土地利用较为松散、建设布局缺乏条理性、市政基础设施较为落后、交通管理薄弱,交通问题凸显,交通运行情况复杂。

(3) 交通强度与城市辐射水平呈现负相关特征。辐射客流强度在近距离范围内可以用负指数曲线来描述,且呈现出渐变性的特点,公式为:

$$F(x) = F_0 e^{-x(a+bx)}$$

式中: $F(x)$ 为中心城区对外辐射客流强度; x 为城乡结合部与中心城区的距离; a , b 为回归系数; F_0 为中心城区客流强度。

(4) 与中心城区越近,城乡结合部车速下降越明显。径向交通越靠近中心城区,横向和径向交通干扰越大,车速越低。由于城乡衔接处道路等级变化较大,有时会呈现出跳跃式的变化。道路等级的突变造成了城乡结合部车速的离散分布。

(5) 过境大型车多,其较慢的启动速度使得交叉口运行效率受到影响。此外,大型车燃料以柴油为主,尾气排放造成的环境污染较城市内部更为严重。

(6) 道路交叉口渠化方式和信号配时较为简单,随着城镇化步伐的加快,车辆构成和交通需求特性的变化使得城乡结合部道路交叉口的通行能力不能满足日益增长且趋于多样的交通需求。

1.2 现状调查

本文以某市城区北部的城乡结合部道路交叉口为例进行研究。该交叉口承担了大量过境交通,装载石油、汽车及零部件等货物的大货车从西边经北外环向北通行。大货车的集聚使得该交叉口交通拥堵严重,由西向北的交通无法顺畅运行,使得尾气排放量进一步加大,对空气质量造成了严重影响。本文首先对该交叉口进行了实地调研和交通调查,其现状平面图、高峰时段流量流向图和现状信号配时如图 1~3 所示。

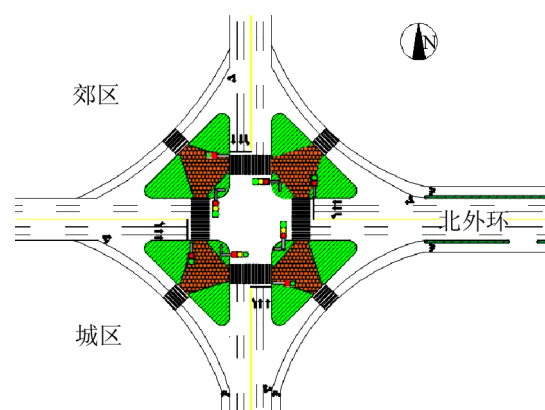


图 1 交叉口现状平面图
Fig. 1 Plan of intersection

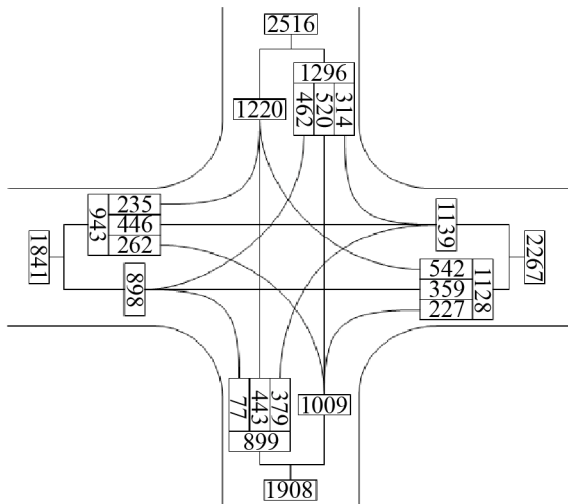


图 2 高峰时段流量流向图(单位: Veh/h)

Fig. 2 Traffic flow diagram in peak hours (Veh/h)

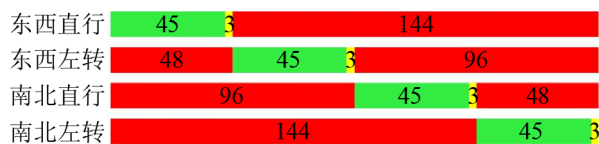


图 3 交叉口现状配时图

Fig. 3 Signal timing diagram of the intersection

经过实地调研和数据分析, 该交叉口主要存在问题如下:

(1) 西进口左转车道上大型车多, 比例高达 73%, 部分车辆甚至会排到直行车道上, 影响直行车辆的行驶; 此外, 大型车起动较慢, 在 45 s 的绿灯时间内不能完全清空。

(2) 其他进口右转车多, 直右车道饱和度大, 且直行大型车排队较长影响提前右转。在有非机动车道的东进口, 机动车右转时会占用非机动车道。

(3) 信号周期长达 192 s, 车辆平均延误较大。

(4) 南进口人行横道信号灯与东西方向左转信号一致, 导致行人会与东进口左转车辆产生冲突。

传统信号配时方法(如 Webster 方法、ARRB 方法、HCM 方法、Synchro 软件优化等)优化目标较为单一, 且侧重点多集中在交叉口运行效率的提升, 而城乡结合部由于大型车排放量大, 空气质量较差, 环境效益亦需引起重视。此外, 城乡结合部道路交叉口的交通组成与中心城区存在差异, 其大型车率远高于中心城区, 沿用中心城区的信号配时

方法不足以满足城乡结合部的交通需求, 需要提出更适用于城乡结合部交通现状的信号配时方法。

2 多目标信号配时优化模型

城乡结合部道路交叉口成为城市区域内部及对外联系的瓶颈, 交通拥堵较为严重, 故将交叉口延误、通行能力、停车次数作为优化目标^[5]。此外, 因大型车较多, 其尾气排放会对交通环境和空气质量造成一定程度的影响, 故需要将排放考虑在内^[6]; 因大型车多以柴油作为燃料, 其产生的污染物及排放总量与小客车存在差异, 故将汽油车排放和柴油车排放分别作为信号配时优化的两个目标。综合考虑以上 5 个目标, 建立多目标信号配时优化模型。

2.1 多目标优化模型构建

2.1.1 目标函数

基于延误、通行能力、停车次数、汽油车排放及柴油车排放等 5 个目标建立多目标规划模型, 目标函数如式(1)所示。

$$f(g_i) = \min(D, -CAP, H, E, PM) \quad (1)$$

式中: D 为总延误(s); CAP 为通行能力(pcu); H 为停车次数; E 为汽油车排放量(g); PM 为柴油车排放量(g)。

(1) 延误

考虑超饱和状态下的延误计算, 选取 ARRB 方法的延误模型。

各车道延误为:

$$d = \frac{qC(1-\lambda)^2}{2(1-y)} + N_0x \quad (2)$$

$$N_0 = 0.67 + \frac{Sg}{600} \quad (3)$$

将其表示为各相位有效绿灯时间的函数, 则

$$d = \frac{qC(1-g/C)^2}{2(1-q/S)} + \left(0.67 + \frac{Sg}{600}\right)x \quad (4)$$

式中: d 为各车道延误(s); q 为到达交通量(pcu/h); g 为有效绿灯时间(s); S 为饱和流率(pcu/h); C 为周期长度(s); x 为饱和度。

各进口道的平均信号控制延误是通过对各车道延误加权平均进行估算；整个交叉口的平均信号控制延误按该交叉口中各进口道延误的加权数估算。

(2) 通行能力

该模型将通行能力的相反数作为优化目标之一。信号交叉口的通行能力分别按照交叉口各进口道估算，一个方向进口道的通行能力是该进口道各车道通行能力之和；一条进口车道的通行能力是在该车道饱和和流率的基础上乘以其所属信号相位的绿信比，如式(5)所示：

$$CAP = \sum_i CAP_i = \sum_i S_i \lambda_i = \sum_i S_i \left(\frac{g}{C} \right)_i \quad (5)$$

式中： CAP_i 为第 i 条进口车道的通行能力(pcu/h)； S_i 为第 i 条进口车道的饱和和流率(pcu/h)； λ_i 为第 i 条进口车道所属信号相位的绿信比。

(3) 停车次数

利用 ARRB 法停车率模型进行停车率计算，并将其表示为以各相位有效绿灯时间为自变量的函数，如式(6)所示：

$$h = 0.9 \left(\frac{1 - g/C}{1 - q/S} + \frac{N_0}{qC} \right) \quad (6)$$

将各进口车道停车率与交通量相乘即可得到该交叉口的停车次数。

(4) 汽油车排放

汽油车的 HC, CO, NO_x 的排放分担率较高，故本文将这 3 种污染物的排放总量作为汽油车的排放量。

程紫润等提出将信号交叉口污染物排放量分为由于正常行驶产生的排放量和因车辆延误所引起的附加排放量，并给出了附加排放量的测算方法^[7]；周申培根据程紫润所提出的方法，将交叉口污染物的排放量分为路段行车排放和交叉口怠速排放^[8]，排放量计算如式(7)所示：

$$E = \sum_j (EF^{PCU} \times q_j \times L_j) + \frac{1}{3600} \sum_j (EFI^{PCU} \times q_j \times D_j) \quad (7)$$

式中： E 为交叉口总排放量(g)； j 为交叉口进口路段； q_j 为路段 j 的交通流量(pcu)； L_j 为 j 进口道的路段长度(m)； D_j 为交叉口车均延误(s/pcu)； EF^{PCU} 为车辆单位排放因子(g/pcu/km)； EFI^{PCU} 为车辆单位怠速排放因子(g/pcu/h)。

式(7)中的排放因子指单辆机动车运行单位里程或单位时间产生的污染物排放总量。参考南京市机动车污染物的排放数据，得到小型车和中型车污染物排放因子的统计结果，如表 1~2 所示。

表 1 机动车不同速度污染物排放因子

平均速度 (km/h)	小型车			中型车		
	HC	CO	NO _x	HC	CO	NO _x
10	12.37	122.93	2.1	26.21	118.65	5.33
20	7.58	76.97	1.88	15.8	76.2	4.79
30	5.92	61.65	1.81	12.3	62.05	4.61
40	4.57	44.72	1.86	9.71	46.22	4.59
50	3.72	33.56	1.9	8.1	35.71	4.61
60	3.15	26.1	1.93	7.03	28.69	4.62
70	2.74	20.77	1.95	6.26	23.67	4.63

表 2 机动车污染物怠速排放因子

污染物	小型车	中型车
HC	60.48	138.57
CO	647.38	610.85
NO _x	6.8	17.3

(5) 柴油车排放

城乡结合部道路交叉口大型车率较高，大型车排放的污染物主要为 PM，本文主要研究 PM_{2.5} 的排放。肖裕龙给出了大型车 PM_{2.5} 的行车排放因子为 1.25 g/(pcu·km)，怠速排放因子是其 1.2 倍^[9]。李修刚和杨晓光给出的 MOBILE 5 模式在 (2.5/6.214) km/h 时包含的怠速排放时间最多，故可知大型车的怠速排放因子为 3.73 g/(pcu·h)^[10]。通过式(7)可计算得到柴油车的排放量。

2.1.2 约束条件

(1) 信号周期时长

交叉口信号周期过短或者过长，都会对整个交

路网的运行产生负面影响,同时会导致一定的安全隐患^[11]。因而需要设定合理的交叉口周期时长范围,限定交叉口交通信号控制下最短周期和最长周期。信号周期的约束条件如式(8)所示:

$$C_{\min} \leq C \leq C_{\max} \quad (8)$$

式中: C_{\min} 为交叉口最短周期(s); C_{\max} 为交叉口最长周期(s)。

城乡结合部道路车辆混行严重,根据实际情况,将周期范围设定在 120~170 s 之间。

(2) 绿灯时间

在进行信号配时时,必须保证各方向行人能够安全过街,因而绿灯时长应大于最小绿灯时间;随着绿灯时间的增加,周期时长也会增加,故绿灯时间也有一个最长的限制。绿灯时间的约束条件如式(9)所示:

$$g_{\min} \leq g \leq g_{\max} \quad (9)$$

式中: g_{\min} 为最小绿灯时间(s); g_{\max} 为最大绿灯时间(s)。

考虑行人过街的安全性,最小绿灯时间如式(10)所示:

$$g_{\min} = 7 + L_p / V_p - I \quad (10)$$

式中: L_p 为行人过街道长度(m); V_p 为行人过街步速,取 1.0~1.2 m/s; I 为绿灯间隔时间(s)。

因而,东、西、南、北进口行人过街所需最小绿灯时间分别为 26 s, 21 s, 26 s, 26 s。

《道路交通管理与控制》中指出最大绿灯时间一般为 30~60 s^[12], 本文设置为 60 s。

(3) 饱和度

饱和度为实际到达交通量与通行能力之比,如式(11)所示:

$$x_i = \frac{q_i}{CAP_i} = \frac{q_i}{S_i(g_i / C)} = \frac{y_i}{g_i / C} \quad (11)$$

若交叉口饱和度过小,则其通行能力远大于交通需求,交叉口交通流运行较为顺畅,交通组织比较容易,对交叉口信号配时采用多目标规划模型的意义不大,且复杂的模型容易无谓增加车辆延误和停车次数,造成资源的浪费;若交叉口饱和度过大,

交叉口的机动车运行状态容易受到随机因素的干扰,其状态不稳定,容易向过饱和状态转化^[13-16]。

基于上述分析,交叉口的饱和度设定在 0.7~0.9 之间。

综上所述,本文构建了多目标信号配时优化模型,如式(12)所示:

$$f(g_i) = \min(D, -CAP, H, E, PM) \quad (12)$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} 120 \leq C \leq 170 \\ g_{\min} \leq g \leq 60 \\ 0.7 \leq \frac{y_i}{g_i / C} < 0.9 \end{cases}$$

2.2 算法设计

2.2.1 多目标归一化处理

因各优化目标量纲不同,需要对其进行归一化处理。假设目标 $G_i(i=1, 2, 3, 4, 5)$ 的隶属度函数如式(13)所示:

$$s_i = \begin{cases} 0 & G_i \leq G_{i\min} \\ \frac{G_i - G_{i\min}}{G_{i\max} - G_{i\min}} & G_{i\min} \leq G_i \leq G_{i\max} \\ 1 & G_i \geq G_{i\max} \end{cases} \quad (13)$$

采用遗传算法求得目标 G_i 在约束条件下的最小值 $G_{i\min}$ 和最大值 $G_{i\max}$ 。通过对各目标的隶属度函数等权相加,将目标函数转化成式(14)所示形式,并设计遗传算法进行求解。

$$f(g_i) = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 s_i \quad (14)$$

2.2.2 求解过程

遗传算法是一种借鉴生物进化规律的全局寻优搜索算法。通过模拟达尔文生物进化论中适者生存、优胜劣汰的自然选择过程,得到适应度高的个体;通过模拟生物体的遗传过程,演化若干代得近似最优解。

根据研究对象所具备的特点,首先采用一维实数组对各相位的有效绿灯时间进行编码,作为算法的表现型,从而确定相应的配时方案。设编码长度为 m , 其中 m 表示交叉口信号灯总相位数。之后将实数转换为二进制代码,作为算法的基因型。每个染色体都可找到一组配时方案 $\{g_1, g_2, \dots, g_m\}$ 与

之相对应。

使用 Matlab 遗传算法工具箱进行求解，其优化目标是求适应度函数的最小值，故无需对目标函数进行变换。适应度函数如式(15)所示：

$$Fit(f(t)) = f(g_i) \quad (15)$$

遗传算子的设计主要包括选择、交叉和变异这 3 个步骤，本文的选择算子设定为随机竞争法，交叉算子设定为算术交叉算子，变异算子设定为自适应算子。将初始种群设置为 50，取交叉概率为 0.8，变异概率为 0.01。终止条件有 3 种情况：演化代数达到 300 代；或连续 50 代个体适应度无明显变化；或其适应度函数值平均变化小于 10^{-6} 。

3 实例分析

本文给出了 2 个交叉口时空设计方案，即方案 A 和方案 B。

方案 A：不改变交叉口的几何条件，对现状交叉口进行信号配时优化。

因西进口大型车率明显高于其他各进口，故将西进口单独设置一个相位，4 个相位分别为：东进口直行左转、西进口直行左转、南北直行、南北左转。运用 Matlab 遗传算法工具箱计算现有道路交通条件下的信号配时，其计算收敛过程如图 4 所示，得到该交叉口现状条件下的信号配时结果如表 3 所示。

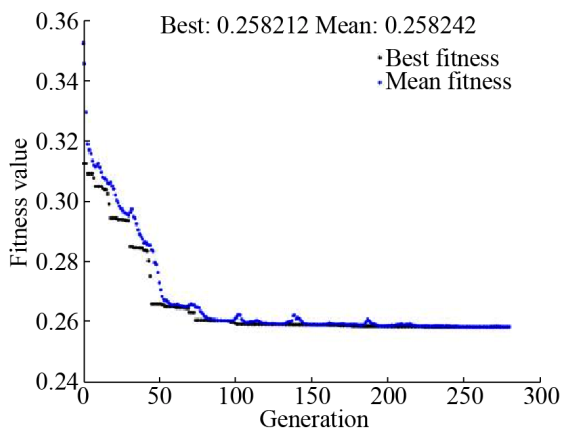


图 4 遗传算法收敛过程
Fig. 4 Convergence process of genetic algorithm

表 3 多目标优化相位相序表

Tab. 3 Multi-objective optimization signal timing table

相位	方向	绿灯时	黄灯时	全红时
		长/s	长/s	长/s
第 1 相位	东进口直行左转	29	3	0
第 2 相位	西进口直行左转	35	3	5
第 3 相位	南北直行	29	3	0
第 4 相位	南北左转	30	3	0

将表 3 所示信号配时输入 VISSIM 仿真软件中进行评价，得到交叉口的饱和度为 1.23，交叉口服务水平为 F，未得到明显改善。故在现有道路建设条件下，用多目标规划信号配时模型无法解决该交叉口的拥堵问题。

方案 B：在仅调整信号配时无法缓解交通拥堵时，对交叉口进行时空组合优化。

(1) 渠化设计

针对西进口左转交通量大，大型车率高达 73% 造成交通流运行不顺畅的问题，采取中心线偏移的方式增加 1 条左转车道，中心线偏移长度为 100 m，渐变段长度为 40 m；为减少直行和右转的相互干扰，将 4 条直右车道全部渠化为右转专用车道。考虑到周边用地情况，具体渠化设计及车道分配情况如表 4 所示，设计方案如图 5 所示。

(2) 渠化后信号配时设计

渠化设计从空间上将不同方向的交通流进行分离，在此基础上，需进行信号配时设计，将冲突方向的交通流从时间上分离。利用构建的多目标信号配时优化模型，借助 Matlab 遗传算法工具箱进行信号配时计算。根据求解结果可知，周期时长为 134 s，各相位信号时长如表 5 所示。

表 4 渠化设计及车道分配表

Tab. 4 Channelization design and lane allocation

进口	机动车道			非机动车道
	左转	直行	右转	
西进口	中心线偏移增加 1 条变为 2 条	2 条	进口拓宽增 设 1 条	无
北进口	1 条	2 条		
东进口	1 条	2 条	压缩非机动 车道增设 1 条	1 条
南进口	1 条	2 条		

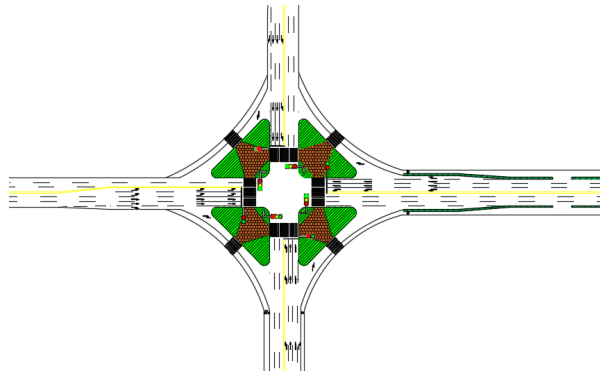


图 5 渠化后交叉口平面图

Fig. 5 Plan of the channelized intersection

表 5 渠化后多目标优化相位相序表

Tab. 5 Multi-objective optimization signal timing after channelization

相位	方向	绿灯时 长/s	黄灯时 长/s	全红时 长/s
第 1 相位	东进口直行左转	26	3	0
第 2 相位	西进口直行左转	31	3	5
第 3 相位	南北直行	26	3	0
第 4 相位	南北左转	34	3	0

将方案 B 进行仿真, 结果显示改进后饱和度和降到 0.76, 服务水平达到 C。将现状交叉口性能指标数值视为 100%, 比较改进前后各指标相对值, 如图 6 所示。

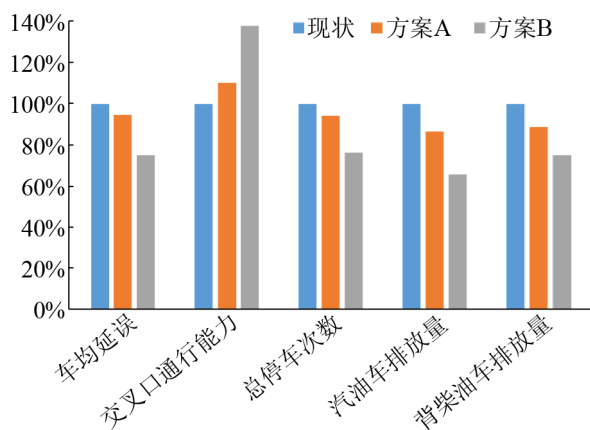


图 6 交叉口性能指标相对值比较

Fig. 6 Comparison of intersection performance indexes

可以看出, 受到交叉口建设条件的限制, 方案 A 对于交叉口运行效率的改善不甚明显, 通行能力提升约 10%, 延误和停车次数降低约 5%; 对于环境效益具有一定程度的改善, 汽油车和柴油车排放

降低约 13%。方案 B 可以使交叉口延误、停车次数降低约 25%, 通行能力提升约 38%, 交叉口运行效率得到提升; 汽油车和柴油车排放降低率分别为 35% 和 25%, 交叉口环境效益得到改善。

4 不同交通量水平的敏感性分析

随着城镇化的快速发展, 经济社会活动不断由城市中心向外辐射, 城乡结合部道路交叉口的交通量存在增长可能。假设未来年交通量在现状交通量 q 的基础上分别增长 20%, 40%, 60%, 80%, 100%, 每组交通量在渠化后的交叉口进行 10 次试验, 以此研究不同交通量水平对目标函数值的影响, 如图 7 所示。当交通量为 q 时, 目标函数值约为 0.2237; 当交通量为 $200\%q$ 时, 目标函数值约为 0.2262, 比现状增加 1.12%。随着交通量的增加, 目标函数值上升幅度较小, 该信号配时优化模型能够实现不同交通量条件下交叉口综合效益的提升。

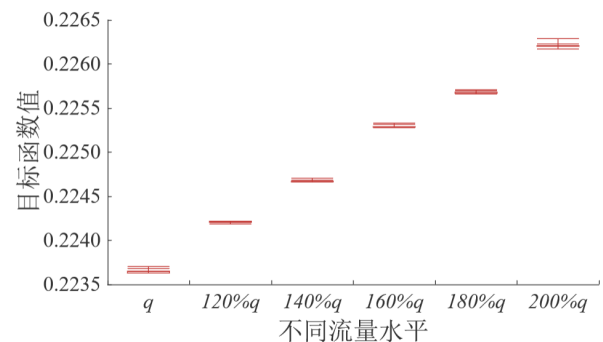


图 7 不同流量水平下的目标函数值

Fig. 7 Objective values at different traffic flow levels

5 结论

本文以城乡结合部道路交叉口为研究对象, 结合其交通特征, 构建多目标优化信号配时模型。研究结论包括:

(1) 城乡结合部道路交叉口交通拥堵和环境污染的直接原因在于大型车率高。大型车起动速度慢、清空时间长, 尾气排放量大, 是解决城乡结合部道路交叉口交通问题的关键所在。

(2) 多目标信号配时优化模型将延误、通行能

力、停车次数、车辆尾气排放等因素综合考虑,能够缓解城乡结合部道路交叉口因大型车率高导致的交通问题,提高其交通运行效率和环境效益。

在设计城乡结合部道路交叉口信号配时方案时,需要重视城乡结合部的车辆构成和交通需求特性变化,把握其大型车率高的特点构建信号配时优化模型,以提高过境交通的运行效率,建设安全、高效、环保的交通环境,促进区域经济的发展。在仅调整信号配时无法解决拥堵问题时,还需与城乡结合部道路交叉口渠化设计相结合,加强交通设施建设。

在后续的研究中,可对模型优化目标选取和权重标定进一步探讨,以期得到更能满足交通需求的信号配时,使该模型更符合城乡结合部的道路交通特征。

参考文献:

- [1] Li Y, Yu L, Tao S, et al. Multi-Objective Optimization of Traffic Signal Timing for Oversaturated Intersection[J]. *Mathematical Problems in Engineering* (S1024-123X), 2013: 1-9.
- [2] Abbas M, Bullock D, Head L. Real-Time Offset Transitioning Algorithm for Coordinating Traffic Signals[J]. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* (S0361-1981), 2001, 1748: 26-39.
- [3] 莫晓华. 城乡结合部交通标志设置优化设计及效果评价[D]. 西安: 长安大学, 2014.
Mo Xiaohua. The Optimization Design and Effect Evaluation of Urban-rural Fringe Traffic Signs[D]. Xi'an: Chang'an University, 2014.
- [4] 马香娟. 城乡结合部交通问题与规划重点[J]. *科技与经济*, 2008, 10(3): 11-15.
Ma Xiangjuan. Studies on Transportation Problem and Planning of Connection of Urban and Rural[J]. *Technology & Economy in Areas of Communications*, 2008, 10(3): 11-15.
- [5] 刘金明. 基于多目标规划的城市道路交叉口信号配时研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2011.
Liu Jinming. On Signal Timing of the Urban Road Intersections Based on Multi-objective Programming[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2011.
- [6] 余柳, 于雷, 万涛, 等. 综合环境因素及延误的信号配时优化仿真研究[J]. *系统仿真学报*, 2008, 20(11): 3016-3019, 3031.
Yu Liu, Yu Lei, Wan Tao, et al. Simulation Study on Traffic Signal Timing Optimization Integrating Environmental Factor and Delay[J]. *Journal of System Simulation*, 2008, 20(11): 3016-3019, 3031.
- [7] 程紫润, 傅大放. 信号交叉口汽车尾气附加排放量分析[J]. *公路交通科技*, 1993, 10(3): 67-71.
Chen Zirun, Fu Dafang. The Analysis of Excess Emission at the Signalized Intersections[J]. *Journal of Highway and Transportation Research and Development*, 1993, 10(3): 67-71.
- [8] 周申培. 考虑排放因素的城市交叉口交通信号控制策略的研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2009.
Zhou Shenpei. Research on Traffic Signal Control Strategies in Urban Intersections Based on Emission Factors[D]. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2009.
- [9] 肖裕龙. 基于机动车 PM_{2.5} 排放分析的信号控制交叉口仿真优化研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2015.
Xiao Yulong. Research on the Simulation and Optimization of Signal Control at the Intersections Based on PM_{2.5} Emission Analysis[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2015.
- [10] 李修刚, 杨晓光, 王炜, 等. 用于城市交通规划的机动车污染物排放因子[J]. *交通运输工程学报*, 2001, 1(4): 87-91.
Li Xiugang, Yang Xiaoguang, Wang Wei, et al. Motor Vehicles Exhaust Emission Factors for Urban Transportation Planning[J]. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, 2001, 1(4): 87-91.
- [11] 郭栋, 王晓原, 张晓琳, 等. 基于信号配时优化的路网运行效益仿真评价[J]. *系统仿真学报*, 2013, 25(6): 1405-1409, 1414.
Guo Dong, Wang Xiaoyuan, Zhang Xiaolin, et al. Evaluation of Traffic Operation Benefit from Signal Timing Optimization of Dynamic Traffic Network[J]. *Journal of System Simulation*, 2013, 25(6): 1405-1409, 1414.
- [12] 袁振洲. 道路交通管理与控制[M]. 北京: 人民交通出版社, 2007: 182-183.
Yuan Zhenzhou. Road Traffic Management and Control[M]. Beijing: China Communication Press, 2007: 182-183.
- [13] 马万经, 聂磊, 杨晓光. 单点定时信号最优控制模型及仿真分析[J]. *系统仿真学报*, 2007, 19(19): 4543-4547.

- Ma Wanjing, Nie Lei, Yang Xiaoguang. Optimization Model and Simulation Analysis of Pretimed Signals Control at Isolated Intersections[J]. Journal of System Simulation, 2007, 19(19): 4543-4547.
- [14] 庞明宝, 夏泽民, 栾燕海. 城市快速路多匝道协调控制信号施加策略仿真[J]. 系统仿真学报, 2018, 30(8): 3050-3057.
- Pang Mingbao, Xia Zemin, Luan Yanhai. Inputting Strategy Simulation of Multi-ramp Coordinated Control Signal for Urban Expressway[J]. Journal of System Simulation, 2018, 30(8): 3050-3057.
- [15] 邵海鹏, 王宇轩, 陈兴影, 等. 信号交叉口进口道掉头设置条件研究(英文)[J]. 系统仿真学报, 2018, 30(11): 4429-4436.
- Shao Haipeng, Wang Yuxuan, Chen Xingying, et al. Setting Conditions of U-turns at Entrances of Signalized Intersections[J]. Journal of System Simulation, 2018, 30(11): 4429-4436.
- [16] 李扬, 焦朋朋, 刘美琪. 基于人均延误最小的干线协调实时控制研究[J]. 系统仿真学报, 2017, 29(9): 1938-1943, 1949.
- Li Yang, Jiao Pengpeng, Liu Meiqi. Research on Real-Time Arterial Coordination Traffic Signal Control Model Based on Minimum Per Capita Delay[J]. Journal of System Simulation, 2017, 29(9): 1938-1943, 1949.