

Road Resource Allocation Method Based on Reasonable Travel Structure

Yaxue Feng, Wenyong Li, Hang Nong

School of Architecture and Transportation Engineering, Guilin University of Electronic Technology, Guilin Guangxi
Email: 1442647857@qq.com

Received: May 1st, 2020; accepted: May 14th, 2020; published: May 21st, 2020

Abstract

With the improvement of living standards, the demand for resident travel is increasing, and the contradiction between supply and demand of urban roads gradually appears. Due to the lack of foresight in road planning and design in some cities, the road resources in built-up areas are limited and its allocation is irrational, resulting in frequent traffic congestion in recent years. By analyzing the relationship between the travel structure and the road resource allocation, the method of the road resource allocation based on a reasonable travel structure was proposed. And the feasibility of it was verified by applying it to Guilin.

Keywords

Resource Allocation, Travel Structure, Optimization Model

基于合理出行结构的道路资源配置方法

冯雅雪, 李文勇, 农 杭

桂林电子科技大学建筑与交通工程学院, 广西 桂林
Email: 1442647857@qq.com

收稿日期: 2020年5月1日; 录用日期: 2020年5月14日; 发布日期: 2020年5月21日

摘 要

随着人民生活水平的提高, 居民出行需求不断增长, 城市道路供需矛盾逐渐显现出来。部分城市由于道路规划设计前瞻性不足, 建成区道路资源有限且配置不合理, 导致近年来交通拥堵频发。本文通过分析出行结构与道路资源配置的关系, 提出基于合理出行结构的道路资源优化配置方法, 并应用到桂林市的

道路资源配置方案中,验证了配置方法的可行性。

关键词

资源配置, 出行结构, 优化模型

Copyright © 2020 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

城市道路资源配置直接关系到每个出行者的切身利益和交通系统的整体效率。建成区道路红线不拓宽的前提下,利用有限的道路资源,达到公平、高效、低碳、可持续、高品质等目标,就需要对道路资源进行优化配置。

目前资源配置时较少考虑交通需求合理化,过多考虑供给满足规划年预测所得的交通需求,交通需求合理性有待探讨。对于道路资源配置方法的研究中多为结合当下政策和城市交通实际给出典型道路横断面设计方案[1],或设定几种横断面设计方案,并对其进行方案比选确定最优方案[2],或设定初始方案通过验证后逐步调整达到最优方案[3]。从横断面资源优化配置角度,尚未构建一个科学、合理、系统的道路横断面资源优化配置方法,且优化配置思路具有单向和静态的不足,不具备反馈和互动能力。

2. 道路资源优化配置方法

2.1. 出行结构与道路资源关系分析

道路作为各种交通方式的主要载体,为各种交通方式提供通行空间,道路横断面应与交通方式结构相适应[4]。例如,制定城市综合交通规划时,交通资源配置应基于适应规划年居民交通方式结构的原则,获得规划年交通资源配置方案,体现了交通资源配置适应交通方式结构的过程。

合理的出行结构能够有效促进道路资源的合理配置,同时也能保证城市交通体系的运输能力得到最大程度的发挥。反之,道路资源分配关系到不同交通方式道路使用情况,通过道路空间资源的重新分配可促进出行者出行行为的改变,促进出行结构的良性发展。

2.2. 基于合理出行结构的道路资源优化配置方法

通过分析出行结构于道路横断面资源配置的关系分析,提出基于合理出行结构的道路横断面资源优化配置方法,是交通规划理念向工程设计阶段的延伸。

道路资源优化配置合理与否取决于出行结构合理与否,因此,需先对出行结构进行优化。

2.2.1. 出行结构优化模型构建

目前对于出行结构的研究中,全方式包括轨道、地面公交、出租车和私家车[5],多以小汽车当量衡量各方式客运效率或道路通行能力,忽视了电动自行车、自行车和步行出行方式,出行结构优化的目的应是提高人的周转而非车辆的周转,衡量标准为人次而非车次。多目标模型求解时目标函数按比例相加求得优化结果,未考虑各目标函数数量纲的差异,或者需要人为设定关键参数值,对模型的科学性和可参考性造成一定程度的影响。因此,本文优化模型构建如下。

1). 模型假设

城市相对封闭、独立，仅以城市内部交通为研究对象；城市用地范围和居民的出行特征在一定时期内保持不变；城市居民出行方式共六种，分别是常规公交出行、出租车出行、私家车出行、电动自行车出行、自行车出行和步行出行。

2). 模型构建

目标函数一：客运周转量最高

道路资源优化配置的根本目的是解决人的出行需求，交通系统的高效率目标是城市发展的内在要求也是必然趋势，应始终坚持“以人为本”的人性化理念。计算客运周转效率时，考虑包括慢行在内的全方式出行对人的周转率，体现路权分配的公平性。客运周转量是指一段时间内所有乘客的总出行距离，即一段时间内由各种交通工具运送的旅客数量与其相应运输距离的乘积总和，单位人公里。

目标函数二：交通资源利用率最高

不同的交通方式对交通资源的占用在微观上表现为占用道路面积。动态面积占用与该方式的运行速度有关。人均动态占用道路面积越小，即交通资源利用效率越高。

目标函数三：出行成本最低

出行成本采用广义成本，包括出行经济成本和出行时间成本。出行经济成本指居民出行的经济花费，不考虑车辆购置成本等固定成本，不考虑车辆折旧费用，只考虑每次出行产生的费用。出行时间成本由出行时间和时间价值共同决定。关于时间价值的研究分为两种情况，一种为工作时间的出行，其时间价值为出行者工资的100%；另一种为非工作时间出行(如通勤、购物等)，这方面的研究结果差别较大，一般认为时间价值的高低与工资率有正相关的关系，其值约介于工资率的60%~200%之间，综合考虑二者，时间价值取100%。

目标函数四：拥挤度最低

用拥挤度反映出行品质的高低，单位面积上的出行者人数。

约束条件一：交通需求约束

交通需求约束作为优化模型的约束条件之一，即优化后的全方式出行总量应基本满足居民出行需求总量，实现基本的供需平衡。预测的交通需求结果并非都是符合现阶段中小城市发展要求的，本文引入供需系数。已有研究表明需求不能完全满足时更容易促使居民出行方式的转移，本文试图通过优化道路横断面引导交通需求合理化发展，即城市交通系统供给能力基本满足而不是完全满足居民出行需求。

约束条件二：道路资源约束

出行结构优化应在有限的道路资源内进行，道路资源约束量化后表示为全方式出行总动态占地面积小于现有道路资源面积，即全方式人均动态占地面积小于城市人均道路面积。

约束条件三：环境碳容量约束

城市交通低碳化发展是必然趋势，出行结构优化应充分体现低碳可持续原则。环境碳容量约束量化后表示为全方式总碳排放量应小于城市环境碳容量。

约束条件四：出行比例系数约束

全方式出行结构相加和为1。

约束条件五：正数约束

各交通方式都有使用道路资源的权利，每种交通方式不可能忽然兴起，也不可能忽然消失。因此，每种交通方式的出行比例都应该为正数。

通过对目标函数和约束条件的分析，构建模型如(1)所示。

$$\begin{cases} \max P = \sum_{i=1}^6 v_i a_i r_i l_i \\ \min S = \sum_{i=1}^6 P_0 r_i s_i \\ \min E = \sum_{i=1}^6 e_i r_i + \sum_{i=1}^6 \frac{1}{60} t_i r_i w \alpha \\ \min C = \sum_{i=1}^6 \frac{a_i}{m_i} r_i \end{cases} \quad (1)$$

式中： r_i ——未知变量，各出行方式的出行结构比例； v_i ——不同交通方式平均速度(km/h)； a_i ——不同交通方式交通载客量(人次)； l_i ——不同交通方式平均出行距离(km)； P_0 ——规划年城市常住人口日出行总量(万人次)； s_i ——不同交通方式人均动态占地面积(m^2)； e_i ——各出行方式每乘次经济成本(元/乘次)； t_i ——平均出行时耗(min)； w ——城市每小时平均工资(元)； α ——时间价值系数，取 100%； m_i ——各交通方式载运工具平均面积(m^2)

$$s.t. \begin{cases} \sum_{i=1}^6 P_0 r_i l_i \geq \xi \cdot Q \rho \bar{l} \\ \sum_{i=1}^6 r_i s_i \leq \bar{s} \\ \sum_{i=1}^6 P_0 r_i b_i \cdot 365 \leq E_{co_2} \\ \sum_{i=1}^6 r_i = 1 \\ r_i > 0 \\ i = 1, \dots, 6 \end{cases} \quad (2)$$

式中： Q ——规划年城市常住人口数(万人)； ρ ——居民平均出行率(次/人·日)； \bar{l} ——居民平均出行距离(km)； ξ ——供需系数，取 0.9； \bar{s} ——城市人均道路面积(m^2)； b_i ——各交通方式人均碳排放量(kg/人)； E_{co_2} ——二氧化碳环境容量上限值； H_{co_2} ——人均碳排放值，取 0.6 吨/人年； θ ——城市车辆碳排放占总碳排放比例，我国取 0.15。

3). 模型求解

在多目标优化模型中，由于各目标函数的性质不同，通常具有不同的量纲和数量级。当个指标的水平相差很大时，如果直接用原始指标值进行分析，就会突出数值较高的指标在综合分析中的作用，相对削弱数值水平较低的指标的作用。因此，为了保证优化结果的可靠性，需要对原始多目标优化模型进行标准化处理。

数据标准化是将数据按比例缩放，使之落入一个小的特定区间，便于不同量级指标比较和计算。本文将目标函数进行归一化处理(离差标准化)，通过 min-max 标准化把目标函数进行线性变换，使其映射到[0,1]区间上，越大越优。求解原多目标函数最优问题转化为求 A_σ 之和最大问题。

$$\max \sum A_\sigma \quad (3)$$

由于本文四个目标函数有的越大越优，有的越小越优，归一化处理时目标函数最小最优和最大最优的转换函数如下。

$$A_\sigma = \frac{B_\sigma - B_{\sigma \min}}{B_{\sigma \max} - B_{\sigma \min}} \quad (4)$$

$$A_\sigma = 1 - \frac{B_\sigma - B_{\sigma \min}}{B_{\sigma \max} - B_{\sigma \min}} \quad (5)$$

$$\sigma = P, S, E, C$$

式中： A_σ ——原目标函数转换后的函数， $A_\sigma \in [0,1]$ ； B ——原目标函数，且： $B_{\sigma \min}$ ——约束条件范围

内目标函数最小值； $B_{\sigma_{\max}}$ ——约束条件范围内目标函数最大值。

转化后的模型与转化前的原始模型在决策变量和约束条件上保持一致。转化后的模型为量纲和数量级统一的多目标优化模型，本文采用加权方法利用 matlab 求解。由于各目标函数同样重要，设置相同权重。

2.2.2. 道路资源配置步骤

道路资源配置应与合理出行结构相匹配，即出行方式合理占比决定此出行方式的道路资源占比。确定各出行方式在横断面配置时的初始宽度，并根据道路等级功能和各组成部分宽度上下限对配置结果进行宽度修正，得到最终配置方案，具体配置步骤如图 1 所示。

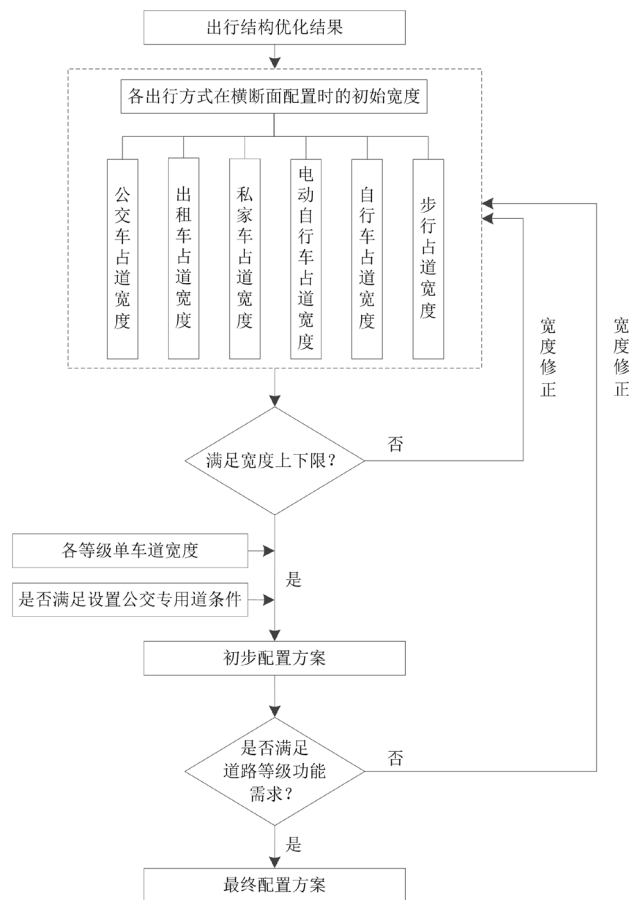


Figure 1. The steps of road resource allocation
图 1. 道路资源配置步骤

基于合理出行结构的道路资源优化配置方法是交通规划理念向工程设计阶段的延伸，是一种具有反馈功能的优化方法，以期通过合理化的出行结构有效促进交通资源的合理配置，合理的道路横断面配置又能反过来促进居民出行方式更趋合理化，进而实现交通系统良性循环。

3. 实例应用

3.1. 桂林市合理出行结构求解

根据《桂林市城市综合交通体系规划修编》的统计数据，桂林市 2019 年常住人口为 128 万人，城市

人均道路面积 6.5 m^2 ，日均出行总量为 38.5 万人次，平均出行率为 2.42 次/人/日，全方式平均出行距离 3.46 km。根据桂林市统计局数据，桂林市 2019 年城镇非私营单位就业人员月平均工资 6100 元，按照每月 22 个工作日 8 小时工作制计算，人均工资 34 元/小时。根据交通调查、交通年报和前人研究确定参数值，交通参数值汇总如表 1 所示。

Table 1. Traffic parameter values of Guilin

表 1. 桂林市交通参数值

指标	公交	出租车	私家车	电动自行车	自行车	步行
平均出行距离/km	5.08	6.11	6.11	3.74	3.11	1.64
平均载客量/人	60	1.5	1.5	1.2	1	1
平均速度/(km/h)	25	40	40	20	12	3
人均动态占道面积/ m^2	1.50	30.00	15.00	15.00	8.00	0.75
平均出行经济成本/元	2	15	15	0.5	0	0
平均出行时耗/min	60	40	45	30	30	20
交通工具平均面积/ m^2	17.5	3	3.5	1	1	0.5
人均碳排放量/(kg/人)	0.06	0.8	1.8	0	0	0

将相关参数代入出行结构优化模型，通过 matlab 计算得桂林市合理出行结构如表 2 所示，各目标函数均已达到约束条件内的最优值。

Table 2. Reasonable travel structure of Guilin

表 2. 桂林市合理出行结构

出行方式	公交	出租车	私家车	电动自行车	自行车	步行
合理出行结构	25.94%	2.72%	3.69%	18.27%	22.5%	26.88%

3.2. 桂林市道路资源配置方案

基于桂林市出行结构优化结果，以 50 米主干路为例给出道路资源优化配置方案。初始宽度配置如表 3 所示，最终配置方案如表 4 所示。

Table 3. Initial width

表 3. 初始宽度

路幅	公交/m	出租车/m	私家车/m	电动自行车/m	自行车/m	步行/m
四幅路	9.86	1.03	1.40	6.94	8.55	10.21
三幅路	11.15	1.17	1.59	7.86	9.68	11.56

主干道宜设置为四幅路或三幅路，即应设置机非分离；四幅路中间带宽分别设为 6 m，三幅路中间带宽度为隔离栏宽度，取 1 m；主干路一般易形成公交走廊，两侧带考虑公交停靠站布设要求设为 3 m (单侧)，为设置港湾式公交停靠站提供条件。主干路机动车道取 3.25 m，计算结果车道数取整；路段公交专用道取 3.5 m，单侧公交专用道数上限取 1；单向非机动车道不宜过宽，上限建议设为 6 m [6]。

3.3. 配置方案评价

桂林市优化方案较现状方案具有如下优势：

Table 4. The scheme of road resource allocation**表 4.** 道路资源配置方案

配置方案	机动车道数/条	公交专用道数/条	非机动车道宽度/m	人行道宽/m
四幅路方案一	3	0	6	3
四幅路方案二	2	1	6	3.25
三幅路方案一	3	0	6	5.5
三幅路方案二	2	1	6	5.75

(1) 以桂林市出行结构优化结果为基础,明确了不同交通方式的道路空间资源占用,能够引导桂林市出行结构向公平、高效、低碳、可持续、高品质的方向发展。

(2) 优化方案能够达到约束条件内的最高客运周转量、最高交通资源利用率、最低出行成本和最低拥挤度。

(3) 优化方案能够使道路资源配置与出行方式结构达到最大程度的匹配,使全方式出行者平等地享有路权,有利于促进社会公平的实现。

4. 结论

城市道路资源配置直接关系到每个出行者的切身利益和交通系统的整体效率。本文提出的基于合理出行结构的道路资源优化配置方法,充分考虑了出行结构与道路资源的反馈关系,能够促进交通系统资源的高效利用、促进环境低碳可持续发展、促进社会公平的实现。桂林市的应用实例显示了配置方法的合理性,配置方法可为城市道路资源存量更新提供依据和参考。

参考文献

- [1] 景国胜. 城市道路横断面的问题与规划对策——以广州市为例[J]. 城市交通. 2004(1): 46-51.
- [2] 潘春梅. 城市道路横断面优化设计理论与方法研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 长安大学, 2012.
- [3] 马小毅, 周志华. 城市最优路权分配方法模型解析[J]. 道路交通与安全. 2014, 14(5): 44-48.
- [4] 杨传光. 城市道路横断面设计问题研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 长安大学, 2013.
- [5] 陶珂. 城市客运出行方式系统的结构优化及自组织演化耦合研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安建筑科技大学, 2018.
- [6] 武贤慧. 小城镇道路横断面规划设计与路面典型结构研究[D]: [博士学位论文]. 西安: 长安大学, 2008.