

基于系统动力学的城市交通拥堵治理问题研究

杨浩雄^{1,2}, 李金丹¹, 张 浩¹, 刘淑芹³

(1. 北京工商大学 商学院, 北京 100048; 2. 首都流通业研究基地, 北京 100048; 3. 中央民族大学 管理学院, 北京 100081)

摘 要 近年来, 我国城市交通供给和需求的矛盾在日益突出, 城市交通拥堵问题越来越严重, 除影响城市居民正常出行、导致环境污染加重外, 严重影响了城市物流的正常运行, 成为整个城市经济社会发展的制约因素. 本文从城市交通拥堵这一现象入手, 分析了交通拥堵的现状、原因、影响及其根源, 从城市居民出行和城市物流两个角度总结了现有解决交通拥堵问题的对策, 在此基础上结合我国的实际情况, 用系统动力学的方法建立了治理城市交通拥堵的系统动力学模型, 并以北京市为例, 对北京市典型的治堵措施的实施效果进行了仿真分析, 从而得出适合我国的解决城市交通拥堵的对策建议.

关键词 城市交通拥堵; 居民出行; 城市物流; 系统动力学

Research on the governance of urban traffic jam based on system dynamics

YANG Hao-xiong^{1,2}, LI Jin-dan¹, ZHANG Hao¹, LIU Shu-qin³

(1. School of Business, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China; 2. Capital Circulation Industry Research Base, Beijing 100048, China; 3. School of Management, Minzu University of China, Beijing 100081, China)

Abstract In recent years, contradiction between supply and demand of urban transport of China is increasingly prominent, and urban traffic jam is getting more and more grave, seriously impact urban residents' normal travel, cause environmental pollution, as well as seriously impact normal operation of urban logistics and become development constraints of the whole city economy. This paper starts with phenomenon of urban traffic jam, and analyzes the present situation, the reasons, the effect and the root of urban traffic jam, and summaries the existing measures for the governance of urban traffic jam from the perspective of urban residents travel and urban logistics. On the basis of summarizing the plugging measures as well as considering the actual situation of our country, this paper establishes the system dynamics model of the management of urban traffic jam with the method of system dynamics. In the last place, this paper takes Beijing as an example, simulates the effect of the typical plugging measures in Beijing, and reaches the suggestions for China to solve urban traffic jam.

Keywords urban traffic jam; residents travel; urban logistics; system dynamics

1 引言

作为城市生活正常运转必不可少的重要条件, 城市交通能够改善城市居民的生活和出行条件, 带动整个城市经济的发展和功能布局的改善. 我国的城市化进程在经济建设迅速发展的背景下不断加快, 随着人口以及各种不同的经济要素在城市空间内加速聚集和转移, 城市原来的交通体系已经越来越跟不上城市发展的需要. 一方面, 随着我国城市化进程的加快, 城市机动车保有量快速增长, 而且在电子商务技术和网上购物模式日益普及的背景下, 具有配送频率高、停靠站点多、配送批量小等特点的城市配送物流发展迅速. 另一方面, 我国相对落后的交通管理水平、缓慢的城市交通基础设施建设难以跟上我国城市化进程的步伐. 我国城市交

收稿日期: 2012-09-14

资助项目: 国家社科基金青年项目 (11CGL105); 北京市哲学社会科学规划项目 (12JGC100)

作者简介: 杨浩雄 (1974-), 男, 汉, 湖南长沙人, 副教授, 博士, 研究方向: 供应链物流管理, 信息管理, 城市物流, E-mail: yanghaoxiong@126.com; 李金丹 (1990-), 女, 汉, 北京人, 硕士研究生, 研究方向: 城市物流, 电子商务, E-mail: ljdan90@163.com; 张浩 (1978-), 男, 汉, 河北唐山人, 副教授, 博士, 研究方向: 复杂系统建模与仿真, E-mail: zhaozhao@126.com; 刘淑芹 (1974-), 女, 汉, 山东人, 副教授, 博士, 研究方向: 物流与供应链管理, E-mail: lsq@amss.ac.cn.

通供给和需求的矛盾在这两个方面因素的作用下日益突出,逐渐暴露出了一些弊端,其中最为突出和普遍的是城市交通拥堵问题,北京、上海、广州等大城市的交通拥堵现象已经越来越严重,成为整个城市经济社会发展的制约因素^[1]。城市交通拥堵问题的治理是一个系统工程,尽管前人在解决交通拥堵问题上都已经做出了很多努力,然而,由于缺乏对交通拥堵规律的客观认识,忽视对交通拥堵成因的客观分析,往往导致交通拥堵治理情况与预期效果产生偏差,甚至出现越治越堵的现象。城市交通是城市正常运转不可或缺的重要物质条件之一,城市交通拥堵问题的解决情况,直接与城市现代化建设、城市经济发展以及城市居民生活水平的提高等大事密切相关。因此,研究城市交通拥堵问题,找到有效的治堵措施,刻不容缓。为了缓解城市交通的拥堵状态,改善人们生活生产环境,各国和地区都采取了一些治堵的措施,并取得了一定的成效^[2]。我国也在结合本国实际情况的基础上,不断学习和借鉴其他国家成功经验,寻找有效的措施。城市交通系统由居民出行和城市物流两个部分组成,其中居民出行部分包括城市私人交通和城市公共交通,城市物流部分指的是城市内部的货物专业运输。这两个部分的发展状况都会给城市交通的运行带来巨大的影响。目前我国的治堵措施是多种多样的,居民出行方面的措施主要有提倡公共交通、限行政策以及车辆限购政策;城市物流方面的措施主要有货运通行政策、建立物流园区以及发展城市公共货车利用系统(城市货的)^[3]。本文从城市交通拥堵这一现象入手,从城市居民出行和城市物流两个角度分析城市交通内部结构,建立城市居民的出行和城市物流的运行与城市交通状况之间相互影响和作用的反馈机制,运用系统动力学理论和研究方法,通过分析归纳总结相结合、系统分析与比较分析相结合的方法进行理论探索和实证分析。论文的核心是建立治理城市交通拥堵的系统动力学模型,以北京为例,通过改变限行政策、限购政策、货运通行政策等,仿真与模拟各政策对于治理交通拥堵的有效性,并提出解决城市交通拥堵问题的有效建议,为城市的可持续发展提供必要的支持,同时也为国内其他城市交通拥堵问题的解决提供有价值的参考。

2 相关研究综述

城市交通拥堵问题是随着城市经济的快速发展而出现的,目前对交通拥堵问题的研究较为丰富:在城市交通拥堵的原因方面,Taylor^[4]从经济学视角出发,寻找产生交通拥堵的原因,McKnight^[5]认为控制私家车的购买和使用才能解决交通拥堵问题。在城市交通拥堵的治理方面^[6],关于治理城市交通拥堵问题的理论经历了三个阶段的发展:1) 加大城市交通基础设施建设力度,来满足不断增长的交通需求;2) 交通系统管理;3) 交通需求管理。这几个阶段的措施都是从城市交通系统本身出发,研究如何通过改进城市交通系统来解决交通拥堵问题,这些措施在短期内取得了一定的成效,但是并没有从根本上解决问题。现在对于交通拥堵问题的治理模式主要有三种:增加供给模式、需求管理模式、制度完善模式。在应用系统动力学研究城市交通领域,较为有名的研究是Forrester教授的城市动力学模型和Shirazian教授的出行产生模型。现有研究大多是从定性的角度出发,以城市居民出行系统为主,研究交通拥堵的原因、危害和治理^[7-8]。而对于城市交通拥堵与城市物流系统的关系、治理城市交通拥堵的模型等方面的探讨比较缺乏。另外,对于治堵措施的实施效果,现有的研究很少涉及。在众多治理交通拥堵的措施中,有些政策产生了一定的效果,缓解了城市交通拥堵^[9-10]。但是,有些措施不仅没有达到预期的效果,反而起到了相反的作用,因此需要找到一种方法对这些措施进行评价。基于以上对现有研究的认识和分析,本文从城市居民出行和城市物流两个角度总结现有治理交通拥堵问题的对策,并结合我国当前各种治堵政策对系统的影响,用系统动力学的方法建立城市交通系统的动态发展模型并进行仿真,从而得出适合我国解决城市交通拥堵的对策建议。

3 治理城市交通拥堵的系统动力学模型

城市交通拥堵问题是一个复杂的社会经济问题,是多重矛盾综合作用的结果,其治理也比较复杂。在众多治堵措施中,许多政策产生了一定的效果,缓解了城市交通拥堵^[11]。但是,由于不注重对交通拥堵的成因分析以及缺乏对交通拥堵问题客观规律的认识,目前对城市交通拥堵的治理往往会和预期效果产生一定的偏差,大部分城市的一些主干道在高峰时段仍然存在严重的交通拥堵现象,城市交通拥堵的困境始终难以摆脱,甚至可能出现越治越堵的现象^[12]。因此,需要建立模型,对这些措施进行评价。为了对不同治堵政策进行分析,仿真出其实施效果对城市交通运行状况的影响^[13-15],本研究将一些典型的措施放入原有的系统动力学模型,得到了治理城市交通拥堵的系统动力学模型。

3.1 系统边界的确定

系统动力学研究问题的第一步是确定系统边界,也就是确定系统的结构。城市交通系统包括城市居民出

行和城市物流两部分. 居民出行包括以自用车为交通工具的私人交通出行和以公共交通 (包括公交车、地铁、出租车、城市有轨、无轨电车等) 为工具的公共交通出行. 城市物流部分是指城市内部货物专业运输. 根据本文的研究目的, 最终确定所研究系统的范围, 如表 1 所示. 由于公交车和其他机动车保有量较小而且增长率不大, 因此模型不考虑公交车和其他机动车的增长率.

3.2 系统因果关系分析

确定系统研究边界后, 经过对边界内要素之间关系的分析, 可以得到系统因果图. 城市交通系统是多因素综合作用下的复杂动态发展系统, 经过对系统边界的确定, 本研究仅考虑与城市居民出行和城市物流相关的各类车辆的保有量和出行量对城市交通状况的影响, 得出系统内各因素之间的因果关系如图 1 所示, 图中箭头表示变量之间的因果关系, 正号和负号分别表示正效应和负效应.

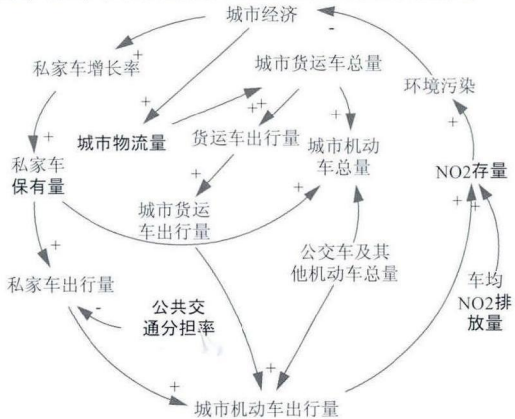


图 1 城市交通系统因果关系图

3.3 系统模型的建立

根据以上对各个因素的因果关系分析, 用系统动力学专用软件 Vensim 建立城市交通系统的存量流量图, 如图 2 所示.

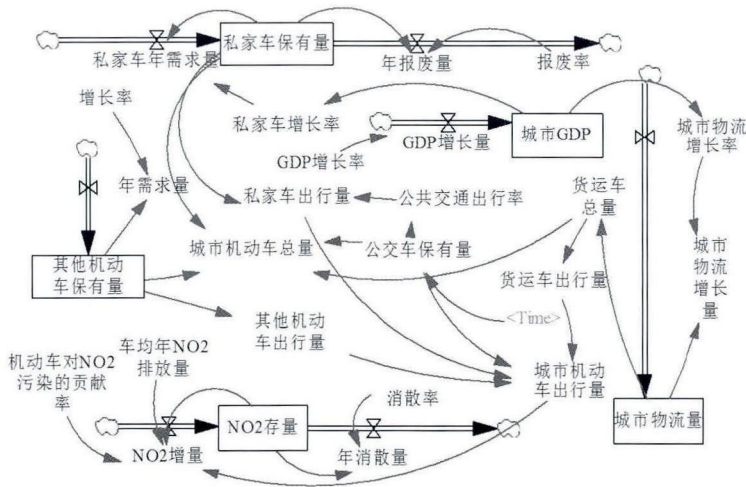


图 2 城市交通系统存量流量图

为了缓解城市交通拥堵, 各个国家和地区都采取了一些治堵的政策, 政策的实施会改变城市私家车的出行量, 从而影响城市机动车的出行量、城市机动车总量、私家车保有量以及空气质量等; 货运车出行的政策又会影响城市物流增长量, 从而影响城市机动车总量; 公共交通出行政策会影响公交车的出行率和保有量, 而公交车对私家车构成替代, 同时也影响城市机动车总量. 以上治堵政策对城市交通系统的运行产生影响的同时, 也对城市的 GDP 有所影响. 为了对不同治堵政策进行分析, 仿真出其实施效果对城市交通运行状况的影响, 本研究将一些典型的措施如限行政策、限购政策、提倡公共交通、货运通行政策、公务车改革、公共货车利用系统、拥堵收费政策、物流园区的建立等放入原有的系统动力学模型, 得到了改进后的模型, 即治理

表 1 系统边界的确定

系统大类	具体包含的变量
居民出行方面	私家车保有量
	私家车增长率
	私家车报废率
	私家车出行量
	公交车保有量
	公共交通出行率
	其他机动车保有量
	其他机动车出行量
	城市机动车总量
	城市机动车出行量
城市物流方面	与居民出行有关的治堵政策
	城市物流量
	城市货运车保有量
	城市货运车出行量
	城市物流增长率
	城市物流增长量
其他	与城市物流有关的治堵政策
	城市 GDP
	GDP 增长率
	城市环境 (NO ₂ 存量)
	机动车车均年 NO ₂ 排放量
	机动车对环境污染的贡献率

城市交通拥堵的系统动力学模型,如图 3 所示。限购政策、限行政策、公共交通服务水平直接对私家车增长率产生影响;公共货车利用系统、货运通行政策、物流园区建立直接对货运车出行量产生影响;拥堵收费政策直接对城市机动车出行量产生影响;公务车改革对公务车增长率产生影响。各要素间的作用机制见表 3。

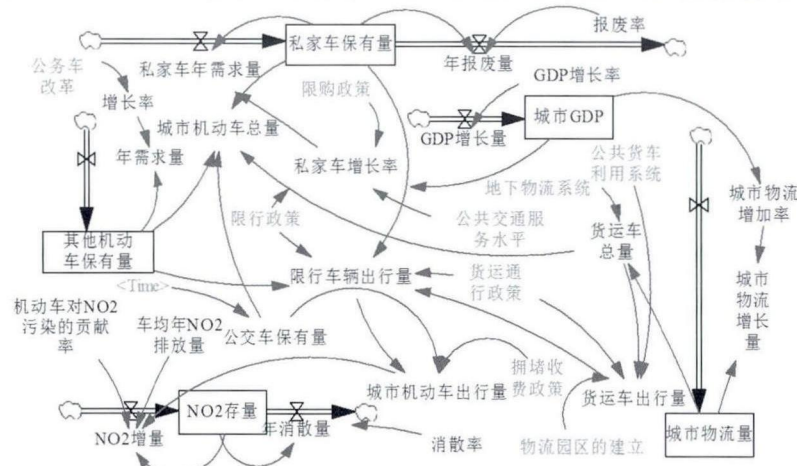


图 3 治理城市交通拥堵的系统动力学模型

经过系统因果关系分析和建立系统存量流量图后,可以对系统的存量流量图输入模型初始参数、方程和表函数,从而对模型进行仿真。模型的一些参数如表 2 所示。模型的部分方程如表 3 所示。

4 模型仿真和实证分析 —— 以北京市为例

近年来,北京市城市化以及机动化进程不断加快,在城市中心区域和高峰时段,北京市道路交通拥堵严重,亟须采取措施缓解日益严重的交通拥堵问题。作为我国的首都,北京市对于交通拥堵问题的治理会成为其他城市效仿和借鉴的榜样,研究北京市治理交通拥堵的政策,意义重大。这一部分为了对不同治堵政策进行分析,将北京市现行的治堵措施放入原有的系统动力学模型,并考虑了公共交通服务水平和购买第二辆私家车的比例,得到北京市治理城市交通拥堵的系统动力学模型,并仿真出不同治堵政策的实施效果对城市交通运行状况的影响,从而为城市交通结构优化提出合理的目标和可行的政策建议^[16-18]。北京市现行的相关治堵措施包括限行政策——尾号限行、限购政策——摇号购车、公务车改革、提倡公共交通^[19]、货运通行政策、建立城市物流园区、建立公共货车利用系统^[20]等。其中尾号限行政策是指,北京市在 2008 年举办奥运会时采取的机动车尾号限行措施,城市机动车按车牌尾号实行单号车单日出行、双号车双日出行。奥运会结束后,为了巩固政策效果,缓解城市交通拥堵,北京市继续实施限行政策,限行程度有了一定的减弱;摇号购车政策是指北京市于 2010 年底推出的城市机动车限购政策。政策规定,相关部门每年将发放 24 万个购车号,消费者采用摇号的方式获得,每月 2 万个,每月 25 日准时摇取,购车者须持号购车,购车号码禁止转让给他人。

4.1 基于北京数据的模型参数估计

在对系统动力学模型进行仿真运行之前,首先必须对模型中的常数、状态变量的初始值以及表函数赋值^[21-22]。查阅 2004 年《北京市统计年鉴》和北京市车管所统计的数据及其他相关资料,设定模型部分参数和初始值如表 4 所示。

4.2 基于北京数据的模型检验

以 2004 年至 2009 年的统计数据为基础,对北京市的城市交通运行状况进行仿真模拟,选取 2010 年部分变量的模拟结果和实际的历史数据统计值进行比较^[23-24],如表 5 所示。

对比模型预测结果可知,各个预测值的相对误差均在 5% 以内,因此模型描述的行为和系统实际状态基本相符,模型真实有效^[25-26],可以使用该模型对城市交通系统运行状况进行预测和分析^[27-28]。

4.3 模型仿真运行: 政策优化

本文采用系统动力学软件 Vensim 对所构建的模型进行仿真运行和政策优化^[29],数据取自北京市。北京市是我国的首都,研究城市交通拥堵问题及其治理具有重要价值。本部分利用系统动力学政策优化的功能来分析模型中政策变量的改变对北京市城市交通状况的影响,即北京市现行的治堵措施的实施对北京市交通拥堵情况治理的作用。

表 2 城市交通系统模型参数描述表

模型参数	代表含义
P_i	私家车保有量
P_n	私家车年需求量
P_d	私家车年报废量
P_g	私家车增长率
PD_r	报废率
GDP	城市 GDP
GR	GDP 增长率
GI	GDP 增长量
L	城市物流量
LG_r	城市物流增长率
LI	城市物流增长量
F_i	货运车总量
TFR	货运车出行量
B_i	公交车保有量
B_C	公共交通便利程度
R_i	其他机动车保有量
R_n	其他机动车年需求量
R_g	其他机动车增长率
GN	城市机动车总量
TQL	限行车辆出行量
TQ	城市机动车出行量
NO_i	NO ₂ 存量
NO_n	NO ₂ 增量
NO_r	NO ₂ 消散率
NOD_r	NO ₂ 年消散量
CRN	机动车对 NO ₂ 污染的贡献率
ADN	车均年 NO ₂ 排放量
RLP	限行政策
BLP	限购政策
FTP	货运通行政策
CBP	拥堵收费政策
BLR	城市物流园区的建立
CFS	公共货车利用系统
OBR	公务车改革
IV_p	私家车保有量初始值
IV_n	NO ₂ 存量初始值
IV_l	城市物流量初始值
IV_g	城市 GDP 初始值
IV_r	其他机动车保有量初始值
INITIAL TIME	初始时间
FINAL TIME	仿真结束时间
TIME STEP	仿真步长
UNIT OF TIME	时间单位

表 3 治理城市交通拥堵的系统动力学模型部分方程表

序号	数学表达式
(1)	$PD_r = 0.667$
(2)	$TQ = B_i + TQL$
(3)	$GN = P_i + B_i + F_i + R_i$
(4)	$R_i = INTEG(R_n, IV_r)$
(5)	$P_d = P_i * PD_r$
(6)	$L = INTEG(LI, IV_l)$
(7)	$LI = L * LG_r$
(8)	$R_n = R_i * R_g$ $B_i = WITHLOOKUP(Time, [(2000, 1) - (2010, 5)],$
(9)	$(2004, 2.1711), (2005, 2.084), (2006, 2.049),$ $(2007, 2.053), (2008, 2.322), (2009, 2.373))$
(10)	$P_i = INTEG(P_n P_d, IV_p)$
(11)	$P_n = P_i * P_g$
(12)	$NO_i = INTEG(NO_n - NOD_r, IV_n)$
(13)	$TQL = IFTHENELSE(RLP = 1,$ $(R_i + P_i) * RLP * 0.8, R_i + P_i)$
(14)	$ADN = 20$
(15)	$NOD_r = NO_i * NO_r$
(16)	$NO_n = ADN * TQ * CRN$
(17)	$GDP = INTEG(GI, IV_g)$
(18)	$GI = GDP * GR$
(19)	INITIAL TIME = 2004
(20)	FINAL TIME = 2020
(21)	TIME STEP = 1
(22)	UNIT OF TIME: Year

表 4 城市交通系统部分模型参数和初始值 (2004 年)

参数或初始值	取值	单位
私家车保有量	129.8	万辆
公交车保有量	20819	辆
货运车总量	17.7	万辆
城市机动车总量	229.6	万辆
城市物流量 (货运量)	31700	万吨
机动车对 NO ₂ 污染贡献率	0.5	—
NO ₂ 消散率	0.2	—
报废率	0.67	—
城市 GDP	6033.2	亿元

数据来源: 北京市统计年鉴.

表 5 2010 年预测值和实际值对比

参数	私家车保有量/万辆	公交车保有量/辆	货运车保有量/万辆	城市机动车总量/万辆	城市 GDP/亿元
真实值	374.4	21548	19.4	480.9	14113.6
模拟值	363.5	21789	18.64	465.4	13474.3
误差	-2.91%	1.12%	-3.92%	-3.23%	-4.53%

数据来源: 北京市统计年鉴和模型仿真预测.

4.3.1 居民出行方面的政策

北京市现行的对居民出行影响较大的治堵政策有: 机动车尾号限行政策、摇号购车政策、提倡公共交通的政策等. 为了保证模型的真实有效, 本文在模型仿真运行时综合考虑了这几个政策的实施.

1) 限行政策和提倡公交出行

理想状态下, 限行政策可以使更多的人选择公共交通出行, 减少城市机动车的出行总量, 缓解城市交通的拥堵, 但是, 这要以强大的城市公共交通系统为基础. 如果限行政策长期执行而公共交通服务水平不能满足人们出行需求的情况下, 会有越来越多的人选择购买车牌尾号不同的第二辆车, 以应对限行政策, 本文用系统动力学的方法, 对这两种情况进行了仿真. 限行前后城市机动车出行量对比如图 4 所示. 由图 4 可知, 机动车按自然增长率增长的情况下, 尾号限行政策可以在一定程度上缓解城市交通拥堵.

在公共交通依旧不能提供方便快捷服务的前提下, 由于限行政策的刺激, 很多家庭选择购买尾号不同的第二辆私家车. 第二辆车的购买会削弱限行政策的实施效果, 但是, 第二辆车购买的比例不同, 限行政策所能发挥作用的程度也不同. 当有 3% 的人购买第二辆车时, 限行前后机动车出行量对比如图 5 所示. 由图 5 可知, 由于限行政策的刺激, 一小部分人购买尾号不同的第二辆车时, 限行政策短期内有效, 长期来看, 反而会起到相反的作用.

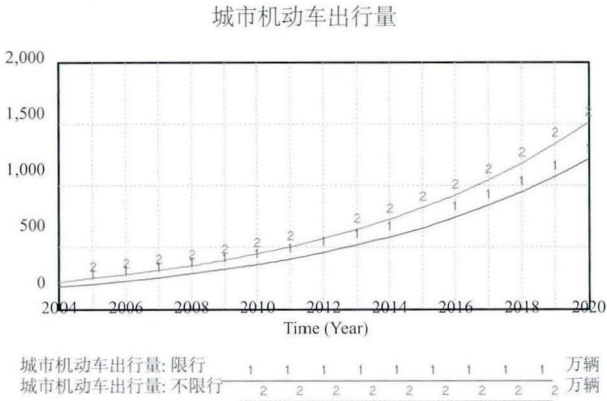


图 4 机动车自然增长率下限行前后机动车出行量对比

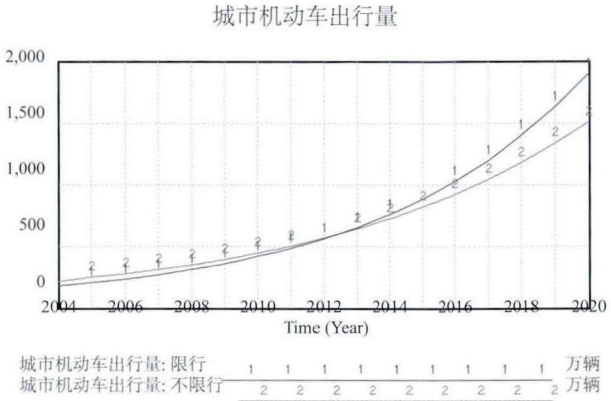


图 5 3% 的人购买第二辆车时限行前后机动车出行量对比

通过敏感性分析, 逐渐增大第二辆车的购买比例, 当 6.25% 的人购买第二辆车时, 限行前后机动车出行量如图 6 所示. 由图 6 可知, 足够多的人购买第二辆车时, 限行政策的作用将逐渐消失.

限行政策只能对城市机动车的相对数量进行限制, 但是无法控制机动车的增长速度, 因此限行并不能从根本上解决城市交通拥堵问题. 另外, 政府对交通需求的合理引导和对公共交通系统的不断优化, 提升公共交通服务水平对治理城市交通拥堵非常重要. 政府大力发展公共交通, 提倡公共交通出行后, 城市机动车出行量如图 7 所示. 由图 7 可知, 与限行政策相比, 公交优先政策可以有效地缓解城市交通拥堵.

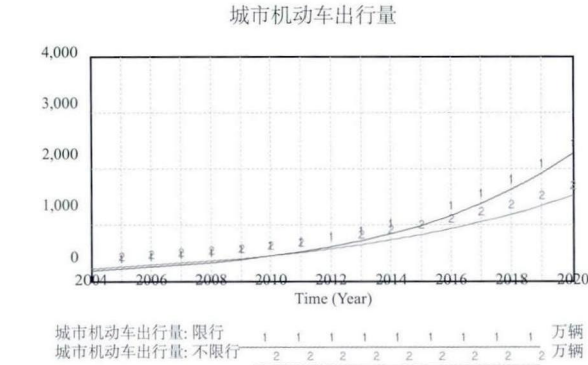


图 6 6.25% 的人购买第二辆私家车时限行前后
机动车出行量对比

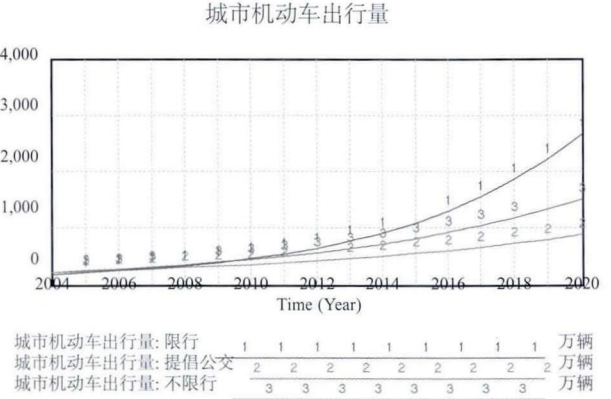


图 7 提高公共交通服务水平的机动车出行量对比

2) 摇号购车政策

鉴于越来越严重的交通拥堵状况, 北京市政府在 2010 年底决定从 2011 年开始采用摇号的方式限制购车, 摇号购车的同时, 尾号限行政策也在实施. 因此, 根据实际情况, 对两种治堵政策的实施进行仿真, 并与限行政策的实施效果进行对比, 仿真结果如图 8 所示. 由图 8 可知, 不考虑引起的其他不满意, 摇号购车政策在一定程度上缓解了城市交通拥堵问题.

4.3.2 城市物流方面的政策

城市居民出行和城市物流是城市交通系统的两大组成部分, 城市物流的正常运转是城市经济生活赖以运

行政政策和货运通行政策相对比, 尾号限行政策对缓解城市交通拥堵能起到更显著地作用, 而且考虑到货车限行对城市生产、生活供需对接等带来的影响, 尾号限行政策更为可行.

城市机动车出行量

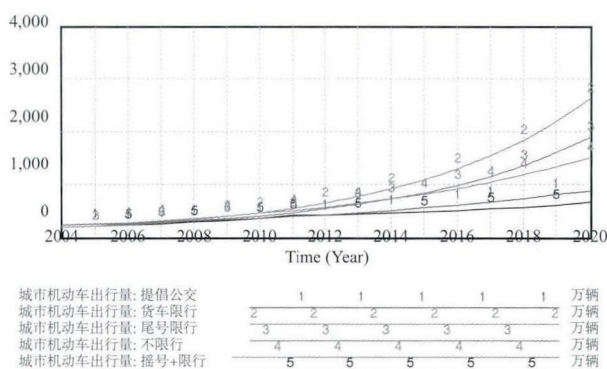


图 12 各种治堵政策效果对比

5 结束语

近年来, 城市交通拥堵问题越来越严重, 除影响城市居民正常出行、导致环境污染加重外, 严重影响了城市物流的正常运行. 城市交通拥堵问题的治理是一个系统工程, 目前各国或地区治理城市交通拥堵的措施也是多角度、多方面、多样化的. 本文从城市交通拥堵这一现象入手, 分析了交通拥堵的现状、原因、影响及其根源, 从城市居民出行和城市物流两个角度总结了现有解决交通拥堵问题的对策, 在此基础上结合我国的实际情况, 用系统动力学的方法建立了治理城市交通拥堵的系统动力学模型, 并以北京市为例, 对北京市典型的治堵措施的实施效果进行了仿真分析. 城市交通拥堵问题是一个非常复杂的系统问题, 其研究有很大的学术价值和现实意义. 我国的城市交通拥堵问题越来越严重, 亟待用多种学科从多个视角对这一问题进行研究和分析, 为缓解城市交通拥堵提供正确的方向.

参考文献

- [1] 李罗明. 武汉市交通拥堵问题研究 [D]. 武汉: 武汉理工大学, 2005.
Li Luoming. The research of traffic jams and congestion in Wuhan[D]. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2005.
- [2] Bell M G H. Traffic restraint and urban decay[C]// IEE Colloquium on Urban Congestion Management, 1995: 2/1-2/5.
- [3] 孙莉芬. 城市交通拥挤疏导决策支持系统的研究 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2008.
Sun Lifan. Study on DSS of management of urban traffic congestion[D]. Wuhan: Huazhong University of Science & Technology, 2008.
- [4] Taylor J. Urban congestion and pollution — Is road pricing the answer[C]// Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Municipal Engineer, 1992, 93(4): 227-228.
- [5] McKnight E J. Transportation 2020. Opportunities and challenges[J]. Professional Engineering, 1993, 6(3): 29-31.
- [6] 张志耀, 叶梓余. 城市交通拥堵的成因与治理 [J]. 湘江经济, 2008(17): 46-47.
- [7] 傅方方. 城市地下物流系统风险评价及发展前景研究 [D]. 大连: 大连海事大学, 2010.
Fu Fangfang. Risk assessment and research on future prospects of ULS[D]. Dalian: Dalian Maritime University, 2010.
- [8] 杨光灿. 上海城市交通拥堵问题分析及对策建议 [D]. 上海: 同济大学, 2008.
Yang Guangcan. A study on the traffic jams and suggestion in Shanghai[D]. Shanghai: Tongji University, 2008.
- [9] 朱灿阳. 城市交通拥堵问题研究 [D]. 西安: 长安大学, 2009.
Zhu Canyang. Study on the problem of urban traffic jam[D]. Xi'an: Chang'an University, 2009.
- [10] 高鹏, 张子秦. 城市交通拥堵分析及对策研究 [J]. 交通科技与经济, 2011(2): 22-25.
Gao Peng, Zhang Ziqin. Analysis and countermeasures research of urban traffic jam[J]. Technology & Economy in Areas of Communications, 2011(2): 22-25.
- [11] 王涛. 城市物流外部不经济问题研究 [D]. 武汉: 武汉理工大学, 2007.
Wang Tao. Research on the external uneconomic problem of the city logistics[D]. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2007.

- [12] 徐东云. 城市交通拥堵治理模式理论的新进展 [J]. 综合运输, 2007(5): 1-10.
- [13] 王洪德, 张俊. 基于角改进的城市交通网络实时最短路径算法研究 [J]. 安全与环境学报, 2009(6): 166-169.
Wang Hongde, Zhang Jun. Study on the real-time shortest path algorithm on the angle — Modified basis in the urban transportation network[J]. Journal of Safety and Environment, 2009(6): 166-169.
- [14] 徐东云, 张雷, 兰荣娟. 城市交通拥堵的背景变换分析 [J]. 城市问题, 2009(3): 49.
- [15] 方风平, 曾艳英. 城市物流信息平台规划与设计实证分析 [J]. 交通企业管理, 2010(1): 56-58.
- [16] 张潜. 城市物流配送仿真调度系统设计及实证分析 [J]. 大连海事大学学报: 社会科学版, 2010(2): 45-47.
Zhang Qian. System design of simulation scheduling for city logistics distribution and empirical analysis[J]. Journal of Dalian Maritime University: Social Science Edition, 2010(2): 45-47.
- [17] 孙琳. 城市物流园区的规划设计方案 [J]. 中国水运, 2010(1): 52-54.
- [18] 李明捷. 基于供需平衡的出租汽车合理规模研究 [D]. 西安: 长安大学, 2007.
Li Mingjie. Study on the reasonable mode of taxi based on the balance of the supply and demand[D]. Xi'an: Chang'an University, 2007.
- [19] 肖倩. 基于 GPS 数据的公交行车计划研究 [D]. 北京: 北京交通大学, 2009.
Xiao Qian. Study on public transit scheduling based on GPS data[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2009.
- [20] 金基云. 北京与首尔城市交通体系比较研究 [D]. 北京: 北京交通大学, 2009.
Jin Jiyun. Comparative study of transportation system between Beijing and Seoul[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2009.
- [21] 马毅林. 基于非参数回归的路网短时交通状态预测 [D]. 北京: 北京交通大学, 2008.
Ma Yilin. Short-term traffic state forecasting of road network based on nonparametric regression[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2008.
- [22] 韩伟. 城市交通系统设置与土地利用效益相关性研究 [D]. 上海: 同济大学, 2006.
Han Wei. The research of the correlation of urban traffic and land use benefit — Shanghai for example[D]. Shanghai: Tongji University, 2006.
- [23] Taniguchi E, Thompson R G, Yamada T, et al. City logistics: Network modelling and intelligent transport system[M]. Pergamon Publishing, 2001.
- [24] Fu Y H, Piplani R. Supply-side collaboration and its value in supply chains[J]. European Journal of Operational Research, 2004, 152: 281-288.
- [25] Chen M Y. A model for integrated production planning in cellular manufacturing systems[J]. Integrated Manufacturing Systems, 2001, 12(4): 275-284.
- [26] Lin J, Lin T. Object-oriented conceptual modeling for commitment-based collaboration management in virtual enterprises[J]. Information and Software Technology, 2004, 46: 209-217.
- [27] Chen F, Drezner Z, Ryan J K, et al. Quantifying the bullwhip effect in a simple supply chain: The impact of forecasting, lead times, and information[J]. Management Science, 2000, 46(3): 436-443.
- [28] DeCroix G A, Arreola-Risa A. Optimal production and inventory policy for multiple products under resource constraints[J]. Management Science, 1998, 44(7): 950-961.
- [29] Hsiao J M, Shieh C J. Evaluating the value of information sharing in a supply chain using an ARIMA model[J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2006, 27(5-6): 604-609.