

城乡道路网供需系统的耦合关联机制及政策模拟 以武汉城市圈为例

张春燕^{1,2}, 段德忠³, 刘承良³, 曾菊新^{*1,4}

(1. 华中师范大学 地理过程分析与模拟湖北省重点实验室, 中国湖北 武汉 430079; 2. 华中师范大学 社会学院, 中国湖北 武汉 430079; 3. 华东师范大学 城市与区域科学学院, 中国 上海 200062; 4. 华中师范大学 城市与环境科学学院, 中国湖北 武汉 430079)

摘要:以武汉城市圈为例,通过构建城乡道路网供需系统耦合作用关联模型和系统动力学仿真模型,实证研究了1995—2013年武汉城市圈城乡道路网供需系统的耦合作用机制,并动态模拟了供需系统的3种耦合作用情景,结果显示:①19年来,武汉城市圈城乡道路网需求系统对供给系统的带动作用直接体现在以第二产业为主的经济结构、生活水平日益提高之下的民用汽车拥有量的线性增长、生活环境的逐步改善以及人口规模的逐渐增大等众多方面上;②19年来,武汉城市圈城乡道路网供给系统对需求系统的促进作用一方面体现在路网的不断建设、改造升级,使得城乡道路网的等级水平与供给规模越来越高,对经济发展所需资源的运力不断增强上,另一方面则表现在单位时间所达距离增大带来的成本递减上;③基于系统动力学的供需系统演化模拟清晰地刻画出了至2020年武汉城市圈城乡道路网系统的发展图景,其中交通带动经济快速发展型很好的实现了武汉城市圈将交通优势转化为经济发展强势的愿景。

关键词: 城乡道路网; 供需系统; 耦合机制; 政策模拟; 武汉城市圈

中图分类号 F127; TU984 文献标志码 A 文章编号 :1000 - 8462(2016)08 - 0080 - 07

DOI: 10.15957/j.cnki.jjdl.2016.08.011

Coupling Mechanism and Policy Simulation of Supply and Demand System of Urban-rural Road Network: A Case Study of Wuhan Metropolitan Area

ZHANG Chun - yan^{1,2}, DUAN De - zhong³, LIU Cheng - liang³, ZENG Ju - xin^{1,4}

(1. Key Laboratory for Geographical Process Analysis & Simulation, Central China Normal University, Wuhan 430079, Hubei, China; 2. School of Sociology, Central China Normal University, Wuhan 430079, Hubei, China; 3. College of Urban and Regional Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China; 4. School of Urban and Environmental Science, Central China Normal University, Wuhan 430079, Hubei, China)

Abstract: Taking Wuhan Metropolitan Area as an example, this paper empirically studies the coupling mechanism between supply and demand system of urban-rural road network from 1995 to 2013, and simulates three coupling development scenarios of the supply and demand system dynamically by constructing the coupling function model and system dynamics simulation model of supply and demand system of urban-rural road network. We find that the driving effects of the demand system to the supply system are directly reflected in the second industry-based economic structure, the linear increase of civilian vehicles, the gradual improvement of the living environment and the gradually increase of population in the 19 years. The promotion actions of the supply system to the demand system are not only reflected in the growing capacity by the continuous construction and upgrade of road networks, but also reflected in the continuous improvement of the accessibility of road networks. The simulation clearly depicts the development prospect of urban-rural road network system in Wuhan Metropolitan Area based on system dynamics of supply and demand system till 2020, where the type named Traffic Driven Economy Rapid Development has been a very good realization of Wuhan Metropolitan Area to transform the traffic advantage into the economic development.

Key words: urban-rural road network; supply and demand system; coupling mechanism; policy simulation; Wuhan Metropolitan Area

收稿时间 2016 - 03 - 29; 修回时间 2016 - 06 - 27

基金项目 国家自然科学基金项目(41371183); 华中师范大学中央高校基本科研业务费项目资助(CCN16JCZX09)

作者简介 张春燕(1983—), 女, 湖北松滋人, 博士/博士后。主要研究方向为旅游社会学、旅游地理学。E-mail: 1499219549@qq.com。

※通讯作者 曾菊新(1950—), 男, 湖北石首人, 教授, 博士生导师。主要研究方向为城市与区域。E-mail: zengjuxin@mail.ccnu.edu.cn。

中国近30年来在经济增长和减贫上取得了举世瞩目的成就,其中重要成就之一是基础设施,尤其是交通基础设施的发展。这样的经济发展带动模式在中国已经固化成为一种发展的“意识形态”:要想富,先修路。毋庸置疑,城乡道路网络系统是城乡作用和联系的基础支撑,它为城乡关联活动提供根本的通道和介质,是城乡社会经济活动空间横向拓展的先决条件和时间纵向运行的基础部件^[1]。从系统发生学角度来看,城乡路网的产生和发展源于人类经济社会发展的交通需求推动,这种区域社会经济要素交流和发展的需求是城乡路网结构、质量和能力不断优化的根本动力。然而,针对当前交通建设大干快上的态势,不少长期关注中国基础设施建设的专家学者深感忧虑,如中科院院士陆大道先生在《关于避免我国交通建设过度超前的建议》中,就提到中国当前交通建设处于过度超前的态势。毫无疑问,交通建设适度超前,可以为经济社会发展留下空间,作好准备,但过度超前,一定程度上会造成资源浪费。如过多的高速公路,会对沿线地区的社会经济系统进行分割,其结果是碎化了国土空间;大量新建成的高速公路,客货流量严重不足;许多支线机场建成之后即大量亏损;近年一些港口的吞吐能力已大大超过实际运量;动车组开到哪里,机票价格就降到哪里等。

武汉城市圈是由武汉及其周边100km范围内8座中心城市(鄂州、黄冈、黄石、孝感、咸宁5个地级市和仙桃、天门、潜江3个省直管县级市)组成的,人口、经济高度密集的区域综合体。近年来,随着沪汉蓉城际高铁和京广高铁的开通运行、长江经济带建设纳入国家发展规划以及天河机场三期工程的接近尾声,武汉城市圈“中国之中”的交通区位优势逐步显现,武汉市已经成为东部沿海城市至西部内陆城市的必经中转之地。相比之下,虽然武汉城市圈肩负“中部崛起”的重任以及作为“两型社会”建设的改革示范区,但经济社会发展的相对滞缓和“武汉市”一城独大的格局使得武汉城市圈以及整体的长江中游城市群依旧属于“中部塌陷地”。目前,武汉城市圈城乡道路网规模及建设趋势与社会经济发展呈现出严重不相称的状态,无论是地级市层面还是县级市层面,武汉城市圈城乡道路网的供给规模都远远大于社会经济对交通发展的需求,道路网络建设规模超前,反映出在忽略微观尺度(城市内部)的道路网下,交通路网供给系统超前发展这一判断在不同空间尺度存在普遍的一致性^[2]。

那么对于武汉城市圈而言,其城乡道路网供需系统的耦合关联作用机制如何?如何才能实现将其极其优越的交通区位优势转换为经济发展动力(或经济发展优势转化为交通建设动力)?

综观当前交通与区域发展关系的研究发现,国外交通建设与区域发展的耦合研究主要集中在国家(或区域)和都市区两个层面。国家层面主要关注交通可达性与区域社会发展的相互影响研究:一是侧重从新建交通路网、地区交通发展政策变化等方面分析交通可达性变化^[3-5];二是集中于可达性提高、通行成本降低对区域经济增长(如就业增长、GDP增长等)的影响研究^[6-8]。都市区层面主要关注交通可达性与城市土地利用结构之间的关系研究^[9-11]以及城市内部公共交通规划方面的研究^[12-14]。相较而言,国内交通建设与区域发展的关联研究起步较晚,但研究对象和研究尺度都有所扩宽,研究方法也有所更新,不仅对不同等级路网建设所引起的区域社会经济发展效应进行评价^[15-18],而且对不同空间尺度的交通网络演变对社会经济发展的影响进行了研究^[19-22]。然而整体上,已有的研究多集中在交通优化引致的社会经济发展效应这一单向关系测度上,且以交通乘数效应的空间格局研究为重点,缺乏交通优化是如何影响社会经济发展的机制剖析,以及社会经济发展是如何带动(或迫使)交通建设的机理研究。

基于此,本文引入灰色关联模型和系统动力学模型,通过构建城乡道路网供给—需求系统耦合作用关联模型和系统动力学仿真模型,实证研究1995—2013年武汉城市圈城乡道路网供需系统的耦合作用机制,并动态模拟供需系统的3种耦合作用情景,展开比较分析,以为武汉城市圈空间可持续发展提供理论借鉴和政策建议。

1 研究方法

1.1 供给子系统关键变量

城乡道路网供给子系统主要通过道路网的结构形态(连接程度和伸展程度),道路网的等级规模(等级水平和供给规模)以及道路网伺服能力(技术水平和通达能力)来反映(表1)^[2]。

1.2 需求子系统关键变量

鉴于城乡道路网发展的根本动力是城乡经济社会要素关联和交流的需要,因此需求子系统关键变量主要从经济(经济水平、经济结构和经济效益)和社会(人口就业、社会生活)两个维度来构建

表1 城乡道路网供给系统关键变量

Tab.1 Key variables of supply system of urban-rural road network

评价目标	一级指标	二级指标	内涵解释
结构形态	连接程度	连接率	道路网线路数与节点数之比
	伸展程度	网络直径	道路网中最远两个节点间最短路径所经过的线路数
等级规模	等级水平	等级水平	道路网中高速公路、一级公路、二级公路、三级公路、四级公路的比例
	供给规模	面积密度	单位面积道路节点个数和单位面积公路里程长度
伺服能力	技术水平	技术网值	区域人口享用高等级公路(包括高速公路、一级公路和二级公路)的机会 ¹
	通达能力	通达指数	最短时间通达性指数 ²

注释:1.计算公式为 $\eta=(aL_1+bL_2+cL_3)/\sqrt{PA}$,其中 L_1 为高速公路长度, L_2 为一级公路长度, L_3 为二级公路长度, P 为区域人口, A 为区域面积, a 、 b 、 c 为高速、一级、二级公路权重,且 $a+b+c=1$ 。2.计算方法见文献:段德忠,刘承良.基于城市腹地的乡镇通达性的时空格局及其演化——以湖北荆州市112个乡镇为例[J].长江流域资源与环境,2015,24(4):548-556。

表2 城乡道路网需求系统的关键变量

Tab.2 Key variables of demand system of urban-rural road network

评价目标	一级指标	二级指标	三级指标
经济	水平	总值	地区生产总值、固定资产投资额、地方财政收入、社会消费品零售总额
		均值	人均GDP、人均工业总产值
	结构	产业比重	第一产业比重、第二产业比重、第三产业比重
		从业比重	第一产业从业比重、第二产业从业比重、第三产业从业比重
社会	效益	经济效益	工业总产值、农林牧渔总产值、第三产业增加值、单位GDP能耗
		人口结构	总人口、城市化率、人口密度
	就业	就业水平	全社会从业人员、人口就业率、职工平均工资、城镇登记失业率
		就业结构	第一产业从业比重、第二产业从业比重、第三产业从业比重
生活	生活水平	城镇居民可支配收入、农村居民人均纯收入、居民储蓄存款余额、人均居民消费、民用汽车总计	
	生活环境	人均绿地面积、污水集中处理率、生活垃圾无害化处理率	

注释:数据来源于《湖北省统计年鉴》(1995—2014)、《武汉城市圈年鉴》(2008—2014)。

(表2)^[2]。

1.3 供需系统各指标发展值

本文采用直线型无量纲化方法之阈值法对原始数据进行同度量处理^[2],然后基于熵值赋权法对指标进行赋权,最后进行逐级递归的方法计算供给—需求系统一级指标发展值(表3、表4)。

表3 武汉城市圈城乡道路网供给系统一级指标发展值

Tab.3 The development values of the first level indicators of supply system of urban-rural road network

年份	形—结构形态		量—等级规模		势—伺服能力	
	连接程度	伸展程度	等级水平	供给规模	技术水平	通达能力
1995	0.868	0.292	0.831	0.222	0.320	0.612
2000	0.884	0.396	0.985	0.283	0.481	0.729
2005	0.980	0.463	0.864	0.402	0.575	0.817
2010	0.929	0.845	0.842	0.847	0.909	0.903
2013	0.918	1.000	0.926	1.000	1.000	0.950

表4 武汉城市圈城乡道路网需求系统一级指标发展值

Tab.4 The development values of the first level indicators of demand system of urban-rural road network

年份	经济发展			社会人口		
	经济水平	经济结构	经济效益	人口就业	生活水平	生活环境
1995	0.039	0.002	0.031	0.029	0.049	0.074
2000	0.056	0.238	0.059	0.047	0.067	0.086
2005	0.100	0.253	0.057	0.103	0.105	0.074
2010	0.232	0.236	0.261	0.154	0.199	0.107
2013	0.389	0.235	0.202	0.225	0.278	0.108

2 城乡道路网供需系统的协同演化机制

采用能较全面分析城乡道路网供给系统—需求系统多因素交互作用的灰色关联度模型^[23],以便对武汉城市圈城乡道路网供需系统耦合的非线性机制进行揭示,以及从时间角度来定量评价武汉城市圈城乡道路网供给系统—需求系统耦合协调程度。通过计算,武汉城市圈城乡道路网供需系统各要素指标之间的关联度大多在0.5~0.7之间,甚至超过0.8,属于较强关联,表明两个子系统之间具有较强的耦合关联特性。为进一步揭示二者之间交互耦合的机制和影响因素,将计算结果予以上一层次的简单平均并进行排序,分别得到需求系统对供给系统带动的主要因素和供给系统对需求系统促进的主要反馈因素。

2.1 需求系统带动供给系统发育的耦合机制

武汉城市圈城乡道路网需求系统对供给系统的带动作用直接体现在以第二产业为主的经济结构、生活水平日益提高之下的民用汽车拥有量的线性增长、生活环境的逐步改善以及人口规模的增大等众多方面。综合来看,在需求系统对供给系统综合作用机制中,以经济结构和生活环境对供给系统的作用最为明显,数据结果也表明,1995—2013年

武汉城市圈城乡道路网需求系统的经济结构和生活环境与供给系统的关联度均高于0.65,属于较强关联。分时序来看:1995年,经济结构、人口就业、生活环境与供给系统的关联度分别为0.675、0.667和0.681,为较强关联;经济水平、经济效益和生活水平与供给系统的关联度处于0.35~0.65之间,为中度关联;2000年,经济结构、人口就业、生活环境与供给系统的关联度分别为0.663、0.647和0.685,为较强关联,经济水平、经济效益和生活水平与供给系统的关联度依旧处于0.35~0.65之间,为中度关联;2005年,人口就业与供给系统的关联度下降,和经济水平、经济效益和生活水平三个指标一起处于中度关联阶段,经济结构和生活环境与供给系统的关联度呈现出上涨态势,超过0.72,为较强关联;2010年,经济结构与供给系统的关联度超越生活环境与供给系统的关联度,成为需求系统对供给系统带动作用最强的因素,同时人口就业与供给系统的关联度也再次上升到较强关联区间;2013年,经济结构继续为需求系统对供给系统带动作用最强的因素,生活水平与供给系统的关联度出现极大的上升趋势,并超越人口就业,同时生活环境对供给系统的带动作用依旧强势。

2.2 供给系统促进需求系统生长的耦合机制

武汉城市圈城乡道路网供给系统对需求系统的促进作用一方面体现在路网的不断建设、改造升级,使得城乡道路网的等级水平与供给规模越来越高,对经济发展所需资源的运力不断增强;另一方面表现在单位时间所达距离的增大(或单位距离所需时间的减少)带来的成本递减上。计算结果表明,武汉城市圈城乡道路网供给系统的供给规模对需求系统的促进作用最大,表明路网密度的增大对社会经济发展地促进作用最明显。综合来看,武汉城市圈城乡道路网供给系统各因素对需求系统的促进作用皆呈不断上升的趋势,且至2013年,基本全部为较强关联,“交通先行”带来的“好处”开始显现。分时序来看:1995年,等级水平和通达能力与需求系统的关联度分别为0.684和0.678,为较强关联;其余五个指标与需求系统的关联度均处在0.35~0.65之间,为中度关联。2000年,等级水平与需求系统的关联度出现下降,并低于0.65,跌至中度关联,而供给规模与需求系统的关联度出现快速上升趋势,并高于通达能力与需求系统的关联度,成为供给系统对需求系统促进作用最强的因素,连接程度、伸展程度、技术水平与需求系统的关联度

依旧为中度关联。2005年,等级水平与需求系统关联度升高,与供给规模和通达能力一起处于较强关联阶段,连接程度、伸展程度、技术水平三个指标仍然处于中度关联期。2013年,连接程度、伸展程度与需求系统的关联度首次大于0.65,和等级水平、供给规模、通达能力三个指标一起为较强关联因素。2013年为2010年的延续,只有技术水平一个指标为中度关联。

3 SD模型下城乡道路网供需系统耦合发展的政策模拟

3.1 因果反馈分析

在城乡道路网供需系统耦合发展中,经济发展、社会人口、结构形态、等级规模和伺服能力子系统是一种相互联系、相互影响和相互作用的关系。每一个子系统的运行既取决于内部的结构,同时也受到其他子系统要素地作用。其中主要的因果反馈回路有:

①GDP的增加将提高财政收入,进而财政支出有所保障,用于固定资产投资的份额将提升,进而用于建设城乡道路网的交通基础设施投资增加,则路网等级水平、供给规模、通达能力、技术水平、伸展程度、连接程度都将上升,为正反馈关系。

②GDP的增加,人均GDP与城乡人居收入顺势增加,进而提高生活水平,则民用汽车总量不断增加,对城乡道路网提出更大的需求,为正向反馈关系。

③GDP增加,导致对资源能源消耗的增加,进而资源生产量不断增大,财政收入和固定资产投资增加,用于建设城乡道路网的资金增加,使得路网供给系统不断发育,为正向反馈关系。

④交通固定资产投资增加,改善了区域的基础设施条件和投资环境,加速了人流、物流、信息流,进而三次产业产值相应提升,GDP总量相应增加,相应的人均GDP和城乡居民人均收入也顺势提高,进而生活水平提高,为正向反馈关系。

⑤交通固定资产投资增加,直接增加全社会劳动力的需求,三次产业从业人员比重相应提高,进而提高全社会的就业水平,为正向反馈关系。

3.2 SD模型结构

根据城乡道路网供需系统的主要因果反馈回路,结合SD(系统动力学)模型的可操作性原则,针对系统的复杂性选取具体的指标变量,这些指标能够较为全面反映出武汉城市圈城乡道路网供需系

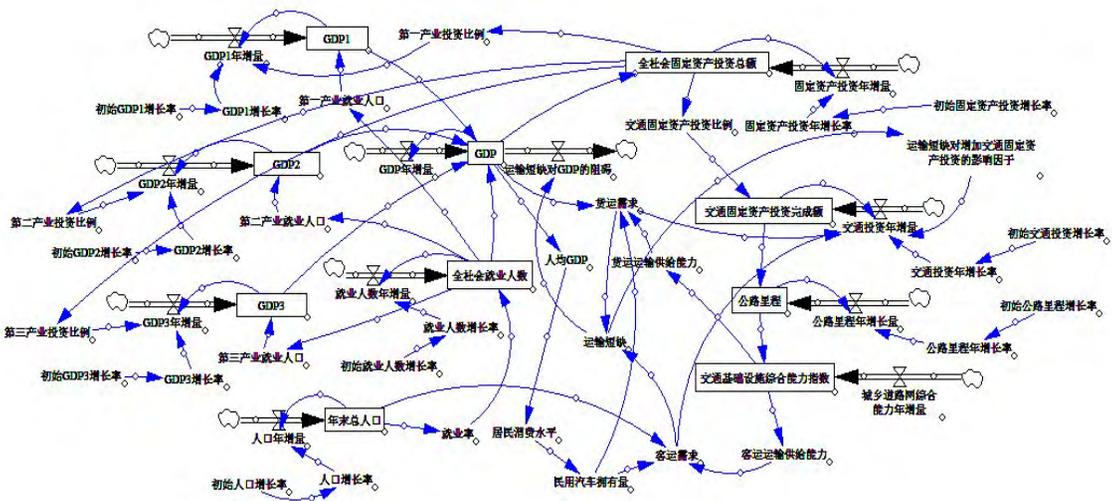


图1 城乡道路网供给-需求系统耦合的SD流程图

Fig.1 SD flow diagram of supply-demand system of urban-rural road network

统的耦合交互作用机制(图1)。

3.3 模型检验

借助 VENSIM 软件对该模型完成 Reality check 检验,主要选取 2005 和 2010 年数据进行历史检验^[25]。从表 5 可以看出仿真值和历史值得误差不超过 5%,仿真数值与真实数值相差极小。可见该模型具有较好的复制能力,因此,通过历史检验说明该模型基本可以有效地代表武汉城市圈城乡道路网供需系统的耦合现状。

3.4 供需系统耦合发展的政策模拟

根据武汉城市圈城乡道路网供需系统的总体因果关系回路以及各子系统表示的局部因果关系回路可以发现一些重要的参量对供需系统的主要反馈回路起到重要的作用。本文根据参量的确定原则,选择交通基础设施 GDP 增长率、交通固定资产投资比例、交通基础设施全社会就业水平增长率等多项指标作为控制参量,并根据城乡道路网供需系统耦合特性设计以下三种耦合发展模式,对武汉城市圈未来 15 年(以 2005 年为起始年份)的调控策

略进行研究。

3.4.1 耦合发展模式一:自然演变发展模式

武汉城市圈城乡道路网供需系统的 SD 模型中,各个参数不变,按照现有的发展趋势进行模拟(图 2)。

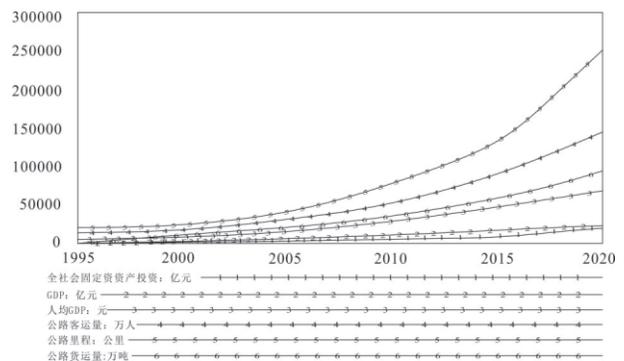


图2 武汉城市圈城乡道路网供需系统耦合的自然演变发展模式

Fig.2 Natural evolution model of supply-demand system of urban-rural road network

从图 2 可以发现:①在需求系统方面,GDP 和

表5 武汉城市圈城乡道路网供需系统主要指标动力学仿真值与历史数据对比

Tab.5 Dynamic simulation values and historical data of supply and demand system of urban-rural road network

指标	2005年			2010年		
	实际值	仿真值	误差(%)	实际值	仿真值	误差(%)
总人口(万人)	3 076.17	3 145.67	2.259	3 024.29	3 013.85	-0.345
GDP(亿元)	3 995.73	4 028.64	0.823	9 635.69	9 764.89	1.341
人均GDP(元/人)	13 452.22	13 617.12	1.226	31 995.38	30 543.71	-4.537
固定资产投资(亿元)	1 693.44	1 664.89	-1.686	6 762.67	6 532.18	-3.408
民用汽车总量(量)	5 80761	5 72341	1.449	12 53300	12 29672	-1.885
第一产业产出(亿元)	552.28	541.26	-1.995	952.08	979.23	2.852
第二产业产出(亿元)	1 700.21	1 731.05	1.814	4 476.39	4 621.82	3.249
第三产业产出(亿元)	1 743.25	1 806.74	3.642	3 803.70	3 765.12	-1.014

人均GDP在2015、2020年分别达到了16 179.35亿元、46 449.09元和23 472.51亿元、68 399.64元,同时全社会固定资产投资也显著提高,2015年和2020年分别为7 076.88亿元和21 595亿元。民用汽车拥有总量在2015、2010年分别达到2 284 616辆和3 781 715辆。②在城乡道路网供给方面,城乡道路网供给系统综合发展指数由2010年的0.979上升至2015年的0.971和2020年的0.982。武汉城市圈公路里程至2020年也达到248 108.99km,客运总量和货运总量分别达到143 028.01万人和96 769.83万t。

自然演变发展模式下,至2020年,武汉城市圈城乡道路网供给系统发展综合指数为0.982,需求系统综合发展指数为0.734。供需系统耦合度^①为0.900,协调度^②为0.879,因此在自然演变发展模式下,武汉城市圈城乡道路网供需系统发展类型在2020年为有序良好协调可持续发展。

3.4.2 耦合发展模式二:交通快速发展型

为了进一步推动武汉城市圈城乡道路网建设,本文专门设计了“交通快速发展型”发展模式,对如下参数进行了调整:①提高交通固定资产投资比重及年均增长系数;②提高公路里程年均增长系数。其它初始参数不做大规模的调整,对未来发展趋势进行模拟(图3)。经过模拟可以看出:武汉城市圈供给系统在该模式中发展最快,不论是公路里程数、客运总量、货运总量还是城乡道路网供给系统综合发展指数在这3种模式当中数值最大。到2020年,武汉城市圈的公路里程数总量达到了261 021.73km,客运总量和货运总量分别达到154 301.49万人和102 169.12万t。城乡道路网供给系统综合发展指数更是上升到0.989。

交通快速发展模式下,至2020年,武汉城市圈城乡道路网供给系统发展综合指数为0.997,需求系统综合发展指数为0.736。供需系统耦合度为0.892,协调度为0.879,因此在交通快速发展模式下,武汉城市圈城乡道路网供需系统发展类型在2020年为高水平良好协调可持续发展。

3.4.3 耦合发展模式三:交通—经济协调型

交通建设对区域经济增长具有乘数效应。当

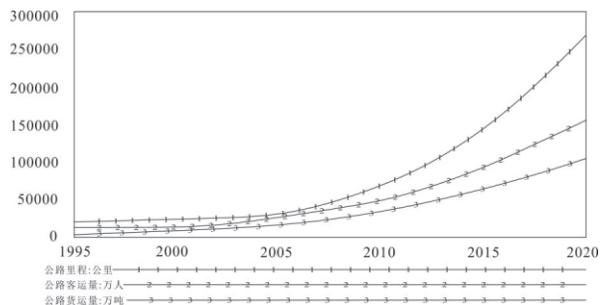


图3 武汉城市圈城乡道路网供需系统耦合的交通快速发展模式

Fig.3 Rapid transport development model of supply-demand system of urban-rural road network

前武汉城市圈城乡道路网建设已经极大地领先于经济发展,武汉城市圈急需将交通区位优势转化为经济发展强势,以期达到交通与区域社会经济的协调发展。因此本文构建交通带动区域经济快速发展模式,对初始参数做出如下调整:①提高交通运输对三次产业增长率的贡献系数;②降低运输短缺对GDP增长的阻碍系数;③提高交通运输对全社会就业水平的影响系数。经过参数调整,发现试验结果变化明显:①GDP增速明显加快,如由2010年的9 635.69亿元上升到2020年的28 652.31亿元,同时人均GDP也由2010年的27 298.07元上升至76 574.62元;②全社会固定资产投资至2020年增加至23 725亿元。在交通带动经济快速发展模式下,至2020年,武汉城市圈城乡道路网供给系统发展综合指数为0.979,需求系统综合发展指数为0.834。供需系统耦合度为0.968,协调度为0.937,因此在交通带动经济快速发展模式下,武汉城市圈城乡道路网供需系统发展类型在2020年为优质良好协调可持续发展。

4 结论

第一,城乡道路网供需系统之间是通过相互作用而形成的一个复杂的、非线性的多重反馈耦合系统。19年来,武汉城市群城乡道路网供需系统中不同要素与要素之间存在着复杂的互相制约、互相促进、互相作用的关系。其中需求系统对供给系统的带动作用直接体现在以第二产业为主的经济结构、生活水平日益提高之下的民用汽车拥有量的线性

①引入耦合度来揭示城乡道路网系统供需耦合共振的协调有序状态,计算方法见参考文献[2]。其中,耦合度值处于0.900~1.000属于有序发展,处于0.700~0.899属于高水平耦合发展,处于0.500~0.699属于磨合型发展,处于0.300~0.499属于拮据型发展,处于0.00~0.299属于低水平发展。

②引入协调度以表示道路网供需之间协调发展关系,计算方法见参考文献[2]。其中,协调度值处于0.90~1.00属于优质协调,处于0.80~0.89属于良好协调,处于0.70~0.79属于中级协调,处于0.60~0.69属于初级协调,处于0.50~0.59属于勉强协调,处于0.40~0.49属于濒临失调,处于0~0.39属于失调。

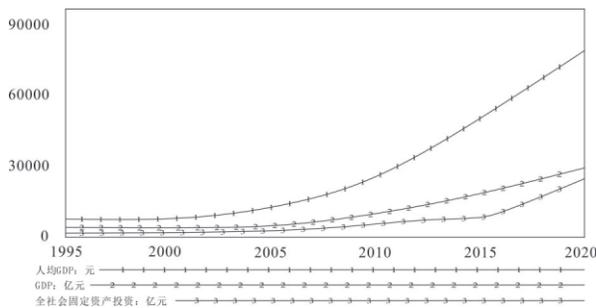


图4 武汉城市圈城乡道路网供需系统耦合的交通带动经济快速发展模式

Fig.4 Rapid economic development model driven by transport development of supply-demand system of urban-rural road network

增长、生活环境的逐步改善以及人口规模的逐渐增大等众多方面上。供给系统对需求系统的促进作用一方面体现在路网的不断建设、改造升级,使得城乡道路网的等级水平与供给规模越来越高,对经济发展所需资源的运力不断增强;另一方面表现在单位时间所达距离的增大(或单位距离所需时间的减少)带来的成本递减上。

第二,基于系统动力学的供需系统演化模拟清晰地刻画出了至2020年武汉城市圈城乡道路网系统的发展图景。其中自然演变发展模式下,武汉城市圈城乡道路网供需系统发展类型为有序良好协调可持续发展;在交通快速发展模式下,武汉城市圈城乡道路网供需系统发展类型为高水平良好协调可持续发展;在交通带动经济快速发展模式下,武汉城市圈城乡道路网供需系统发展类型为优质良好协调可持续发展。由此可见,武汉城市圈应着力将交通区位优势转化为经济发展优势,以期达到交通与区域社会经济的协调发展。

参考文献:

- [1] 曾菊新. 现代城乡网络化发展模式[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 182 - 183.
- [2] 段德忠, 刘承良, 曾菊新, 等. 武汉城市圈城乡道路网供需系统的时空协同演化[J]. 人文地理, 2015(6): 89 - 97.
- [3] Vickerman R, Spiekerman K, Wegener M. Accessibility and Economic Development in Europe[J]. Regional Studies, 1999, 33(1): 1 - 15.
- [4] Gutierrez J, Gonzalez R, Gomez G. The European high-speed train network: Predicted effects on accessibility patterns[J]. Journal of Transport Geography, 1996, 4(4): 227 - 238.
- [5] Vickerman R. Location, accessibility and regional development: the appraisal of trans-European networks[J]. Transport Policy, 1996, 2(4): 225 - 234.
- [6] Bowen J. Airline hubs in Southeast Asia: national economic de-

velopment and nodal accessibility[J]. Journal of Transport Geography, 2000, 8: 25 - 41.

- [7] Sasaki K, Ohashi T, Ando A. High-speed rail transit impact on regional systems: does the Shinkansen contribute to dispersion? [J]. The Annals of Regional Science, 1997, 31: 77 - 98.
- [8] Linneker B, Spence N. Accessibility measures compared in an analysis of the impact of the M25 London Orbital Motorway on Britain [J]. Environment and Planning A, 1992, 24: 1 137 - 1 154.
- [9] Recker W W, Chen C, McNally M G. Measuring the impact of efficient household travel decisions on potential travel time savings and accessibility gains [J]. Transportation Research A, 2001, 35: 339 - 369.
- [10] Badoe D A, Miller E J. Transportation-land-use interaction: empirical findings in North American, and their implication for modeling[J]. Transportation Research D, 2000(5): 235 - 263.
- [11] Sim Loo Lee, Malone-Lee Lai Choo, Chin Kein Hoong Lawrence. Integrating land use and transport planning to reduce work-related travel: a case study of Tampines Regional Centre in Singapore[J]. Habitat International, 2001, 25(3): 399 - 414.
- [12] Congdon P. A Bayesian approach to prediction using the gravity model, with an application to patient flow modeling [J]. Geographical Analysis, 2000, 32: 205 - 224.
- [13] Kwan M P, Janelle D G, Goodchild M F. Accessibility in space and time: A theme on spatially integrated social science [J]. Journal of Geographical systems, 2003(5): 1 - 3.
- [14] Kim H M, Kwan M P. Space-time accessibility measures: A geocomputational algorithm with a focus on the feasible opportunity set and possible activity duration [J]. Journal of Geographical Systems, 2003(5): 71 - 91.
- [15] 麻清源, 金马辉, 张超. 基于网络分析的交通网络评价及其与区域经济发展关系研究[J]. 人文地理, 2006, 21(4): 113 - 116.
- [16] 吴威, 陈雯, 曹有挥. 过江通道建设对相对落后地区发展的影响[J]. 长江流域资源与环境, 2009, 18(5): 397 - 402.
- [17] 曹小曙, 薛德升, 闫小培. 中国干线公路网络连接的城市通达性[J]. 地理学报, 2005, 60(6): 903 - 910.
- [18] 金凤君, 王姣娥. 20世纪中国铁路网扩展及其空间通达性[J]. 地理学报, 2004, 59(2): 293 - 302.
- [19] 王伯礼, 张小雷. 新疆公路交通基础设施建设对经济增长的贡献分析[J]. 地理学报, 2010, 65(12): 1 522 - 1 533.
- [20] 陈博文, 陆玉麒, 柯文前, 等. 江苏交通可达性与区域经济发展水平关系测度[J]. 地理研究, 2015, 34(12): 2 283 - 2 294.
- [21] 程钰, 刘雷, 任建兰, 等. 县域综合交通可达性与经济发展水平测度及空间格局研究[J]. 地理科学, 2013, 33(9): 1 058 - 1 065.
- [22] 孟德友, 沈惊宏, 陆玉麒. 中原经济区县域交通优势度与区域空间耦合[J]. 经济地理, 2012, 32(6): 7 - 14.
- [23] 傅立. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1992: 186 - 263.
- [24] 罗上华, 马蔚纯, 王祥荣, 等. 城市环境保护规划与生态建设指标体系实证[J]. 生态学报, 2003, 23(1): 45 - 55.
- [25] 刘承良, 颜琪, 罗静. 武汉城市圈经济资源环境耦合的系统动力学模拟[J]. 地理研究, 2013, 32(5): 857 - 869.