

城市智能交通系统效益的影响因素研究

官淑琪¹, 张勤康¹, 云俊²

(1. 武汉商学院 工商管理学院, 湖北 武汉 430056; 2. 武汉理工大学 管理学院, 湖北 武汉 430070)

摘要:以智能交通系统设计、研发、建设、运行的全过程为视角,从要素投入、政府引导、城市初始条件和系统功能保障4个方面探讨城市智能交通系统效益的影响因素,构建了城市智能交通系统效益的解释结构模型,明确了各个影响因素的层次结构关系,分析了影响城市智能交通系统效益的直接因素和根本因素,并提出相关政策建议。研究发现,政策支持是影响城市智能交通系统效益的深层因素,交通基础设施、出行者素质、基础数据、硬件与软件的配套是影响城市智能交通系统效益的直接因素。研究结论有利于交通管理部门梳理城市智能交通系统建设应用过程中的问题,为我国城市智能交通系统的发展提供理论依据。

关键词:智能交通系统; 影响因素; 解释结构模型; 效益

中图分类号: U491

DOI: 10.3963/j.issn.2095-3852.2018.01.009

智能交通系统(intelligent transport systems, ITS)是解决城市交通问题的重要方法之一,从20世纪90年代我国开始智能公交系统的建设实践,截至2015年底,36个城市应用了公共交通智能化系统,30个城市开展了出租汽车服务管理信息系统试点建设,多个城市取得了良好进展^[1]。在如此大规模的ITS建设和应用环境下,我国城市交通拥堵、环境污染等问题依然严重,智能交通系统在实际应用中出现如资源利用率较低、应用效果不如预期等问题。城市智能交通系统的复杂性、开放性特征决定了其效益影响因素涉及到科技、社会和经济等方面,且影响因素间存在着密切的相互关系。目前学术界多以智能交通效益测评为主题,围绕评价指标、评价方法等问题开展研究,而单独针对智能交通系统效益影响因素的研究较少^[2]。为此,笔者从两种不同视角分析影响因素,一种是基于现有研究成果的归纳总结;另一种是以国内外城市智能交通系统的发展事实为依据,采用专家咨询、隶属度分析等方法,就城市智能交通系统效益影响因素进行深入探讨,提取促进和制约城市智能交通系统效益的因素,采用解释结构模型探索城市智能交通系统效益影响因素内在的相互关系和层次结构,可为我国智能交通系统的发展提供理论参考。

1 影响因素的提取与分类

通过对现有文献的整理可以发现,目前国内学者从不同视角提出了系统效益的影响因素,代表性观点如表1所示。这些观点的划分主要以影响因素产生的根源为标准,具体可分为具有系统自组织特点的内源性影响因素和具有政策调控约束特点的外源性影响因素。内源性影响因素是一种自发的内在力量,包括系统要素行为、子系统互联互通、信息共享等;外源性影响因素主要来源于外部环境和政府有意识的引导与管控,具体反映在政府行为、技术进步、标准与规划等方面。

基于上述观点,笔者借助交通运输部信息化研究项目提供的调研机会和咨询会等条件,通过现场作答、访谈等形式,向交通信息化行业专家、学者和技术人员发放咨询表,调查智能交通系统设计、研发、建设和运行等过程的关键环节及其影响因素。被调查者根据自己的从业经验和专业知识回答问题,共发放咨询表100份,回收咨询表89份,其中,有效咨询表为84份,有效回收率为84%。综合考虑已有文献的相关观点和调查结果,笔者从要素投入、政府引导、城市初始条件和系统功能保障4个方面总结出14个影响因素,具体如表2所示。

收稿日期: 2017-08-05.

作者简介: 官淑琪(1988-),女,湖北武汉人,武汉商学院工商管理学院博士研究生,主要研究方向为信息系统与决策科学。
基金项目: 交通运输部信息化技术研究资金项目(2015364811070)。

表1 智能交通系统运行效益影响因素的代表观点

国度	学者	主要观点/影响因素	文献来源
国外	ASHIM 等 ^[3]	私人交通、公共交通、紧急运输等领域的均衡发展是提升智能交通综合运行效益的关键	Cities
	KOLOSZ 等 ^[4]	金融投资、部门间的沟通协调影响 ITS 运行绩效	IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems
	岳建明 ^[5]	关键技术创新、系统标准化和产业链整合是制约 ITS 发展和运行效益的主要因素	中国软科学
国内	王笑京 ^[6]	核心技术能为 ITS 的功能升级和系统发展提供充足空间	交通运输管理干部学院学报
	陆化普等 ^[7]	完善的交通基础设施是发展城市智能交通系统的前提,同时,需高度重视系统的顶层设计,实现资源共享,重视智能交通系统的软件升级,建立系统后评价制度	工程研究:跨学科视野中的工程
	宗刚等 ^[8]	智能交通系统建设运行效果受到交通信息化基础设施建设、交通信息服务、信息化系统应用、信息化标准等因素的影响	武汉大学学报(哲学社会科学版)
	陈长英等 ^[9]	资金资产的投入相差较大时,资金资产的投入将对智能交通系统的综合绩效产生比较大的影响;当资金资产的投入相差不大时,智能交通系统的标准化、管理的规范性及系统的运行绩效将对综合绩效产生比较大的决定作用	山东科学

表2 影响智能交通系统效益的主要影响因素

分类	影响因素	来源出处
要素投入	资金投入 S_1	文献[9]与文献[10]
	核心技术 S_2	文献[6]与文献[7]
	人才培养机制 S_3	文献[7]与文献[11]
政府引导	政策支持 S_4	文献[7]
	顶层设计 S_5	文献[7]与文献[11]
	推进机构 S_6	文献[10]
	政企合作 S_7	文献[7]
城市初始条件	经济发展水平 S_8	文献[12]
	交通基础设施 S_9	文献[7]与文献[11]
	出行者素质 S_{10}	笔者观点
系统功能保障	基础数据 S_{11}	笔者观点
	标准与规范 S_{12}	文献[5]、文献[11]和文献[13]
	硬件与软件的配套 S_{13}	文献[7]
	协同共享机制 S_{14}	文献[7]

1.1 要素投入

ITS 的建设和发展离不开要素的投入,主要包括资金投入、核心技术和人才培养机制。①资金具备凝聚、导向和调控作用,不仅能汇聚充足的优势资源,调整重点发展领域,还能透过价值流动规律客观地反映出城市智能交通系统的热点领域和薄弱环节,长期、持续的资金投入是激发 ITS 效益的重要因素。②技术为智能交通系统提供了先进的运输设备,提高了交通运输效率。同时,科技进步推动着交通规划设计技术和交通运营管理技术的进步。其中,交通规划设计技术的进步集中体现于交通设备网络布局的协调、子系统运行的

协调和各类交通运输方式的衔接和协调。交通运营管理技术的进步集中体现于系统协调调度和子系统间的协调运作,这些都能促进城市智能交通系统效益的提升。③智能交通系统作为高新技术发展的产物,其需要大量不同专业的技术人才,为智能交通系统提供专业管理和技术支撑。目前,智能交通系统及其产业仍不成熟,单靠市场机制的配置很难实现人才队伍的壮大。因此,需要借助政府的宏观调控力量,通过智能交通专项工程建设创造人才需求效益,增强高校和企业对相关人才的培养意识,同时,加强对行业管理人员和基层业务人员的信息化知识和技能培训,提高信息化应用能力。

1.2 政府引导

政府在智能交通系统发展中起着统筹规划、顶层设计和市场监管的宏观调控作用,其通过政策、规划和筹资等方式对 ITS 进行干预,直接影响了 ITS 的发展进程和效益。政府引导主要包括政策支持、顶层设计、推进机构和政企合作。其中,政策能体现国家或地区对于发展 ITS 的态度和重视程度,且对 ITS 推进速度有着很大的影响。我国高度重视 ITS 的发展,2001 年成立了全国智能交通系统建设协调指导小组,2008 年成立了中国智能交通协会,在“九五”到“十三五”交通运输信息化发展规划中,明确提出了 ITS 的发展战略。但是,国家层级的重视程度并没有完全延伸至地方政府,很多地区甚至是智能交通试点城市,却并无相应的主管部门,对于智能交通的认识也不够。要保证智能交通系统良性发展,必须顺应市场机

制,加强政企合作,采用政策、标准、资金补助等多种形式,激发市场主体活力。

1.3 城市初始条件

城市初始条件包括城市经济发展水平、交通基础设施和出行者素质,是 ITS 建设和运行的基石,并且在一定时间内是稳定的。首先,智能交通系统作为传统交通运输系统的发展和升级,与区域经济存在“交替推拉关系”,就目前我国城市智能交通系统的发展情况来看,城市经济发展水平直接决定了智能交通系统的建设水平。其次,交通基础设施资源能为智能交通系统提供充足的发展动力与空间,但目前很多 ITS 项目重点关注智能应用软件的开发,忽略了交通基础工程的系统设计、改造和同步实施。此外,我国大部分城市智能交通系统在发展过程中都伴随着交通基础设施的同步建设和改造,2016 年,北京、武汉、南京的在建地铁数分别为 16 条、13 条和 8 条,大规模的交通基础项目势必造成多路段封闭或限行,由此引发的交通拥堵单靠智能应用系统是无法解决的。在这种条件下,智能交通系统的运行目标也无法实现。最后,交通参与者的交通行为规范是智能交通系统充分发挥作用的基本环境条件,魏雪梅等通过定量计算得出有一定教育背景的驾驶员在出行信息影响下改变出行决策的频率较大的结论,同时,受过高等教育的驾驶员更趋向于搜寻出行信息^[10]。

1.4 系统功能保障

系统功能保障是智能交通系统目标得以实现的内在条件,包括基础数据、标准与规范、硬件与软件的配套及协同共享机制。其中,统一的标准和技术规范能保证不同子系统之间的数据交换和功能衔接,进而实现城市内交通部门的协调共享和城市间信息资源交换,以便于发挥智能交通系统的规模效应。

综上所述,城市智能交通系统效益具有多元化的影响因素,要素投入决定了智能交通系统建设的深度和广度;政府控制 ITS 推进的进程;城市初始条件为智能交通系统应用提供了充足的动力与发展空间;系统功能保障是智能交通系统目标得以实现的内在条件。同时,各影响因素并不是孤立存在的,每个影响因素对 ITS 效益的作用强度和作用效果均不相同。因此,笔者将采用解释结构模型进一步研究城市智能交通系统效益影响因素内在的相互关系和层次结构。

2 影响因素的解释结构模型

2.1 解释结构模型的建立

解释结构模型(interpretative structural model, ISM)借助专家学者的经验知识和数学模型,可将复杂系统构造成一个多级递阶的结构模型,有助于认识和分析多要素的复杂问题^[11]。

笔者在调研咨询的基础上,邀请了 16 位智能交通相关研究人员或从事智能交通建设管理工作的专业人士,组成 ISM 小组,就智能交通系统效益的 14 项影响因素进行深入探讨。首先由 ISM 小组的每一位成员分别判断两两因素间的关系,再采用隶属度分析法计算因素之间的逻辑关系 a_{ij} ,最后构建各因素间的邻接矩阵 $A = (a_{ij})_{14 \times 14}$,如表 3 所示。

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & S_i \text{ 与 } S_j \text{ 有关系} \\ 0 & S_i \text{ 与 } S_j \text{ 没有关系} \end{cases} \quad (1)$$

表 3 各因素间的邻接矩阵

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}	S_{11}	S_{12}	S_{13}	S_{14}
S_1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
S_2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
S_3	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
S_4	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1
S_5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1
S_6	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1
S_7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
S_8	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
S_9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S_{10}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S_{11}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S_{12}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
S_{13}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S_{14}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

通过对系统进行回路分析,可发现该矩阵有回路: $S_1 + S_2 + S_3 + S_8$, $S_4 + S_6$,只要选择一个节点即可代表回路集中的其他节点。笔者分别用 S' 表示 $S_1 + S_2 + S_3 + S_8$, S'' 表示 $S_4 + S_6$,对回路进行缩减,即缩点运算。然后采用布尔运算规则,求解缩减系统的可达矩阵 M' ,如表 4 所示,可达矩阵能够反映出城市智能交通系统效益影响因素的直接关系,并且这种影响关系是单向的。

对可达矩阵进行层次化处理,可得到层次化的可达矩阵,如表 5 所示。

表4 可达矩阵 M'

	S'	S''	S ₅	S ₇	S ₉	S ₁₀	S ₁₁	S ₁₂	S ₁₃	S ₁₄
S'	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
S''	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
S ₅	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1
S ₇	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1
S ₉	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
S ₁₀	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
S ₁₁	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
S ₁₂	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
S ₁₃		0	0	0	0	0	0	0	1	0
S ₁₄	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1

表5 层次化的可达矩阵

	S ₉	S ₁₀	S ₁₁	S ₁₃	S'	S ₁₄	S ₇	S ₁₂	S ₅	S''
S ₉	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S ₁₀	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
S ₁₁	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
S ₁₃	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
S'	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
S ₁₄	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
S ₇	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
S ₁₂	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
S ₅	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0
S''	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1

根据层次化的可达矩阵,城市智能交通系统效益影响因素可划分为5个层级, $L_1 = (S_9, S_{10}, S_{11}, S_{13})$, $L_2 = (S', S_{14})$, $L_3 = (S_7, S_{12})$, $L_4 = (S_5)$, $L_5 = (S'')$ 。结合因素之间的相互影响关系,构建城市智能交通系统效益影响因素的解释结构模型,如图1所示。

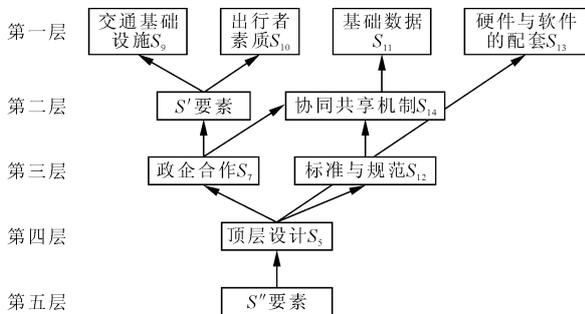


图1 影响因素的解释结构模型

2.2 解释结构模型的分析

笔者通过图1将城市智能交通系统效益影响因素的复杂关系变得层次化和条理化,下面进一

步对模型的结构加以分析说明: ①影响城市智能交通系统效益的深层因素(第五层级)是政策支持和推进机构。政府引导层面的另外两个因素:顶层设计和政企合作分别处于第四层级和第三层级,反映了政府在我国城市智能交通系统建设中的主导地位。政策决定了城市智能交通系统项目的开发速度、建设规模和覆盖范围,能调动智能交通系统应用所需的资金、人才和技术。国家ITS发展战略对不同城市的ITS建设存在一定的地方倾斜,结合北京、广州ITS发展经验来看,明确、连续的政策支持是加速ITS应用的必要条件。②第三层级因素包括政企合作、标准与规范,且都受到第四层级中顶层设计的影响。表明顶层设在智能交通系统建设中具有战略性意义。顶层设能把控智能交通系统建设、应用、维护的每一个环节。政企合作能够充分激发市场主体活力,保证智能交通系统的可持续发展。政企合作、标准与规范是第四层级和第五层级因素的集中体现。③第二层级包含了经济发展水平、资金投入、核心技术、人才培养机制和协同共享机制,其中,经济发展水平、资金投入、核心技术和人才培养机制形成了回路。这是因为经济发展水平直接决定了智能交通系统建设的资金投入,而在经济较为发达的城市,聚集的人才也更多,开发核心技术的能力更强。反过来,技术和人才又可以促进经济的增长。协同共享机制受到标准与规范、政企合作两个因素的影响,在统一标准和规范条件下,不同子系统可以实现衔接与配合,政企合作则可以激发企业间资源的共享。④交通基础设施、出行者素质、基础数据、硬件与软件的配套是影响城市智能交通系统效益的直接因素。这些因素从根本上决定了智能交通的性能和功能。完善的交通基础设施是智能交通应用的基础保障;出行者素质具有“一票否决”的特点,若出行者不采用智能交通提供的信息,智能交通系统也就无法发挥相应的效益;基础数据、硬件与软件的配套直接决定智能交通系统功能的完整性和可靠性。

3 结论与建议

笔者分析了城市智能交通系统效益的影响因素,构建了智能交通系统效益的解释结构模型,明确了各个影响因素的相互关系和层次结构。研究表明,政策支持是影响城市智能交通系统效益的深层因素;在城市初始条件既定的情况下,政府在智能交通系统建设中起到关键作用,对推进顶层

设计、标准与规范、协同共享机制的形成显得尤为重要;交通基础设施、出行者素质、基础数据及硬件与软件的配套是影响城市智能交通系统效益的直接因素;而资金、技术、人才这3项要素的投入是连接直接因素和根本因素的中介。

根据以上结论,结合我国城市智能交通系统发展的实际情况,笔者提出如下建议:①城市智能交通系统发展最关键的任务是主管部门的建立,从政策制定、推进机构的建立和政企合作3个方面加大政府的引导和监管力度;②协调配置资金、技术、人才三大要素的投入,注重系统本身的建设,尤其是软硬件的配套、基础数据的完善,是保障智能交通系统效益最直接的手段。

然而,影响城市智能交通系统效益的因素较多,同时每种影响因素对城市智能交通系统效益的影响规律和影响机理各不相同。因此,定量分析影响因素的变化对智能交通系统效益的影响及影响因素间的交互效应将是未来需要研究的课题。

参考文献:

- [1] 交通运输部. 交通运输部信息化“十三五”发展规划[Z]. 北京 [s. n.] 2016.
- [2] GUAN S Q, YUN J, ZHANG Q K, et al. Intelligent transportation system contributions to the operating efficiency of urban traffic [J]. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems* 2016 31(4): 2213 - 2220.
- [3] ASHIM K D, HOONG C C, MAZHARUL H, et al. A methodological framework for benchmarking smart transport cities [J]. *Cities*, 2014 37(2): 47 - 56.
- [4] KOLOSZ B W, GRANT - MULLER S M. Appraisal and evaluation of interurban ITS: a European survey [J]. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2015 16(3): 1070 - 1087.
- [5] 岳建明. 我国智能交通产业的发展及技术创新模式探讨 [J]. *中国软科学* 2012(9): 188 - 192.
- [6] 王笑京. 智能交通系统演进与我国未来发展趋势分析 [J]. *交通运输管理干部学院学报* 2013(2): 3 - 7.
- [7] 陆化普, 李瑞敏. 城市智能交通系统的发展现状与趋势 [J]. *工程研究: 跨学科视野中的工程*, 2014(1): 6 - 19.
- [8] 宗刚, 李腾海子. 特大城市交通信息化评价指标体系构建与实证研究: 以北京市为例 [J]. *武汉大学学报(哲学社会科学版)* 2015 68(2): 102 - 108.
- [9] 陈长英, 杨秀红, 姜树明. 山东省智能交通投资绩效综合评估方法 [J]. *山东科学*, 2015, 28(6): 93 - 100.
- [10] 游楠, 张健, 展凤萍, 等. 国内智能交通系统建设机制现状综述 [J]. *交通标准化*, 2013(23): 94 - 96.
- [11] 杨晓光, 云美萍, 周雪梅, 等. 中国智能交通系统评价方法研究 [J]. *交通运输系统工程与信息*, 2006, 6(6): 14 - 20.
- [12] 杨兆升, 于德新. 智能运输系统概论 [M]. 北京: 人民交通出版社 2015: 402 - 415.
- [13] 王东柱, 杨琪. 欧洲合作智能交通系统发展现状及相关标准分析 [J]. *公路交通科技*, 2013, 30(9): 128 - 133.
- [14] 魏雪梅, 戴晓峰, 陈方. 基于 SEM 的驾驶员出行信息搜寻行为分析 [J]. *交通运输系统工程与信息*, 2012, 12(3): 174 - 179.
- [15] 尹洪英, 徐丽群, 权小锋. 基于解释结构模型的路网脆弱性影响因素分析 [J]. *软科学*, 2010, 24(10): 122 - 126.

Research on Influencing Factors of Urban Intelligent Transportation Systems' Benefit

GUAN Shuqi, ZHANG Qinkang, YUN Jun

Abstract: This paper took the whole process of the design, research, construction and operation of the intelligent transportation system as the clue, discussed and classified the influence factors of urban intelligent traffic system from four aspects: inputs, government role, initial condition of urban and system functions. Then it built the explanation structure model of intelligent transportation system benefits, made clear the relationship of influence factors, analyzed the deep factors and direct factors that affect urban intelligent traffic system benefit, and proposed relevant recommend. It is found that policy support is the deepest factor that affect urban intelligent traffic systems benefit, transportation infrastructure, basic data, a complete set of hardware and software and the quality of travelers are the direct factors. The conclusion is helpful for the traffic administrative department combing problems in the process of urban intelligent traffic system construction, and providing theoretical reference for the development of intelligent transportation systems in China.

Key words: intelligent transportation system; influencing factors; interpretative structural model; benefit

GUAN Shuqi: Doctorial Candidate; Department of Business Management, Wuhan Business University, Wuhan 430056, China.