

# Research Review on Benefit Evaluation of Intelligent Transportation System

Shuqi Guan<sup>1</sup> Qinkang Zhang<sup>2</sup>

1.School of Business, Jiangnan University, Wuhan, Hubei, 430056, China

2.School of Business Administration, Wuhan Business University, Wuhan, Hubei, 430056, China

## Abstract

This paper systematically reviews the academic research status, hot topics, existing problems and specific countermeasures of Intelligent Transportation Systems (ITS) benefits in China and the world, focusing on the origin, connotation, specific performance and evaluation methods of its benefits. Research analysis shows that ITS benefit research has been fully carried out, and the US ITS benefit evaluation is the most systematic, Chinese scholars, represented by Shi Qixin, Wang Xiaojing, and Yang Xiaoguang, have done a lot of valuable research in the field of ITS evaluation. At present, there are three main classifications of ITS benefits in China and internationally, and the specific benefits are roughly the same. ITS benefits have not yet formed a clear and authoritative definition, and most of the definitions are based on the description and enumeration of benefits. Evaluation method is a hot spot in ITS benefit research, and cost-benefit analysis method occupies a dominant position, how to combine new methods such as key index method and difference-difference method with economic analysis method, goal-oriented method and traffic simulation to design a detailed and complete evaluation model and method is the future research trend.

## Keywords

intelligent transportation systems; benefit; connotation; evaluation method

# 智能交通系统效益评价研究综述

官淑琪<sup>1</sup> 张勤康<sup>2</sup>

1. 江汉大学商学院, 中国·湖北 武汉 430056

2. 武汉商学院工商管理学院, 中国·湖北 武汉 430056

## 摘要

论文系统梳理了中国和国际上智能交通系统(intelligent transportation systems, ITS)效益的学术研究现状、热点前言、存在问题及具体对策,重点分析了ITS效益研究起源、内涵、具体表现及评价方法。研究分析表明ITS效益研究已全面展开,美国ITS效益评估最为系统,中国学者以史其信、王笑京、杨晓光等为代表,在ITS评价领域做出了很多有价值的研究。目前,中国和国际上对ITS效益的分类主要有三种,具体的效益表现大致相同。ITS效益还没有形成一个明确的、权威的定义,多数定义以效益内容的描述、列举为主。评价方法是ITS效益研究的热点,成本效益分析法占据了主导地位,如何将关键指标法、倍差法等新方法与经济分析法、目标导向法和交通仿真相结合,设计出精细完整的评价模型和方法,是未来的研究趋势。

## 关键词

智能交通系统; 效益; 内涵; 评价方法

## 1 引言

自1994年被正式提出,智能交通系统(Intelligent Transportation Systems, ITS)已广泛应用在交通运输的各个领域,

【基金项目】江汉大学高层次人才科研启动经费项目“城市智能交通与经济发展互动关系研究”(项目编号:2019014)。

【作者简介】官淑琪(1988-),女,中国湖北武汉人,博士,主要研究方向为信息系统与决策科学。

张勤康(1986-),男,中国湖北孝感人,助教,主要研究方向为系统优化与决策。

并且提高了道路通行能力,有效缓解交通拥堵,加快对交通事故快速反应能力,为提高交通安全水平等方面做出了巨大贡献<sup>[1]</sup>。与传统的道路扩容等方案相比,ITS项目能更加有效地解决交通拥堵等问题<sup>[2]</sup>。ITS技术研究与应用客观上带动了关联产业的成长,也催生了新兴产业的出现,某种意义上,间接效益可能比用户效益的影响更为广泛<sup>[3]</sup>。

因此,如何客观地界定ITS系统建设对解决交通问题、提高道路交通管理水平的净贡献,衡量ITS所产生的效益、正面影响和负面影响,对智能运输系统项目的经济合理性、

技术合理性、社会效益、环境影响和风险做出评价,为ITS项目的可行性研究、实施效果、方案比选、决策以及对已有系统运作的优化提供科学依据<sup>[4-5]</sup>,是近年来学术界研究的热点,也是研究的难点。智能交通效益评价研究是一项复杂的工作<sup>[6]</sup>,论文将从智能交通系统效益评价研究的起源、内涵、具体表现及其评价方法四个方面对现有文献做出总结分析。

## 2 ITS 效益评价的起源及研究情况

欧美等发达国家在20世纪90年代初就认识到ITS效益研究的重要性。美国运输部下属的智能交通系统联合计划署从1994年开始收集ITS成本效益的相关信息,于1995年发表第一本ITS效益评价报告,每年更新效益成本数据。同时,他们建立了智能交通系统资源库(ITS Knowledge Resources, KR),不仅包含美国近20年来ITS项目的效益,成本和经验教训的具体表现,还对欧盟、加拿大、新西兰、日本、中国、新加坡等国家和地区部分ITS项目做了跟踪统计<sup>[7]</sup>。

欧盟ITS评价领域的研究也始于20世纪90年代,1998年在ITS评价研究项目“CON2VERGE”中发布了智能运输系统评价指南,通过用户需求定义、项目描述、定义评价目标、影响预评价、评价方法、数据分析和报告结果等内容的论述系统阐述了ITS项目评价思想<sup>[8]</sup>。随后,ITS项目的运营评价也分别在伦敦、巴黎和都灵等地开展。C Bonnet和H Fritz作为欧洲智能交通协会的代表人物,在“提升一驾驶人”项目中发现,电子牵引杆系统能使卡车实现近距离安全驾驶,并减少了燃料消耗<sup>[9]</sup>。这项研究为进一步认识智能交通的安全效益和环境效益奠定了基础。

日本在分析借鉴美国和欧盟ITS体系结构的基础上,1998年出版了道路事业评价指南。同时,日本集合大学学者、民间专业交通咨询公司等力量,针对智能交通项目的实施效果评价进行立项研究,1999年确定了ITS效果评价流程图构想,完成了相关指标、参数的选定,2000年初完善了方法体系,并开始进行程序化设计。除技术研究外,日本在政策、制度建设上也出台了相关规定以保证ITS评价工作的推广应用。在2006年发表的《IT新改革战略》有关ITS的发展的记述中,对ITS效果评价做出了明确规定:从2006年开始,需针对服务有效性、系统构思以及仿真实验等内容对ITS项目进行论证。由此可见,日本对于ITS效果评价的重视。

中国智能交通系统的开发研究始于20世纪80年代后期,

国家“七五”科技攻关重点项目子课题“城市道路交通实时自适应系统评价方法和技术研究”是中国ITS效益研究的初探,该研究主要以交通控制与管理效益分析为目标。随着“九五”到“十三五”智能交通系统的广泛开发和应用,ITS效益评价也全面展开,代表人物有陈旭梅、陆化普、史其信、卫振林、王笑京、杨晓光、朱茵等。

清华大学史其信教授在《智能交通系统评价技术与方法》一书中,从交通管理者、运营管理者以及道路使用者的角度出发,提出了由技术评价、影响评价、经济评价以及社会和环境评价四部分评价内容及相应评价指标构成的评价框架;并且对每项评价内容的评价指标和适用评价方法进行了论述。总体来看,该专著的出版对中国该领域研究及实践的开展起到了很好地推动作用<sup>[10]</sup>。

同时,同济大学杨晓光教授在国家“十五”科技攻关项目“智能交通关键技术开发和示范工程”中,对智能交通系统项目评价进行了研究,建立了ITS评价的三维框架,分别是类型维、逻辑维和方法维,并形成了《ITS评价指南》。研究成果在杭州交通控制系统评价和中山市公交汽车智能交通系统评价中得到应用。

国家智能交通系统工程技术研究中心主任王笑京在《智能交通系统成本效益的研究》中将现有ITS评价方法总结为经济分析方法、多准则分析法以及ITS成本效益数据库,并在分析各种方法适用性的基础上对成本效益数据库建设内容进行了重点研究,提出数据库应按照智能车辆和智能基础设施两个主要单元对成本和效益进行分组,其中成本包括系统成本、单元成本,效益数据涵盖安全、机动性、效率、生产率、能源和环境、用户满意度等六个方面。

除了对集成的ITS效益做评价研究,更多的学者以智能交通管理系统、电子收费系统、出行服务系统、安全驾驶系统等子系统为研究对象展开效益研究。贾洪飞,隗志才等运用计算机模拟技术对收费站实施电子收费(ETC)系统进行模拟,应用成本效益法(CBA)对不同交通量条件下实施电子收费系统带来的货币化的增量效益进行分析<sup>[11]</sup>。黄爱玲、刘运鹤等综合分析了北京市智能交通管理系统在2008年投入应用后在减少车辆行车成本、节省出行时间、缓解土地资源等方面产生的社会效益,并结合实际数据,采用有无对比法、计量经济学、人力资本等理论和方法,对其进行了定量和定性分析,得到运用ITMS系统应用后为北京市带来的社会经

济效益值达 177.11 亿元<sup>[12]</sup>。刘宗巍、陈铭等通过调查研究和情景对比分析,从多个维度评估智能化停车模式对个人和社会的巨大效益<sup>[13]</sup>。

总之,国际上对 ITS 效益的全面研究已有 20 多年的时间。其中,美国 ITS 效益评估最为系统,中国 ITS 效益的全面研究始于 2000 年以后,以史其信、王笑京、杨晓光等为代表,在 ITS 效益评估领域做出了很多有价值的研究。

### 3 ITS 效益的内涵

ITS 效益不仅包括对其使用者的贡献,还包括 ITS 带来的社会、经济和环境等诸多方面的影响。目前,对智能交通系统效益的描述、定义的研究较有代表性的有以下几点。

美国运输部的联合计划署在其 ITS 评价报告中指出,ITS 的效益可以从 6 各方面衡量,分别是安全效益、流动性、效率提升、生产力和成本节省的效益、能源和环境影响,公众满意度<sup>[6]</sup>。

欧洲智能交通协会表明智能交通系统或信息技术在运输上的应用能减少城市道路和城际干道的交通拥堵、增加运输安全性,给旅行者提供信息,改善可达性、舒适性、提高货运效率,促进经济增长和提供新服务<sup>[14]</sup>。

世界道路协会编写的《智能交通系统手册》中,ITS 被定义为对通信、控制和信息处理技术在运输系统中集成应用的统称。这种集成应用产生的综合效益主要体现在挽救生命、节省时间和金钱、降低能耗以及改善环境,保护生态等方面。ITS 发展的最终目标是交通运输的高效、安全、舒适和可持续发展<sup>[15]</sup>。

上述描述和界定虽然没有明确提出智能交通系统效益的定义,但从中可以部分看出智能交通系统效益应包含的含义。

中国学者对智能交通系统效益的定义也主要集中在对其内容的描述上。卫振林等指出,与传统的交通基础设施项目相比,ITS 项目能更有效地提高交通效率,减少交通事故以及降低能源消耗和交通环境污染<sup>[16]</sup>。与此同时,ITS 项目投入巨大,对经济社会以及环境等各方面带来的影响也更加难以预料。杨晓光、云美萍等认为,ITS 项目的效益包括交通参与者直接得到的效益以及 ITS 项目带来的联动社会效益和产业效益,前者称为用户效益,后者称为间接效益<sup>[6]</sup>。《中国智能交通系统(ITS)手册》中对智能交通系统效益的描述更加具体,主要包括减少交通事故、提高交通出行的可靠性、

帮助缓解交通阻塞、降低能耗和环境保护、提高运输效率并带动相关产业、舒适因素等<sup>[17]</sup>。何建伟、曾珍香等指出智能交通系统的应用有助于实现服务和信息的移动,通过提高道路通行能力、节省警力、减少交通事故和降低环境污染产生潜在的可估算社会效益<sup>[18]</sup>。陆化普在分析城市智能交通系统的角色与作用的基础上,认为通过应用智能交通系统,交通基础设施会得到充分利用,交通安全水平会得到大幅度提高,交通环保节能目标会得到更好的实现,交通系统的服务水平会得到不断提升<sup>[19]</sup>。

因此,从现有的文献来看,目前中国和国际上还没有形成一个明确的、权威的智能交通系统效益的定义,多数定义主要是智能交通系统效益内容的描述、列举,还缺乏一个明确的、本质性的界定。因此,对智能交通系统效益的定义还需要从经济学、交通科学、环境科学和社会科学等角度进行探索、研究。

### 4 ITS 效益的构成

#### 4.1 ITS 效益的分类

智能交通系统效益的构成主要有三种观点,见表 1。

第一种按照效益内容划分,如欧盟公路运输系统信息评价研究中心(EVA)提出,智能交通系统的效益可以从效率、安全和环境三个方面评价;美国运输部的联合计划署在其 ITS 评价报告中指出,ITS 的效益可以从 6 个方面衡量,分别是安全效益、流动性、效率提升、生产力和成本节省的效益、能源和环境影响、公众满意度。

第二种分类方法是按照智能交通的受益主体进行划分,如 Underwood 和 Gehring 认为 ITS 评价必须按照社会效益、个人效益、企业效益进行分类<sup>[20]</sup>。Barbara J. Kanninen 将 ITS 效益分为个人利益和公共效益。个人效益是从个人角度分析 ITS 所带来的好处,如出行时间减少、便利性的提升等;公共效益包括减少交通堵塞、提高安全性、改善环境、减少能源消耗等<sup>[21]</sup>。杨晓光、云美萍等认为 ITS 效益包括用户效益和间接效益,间接效益是指 ITS 项目带来的联动社会效益和产业效益,尤其是 ITS 产业化带来的效益。

第三种是按照效益的所属领域划分,如卫振林,刘志硕、Susan Grant-Muller 等将 ITS 项目的综合效益分为经济效益、社会效益和环境效益<sup>[16, 22]</sup>。其中,经济效益包括促进经济发展和降低成本,社会效益包括提高运输效率、提高交通安全性、

优化运营组织管理、促进科技进步等，环境效益包括环境保护和资源节约。

表 1 ITS 效益分类表

分类标准	分类结果	代表人物或机构
效益内容	效率、安全和环境	欧盟公路运输系统信息评价研究中心 (EVA)
	安全效益、流动性、效率提升、生产力和成本节省的效益、能源和环境影响，公众满意度	美国运输部的联合计划署 (US.ITS.JPO)
受益的主体	个人效益、企业效益和社会效益	S. E. Underwood 等 (1994)
	个人效益、公共效益	Barbara J. Kanninen (1996)
	用户效益、间接效益	杨晓光等 (2005)
效益所属领域	经济效益、社会效益和环境效益	卫振林等 (2005)、Susan Grant-Muller 等 (2014)

#### 4.2 ITS 效益的具体表现

ITS 效益有多种分类方式，但效益的具体内容大致相同，下文将按照第三种分类方式，阐述 ITS 效益的具体表现见表 2。

表 2 ITS 效益的具体表现

编号	具体表现	效益类别
S1	提高出行效率，减少出行时间	社会效益
S2	提高车辆利用率	
S3	延长车辆使用寿命	
S4	提高路网通行能力，缓解道路拥堵	
S5	减少交通事故造成的车辆和人身损失伤害	
S6	减少危险品运输可能造成的灾害风险	
S7	提高交通管理服务水平	
S8	提升交通出行服务水平 (舒适度)	
S9	满足交通参与者的出行出行需求，提高生活质量	
S10	促进科学技术的进步	环境效益
S11	影响社会的就业水平	
S12	减少交通队能源的需求	
S13	减少尾气污染，提高空气质量	
S14	减少车辆行驶的噪声，减轻噪声污染	
S15	节省土地资源	经济效益
S16	降低出行成本	
S17	推动相关产业经济的发展	

##### 4.2.1 社会效益

智能交通系统提供的服务和产品被称为“公共资源”，其规划、建设归根到底是服务于城市交通发展的总体目标，提高设施系统的使用效率和服务水平<sup>[19]</sup>，智能交通的社会效益是指智能交通为城市社会发展带来的交通及其他方面的效益，受益主体包括交通使用者、社会公众、交通管理者等。具体效益表现为缓解城市交通拥堵和安全问题，提升城市交通系统运行效率，提高公众出行服务水平等。通过 ITS 技术

的使用，可以在现有交通路网设施下，最大限度地提高运输效率和安全性<sup>[23]</sup>。

##### 4.2.2 环境效益

智能交通系统是手段，是实现绿色交通系统的技术支撑<sup>[19]</sup>。在第 14 届 ITS 世界大会的部长论坛和 2020 年 ITS 展望论坛上，多国政府部长、专家和工业界人士都谈到 ITS 与节能减排密切相关。它的开发和应用大致与世界能源问题和环境问题的时间脉络重合。因此，现在发达国家已经不仅仅将 ITS 看成是解决交通拥堵的工具，更将其看作解决能源和环境问题的可选项<sup>[24]</sup>，通过现场试验、交通仿真等方法，ITS 项目产生的环境效益得到了验证<sup>[25-29]</sup>，见表 3。

表 3 ITS 项目的节能减排效果

项目名称	项目实施地区	数据收集方法	效益内容
个性化出行计划 (Personalized travel planning)	日本	现场试验	个性化的旅游规划体系能帮助乘客选择环保路线和模式，二氧化碳排放量减少 20% 的
电子收费 (Electronic charging)	英国伦敦	观察法	从 2003 年到 2006 年，中央拥堵区域碳排放减少 16%；2007 年该系统引入西方扩展区，到 2008 年碳排放减少 6.5%
硬路肩计划 (Hard shoulder running scheme)	英国高速公路	观察和仿真	汽车尾气排放减少 4% 至 10%；燃料消耗降低 4%
环保驾驶 (Eco-driving: In-vehicle control and performance systems)	美国丹佛	车载监控	没有反馈 / 指导的条件下，节约燃料 5%；有反馈 / 指导的条件下，节约燃料 10%
环保驾驶 (Eco-driving)	荷兰 1999-2004	现场试验	燃料消耗降低 0.3%-0.8%
智能车队 (road-trains)	美国加利福利亚高速公路	实验车辆检测	燃料消耗和二氧化碳排放减少 20%

##### 4.2.3 经济效益

智能交通产业可以看成是当前高新技术与其市场化、产品化的集成产物，智能交通系统需要强大的经济基础作为支撑，同时一个先进成熟的智能交通系统同样可以促进经济的发展，两者相辅相成。首先，不停车收费系统、出行诱导系统等子系统的应用，能有效降低车辆运行成本和拥挤成本；其次，由于智能交通本身的开放性和兼容性，能带动交通运输设备制造业、货物运输及仓储业等相关产业的发展，提高区域经济发展的势能；最后，产生与其他民生环节交叉联系而附带来的便民、惠民的经济效益，日渐成为拉动 GDP 的重要组成力量<sup>[23]</sup>。

## 5 ITS 效益的评价方法

有关 ITS 效益评价方法的研究, Newman-Askins 和 Raechelle 等在《智能交通评价:理论与实践》中做了详细的统计分析, ITS 效益评价方法包括成本效益分析、商业分析、多标准分析、成本效果分析、商业案例、有无对比法、交通仿真、工程判断、发展水平分析和政治判断<sup>[30]</sup>。王笑京、李宏海等在《智能交通系统成本效益的研究》中将现有 ITS 评价方法总结为两类,分别是经济分析方法和多准则分析法,并提出新的评价手段——成本效益数据库。其中,经济分析方法试图量化 ITS 系统项目的所有影响,将 ITS 产生的社会、环境、经济等效益用经济尺度加以衡量,具体包括成本效益分析、成本效果分析、盈亏平衡分析、投入产出分析、生产函数法、全要素生产率法等。多准则分析方法研究中比较具有代表性的方法有层次分析法、数据包络法、模糊综合评判法、灰色相关分析法等,将交通仿真和现场试验归结为实现评价的手段,并详细阐述了每种方法的重点内容和研究案例。也有学者将 ITS 评价方法划分为单准则方法(货币化方法)和多准则方法(非货币化方法),或者目标导向方法和经济分析方法<sup>[31]</sup>,虽然在叫法上有差异,但分类的结果基本相同。

从各国的 ITS 效益研究成果来看,对于评价方法的选择虽有地域性的差异,但经典的成本效益分析法占据了 ITS 评价的主导地位。

Zavergiu 定义了四类受益人,用户、交通基础设施供应者和管理者、社会、潜在的私人投资者及 ITS 供应商,建立了面向目的的成本效益分析框架<sup>[32]</sup>。Brand 针对如何使用成本效益分析方法评价 ITS 进行了详细探讨,从供给方和需求方的角度指出了输入到 ITS 成本效益中的效益指标<sup>[33]</sup>。

在评价过程中,由于很多效益难以量化、数据样本缺乏,仅仅采用成本效益法是远远不够的。Gillen 和李建林认为传统的成本效益分析仅仅包含 ITS 系统对速度、时间节省和成本等的影响,这种分析可能是不完整的,而且不能解决关于 ITS 投资是否以及如何使生产者 and 消费者更好的问题,并将生产函数法和全要素生产率法引入到 ITS 项目评价中<sup>[34]</sup>。因此,更多的学者选择将多种方法相结合,对 ITS 的影响进行全面可靠的评价。

娄宝娟等基于层次分析法,从交通管理效率、交通安全、交通服务水平和能源环境影响五个方面构建了智慧交通系统

评价模型<sup>[35]</sup>。彭庆艳采用有无对比法,提出了因交通方式转移而产生的车辆运输成本、CO<sub>2</sub> 排放环境成本效益计算方法<sup>[36]</sup>。卫振林、赵鹏等采用模糊综合评判方法,结合北京市的发展实践,对比分析了城市交通与经济及能源环境子系统的相对有效性变化趋势<sup>[37]</sup>。

近几年,部分学者开始尝试新的评价方法。在欧盟第七科技框架计划项目中(FP7 EU Project CONDUITS), Kaparias<sup>[38]</sup>和 Eden 等<sup>[39]</sup>提出了智能交通评价的新框架,关键绩效指标法(Key Performance Indicators, KPI),专注于交通效率、安全、减少污染和社会满意度的评价。在中国交通部重点科技项目中,李明伟,云俊等运用双重差分模型,计算了智能交通对城市路网运行速度的净贡献<sup>[40]</sup>。

因此,智能交通的效益评价中,主要以成本效益分析为主,多目标分析等方法相结合,针对 ITS 的具体实施目标,采用定性与定量综合集成的思路,考虑 ITS 对整个交通系统甚至社会系统所产生的客观影响。但由于仍存在评价方法难以普遍适用、历史数据缺乏、部分效益难以量化的问题。近年来,ITS 效益评价开始融入新的理论和框架,这也是未来的研究方向。

## 6 总结与研究展望

ITS 效益研究有其深厚的理论基础,是交通试验及仿真、信息技术、经济管理方法等多维度结合的综合研究。综合上述分析,结合 ITS 的发展趋势,可以得出以下三点结论。

(1) 中国和国际上对 ITS 效益已展开全面的研究。其中,美国 ITS 效益评估最为系统。中国学者以史其信、王笑京、杨晓光等为代表,在 ITS 效益研究领域做出了很多有价值的文献,但从国家层面和理论研究层面来看,还没有形成体系。

(2) 目前 ITS 效益还没有形成一个明确的、权威、本质的定义,多数定义以效益具体内容的描述、列举为主。对 ITS 效益的定义还需要从经济学、交通科学、环境科学和社会科学等角度进行探索、研究。

(3) 评价方法是 ITS 效益研究的热点,成本效益分析法占据了 ITS 评价的主导地位,但评价中仍存在评价方法难以普遍适用、历史数据缺乏、部分效益难以量化的问题。近年来,ITS 效益评价开始融入新的理论和框架,如何将成本效益数据库、KPI、倍差法、仿真模型与原有方法相结合,解决以上问题,像传统运输基础设施社会经济影响评价程序那

样设计出精细完整的评价模型和方法,将是未来的研究方向。

## 参考文献

- [1] Shuqi Guan, Jun Yun, Qinkang Zhang et al. Intelligent transportation system contributions to the operating efficiency of Urban traffic[J]. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*,2016(31): 2213 - 2220.
- [2] Martin Luther Mfenjou, Ado Adamou Abba Ari, et al. Methodology and trends for an intelligent transport system in developing countries[J]. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, 2018(19): 96-111.
- [3] 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(06):14-20.
- [4] 史其信,胡明伟.发展中国智能运输系统(ITS)亟待解决的课题——智能运输系统(ITS)评价方法研究[J].*交通运输系统工程与信息*,2001(01):23-29+33.
- [5] Xiaojing Wang, Fan Zhang, Bin Li. Developmental pattern and international cooperation on intelligent transport system in China[J]. *Case Studies on Transport Policy*.2017(01):38-44.
- [6] BW Kolosz,SM Grant-Muller. Appraisal and Evaluation of Inter-Urban ITS: A European Survey - *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. 2015(16):1070-1087.
- [7] G Hatcher, C Burnier, et al. Intelligent Transportation Systems Benefits, Costs, and Lessons Learned: 2014 Update Report[J]. *Journal of Alloys & Compounds*, 2014(04):108-113.
- [8] Commission of the European Communities . White Paper on European transport policy for 2010: time to decide[R].2001.
- [9] C Bonnet,H Fritz. Fuel Consumption Reduction Experienced by Two PROMOTE-CHAUFFEUR Trucks in Electronic Tow Bar Operation[J]. Paper presented at the 7th World Congress Conference on ITS, 2000.
- [10] 史其信,胡明伟,郑为中.智能交通系统评价技术与方法[M].北京:中国铁道出版社,2005.
- [11] 贾洪飞,隗志才,姚宏伟,等.电子收费系统(ETC)社会效益分析[J].*系统工程理论与实践*,2004(07):121-127+134.
- [12] 黄爱玲,刘运鹤,吴月.北京城市智能交通管理系统社会经济效益评价[J].*交通运输系统工程与信息*,2011(03):21-26.
- [13] 刘宗巍,陈铭,赵福全.城市智能化停车模式的效益评估及产业推广[J].*科技管理研究*,2016(19):110-115+151.
- [14] ITS-Part of Everyone's Daily Life[Z].ERTICO.2002.
- [15] 迈尔斯.智能交通系统手册[M].北京:人民交通出版社,2007.
- [16] 卫振林,刘志硕,申金升.智能运输系统综合效益评价指标体系及模糊综合评价[J].*数学的实践与认识*,2005(02):50-54.
- [17] 国家智能交通系统工程技术研究中心.中国智能交通系统(ITS)手册[M].北京:中国铁道出版社,2007.
- [18] 何建伟,曾珍香,李志恒.智能交通系统实施效益的综合评价研究[J].*交通运输系统工程与信息*,2010(01):81-87.
- [19] 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(01):6-19.
- [20] S E Underwood, S G Gehring, Framework for Evaluating Intelligent-Highway Systems[J],*Transportation Research Records*,1994(08):16-22.
- [21] B J Kanninen. Intelligent transportation systems: An economic and environmental policy assessment [J]. *Transportation Research Part A Policy & Practice*, 1996(01):1-10.
- [22] Susan Grant Mullera. Intelligent Transport Systems: The propensity for environmental and economic benefits[J]. *Technological Forecasting and Social Change*.2014(02):149-166.
- [23] 朱茵,华韶阳,任静.智能交通的经济学分析[J].*工程研究-跨学科视野中的工程*,2014(01):54-61.
- [24] 王笑京.智能交通系统研发历程与动态述评[J].*城市交通*,2008(01):6-12.
- [25] J.N. Barkenbus. Eco-driving: an overlooked climate change initiative[J]. *Energy Policy*,2010(38):762-769.
- [26] G. Santos, H. Behrendt, A. Teytelboym. Part II: policy instruments for sustainable road transport[J]. *Res. Transp. Econ.*, 2010(28):46-91.
- [27] BTF London. Central London congestion charging: Impacts monitoring (Fifth Annual Report) [R].2010.
- [28] M Macdonald. ATM monitoring and evaluation - 4-lane variable mandatory speed limits - 12 month report (primary and secondary indicators) [J]. *Freeways*, 2008.
- [29] M. Zabat, N. Stabile, S. Frascaroli, et al. The Aerodynamic Performance Of Platoons: A Final Report[R]. Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley 1995.
- [30] Newman-Askins, Raechell, et al. Intelligent Transport Systems Evaluation: From Theory to Practice[J]. *Proceedings 21st ARRB and 11th REAAA Conference*, Cairns. 2003.