

智能交通系统与国省道路衍经济协同发展耦合研究

杜亚娜¹ 赵同林¹ 侯宪哲¹ 金大龙² 王德杰¹

1. 山东省菏泽市公路事业发展中心 山东 菏泽 274000

2. 山东省成武县公路事业发展中心 山东 菏泽 274207

摘要:随着数字经济与实体经济的深度融合,智能交通系统(ITS)作为现代交通运输体系的核心驱动力,与依托国省干线公路产生的路衍经济之间的协同发展关系日益紧密。探讨 ITS 与国省道路衍经济之间的内在耦合机理,分析当前我国两者协同发展中存在的主要问题。ITS 通过“信息赋能”、“效率提升”、“业态重塑”三大路径与路衍经济产生耦合效应,而路衍经济的发展需求又反向驱动 ITS 的技术创新与应用深化。针对以上存在的问题,从强化顶层设计、推动数据共享、探索多元化应用场景等角度,提出促进两者高质量协同发展的实施路径,为推动我国交通强国战略实施和区域经济高质量发展提供理论参考与实践指引。

关键词:智能交通系统;国省道;路衍经济;耦合机理;协同发展

引言

国省干线公路为公路网核心架构,单一通行功能难以挖掘经济价值;路衍经济依托公路资源融合沿线产业催生新业态,新一代信息技术赋能交通发展。探究智能交通系统与国省道路衍经济协同路径,既是落实交产、交旅融合国家战略,也是盘活路产、培育经济新增长点、推动交通可持续发展的必要举措。

1 核心概念与理论基础

1.1 智能交通系统(ITS)的内涵与演进

智能交通系统是将先进的信息技术、数据通信技术、电子传感技术、控制技术等有效地集成运用于整个地面交通管理系统而建立的一种在大范围内、全方位发挥作用的,实时、准确、高效的综合交通运输管理系统。经历了从单点信号控制、到路线诱导、再到区域协同,最终迈向“车路云”一体化的高级阶段。在国省道场景下,ITS 的应用主要体现在:

智能感知层。通过部署视频监控、雷达、无人机、路侧单元(RSU)、桥梁隧道结构健康监测传感器等多样化设备,构成全天候、全要素的感知网络,实时采集交通流参数、车辆个体行为、路面状况、气象环境等海量数据。

网络传输层。利用 5G、C-V2X(蜂窝车联网)、光纤等高速、低延时、高可靠的通信技术,确保感知层获取的数据能够实时、无损地传输至处理中心。

平台处理层。通常以云控平台或数字孪生平台的形式存在,负责对汇聚的多源异构数据进行融合、存储、

清洗、挖掘与智能分析,从而形成对路网运行状态的深度认知、趋势预测和决策支持能力。

应用服务层。面向不同用户(如交通管理者、出行公众、商业机构)提供个性化的服务,涵盖交通监控、事件自动预警与处置、动态路径规划、个性化信息服务、应急救援指挥、无感支付等多元化应用。

1.2 国省道路衍经济的概念与构成

路衍经济是“通道经济”的延伸和升级,其核心在于突破公路的线性空间限制,将交通流转化为经济流、信息流和价值流。国省道路衍经济主要包含三大层次:

核心层(直接关联经济活动)。指直接依附于公路通行功能而产生的经济活动,是路衍经济最基础的表现形式。主要包括服务区经营(餐饮、零售、住宿、加油、加气、充电)、物流仓储中转、公路广告媒体运营、车辆维修与检测服务等。

关联层(间接拉动产业)。指因国省道带来的可达性提升和区位优势改善,而得以孵化、发展或壮大的沿线产业。如沿线特色工业园区、专业商品市场、现代农业基地的繁荣,以及依托公路枢纽形成的物流产业集群和枢纽经济。

衍生层(深度融合新业态)。指公路功能与沿线资源(如自然景观、文化遗产、特色产业)进行深度嫁接、融合创新后催生的新经济模式。最典型的代表是“交通+旅游”融合业态,如依托风景道建设的自驾游线路、房车营地、观景平台、旅游驿站,以及由此衍生出的文化创意、研学旅行、康养休闲等产业,极大地拓

展了公路的价值边界。

1.3 耦合协调度理论

“耦合”源于物理学，指两个或以上系统通过各种相互作用而彼此影响的现象。耦合度描述了系统间的相互依赖程度，而协调度则衡量系统间良性互促的程度。将这一理论应用于 ITS 与路衍经济的研究，即分析两个系统之间相互作用、相互影响的动态关系，并寻求使其从低水平协调向高水平协调演进的发展路径。

2 智能交通系统与国省道路衍经济的耦合机理

ITS 与路衍经济并非简单的技术应用与经济活动的叠加，而是构成了一个具有深层次、双向互动关系的复杂耦合系统。

2.1 ITS 对路衍经济的赋能与驱动作用

信息赋能，提升用户体验，激活消费潜力，个性化信息服务。通过 APP、可变信息标志、车载终端等，向用户实时推送服务区空闲车位、充电桩状态、特色餐饮、周边景点人流量、优惠活动等信息，将“被动经过”变为“主动吸引”，显著提升用户停留意愿和消费转化率。

无缝化出行体验。基于 ITS 的“一键导航”、“无感支付”、“预约服务”等功能，用户可提前规划在服务区或沿线网点的消费行程，享受从行车到消费的全程便捷体验，这为发展高端定制旅游、商务出行等增值服务奠定了基础。

2.2 效率提升，优化资源配置，降低运营成本

物流效率革命。对于路衍经济中的物流板块，ITS 可实现货运车辆的智能调度、路径优化、在途监控、安全预警。如通过车路协同技术，可组织货车车队列行驶，降低油耗和人力成本；智能化的物流园区能自动分配垛口、引导车辆，大幅提升转运效率。

服务区精细运营。利用视频 AI 分析车流、人流，服务区可动态调整营业时间、人员配置、商品库存，实现精准营销和高效管理。对充电站而言，智能充电引导和负荷管理能有效避免拥堵，提高设施利用率^[1]。

2.3 业态重塑，催生新模式，拓展产业边界

孵化新商业模式。ITS 数据是宝贵资产。分析长期的交通流数据，可以精准识别消费需求，从而在合适节点布局新能源补给站、无人零售店、智能快递柜、休闲娱乐综合体等。如在自驾游热门线路上，基于位置服务（LBS）推送沿途特色民宿和土特产订购服务。

推动“交通+”产业升级。在“交通+旅游”领域，

ITS 能构建完整的智慧旅游服务体系。如通过 AR/VR 技术在线展示风景道实景，为自驾游客规划最佳观景时间和点位，提供景区智能导览、线上购票等一站式服务，极大丰富了路衍旅游的内涵和价值。

2.4 路衍经济对 ITS 的反哺与牵引作用

需求牵引，明确 ITS 建设方向。路衍经济的多元化发展，对 ITS 的感知精度、通信能力、计算智能提出了更高、更具体的要求。如房车营地的普及需要 ITS 提供更完善的房车专用路线规划与限高预警服务；冷链物流的壮大要求 ITS 提供更精准的温湿度在途监控。这些具体需求为 ITS 的技术研发和应用创新提供了明确的市场导向。

数据反哺，丰富 ITS 数据维度。路衍经济活动中产生的消费数据、预订数据、用户画像数据等，与传统的交通流数据融合后，能够更立体地刻画出行者的行为特征和目的，使交通管控和服务的决策更加科学、人性化^[2]。

商业驱动，破解 ITS 投资瓶颈。单纯的 ITS 基础设施建设往往投资巨大，回报周期长。而路衍经济带来的商业收益（如服务区租金提升、旅游收入分成、数据服务费等）可以形成可持续的商业模式，吸引社会资本参与 ITS 建设与运营，形成“以商养建、以建促商”的良性循环。

3 我国 ITS 与国省道路衍经济协同发展的现状与问题

各地积极推进交通文旅融合，但智能交通与路衍经济协同发展尚处初期；各行业数据标准不统一、缺乏共享机制。

数据孤岛问题突出，交通与商业数据难以融合，无法实现一体化便民服务。

跨界融合深度不足，应用场景单一。当前 ITS 在国省道的应用多集中于传统的监控、收费、应急等管理功能，与路衍经济的结合点主要集中在智慧服务区的信息化改造上，对于如何赋能沿线物流、旅游、农业等更广阔产业的探索不足，缺乏有影响力的标杆性融合项目。

商业模式不清晰，社会资本参与度低。路衍经济的盈利模式尚在探索中，其与 ITS 结合的增值效益未能有效量化，导致投资主体仍以政府和高速主体为主，社会资本和科技企业因担心投资回报而持观望态度，限制了发展的活力和可持续性。

顶层设计与标准规范缺失。国家层面尚未出台关于促进 ITS 与路衍经济融合发展的专项规划和标准体系。各地、各路段各自为战，建设水平参差不齐，系统之间难以互联互通，为未来的规模化、网络化发展

埋下了隐患。

网络安全与数据隐私挑战。随着系统互联度和数据开放度的提高,网络攻击风险加剧,个人出行轨迹、消费习惯等敏感信息的保护面临严峻挑战,若处理不当将严重影响公众接受度^[3]。

4 促进 ITS 与国省道路衍经济高质量协同发展的路径与对策

为实现二者从“简单相加”到“深度融合”的转变,需采取系统性的措施。

4.1 强化顶层设计,完善政策与标准体系

国家层面。应将 ITS 与路衍经济协同发展明确纳入“交通强国”建设和数字经济发展等国家战略规划,制定中长期发展纲要,明确分阶段发展目标、重点任务、责任分工和保障措施。

部委与地方层面。交通运输部应联合工业和信息化部、文化和旅游部、国家能源局等部门,建立跨部门协同推进机制,共同制定数据共享、平台接口、安全认证、绩效评估等方面的技术标准、管理规范 and 激励政策,打破行政和行业壁垒,营造融合发展的制度环境。

4.2 构建“一路一云一脑”的集约化数字化底座

建设统一的公路云控平台。建议以省或区域为单位,统筹构建国省道数字孪生平台,作为 ITS 与路衍经济协同的“智慧大脑”和数字底座。该平台应具备强大的数据汇聚治理、模型算法分析、仿真推演预测、跨业务协同调度等功能。

推动数据深度融合与合规利用。在建立健全数据安全和隐私保护机制的前提下,探索通过建立“数据沙箱”、数据要素交易市场等创新机制,促进交通数据与商业数据、社会数据的合法合规流通与融合利用,激发基于融合数据的创新应用开发活力。

4.3 聚焦重点场景,实施示范引领工程

打造“智慧服务区 2.0”。超越基础的信息化,向“一站式出行服务中心”和“区域微商业枢纽”转型。集成快速充电/换电、物流快递智能存取、本地文化展示与特产展销、轻餐饮休闲、医疗应急救援等复合功能,并通过统一的线上平台实现预约、导航、支付等线上线下一体化服务。

深化“交通+旅游”融合,打造品牌智慧风景道。选择一批景观优美、文化特色鲜明的国省道,高标准部署感知、通信和能源设施,建设智慧旅游驿站,开发 AR 实景导览、自驾游线路定制、旅游保险、周边服务智能推荐等数字产品,形成具有全国影响力的品牌智慧风景道。

发展“智慧物流走廊”,提升干线物流效能。在货物运输量大的国省道干线,重点推广车路协同技术,建设智慧物流枢纽,为货运车辆提供实时精准导航、安全预警、编队行驶支持等公共服务,显著提升物流效率、安全水平和绿色低碳水平。

4.4 创新投融资与商业模式,激发市场活力

探索多元化投融资模式。对于具有明确盈利预期的项目(如智慧充电桩、广告精准投放系统),积极推广政府和社会资本合作(PPP)、特许经营等模式,吸引社会资本参与投资、建设和运营。政府可通过可行性缺口补助、资源捆绑开发等方式给予支持。

培育数据增值服务市场。公路运营单位或平台运营方可在脱敏和合规的前提下,向物流企业、保险公司、旅游平台、商业机构等提供交通流量分析报告、用户画像洞察、经济发展预测等数据服务,开辟新的营收渠道,反哺 ITS 建设和运营。

4.5 筑牢网络安全与数据隐私保护防线

必须严格贯彻执行《网络安全法》、《数据安全法》和《个人信息保护法》,在系统规划设计之初就同步规划、同步建设、同步运行安全防护体系(“三同步”原则)。

建立覆盖全路网的网络安全监测预警、应急响应和灾难恢复机制,定期开展安全攻防演练和风险评估,确保关键信息基础设施安全可靠运行,切实保护个人隐私和数据安全。

5 结论

智能交通系统与国省道路衍经济的协同发展,是新时代背景下推动交通运输行业转型升级、服务区域经济社会发展的战略选择。我国在这一领域的发展虽已起步,但仍面临数据壁垒、融合不深、模式不清等挑战,通过加强顶层设计、夯实数字底座、打造示范应用、创新商业模式、保障安全隐私等一系列举措,实现 ITS 与路衍经济从“弱耦合”到“强耦合”、从“低水平协调”到“高水平协调”的跨越,为交通强国建设和中国式现代化提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 王利彬,孟疆辉,陈建营. “路衍经济”概念、发展模式与实施路径研究[J]. 交通运输,2021,7(4):1-10.
- [2] 吴玉鸣,张奕. 我国区域经济与生态环境耦合协调发展的时空特征[J]. 经济地理,2010,30(4):568-572.
- [3] 臧晓冬,王晓敏. 基于车路协同的智慧公路体系建设框架研究[J]. 公路,2022,67(1):221-226.