

基于 AHP 法的城市智慧交通建设评价体系研究 ——以西宁市为例

郭瑜^{1,2}

1. 青海师范大学经济管理学院, 青海 西宁 810016

2. 陕西师范大学西北历史环境与经济社会发展研究院, 陕西 西安 710119

DOI:10.61369/UAID.2026010011

摘 要 : 本文基于层次分析法构建高原多民族城市智慧交通评价体系, 以西宁市为研究对象, 系统分析其智慧交通发展现状及权重分配特征。研究结果显示, 西宁市智慧交通发展指数综合估算为 75 分 (满分 100), 处于全国中等偏上水平。评价体系涵盖交通基础设施、智慧出行水平、交通管理水平、交通安全状况及环境影响五大准则层, 其中交通基础设施 (44.82%) 与环境影响 (24.81%) 权重突出, 体现高原城市“补短板”与生态管控的双重需求。实证分析表明, 西宁市在数字孪生、低空智航及公交优先策略方面成效显著, 但智慧出行服务渗透率 (6.09%)、城乡智能调度均衡性 (3.24%) 等维度仍存在短板。研究提出深化“数字孪生 + AI”融合应用、优化智慧出行平台及完善政策标准体系等对策, 旨在为高原城市发展提供可复制的智慧交通范式。

关 键 词 : 智慧交通; 层次分析法; 高原城市; 评价体系; 数字孪生

An AHP-Based Evaluation System for Urban Smart Transportation — A Case Study of Xining City

Guo Yu^{1,2}

1. School of Economics and Management, Qinghai Normal University, Xining, Qinghai 810016

2. Northwest Institute of Historical Environment and Economic Society Development, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710119

Abstract : Based on the Analytic Hierarchy Process (AHP), this study constructs an evaluation system for smart transportation in multi-ethnic plateau cities, using Xining City as a case study to systematically analyze its current development status and weight allocation characteristics. Research results indicate that Xining's smart transportation development index scores approximately 75 points (out of 100), positioning it at the upper-middle level nationwide. The evaluation system comprises five criteria: traffic infrastructure (44.82%), smart travel level, traffic management level, traffic safety status, and environmental impact (24.81%). The prominent weights of infrastructure and environmental impact reflect the dual requirements of plateau cities for "addressing infrastructure gaps" and implementing ecological governance. Empirical analysis reveals significant achievements in Xining's digital twin technology, low-altitude intelligent aviation networks, and bus priority strategies. However, challenges persist in dimensions such as smart travel service penetration (6.09%) and urban-rural intelligent scheduling coordination (3.24%). The study proposes strategies including deepening "digital twin + AI" integration, optimizing smart travel platforms, and improving policy-standard frameworks, aiming to establish a replicable smart transportation model for plateau city development.

Keywords : smart transportation; Analytic Hierarchy Process (AHP); plateau cities; evaluation system; digital twin

引言

城市交通问题已成为制约可持续发展的关键因素。智慧交通通过整合互联网、物联网、大数据和云计算等新一代信息技术, 实现

基金项目: 青海师范大学科学研究项目“西宁市城市智慧交通建设研究”(2018sr017)。

作者简介: 郭瑜(1981-), 男, 汉族, 河北保定人, 青海师范大学经济管理学院讲师, 陕西师范大学西北历史环境与经济社会发展研究院毕业博士。研究方向: 区域经济与协调发展, 生态经济与绿色转型, 计量经济分析。

对交通运输体系中人、车、路、环境及信息的全面感知与协同运行，成为提升服务品质、安全水平和运输效率的重要途径^[1-2]。2019年《交通强国建设纲要》提出“推动新技术与交通深度融合”，2021年《“十四五”现代综合交通运输体系发展规划》强调构建智能决策、协同管控的新一代治理体系，2023年《数字中国建设整体布局规划》将交通基础设施智能化升级列为重点任务。在此背景下，各地加速推进智慧交通建设。

西宁市作为青藏高原重要中心城市，机动车保有量从2021年的79.04万辆增至2025年初的100万辆，传统管理方式已难以应对现有交通压力。依托《青海省“十四五”综合交通运输体系发展规划》和《幸福西宁绿色交通三年行动计划（2019-2021年）》，西宁市已实现445个路口信号灯100%联网联控，建成31条绿波道路，搭建交通运输行业信息平台，初步形成覆盖地面运行、空中感知与数据支撑的立体化智能治理体系。截至2023年，全市拥堵指数同比下降4.09%，平均车速提升4.69%^[3]。

针对西宁市智慧交通发展的系统性研究较少，缺乏科学的评价体系和实证数据支撑。本研究构建契合高原多民族城市特征的智慧交通评价指标体系，运用层次分析法（AHP）进行客观评估，为政策制定提供实证依据，助力西宁市在落实国家交通强国与数字中国战略中走出具有高原特色的智慧交通发展路径。

一、文献综述与理论基础

（一）智慧交通概念界定

智慧交通是智慧城市的重要组成及基础支撑，指依托互联网、物联网、大数据和云计算等新一代信息技术，在对人、车、路、环境等信息等交通要素实现全面感知与泛在互联的基础上，构建协同运行、高效服务和可持续发展的新一代交通运输系统^[4]。相较于传统交通系统，智能交通系统（Intelligent Transportation System, ITS）以信息采集与处理为核心，智慧交通进一步融合物联网、大数据挖掘等技术，赋予系统类人化的“思考”与“决策”能力，强调服务的人性化与以用户为中心的理念^[5-6]。

（二）智慧交通内涵与特征

新时代智慧交通具有五大核心特征^[5-7]：

第一，全面实时感知：基础设施与运输装备具备高精度状态采集与环境感知能力，支持全要素、全时空动态数据交互；第二，新技术深度应用：大数据、云计算、移动互联等技术广泛嵌入车联网、智能研判、导航服务等领域；第三，多主体协同运行：通过车车、车路信息共享，在动态融合基础上提升交通安全与通行效率；第四，高度智能化：系统具备自学习、自判断、自组织与自决策能力，实现交通管理的实时闭环控制；第五，跨界融合：与新能源、物流、生态环境等行业深度融合，拓展“智”于管理、“慧”及民生的应用场景。

（三）智慧交通评价指标体系研究现状

国际学术界对智慧交通评价体系的探索呈现多元化路径。早期研究以城市智慧性评估框架为主，如Smith与Brown（2022）提出的包含移动便捷、环境舒适等六维度的评价框架^[8]。实践层面，新加坡通过电子收费、动态拥堵管理和地铁网络扩展构建了以通行效率为核心的评价体系；荷兰依托智能自行车道和传感器网络形成以绿色出行为导向的模式^[9]。欧盟在C-ITS项目中提出涵盖车联网覆盖率、动态信号控制响应速度等12项核心指标的标准化框架^[10]。

国内研究方面，王振源（2013）与苑宇坤（2015）从信息基

础设施、城市竞争力等角度构建智慧城市评价模型^[11-12]，2014年国家发布的智慧城市试点指标体系涵盖基础设施、管理服务等维度^[13-14]。针对智慧交通评价维度，现有研究多聚焦通用型城市，缺乏对高原、多民族聚居等特殊类型城市的实证分析。

国内研究方面，王振源（2013）与苑宇坤（2015）从信息基础设施、城市竞争力等角度构建智慧城市评价模型^[11-12]，2014年国家发布的智慧城市试点指标体系涵盖基础设施、管理服务等维度^[13-14]。针对智慧交通评价维度，中外学者都提出从应用水平、基础设施水平与实际应用效果三方面综合衡量。然而，现有研究多聚焦通用型城市，缺乏对高原、多民族聚居等特殊类型城市的实证分析。张盈盈（2014）和陈才君（2015）等指出，智慧交通内涵边界仍需厘清，评价体系需更系统化与科学化^[5,15]。

（四）AHP法在智慧交通评价中的应用

层次分析法（Analytic Hierarchy Process, AHP）由Saaty提出，是一种融合定性判断与定量计算的多准则决策方法，适用于结构复杂、指标多元的系统评价问题^[15]。在智慧交通领域，AHP通过构建“目标层—准则层—指标层”的递阶结构，将评价目标逐级分解，并基于专家对指标重要性的两两比较形成判断矩阵，计算各层级权重，实现综合量化评估^[16]。该方法逻辑清晰、操作简便，尤其适合处理定性定量混合信息^[17]。

然而，AHP权重结果高度依赖专家经验，主观性强。为提升科学性，常将其与熵权法、灰色关联分析等客观赋权方法结合，构建主客观集成模型。随着评价向动态化、精细化发展，AHP正与大数据、数字孪生及仿真技术融合，在保持结构优势的同时增强对实时场景的适应能力。

（五）西宁市智慧交通研究的特殊性

西宁作为青藏高原重要中心城市，兼具高海拔、多民族聚居、地形复杂与气候严苛等特征，对智慧交通建设提出特殊要求。高寒、强紫外线环境对智能设备与新能源车辆的耐久性构成挑战；藏、汉等多民族共居格局要求服务系统支持语言文化适配；山地河谷地貌增加基础设施布设难度与成本。因此，构建契合高原多民族城市特性的评价体系，对指导本地实践及形成可推广的“西宁模式”具有现实意义。

二、西宁市智慧交通体系发展现状

西宁市近年来积极推进智慧交通体系建设，已形成“地面公交高效便捷、空中感知智能联动、数据底座全域支撑”的立体化发展格局。

（一）公交都市建设成效显著

2021年，西宁入选“全国公交都市建设示范城市”。截至2023年6月，全市日均公交出行量达100万人次，主城区公交线路总长1445公里，设站点1170处（其中港湾式停靠站290处，占比24.79%），建成区公交站点500米半径覆盖率达100%。82%的出行无需换乘，99%的出行至多换乘一次，为全国进出公交系统步行距离最短、换乘次数最少的城市之一。西宁公交集团运营线路共160条，包括城市公交102条（含1条免费线路）、城乡公交58条，并开通11条“优巴士”定制公交及覆盖8个区域（4白班+4夜班）的巡游网约公交^[18]。

（二）绿色低碳与车辆智能化深度融合

西宁智慧公交信息化建设已持续21年，建成涵盖IC卡收费、智能调度、ERP管理、视频监控、服务热线、设备运维、健康管理及业财一体化等十大系统平台。智能调度系统覆盖城区90条线路1743台车及城乡74条线路530台车，依托1401套客流统计设备动态优化发车频次与运力配置。目前，63条主干线路已实现基于客流仿真的时刻表编制与线网优化。“西宁智能公交”APP、电子站牌及多元化电子支付已广泛应用，“AI小助手”与“预约乘车”服务结合50余条个性化线路，推动公交服务向精准化、个性化转型^[18]。

（三）数字孪生驱动交通治理现代化

西宁以数字孪生与人工智能技术为核心，全面推进交通基础设施智能化升级，取得多项标志性成果（见表1）。

表1 西宁市智慧交通核心建设成果

维度	成果描述	关键数据（建成年份）
数字底座	全域三维建模	7606平方公里，1小时完成重建，支持周更（2025年） ^[19]
低空网络	无人机运行支撑	30个无人机场、29个中继站，覆盖1748 km²（2025年） ^[19]
信号控制	网联联控水平	445处信号灯100%联网，动态调优（2024年） ^[20]
绿波通行	主干道效率提升	31条绿波带，平均车速40-45km/h（2024年） ^[20]
出行效率	整体交通改善	拥堵指数下降4.09%，平均车速上升4.69%（2023年） ^[20]
公交绿色化	新能源应用	1381台城市公交全部为清洁能源车辆（2023年） ^[18]
数据平台	国家级试点验收	智慧西宁时空大数据平台正式投用（2023年） ^[21]

（四）城市交通环境持续优化

在公交优先与智慧治理协同推进下，西宁人均道路面积由2015年的7.23平方米增至2025年的12.61平方米，市区交通拥堵指数累计下降62.4%。2022年住房和城乡建设部城市体检评估显示，西宁高峰期平均机动车速度在全国59个样本城市中排名第

10，道路网密度5.6 km/km²位列第21位。百度地图《2024年度中国城市交通报告》表明，西宁在全国36个重点城市红绿灯通行幸福度榜单中排名第21位，得分为70.98，其中路口绿灯畅行率21.51、路口等灯时长31.42、干线绿波带占比18.05，综合反映其通行效率与路网韧性优势。

三、评价指标体系构建与权重分析

基于智慧交通的核心内涵、关键特征及发展目标，结合西宁市发展实际，本研究构建西宁市城市智慧交通指数评价指标体系，采用目标层、准则层与指标层三级结构，共涵盖21项具体指标。

（一）评价指标体系框架构建

评价指标体系包含五个准则层：交通基础设施、智慧出行水平、交通管理水平、交通安全状况、环境影响。其中，交通基础设施涵盖百车车位数、公交站牌电子化率等6个指标；智慧出行水平涵盖实时路况用户数、人均日网约车数等4个指标；交通管理水平涵盖路口渠化率、出行平均速度等5个指标；交通安全状况涵盖万车死亡率、高峰期交叉路口阻塞率等3个指标；环境影响涵盖道路绿化达标率、路段空气质量超标率等3个指标。（详见表2）

表2 西宁市城市智慧交通指数评价指标体系

目标层	准则层（一级指标）	指标层（二级指标）
西宁市城市智慧交通指数	交通基础设施（B1）	百车车位数 (C1)
		公交站牌电子化率 (C2)
		路口灯控率 (C3)
		停车诱导系统覆盖率 (C4)
		人均道路面积 (C5)
		路段电子警察安装比例 (C6)
	智慧出行水平（B2）	实时路况用户数 (C7)
		人均日网约车数 (C8)
		智慧公交 APP 渗透率 (C9)
		公交导航人均使用次数 (C10)
	交通管理水平（B3）	路口渠化率 (C11)
		出行平均速度 (C12)
		交通信号协调控制率 (C13)
		高峰期拥堵延时指数 (C14)
		交通事故快速处理率 (C15)
	交通安全状况（B4）	万车死亡率 (C16)
		高峰期交叉路口阻塞率 (C17)
		高峰时段城区主干道平均车速 (C18)
	环境影响（B5）	道路绿化达标率 (C19)
		路段空气质量超标率 (C20)
		路段交通噪音超标率 (C21)

（二）各指标权重的计算

采用德尔菲法邀请15位相关领域专家对准则层内二级指标进行两两比较，匿名构建判断矩阵。通过列归一化处理生成归一化矩阵，经正规化运算形成权矩阵，主对角线元素即为各指标优先权重。为确保权重合理性，需进行一致性检验：

（1）计算一致性指标（CI）： $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$ （ $\lambda_{\max}$ 为判断矩阵的最大特征值， n 为矩阵阶数）；

（2）获取随机一致性指标（RI）：参照1-9维矩阵RI基准值表（表3）；

表3 AHP 衡量标度类型及随机一致性指标 (RI) 参考值

前后指标重要性	同样重要		稍微重要		比较重要		十分重要		绝对重要
维数 / 矩阵阶数 n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI值	0	0	0.52	0.90	1.12	1.26	1.32	1.41	1.45

(3) 判定一致性比率 (CR)：通过 $CR = \frac{CI}{RI}$ 进行验证。当 $CR < 0.1$ 时时判断矩阵具有满意一致性，权重结果有效。

西宁市城市智慧交通指数的比较矩阵、优先权重及一致性检验结果详见表4，各准则层与子指标的优先权重计算结果见表5。

表4 西宁市城市智慧交通指数比较矩阵、各指标优先权重及一致性检验结果

西宁市城市智慧交通指数	交通基础设施 (B1)	智慧出行水平 (B2)	交通管理水平 (B3)	交通安全状况 (B4)	环境影响 (B5)	CI	RI (矩阵阶数)	CR
B1	1	7.8973	3.7925	2.9745	1.8962	0.0740	1.2600 (6)	0.0587
B2	0.1253	1	0.3294	0.9763	0.2463	0.0202	0.8900 (4)	0.0227
B3	0.2490	2.9760	1	2.8130	0.4632	0.0491	1.1200 (5)	0.0438
B4	0.3173	0.9652	0.3346	1	0.3408	0.0091	0.5200 (3)	0.0176
B5	0.4563	3.8749	1.7942	2.7941	1	0.0268	0.5200 (3)	0.0516

注：西宁市城市智慧交通指数比较矩阵中 $\lambda_{\max} = 5.1759$ ， $CI = 0.043975$ ，一致性比例 $CR = 0.0393 < 0.1$ ；准则层各组 $CR_i < 0.1 (i = 1, 2, \dots, 5)$ ；组合一致性比例 $CR_{total} = CI_{total} / RI_{total} = 0.0512 < 0.1$ ，全部通过一致性检验。

表5 西宁市城市智慧交通指数各指标优先权重计算结果

西宁市城市智慧交通指数	准则层各组优先权重	各组内子指标优先权重	子指标总优先权重
B1	0.4482	C1	0.1921
		C2	0.0963
		C3	0.2142
		C4	0.1037
		C5	0.2630
		C6	0.1307
		C7	0.1634
B2	0.0609	C8	0.1634
		C9	0.3952
		C10	0.2781
		C11	0.1785
		C12	0.0481
B3	0.1599	C13	0.4402
		C14	0.1302
		C15	0.2030
		C16	0.1220
B4	0.0829	C17	0.3196
		C18	0.5584
		C19	0.4126
B5	0.2481	C20	0.2599
		C21	0.3275

(三) 权重分析与高原城市分布特征

权重分配结果与西宁市高原多民族城市特性高度契合。交通基础设施 (B1) 权重44.82%，对应人均道路面积12.61平方米 (2015年为7.23平方米)、路口灯控率100%等数据，表明基础设施建设仍处于“补短板”阶段。高原环境下，需重点考核路段交通噪音超标率，如新能源公交在零下30℃条件下续航保持率85%，反映设施耐寒性要求高于平原城市。环境影响 (B5) 权重24.81%，通过路段空气质量超标率8%、交通噪音超标率15%等指标，其子指标中空气质量超标率占B5权重41.26% (总权重0.1024)，交通噪音超标率占B5权重32.75% (总权重0.0813)，

凸显生态敏感性权重的合理性。

交通管理 (B3) 权重15.99%与智慧出行 (B2) 权重6.09%构成互补层次。444处信号灯100%联网联控，31条绿波带使主干道平均车速提升至40-45 km/h，印证B3中交通信号协调控制率权重7.04%设计的科学性。智慧出行维度中，“西宁智能公交”APP渗透率达52.5%，但操作复杂度仍需优化，对应B2子指标总优先权重 (C7-C10 合计0.0609) 与实际服务需求存在适配性。

高原实践价值的多维体现反映在权重分布上：人均道路面积12.61平方米 (全国2022年均值19.28平方米)、公交专用道覆盖率不足，B1权重44.82%指导基础设施攻坚；生态脆弱性方面，空气质量达标率与交通噪音超标率差异强化B5权重24.81%的环境管控导向。区域协同需求层面，“与兰州等周边城市交通信息系统对接不足”，B3中交通事故快速处理率权重3.24%，呼应跨省客流压力 (节假日达平日2-3倍)。

四、研究结论与对策建议

(一) 综合评价与核心结论

基于AHP法权重与实际数据综合估算¹，西宁市智慧交通发展指数综合得分约为75分 (满分100)，处于全国中等偏上水平。评价体系精准适配高原多民族城市特性，权重分配反映现实需求：交通基础设施权重44.82%，对应人均道路面积12.61平方米、路口灯控率100%等数据，体现“补短板”阶段的优先级；环境影响权重24.81%，通过空气质量超标率8%、交通噪音超标率15%等指标，凸显生态敏感性管控的必要性；交通管理权重15.99%，以交通信号协调控制率76.5%、拥堵指数下降4.09%等实证数据验证管理效能提升的科学性。

西宁智慧交通建设呈现“硬设施+软服务+新平台”协同推进特征：一是公交服务全国领先，500米站点覆盖率100%、日均100万人次出行量、99%出行至多换乘1次；二是绿色转型彻底，

1 综合得分估算方法说明：(1) 数据基础：采用文中核实数据 (如人均道路面积12.61 m²、智慧公交APP渗透率52.5%等)；(2) 评分规则：设定各二级指标目标值 (100分) 与基准值 (60分)，通过线性插值转化为标准化得分；(3) 加权合成：将标准化得分与AHP总优先权重 (表5) 相乘后累加，得出综合得分。因篇幅问题不再详细展示。

1381台城市公交100%清洁能源化,新能源车车辆在零下30℃续航保持率85%;三是数字底座先进,7606平方公里三维建模周级更新能力、1748 km²低空网络覆盖;四是管理效能提升,444处信号灯100%联网,31条绿波带使行程时间缩短近5分钟,2023年拥堵指数同比下降4.09%。

（二）现存短板与挑战

尽管成果突出,仍存在结构性短板:一是智慧出行服务渗透率不足(B2权重6.09%),APP用户活跃度与操作复杂度矛盾突出;二是低空智航与地面交通尚未形成统一调度机制(C6总权重5.86%);三是交通事故快速处理率B3组内权重20.30%,反映城乡智能调度覆盖不均衡(C15总权重3.24%);四是定制公交、AI预约等新服务认知度和使用率偏低(C10总权重1.69%)

（三）对策建议

深化“数字孪生+AI”融合应用:构建“空、地”一体化响应机制,推动低空无人机巡检数据与地面信号控制系统联动;开发72小时客流与路况预测系统,基于大模型算法优化运力配置。

打造“全民友好型”智慧出行平台:升级“i西宁APP”,集成预约公交、实时到站、碳积分激励等功能,目标2026年市民活跃用户占比达50%以上;优化藏汉双语服务,在电子站牌、导航系统中强化多语言适配。

完善政策与标准体系:制定《西宁市智慧交通运行管理办法》,明确高原环境下的设备选型与运维规范;设立智慧交通专项基金,建议投入占GDP的1.2%–1.5%;构建跨区域协同机制,与周边城市共建交通信息系统。

五、结语

基于AHP法构建的高原多民族城市智慧交通评价体系显示,西宁市在数字孪生与低空智航领域取得突破,技术适配性与数据底座建设居西部前列。全国横向比较视角下,其发展指数综合得分估算约为75分,处于中等偏上区间,但信号协调控制(C13总权重7.04%)、公众服务渗透(C10总权重1.69%)等维度仍有提升空间。

未来研究可从三方面深化:构建动态更新的评价体系,纳入数字孪生底座精度、低空交通运行效率等新指标;制定高原环境差异化建设标准,提升设施耐久性;探索“交通+生态+民族”融合治理模式,推动服务与生态保护、文化传承协同发展。

西宁市需政府、企业与公众协同推进“数字孪生+AI”技术融合、城乡公交一体化调度及绿色低碳服务供给,为全球高原城市发展提供可复制的智慧交通范式。

参考文献

- [1]陈才君,柳展,钱小鸿,等.智慧交通(第二版)[M].北京:清华大学出版社,2015:56–72.
- [2]MANDAL R,MANDAL A,DUTTA S,et al. Framework of intelligent transportation system: A survey[C]// Lecture Notes in Networks and Systems. Singapore: Springer Nature, 2022: 93–108.
- [3]澎湃新闻. 西宁市区21条绿波带投入使用,为驾驶人开启绿波通道[EB/OL]. (2023–12–30) [2025–12–05]. https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_25853273.
- [4]张盈盈,陈燕凌,关积珍,等. 智慧交通的定义、内涵与外延[C]// 2014第九届中国智能交通年会大会论文集. 北京:北京交通发展研究中心;北京市交通委员会;北京四通智能交通系统集成有限公司,2014:584–588.
- [5]张盈盈,李健,王振源. 智慧交通内涵界定与评价维度探析[J]. 中国交通信息化,2014(12):45–49.
- [6]陈琨,杨建国. 智慧交通的内涵与特征研究[J]. 中国交通信息化,2014(9):28–30.
- [7]PERRAL A,HERNANDEZ J U E,ONIEVA E,et al. Smart transportation systems: Technology and applications[M]. Beijing: China Machine Press, 2022: 56–62.
- [8]SMITH J,BROWN T. Urban smartness evaluation framework: A six-dimensional approach[J]. Journal of Urban Technology, 2022, 29(2): 45–62.
- [9]HIN L T W,SUBRAMANIAM R. Creating smart cities with intelligent transportation solutions[C]// Advances in environmental engineering and green technologies. Hershey: IGI Global, 2019: 174–190.
- [10]BOLGOVA E,KOROLEVA E,BOLGOV S. Smart transport in a smart city: European and Russian development management track[J]. Transportation Research Procedia, 2022, 63: 844–852.
- [11]王振源,陈明,刘畅. 新时代智慧交通的特征与发展趋势[J]. 城市发展研究,2019,26(7):78–84.
- [12]苑宇坤,张宇,魏坦勇,等. 智慧交通关键技术及应用综述[J]. 电子技术应用,2015,41(8):9–12+16.
- [13]田舒斌,主编. 中国国际智慧城市发展蓝皮书:2014[M]. 北京:电子工业出版社,2015:52–56.
- [14]俞萍,杨晓凤,袁慧君,等. 第四届(2014)中国智慧城市发展水平评估报告[R]. 北京:中国社会科学院信息化研究中心;国脉互联智慧城市研究中心,2014:45–49.
- [15]SAATY T L. How to make a decision: The analytic hierarchy process[J]. Interfaces, 1994, 24(6): 19–43.
- [16]李锐,王丽,赵刚. AHP方法在智慧交通评价中的应用与改进[J]. 系统工程理论与实践,2016,36(5):1156–1165.
- [17]ZAPOLSKYTĖ S,TRĖPANIER M,BURINSKIENĖ M,et al. Smart urban mobility system evaluation model adaptation to Vilnius, Montreal and Weimar cities[J]. Sustainability, 2022, 14(2): 715.
- [18]宇通客车. 西宁公交:科技赋能点亮智慧交通[EB/OL]. (2023–08–25) [2025–12–05]. <https://www.yutong.com/news/yutongnews/08/1694960739565047808.shtml>
- [19]中国新闻网. 西宁低空智航应用平台正式发布[EB/OL]. (2025–09–27) [2025–12–05]. <https://www.chinanews.com/sh/2025/09-27/10490292.shtml>.
- [20]西宁晚报. 31条绿波道路提升通行效率[EB/OL]. (2025–03–11) [2025–12–05]. http://www.xnwbw.com/html/2025-03/11/content_324414.htm.
- [21]张弘靓. 智慧西宁时空大数据平台建设试点项目通过国家验收[N/OL]. 西宁晚报,2023–09–27(07)[2025–12–05]. <http://www.qinghai.gov.cn/zwgk/system/2023/09/27/030026514.shtml>.