

人工智能在公路路线设计方案创新决策中的应用研究

张珂

阜阳交通规划设计有限公司 安徽 阜阳 236000

摘要: 本文探讨了人工智能在公路路线设计方案创新决策中的应用。通过集成大数据、机器学习和地理信息系统 (GIS) 等技术,人工智能能够实现对地形、地貌、交通流量等多元信息的综合分析,优化路线规划。交互式遗传算法的应用促进了人机协作,使设计过程更具灵活性和主观性。同时, AI技术能够预测并平衡安全、经济、环保等多重目标,为公路设计提供科学依据。本文旨在推动公路设计的智能化和高效化,提升整体交通系统的运行效能。

关键词: 人工智能; 公路路线设计; 方案创新决策; 应用

引言: 随着科技的飞速发展,人工智能已成为推动各行业变革的重要力量。在公路建设与规划领域,传统的路线设计方法面临诸多挑战,如复杂地形的适应性、多目标平衡的优化难度等。人工智能技术的引入,为公路路线设计带来了革新机遇。通过深度学习与大数据分析, AI能够精准预测交通流量、评估地质风险,实现路线的智能生成与优化。本研究旨在探讨人工智能在公路路线设计方案创新决策中的应用,以期提升设计效率与质量,推动交通基础设施的智能化发展。

1 人工智能与公路路线设计概述

1.1 人工智能基本原理与技术发展

(1) 人工智能的定义与核心要素。人工智能是通过计算机模拟人类智能行为的技术体系,核心要素包括数据、算法与算力。数据为智能学习提供“素材”,算法构建推理与决策逻辑,算力则支撑复杂模型的运算,三者协同实现机器的感知、学习与决策能力。(2) 机器学习、深度学习等关键技术。机器学习是人工智能的核心分支,通过统计模型让机器从数据中自主提炼规律;深度学习基于多层神经网络,能处理图像、语音等非结构化数据,在特征提取上实现突破,二者共同推动人工智能从“规则驱动”迈向“数据驱动”。(3) 大数据、云计算在人工智能中的应用。大数据为人工智能提供海量训练样本,提升模型泛化能力;云计算以分布式架构解决算力瓶颈,实现大规模数据存储与并行计算,二者结合使复杂AI模型的落地应用成为可能。

1.2 公路路线设计的基本流程与要求

(1) 公路选线的原则与目标。遵循“安全优先、经济合理、环保协调”原则,目标是在满足技术标准的同时,减少对地形地貌的破坏,平衡工程成本与使用寿命,兼顾区域经济发展与生态保护。(2) 传统公路选线方法的局限性分析。传统方法依赖经验判断与二维图

纸,难以应对复杂地形的三维建模需求,且对地质、水文等动态数据的整合能力弱,导致方案优化周期长、适应性不足。(3) 公路路线设计的多目标协调统一问题。需在线形指标、工程造价、施工难度、通行效率、生态影响等目标间寻求平衡,例如缩短路线长度可能增加拆迁成本,绕行保护区需权衡工期与环保投入,协调过程需量化分析与动态调整^[1]。

2 人工智能在公路路线设计中的应用现状分析

2.1 国内外研究现状

(1) 国外人工智能在公路选线中的应用案例。国外较早探索AI在公路选线中的应用。美国利用激光雷达与AI算法,快速评估灾后道路状况并规划救援路线,精准量化受损程度;欧洲科研团队将深度学习与GIS结合,在阿尔卑斯山区公路选线中,自动规避地质灾害高发区,方案生成效率提升40%。(2) 国内人工智能在公路设计领域的研究进展。国内研究聚焦实用化落地。铁四院研发的智能勘察设计平台,在多条高铁与高速项目中,实现三维实景建模与智能选线,全流程效率提升30%-50%;高校团队构建的路线优化模型,融合多源数据,在复杂地形选线中兼顾成本与生态保护。(3) 现有研究的不足与挑战。现有研究存在明显短板:复杂环境下模型适应性差,难以应对极端气候与地质突变;数据标准不统一导致跨区域应用受阻;AI系统与传统设计流程融合度低,设计师对算法决策信任度不足。

2.2 应用场景与技术实现

(1) 基于GIS的公路选线知识库构建。依托GIS整合地形、水文等空间数据,将设计规范、历史案例转化为知识规则。系统可自动匹配约束条件,快速生成候选路线,减少人工筛选成本,提升选线科学性。(2) 交互式遗传算法在路线优化中的应用。通过人机协同迭代优化路线:算法生成初始方案,设计师基于经验评价反馈,

算法调整参数再优化。该模式平衡工程成本、生态影响等多目标,在山区公路设计中方案优化周期缩短50%。

(3) 智能传感器与大数据在交通流量预测中的作用。智能传感器实时采集车流量、车速等数据,经大数据分析构建预测模型。预测结果指导路线设计,如在流量高峰段区域增设车道或立交,提升公路通行能力。

3 人工智能在公路路线设计方案创新决策中的具体应用

3.1 路线方案智能生成与优化

3.1.1 利用机器学习算法生成初始路线方案

机器学习算法通过对历史公路路线设计案例的深度学习,能够快速捕捉不同地形、地质条件下的路线设计规律。在获取区域地形数据、地质勘察报告、土地利用规划等基础信息后,算法可自动识别关键约束条件,如避开地质断层带、保护生态敏感区等,在短时间内生成多个初始路线方案。例如,基于随机森林算法的路线生成模型,能对海量历史数据进行特征提取,精准预测不同路线走向的可行性,其生成的初始方案在满足基础设计规范的前提下,较传统人工初步设计效率提升60%以上,为后续优化环节提供了丰富的备选基础。

3.1.2 结合专家系统与多目标决策优化路线

专家系统整合了公路设计领域权威专家的经验知识与设计规范,形成一套完整的决策规则库。在路线优化过程中,机器学习生成的初始方案会被输入专家系统,系统依据规则库对方案进行初步筛选,剔除明显不符合实际需求的方案。随后,多目标决策算法介入,综合考虑工程成本、施工难度、运营安全性等多个目标,通过建立数学模型对剩余方案进行量化评估。比如,采用层次分析法确定各目标权重,结合遗传算法对路线参数进行迭代优化,最终得出在多个目标间达到平衡的最优方案,这种人机结合的优化模式既保证了方案的专业性,又提高了决策的科学性^[2]。

3.1.3 考虑安全、经济、环保、舒适等综合因素

人工智能在路线设计中能实现多因素的协同考量。在安全方面,通过分析历史交通事故数据与路线特征的关联性,算法可优化弯道曲率、坡度等参数,降低事故风险;经济层面,结合建材价格波动、施工周期预测模型,精准估算不同路线的工程总造价,选择性价比最高的方案;环保上,利用遥感技术与生态评估模型,识别路线沿线的珍稀动植物栖息地、水源保护区等,自动调整路线走向以减少生态破坏;舒适性方面,基于驾驶员生理反应数据与路线平整度的关联分析,优化路面设计参数,提升行车舒适度。这种综合考量机制,打破了传

统设计中单一目标优先的局限,实现了公路路线的整体最优。

3.2 交通流量适配性设计与动态优化

3.2.1 基于流量预测的路线参数预设

人工智能通过挖掘历史交通流量数据与路网形态的关联性,构建流量-路线参数映射模型。在设计阶段即根据预测的全生命周期流量特征,预设路线关键参数:如预测高峰流量较大的路段,自动加宽车道宽度至3.75米;在流量集散节点提前设计喇叭形互通立交,通过匝道曲率优化提升车辆转换效率。例如,基于LSTM网络的流量预测模型可精准推算未来20年交通量增长曲线,为路线设计预留15%-20%的通行能力冗余,避免后期改扩建^[3]。

3.2.2 路线弹性设计与动态调整接口预留

在方案设计中嵌入动态调整接口:在地形复杂路段采用模块化路基设计,预留车道拓宽空间;在城市出入口路段预设可变车道隔离带基础,便于后期通过智能控制系统调整车道功能。人工智能系统会根据实时采集的周边路网流量数据,在设计阶段模拟10种以上流量场景,确保路线方案具备应对流量波动的弹性。如预测节假日潮汐流量明显的路段,会在设计中增加临时应急车道的土建基础。

3.2.3 基于流量特征的路线形态优化

通过分析流量构成特征(如货车比例、车型分布)优化路线形态:针对货运车辆占比超30%的路段,设计缓坡($\leq 3\%$)与大半径弯道(≥ 500 米);针对小型客车为主的旅游线路,增加观景台与紧急停车带的密度。数据显示,经流量特征优化的路线方案,可比传统设计降低18%的路段拥堵概率,提升22%的通行效率稳定性。

3.3 应急功能嵌入与安全冗余设计

3.3.1 基于灾害预警的路线避险设计

人工智能整合区域气象、地质数据,在路线设计中构建灾害风险热力图。对暴雨频发区自动抬高路基高度0.5-1.2米,并设计漫水桥应急通道;在滑坡高发段将路线向山体外移30-50米,同时预留抗滑桩施工位置。系统通过模拟50年一遇灾害场景,在设计方案中预设3-5处应急避险场地,确保灾害发生时可快速转换为临时救援通道^[4]。

3.3.2 事故应急空间的路线方案预留

在路线设计中嵌入应急处置空间:长隧道内每500米设置加宽段作为事故处理区;连续下坡路段每隔3公里设计避险车道,其长度根据预测货车流量动态调整(100-150米)。人工智能通过分析类似路段事故数据,在弯道视距不良处提前设计反光防撞护栏与紧急呼叫点,将事故发生至处置的响应时间压缩40%。

3.3.3 安全冗余设计与路线容错优化

通过事故模拟算法识别路线设计薄弱点：在连续弯道处增加路侧净区宽度至5米以上；在桥头接坡段优化纵坡过渡（ $\leq 0.5\%$ ），减少车辆跳车风险。系统会自动计算各路段安全容错系数，对风险值超标的设计方案强制优化，最终使路线方案的预期事故率降低25%~30%，显著提升运营安全性。

4 人工智能在公路路线设计创新决策中的挑战与对策

4.1 技术挑战

（1）数据采集与处理难度。公路路线设计需整合地形、地质、交通等多维度数据，但数据采集面临多重阻碍。偏远山区、复杂地貌区域的传感器部署成本高，易出现数据空白；不同部门的数据格式差异大，如测绘部门的矢量地图与交通部门的流量数据难以直接融合，导致预处理耗时占比超60%。此外，动态数据（如实时气象、临时施工信息）更新滞后，降低模型决策时效性，极端天气下甚至出现数据失真。（2）算法优化与模型适应性。现有算法在复杂场景中表现不足。多目标优化算法处理安全、环保等冲突目标时，常陷入局部最优，例如在生态敏感区选线时，难以平衡保护成本与工程效率。模型泛化能力弱，某平原地区训练的路线优化模型应用于高原山地时，因地质数据分布差异，方案可行性下降40%。同时，算法“黑箱”特性导致设计人员对输出结果信任度低，影响实际落地^[5]。（3）系统集成与互联互通问题。人工智能系统与传统CAD设计软件、GIS平台的接口不兼容，数据传输需人工中转，效率降低30%以上。不同项目的AI系统标准不一，如设计院的路线生成模型与施工单位的进度管理系统无法协同，形成“数据孤岛”。此外，算力分配不均，中小设计单位难以承载大规模模型运算，制约技术普及。

4.2 对策与建议

（1）加强技术研发与创新能力。重点研发轻量化采集设备，如无人机搭载多光谱传感器，提升复杂地形数据获取效率；攻关自适应算法，引入强化学习动态调整

模型参数，增强极端场景适应性。建设行业级AI算力中心，采用边缘计算技术降低中小单位使用门槛，推动算法开源社区建设，加速技术迭代。（2）完善数据共享与隐私保护机制。建立国家级公路数据中台，统一数据格式与编码标准，明确水利、环保等部门的数据共享权责。实施分级数据管理，对涉密地质数据采用联邦学习技术，在加密状态下完成模型训练，出台《公路数据安全规范》，平衡共享效率与隐私保护。（3）推动跨领域合作与人才培养。组建“设计院+AI企业+高校”联合实验室，开展路线智能设计试点项目；高校增设“智能交通工程”专业，开设机器学习、公路勘察等交叉课程。企业推行“双师型”培养计划，鼓励设计师参与AI项目实训，同时引进计算机人才深耕行业场景，构建复合型人才梯队。

结束语

综上所述，人工智能在公路路线设计方案创新决策中的应用，不仅提高了设计效率和质量，还促进了公路建设向智能化、绿色化方向发展。通过整合多维度数据、采用先进算法和优化模型，人工智能为公路设计提供了科学、精准的决策支持。未来，随着技术的不断进步和应用场景的拓展，人工智能将在公路设计中发挥更加重要的作用，为构建安全、高效、环保的交通网络贡献力量。

参考文献

- [1]张华,杨芬.人工智能在路线线形设计中的应用探讨[J].城市道桥与防洪,2021,(07):87-88.
- [2]龚子园,兰强.公路工程设计中路线布设及路基设计要点[J].黑龙江交通科技,2022,(11):115-116.
- [3]田家兴.基于路线布设与路基设计的公路工程设计要点研究[J].建筑技术开发,2022,(06):59-60.
- [4]谢小春,邓小凤.基于路线布设与路基设计的公路工程设计要点分析[J].人民交通,2021,(05):54-55.
- [5]梁昌征,张贵阳,张志清.公路路线自动寻优的遗传算法实现[J].交通工程,2021,21(04):39-40.