

基于人工智能的CAD二次开发技术在道路地形图中的应用

靳佩佩

(深圳市市政设计研究院有限公司, 广东 深圳 518029)

摘要: 传统的道路制图依赖于人工操作,效率低且易出错,急需自动化工具。基于自然语言处理(NLP)的AI代码生成模型,可以通过AutoLISP语言实现在道路制图中CAD文件的智能化处理。以道路制图过程中的地形图的处理为例,开发基于LISP语言的CAD地形图处理程序,实现等高线线型优化、图层分层等功能。通过人工智能生成LISP脚本逻辑,结合道路工程制图标准构建自动化处理框架。程序将极大地减少地形图处理时间,降低人工错误率,并通过深圳道路项目验证其实用性。结果表明:该程序突破了传统脚本编程的刚性约束,实现了自然语言指令向专业设计逻辑的智能转化,为道路工程数字化交付提供创新技术路径。

关键词: 人工智能;CAD二次开发技术;道路制图;道路工程;道路地形图

中图分类号: U455

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2025)12-0343-04

Application of AI-Driven CAD Secondary Development Technology in Road Mapping

JIN Peipei

(Shenzhen Municipal Design and Research Institute Co., Ltd., Shenzhen 518029, China)

Abstract: Traditional road mapping relies on manual operations, which are inefficient and error-prone, necessitating the automated tools. An AI code generation model based on Natural Language Processing (NLP) can realize the intelligent processing of CAD files in road mapping by using AutoLISP language. Taking the terrain map processing in road mapping as an example, a CAD terrain processing program based on LISP language is developed to achieve the functions such as contour line style optimization and layer classification. By generating LISP script logic through artificial intelligence and integrating road engineering drafting standards, an automated processing framework is constructed. The program significantly reduces the terrain map processing time, lowers the manual error rates, and demonstrates the practicality through the validation of road projects in Shenzhen. The rigid constraints of traditional script programming is broken through, and the intelligent transformation of natural language instructions into professional design logic is realized, which provides an innovative technical pathway for digital delivery in road engineering.

Keywords: artificial intelligence; CAD secondary development technology; road mapping; road engineering; road topographic map

0 引言

0.1 人工智能技术的渗透与影响

当前,人工智能(AI)技术已深度渗透至教育、能源及医疗等关键民生领域,其技术溢出效应正重塑传统工程领域的价值创造模式。在教育领域,AI技术通过个性化学习路径的推荐,显著提升了教学效率。郑庆华^[1]聚焦人工智能赋能STEM教育,通过构

建游戏化、社交化等六种新学习场景,开发评价、教学等五类大模型应用;融合遵循“观察现象—发现问题—提出问题—解决问题”机制,成效关键在教师,最终实现人机协同“新智商”超越人类智商局限。周如俊^[2]扎根理论研究提出,生成式人工智能赋能职业教育教学变革需立足“价值意蕴—风险审视—治理路径”三维框架,价值维度体现为教学方法革新、学习范式转型、教学场域重塑及情感教学创生等,研究据此提出建设智慧教学平台、构建人机协同生态、开展“德技并修”教学创新、完善智能教育治理的发展路径,为职业教育数字化转型提供系统性解决方

收稿日期: 2025-04-05

作者简介: 靳佩佩(1993—),女,硕士,工程师,从事道路设计工作。

案。在医疗领域, AI影像分析技术帮助医生快速识别病灶, 提高诊断准确率。李锐彤等^[3]指出人工智能及影像组学通过挖掘肉眼不可见的影像特征与定量信息, 显著提升了术前预测胰腺导管腺癌(PDAC)淋巴结转移的准确性, 突破传统影像学局限。张雪丽等^[4]的综述研究指出, 人工智能技术通过处理乳腺磁共振成像(MRI)数据, 显著提升了乳腺癌诊断的精准性与效率。该研究强调, 基于MRI对软组织的高分辨率和病变灵敏性, AI技术在早期筛查、诊断及治疗中展现出重要临床价值, 为优化乳腺癌诊疗流程提供了技术支撑, 并推动该领域的持续发展。在能源领域, AI优化的智能电网系统实现了能源分配的高效化。王若松等^[5]提出基于人工智能的配电网智能调度优化方法, 通过数据采集与预处理、智能负荷预测、设备状态诊断及优化算法设计, 构建了完整的配电网自动化优化体系。该研究验证了方法的有效性与实用性, 实现了配电网运行效率、可靠性和安全性的协同提升, 为系统智能化升级提供了理论和技术支持。陈立栋^[6]针对电力需求激增背景, 提出人工智能技术是突破电网调度自动化系统运行瓶颈的关键路径。该研究通过功能分析、技术融合与实施路径设计, 为构建高精益度的智能调度体系提供解决方案。然而, 尽管BIM(建筑信息模型)技术已逐渐应用于道路工程中, 如宋爱苹等^[7]利用BIM构建道路线性选择的指标参数, 提取相应的模型参数, 利用建立的指标评价体系进行了不同线性选型的方案对比, 从而获得最佳的线路设计效果。张晋涛等^[8]以杭州之江路项目为例, 分析BIM技术的应用需求、技术路线、建模精度及七大应用场景, 有效提升城市道路建设施工水平。张峰等^[9]提出基于知识库的桥梁BIM自动化检查技术: 以IFC标准数据为基础, 构建语义/元数据/指标三类知识库, 实现完整性、正确性、合规性三重检查, 开发SmartBridge软件显著提升检查效率和准确性。陈杰^[10]通过工程实证表明, 无人机倾斜摄影与BIM技术的融合应用, 可突破路基土石方工程“施工难、工期短”的瓶颈, 实现点云数据快速采集、土方量精准计算及施工可视化模拟, 较传统方法显著提升施工效率并降低资源投入, 为同类工程提供数字化解决方案。目前已有许多学者致力于研究BIM在道路设计制图中的应用, 但基层设计单位仍普遍滞留在二维制图阶段。这种技术鸿沟导致了大量重复性、基础性工作的低效执行, 急需通过技术创新实现效率提升。

0.2 道路制图的现状与挑战

以地形图处理这一环节为例, 大部分勘察设计院在地形图处理环节延续传统工作流, 图层分类、等高线修整等基础性且重复性的工作占据设计人员的有效工时。传统CAD二次开发技术作为一款通用型计算机辅助设计软件, 凭借其自身开放化的体系结构, 能够被广泛应用于各个行业、专业的二次开发工作^[11]。潘小康等^[12]采用VBA工具对浩辰CAD进行了二次开发, 利用二次开发程序读取原始数据, 自动绘制路面病害分布图、处治段落分布图等, 并根据处治段落和方案计算路基、路面、交安养护工程量和费用, 大大提高设计效率和质量。高会刚^[13]通过AutoLISP语言对AutoCAD进行二次开发, 开发出路面结构图、侧缘石安装大样图、路面搭接设计图及道路横断面设计图绘制程序, 完成这类图纸的快速绘制, 提高工作效率。黄菊等^[14]基于CAD二次开发, 通过Fortran-C#混合编程实现流场矢量/云图动态生成与色阶可视化, 突破水利工程流场自主编辑瓶颈, 三峡案例实证其高效性与实用价值。李洋^[15]针对矿山测绘高精度需求, 通过CAD二次开发实现测绘数据高效处理与复杂操作简化, 显著降低人力投入并保障成果精度, 实证表明其对矿山建设工程具有关键技术支撑价值。但其技术实施存在双重约束: 一方面, AutoLISP等开发语言要求设计人员具备CET-4级英语能力与基础编程技能; 另一方面, 定制化功能模块的维护成本高。这种技术-人力鸿沟催生了新型解决方案的迫切需求。

0.3 研究目标与创新点

本研究创新性地引入人工智能驱动的代码生成模型, 通过构建道路工程领域特定的深度语义理解框架, 实现自然语言指令向AutoLISP脚本的端到端转换。具体而言, 设计人员采用类自然语言输入地形处理需求(如“提取高程点并分层归集”), 人工智能系统生成符合EIA/CDS-1003A标准的LISP代码, 经工程项目验证后执行自动化处理。该方案使道路工程制图效率得到大幅提升, 同时降低人工干预频次。

1 关键技术

1.1 自然语言指令解析

1.1.1 语义理解框架与规则库构建

自然语言指令解析是系统的核心环节。本研究构建了深度语义理解框架, 通过基础语法规则层、领域知识层和操作逻辑层三层结构化规则库将自然语

言输入转化为指令逻辑。

(1)基础语法规则层:建立词法-句法映射模板,如“调整[A]为[B]”→(setproperty [A] [B])。

(2)领域知识层:封装道路工程术语库,如“高程点”→“GCD”图层,“等高线”→“DGX”图层。

(3)操作逻辑层:关联自然语言指令与 LISP 函数集,如“清理冗余”→(command “PURGE” “A” “*” “N”)。

代码生成实例:

当输入指令“地形图标准化处理”时,规则库触发以下映射逻辑:

```
mermaid
graph LR
    A[自然语言指令] --> B[基础语法解析]
    B --> C{领域知识匹配}
    C --> D["图层操作 | D["创建 dxt 图层 <br>(command -LAYER...)"]"]
    D --> E["文字样式 | E["设置 DXT 样式 <br>(command -STYLE...)"]"]
    E --> F["图形属性 | F["线宽归零 <br>(command PEDIT...)"]"]
    F --> G[操作逻辑组合]
    G --> H[生成 LISP 代码]
    H --> I[最终生成完整地形图处理程序(lisp 文件):]
    I --> J["(defun c:dxt (/ ss old_cmd)
    (vl-load-com)
    ;; 规则库映射 1: 图层标准化
    (command " -LAYER" "M" "dxt" "C" "8"
    "dxt" "LW" "0" "dxt" "")
    ;; 规则库映射 2: 文字样式强制
    (command "-STYLE" "DXT" "txtd.shx, hztxt.
    shx" "0.7" "1" "0" "N" "N" "N")
    ;; 规则库映射 3: 图形属性优化
    (command "PEDIT" "M" ss "" "W" "0" "")
    ...
    )"]]
```

(4)规则库采用 Neo4j 图数据库存储:通过节点关系网络实现语义单元的多维度关联,显著提升复杂指令解析准确率。例如,输入“修改所有图形的颜色随层”,系统通过图遍历快速映射“实体→颜色→随层→(setproperty " Entity " " Color " 256)”的

代码逻辑。

1.1.2 模糊指令处理

设计人员的输入往往存在一定的模糊性,例如“清理没用的线”可能需要进一步解析为“删除冗余实体”。为此,系统引入规则引擎,通过预定义的语法规则和上下文分析,对模糊指令进行补充和优化。这种处理方式不仅提高了指令解析的准确性,还增强了系统的鲁棒性。

1.1.3 指令的多语言支持

考虑到工程领域的国际化需求,系统支持多语言输入,包括中文、英文及工程术语缩写。例如,设计人员可以输入“提取高程点”或“Extract Elevation Points”,系统均能准确解析并生成对应的代码。

1.2 LISP 代码生成

1.2.1 代码生成模型

基于自然语言指令解析的结果,人工智能系统生成符合 EIA/CDS-1003A 标准的 LISP 代码。代码生成模型通过深度学习算法训练,能够理解道路工程领域的专业术语和逻辑关系,从而生成高效、准确的代码。

1.2.2 代码优化策略

生成的 LISP 代码不仅需要满足功能需求,还需要具备高效性和可维护性。系统通过强化学习算法,对生成的代码进行优化,如减少冗余代码、优化算法复杂度等。这种优化策略显著提升了代码的执行效率。

1.2.3 代码验证与迭代

生成的代码在执行前需要经过严格的验证过程,确保其符合工程标准和实际需求。通过工程项目验证后,系统会根据反馈对代码生成模型进行迭代优化,从而不断提高生成代码的准确性和效率。

2 工程应用

2.1 项目概况

田心大道如意路市政工程位于石岩街道,线位呈南北走向,南起石岩罗租村道同辉路路口南侧,接地铁 13 号线罗租站恢复阶段道路施工图,穿过罗租已建成区,跨越石岩河后与宝石东路相接,沿田心大道旧路继续向北分别与现状石岩北环路、坑尾路相交,终点接现状石岩外环路,线路全长 3.19 km,规划为红线 50 m 宽的双向 6 车道城市主干道,车速 40 km/h,全线与在建地铁 13 号线、地铁 13 号线共建管廊 2 个项目共线,与田心水河道在石岩河一塘尾

南路段共线约1.65 km长。

2.2 地形和地貌

场地原始地貌 K0+000 ~ K0+180 段为低丘陵, K0+180 ~ K2+650 段为丘间洼地, K2+650 ~ K3+095 段为低丘陵。K0+000 ~ K0+800 段大部分为新建路段, 现状地上建筑物较多, 地形起伏不大。K0+800 ~ K2+650 段为旧路改造拓宽段, 现状地面与设计路面标高大体相近。K2+650 ~ K3+095 为新建道路段, 地势较高, 未来为深挖路堑段。

两侧地形起伏较大, 孔口高程在 42.7 ~ 101.9 m 之间, 沿线总体地势呈南北两端高, 中间低, 其中北部地势最高, 中部地形相对平坦。

2.3 应用效果

原始勘察地形图(见图1)涵盖了平原、低丘陵的地貌, 经自主研发的LSP插件标准化处理后见图2。

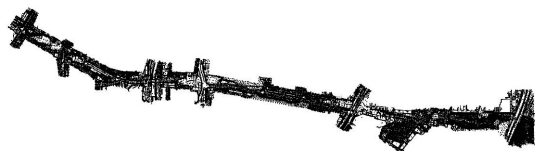


图1 地形图处理之前

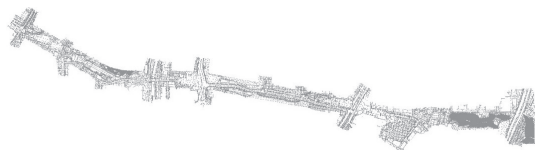


图2 地形图处理之后

2.4 地形图深度优化处理

本研究针对地形图处理开发了独立的深度优化模块, 其核心技术路径如下:

(1) 要素标准化规则库: 构建包含文字样式(字体: HZTXT-TXTD, 字高: 2.5mm)、对象色值(索引色 8 号/RGB: 192, 192, 192)的标准化规则库。全图文字样式强制匹配标准文字样式, 全域图形对象(含块与属性块)色值统一赋码为 8 号索引色(RGB: 192, 192, 192), 属性块样式保留率 100%。

(2) 图层智能重构: 构建“dxt”聚合图层, 保留“DGX”(等高线)、“GCD”(高程点)独立图层, 同时建立图层优先级规则库, 确保关键信息可视化层级。

(3) 图形优化: 集成冗余实体清理算法(如重复线段合并容差 $\leq 0.001\text{m}$)、线宽控制逻辑(多段线宽=0), 结合强化学习动态优化参数阈值。

(4) 输出适配: 确保道路设计主体(线形、标高标注)突出显示的同时, 维持地形高程信息的可辨识度; 坐标系锁定容差不大于 0.01 m, 有效规避误操作

导致的坐标偏移风险。

3 结论与展望

3.1 结论

本研究提出的基于 NLP-LISP 融合的自动化制图技术, 成功实现了“所想即所得”的地形图处理模式, 显著降低了 LISP 开发的门槛。通过实际项目验证, AI 指令解析的准确率满足工程需求, 代码生成效率提升显著。该技术为道路工程数字化交付提供了创新的技术路径。

3.2 展望

未来, 本研究将从以下几个方面进行扩展和优化:

(1) 多语言支持: 扩展系统的多语言支持能力, 包括方言、工程术语缩写等, 以适应全球化的工程需求。

(2) 强化学习优化: 结合强化学习算法, 进一步优化代码生成策略, 提高代码的执行效率和准确性。

(3) 三维建模支持: 将技术扩展到三维建模领域, 支持复杂地形的三维可视化和自动化处理。

(4) 动态数据更新: 支持地形图的动态数据更新, 实现实时处理和反馈, 进一步提升系统的实用性。

通过这些优化和扩展, 本研究有望为道路工程领域的数字化转型提供更加全面和高效的技术支持。

参考文献:

- [1] 郑庆华. 人工智能赋能 STEM 教育创新发展: 认识与实践[J]. 中国高教研究, 2025(1): 1-7.
- [2] 周如俊. 生成式人工智能赋能职业教育教学变革: 主要维度与发展进路[J]. 当代职业教育, 2024(4): 22-31.
- [3] 李锐彤, 赵海峰, 王晓东, 等. 人工智能及影像学在术前预测胰腺导管腺癌淋巴结转移中的研究进展[J]. 磁共振成像, 2025, 16(3): 211-215.
- [4] 张雪丽, 王孟瑶, 杨志豪, 等. 人工智能在乳腺癌磁共振诊断中的研究进展[J]. 磁共振成像, 2025, 16(3): 184-189.
- [5] 王若松, 曾艳. 基于人工智能的配电网智能调度优化研究[J]. 通信电源技术, 2024, 41(13): 228-230.
- [6] 陈立栋. 基于人工智能技术的电网调度自动化系统设计研究[J]. 科学技术创新, 2025(7): 201-204.
- [7] 宋爱苹, 徐杰伟. 基于 BIM 技术的道路信息模型参数化构建研究[J]. 公路工程, 2017, 42(4): 337-341.
- [8] 张晋涛, 赵树成, 刘月馨. BIM 技术在城市道路建设中的应用[J]. 项目管理技术, 2021, 19(10): 118-122.
- [9] 张峰, 刘向阳, 戈普塔, 等. 基于知识库的桥梁 BIM 模型检查技术研究[J]. 公路, 2023, 68(1): 217-223.

(下转第 361 页)