项目说明文档

本系统旨在解决带能量约束的多车场路径优化问题，整体框架采用模块化设计，主要包含以下三个核心模块：路径求解通用模板（Baseline 类）、基于进化策略的优化算法（EA 类），以及算法调度与评估管理的主程序模块。

**路径求解模板模块：**

Baseline 类作为路径规划算法的通用模板，负责封装一系列与路径解表示、路径评估、能源约束、可行性判断及可视化相关的基础工具方法。其目标是为各种具体优化算法提供一致、复用的支撑接口，简化主算法设计。

**实现思路**

路径评估接口：提供 tour\_length() 和 solution\_length() 方法，用于精确计算单路径及整体解的总代价。

可行性判断机制：is\_feasible() 检查解是否满足能量限制、站点访问次数限制等约束。

充电站自动插入机制：build\_routes() 能够基于路径能耗动态插入充电站，生成可行解。

子路径 TSP 求解接口：集成 elkai 库，通过 lkh() 方法高效处理每条路径的节点排序问题。

图形展示工具：show() 方法实现路径与能量状态的可视化，有助于调试与演示。

**路径优化算法模块：**

EA 类实现了基于进化机制的路径规划算法，其主要目标是在满足多车场与能量约束的前提下，寻找总路径代价最低的可行解。算法模拟自然进化过程，通过种群演化、自适应扰动与局部搜索相结合的方式优化路径结构。

**实现思路**

种群初始化：通过 initial\_population() 利用贪婪启发式生成初始解，确保覆盖性与合理性。

变邻域搜索（VNS）机制：variable\_neighborhood\_search() 实现四种局部扰动策略（插入、交换、跨路径移动、交叉交换），提升局部搜索能力。

扰动与跳出局部最优：shake() 方法引入扰动机制，控制解的微扰并防止陷入局部极小值。

解交叉融合机制：cross\_operator() 从两个优质路径中融合关键部分，生成更优后代解。

种群管理与多样性维持：update\_population() 基于适应度与海明距离更新种群，确保解的多样性与收敛性。

路径成本评估：solution\_cost() 综合路径长度、能耗与补能惩罚等因素，量化解的优劣。

**主程序部分：**

主程序模块用于调度不同算法在各类数据集上的批量评估，自动执行路径规划、结果分析和数据保存任务。支持标准算法对比实验与消融实验，便于系统性能验证与参数影响分析。

**实现思路**

统一算法调用接口：evaluate\_baseline() 函数封装了算法实例化、求解、评估、可视化与结果保存流程。

批量测试调度系统：run\_baselines() 对每个算法在多组样本上进行系统测试，采集运行时间、解质量与可行性指标。

TSP求解器消融实验：run\_ablation\_tsp() 比较不同 TSP 子问题解法对总体路径优化性能的影响。

划分策略消融实验：run\_ablation\_partition() 分析不同城市任务划分方法整体路径的影响。