

平移置换搬迁系统设计与实现

廖 涵, 王冠淇, 赵海亦

成都信息工程大学应用数学学院, 四川 成都

收稿日期: 2025年10月27日; 录用日期: 2025年12月4日; 发布日期: 2025年12月12日

摘要

我国的城镇化进程正在进入存量更新和提质增效的关键阶段, 其中在特大城市和大城市的老旧街区则因为“共生院”问题很难在传统更新模式下实现院落高效开发。针对某一老街区的平移置换需求, 本研究构建了系统性的规划方案: 首先结合面积采光以及修缮约束条件来整合居民的居住需求和开发商的成本条件, 采用混沌遗传的方法确定搬迁补偿方案; 其次以“空出完整院落最多、毗邻度最高、搬迁户数最少”为目标来进一步优化搬迁决策, 同步核算成本以及开发商收益, 来确保成本满足开发商控制需求。最后无保底成本约束的情况下, 以十年期的开发商性价比为核心, 计算性价比变化。最终为开发商提供相应智能软件, 通过输入参数来自动计算搬迁方案以及相应效益, 来适配全国的老旧街区平移置换。研究实现了居民本地居住诉求和开发商效益的平衡, 为老城区更新提供方案支撑。

关键词

老城街区更新, 平移置换, 搬迁补偿, 混沌遗传

Design and Implementation of the Parallel Translation and Relocation System

Han Liao, Guanqi Wang, Haiyi Zhao

College of Applied Mathematics, Chengdu University of Information Technology, Chengdu Sichuan

Received: October 27, 2025; accepted: December 4, 2025; published: December 12, 2025

Abstract

China's urbanization process is entering a critical stage of stock renewal and quality-efficiency improvement. Among them, the old urban bungalow blocks in megacities and large cities face great difficulties in achieving efficient courtyard development under the traditional renewal model due to the "cohabitation courtyard" issue. To address the demand for translation and replacement of a specific old block, this study constructs a systematic planning scheme: Firstly, it integrates the

residential needs of residents and the cost conditions of developers by considering constraints such as area, lighting, and renovation requirements, and adopts the chaotic genetic algorithm to determine the relocation compensation plan. Secondly, it further optimizes the relocation decision with the goals of “maximizing the number of complete vacated courtyards, maximizing adjacency, and minimizing the number of relocated households”, and synchronously calculates costs and developers’ benefits to ensure that the costs meet the developers’ control requirements. Finally, without the constraint of a minimum guaranteed cost, it calculates the changes in cost-performance ratio focusing on the developers’ ten-year cost-performance ratio. Ultimately, it provides corresponding intelligent software for developers, which can automatically calculate relocation plans and corresponding benefits by inputting parameters, so as to adapt to the translation and replacement of old neighborhoods nationwide. This study achieves a balance between residents’ local living demands and developers’ benefits, and provides scheme support for the renewal of old urban areas.

Keywords

Old Urban Block Renewal, Parallel Replacement, Relocation Compensation, Chaotic Genetic Algorithm

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着我国城镇化转型的进程逐渐推进，特大城市和大城市的老旧平房街区的拆迁工作[1]-[3]已经成为了推进城镇化的重难点。这类区域承载着当地的历史文化血脉，也因其长期形成的“共生院”格局而陷入更新困境，其中就包括部分院落内居民居住空间与腾空闲置房屋交错分布导致的搬迁困难问题。这不仅导致地块碎片化，还使得完整院落的开发价值难以释放。但据调研数据显示，零散使用的地块单位面积租金仅为完整空院的30%~50%，而传统更新模式基本依赖于“整体拆迁外迁”从而忽略了居民本地居住需求，根本上无法解决居民生活空间碎片化的问题。正因为传统模式难以兼顾居民生活延续性与开发商的合理效益，所以导致大量老城街区搬迁项目推进缓慢。

从实践需求来看，对老城区进行平移置换作为搬迁的新型更新路径，通过将同一街区内的居民进行集中搬迁和重新安置，在保障居民不离开故土的前提下腾退出完整院落，进而可以为开发商统一规划街区开发创造条件。但目前市面上简单的平移置换方案还存在着诸多瓶颈，最主要的就是搬迁补偿方案的制订缺乏量化依据，仅仅从单方面考虑房屋面积等因素，未能充分考虑采光舒适度，修缮需求等多维度约束。与此同时，开发商也难以判断不同阶段的投资回报来合理规划投资方案，进而降低了开发商的投资欲望。开发商同时也没有适配不同城市老城街区特征的标准化工具，这些原因都导致了平移置换在全国范围内难以推广。

为了破解上述瓶颈，现在以典型的老城平房街区为样本研究对象(见图1)，构建以下平移置换全流程系统性规划框架。不同于传统经验式决策方法，系统从量化分析切入，整合居民和开发商的多种需求，建立了账户管理、需求采集与分析、搬迁方案优化等六大模块，并通过混沌遗传算法对多维度约束条件进行优化，最后实现搬迁方案的精准匹配。再通过参数可配置的智能软件，通过输入街区基础数据，自动得到搬迁方案与效益分析结果，进而为不同城市的老城街区更新提供适配工具。



Figure 1. Old town block plot
图 1. 老城街区地块

2. 系统需求分析

2.1. 系统定位

本平移置换搬迁系统定位为智能化、数据驱动的搬迁决策支持工具，核心目标是通过 PyQt5 图形化界面与多维度算法模型，为不同用户群体提供从住房信息分析到方案生成、成功率评估的全流程服务，既满足专业用户的深度数据处理需求，也降低个人用户的操作门槛，平衡专业性与易用性。

1) 企业用户

企业用户是指承接搬迁的企业或者专业机构，其群体特征主要包括拆迁服务企业、住房规划机构、政府相关部门，如拆迁办、住建部门等，需要处理大规模住户数据、批量生成方案，并进行多维度对比分析与决策验证，服务于团队协作或公共事务决策。因此其核心诉求为高效处理批量数据、支持自定义评估因子权重、生成专业分析报告、具备权限管理与团队协作功能，满足规模化、专业化的搬迁方案规划与评估需求。

2) 个人用户

他们以个人住户、小型家庭为主，其需求聚焦于自身住房搬迁的个性化方案，对专业术语及复杂操作接受度较低，关注点大部分放在结果的直观性与隐私安全性。因此需要操作界面简洁易懂、操作流程轻量化、方案结果通俗解读(含“舒适度评分”“经济收益”等可视化说明)、支持隐私数据加密存储，快速获取符合自身条件的搬迁建议与购房参考。

2.2. 需求分析

系统围绕企业与个人用户的差异化需求，将功能拆解为用户账号管理、搬迁方案生成、数据处理与分析、成功率评估、算法可解释性、住房购买建议、数据安全保护、系统优化八大核心模块，覆盖全流程需求，各模块在功能设计上均体现了两类用户的权限与操作差异。

1) 用户账号管理功能

该功能作为系统的入口与权限控制核心，需要满足不同用户的身份认证与权限区分需求。其中包括注册与登录，权限管理和信息维护。

2) 搬迁方案生成功能

该模块为核心功能模块，需同时满足个人用户的个性化需求与企业用户的批量处理需求。

信息输入子功能中，个人用户通过分步引导界面，手动输入当前住房属性与期望住房条件；企业用户支持批量导入 Excel/CSV 格式的多住户数据，并可设置统一约束条件。

方案生成子功能中，基于熵权法自动计算各指标权重，结合用户约束条件生成若干套可选方案；企业用户可手动调整权重系数，自定义方案生成数量与排序规则。

方案调整子功能中，支持用户实时修改输入参数，系统动态更新方案结果；企业用户可对批量生成的方案进行筛选、标记重点方案。

3) 数据处理与分析功能

该模块为方案生成与评估提供数据支撑，需保障数据准确性与分析专业性。其中包括数据标准化，多维度分析，历史数据管理。

4) 搬迁成功率评估功能

该模块为方案可行性提供量化依据，满足用户对风险与收益的预判需求。

成功率预测子功能中，基于面积比例、补偿金额、地理位置、个人偏好等因子，通过统计模型预测方案成功率，并以百分比 + 等级展示。

风险与补偿建议子功能中，识别方案中的潜在风险，并提供应对建议；针对低成功率方案，生成多级补偿方案，估算不同方案的资金需求。

可行性分析子功能中，从政策合规性、实施难度、长期影响三个维度评估方案，企业用户可查看批量方案的可行性分布。

5) 算法可解释性功能

该模块作用为降低用户对算法的理解门槛，增强方案可信度。其中包括过程可视化，决策依据说明，交互式报告。

6) 住房购买建议功能

该模块作用为延伸服务功能，满足用户搬迁后的住房规划需求。

市场分析与推荐子功能中，基于当前市场数据，结合用户期望住房条件，推荐适合的居住区域；企业用户可针对批量用户生成区域推荐汇总。

预算规划子功能中，根据用户收入水平、补偿金额，计算合理购房预算，提示预算风险；支持用户调整预算参数，查看预算变化对推荐房源的影响。

房源信息整合子功能中，对接公开房源数据，展示房源基本属性，并与用户期望方案对比；个人用户可收藏意向房源，企业用户可批量统计用户房源偏好。

7) 数据安全与隐私保护功能

该模块作用为保障用户数据安全，符合隐私保护规范。数据加密与存储，隐私控制，合规性保障。

8) 系统优化功能

该模块作用为保障系统稳定运行，性能监控与优化，异常处理与反馈。

3. 平移置换搬迁系统设计

3.1. 技术原理

系统主要依靠混沌遗传算法[4]-[6]进行实现。该算法的核心是通过混沌映射生成混沌序列，并将其嵌入传统的遗传算法[7][8]的种群初始化、变异、交叉等关键环节，进而可以形成“混沌扰动”结合“遗传进化”的协同优化机制。通过将混沌运动的遍历性、随机性以及初值敏感性融入传统遗传算法，可以有效解决传统方法的前期早熟收敛缺陷，同时又可以保障后期可以快速收敛到全局最优解。与此类似，混沌算法对初始条件的敏感性可降低算法陷入局部最优的概率，尤其适配老城街区“多约束、多目标”的

复杂优化场景。这里采用工程领域广泛应用的 Logistic 混沌映射来生成混沌序列，可以生成分布更加均匀的初始种群，进而减少无效解的占比。Logistic 混沌映射的计算为

$$x_{n+1} = \mu \cdot x_n \cdot (1 - x_n). \quad (1)$$

其中 $x_n \in (0,1)$ 为第 n 次迭代的混沌值， $\mu \in (3.57, 4]$ 为左开右闭区间，表示控制参数，当 $\mu = 3.9$ 时，Logistic 混沌映射处于完全混沌状态，序列的遍历性最强，可以覆盖范围内所有的点，因此本研究取 $\mu = 3.9$ 以保障混沌序列的多样性。所以对于传统遗传算法的操作步骤，结合混沌机制，进行以下改进

1) 混沌初始化

为了避免混沌随机性，对每一户待搬迁居民，通过 Logistic 混沌映射生成混沌值 x_n ，将其缩放至该居民的“可行迁入地块集合”的范围内，进而得到该居民的搬迁可行地块编号，确保初始种群既满足基础约束，又满足分布均匀。

2) 混沌交叉

随机生成两个混沌值 x_{c1}, x_{c2} ，在缩放后得到交叉区间 $[c_{\text{start}}, c_{\text{end}}]$ 为左闭右闭区间，继续对父代的染色体的该区间基因进行交换。若交叉后出现地块冲突，则优先保留对目标函数贡献度高的居民，其余居民重新从可行迁入地块集合中选择无冲突地块。

3) 混沌变异

对于每一个基因位，生成 x_m ，若 $x_m < \text{PM}$ (变异概率)那么触发变异，在变异过程中，通过 Logistic 混沌映射生成新混沌值，在缩放后从可行迁入地块集合中选择新地块，从而可以避免传统固定变异概率导致的“变异不足”或“过度变异”问题。

在实际计算中，仅仅使用混沌遗传无法综合评估地块面积以及朝向等因素对居民满意度的影响，但传统主观赋权的方法容易收到决策者主观偏差的影响，进而导致权重分配与实际需求脱节。所以本文引入熵权法[9]基于指标数据的离散程度来客观确定权重，即指标数据离散度越高信息熵越小，其对评价结果的贡献越大，权重越高。进而可以精准量化各因素在搬迁补偿评价中的实际作用，最后适配老城街区多维度、强耦合的因素评估场景。结合居民需求和开发商的成本效益[10]，本文选取了四项核心指标来构建评价体系，具体物理意义以及计算方法为

1) 容积率

容积率是用来反映地块在院落中的拥挤程度，是影响居住舒适度的关键指标，当容积率的值越大，表示院落地块分布越密集，居民的满意度越低，具体计算为

$$\text{FAR}_{e_j} = \frac{A_{e_j}}{A_{Y_{e_j}}}. \quad (2)$$

其中 $A_{Y_{e_j}}$ 是迁入地块所属院落的总面积。

2) 修缮效果

当面积与采光补偿不足以满足居民满意度时，需通过修缮提升居住品质，修缮效果与修缮费用呈线性正相关，计算公式为

$$E_{e_j} = k \cdot C_{e_j}. \quad (3)$$

其中 C_{e_j} 为迁入地块的修缮费用， k 为修缮系数，由前期调研确定，表示修缮的效果。修缮效果越好，居民满意度越高。

3) 临街便利性

为了量化地块临街带来的生活配套优势(如购物、交通便利)，为二进制的效益指标，具体计算为

$$S_{e_j} = \begin{cases} 1, & \text{迁入地块所属院落临街;} \\ 0, & \text{迁入地块所属院落不临街.} \end{cases} \quad (4)$$

4) 熵权法熵值

为了衡量指标数据的不确定性(信息价值), 用于后续权重计算, 本文引入该值, 具体计算为

$$H_j = -\frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^n p_{ij} \cdot \ln(p_{ij} + 10^{-8}). \quad (5)$$

其中 n 为可行方案数。 H_j 越小, 指标数据离散度越高, 信息价值越大。

由于各指标量纲和取值范围差异显著, 我们通过标准化消除量纲影响, 转化为统一的区间值。对于效益型指标, 我们采用正向标准化

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)}. \quad (6)$$

其中 x_{ij} 为第 i 个方案第 j 项指标的原始值。同理, 对于成本型指标

$$x'_{ij} = \frac{\max(x_j) - x_{ij}}{\max(x_j) - \min(x_j)}. \quad (7)$$

再基于标准化后的指标数据, 通过熵权法计算各指标权重, 即可参与后续步骤, 得到居民满意度函数, 再带入混沌遗传算法进行搬迁方案求解即可。

3.2. 系统框架



Figure 2. Overall functional architecture of the translation and relocation system
图 2. 平移置换搬迁系统整体功能构架

本项目的老城街区平移置换规划系统实现功能总体可以分为六大功能模块, 分别是账户管理模块、需求采集与分析模块、搬迁方案优化模块、成本效益评估模块、智能推荐与输出模块、系统支撑服务模块, 如图 2 所示。账户管理模块包括用户注册、用户登录、信息修改、退出系统、权限配置等功能; 需求采集与分析模块包括居民需求录入、开发商参数导入、街区基础数据采集、数据有效性校验等功能; 搬迁方案优化模块包括混沌遗传算法求解、可行方案筛选、多目标优化计算、方案迭代优化等功能; 成本效益评估模块包括搬迁成本核算、开发商收益预测、十年期性价比分析、敏感性分析等功能; 智能推荐与输出模块包括最优方案推荐、可视化报告生成、可解释性说明、方案导出/打印等功能; 系统支撑服务模块包括日志管理、异常处理、配置管理、项目打包与备份等功能。

3.3. 开发与运行环境

这里介绍本平移置换搬迁系统，在开发过程使用了一些开源框架和免费工具，如表 1 所示，以此来提高开发效率；以及系统前端与后端的运行环境，如表 2 所示。

Table 1. Development tool list

表 1. 开发工具表

开发工具名称	软件用途
PyCharm	集成开发
Git	版本管理
Cryptography	数据加密
psutil	系统性能监控
PyQt5	Python 的 GUI 开发框架

Table 2. Run environment table

表 2. 运行环境表

运行环境名称	属性
用户终端	笔记本电脑、台式机
用户的操作系统	Windows 10 或更高, Linux, macOS
用户的前端	PyQt5 构建的桌面 GUI 界面
部署平台	Windows, Linux, macOS 跨平台
后端的操作系统	Windows
CPU	Intel Core i5 2.5 GHz 及以上或同等性能处理器
内存	4 G
磁盘	1 G

4. 平移置换搬迁系统实现

搬迁方案软件系统实现了用户账号管理模块、搬迁方案生成模块、数据处理与分析模块、成功率评估模块、算法可解释性模块、住房购买建议模块、数据安全保护模块、系统优化模块共八大功能模块。为实现这些功能，系统采用了熵权法、数据加密算法及性能监控工具，以下依次详细介绍实现过程。

1) 用户账号管理模块

用户账号管理模块是系统的基础功能模块，为其他模块提供身份认证与权限支撑。该模块实现了账户注册、登录、信息修改及退出系统等核心功能(见图 3)。

个人用户通过手机号或邮箱完成注册，系统发送验证码进行身份验证，验证通过后加密存储用户密码(基于 Cryptography 工具的 SHA-256 算法)；企业用户则需提交企业资质或机构证明，经人工审核通过后生成专属账号，同时配置团队协作权限参数。

同时在用户输入账号密码后，系统校验身份信息，通过后根据用户类型(普通/特殊)加载对应权限的操作界面；支持“记住密码”(本地加密存储登录状态)和“异常登录提醒”(异地登录时发送短信通知)。

**Figure 3.** User login interface**图 3.** 用户登录界面

用户可在个人中心修改基本信息，企业用户还可维护企业认证信息与团队成员列表；退出系统时自动清除当前会话数据，以保障账号安全。

2) 方案生成模块

方案生成模块是系统的核心功能模块，支持个性化方案生成与批量处理，包括信息输入、方案计算、方案调整三大功能。所构建的系统界面如图 4 所示。

**Figure 4.** Visualization of relocation plan**图 4.** 搬迁方案展示

个人用户通过分步引导界面输入数据，包括当前住房属性(面积、采光评分等)和期望条件(预算、区

域范围等), 系统实时校验数据合理性; 企业用户通过 Excel 模板批量导入多住户数据, 系统自动检测字段匹配度, 对异常值标注提示并支持批量修正。同时基于用户输入数据, 系统调用后端算法模块, 通过熵权法计算各评估因子(面积、采光、交通等)的权重, 结合约束条件生成若干套初始方案; 企业用户可在计算前手动调整权重系数, 并设置方案生成数量与排序规则(见图 5)。

在此基础上, 用户可修改输入参数, 系统实时重新计算并更新方案; 企业用户对批量方案支持“筛选 - 标记 - 导出”流程, 如筛选出“成功率 $\geq 80\%$ ”的方案, 标记“优先推荐”标签后导出为 Excel 表格。

3) 数据处理与分析模块

该模块为方案生成与评估提供数据支撑, 实现数据标准化、多维度分析及历史数据管理功能。系统会自动将原始数据转换为 0~1 区间的无量纲值, 消除量纲差异对计算的影响; 基于内置的“老城街区地块信息数据集”校验异常值, 如发现某住户面积远高于区域平均值, 提示用户确认是否为输入错误。

在对方案进行舒适度评分(加权汇总各因子得分)和经济效益分析(计算搬迁成本、补偿金额差额); 企业用户可查看批量数据的统计结果, 如“XX 区域生活指数比 7.2”“补偿金额达标率 85%”, 并生成可视化报表(见图 5)。最后系统会自动保存用户生成的所有方案及分析结果, 个人用户可按时间筛选历史记录并重新生成相似方案; 企业用户可按项目标签归档数据, 支持批量导出历史数据用于项目复盘。



Figure 5. Visualization of project

图 5. 方案详情展示

4) 成功率评估模块

成功率评估模块通过量化分析预测方案可行性, 包括成功率计算、风险识别及可行性分析功能。基于面积比例(当前住房与期望住房面积差)、补偿金额匹配度、地理位置评分等因子, 通过逻辑回归模型预测方案成功率(输出 0%~100% 的百分比值), 并映射为“高($\geq 85\%$)、中($60\% \sim 84\%$)、低($< 60\%$)”三级等级

标签(见图 6)。同时系统将自动识别方案中的潜在风险,如“补偿金额低于区域平均水平 30% (可能引发住户抵触)”“地块规划用途与期望不符”,并从政策合规性(是否符合区域拆迁规划)、实施难度(估算搬迁周期与协调成本)、长期影响(住房增值潜力)三个维度评估方案,企业用户可查看批量方案的可行性分布热力图。



Figure 6. Visualization of success rate evaluation

图 6. 成功率评估展示

5) 住房购买建议模块

该模块延伸服务场景,为用户提供搬迁后的住房规划支持,包括市场分析、预算规划及房源整合功能。通过对接公开房源数据库(或用户上传的意向房源),结合用户期望条件(面积、预算、区域)推荐合适房源,标注核心优势(见图 7);企业用户可生成批量推荐汇总表。再根据用户补偿金额、月收入计算合理购房预算,包括首付比例、贷款额度及月供范围,提示风险点;支持用户调整参数,实时更新预算建议。同时展示房源基本属性(面积、户型、配套设施),并与用户期望方案对比;个人用户可收藏意向房源,企业用户可统计团队房源偏好。

6) 数据安全保护模块

该模块保障用户数据安全与隐私,实现数据加密存储、隐私权限控制及合规性管理功能,采用 AES-256 算法加密用户敏感数据(身份证号、收入信息等),传输过程使用 HTTPS 协议;系统自动备份数据(个人用户数据备份至个人空间,企业用户数据额外备份至企业专属存储区),支持 7 天内数据恢复。用户可设置数据访问范围,如“仅本人可见当前住房信息”“允许团队管理员查看方案数据”;系统对匿名化数据可用于算法优化,但禁止对外共享;定期生成隐私报告。同时注册时明确告知数据收集范围与用途,获取用户同意;支持数据导出和账号注销(注销后 15 天内彻底删除数据);企业用户需定期提交数据安全审计报告,确保符合企业数据合规要求。



Figure 7. Visualization of purchase
图 7. 购买建议展示

5. 结论

老城街区平移置换规划系统针对老城平房街区“共生院”导致的开发低效问题，以及居民本地居住诉求与开发商效益难以平衡的核心矛盾，依托混沌遗传算法和熵权法，为用户合理规划得到相应的搬迁补偿方案。系统以熵权法与混沌遗传算法为技术核心，通过模块化框架(账户管理、需求采集与分析、搬迁方案优化等六大模块)，构建了从数据输入到方案输出的全流程闭环：既为居民提供满足个性化需求的搬迁方案，保障“不离故土”的居住诉求；也为开发商提供搬迁成本核算、十年期性价比分析等工具，辅助风险预判与投资决策。最终，系统通过参数可配置设计适配不同城市老城街区特征，将“平移置换”从经验驱动转向科学驱动，为老城存量空间高效更新提供实用技术支撑，兼具实践价值与推广意义。

致 谢

感谢成都信息工程大学教务处对大学生创新创业训练计划项目客观公正评审及经费支持。

基金项目

四川省大学生创新创业训练计划项目(S202510621072)，成都信息工程大学创新创业训练计划项目(X202510621316)。

参考文献

- [1] 李晓园, 陈颖. 基于模糊综合评价法的易地扶贫搬迁绩效评价及政策建议——以修水县“进城入园”扶贫搬迁工程为例[J]. 江西师范大学学报(哲学社会科学版), 2019, 52(3): 130-137.

-
- [2] 时鹏, 王倩, 余劲. 易地扶贫搬迁对农户收入的影响机理及效应——基于陕南3市8县1712个农户数据的实证分析[J]. 经济地理, 2022, 42(2): 190-202.
 - [3] 施国庆, 周君璧. 西部山区农民易地扶贫搬迁意愿的影响因素[J]. 河海大学学报(哲学社会科学版), 2018, 20(2): 23-31+90.
 - [4] 王宁, 刘黎明, 刘玲玲. 混沌遗传算法(英文) [J]. 运筹学学报, 2001, 5(3): 1-10.
 - [5] 林少佳, 林师远, 罗杰, 等. 基于混沌-遗传混合算法的多目标优化无功补偿研究[J]. 电力与能源, 2024, 45(5): 550-553+567.
 - [6] 孙晓, 李妍, 张昊, 等. 基于混沌算子增强遗传算法的资源统筹模型[J]. 计算机仿真, 2024, 41(6): 19-23.
 - [7] 边霞, 米良. 遗传算法理论及其应用研究进展[J]. 计算机应用研究, 2010, 27(7): 2425-2429+2434.
 - [8] 李岩, 袁弘宇, 于佳乔, 等. 遗传算法在优化问题中的应用综述[J]. 山东工业技术, 2019, 290(12): 242-243+180.
 - [9] 程启月. 评测指标权重确定的结构熵权法[J]. 系统工程理论与实践, 2010, 30(7): 1225-1228.
 - [10] 常友渠, 肖贵元, 曾敏. 贪心算法的探讨与研究[J]. 重庆电力高等专科学校学报, 2008, 13(3): 40-42+47.