

# 公建(办公建筑)平面布局生成选题报告

## ——基于深度强化学习的公共建筑平面布局生成方法

主要负责人：刘江龙，项目成员：冯以恒

报告日期：2024.6.24

### 一、目标与研究任务

#### 1.1 项目研究的目的、必要性和可行性

##### 1.1.1 研究目的

本研究旨在利用先进 AI 技术，基于深度强化学习与 XC-Lab 平台自动生成公共建筑(办公建筑)的平面布局。该研究成果可以成为有力的设计辅助工具，帮助设计师进行前期快速方案推敲与筛选，有助于提高设计质量、提升设计效率并降低设计成本。

##### 1.1.2 研究必要性

建筑功能布局设计通过调整建筑内部空间的形状、位置、尺度与相连关系，满足特定的功能需求，是建筑设计的核心内容之一。功能布局设计所耗费的人力成本随建筑功能的复杂化不断增加，设计师需要投入大量时间和精力进行初步平面布局的设计和调整，AI 技术可以大幅缩短这一过程时间。此外，现代办公建筑的功能需求日益复杂，AI 技术能够快速处理和分析这些复杂需求，提供有效的设计支持。通过 AI 技术，可以自动考虑建筑功能、空间利用、流线组织等多种因素，从而生成更为合理和优化的平面布局方案。

##### 1.1.3 研究可行性

目前 AI 技术日趋成熟，经过我们前期调研和过往的研究经验，已经有许多利用 AI 技术来自动生成建筑平面布局的案例。我们把可行的技术路线大概区分为基于机器学习与基于算法两种方式。第一种基于机器学习的技术路线又可以细分为基于对抗神经网络的（如 House GAN++），基于扩散模型的（如 House Diffusion），基于 Transformer（将建筑构建为词向量，利用大语言模型进行微调训练）以及基于强化学习的方法。第二种基于算法的技术路线可以细分为利用优化算法/启发算法的方式、案例库匹配、利用多智能体结合拓扑关系生成等。

第二种基于算法的路线在生成结果时需要耗费一定的时间，考虑到软件计算速度以及用户体验我们选择用机器学习的方式。此外由于公共建筑缺乏大量可用的数据集，除了强化学习之外其他方式均需要大量数据的支撑，因此最后选择用强化学习。目前有许多成熟的强化学习框架如 Stable Baselines3，基于过往项目经验，对强化学习模型的使用已相对熟练，技术流程相对清晰，对可能遇到的问题也有一定的预见，可操作性比较强。

#### 1.2 项目目标及内容

##### 1.2.1 项目目标：

本项目旨在设计并实现一个基于 AI 技术的办公建筑平面布局生成系统并与 XC-Lab 软件结合，用户可以通过输入诸如房间类型、所需面积等参数，生成一个满足要求的平面布局。

##### 1.2.2 项目内容：

本研究侧重于使用强化学习对办公建筑平面布局生成的探索，主要是强化学习框架的搭建。包括自定义观察空间和动作空间，以及奖励函数和神经网络的设计等等。基本框架搭建完成后，在训练过程中通过观察训练结果，不断调整神经网络的超参数，逐渐使该模型能得到符合要求的平面布局。

模型训练好后，将其部署到云服务器上，使得用户可以通过 XC-Lab 中 Python 调试窗口调用此模型生

成平面布局。

1.3 创新点

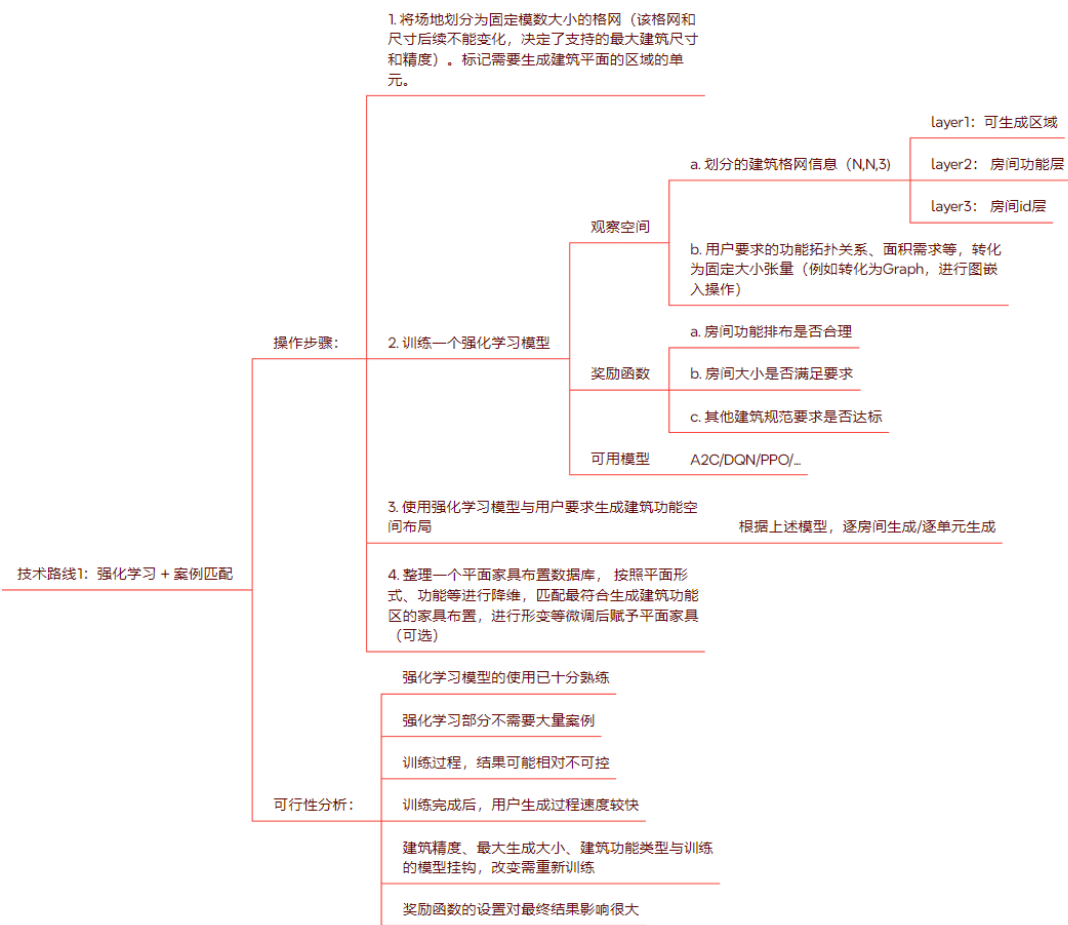
1.现有平面生成案例大多是居住建筑，公共建筑平面布局生成案例较少，本研究在一定程度上填补了公共建筑平面布局生成的空白。

2.现有利用机器学习进行平面布局生成的研究多是传统机器学习，即通过从已有数据中学习模式和规律。而本研究采用的强化学习则是通过与环境的交互，使智能体从试错中学习最优策略来完成特定的目标。在技术实现上也有一定的创新。

1.4 关键技术及技术路线图

关键技术：适用于办公建筑平面布局生成的强化学习模型，包括模仿学习、强化学习，基于人类反馈的强化学习以及建筑家具布置算法等。

技术路线图：



（1）第一阶段：模仿学习（可选）

针对公共建筑数据集缺失问题，首先基于数据集较多的住宅平面数据进行模仿学习，训练专家模型。为后续公建平面布局生成提供模型基础，在此阶段解决住宅平面生成和公建平面生成共有的问题。

（2）第二阶段：强化学习

使用 Gymnasium 构建训练环境，将场地数据张量，以及用户输入的房间指标数据（图结构，图嵌入为固定大小张量），作为观察空间，每次绘制的房间位置、大小、类型和序号作为动作空间。并根据房间大小、形状、功能、是否满足规范与用户需求等标准设置奖励函数。使用 Stable Baselines3 进行强化学习训练。生成建筑平面功能布局。

(3) 第三阶段：基于人类反馈的强化学习（可选）

通过人工评分和反馈，进一步优化布局生成模型，使输出结果更符合人类的审美和实际需求。

(4) 第四阶段：基于 XC-Lab Python API 对强化学习生成的结果进行数字化建模。

## 二、项目成果和考核指标

### 2.1 项目预期成果

训练出一个可用的办公建筑平面生成模型，接受用户输入的房间类型和面积等指标后，可以生成出一个满足要求的平面布局。并在满足最低要求的前提下，尽可能地好。

### 2.2 考核指标

- 1.是否能够根据输入的参数生成出平面布局。
- 2.所生成的平面布局是否满足规范要求。
- 3.是否可以通过 XC-Lab 的 Python 调试窗口调用此模型生成平面布局。