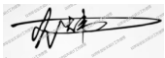
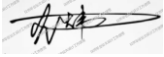


开 题 报 告

毕业设计题目：基于机器学习的车位规划

浙江理工大学本科毕业设计(论文)开题报告

班 级	20 启新卓越实验（1）班	姓 名	孙澜绮
课题名称	基于机器学习的车位规划		
<p>开题报告（包括以下 5 点内容，（艺术类、外语类除外）不少于 3000 字）</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 选题背景与意义 2. 国内外研究现状与分析 3. 研究的基本内容与拟解决的主要问题 4. 总体研究思路及预期研究成果 5. 研究工作计划 6. 参考文献 <p>（本页列出开题报告目录，报告全文附后。）</p> <p>成绩：良好</p>			
开题答辩 意见	<p>（根据选题意义、工作量和难易度评价是否同意开题）</p> <p>孙澜绮同学的学士学位论文《基于机器学习的车位规划》，选题较符合本专业的培养目标，有一定的理论意义和应用价值。开题报告中研究方案合理，工作量比较饱满，难度较大，通过努力基本能达到预期成果。</p> <p>同意该生开题。</p> <p style="text-align: right;">答辩组长签名：张娜</p> <p style="text-align: right;">2024 年 01 月 09 日</p>		
指导教师 知情确认	签名： 	系 主 任 审 核 意 见	同意开题 签名： 
	2024 年 01 月 10 日		2024 年 01 月 10 日

基于机器学习的车位规划

开题报告

1 选题背景与意义

1.1 选题背景

随着我国经济社会的快速发展，人们的生活水平显著提高，汽车保有量的持续呈现增长趋势。据中国汽车工业协会数据显示，2023 年汽车产销分别完成 3016.1 万辆和 3009.4 万辆，同比分别增长 11.6% 和 12% (如图1)。这表明汽车在我国的普及和使用呈现出强劲的发展态势。

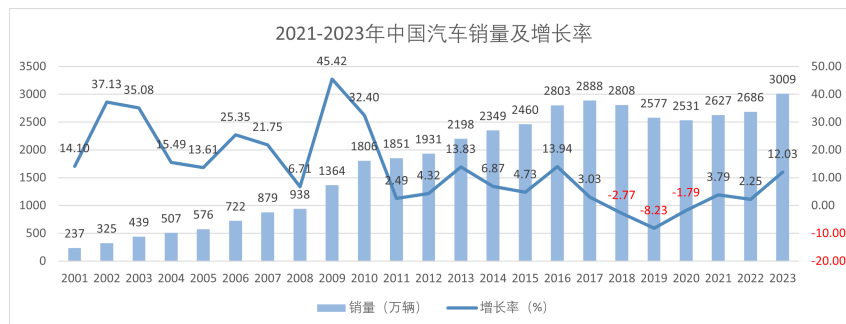


图 1 2021-2023 年中国汽车销量及增长率

随着城镇化进程加速^[1]，城市密度激增^[2]，土地资源紧缺问题逐渐凸显。而在这种情况下，人们对于汽车的购买欲望提升，车辆的增加虽然带来了便捷的生活，但也造成了交通系统压力大、停车基础设施不足等问题^[3]，如何充分利用停车资源、开发地下停车场^[4]并增加经济效益等成为当前城市发展的紧迫问题。

其中，建造地下停车场是一种极为有效的解决方案。同等土地面积下，相较于传统的露天停车场，地下停车场能够提供更多的停车位^[5]，同时也能节省城市建设用地。此外，地下车库还能有效地缓解地面动静态交通矛盾^[6]。虽然地下车库有诸多优点，但仍存在以下问题：

1. **规范不统一。**各个公司均用私有规范，导致产生行业壁垒，行业无法快速进步。
2. **设计参数多。**除去政策、法律等规定的固定参数^[7]，还包含了一些不容建筑公司定制化的可变参数。
3. **结构复杂。**相较于地上停车场，地下停车场结构更为复杂。

以上原因，均加剧了地下车库设计远远落后于地上的情况。

在大量建设地下停车场的同时，由于设计师的设计流程较为耗时，未能满足开发商对于周期、质量等的成本要求，因此他们将目光转移到了“一键式”生成设计图。与此同时，Autodesk^[8-9]等公司开发了一款适用于建筑行业的设计软件 AutoCAD，为设计师进行图纸修改提供了更便捷的方式。

基于以上背景，我们致力于设计和开发基于机器学习的车位自动化排布算法并进行可视化展示。

1.2 选题意义

(1) 现实意义

- **减轻设计压力。**大幅缩短设计师的设计流程，简化一些较为简单的设计，减少低效的重复劳作。
- **提供多种方案。**针对同一初始场地，可利用不同算法进行设计，可能会出现不同的排布方案，便于设计师进行选择。
- **降低修改成本。**面对一些特殊情况，如需求改变、车位尺寸改变等，只需付出较少的成本便可重新设计和布局。

(2) 技术意义

- **跨学科融合。**通过将一个较为复杂的地库设计问题转化为计算机可以解决的问题，探究如何将计算机和建筑学进行有机融合，推动计算机辅助设计的进一步发展。

2 国内外研究现状与分析

1981 年时，Fowler^[10]等人证明无约束的平面布局优化问题是 NP 完全问题，而将地下车位排布可被看作是带空洞的不规则边界布局优化问题。

针对类似矩阵的地下车库，Birgin^[11-12]等人提出了通过获取哨兵集，利用非线性规划，实现凸区域内的非重叠打包，并在 2010 年进一步改进^[13]，使得矩阵可自由旋转。Cassioi^{cassioi2010heuristic}等人结合扰动运动和连续扰动，解决凸区域内等矩形填充问题。López^[14]等人提出利用混合整数非线性规划模型解决圆形容容器中的排布问题。

而不同于排布，停车位的设计中还需考虑道路相关信息，例如连通性等。Young、Mendat^[15-16]等人提出了各种影响停车场需求高效设计的指标。而对于车位排布问题也有着一定的研究，Abdelfatah^[17]等人利用整数线性规划（ILP）确定最佳停车角度，并适用于不同环境。Syahrini^[18]等人应用整数线性规划优化等腰和等边三角形停车场模型。

Hasbiyati^[19]等人提出了一种平行四边形形式的停车场的排布,其中平行四边形看作为两个三角形的组合来进行计算。Stephan^{stephan2021layout}等人探讨了不同分辨率的正交停车混合整数程序与计算量权衡。

有部分研究进一步考虑停车场的障碍、道路、出入口等因素,并将障碍群成为空洞。Huang^[20]等人研究了基于贪婪算法的单双边停车通道布局选择。利润^{1021546706.nh}利用网格分割与满足全局约束的贪婪分割应用于多个排布场景。Guo^{guo2022optimal}等人利用非线性规划和模糊评判,解决多形状、多入口、多角度车位的停车场问题。

随着机器学习算法的普及,专家逐渐将排布与机器学习算法结合。Xu^[21]提出了基于粒子群的算法优化圆形容器内矩形物体布局,并在2010年^[22]进一步引入有序定位技术和遗传算法均优化了性能。Cassoli^{cassoli2010heuristic}提出启发式方法,通过迭代局部搜索和扰动移动解决矩形填充问题。Zhao^{zhao2014human}引入人机协作免疫算法,结合PSO和IA解决布局设计问题。马莹^[23]等人提出了自适应量子遗传算法,旨在优化问题求解,并提高材料利用率。Nourinejad^[24]等人,基于排队路构建了混合整数模型,设计了一种启发式算法,利用Benders进行分解。Chen^{chen2022arrangement}等人利用遗传算法优化地下车库标准与非标准停车位布局。

同时,随着自动停车或是自动驾驶车辆的出现,车库也将迎来新的革新。Ferreira^[25]等人利用车辆自组织网络和自动技术,优化停车场空间和车辆行驶距离。Timpner^[26]等人提出自动代客泊车优化模型,显著提高停车密度,减少取车时间, Banzhaf^[27]等人基于前面的优化提出了混合整数规划模型。Kong^[28]等人开发混合整数非线性模型,量化自动驾驶对停车效率的影响。Siddique^[29]等人采用基于谜题和最大密度的设计的方法,求解小型停车场的最佳排布结果,并利用启发式算法求解大型停车场的排布方式。郑聪^{TMJZ202104021}等人基于Dynamo可视化编程,通过模拟设计思路进行自动排布车位。

现仍存在大部分的车库轮廓并非规则,且通常有不规则障碍排布,同时,自动驾驶车辆未普及等问题,专家逐渐转向增加更多的限制条件。徐涵喆^[30]通过将图纸分为内圈和外圈,并分别使用遗传算法和贪婪算法进行排布,提高了车库的利用率。黄逸彬等人^[31]构建了一种基于图形分割方法的混合整数线性规划模型。冯嘉宇^[32]采用像素分割和遗传算法,优化内外圈区域的车位排列。

而随着强化学习的兴起,专家也将注意转移到了基于强化学习的地库排布。余光鑫^[33]研究了一种针对规则边缘的基于强化学习的地下停车场生成设计策略,通过边铺设道路,边放置车位的方式,使用简单网络结构和进化策略,但时间开销大,无法对不规则场地进行学习。王潇霆^[32]则是改进了强化学习内容,通过每走一步就给予奖励,使得智能体只学习如何铺设道路,但奖励非连续,可解释性较差。

3 研究的基本内容与拟解决的主要问题

3.1 研究的主要内容

(1) 图纸栅格化及车位铺设

基于给定的 CAD 图纸，先将其进行栅格化，为了进一步铺设道路，本项目将设计一种基于智能体行为导向的车位铺设算法，以实现在不规则边缘的地下车库中，高效铺设车位的目标。

(2) 道路铺设模型构建

在车位排布问题中，道路的铺设方式对于车位的排布有着重要的影响。我们将设计一种基于强化学习的道路铺设模型，以实现在不规则边缘、内部有空洞的地下车库中，高效铺设道路的目标。

(3) 地下车库排布的可视化

可视化操作有助于设计师直观地比较不同算法的效果，并进行必要的修改。这也提供了一个便捷的方式，使设计师能够以更直观的方式参与到车库设计的过程中，从而提高设计的效率和质量。同时，可视化结果也为决策者提供了直观的参考，使其更容易理解和审查算法生成的车位排布图，从而做出更为明智的决策。

(4) 评估算法指标并与现有研究比较

为了验证我们车位排布方法的有效性，该项目需制定有参考性的对比评价指标，例如车位数、车位排布速度等。通过现有算法验证过的图纸进行校验，来验证其相较于其他现有模型，在车位排布问题上的优越性。

3.2 拟解决的主要问题

(1) 拟提出新的道路铺设算法

本项目将设计一种基于智能体行为导向的车位铺设算法。首先，我们将对 CAD 图纸进行栅格化处理，将图纸划分为小方格，每个方格具有 5 种不同状态，分别表示边界外、障碍、空地、道路和车位。然后，通过我们设计的路径规划算法，以实现在不规则边缘的地下车库中，高效铺设车位的目标。该算法的目标是解决边缘为不规则形状、内部有空洞的情况，以划分出足够数量的车位，同时保证车辆的行驶便利，满足实际地库需求。

(2) 拟提出新的车位排布算法

我们将提出一个新的地下车库排布算法，以达到在保持连通性的前提下，同类算法中，相同图纸能划分更多的车位数量并适当提高速度。为了提升车位的排布数量，我们需更改道路的铺设方式更为自由铺设，通过每一步给定有关交通和车位相关的奖励，引导智能体更好地选择合理的道路铺设方式，相较于余光鑫^[33]的奖励设置，通过完善交通这一指标，使得结果更具有合理性，增加车辆数量。

(3) 拟实现地下车库排布的可视化

为了更有效地展示这些排布结果，我们计划使用 Python 编程语言结合 AutoCAD 软件进行图纸的直观可视化操作。通过 pyautocad 库，我们能够自动化在 AutoCAD 中创建、编辑和展示车库设计图，使设计师能够更直观地理解算法生成的排布图，并在设计过程中进行实时调整和优化。这一可视化过程不仅提高了设计效率，还为决策者提供了直观的参考，促使更明智的决策。最终的目标是推动整个设计过程朝着更加透明和协作的方向发展。

(4) 拟对现有研究算法进行研究与比较

除了新提出的基于强化学习的算法，我们还将对当前文献中已有的地下车库排布算法进行深入研究。通过综合评估它们在车位数、车位排布速度等指标上的表现，我们将能够全面了解这些算法的优劣。将新算法与现有研究算法进行比较，旨在验证其相对优越性，为提升地下车库设计效率和质量提供更为全面和可靠的技术解决方案。这一比较将为实际应用中的决策提供重要的参考依据，确保所选算法在各方面都能够胜任实际场景中的挑战。

4 总体研究思路及预期研究成果

4.1 技术路线图

技术路线如图2所示，其中共包含三个步骤，分别为图纸网格化、主路铺设、车位排布。

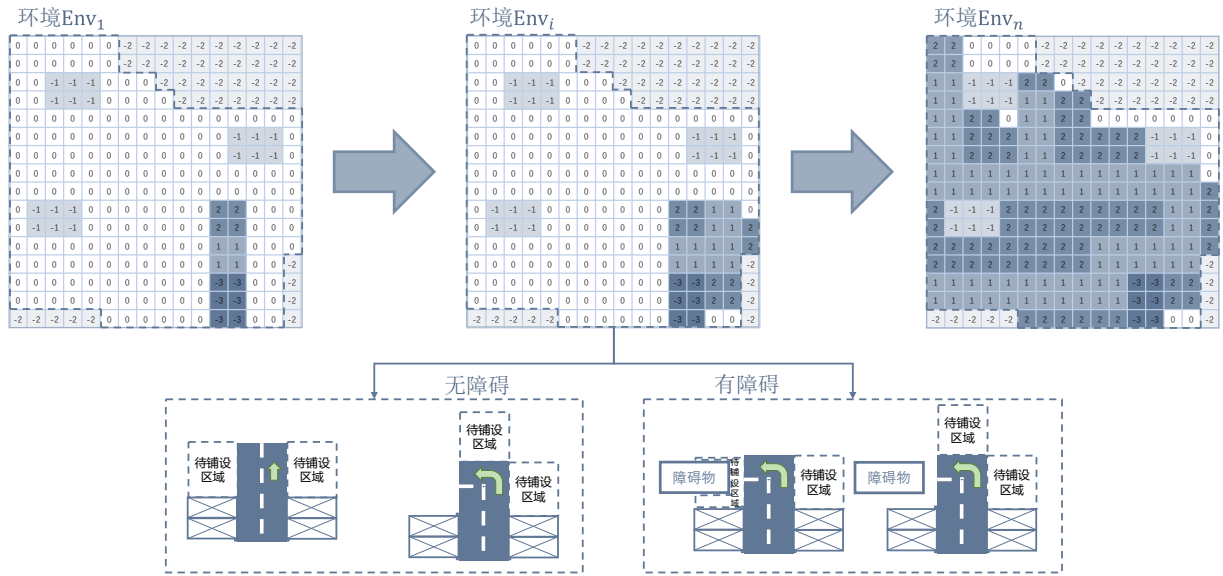


图 2 技术路线图

4.2 工具选型

(1) Pytorch

PyTorch 是一款基于 Python 的库，以其在科学研究、教育和工业界广泛应用的深度学习框架而闻名。它提供了基于数组的编程模型，通过 GPU 加速实现微分功能，并与 Python 生态系统中的自动微分紧密集成。同时，PyTorch 自然地与标准绘图、调试和数据处理工具集成，采用命令式编程模型。支持与外部库双向交换数据，用户可以根据项目需求或性能要求自由更换组件。PyTorch 实现了张量数据结构、GPU 和 CPU 操作符以及基本的并行原语。它的自动微分系统包括对大多数内置函数的梯度计算，具有立即执行动态张量计算的能力，性能上与当前最快的深度学习库相媲美，在研究社区中备受欢迎（如 2019 年 ICLR 提交的 296 篇论文中提到的^[34]）。

在本项目中，我们选择使用 Pytorch 实现自定义的深度学习模型，并便捷地处理高维输入输出，同时利用分布式训练在多个 GPU 上并行训练，为项目实现提供了高效可靠的解决方案。

(2) pyautocad

pyautocad^[35]是一款专注于与 AutoCAD 软件交互的 Python 库，通过 AutoCAD 的 COM 接口实现对 AutoCAD 对象模型的访问和操作。具有多版本支持、执行 AutoLISP 代码的功能，其直观且方便的 API 设计使得通过 Python 直接调用 AutoCAD 的对象和方法变得简便。尤其适用于需要自动化处理 CAD 图纸的项目，拥有丰富的社区支持和文档资源，为开发人员提供了可靠的工具。

在本项目中，pyautocad 通过利用与 AutoCAD 的强大交互能力，高效地实现对 CAD 图纸的自动修改和处理，也便于生成后的进一步修改。pyautocad 为项目提供了便捷而可靠的解决方案，使得与 AutoCAD 集成的开发变得更加顺畅。

(3) AutoCAD

AutoCAD 是一款由 Autodesk 公司开发的计算机辅助设计（CAD）软件，广泛应用于建筑、土木工程、机械设计等领域。它提供了强大的绘图和建模工具，允许用户创建、编辑和分析二维和三维设计。AutoCAD 支持多种文件格式，包括 DWG，使其成为设计领域的行业标准之一。其用户友好的界面和丰富的功能集使得设计师能够高效地进行各种设计任务，从简单的图纸绘制到复杂的建筑模型。

在该项目中，AutoCAD 提供了强大的绘图和建模工具，通过对于绘制在 AutoCAD 中图纸，使得设计师能够轻松编辑并更改生成后的图纸。其支持 DWG 格式的特性也确保了设计图的广泛可用性。此外，AutoCAD 的灵活性和可扩展性使其能够与其他工具和编程语言进行集成，如通过 pyautocad 连接 Python 脚本，实现与算法代码的交互。这种整合为项目提供了便捷的工具，使得设计和修改车库布局更加直观、高效。AutoCAD 在车库设计项目中的应用为设计师提供了一个全面的平台，满足各种设计需求，从而提高了设计效率和质量。

4.3 可行性分析

(1) 理论可行性

随着机器学习的进步，我们能够利用这些深度学习、进化策略^[33]等方式来提高地库排布的智能性或者加快排布速度。许多研究证明在处理地库排布问题时，机器学习的应用是十分有效的，并为本研究提供了扎实的基础，保证了最终实现的成功率和可靠性，因此利用机器学习实现地库排布存在理论可行性。

(2) 经济可行性

在本课题的研发过程中，不需要使用额外的数据集，因此在收集数据方面不需要开销。而且模型训练与评估所需的 GPU 可由导师实验室提供，项目开发成本较低，因此在经济方面具有可行性。

(3) 应用可行性

市面上存在许多车位排布的软件，但应用技术不同，有些对于斜边、不规则图形的处理较为简单，在该项目中可对这些特殊情况进行处理，因此，该项目在应用上具有较高的可行性。

4.4 研究思路

(1) 图纸栅格化及车位铺设的算法设计

图纸栅格化：由于针对的图纸可能具有不规则的边界，因此直接处理起来较为繁琐。为了简化处理流程，我们采用了对初始图纸进行网格化的方法。以道路宽度为基准，将图纸划分为小方格，每个方格具有 5 种不同状态，分别表示边界外、障碍、空地、道路和车位，对应于 -2、-1、0、1、2。在处理过程中，如果格子位于空地和边界外区域的交界或者空地和障碍的交界，则该区域被处理为边界外或者障碍。特别是在处理障碍时，我们将集中的障碍划分为同一障碍区域，并取所有障碍中的最大和最小 xy 值计算得到边界坐标，以便更清晰地定义障碍区域，并方便地进行后续处理。

车位铺设算法：对于地库排布问题，智能体根据当前行为和位置决定车位布局。行为分为直行和转弯，直行时在道路两侧布置车位，转弯时在道路外侧布置。在无障碍情况下，车位布局更自由，直行和转弯时均从基础排布点开始计算车位位置。有障碍时，需要考虑障碍物到道路的距离和车辆尺寸，直行和转弯时的布局方式有所不同。柱子的位置也是重要考虑因素，对车位数量和布局有直接影响，直行和转弯时的柱子布置方式也有所不同。

(2) 地下车库排布的算法与实现

在解决地下车库设计的复杂问题中，我们需设计一种基于强化学习的车位排布算法。这一算法的关键目标是在考虑地下车库边缘为不规则形状、内部存在空洞的情况下，划分出更多的车位，同时确保车辆行驶的便利性，以满足实际地库的需求。

地库主路铺设方式：如何在机器学习这一庞大范围内选择合适的算法铺设主路是需要解决的问题。机器学习是一种人工智能的分支，致力于研究如何通过让计算机从数据中学习并改善性能，实现对任务的自动化处理。这一领域的核心思想是通过训练模型，使其能够自动发现数据中的模式，从而做出预测或决策。比较不同的机器学习算法我们发现：

- **监督学习：**要大量的标记数据，而在车位规划中，获取大规模标记的停车数据可能会非常昂贵且困难；同时，监督学习不适用于动态环境，若停车环境是动态的，由

于它只能学习已知标签的模式，因此可能无法很好地适应变化。

- **无监督学习：**生成的模型可能难以解释，因为它通常是从数据中找到的模式，而非直接关联到标签或奖励；并且，它通常是用于探索性分析，可能无法满足特定的停车规划需求。

相比于前两种学习方式，强化学习适用于智能体与环境交互、学习和改进策略的情境，因此对于车位规划中道路、车位、障碍等的交互而言，它是一种自然的选择，与此同时，强化学习还能够考虑到长期奖励，对于车位规划这样的任务，这意味着模型可以学到更智能、长远的停车策略，还有一点就是，强化学习在适应动态环境方面表现良好，可以通过不断与环境交互来优化策略。

在实际应用中，选择强化学习的优势在于它能够适应车位规划这类需要智能体与环境交互、学习和优化策略的场景，同时能够考虑到长期奖励，从而生成更智能、适应性更强的停车决策模型。

强化学习主要包括智能体、环境、行为、奖励和状态这几个部分。

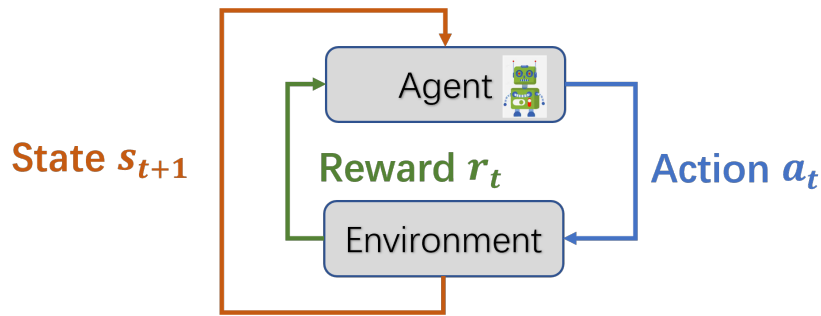


图 3 强化学习基础组成

在道路铺设任务中使用强化学习时，需注意状态空间、行为空间、奖励函数和策略等方面的设计。在状态空间方面，我们将其设计为由智能体为中心的状态矩阵、智能体距离障碍、车位、边界的信息以及智能体朝向组成；而行动空间定义为前进、左转和右转。同时，需设计将状态空间进行处理的网络，包含数据初始化、特征提取网络、特征融合网络、噪声网络以及决斗网络等。为了进一步评估道路铺设和车位排布效果，本文设计了一个奖励评价系统，主要包括两个部分：车辆（Car）和交通（Traffic）^[36]。车辆数就是计算该图纸中的车位总数；交通则是通过三个指标来进行度量，分别为道路密度、连通性和便捷度，具体公式如下：

$$R_i = \alpha_c Car_i + \alpha_t Traffic_i \quad (1)$$

交通部分则主要反映了当前的道路铺设情况，包括直路奖励 $T_{linearity}$ 、道路过宽惩

罚 T_{space} 和重复铺设惩罚 $T_{overlap}$

$$Traffic_i = \beta_l T_{linearity_i} + \beta_s T_{space_i} + \beta_o T_{overlap_i} \quad (2)$$

其中 α_c 、 α_t 、 β_l 、 β_s 、 β_o 为权重参数。通过这种奖励体系，我们可以更好地引导智能体进行合理的道路铺设，从而最大化地利用车库空间，提高车位的排布效率。

强化学习的数据集是通过智能体与环境的交互生成的，因此不需要大量的数据集。

(3) 地下车库排布的可视化

可视化操作在车库设计中扮演着至关重要的角色，它不仅有助于设计师直观地比较不同算法的效果，还为他们提供了一个便捷的工具，以更直观的方式参与车库设计的过程。通过将算法生成的车位排布图以可视化的形式呈现，设计师能够迅速识别设计中的优点和不足，并进行必要的修改以满足特定需求。

在实现地下车库排布的可视化过程中，pyautocad 被用来连接 AutoCAD 和算法代码。具体为以下几步：

调用 pyautocad 进行可视化转换：利用 pyautocad 的 API，将算法生成的地下车库数据转换为 AutoCAD 中的设计图。通过调用 pyautocad 提供的方法，可以在 AutoCAD 软件中创建图层、绘制车位、标记道路，以及呈现其他相关设计元素等。

实时更新设计图：在数据转换的过程中，通过 pyautocad 与 AutoCAD 的实时交互，确保设计图的即时更新。这使得在算法生成数据发生变化时，设计图能够及时反映这些变化。

保存设计图 and 结果：一旦设计图的生成完成，通过 pyautocad 将结果保存为 AutoCAD 支持的文件格式，如 DWG。这样，生成的地下车库设计图可以随时被打开和查看。

综上，使用 pyautocad 实现连接 AutoCAD 和算法代码，将地下车库数据可视化为 AutoCAD 中的设计图，实现了从算法生成到 CAD 图形可视化的无缝转换。这种连接方式提高了设计效率，同时确保了设计图的准确性和实时更新。

(4) 评估算法指标并与现有研究比较

为验证我们新提出的车位排布方法的有效性，我们将制定有参考性的对比评价指标，例如车位数、车位排布速度等。通过使用现有算法验证过的图纸进行校验，我们将能够验证我们的算法相较于其他现有模型在地下车库排布问题上的优越性。

同时，我们将对新算法与现有研究算法进行深入研究与比较。通过全面评估它们在各项指标上的表现，包括但不限于效率、准确性和实用性，我们将能够更全面地了解这

些算法的优劣势。这一比较将为实际应用中的决策提供可靠的参考依据，确保所选算法能够在各方面胜任实际场景中的挑战。

4.5 非技术因素

法律方面：非技术因素中涉及的主要是法律法规的问题。针对软件的应用方面，本项目仅用于个人学习与研究，不涉及商业应用，没有侵犯其他软件的合法权益，也没有违反相关法律法规。我们在使用 AutoCAD 软件^[9]时遵循了教育许可方案，并保证在使用和开发的过程中不会侵犯 AutoCAD 的版权和专利权。与此同时，设计时的车位、道路大小以及柱网排布等尺寸均按照法律法规来进行设计。但消防等更为详细的设施需要，可能需要在进一步在设计图展示在 AutoCAD 之后，由设计师进行调整。这些设计参数的合规性将有助于确保地下车库的建设和使用在法律法规框架内，保障人员生命财产安全，同时也有利于项目的可持续发展。

数据隐私和安全：强化学习中涉及的数据只有现成，互联网上可见的设计图纸，均不涉及到个人隐私。本项目考虑并遵守相关的数据隐私法规，采取措施保护用户数据的安全性。

结构安全和承重考虑：地下车库的建设需要充分考虑地上结构的安全和承重能力。在设计车库时，需要确保地下结构不会对地上建筑物的承重结构造成不利影响。这涉及到合理的承重分布和结构设计，以防止地下车库的建设对地上建筑物的稳定性产生负面影响。

4.6 预期研究成果

一种强化学习的地下停车库车位排布的算法：我们期望提出一种创新的、基于强化学习的地下停车库车位排布算法。该算法将能够有效应对不规则形状以及内部空洞等情况，确保生成的车位布局既满足最大化停车容量的需求，又保障车辆行驶的便利性。

基于强化学习的地下停车库车位排布算法的 AutoCAD 绘制：通过与 AutoCAD 软件的连接和控制，我们将实现对基于强化学习的地下停车库车位排布算法生成结果的直观可视化。通过调用 pyautocad 的 API 来实时更新设计图，最终将生成结果保存成设计图。

对现有研究算法进行研究与比较：通过对现有研究算法的深入研究和全面比较，我们将评估它们在地下停车库排布问题上的优劣。通过对比新提出算法与现有算法的性能，我们将验证新算法的相对优越性。这一研究成果将为实际应用中的决策提供科学依据，确保所选算法能够胜任实际场景中的挑战。

5 研究工作计划

起止时间	内容
2023 年 11 月 05 日—2023 年 12 月 10 日	查阅文献、撰写文献综述、外文翻译
2023 年 12 月 11 日—2024 年 01 月 08 日	完成并上交开题报告
2024 年 01 月 09 日—2024 年 01 月 09 日	开题答辩
2024 年 01 月 10 日—2024 年 01 月 31 日	行为、环境、奖励等的设计
2024 年 02 月 01 日—2024 年 02 月 29 日	不同车位规划模型的学习与训练
2024 年 03 月 01 日—2024 年 03 月 19 日	不同车位规划模型的对比与评估
2024 年 03 月 20 日—2024 年 03 月 20 日	中期检查
2024 年 03 月 21 日—2024 年 04 月 28 日	整理上述工作并完善论文
2024 年 04 月 29 日—2024 年 05 月 02 日	成果检查
2024 年 05 月 03 日—2024 年 05 月 12 日	学生进一步修改完善毕业设计
2024 年 05 月 15 日—2024 年 05 月 15 日	毕业论文答辩

参考文献

- [1] 张可云. 城镇化助推现代化的中国特色路径[J]. 新型城镇化, 2023(42-44).
- [2] 董春方. 城市高密度环境下的建筑学思考[J]. 建筑学报, 2010(20-23).
- [3] 王跃. 城市停车难问题的解决思路[J/OL]. 城市道桥与防洪, 2007. DOI: 10.16799/j.cnki.csdqyf

h.2007.08.009.

- [4] 孙钧. 国内外城市地下空间资源开发利用的发展和问题[J]. 隧道建设 (中英文), 2019, 39(699-709).
- [5] 张宇翔. 包头市地下商业空间优化设计研究[D]. 内蒙古科技大学, 2023.
- [6] 赵先顺. 地下车库联络道电气设计探讨[J/OL]. 城市道桥与防洪, 2018(365-368+34). DOI: 10.16799/j.cnki.csdqyh.2018.07.103.
- [7] 李娅, 祖永昶, 司宇琪, 等. 公安行业标准《城市道路路内停车位设置规范》(GA/T 850-2021)解析[J]. 中国标准化, 2021(186-191).
- [8] Carrasco M P, Pecanac M. Innovative CAD-based application for parking lot design[A]. In: 2005 Annual Conference of the Transportation Association of Canada Transportation Association of Canada (TAC)[C]. 2005.
- [9] 刘成才. Auto CAD 在建筑与土木工程设计中的主要功能及其应用[J]. 建筑结构, 2023, 53(157).
- [10] Fowler R J, Paterson M S, Tanimoto S L. Optimal packing and covering in the plane are NP-complete[J]. Information processing letters, 1981, 12(3): 133-137.
- [11] Birgin E G, Martínez J M, Mascarenhas W F, et al. Method of sentinels for packing items within arbitrary convex regions[J]. Journal of the Operational Research Society, 2006, 57(6): 735-746.
- [12] Birgin E G, Martínez J M, Nishihara F, et al. Orthogonal packing of rectangular items within arbitrary convex regions by nonlinear optimization[J]. Computers & Operations Research, 2006, 33(12): 3535-3548.
- [13] Birgin E G, Lobato R D. Orthogonal packing of identical rectangles within isotropic convex regions[J]. Computers & Industrial Engineering, 2010, 59(4): 595-602.
- [14] López C O, Beasley J E. Packing unequal rectangles and squares in a fixed size circular container using formulation space search[J]. Computers & Operations Research, 2018, 94: 106-117.
- [15] Young W. A review of parking lot design models[J]. Transport Reviews, 1988, 8(2): 161-181.
- [16] Mendat C C, Wogalter M S. Perceptions of parking facilities: factors to consider in design and maintenance[A]. In: Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting[C]: vol. 47: 6. 2003: 918-921.
- [17] Abdelfatah A S, Taha M A. Parking capacity optimization using linear programming[J]. Journal of traffic and logistics engineering, 2014, 2(3).
- [18] Syahrini I, Sundari T, Iskandar T, et al. Mathematical model of parking space unit for triangular parking area[A]. In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering[C]: vol. 300: 1. 2018: 012012.

- [19] Hasbiyati I, Putri W, Adnan A, et al. Parking lot optimization in parallelogram using the concept area of rectangular and right triangle[J]. Pure and Applied Mathematics Journal, 2019, 8(4): 77-82.
- [20] Huang J, Liao T, Kang H, et al. A general algorithm for rectangular parking optimization design[A]. In: Journal of Physics: Conference Series[C]: vol. 1486: 3. 2020: 032029.
- [21] Xu Y C, Xiao R B, Amos M. Particle swarm algorithm for weighted rectangle placement[A]. In: Third International Conference on Natural Computation (ICNC 2007)[C]: vol. 4. 2007: 728-732.
- [22] Xu Y, Dong F, Liu Y, et al. Genetic algorithm for rectangle layout optimization with equilibrium constraints[J]. Pattern recognition and artificial intelligence, 2010, 23(6): 794-801.
- [23] 马莹, 王怀晓, 刘贺, 等. 一种新的自适应量子遗传算法研究[J]. 计算机工程与应用, 2018, 54(99-103).
- [24] Nourinejad M, Bahrami S, Roorda M J. Designing parking facilities for autonomous vehicles [J]. Transportation Research Part B: Methodological, 2018, 109: 110-127.
- [25] Ferreira M, Damas L, Conceicao H, et al. Self-automated parking lots for autonomous vehicles based on vehicular ad hoc networking[A]. In: 2014 IEEE Intelligent Vehicles Symposium Proceedings[C]. 2014: 472-479.
- [26] Timpner J, Friedrichs S, Van Balen J, et al. k-Stacks: High-density valet parking for automated vehicles[A]. In: 2015 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)[C]. 2015: 895-900.
- [27] Banzhaf H, Quedenfeld F, Nienhueser D, et al. High density valet parking using k-deques in driveways[A]. In: 2017 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)[C]. 2017: 1413-1420.
- [28] Kong Y, Le Vine S, Liu X. Capacity impacts and optimal geometry of automated cars'surface parking facilities[J]. Journal of Advanced Transportation, 2018, 2018.
- [29] Siddique P J, Gue K R, Usher J S. Puzzle-based parking[J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2021, 127: 103112.
- [30] 徐涵喆. 基于区域划分的地下车库车位排布问题算法研究[D]. 上海交通大学, 2019.
- [31] 黄逸彬, 杨赫, 周钟秉, 等. 基于图形分割的城市地下车库车位排布优化方法[J/OL]. 北京邮电大学学报, 2020, 43. DOI: 10.13190/j.jbupt.2019-212.
- [32] 冯嘉宇. 基于像素分割和遗传算法的车位排列问题研究[D]. 浙江理工大学, 2022.
- [33] 余光鑫. 基于强化学习的地下车库生成式设计研究[D]. 华南理工大学, 2020.
- [34] Paszke A, Gross S, Massa F, et al. Pytorch: An imperative style, high-performance deep learning library[J]. Advances in neural information processing systems, 2019, 32.
- [35] Shahzad T, Wang P, Hoffmans J, et al. Implementing Artificial Intelligence (AI) and Knowledge Based Engineering (KBE) in Ship Design: A Case Study Based on ACQUAINT[J]. Peter

and Hoffmans, Jacques, Implementing Artificial Intelligence (AI) and Knowledge Based Engineering (KBE) in Ship Design: A Case Study Based on ACQUAINT (May 16, 2023), 2023.

- [36] Zheng Y, Lin Y, Zhao L, et al. Spatial planning of urban communities via deep reinforcement learning[J]. Nature Computational Science, 2023, 3(9): 748-762.