

F29AI - 人工智能与智能代理

课程作业 1 搜索与自动规划

你们应以两人一组的形式完成此项课程作业。课程作业 1 包含两部分（搜索算法和使用 PDDL 的自动规划），占 F29AI 总成绩的 25%。具体要求、应提交的内容以及评估方式详见下文及 Canvas 平台。

第 1 部分：使用搜索算法求解和分析数独

第一部分 A (5 分)

人工智能 (AI) 正以日新月异的速度变得愈发复杂和普及。尽管它常被视为科幻迷的专属，但在日常生活中，其应用却极为广泛。你可能在许多意想不到的地方使用了人工智能及其分支——机器学习。

数独不仅仅是一种数字谜题，它还是一个丰富的问题空间，体现了人工智能 (AI) 中的几个核心概念。数独由一个 9×9 的网格组成，目标是用数字填充网格，使得每行、每列以及 9 个 3×3 的主方格都包含 1 到 9 的所有数字。你需要提出并开发一种智能数独求解器的方法。

- 将数独形式化地定义为一个约束满足问题。
- 变量、定义域和约束条件分别是什么？
- 讨论数独中暴力搜索与回溯算法的时间复杂度。

第 1B 部分 (15 分)

任务：使用 Python 或 Java 设计并实现一个智能系统，能够高效地解决任何有效的 9×9 数独谜题。您的报告必须运用人工智能的概念，特别是搜索算法和约束满足问题 (CSP) 技术。此作业旨在帮助您了解如何将人工智能应用于结构化问题，通过比较不同问题解决策略的有效性和效率。

项目要求：您的任务是构建一个智能数独求解器。解决此问题的方法有很多，例如：暴力搜索、约束满足

方法（例如，带有剪枝的回溯法、前向检查法或弧一致性法），或者基于机器学习的方法。

选择一种方法来实现数独求解器。在构建好您的求解器之后，您需要从理论上对其与基于 A* 搜索的数独求解器进行批判性分析和比较。请注意：您无需实现 A* 搜索算法。相反，您必须提供理论分析，将您实现的求解器与基于 A* 搜索算法的数独求解方法进行比较。

该程序应能从 .txt 或 .csv 文件中读取输入的数独谜题。每个文件都将包含一个 9×9 的数独网格，采用标准格式：空白单元格可用 0 或空格表示。

一些可以查找数独谜题的网站：

- <https://www.数独在线玩.com/>
- <https://sudoku.com/> （此网址无需翻译）

程序必须以清晰易读的格式显示已解出的数独谜题。例如，还可以根据所采用的方法打印其他相关指标，例如总步骤数、递归调用次数或回溯次数、总执行时间（以毫秒或秒为单位）。建议您使用不同的数独谜题来测试您的解决方案。

选做：若学生实现一个图形用户界面（GUI），使用户能够输入谜题、运行求解器并通过美观的 GUI 可视化求解过程，将获得一些额外分数。详情请参阅评分标准。

报告（请见下文需提交的内容）：您的报告应清晰描述所选方法的实现情况（附上截图和/或代码片段作为佐证）。您必须提供详尽的理论分析，将您实现的求解器与 A* 搜索算法解决相同问题的方法进行比较。您还应说明如何测试您的解决方案，例如使用不同的输入。

第二部分：自动规划

欧洲航天局（ESA）正在筹备欧洲大型物流着陆器（EL3）任务¹，这是一项旨在探索月球并采集样本的机器人月球探测计划。该任务包括部署多个着陆器，每个着陆器都搭载一辆月球车。

鉴于月球环境恶劣且难以预测，所有操作都必须完全自主进行。您已被委以重任，要为月球车的部署和任务执行开发一套规划方案，该月球车将在指定地点从着陆器上释放出来。

一旦部署完毕，火星车将执行一系列科学考察和探索任务：

- 沿着一系列月球航路点航行。
- 拍摄地质特征的高分辨率图像。

使用探地雷达进行地下扫描。

- 采集土壤和岩石样本。

¹ 看见 请观看欧洲航天局（ESA）YouTube 频道上的这段视频以作参考：<https://www.youtube.com/watch?v=75MQSSJHleY>

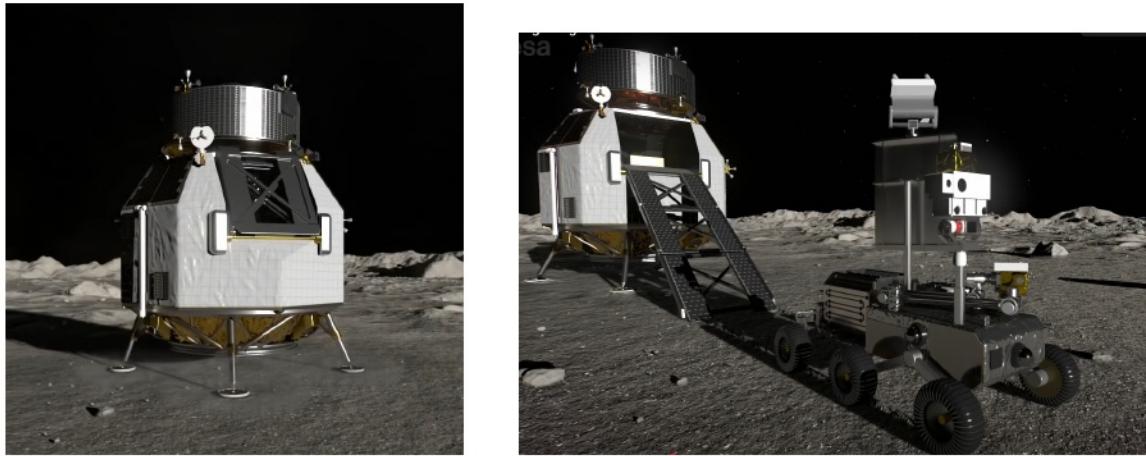


图 1：着陆器（左）和正在部署的火星车（右）的照片。

图像和扫描数据可以通过无线方式传回着陆器。然而，物理样本必须在探测器任务结束时由其手动带回。

已决定使用 PDDL 和现成的规划器来对任务规划问题进行建模，并定义月球车将要运行的月球环境。PDDL 领域必须表示任务中涉及的各种实体类型，包括着陆器、月球车和月球表面位置。

该领域应定义描述世界状态的谓词，例如：

每个探测器的当前位置。

- 地表位置之间的连通性。
- 探测器是否已获取或传输了数据（例如图像、扫描结果）。
- 探测器是否已采集到实物样本。
- 漫游车与其各自着陆器之间的关联。

每个问题实例将定义：

- 任务的初始状态（例如着陆器着陆点、火星车部署状态、地形布局）。
- 目标状态，基于任务目标（例如，要采集的特定样本、要传输的数据、要返回着陆器的火星车）。

第二部分 A 和 B (15 分)

第 2A 部分：领域建模

第一步是理解领域。对于这部分课程作业，您需要实现规划问题的领域。

描述世界状态

定义任务中涉及的对象类型以及表示系统状态的谓词。这些谓词应表明火星车是否处于特定位置、是否已采集图像、两个位置之间的连接关系以及其他相关状态。

定义行动

定义可以执行的操作。这些操作可能包括部署漫游车、在不同地点之间移动、在特定地点拍照、使用雷达进行地下扫描以及将数据传回着陆器。每个操作都有特定的前提条件，必须满足这些条件才能执行。例如，漫游车必须处于正确的位置才能拍照，或者必须先收集数据才能将其传回着陆器。每个操作还具有某些效果，如果满足前提条件，这些效果将改变整体世界状态。例如，如果两个地点之间有路径且漫游车位于其中一个地点，它就可以沿着路径移动，从而不再处于起点而是在新的位置。

限制

着陆器能够在任何地点着陆，但着陆后将保持静止，无法重新移动。

“漫游者”的内存有限，一次只能存储一条数据；“图像”和“扫描”都是数据。

要采集样本，火星车必须从某个地点取样，然后返回着陆器处进行存储。

每个着陆器只能存储一个样本。

第二部分 B：问题建模

对于此部分，您将为任务 1 和任务 2 创建问题文件。每个问题都应定义初始状态和目标，以便规划器能够生成有效的计划。

任务 1

“漫游车从着陆器（即未展开状态）开始其旅程。”

- 请使用图 2 中的地图来配置各航路点之间的连接和路径。

任务目标：

在第 5 个航点处保存一张图片。

在 3 号航路点保存一次扫描。

从 1 号航路点采集样本。

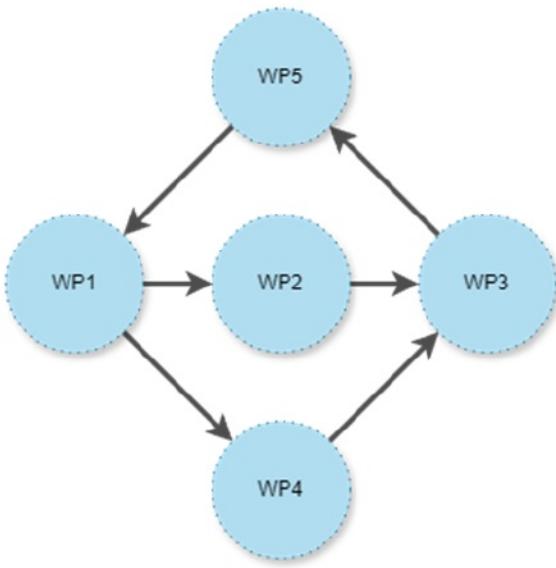


图 2：任务 1 地图。

任务 2

请使用图 3 中的地图来配置各航路点之间的连接和路径。

- 对于这个问题，使用两个着陆器。

第一辆探测车已经在 2 号航路点展开，其着陆器也在 2 号航路点。

第二辆探测车开始处于未展开状态。

任务目标：

在第 3 个航点处保存一张图片。

在第 4 个航路点保存一次扫描。

在第 2 个航点处保存一张图像。

在第 6 个航路点处保存一次扫描。

在 5 号航路点采集样本。

从 1 号航路点采集样本。

第二部分 C：拓展（5 分）

在本节中，您将通过引入新特性来扩展领域，并根据更新后的领域和以下任务创建一个问题文件。

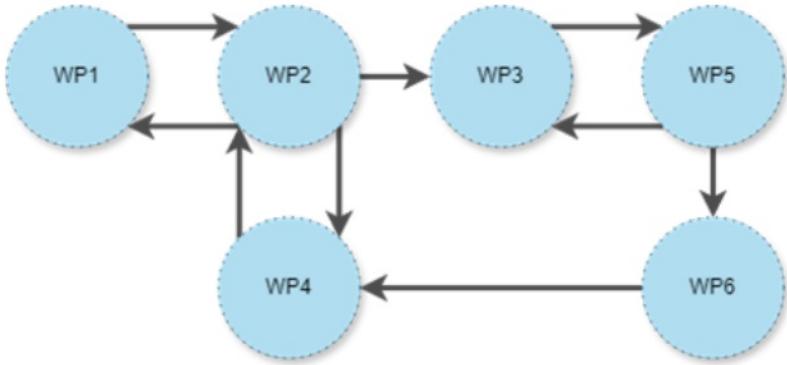


图 3：任务 2 地图。

任务 3

使用与上述任务 2 相同的地图（图 3）和初始设置。任务目标保持不变。此外，请考虑以下扩展内容：

- 您有两位勇敢的宇航员，爱丽丝和鲍勃，来协助此次任务。爱丽丝驻守在着陆器 1 号，鲍勃在着陆器 2 号。

每个着陆器都包含两个内部区域：控制室和对接舱。宇航员可以在这些区域之间移动。

只有当有宇航员在对接舱时，才能部署漫游车或取回样本。

只有当有宇航员在控制室时，火星车才能向着陆器传输数据。

起初，爱丽丝在停靠舱，而鲍勃在控制室。

指令

1. 下载入门文件：下载包含入门 PDDL 代码文件夹和文件的 PDDL.zip 文件。
2. 文件夹结构：该压缩文件包含两个子文件夹：
 - 第 2A 部分和第 2B 部分：关于第 2A 部分和第 2B 部分。
 - C 部分：关于第 2C 部分。
3. 入门指南：首先修改所提供的领域和问题文件。领域和问题的名称已为您设置好。

PDDL 实现

请勿使用课程中未涉及的 PDDL 特性。在您的 PDDL 文件中添加注释以描述代码的重要部分。您无需使用课程中未涉及的 PDDL 特性。您应在报告中明确说明用于测试解决方案的规划器。PDDL 文件仅会在 editor.planning.domains、FF 或 Fast Downward 上进行测试。正确性不仅会根据课程作业要求进行评估，还会针对具体实现的解决方案进行评估。（即，不明显或错误/缺失的动作前提条件或效果可能导致奇怪的规划输出并扣分。）通常的程序质量标准（例如，空格的使用、注释、命名约定等）将适用于评估代码的可读性。评分者将查看您是否理解如何编写 PDDL 域和问题，并且是否充分利用了可用的语言特性。

我们推荐使用 Visual Studio Code (<https://code.visualstudio.com/>) 作为 PDDL 的代码编辑器，并安装 PDDL 支持扩展：<https://marketplace.visualstudio.com/items?itemName=jan-dolejsi.pddl>。

安装扩展程序后，您可以通过在领域或问题文件中右键单击，然后点击“PDDL：运行规划器并显示计划”来运行规划器。

您可以选择由 planning.domains 提供的在线计划即服务操作模式，并使用以下最佳优先搜索规划器之一：“BFWS - FF 解析器版本”、“LAMA-first”

重要提示：如果您有多个领域文件，请确保您所使用的领域文件名称与您想要运行规划器的问题中的名称一致，否则有时可能会出现错误。

示例：

领域：

```
(define (domain lunar)
  ...
)
```

问题：

```
(define (problem lunar-mission-1)
  (:domain lunar)
  ...
)
```

或者，如果您在设置开发环境时遇到问题，可以使用在线编辑器：<https://editor.planning.domains/>。如果您使用的是 Visual Studio Code 并且希望离线运行规划器，您始终可以下载一个并在本地机器上使用，以下是一些最重要的经典规划器：

- Fast Downward (<https://www.fast-downward.org/HomePage>)
- FF (<https://fai.cs.uni-saarland.de/hoffmann/ff.html>) （查找 FF-v2.3 版本）

- Pyperplan (<https://github.com/aibasel/pyperplan>)

提交什么

提交一个压缩文件夹（接受的格式：.zip 或 .rar），其中包含以下内容：

1：报告

一份报告，详细阐述了第 1A 部分和第 1B 部分的搜索情况，展示了清晰的分步解决问题的方法。报告应包含您作品的截图、代码片段实现以及输出结果，并对所采用的方法进行合理说明，必要时引用相关资料（第 1A 部分和第 1B 部分最多 4 页）。将您的方法与用于解决数独问题的 A* 星算法进行比较。您可以使用对比表格，展示解决谜题所花费的时间，展示回溯次数，分析成功/失败案例，并在需要时加入图表。您可以讨论哪种数独求解技术效果最佳以及原因。

同一份报告应包含第二部分：PDDL（最多 3 页），在其中简要说明您是如何构建领域结构的，例如您所包含的对象类型、谓词和动作。您还应列出代码中包含的问题实例，并说明用于测试您的领域和问题的规划器。报告的这一部分将有助于评阅人员更好地理解您的代码。

在报告开头，请明确说明您在 Canvas 上所选的小组（例如，爱丁堡 CW 1 42），并列出所有小组成员的姓名和学号。在报告结尾，请清晰地提供您的视频演示链接。

2：代码（Java/Python 数独文件和 PDDL 文件）

提交第 1B 部分中数独求解器问题的实现代码。请确保您的代码在您所实现的部分包含适当的注释。

请提交您的 PDDL 源文件，包括在启动包 PDDL.zip 中的那些文件。请确保您的源文件中有注释，描述您所定义的属性和动作。您的源文件将接受抄袭检查，并进行测试以确认其是否可运行。

3：视频演示（链接）

一段视频演示（两位学生都需要出现在录制的视频中），从合适的 Java/Python 集成开发环境（IDE）中讲解代码实现以及为数独求解器所做的设计决策。在同一个视频中，您还应通过打开规划器、从给定任务生成计划等方式展示 PDDL 域、谓词、输出等内容。视频时长不应超过 8 分钟。

请准备好视频录制内容，并将链接提交给我们。一种便捷的方式是使用微软流媒体（Microsoft Stream）或微软团队（Teams）进行录制（注意：您也可以使用其他工具），然后在报告中提供 SharePoint/OneDrive/谷歌云端硬盘的链接。您有责任确保链接可访问，否则此部分将不予评分。

截止日期

课程作业 1（所有部分）的提交截止日期为 2025 年 10 月 23 日星期四。爱丁堡校区的提交截止时间为 15:30（爱丁堡时间），迪拜校区为 23:59（迪拜时间），马来西亚校区为 23:59（马来西亚时间）。关于如何提交作业的详细信息将在 Canvas 上发布。

反馈

课程作业 1 提交约三周后，将为学生提供个人书面反馈。

附加说明

这是一项小组课程作业。所有提交的文件都将进行抄袭检查。您必须遵循本文件中所述的命名规范。如果文件无法读取、代码无法运行或视频无法播放，您在该部分评估中将得 0 分。强烈建议您阅读《学生在学习和教学中使用通用人工智能的指南》。虽然您可以使用它来激发想法，但提交的工作必须是您自己的。

评估

本次课程作业将占 F29AI 总成绩的 25%，满分为 45 分。

第一部分 A (5 分)

0 (无)	1 (差)	2 (公平)	3 (良好)	4 (非常好)	5 (优秀)
对变量、域、约束或复杂性毫无理解。	定义非常简略，含糊不清或不正确。部分提及组件时存在错误或混淆。	正确识别了部分变量/领域或约束条件，但并非全部。参考文献部分可以改进。	不错的解决方案。CSP (约束满足问题) 公式表述正确，但未进行复杂度分析。缺少参考文献。	正确的表述以及与适当数量参考文献的简洁复杂度比较。	完整的正确约束满足问题 (CSP) 模型以及准确清晰的复杂度讨论（暴力法与回溯法），并附有大量可靠参考文献。

第 1B 部分 数独求解器 (15 分)

第 1B 部分 (15 分)

0-2	3 - 5 (差)	6 - 8 (一般)	9 - 11 (良好)	12 - 14 (非常好)	15 分满分 (优秀)
未提交代码，没有视频演示或演示效果极差。	代码存在重大问题，解决方案不正确和/或代码无法运行。演示表明该成果质量差、功能缺失或无法运行，远低于预期。	代码部分可用，但代码结构和解决方案存在重大问题。演示表明该成果的功能有限。报告尚可。	代码和解决方案不错。代码运行近乎完美，但代码结构和解决方案存在问题。演示表明成果符合预期。报告写得好，对比分析也很到位。	代码和解决方案都非常出色。代码运行完美。代码结构和解决方案方面存在一些小问题。演示效果非常好。报告也很棒，有很好的对比分析。图形用户界面实现得很不错。	代码和解决方案非常出色。代码运行完美。充分证明了该成果远超预期的卓越演示。报告也很出色，有很好的比较和参考。图形用户界面实现得非常出色。

第二部分 A 和 B (15 分)

0 - 2 (无)	3 - 5 (差)	6 - 8 (一般)	9 至 11 (良好)	12 - 14 (非常好)	15 (优秀)
未提交内容。完全不相关，或表述混乱。可能包含占位符文本或毫无条理的模糊想法。未展示对领域或问题建模的任何有意义的理解。没有可行的实现或演示。	提交内容存在重大错误或遗漏。对象类型、谓词、动作、初始状态或目标大多不正确或缺失。对领域和问题建模的理解非常有限。实现不完整或无法运行。演示缺失或不清楚。	某些组件存在但存在重大问题。对象类型、谓词、动作、初始状态或目标部分不正确或不完整。问题逻辑薄弱或不一致。实现运行时出现错误或功能有限。演示仅显示部分执行情况。	大多数组件定义正确。谓词/动作定义、初始状态和目标定义清晰。路径点连接和领域元素基本准确。进行一些小的改进可以提高清晰度或完整性。实现功能正常且结构良好。演示清晰且信息丰富。	所有必需的组件均已存在且基本正确。初始状态和目标定义清晰。路径点连接和领域元素基本准确。进行一些小的改进可以提高清晰度或完整性。实现功能正常且结构良好。演示清晰且信息丰富。	所有组件都清晰且准确地进行了定义。对象类型、谓词、动作、初始状态、目标以及路径点配置都精确、完整且逻辑一致。领域和问题的建模清晰且富有洞察力。实现稳健且功能完备。演示效果出色。

结构良好的
并且有效地
交流
解决方案。

第二部分 C (5 分)

0 (无)	1 (差)	2 (公平)	3 (良好)	4 (非常好)	5 (优秀)
不得提交与主题完全无关的内容。不得展示领域扩展。	提交内容存在重大错误或遗漏。域名扩展名大多错误或缺失。与宇航员相关的功能整合不佳或未在问题文件中体现。演示不清晰或缺失。	有一些扩展领域范围的尝试，但存在重大问题。宇航员角色或限制条件部分实现或不一致。问题文件缺乏连贯性。演示显示功能有限或理解不足。	大多数扩展都实现了正确功能。宇航员特性总体上集成良好，但在逻辑或完整性方面存在一些小问题。问题文件大多有效。演示清晰，展示了可运行的实现。	所有必需的扩展都已存在且基本正确。宇航员角色和约束条件都得到了清晰的建模。问题文件条理清晰，与任务目标高度契合。演示结构合理，有效地展示了新功能。	所有组件都定义清晰且准确无误。领域扩展精确、逻辑一致且整合良好。问题文件反映出对新功能的出色理解和实现。演示文稿经过精心打磨，见解深刻，清晰地突出了与宇航员相关的改进。

整体作品展示与沟通（5分）

0 (无)	1 (差)	2 (公平)	3 (良好)	4 (非常好)	5 (优秀)
条理不清，表达不佳/沟通或表达能力差/内容过于简略或冗长。与上下文或目的不符，错误遗漏较多，表达/呈现不充分。对主题几乎没有或完全没有清晰的介绍。	在大多数情况下，工作的组织和呈现以及沟通都较为恰当，但存在一些错误。概述了该主题的基本介绍，但仅使用了有限的文献资源。 无关内容/主旨。	工作组织和呈现令人满意，沟通大多切题。能运用恰当引用的资料识别出相关的关键主题。	工作呈现和组织方式符合语境和目的，表达清晰。对主题进行了详尽的概述，并引用了多种恰当的资料来源加以支持。	出色的展示和工作组织能力，在大多数情境下沟通流畅。整体报告良好，有来自优质资源的大量文献作为支撑。	出色的展示和工作组织能力，以及在各种情境下流利的沟通能力。有独立思考的迹象，并能以高质量资源中的文献为支撑，从经验中不断学习和进步。

学习目标

本课程作业旨在为 F29AI 达成以下高层次目标做出贡献：

- 介绍人工智能的基本概念和技术，包括规划、搜索和知识表示。
- 介绍人工智能的范围、子领域及应用，包括自主代理。
- 在一种合适的语言中培养人工智能编程技能。

这也旨在为本课程的以下具体学习目标做出贡献：

- 对传统人工智能问题解决和知识表示方法的批判性理解。
- 使用知识表示技术（例如谓词逻辑）。
- 对不同系统性和启发式搜索技术的批判性理解。
- 练习用状态空间搜索的方式来表述问题。
- 对人工智能的子领域及其应用具有广泛的知识和理解。
- 对人工智能的一个子领域（例如规划）有深入的了解，并能够将其形式化方法和表示应用于小规模问题。
- 对自主代理和机器人架构的不同方法有深入的理解，并能够批判性地评估它们在不同情境下的优缺点。
- 使用合适的语言练习简单人工智能系统的实现。
- 问题的识别、表述与解决。
- 研究技能和报告撰写。
- 信息技术（ICT）、算术和展示技能的实践运用。

迟交作业

课程作业的截止日期是固定的，不会单独批准延期提交。课程作业逾期提交的处罚将依照大学关于逾期提交的规定执行：

- 作业提交逾期但在截止日期后 5 个工作日内提交的，其成绩将扣减 30%。
- 超过截止日期 5 个工作日提交的课程作业将不予批改。

如果学生提交作业逾期不超过 5 个工作日，且有正当理由，将适用“正当理由”政策。学生应提交正当理由申请，由正当理由委员会审议。

MACS 学院关于课程作业提交的规定是：爱丁堡校区的提交截止时间为 15:30（爱丁堡时间），迪拜校区为 23:59（迪拜时间），马来西亚校区为 17:00（马来西亚时间），无论是纸质提交还是在线提交。有关课程作业提交的规定可在此处查阅：<https://www.hw.ac.uk/services/docs/learning-teaching/policies/submissionofcoursework-policy.pdf>

减轻情节 (MC)

有些情况并非由于您的过错，却可能影响您在评估（考试或其他评估）中的表现，导致评估未能准确衡量您的能力。这些情况被称为减轻情节。您可以提交申请，要求考虑这些减轻情节。有关大学减轻情节政策的详细信息以及如何提交申请，请访问以下网址：<https://www.hw.ac.uk/students/studies/examinations/mitigating-circumstances.htm>

抄袭

抄袭是指将他人的想法、作品或发明据为己有，无论是否出于故意。若未表明所引用的文字或观点来自其他出处，即构成抄袭。（赫瑞瓦特大学抄袭政策）本课程作业必须独立完成：

课程作业报告必须用学生自己的语言撰写，课程作业中提交的任何代码（例如 PDDL）也必须是学生自己的代码。从经批准的来源（如课堂示例）摘取的短段落文本或代码可以包含在课程作业中，但必须正确引用这些来源。

未对从其他来源获取的资料进行引用，或抄袭其他同学的语句和/或代码，均属剽窃行为。一旦发现，将上报学院纪律委员会。若学生被认定有剽窃行为，可能面临的处罚包括取消课程成绩。

学生绝不能将课程作业报告或代码的纸质版或电子版提供给其他同学。学生应始终拒绝其他同学索要其报告和/或代码的要求。

与另一名学生分享课程作业报告和/或代码属于共谋行为，一旦被发现，将上报学院纪律委员会。若被认定有共谋行为，处罚可能包括取消该课程成绩。

抄袭将被视为极其严重的学术不端行为，会受到相应的学生纪律处分。所有学生都应熟悉学校有关抄袭的政策，相关政策可在此处查阅：<https://www.hw.ac.uk/students/studies/examinations/plagiarism.htm>