

第 11 届控制之旅夏令营

工业智能与系统工程研究所



项目简介



2022 年 7 月

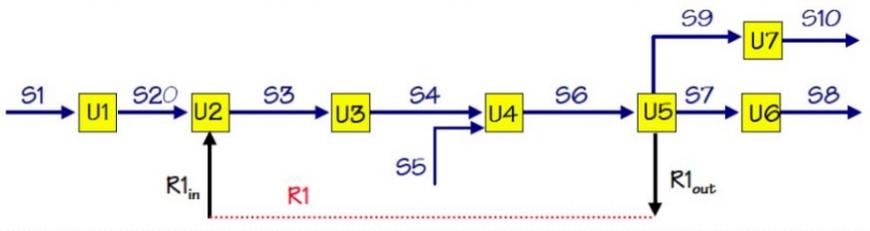
请已报名浙江大学“控制之旅”夏令营且选择了“工业智能与系统工程研究所”的申请者，在7月20日之前填写表单<https://jinshuju.net/f/Ovkg04>，以便研究所导师组织营员选拔。



联系方式

序号	项目名称	联系人	联系人手机	联系人邮箱
1	流程解析算法研究	陶新渝	18258873077	12032055@zju.edu.cn
2	流程工业中不确定性的量化分析与优化计算	赵斐	13735834220	zhaofeizju@zju.edu.cn
3	数据科学与计算智能技术及应用	张新民	15869040017	xinminzhang@zju.edu.cn
4	工业场景中的机器人自主定位	万泽宇	18571965699	2779192216@qq.com
5	基于阿克曼约束的自动泊车路径规划方法研究	郎奕霖	19858117990	langyilin@zju.edu.cn
6	复杂供应网络需求预测和调度优化	徐祖华	18606523915	zhxu@zju.edu.cn

1

项目名称	流程解析算法研究		
			
导师组	陈曦、赵豫红		
拟接收普通营员人数	4	是否接收本校生	是
项目背景			
<p>数学建模与模拟是工业过程系统工程领域中重要的研究内容之一，通过建立流程的模型，在模型的基础上进行仿真优化调度等操作。</p> <p>数字化建模的一种实现即是使用计算机辅助软件构建数字孪生系统，帮助工程师确定流程细节，调整流程结构或参数。而如何解析流程是数字模拟平台的一大难点，其具体内容包括数字化流程解析，系统分解，撕裂确定，顺序求解等等内容。</p>			
项目内容			
<p>1. 基本任务</p> <p>1.1 系统分解</p> <p>系统分解的本质要求，是将高维的，不宜求解的问题分解为若干低维</p>			

的子问题，依次进行求解。

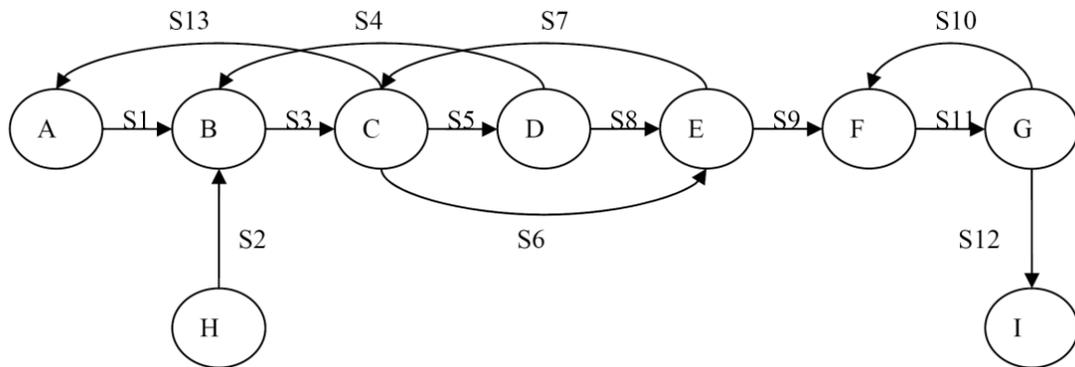


图1 系统分解示意图

例如，图1中有若干模块和连接，合格的系统分解软件可以将上述模块分解为图2所示的四个子模块

- {H}
- {A,B,C,D,E}
- {F,G}
- {I}

图2 系统分解结果示意图

上述四个子模块均可以依次独立求解，如H设备可以先独立求解，之后A~E设备作为一个子系统完成求解，再将F~G作为子系统求解，最后求解设备I。可以发现，四个子系统均是求解中的最小不可分割子系统。

问题要求：假设针对一流程模拟软件，需要你编写大系统分解模块函数，针对任意流程系统，设A,B,C.....为设备（模块），[A,B]表示存在该股（连接）自设备A至设备B，函数输入样例为：

[[A,B],[B,C],[C,D],[C,A],[D,E],[E,F],[F,G],[G,I],[H,B],[C,E],[D,B],[E,C]]

函数输出样例为：

[H,[A,B,C,D,E],[F,G],I]

即表示分解得到的四个子系统。

请在Python或者C平台下编写这样的函数

1.2 撕裂点确定

撕裂是序贯求解方法中不可缺失的一环，用于将原本的不可顺序求解问题转换成一个可以使用迭代收敛求解的问题。

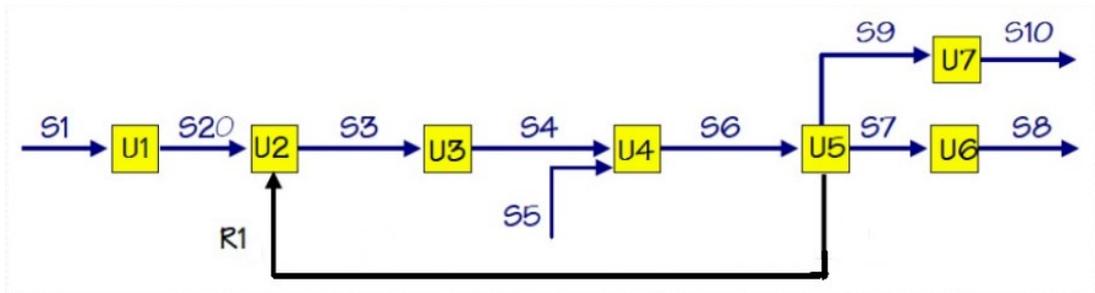


图3 撕裂示意图

图3所示的系统由于存在循环结构，无法直接使用顺序求解，若不采用撕裂，只能使用联立方程迭代求解，而若将该股R1撕裂为图4所示的两股，则可顺序求解

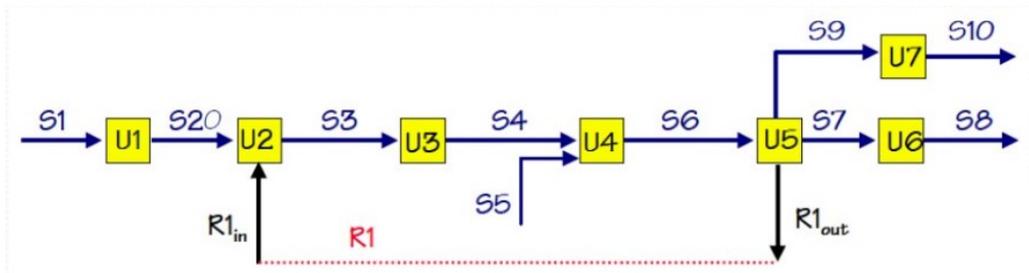


图4 撕裂后示意图

撕裂后，对 $R1_{in}$ 赋以猜测值 x ，联合已知条件，可以计算得到

$R1_{out}$ 的值，记为 $f(x)$,

基于 x , $f(x)$, 可以通过收敛算法计算得到新的 x^* , 作为下一次迭代中 $R1_{in}$ 的值。

$$g(x, f(x)) = x^*$$

通过反复迭代，最终实现 $R1_{in} = R1_{out}$, 即: $f(x^t) = x^t$

x^t 则是原流程中 $R1$ 的真值。

问题要求: 假设针对一流程模拟软件，需要你编写撕裂选择模块函数，针对任意流程系统，设 A, B, C, \dots 为设备（模块）， $[A, B]$ 表示存在该股（连接）自设备 A 至设备 B ，函数输入样例为：

$[[U1, U2], [U2, U3], [U3, U4], [U4, U5], [U5, U6], [U5, U7], [U5, U2]]$

函数输出样例为：

$[U5, U2]$

即表示应当撕裂的是从 $U5$ 到 $U2$ 的该股

请在Python或者C平台下编写这样的函数

2.进阶任务-流程解析（求解顺序确定）

在上述系统分解和撕裂操作的基础上，能否导出具体的计算顺序，说明先计算哪个设备，再计算哪个设备，并注明在何处进行迭代使撕裂该股收敛。

问题要求: 假设针对一流程模拟软件，需要你编写求解次序确定模块函数，针对任意流程系统，设 A, B, C, \dots 为设备（模块）， $[A, B]$ 表示存在该股（连接）自设备 A 至设备 B ，函数输入样例为：

[[U1,U2],[U2,U3],[U3,U4],[U4,U5],[U5,U6],[U5,U7],[U5,U2]]

函数输出样例为:

[U1,[U2,U3,U4,U5],U6,U7]

即表示求解次序为先求解U1，再求解U2~5的循环，循环中依次求解U2,U3,U4,U5，并循环迭代至收敛，再求解U6和U7

请在Python或者C平台下编写这样的函数

对申请人的具体要求(专业、技能、英语能力等)

具备在python或C平台下进行程序编写的能力

具备数理逻辑能力

参考文献或学习资料

《**Process flowsheeting**》 A.W.Westerberg

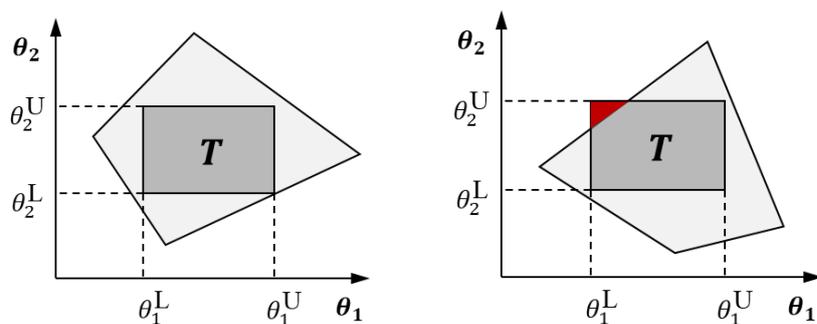
《**Systematic Methods of Chemical Process Design**》 L.T.Biegler

项目助教	陶新渝	手机	18258873077	邮箱	12032055@zju.edu.cn
------	-----	----	-------------	----	---------------------

2

<p>项目名称</p>	<p>流程工业中不确定性的量化分析与优化计算</p>		
<p>导师组</p>	<p>赵斐、邵之江</p>		
<p>拟接收普通营员人数</p>	<p>5</p>	<p>是否接收本校生</p>	<p>是</p>
<p>项目背景</p>			
<p>流程工业是生产制造业的重要组成部分，是社会经济发展和关乎国计民生的支柱产业之一。过程系统是流程工业生产中原料进行物理或化学加工处理的系统，它由一些存在特定功能的过程单元按照一定的方式联结而成，其中，过程单元内进行物质和能量的转换，单元间进行物料流、能量流和信息流的传输。过程系统的工艺设计就是利用过程模拟分析与过程优化计算技术，在满足一定的约束下，优化过程系统最佳流程结构及最佳操作条件的过程。过程系统设计理论的发展离不开系统工程，运筹优化，计算机软件，工程科学等领域的交叉应用。</p>			
<p>对于流程工业过程，在实际生产操作时，由于系统内外部因素与操作需求的变化，设计模型中的某些参数会出现不确定性，包括：外部因素，如进料质量、产品需求、环境温度、外部噪声等；内部因素，如传热系数、活化能、反应速率常数、反应热、催化剂活性等。这些不确定参数极易导致在实际操作中装置与设计模型发生不匹配，进而无法保证系统在最优状态下运行和输出。弹性分析（Flexibility analysis）是定量分析与描述不确定参数弹性空间的方法，也是评估系统可操作性能的关键技术之一。如下图所示，如果将不确定参数的变化范围描述为矩形T，当矩形T完全包含于给定设计模型的可行域空间内，即表</p>			

示始终存在相应的操作策略来补偿不确定参数对设计模型的影响，进而使得过程系统可以一直按照既定的质量或性能指标运行；当矩形有部分超出设计模型的可行范围时，说明在某些不确定参数发生时，无法通过调节操作变量使得过程系统的质量或性能指标满足条件，此时，需要对设计模型进行改进，以提高系统的可操作性，从而能够补偿所有可能的不确定参数值对系统的影响。因此，企业只有不断地优化设计和改进过程系统，全面提升生产流程中的可操作性，才能实现高效、优质、安全生产，并获得更大的经济效益。



弹性分析问题示意图

项目内容

1.基本任务

- (1) 总结本科阶段的科研训练工作，PPT 不超过 6 页。
- (2) 撰写关于弹性分析（flexibility analysis）的国内外研究现状，其中英文文献不少于 15 篇，字数不少于 3000 字。
- (3) 弹性空间描述问题的编程实现。给定一反应器的物料平衡模型（Laky et al., 2019），

$$\begin{aligned}
 c_{AH}^0 - c_{AH} + \tau \cdot (-r_1 - r_4) &= 0 \\
 c_B^0 - c_B + \tau \cdot (-r_1 + r_5) &= 0 \\
 c_C^0 - c_C + \tau \cdot (-r_2 + r_3) &= 0 \\
 c_{A^-}^0 - c_{A^-} + \tau \cdot (r_1 - r_2 + r_3 + r_4) &= 0 \\
 c_{AC^-}^0 - c_{AC^-} + \tau \cdot (r_2 - r_3 - r_4 - r_5) &= 0 \\
 c_{BH^+}^0 - c_{BH^+} + \tau \cdot (r_1 - r_5) &= 0 \\
 c_P^0 - c_P + \tau \cdot (r_4 + r_5) &= 0
 \end{aligned}$$

其中 r_i 是反应速率， $r_1 = k_1 \cdot c_{AH} \cdot c_B$ ； $r_2 = k_2 \cdot c_{A^-} \cdot c_C$ ； $r_3 = k_3 \cdot c_{AC^-}$ ； $r_4 = k_4 \cdot c_{AC^-} \cdot c_{AH}$ ； $r_5 = k_5 \cdot c_{AC^-} \cdot c_{BH^+}$ 。反应速率常数 k_i 的值为 [49.7796, 8.9316, 1.3177, 0.3109, 3.8781]。初始浓度 $\{c_{AH}^0, c_B^0, c_C^0, c_{A^-}^0, c_{AC^-}^0, c_{BH^+}^0, c_P^0\}$ 为{0.3955,

0.3955/R, 0.25, 0, 0, 0, 0}. 质量约束条件包括: 物质C的转化率大于或等于90%, 出口中浓度 c_{AC^-} 小于 0.002。

$$\frac{c_C^0 - c_C - c_{AC^-}}{c_C^0} \geq 0.9$$

$$c_{AC^-} \leq 0.002$$

两个不确定参数为停留时间 τ 和摩尔比 R , 其给定可行范围为

$$400 \leq \tau \leq 1400$$

$$10 \leq R \leq 30$$

优化建模与模型求解平台可自选, 如选择Python平台, 建议利用Pyomoi建立优化模型。模型求解方面, (a). 可安装开源优化求解器: 非线性规划(NLP)和混合整数非线性规划(MINLP)求解器, 其中NLP求解器可选择IPOPT: <https://coin-or.github.io/Ipopt/>; MINLP求解器可选择SCIP <https://www.scipopt.org>或SHOT <https://github.com/coin-or/SHOT>。(b). 也可以安装GAMS (DEMO LICENSE) <https://www.gams.com> 并调用GAMS中的各种求解器。

- 1) 针对此案例, 基于所阅读的参考文献, 选择一种弹性指数 (flexibility index) 计算方法, 并编程实现在某指定标称点下弹性指数的优化计算。
- 2) 针对此案例, 基于所阅读的参考文献, 选择一种空间采样方法, 实现弹性空间的可视化表征, 并设计一种策略, 编程实现二维弹性空间面积的计算。

2.进阶任务

将基于弹性分析的不确定性分析理论拓展至其他领域, 如机械、电气、能源、航空航天等, 也可拓展至以前做过的科研训练项目, 最终以案例的形式进行编程求解, 并展示和说明弹性分析的结果。

对申请人的具体要求(专业、技能、英语能力等)

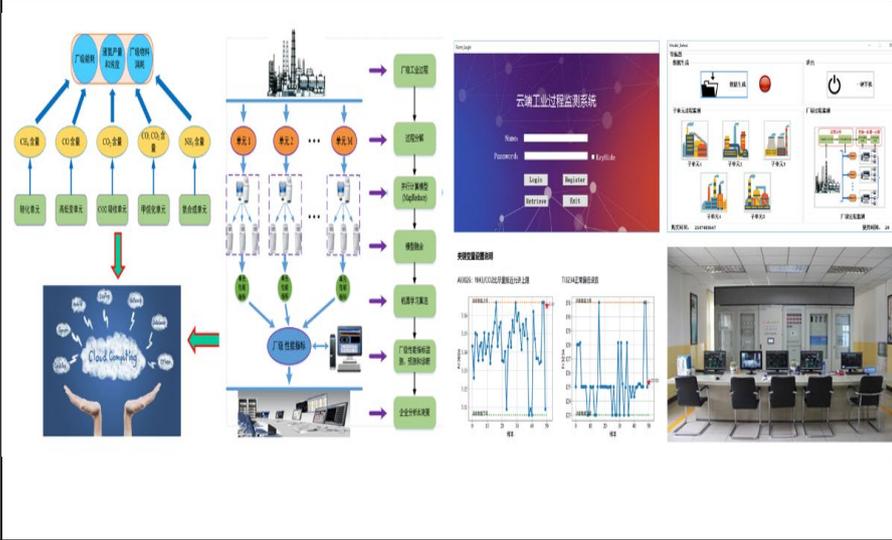
1. 具有一定的运筹优化基础;
2. 具有一定的Python编程基础;
3. 熟练阅读英文文献;

参考文献或学习资料

1. Halemane, K.P., Grossmann, I.E., 1983. Optimal process design under uncertainty. *AIChE J.* 29(3), 425-433.
2. Grossmann, I.E., Floudas, C.A., 1987. Active constraint strategy for flexibility analysis in chemical processes. *Comput. Chem. Eng.* 11(6), 675-693.
3. Laky, D., Xu, S., Rodriguez, J.S., Vaidyaraman, S., García-Muñoz, S., Laird, C., 2019. An optimization-based framework to define the probabilistic design space of pharmaceutical processes with model uncertainty. *Processes.* 7(2), 96.
4. Grossmann, I.E., Calfa, B.A., Garcia-Herreros, P., 2014. Evolution of concepts and models for quantifying resiliency and flexibility of chemical processes. *Comput. Chem. Eng.* 70, 22-34.

项目联系人	赵斐	手机	13735834220	邮箱	zhaofeizju@zju.edu.cn
-------	----	----	-------------	----	-----------------------

3

<p>项目名称</p>	<p>数据科学与计算智能技术及应用</p>		
			
<p>导师组</p>	<p>宋执环、葛志强、张新民</p>		
<p>拟接收普通营员人数</p>	<p>6</p>	<p>是否接收本校生</p>	<p>是</p>
<p>项目背景</p>			
<p>大数据与人工智能正逐渐成为新一轮技术变革的核心，是控制科学与工程学科的前沿研究热点。为了让大家对工业大数据、工业AI、机器学习、深度学习等研究前沿及热点问题有一个初步认识与感知，本项目选择智能制造与数字工厂中的工业人工智能技术应用典型案例，进行研究与体验。在本项目研究中，您将会了解数据驱动工业智能的方法和模型、先进机器学习与深度学习等算法基本概念、内涵、思想及应用，体会到计算智能与数据挖掘的魅力，提升学术能力，拓展思维和眼界。</p>			

项目内容

项目1:

高低温转换器是合成氨工业中的一个重要单元。在氨合成过程中，碳元素仍然以CO和CO₂的形式存在于工艺气体中。高低温转换器的主要功能是将难处理的一氧化碳(CO)转化为二氧化碳(CO₂)，这些二氧化碳将被随后的二氧化碳吸收柱吸收。然而，如何最大限度地降低此工艺气体中的CO含量是工艺生产目标之一。在实际过程中，残留CO的含量是通过离线实验室分析来测定的，取样率极低。因此希望通过建立基于机器学习或者深度学习的预测模型，实现残留CO含量的在线实时预测。

项目2:

脱丁烷塔是工业炼油过程中去除石脑油气体中丙烷和丁烷的过程。由于测量技术手段的限制，塔底丁烷含量需要采用基于数据智能的预测技术进行估计。其中待预测的变量为丁烷含量，可用的辅助变量为塔顶温度、塔顶压力、回流流量等。通常利用计算智能或机器学习算法构建辅助变量和目标变量之间关系的回归模型。

项目3:

智能工厂是一个复杂的系统工程，通过监测技术和物联网技术来

加强生产信息管理服务。数据驱动的故障诊断是工业过程监测的重要组成部分，它通过使用易于测量的过程变量作为样本特性来区分故障样本和正常样本。数据驱动的故障诊断方法由于其灵活性、易用性和低成本等原因而被广泛研究与使用。本项目以伊斯曼化学品公司创建的TE过程（Tennessee-Eastman Process）为例，通过构建基于机器学习或深度学习的故障分类模型，实现故障在线识别。

说明：1) 每位夏令营营员可以从以上三个项目中任选一个项目；2) 夏令营期间项目组会提供以上三个项目的训练数据和测试数据，同时开放项目测试平台；3) 夏令营期间会有学长提供项目的相关资料和项目测试平台的使用手册。

对申请人的具体要求(专业、技能、英语能力等)

(1) 对机器学习、大数据、工业互联网、人工智能等学科新方向具有浓厚兴趣；

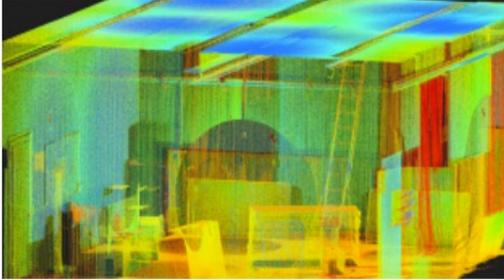
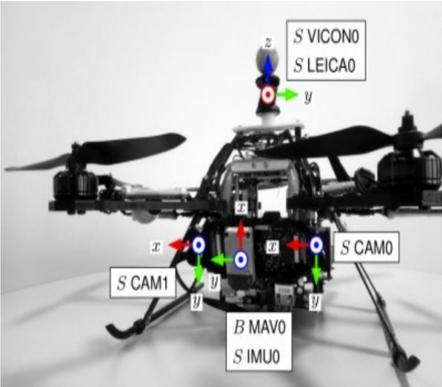
(2) 有志于从事自动化相关领域学术和工程技术研究，有较强的自学能力和科研能力；

(3) 善于思考，科研态度踏实，具有较强的团队合作意识或者独立钻研能力；

(4) 具有一定的数理基础和较高的英语水平。

项目联系人	张新民	手机	15869040017	邮箱	xinminzhang@zju.edu.cn
-------	-----	----	-------------	----	------------------------

4

项目名称		工业场景中的机器人自主定位		
				
				
导师组	张宇、刘山			
拟接收普通营员人数	4	是否接收本校生	否	
项目背景				
<p>为实现工业场景中机器人巡检，具备自主定位功能是核心。双目视觉系统能测量深度值，并可融合IMU，克服尺度漂移问题。相较于激光设备，具有重量轻、成本低、不主动发射电磁波等优势。同时工业场景具有结构化、光照恒定等特性。为此开展工业场景中的机器人自主定位问题研究。</p>				

项目内容
<p>1.基本任务</p> <p>1.任选一种开源视觉算法，查询资料学习其原理。在ETH数据集上挑选一个序列，使用该算法实现同时定位与建图。保存多张多视角地图与轨迹。</p> <p>2.使用evo工具评估估计轨迹值与真值偏差并保存。</p> <p>3.撰写实验报告。要求至少包含：讲解算法原理，分析实验结果，提出可能的改进意见并解释原因。</p> <p>2.进阶任务</p> <p>对估计的离散的轨迹曲线进行连续化拟合，画出连续曲线并标记出离散点，多张多视角截图。</p>
对申请人的具体要求(专业、技能、英语能力等)
<p>自动化、人工智能技术、机器人、计算机等相关专业。</p> <p>熟悉ubuntu、ROS、c++、Matlab、PCL、OpenCV、SLAM技术。</p> <p>具备阅读英文资料、独立编写运行代码、撰写实验报告的能力。</p>
参考文献或学习资料
<p>ETH数据集mavvisualinertialdatasets - ASL Datasets (ethz.ch)</p> <p>ORB_SLAM2GitHub - raulmur/ORB SLAM2: Real-Time SLAM for Monocular, Stereo and RGB-D Cameras, with Loop Detection and Relocalization Capabilities</p> <p>DSOGitHub - JakobEngel/dso: Direct Sparse Odometry</p> <p>VINS-MonoGitHub - HKUST-Aerial-Robotics/VINS-Mono: A Robust and</p>

[Versatile Monocular Visual-Inertial State Estimator](#)

轨迹真值评价工具EVO用evo工具评估SLAM轨迹 [Alan Lan的博客-CSDN博客_evo](#)
[轨迹](#)

项目联系人	万泽宇	手机	18571965699	邮箱	2779192216@qq.c om
-------	-----	----	-------------	----	-----------------------

5

项目名称	基于阿克曼约束的自动泊车路径规划方法研究		
			
导师组	梁军，任沁源，潘刚		
拟接收普通营员人数	5	是否接收本校生	否
项目背景			
<p>自动泊车是指汽车自动泊车入位不需要人工控制，系统能够自动帮你将车辆停入车位，在倒车入库中可谓是驾驶者的一项利器。当我们找到一个理想的停车地点，只需轻轻启动按钮、坐定、放松，其他一切即可自动完成。自动泊车技术同样适用于主动避撞系统，并最终实现汽车的自动驾驶。</p> <p>此项目立足于上述实际场景需求，期望给出一种针对阿克曼地盘的自动泊车策略。</p>			
项目内容			

1. 基本任务

在带有阿克曼底盘的小车平台上，按照性能指标规划出一条安全可行的自主泊车轨迹，实现基于阿克曼约束的自动泊车路径规划。

要求：在阿克曼约束下，给定起始点和目标点后，自主规划出一条无碰撞、能安全到达目标点的有效路径，并在仿真平台上进行展示。

主要知识点：基本自动驾驶知识：动态最优化问题、运动学/动力学模型、数值优化、自动泊车。

2. 进阶任务

在上述任务的基础上，实现多辆阿克曼约束小车同时交错倒车入库，并提出最优解决方案。

对申请人的具体要求(专业、技能、英语能力等)

具有自动化相关专业背景，对机器人和无人系统具有较强的兴趣。熟悉一种计算机编程语言（如C/C++、Python等），熟悉ROS框架并具备相关开发经历。

参考文献或学习资料

- [1] Jaeyoung Moon, I. Bae, Jae-gwang Cha and Shiho Kim, "A trajectory planning method based on forward path generation and backward tracking algorithm for Automatic Parking Systems," 17th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2014, pp. 719-724, doi: 10.1109/ITSC.2014.6957774.
- [2] Dolgov D, Thrun S, Montemerlo M, Diebel J. Path Planning for Autonomous Vehicles in Unknown Semi-structured Environments. The International Journal of Robotics Research. 2010;29(5):485-501. doi:10.1177/0278364909359210

项目联系人	郎奕霖	手机	19858117990	邮箱	langyilin@zju.edu.cn
-------	-----	----	-------------	----	----------------------

6

<p>项目名称</p>	<p>复杂供应网络需求预测和调度优化</p>		
<p>导师组</p>	<p>徐祖华、宋春跃、赵均</p>		
<p>拟接收普通营员人数</p>	<p>6</p>	<p>是否接收本校生</p>	<p>是</p>
<p>项目背景</p>			
<p>随着工业互联网的发展，产品需求从简单静态的需求逐步变成复杂动态的需求，准确的需求预测可减少决策失误的程度。近年来发展的人工智能及机器学习技术促使需求预测精度得以提升。钢铁产业是高耗能的工业，通常伴随着密集的能源消耗和排放。气体系统是钢铁工业不可或缺的重要组成部分，几乎所有钢铁企业都配备了气体系统来满足钢铁生产过程中对气体的需求。在气体供需系统中，如果气体的供应量与消耗量不平衡，就会导致气体产生放散现象甚至设备报警，从而影响钢铁工业的正常生产以及导致了资源的浪费。因此对气体流量的准确预测对减少钢铁工业的气体放散有重要意义。</p> <p>本次夏令营的项目是根据某钢厂供气网络结构以及历史运行数据，分析氧气、氮气需求分布的时空特征，并采用机器学习方法，建立气体需求的长期与短期预测模型，实现气体需求的准确预测；根据需求预测，进行供气网络调度系统的设计，优化供气网络运行，以减少无功生产、降低放散率。</p>			

项目内容

1.基本任务

(1) 理解氧气需求长期预测问题。使用给出的数据（原始数据.xlsx），仅使用总氧气流量数据（标黄的“total”列）实现总氧气流量的单步预测乃至多步预测，要求预测准确度尽可能的高，多步预测时域尽可能大。

(2) 理解供气网络调度问题。结合参考文献，分析供气网络的各装置，并给出各装置的调度模型（包括变量、约束等），进一步给出供气网络调度的目标函数。思考调度模型存在的问题，并给出初步解决思路。

2.进阶任务

(1) 在基本任务1的基础上，使用除总氧气流量数据外的其他数据，实现总氧气流量的单步预测乃至多步预测，要求预测准确度尽可能的高，多步预测时域尽可能大。思考两种多步预测方法之间有何不同。

(2) 在基本任务2的基础上，思考如何使用强化学习的框架解决供气网络的调度问题，并对强化学习框架中的状态、动作、回报、环境等元素进行设计。思考两种调度方法之间有何不同。

对申请人的具体要求(专业、技能、英语能力等)

1. 具有一定的调度优化基础；
2. 对时间序列预测问题有一定的了解；
3. 具有一定的Python编程基础；

4. 熟练阅读英文文献;

参考文献或学习资料

- (1) 《空分管网的多产品调度优化研究》 赵倩倩 (硕士学位论文)
- (2) 《联产空分装置的变负荷调度研究》 周丹艳 (硕士学位论文)
- (3) 《钢铁企业氧气管网的平衡与调度研究》 陈聪 (硕士学位论文)
- (4) Zhou Pengwei ,Xu Zuhua, Peng Xudong, Zhao Jun, Shao Zhijiang. Long-term prediction enhancement based on multi-output Gaussian process regression integrated with production plans for oxygen supply network .Computers & Chemical Engineering,163,107844, 2022.
- (5) Zhou Pengwei, Xu Zuhua, Zhao Jun, Song Chunyue, Shao Zhijiang. Long-term hybrid prediction method based on multiscale decomposition and granular computing for oxygen supply network. Computers & Chemical Engineering, 153,107442, 2021
- (6) 时间序列预测方法总结 <https://zhuanlan.zhihu.com/p/67832773>

项目联系人	徐祖华	手机	18606523915	邮箱	zhxu@zju.edu.cn
-------	-----	----	-------------	----	-----------------