

广东工业大学大学生创新训练项目计划申请书

项目编号	xj2024118451191		
项目名称	机器学习解 Allen-cahn 微分方程		
项目负责人	刘怀安	联系电话	13528584469
所在学院	先进制造学院		
学号	3122008893	专业班级	计算机科学与技术
指导教师	张荣培、邓立国		
E-mail	1402416325@qq.com		
申请日期	2023 年 12 月 08 日		
项目期限	一年期		

广东工业大学 教务处

填写说明

1. 本申请书所列各项内容均须实事求是，认真填写，表达明确严谨，简明扼要。
2. 申请人可以是个人，也可为创新团队，首页只填负责人。“项目编号”一栏不填。
3. 本申请书为大 16 开本（A4），左侧装订成册。可网上下载、自行复印或加页，但格式、内容、大小均须与原件一致。



一、基本情况

项目名称	机器学习解 Allen-cahn 微分方程						
所属学科	学科一级类： 工学 学科二级类： 计算机类						
项目来源	<input type="checkbox"/> A、学生自主选题，来源于自己对课题的长期积累与兴趣 <input checked="" type="checkbox"/> B、学生来源于教师科研项目选题 <input type="checkbox"/> C、学生承担社会、企业委托项目选题 <input type="checkbox"/> D、竞赛专项						
申请金额	元	项目期限	一年期	拟申报项目级别			
负责人	刘怀安	性别	男	民族	汉族	出生年月	年 月
学号	3122008893	联系电话	宅： 手机： 13528584469				
指导教师	张荣培	联系电话	宅： 手机： 13192959911				
指导教师	邓立国	联系电话	宅： 手机： 15998182296				
项目简介	<p>Allen-Cahn 方程是一种数学模型，常用于描述相界面运动问题，比如二相材料中相的演化，其最初是作为研究结晶固体反相位边界运动的模型而被提出的，该方程及其变形在图像处理、平均曲率运动、晶体的生长、和材料科学等实际问题中都发挥着极为重要的作用，以及在物理、材料科学、生物学等领域有广泛的应用。传统的数值解法可能在处理高维问题或者复杂几何形状时面临挑战。因此，开发一种自动化且高效的方法来解决微分方程成为当代重要的研究方向之一。我们考虑了物理信息神经网络，这是一种最近发现的方法，它可以通过对网络输入进行自动微分，将底层的偏微分方程直接编码到神经网络的损失函数中。同时，我们发现，这些网络确实能够检测到所施加的动力学，并克服与稳定性和不连续性相关的数值问题。因此，可以实现利用机器学习和人工智能的方法，研究并开发一种新型的算法框架来快速、准确地解 Allen-Cahn 微</p>						



		分方程，降低计算成本。				
	负责人曾经参与科研的情况	暂无。				
	指导教师承担科研课题情况	<p>1. 主持中央军委装备发展部，国防科技重点实验室基金项目《大变形网格上辐射扩散方程的高精度 DG 方法研究》，项目编号：6142A0502020717，起止时间：2018/1-2019/12。</p> <p>2. 主持辽宁省自然科学基金资助项目(20180550996) 辐射扩散方程的高精度数值方法研究 2018/9/1-2020/8/31。</p> <p>3. 主持辽宁省教育厅科学研究项目《自旋轨道耦合玻色-爱因斯坦凝聚态的高效数值方法研究》，项目编号：L201604，起止时间：2017.1-2018.12。</p> <p>4. 校际教改项目：跨校区环境下《数学建模》课程的教学改革与实践——以揭阳校区培养拔尖人才为例，起止时间：2022.6-2023.12。</p>				
	指导教师对本项目的支持情况	<p>1. 主要为项目团队的研究背景和研究设计提供方向性的指导，在难点和重点部分进行把关，帮助项目团队解决项目的难点。</p> <p>2. 基于自身所在的课题组，能够为项目团队的研究提供较为前沿的学术指导。</p> <p>3. 在项目经费使用上的监督、劳务费发放、实验费用支出等。</p> <p>4. 在组织协调项目组成员上给予支持，包括任务分配、人员变动和成果分配等。</p> <p>5. 在项目实施过程中给予项目组技术上的指导，包括程序编写、数据分析、论文撰写及投稿等。</p>				
项目 组主 要成 员	姓名	学号	学院	专业班 级	联系电话	项目分工
	刘怀安	3122008893	先进制 造学院	计算机 科学与 技术	13528584469	协助队员完成和答辩演讲
	林冠鹏	3122008891	先进制 造学院	计算机 科学与 技术	13760854831	文档编辑

	林治同	3122008892	先进制造学院	计算机科学与技术	19925351168	程序编写
	罗序童	3122008894	先进制造学院	计算机科学与技术	18902877095	数据采集
	汤弘正	3122008898	先进制造学院	计算机科学与技术	13828436208	测试分析
指导教师	姓名	工号	学院/单位	职称	联系电话	电子邮件
	张荣培	J0000124	先进制造学院	无	13192959911	rongpei_zhang@gdut.edu.cn
	邓立国	J0000137	先进制造学院	无	15998182296	denglg@gdut.edu.cn

二、 立项依据（可加页）

（1）研究目的

在 21 世纪的今天，我们生活在一个由数据驱动的世界。无论是在社交媒体上滑动，还是在网上购物，甚至是驾

过去的几十年里，数据的量级已经从 GB（吉字节）增长到 ZB（泽字节），而且这个数量还在不断增长。处理这

机器学习作为人工智能（AI）的一个分支，其背景可以追溯到上世纪 50 年代的“知识工程”。然而，真正催生机

机器学习成为处理这些数据的理想选择。

机器学习在解决偏微分方程问题方面具有很大的潜力，其中包括解 Allen-Cahn 微分方程。艾伦-卡恩方程（Alle



其中 $x \in [-1, 1]$, $t \in [0, 1]$. 这是一个带有周期性边界条件, 初始条件的偏微分方程

损

这方程在材料科学、凝聚态物理学等领域有广泛应用。机器学习在解决这类微分方程的数值问题上发挥了关键作用。但在相关计算工作方面面临着几个限制。在这项工作中, 我们旨在研究是否可以使用另一个学科的方法, 即机器学习, 来解决偏微分方程。我们将偏微分方程直接编码到神经网络的损失函数中。我们的研究表明, 这些网络确实能够检测到所施加的动力学, 并对初始条件发生微小变化, 物理信息神经网络很容易产生错误的解决方案。这一观察结果表明, 机器学习求解器还没有分支的开始。

以下是一些潜在的研究目的和相关影响:

学术方面:

- 1.理论深化: 研究机器学习解 Allen-Cahn 微分方程可以推动对深度学习和微分方程理论交叉的理解。这有助于。
- 2.数值方法改进: 通过结合机器学习和数值方法, 研究者可以寻找更高效、更准确的数值解法, 尤其是在高维、
- 3.多物理耦合问题: Allen-Cahn 方程通常与其他物理过程相互作用, 例如热传导或流体动力学。研究机器学习解

科技应用方面:



1.新材料设计：Allen-Cahn 微分方程在描述相变等材料科学过程中具有重要作用。机器学习可以帮助加速新材料

2.医学影像分析：将机器学习应用于 Allen-Cahn 微分方程的解可以改善医学影像分析，尤其是在描述组织生长

生活方面：

1.环境模拟与预测：对于描述自然现象的微分方程，特别是与环境变化有关的方程，机器学习的应用可以提高对

2.工业制程优化：在工业生产中，相变过程是许多材料加工的基础。通过机器学习解决相关微分方程，可以优化

（2）研究内容

机器学习解决 Allen-Cahn 微分方程的研究内容可以包括以下几个方面：

数据生成和预处理：根据问题的特点和边界条件，生成合适的训练数据。这可以通过数值方法求解 Allen-Cahn

模型选择和优化：选择适当的机器学习模型来解决 Allen-Cahn 微分方程。常用的模型包括神经网络、支持向量

型进行训练和调整，以提高模型的精确度和泛化能力。

模型验证和评估：使用验证数据集来评估训练出的模型的性能。常用的评估指标包括均方误差、相关系数和损失

模型应用和解释：将训练好的模型应用于实际问题中，用于解决 Allen-Cahn 微分方程的具体应用。通过分析模

总之，机器学习解决 Allen-Cahn 微分方程的研究涉及数据生成和预处理、模型选择和优化、模型验证和评估以



(3) 国、内外研究现状和发展动态

国际研究现状：

- 1.神经网络方法： 国际上的研究者们采用深度神经网络来逼近 Allen-Cahn 方程的解。这包括使用卷积神经网络
- 2.物理约束神经网络： 一些研究聚焦于如何将物理定律嵌入神经网络模型中，以确保模型生成的解满足艾伦-卡
- 3.生成对抗网络（GANs）： 生成对抗网络被应用于生成 Allen-Cahn 方程的解。这种方法可以生成具有真实感

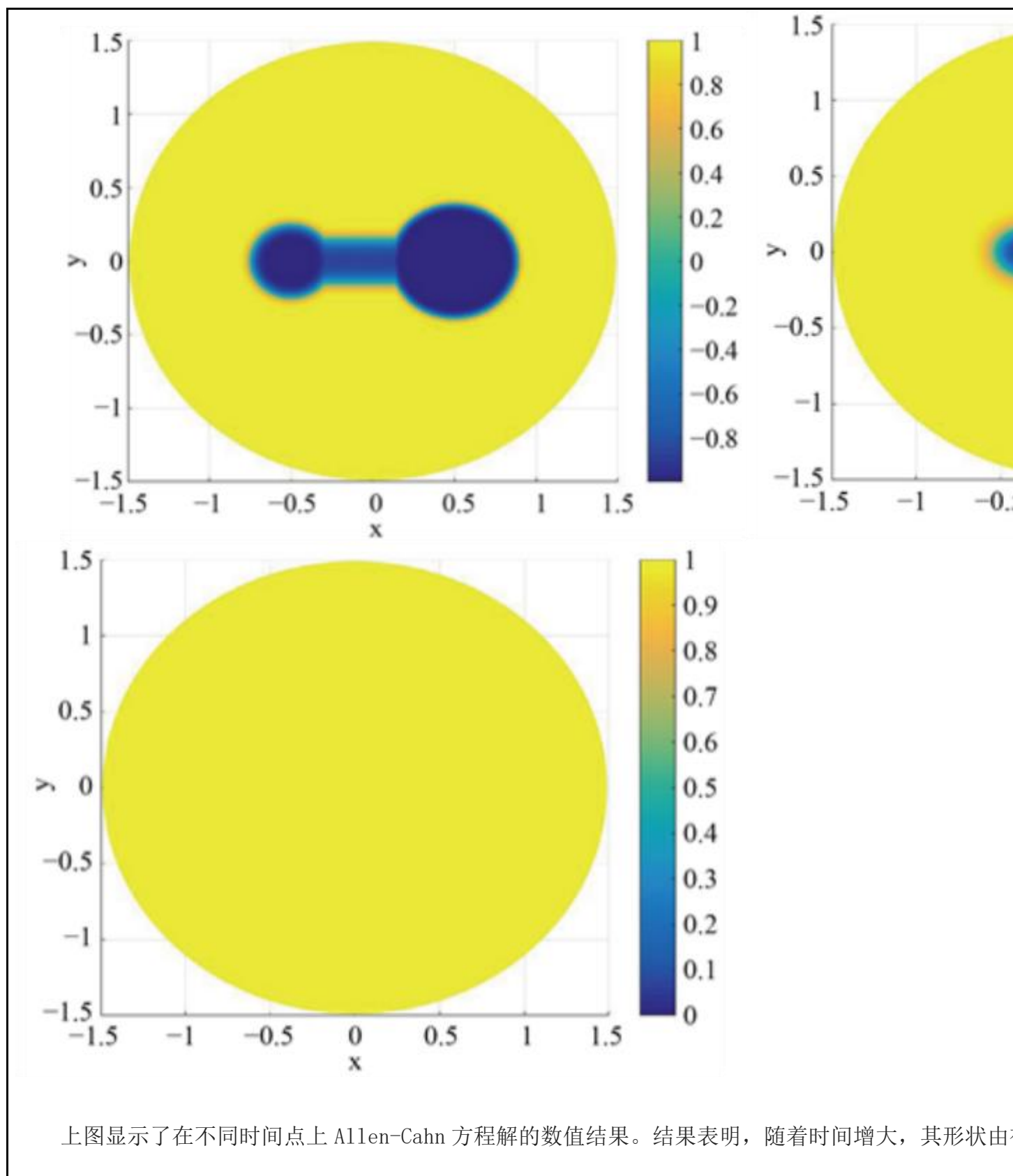


国内研究现状：

Allen-Cahn 方程最初是作为研究结晶固体反相位边界运动的模型而被提出的，该方程及其变形在
阳师范大学，数学与系统科学学院的三位教授曾在求解极坐标系下 Allen-Cahn 方程的有限差分方法这
中心差分方法在空间 r 方向和 θ 方向分别进行空间离散，得到非线性常微分方程组，并将网格上的数值

考虑二维计算区域 $\Omega = \{(x, y) : x^2 + y^2 \leq 1.5\}$ $\Omega = \{(x, y) : x^2 + y^2 \leq 1.5\}$ ，针对具有 $\varepsilon \ll 1$ $\varepsilon \ll 1$ 方

$$u_0(x, y) = \begin{cases} \tanh\left(\frac{3}{\varepsilon}\left((x - 0.5)^2 + y^2 - (0.39)^2\right)\right), & x > 0.3 \\ \tanh\left(\frac{3}{\varepsilon}\left(y^2 - (0.15)^2\right)\right), & -0.3 \leq x \leq 0.3 \\ \tanh\left(\frac{3}{\varepsilon}\left((x + 0.5)^2 + y^2 - (0.25)^2\right)\right), & x < -0.3 \end{cases}$$



有可行性和便捷性，给我们对此项目的研究带来启发。

(4) 创新点与项目特色

跨学科整合：该项目融合了线性代数、计算机科学和人工智能等多个学科领域的知识，通过机器学习算法解决微分方程问题。

结合理论与实践：项目注重将理论知识与实际问题相结合，通过机器学习模型解决微分方程问题，将理论研究与实际应用相结合。

提高求解效率：传统的微分方程求解方法在某些情况下效率较低，而本项目通过机器学习算法，能够提高微分方程求解的效率。

推动交叉学科发展：项目将机器学习与微分方程领域相结合，推动了交叉学科的发展，为相关领域提供了新的研究思路和方法。

提升学生综合能力：该项目将促进参与学生的创新思维和实践能力的提升，培养他们的跨学科综合素养，具有很强的教育意义。

(5) 技术路线、拟解决的问题及预期成果

本项目的技术路线如下：

阶段一：收集和生成艾伦方程的数值解数据，作为机器学习的训练和测试数据；

阶段二：实现基于稀疏回归的方法，利用训练数据学习艾伦方程的结构和参数，利用测试数据验证方法的准确性；

阶段三：实现基于物理启发的神经网络的方法，利用训练数据学习艾伦方程的解，利用测试数据验证方法的准确性；

阶段四：实现基于深度强化学习的方法，利用训练数据学习艾伦方程的最优控制策略，利用测试数据验证方法的准确性；

阶段五：对比分析三种方法的优缺点，评估其在不同场景下的适用性和性能，总结和归纳经验和教训；

阶段六：设计和实现一个基于机器学习的艾伦方程求解器，提供友好的用户界面和可视化功能，进行系统测试和

本项目拟解决的主要问题是：

如何利用机器学习的方法来解艾伦方程，提高求解的精度和效率；

如何选择合适的机器学习方法，适应不同的场景和需求；

如何保证机器学习方法的物理一致性、泛化能力、鲁棒性等性质；

如何设计和实现一个基于机器学习的艾伦方程求解器，提供友好的用户界面和可视化功能。

预期成果：

开发出能够准确解 Allen-Cahn 微分方程的机器学习模型：通过项目实施，预计能够开发出能够准确解 Allen-Ca

高效的微分方程求解工具：将研发出一款专门针对 Allen-Cahn 微分方程求解的高效工具，该工具将结合机器学

深入研究微分方程与机器学习的结合：通过项目的研究，将对 Allen-Cahn 微分方程与机器学习的结合进行深入

学术论文和项目报告：撰写学术论文并撰写项目报告，对项目的研究成果进行总结和展示，向学术界和产业界传

参与相关竞赛和会议：将项目成果应用到相关竞赛和学术会议中，展示团队的研究成果，增强团队的实践能力和

（6）项目研究进度安排

时间	阶段任务
2023. 12—2024. 1	确定项目团队成员和分工，进行相关知识

	学习和准备工作，包括数据采集和准备。
2024. 2—2024. 5	选择合适的机器学习模型进行训练，并对模型进行调优。
2024. 6—2024. 9	对训练好的模型进行评估，并将其应用到实际 Allen-Cahn 微分方程问题中进行求解。
2024. 10—2024. 11	总结项目成果，撰写项目报告，并进行成果展示和交流。

(7) 已有基础

1. 与本项目有关的研究积累和已取得的成绩

对 Allen-cahn 微分方程目前已有一个初步的了解。

2. 已具备的条件，尚缺少的条件及解决方法

线性代数知识基础：线性代数是机器学习的重要数学基础，包括向量、矩阵、特征值分解等，这些知识对机

微分方程理论基础：微分方程是数学和物理学中的重要领域，通过对微分方程的理论研究，可以深入理解微

机器学习算法基础：对各种机器学习算法的原理、应用和优化方法有一定的了解和掌握，能够根据微分方程

计算机科学技术基础：具备一定的计算机科学技术基础，包括数据处理、算法设计与实现、编程能力等，能

人工智能领域知识基础：了解人工智能领域的相关知识，包括神经网络、深度学习、强化学习等技术，能

三、 经费预算

开支科目	预算经费（元）	主要用途
文献检索费	200.00	参考国内外文献
论文出版费	1500.00	论文的出版以及后续专利的申请等一系列费用
仪器设备购置费	500.00	购置研究时所需材料及仪器
学校拨款		
财政拨款		

四、 项目组成员签名

五、 指导教师意见

图不要带阴影

年

月

导师（签章）：
日

六、 院系推荐意见

		盖 章:
年	月	日

七、 学校推荐意见

•审核通过，拟定校级。		盖 章:
年	月	日