EIT 寧波東方理工大學
EASTERN INSTITUTE OF TECHNOLOGY, NINGBO

数学科学学院
School of Mathematical Sciences
Eastern Institute of Technology, Ningbo

寧波大學 数学与统计学院
NINGBO UNIVERSITY SCHOOL OF MATHEMATICS AND STATISTICS

math@eitech.edu.cn
copyright©东方理工数学科学学院

深度学习与可积系统研讨会
Workshop on Deep Learning and Integrable Systems
会议手册 Manual



中国 · 宁波
2026.10.22-24

CONTENT

学院介绍 1
About the Schools

会议介绍 2
About the Workshop

地图 3
Maps

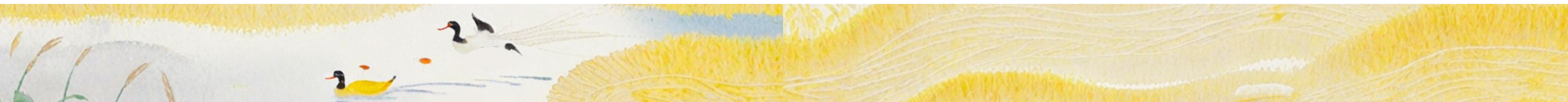
日程表 4
Schedule

报告题目及摘要 6
Keynote Speech

笔记 13
Note

会议当地组织者	Organizing committee
毛志平	Zhiping Mao
李彪	Biao Li

会务联系人	Contact
毛志平 Zhiping Mao	zmao@eitech.edu.cn
吴锡娇 Xijiao Wu	xwu@eitech.edu.cn



学院介绍
About the Schools

宁波东方理工大学数学科学学院

一、学院简介

数学是现代科技创新的基石，我院致力于汇聚顶尖人才，打造高水平国际化数学教研平台。学院拥有多位国家高层次人才领衔的国际化教研团队，在计算数学、偏微分方程、概率统计、量子计算等多个领域活力充沛。核心特色是推动数学与物理、数据科学、人工智能等领域深度交叉，营造宽松包容的学术氛围，鼓励探索与合作。

二、学院定位

打造国内一流、国际有影响力的数学科学学院，成为基础研究高地、应用创新枢纽、顶尖人才摇篮。以国家战略和前沿科学为导向，兼顾基础与交叉，为学术、人才培养和社会发展提供坚实数学支撑。构建“基础研究+交叉应用+人才培育”三位一体发展格局，以数学智慧赋能未来。

三、学科发展

面向未来，聚焦重点方向，推动学科高质量发展：
重点方向：优化与机器学习、概率统计、数学建模，计算流体\材料力学及与量子计算等新兴学科的交叉领域。
核心目标：瞄准国家战略与前沿难题，强化优势、培育新增长点，打造特色学科体系。

宁波大学数学与统计学院

宁波大学数学与统计学院的历史可以追溯到1958年8月成立的宁波师范学院数学系。学院有数学一级学科博士点和数学学科博士后科研流动站，以及多个省市级教学科研平台，包括十四五省级基础学科拔尖学生培养基地和和浙江省非线性科学理论、计算及应用国际合作基地。数学与应用数学专业是国家级一流本科专业和宁波市一流专业（A类）。数学学科系“十四五”浙江省一流学科（B类）和宁波市 “161”工程登峰学科。

学院师资力量雄厚，现有教职工104人，其中包括浙江省特级专家1人、国家杰出青年科学基金获得者1人、国家级高层次人才1人、国家级青年人才4人、教育部新世纪优秀人才2人、浙江省杰出青年科学基金获得者4人。在偏微分方程和几何分析， 可积系统， 分形几何、代数学、科学计算和组合数学等领域成果显著，近五年在国际知名学术期刊上发表论文500余篇，主持科研项目140余项，总经费达4600余万元，其中国家自然科学基金面上项目等国家级项目37项，省部级项目26项。获浙江省自然科学奖二等奖、浙江省教学成果奖二等奖和浙江省数学会科研成果一等奖等奖项。 人才培养成效显著，获全国挑战杯金奖，互联网+省赛金奖1项和全国大学生数学建模竞赛国家一等奖等奖项。已成为浙东地区人才培养的摇篮和基地。

会议介绍
About the Workshop

为促进深度学习与可积系统领域的学术交流与合作，宁波东方理工大学与宁波大学联合举办"深度学习与可积系统研讨会"。本次会议以深度学习与可积系统的交叉融合为主题，涵盖可积深度学习、基于深度学习的可积系统求解及相关交叉应用等方向。会议将邀请相关领域的专家学者分享最新研究成果，并通过主题报告与深入讨论，旨在深化对深度学习与可积系统前沿问题的探讨，推动相关理论在工程与科学问题中的应用。

To promote academic exchange and cooperation in the fields of deep learning and integrable systems, Eastern Institute of Technology, Ningbo and Ningbo University will jointly organizing the "Workshop on Deep Learning and Integrable Systems." The workshop will focus on the interdisciplinary integration of deep learning and integrable systems, covering integrable deep learning, deep-learning-based solutions of integrable systems, and related cross-disciplinary applications. Experts and scholars in relevant fields will be invited to share their latest research findings. Through keynote presentations and in-depth discussions, the workshop aims to deepen the exploration of frontier issues in deep learning and integrable systems and to advance the application of relevant theories to engineering and scientific problems.

Invited external experts

安红利 南京理工大学	**陈俊超** 丽水学院	**陈勇** 华东师范大学	**戴朝卿** 浙江农林大学
范恩贵 复旦大学	**李彪** 宁波大学	**李俊杰** 厦门理工学院	**李文涛** 宁波大学
林书凝 复旦大学	**林喆** 华东师范大学	**刘文军** 北京邮电大学	**蒲俊才** 西南财经大学
孙俊超 山东科技大学	**田十方** 宁波大学	**田守富** 中国矿业大学	**王丽** 北京雁栖湖应用数学研究院
王云虎 上海海事大学	**王振** 北京航空航天大学	**杨波** 宁波大学	**杨云青** 浙江科技大学
张之阳 北京邮电大学	**张志成** 浙江农林大学	**赵贞** 宁波大学	**周勤** 武汉纺织大学
朱研 厦门理工学院			

地图
Maps



1 雅戈尔图书馆 YOUNGOR LIBRARY
2 教学实验楼 TEACHING & LABORATORY BUILDING
3 教学楼 ACADEMIC BUILDING
4 信息楼 INFORMATION TECHNOLOGY BUILDING
5 盛威楼 SAFEWELL BUILDING (SCHOOL OF BUSINESS)
6 办公楼 EXECUTIVE BUILDING
7 行政楼 ADMINISTRATION BUILDING
8 人文社科楼 HUMANITIES AND SOCIAL SCIENCES BUILDING
9 郑坚·利红楼 (工学楼) ZHENG JIAN AND GONG LIHONG BUILDING (ENGINEERING BUILDING)
10 生命科学楼 LIFE SCIENCES BUILDING
11 化学材料楼 CHEMISTRY AND MATERIALS SCIENCE BUILDING
12 公共科研楼 CENTRAL RESEARCH BUILDING
13 电子楼 ELECTRONICS BUILDING
14 数理楼 MATHEMATICS AND PHYSICS BUILDING
15 文博中心 UNIVERSITY CULTURAL CENTER
16 求真塔 QIUZHEN TOWER
17 教授之家 FACULTY CLUB
18 食堂 DINING HALL
19 学生活动中心 STUDENT CENTER
20 教师宿舍区 FACULTY HOUSING
21 学生宿舍区 RESIDENCE HALLS
22 综合体育馆 RECREATION CENTER
23 静园 SERENITY GARDEN
24 东区体育场 EAST STADIUM
25 垃圾收集中心 WASTE COLLECTION CENTER
26 动物实验中心 LAB
27 材料中心&危险品暂存中心 LAB

日程表
Schedule

10月22日

宁波镇海开元广场亚朵酒店

TIME	PROGRAM
12:00-18:00	报到
18:30-20:30	晚餐

10月23日

宁波东方理工大学数理楼410室

TIME	SPEAKER	PROGRAM	HOST
08:30-08:45		Opening Remark (Group Photo)	毛志平
08:45-09:20	陈 勇	可积深度学习	戴朝卿
09:20-09:55	蒲俊才	Random Feature Method Solving Second-Order Nonlinear Integrable Systems	刘文军
09:55-10:15		茶歇	
10:15-10:50	范恩贵	Orbital stability for the derivative NLS equation in L2 space	田守富
10:50-11:25	张之阳	Energy-Based Deep Learning Initialization Method Achieves Precise Evolution of Soliton Dynamics	杨云青
11:25-12:00	毛志平	深度学习求解微分方程	安红利
12:00-13:00		午餐	

10月23日

宁波东方理工大学数理楼410室

TIME	SPEAKER	PROGRAM	HOST
14:30-15:05	王云虎	基于Riccati型伪势约束的PINN及其在可积系统求解中的应用	王 振
15:05-15:40	杨 波	Wave Patterns in High-order KP-I Lumps	陈俊超
15:40-16:00		茶歇	
16:00-16:35	林 喆	Polynomial feature extractor for rogue wave patterns	周 勤
16:35-17:10	张志成	Reconstructing the internal structure of vector soliton molecules with physics-constrained machine-learning inversion	李 彪
17:10-17:45	田十方	WRLS-PDE: Physics-typed weak-form reinforcement learning for multidimensional PDE discovery	李俊杰
18:30		晚宴	



报告题目及摘要
Keynote Speech

陈勇

华东师范大学

可积深度学习

我们阐述了提出可积深度学习概念与框架的动机，并重点介绍了我们在可积深度学习算法方面取得的一系列进展：1. 提出了基于守恒律的两阶段PINN方法和基于Miura变换的PINN方法；2. 构造了Lax pair-informed的信息神经网络(LPNNs)以及达布变换的DT-LPNN网络；3. 创建了可积系统的新型卷积神经网络架构，包括基于伪网格的物理信息卷积循环网络(PG-PhyCRNet)和怪波模式的多项式提取器(PE-RWP)。

Bio: 华东师范大学和山东科技大学教授、博士生导师，曾多年担任华东师范大学计算机理论所所长，上海市闵行区拔尖人才。主要从事非线性数学物理、可积系统理论、计算机代数、可积深度学习算法、 混沌动力学及大气海洋动力学等领域研究， 建立了非线性方程机械化求解方法与李群理论优化体系， 并成功应用于大气海洋物理模型研究。 2019 年在国际上率先提出“可积深度学习”原创概念与交叉研究框架，带领团队取得系列标志性研究成果。累计发表 SCI 学术论文 300 余篇，先后主持和参加国家自然科学基金面上项目 5 项、重点项目 3 项，骨干参与 973 项目 1 项，长江创新团队项目 PI 2项，在可积系统与人工智能交叉领域具有广泛的学术影响力。



蒲俊才

西南财经大学

Random Feature Method Solving Second Order Nonlinear Integrable Systems

In this work, we propose a framework for solving second-order nonlinear integrable systems in the spirit of the random feature method (RFM), which demonstrates high efficiency and high precision numerical performance. Unlike other RFMs for solving linear partial differential equations (PDEs) or a few relatively classical and simple nonlinear PDEs, our approach focuses on solving second-order nonlinear integrable systems by leveraging partition of unity technology, deep neural network, random feature functions. Once considering second-order nonlinear integrable system with initial-boundary value condition and incorporating appropriate C^κ continuity conditions, we construct a novel assembly matrix with implicit optimization coefficient and convert the solving problem of second-order nonlinear integrable system into corresponding nonlinear least squares problem. Different from popular physics-informed neural network, it avoids backpropagation-based optimization of loss function and instead solves the equivalent set of nonlinear equations with high precision by means of a nonlinear least squares implementation. The numerical experiments focus on solving several important and representative second-order nonlinear integrable systems, which possess unique mathematical structures, important physical significance and rich localized wave solutions. The innovation of this work lies in the first to successfully apply RFM to solve second-order nonlinear integrable systems, offering both theoretical reference and experimental support for studying the numerical localized wave solutions of higher-order and higher-dimensional nonlinear integrable systems, and providing novel approach for solving integrable systems and synthesizing integrable system theory.

Bio: 西南财经大学数学学院讲师，主要研究可积深度学习和可积系统。2019.09-2023.06在华东师范大学数学科学学院师从陈勇教授攻读博士学位；2023.07-2025.06在北京应用物理与计算数学研究所师从江松院士做博士后。在J. Comput. Phys.、J. Sci. Comput.、Phys. D、J. Math. Phys.等国内外知名期刊上发表SCI论文18篇，Google学术总引用次数达900余次，主持了国家自然科学基金1项，中国博士后科学基金2项，计算物理全国重点实验室基金1项。

范恩贵

复旦大学

Orbital stability for the derivative NLS equation in L2 space

we establish orbital stability for the derivative NLS equation in L2 space. We demonstrate this stability by utilizing the Backlund transformation and first conservation law

Bio: 复旦大学数学科学学院教授、博士生导师，主要研究方向是孤立子理论、可积系统、Riemann-Hilbert问题、正交多项式和随机矩阵理论；曾获教育部自然科学二等奖、上海市自然科学二等奖、谷超豪数学奖；主持国家自然科学基金、教育部博士点基金、上海曙光计划、上海曙光计划跟踪课题等多项研究课题。

张之阳

北京邮电大学

Energy-Based Deep Learning Initialization Method Achieves Precise Evolution of Soliton Dynamics

Soliton dynamics is a fundamental manifestation of the balance between nonlinearity and dispersion in integrable systems. Accurate prediction of soliton dynamics is essential for understanding the evolution of complex nonlinear systems. However, conventional weight initialization methods in deep learning rely primarily on assumptions about statistical distributions and lack explicit constraints derived from underlying physical principles, thereby limiting predictive accuracy and generalization. To address this limitation, we propose an energy-based initialization (EBI) method that exploits the energy functional of neural networks and structural priors to guide weight initialization, without requiring experimental data or modifications to the network architecture. Theoretically, we derive an upper bound on the distance between the initialized weights and the optimal weights for downstream tasks. We further prove that, under specific conditions, the performance advantage of EBI increases monotonically with model size. Numerical experiments across four representative physical scenarios demonstrate that EBI consistently outperforms conventional initialization methods across all evaluation metrics, while requiring less than five minutes to initialize a model with 4.7 million parameters. By incorporating physical structure into the initial stage of deep learning, this work provides an efficient approach to improving the predictive accuracy of physics-based models and opens new avenues for the precise modeling of soliton dynamics and the investigation of complex nonlinear evolution in integrable systems.

Bio: 北京邮电大学物理科学与技术学院博士后，主要从事人工智能与非线性物理、超快光学的交叉研究，研究方向包括孤子动力学、可积系统、物理驱动深度学习及光纤激光器智能建模。围绕复杂非线性系统的动力学预测、参数辨识与物理规律发现，探索物理理论与人工智能融合的新方法，发展具有物理可解释性和长期预测能力的智能计算模型。相关成果以第一作者发表于《Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering》《Physical Review A》等国际学术期刊。



毛志平

宁波东方理工大学

深度学习求解微分方程

在本次报告中，我将主要介绍深度学习求解微分方程，包括PINN算法以及算子学习算法等求解微分方程正反问题及其应用，此外，我还将介绍误差可控的深度学习算法求解复杂以及高维方程。

Bio: 2009年本科毕业于重庆大学，2015年博士毕业于厦门大学计算数学专业，国家高层次青年人才，2015年10 月至 2020 年 9 月在美国布朗大学应用数学系从事博士后研究，国家级青年人才计划入选者，浙江省杰青，主持国家自然科学基金面上项目2项。毛志平教授主要从事深度学习与偏微分方程数值解，特别是谱方法研究以及深度学习求解复杂系统方面的研究，其目前在SIREV, JCP， SISC， SINUM、 CMAME等国际高水平杂志上发表论文 50 余篇。

王云虎

上海海事大学

基于Riccati型伪势约束的PINN及其在可积系统求解中的应用

本文在PINN的基础上，利用Nucci直接法提出一种基于Riccati型伪势约束的RP-PINN。该方法将可积系统的内在结构编码为Riccati型低阶刚性约束并嵌入损失函数，有效降低了辅助变量的维度，缓解了高阶导数自动微分带来的优化困难。在KdV方程、NLS方程、sine-Gordon方程和Harry Dym方程上的数值实验表明，RP-PINN能够精确复现孤立子、怪波和扭结解，验证了其在可积系统数值求解中的有效性与适用性。

Bio: 教授，博士生导师。2013年博士毕业于华东师范大学系统理论专业。主要从事数学物理等领域的教学与科研工作，研究方向聚焦非线性局域波，主持国家自然科学基金面上项目、青年基金等课题，发表论文50余篇。



杨波

复旦大学

Wave Patterns in High-order KP-I Lumps

The Kadomtsev-Petviashvili-I (KP-I) equation models two-dimensional shallow water waves under strong surface tension as well as the evolution of weakly nonlinear two-dimensional plasma waves. In this talk, pattern formation in higher-order lumps of the KP-I equation at large times is analytically studied. For these higher-order lumps under certain internal-parameter restrictions, we show that the large-time wave patterns comprise fundamental lumps arranged in non-triangular shapes in the outer region, which are described analytically by nonzero-root structures of the Wronskian-Hermit polynomials, together with fundamental lumps arranged in triangular shapes in the inner region, which are described analytically by root structures of the Yablonskii-Vorob'ev polynomials. When time evolves from large negative to large positive, the non-triangular pattern in the outer region switches its x and y directions, while the triangular pattern in the inner region reverses its direction along the x-axis. For higher-order lumps under generic internal-parameter values, however, we show that the large-time patterns would comprise fundamental lumps in the outer region that are described analytically by the nonzero-root structures of the Wronskian–Hermite polynomials, together with fundamental lumps in the inner region that are uniformly distributed on concentric rings. Our predicted patterns at large times are compared to true solutions, and excellent agreement is observed.

Bio: 宁波大学数学与统计学院副教授。2018年博士毕业于华东师范大学，2018年至2021年在美国佛蒙特大学数学系从事博士后研究工作。目前主要从事可积系统中的非线性波理论和应用方面的研究。近年来主持国家自然科学基金青年项目和面上项目各一项，相关研究成果发表在《J. Nonlinear. Sci》、《IMA J. Appl. Math》、《Physica D》、《Stud. Appl. Math》等国际学术期刊，并合作撰写专著 《Rogue Waves in Integrable Systems》，由 Springer 出版社出版。

林喆

华东师范大学

Polynomial feature extractor for rogue wave patterns

Rogue wave patterns in the large-parameter regime are closely related to the zeros of Yablonskii–Vorob’ ev (Y-V) polynomials. This talk presents PE-RWP, a deep learning framework for extracting polynomial features from rogue wave patterns. Using a generalized polynomial family and a dual-branch network, PE-RWP identifies polynomial types and predicts their parameters under arbitrary rotations and scaling. The extracted features further enable unsupervised localization of Peregrine waves. Numerical experiments demonstrate high accuracy in both polynomial extraction and wave localization.

Bio: 华东师范大学博士，师从陈勇教授。博士期间研究工作主要集中于可积系统理论与深度学习方法，并在 Journal of Computational Physics, Physical Review E, Physica D等期刊上发表学术论文8篇. 目前利用深度学习的网络框架，以及物理信息神经网络解决可积系统中的一系列数学物理问题。

张志成

浙江农林大学

Reconstructing the internal structure of vector soliton molecules with physics-constrained machine-learning inversion

被动锁模光纤激光器中，矢量孤子分子内部包含时间间隔、相对相位、能量分配及偏振关系等多个耦合自由度，而实验通常只能获得光谱、自相关等强度信息，其内部结构重构因此构成一个典型的多参数非线性逆问题。本报告介绍一种基于多偏振强度观测的物理约束机器学习反演框架，将待恢复的物理参数作为可学习变量，并通过可微测量模型直接从实验数据中反演潜在矢量光场。该方法在矢量二孤子和非等间距三孤子分子中实现了多偏振观测的统一重构，并能够预测未参与反演的偏振分辨自相关及完整偏振分析状态。进一步通过参数可辨识性和鲁棒性分析，对不同内部自由度的实验约束强度及稳定性进行了定量评估。该方法为复杂超快光场的可解释重构及相关非线性光学逆问题提供了新的机器学习研究范式。

Bio: 浙江农林大学光学工程戴朝卿教授课题组硕士研究生，主要研究方向为被动锁模光纤激光器中的机器学习应用。

田十方

宁波大学

WRLS-PDE: Physics-typed weak-form reinforcement learning for multidimensional PDE discovery

For the discovery of interpretable partial differential equations (PDEs) from noisy, multidimensional observations, the numerical features of the observations must be stable, while support selection is needed for reliable discovery. We present WRLS-PDE, a physics-typed framework which brings together controlled temporal targets, discrete-adjoint weak projection, operator-block actions and hybrid support search. The data derivative is the exact adjoint of the data derivative for linear derivative columns, and the product of materializes before projecting the nonlinear columns. A projected linear policy takes the score of its exploration mixture, one full-return update every frozen episode and one pre-action value baseline. It is combined with block seeds, deterministic refinements on its support paths. The final equations are given by scale-normalized BIC, contribution pruning and original-scale least-squares refitting. There are eight benchmark systems for diffusion, reaction, transport, dispersion, phase-field dynamics, nonlinear waves, and coupled flow. It can discover exact expanded support in 79 out of 80 independent clean-data trials. The fixed task-specific noise protocols discover exactly at 0.5% and 1% observational noise and at 40/80 at 3%. The discovery is improved to 80/80 by a paired operator-block ablation.

Bio: 宁波大学在读博士生，研究方向：机器学习求解PDE方法与数据驱动PDE发现。
主要研究：
1. 研究基于物理信息神经网络和神经算子的PDE求解方法，提升复杂边界、多尺度及参数化问题的求解精度与效率；
2. 研究数据驱动的PDE发现方法，结合稀疏回归/符号回归与深度学习，从观测数据中识别控制方程.



NOTE