

机器学习在 BM 对流研究中的应用¹⁾

陈一²⁾, 吴笛, 段俐²⁾, 康琦

(中国科学院力学研究所 国家微重力实验室, 北京 100190;

中国科学院大学 工程科学学院, 北京 100049)

摘要: 斑图的形成与演化是广大学者关心的问题。本文提出了一个新颖的模型对真实的 BM (Bénard-Marangoni) 对流实验进行学习和模仿。BM 对流中存在超临界演化过程, 是该系统在通往混沌状态时中不可避免又独具特色的实验现象。使用底部均匀加热的单层流体作为实验系统, 并在实验过程中令液层顶部与底部的温差先增大至超临界对流状态一段时间后再减小; 用红外热像仪实时监测流体的液层表面的温度分布, 得到满足机器学习条件的温度实验数据。用实验数据训练基于卷积神经网络的自编码器模型 (CAE) 和 RNN_CNN 模型, 前者用来提取温度场的低维特征, 将红外热像仪图片数据从 240*320 的矩阵压缩至由 2048 个数据点组成的低维特征向量, 压缩率达到 2%; 后者对 CAE 提取的低维特征向量进行预测并还原温度场。模型最终完成了补充缺失实验数据和比较真实实验结果、机器预测结果、理论分析结果来校正真实实验结果的任务, 两个模型在测试集上的 R^2 指数均高于 0.94, 模型很好地预测了温度数据分布的变化规律。同时, 在预测未发生过的物理实验结果方面进行了积极的探索, 机器预测正常的部分在一定程度上反映了流体系统斑图图样真实的变化特点; 机器预测异常的部分反映了流体系统在实验过程中不可控因素 (如温度、物理背景的变化) 对实验结果的影响。

关键词: 机器学习; BM 对流; 斑图动力学; 预测; 图像分析

资助项目: 自然科学基金