

附件 3

“生物曲面扩散动力学及图灵斑图生成、演化与调控”赛题规则

——基于 AI-PDE 融合的仿生表面斑图设计

命题编号：【AI-MECH-2026-002】

赛事平台：全球校园人工智能算法精英大赛

命题单位：江苏省力学学会

报名对象：国内外高校、科研院所学生

报名方式：官网报名、资格审核、线上测评、路演答辩、结果公示

一、命题背景

生物表面上的图灵斑图广泛存在于动物体表纹理、器官形态发生、胚胎组织图案等自然现象中，是反应扩散系统与曲面几何、力学环境耦合的典型结果。对这类斑图进行智能生成、反演与调控，不仅有助于理解生物形态发生机制，也能为仿生表面设计、智能材料、软体机器人、组织工程等提供新方法。

然而，生物曲面通常具有复杂几何、非均匀曲率、各向异性、生长变形和力学载荷等特征，传统数值方法在计算效率和参数反演等方面面临挑战。人工智能（AI）与偏微分方程（PDE）求解方法的融合，为高效生成、精准反演和主动调控生物曲面图灵斑图提供了新途径。本命题面向“可验证、可复现、低资源、可控计算消耗”的仿生表面斑图设计能力评测，要求参赛队伍基于 AI-PDE 融合方法，完成生物曲面图灵斑图智能生成、反演与调控任务，推动 AI+力学在仿生设计与生物形态发生领域的落地。

二、命题任务

参赛队伍须以组委会发布的模型为基础，完成生物曲面图灵斑图的生成、反演与力学调控任务。所有任务均要求采用人工智能方法，鼓励人工智能与传统计算力学方法相结合的 AI-PDE 融合方法；单纯依赖传统计算力学求解器的方案不予采用。

本题以 Gray - Scott 反应扩散系统为基准模型，控制方程为：

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} = D_u \Delta_{\Gamma} u - uv^2 + F(1 - u), \\ \frac{\partial v}{\partial t} = D_v \Delta_{\Gamma} v + uv^2 - (F + k)v, \end{cases}$$

初值建议采用：

$$u_0(\mathbf{x}) = 1 - \exp[-6(z - 0.05 \cos(6\theta))^2], \quad v_0(\mathbf{x}) = \frac{1}{2} \exp[-6(z - 0.05 \cos(6\theta))^2].$$

其中, θ, z 为柱坐标分量。参数可选取为:

$$F = 0.028, k = 0.062(\text{斑点});$$

$$F = 0.054, k = 0.063(\text{条纹}).$$

$$D_u = 2.78 \times 10^{-4}, D_v = 0.5D_u.$$

以下为四类阶梯式任务:

1. 基础生成任务: 给定单位球面和上述 Gray - Scott 参数, 生成稳定的单位球面图灵斑图。

2. 进阶生成任务: 给定青蛙曲面的网格或点云数据 (见附件), 以及上述 Gray - Scott 参数, 生成稳定的青蛙曲面图灵斑图。

3. 反演设计任务: 给定目标青蛙曲面图灵斑图 (斑点或条纹, 训练数据见附件), 反演 Gray - Scott 模型参数, 使生成斑图在形态类型、特征波长、方向性和缺陷分布等方面与目标图灵斑图尽可能接近。评价时不要求逐像素完全一致, 而以“类型正确、特征匹配、误差可接受”为准。

4. 力学调控任务: 在上述模型基础上, 引入曲率、生长变形等力学因素, 分析其对图灵斑图类型、尺度、取向和稳定性的影响; 设计力学调控方案, 使图灵斑图达到目标形态。

各任务须输出: 生成结果或反演参数、关键公式与推导、AI-PDE 融合方法说明、PDE 残差与稳定性分析、力学调控方案、单位与量纲检查、校核结论及可复现代码。仅给最终结果而无可追溯过程者, 过程分从严计。

三、赛题要求

本赛题所有参赛方案均须包含人工智能方法; 传统曲面 PDE 求解器可作为基线、对比或融合组件, 但不能单独作为参赛方案。鼓励参赛队伍将人工智能方法与传统曲面 PDE 求解方法结合解题。

1. **模型与工具要求:** 所有参赛方案均须包含人工智能方法, 鼓励人工智能与传统曲面 PDE 求解器相结合的 AI-PDE 融合方法。

2. **数据使用限制:** 参赛队伍须使用组委会提供的附件数据: `frog.mat` 为青蛙曲面网格/点云数据, `Solution.mat` 为青蛙曲面目标图灵斑图或训练数据。参赛队伍不得使用外部标注数据、预训练斑图生成模型直接生成结果, 而不进行 PDE 校验; 所有生成、反演与调控结果须可复现, 并提交数据加载与处理脚本。

四、评测数据与组织方式

1. **数据说明:** 组委会提供青蛙曲面数据 `frog.mat` 和目标图灵斑图/训练数据

Solution.mat。参赛队伍不得使用外部斑图数据替代附件数据。

2. 评测指标：

- (1) **生成质量**：PDE 残差、斑图类型正确性（斑点/条纹/迷宫）、特征波长、方向性、缺陷分布、数值稳定性、可复现性、泛化误差；
- (2) **反演精度**：反演参数误差、目标与生成图灵斑图相似度；
- (3) **力学调控**：调控前后斑图对比、稳定性分析、调控方案可解释性；
- (4) **AI-PDE 融合程度**：是否包含人工智能方法、是否与传统求解器耦合、是否有 PDE 残差约束；
- (5) **计算效率**：GPU/CPU 时间。

3. 轮次安排：

- (1) **初赛（与复赛合并考核）**：本赛题初赛、复赛合并进行，考核内容包括基础生成任务（单位球面）和青蛙曲面智能生成与反演设计；
- (2) **复赛（迭代与最终评审）**：自初赛提交起至复赛截止前，参赛队伍可继续改进并更新初赛结果，提交复赛最终版；复赛评审以更新后的结果为准，重点考核 AI-PDE 方法的有效性、结果表达与可复现性，并检查 PDE 残差、斑图相似度、参数误差及过程一致性；
- (3) **总决赛**：考核内容包括曲面生成、演化与调控设计，个人汇报与专家问答相结合，重点考察模型可解释性、稳健性、计算效率与任务达成度。

五、评分与排名规则

1. **成绩构成**：每轮按赛题公布评分细则执行。建议总分 = 生成质量【40%】+ 反演精度【30%】+ 力学调控效果【20%】+ 表达/效率/校核【10%】。生成质量包括 PDE 残差、斑图相似度、稳定性、可复现性、泛化误差等。

2. **排名规则**：以成绩分数由高到低排名。

六、提交要求

每轮提交包括：

1. **答案文件**：按 teamName_round_problemID_result 规范命名，压缩包内不得嵌套无关目录。结果文件须包含：
 - (1) 图灵斑图可视化结果；
 - (2) 可复现代码或程序；
 - (3) PDE 残差、稳定性分析或收敛记录；
 - (4) 若为反演任务，须提交反演参数、目标与生成斑图对比、误差指标；
 - (5) 若为力学调控任务，须提交调控方案、调控前后对比与稳定性分析。
2. **技术报告**：初赛 ≤ 2 页；复赛/总决赛 ≥ 1000 字。须说明关键公式与推导、AI-PDE 融合架构、数据使用方式、参数设置依据、单位与量纲检查、数值稳定性分

析、校核结论、计算资源控制策略。

3. 答辩材料：总决赛 PPT ≤ 20 页，突出方法创新、斑图生成/反演/调控结果、可靠性、效率与仿生表面设计能力。

提交次数、截止时间、文件格式与大小以当轮通知为准。

提交要求：

1. 答案文件：在报名系统提交作品处-【赛题结果文件】栏目中提交 ZIP 格式文件。

2. 技术报告：在报名系统提交作品处-【文档类文件】栏目中提交 PDF 格式文件

3. 答辩材料：在报名系统提交作品处-【PPT 类文件】栏目中提交 PDF 格式文件

七、进度安排

【报名启动】—【资格审核】—【初赛】—【复赛】—【总决赛】—【公示与颁奖】。具体日期与榜单规则以大赛官网和命题单位补充通知为准。

八、激励与支持

参照大赛统一奖励办法，对获奖团队颁发证书及奖金；对优秀选手可提供实习、联合课题与成果转化对接机会。奖励金额、名额与发放方式以组委会正式文件为准，奖金为税前标准，依法代扣代缴。

九、联系方式

赛题交流 QQ 群：1015596166

命题联系人/邮箱：jslxxh@163.com

报名官网：www.aicomp.cn

十、附则

本通知解释权归命题单位与大赛组委会。赛题范围、细则与轮次安排如有更新，以官网、QQ 群及正式补充通知为准；与本通知不一致的，以最新正式文件为准。

十一、附件



frog.mat



Solution.mat

附件说明：frog.mat 为青蛙曲面数据文件；Solution.mat 为青蛙曲面已知数据解集。

附件下载链接：<https://pan.baidu.com/s/1-z5OKcz1CyOEzI0iEHjTCg?pwd=1111>