



京都工芸纖維大学
KYOTO INSTITUTE OF TECHNOLOGY



第二届崇真青年学者学术沙龙报告

计算机与人工智能学院

武汉纺织大学

汇报人：张辉耀

汇报时间：2022 年 4 月 23 号

- 本科 大连工业大学 2011.09-2015.07
- 硕士 上海东华大学 2015.09-2018.03
 - 专业：数字化纺织工程
 - 研究内容：椭圆傅立叶和凸包算法在人体建模的应用
- 博士 日本京都工艺纤维大学 2018.09-2022.03
 - 专业：先端纤维学
 - 研究内容：遗传算法和神经网络在材料科学的应用

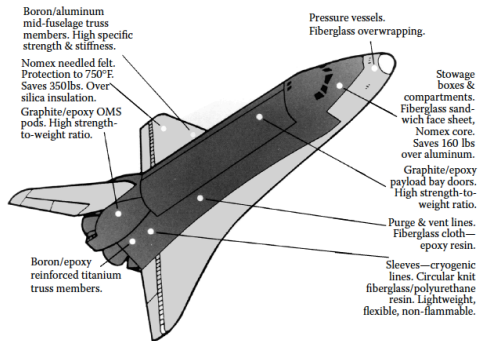


Figure 1: 层合材料的应用一 (Graphic courtesy of M.C. Gill Corporation, <http://www.mcgillcorp.com>.)



Figure 2: 层合材料的应用二
(<https://www.thegillcorp.com>)

什么是层合材料?

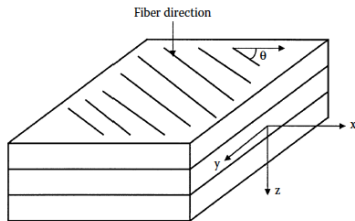


Figure 3: 层合材料结构图 (来源: Autar k. kaw 2006)

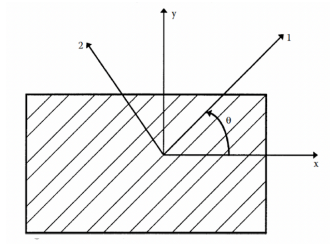


Figure 4: 层合材料的断面图 (来源: Autar k. kaw 2006)

- 层合材料设计：
 - 目标：强度
 - 约束条件：重量，成本等
 - 变量：铺层角度，铺层数，材料等
- 本质上是受约束离散变量的优化设计问题

- 1. 构造目标函数 $f(x)$.
- 2. 为满足约束条件, 添加惩罚项
 $\phi_1(x), \phi_2(x), \dots, \phi_n(x)$
- 3. 重新构造目标函数
 $f(x) + c_1\phi_1(x) + c_2\phi_2(x) + \dots + c_n\phi_n(x)$

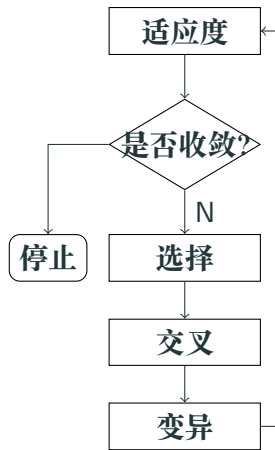


Figure 5: 遗传算法流程图

- 1. 构造目标函数 $f(x)$.
- 2. 为满足约束条件，在群体中维护不同的子群
- 3. 不改变目标函数 $f(x)$.

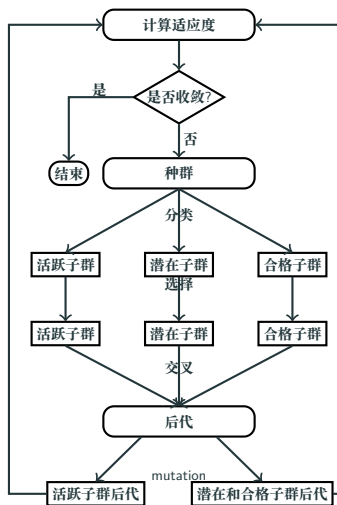


Figure 6: 改进后遗传算法 7/17
流程图

- **活跃个体和活跃子群：**如果一个个体的约束值远小于约束条件，那么我们称该个体为活跃个体，该个体所在的子群为活跃子群。
- **潜在个体和潜在子群：**如果一个个体的约束值小于或者接近约束条件，那么我们称该个体为潜在个体，该个体所在的子群为潜在子群。
- **合格个体和合格子群：**如果一个个体的约束值满足约束条件，那么我们称该个体为合格个体，该个体所在的子群为合格子群。

$$md = [CT_1, \dots, CT_{n-1}, CT_n] - [ICV_1, \dots, ICV_{n-1}, ICV_n]$$

- md 表示变异向量
- CT_i 表示第 i 个约束条件，比如质量，强度等。
- ICV_i 表示当前个体的相应的约束值。

$$\text{长度变异算子} = \begin{cases} LMC * [0, \sum_{i=1}^N md_i] & \text{if } \sum_{i=1}^N md_i > 0 \\ LMC * [\sum_{i=1}^N md_i, 0] & \text{if } \sum_{i=1}^N md_i < 0 \end{cases} \quad (1)$$

$$\text{角度变异算子} = \begin{cases} 0.5, AM = [0, AMC \sum_{i=1}^N (|CT_i - CV_i|)] \\ 0.5, AM = [AMC \sum_{i=1}^N (-|CT_i - CV_i|), 0] \end{cases} \quad (2)$$

- Huiyao Zhang, Atsushi Yokoyama. 2021. A Technique for Constrained Optimization of Cross-ply Laminates Using a New Variant of Genetic Algorithm. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 12(6): 760-767.
- Huiyao Zhang, Atsushi Yokoyama. 2022. Optimum Design of Laminated Composites for Minimum Thickness by a Variant of Genetic Algorithm. Journal of Textile Engineering(accepted)

问题二：如何预测层合材料的强度？

$$\begin{bmatrix} N_x \\ N_y \\ N_{xy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{16} \\ A_{12} & A_{22} & A_{26} \\ A_{16} & A_{26} & A_{66} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_x^0 \\ \varepsilon_y^0 \\ \gamma_{xy}^0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} & B_{16} \\ B_{11} & B_{12} & B_{16} \\ B_{16} & B_{26} & B_{66} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} k_x \\ k_y \\ k_{xy} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} M_x \\ M_y \\ M_{xy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} & B_{16} \\ B_{12} & B_{22} & B_{26} \\ B_{16} & B_{26} & B_{66} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_x^0 \\ \varepsilon_y^0 \\ \gamma_{xy}^0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} D_{11} & D_{12} & D_{16} \\ D_{11} & D_{12} & D_{16} \\ D_{16} & D_{26} & D_{66} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} k_x \\ k_y \\ k_{xy} \end{bmatrix}$$

$$A_{ij} = \sum_{k=1}^n (\bar{Q}_{ij})_k (h_k - h_{k-1}) \quad i, j = 1, 2, 6, k = 1, 2, 6,$$

$$B_{ij} = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^n (\bar{Q}_{ij})_k (h_k^2 - h_{k-1}^2) \quad i, j = 1, 2, 6, k = 1, 2, 6,$$

$$D_{ij} = \frac{1}{3} \sum_{k=1}^n (\bar{Q}_{ij})_k (h_k^3 - h_{k-1}^3) \quad i, j = 1, 2, 6, k = 1, 2, 6,$$

- Maximum stress failure

$$SF_{MS}^k = \min \text{ of } \begin{cases} SF_X^k = \begin{cases} \frac{X_t}{\sigma_{11}}, & \text{if } \sigma_{11} > 0 \\ \frac{X_c}{\sigma_{11}}, & \text{if } \sigma_{11} < 0 \end{cases} \\ SF_Y^k = \begin{cases} \frac{Y_t}{\sigma_{22}}, & \text{if } \sigma_{22} > 0 \\ \frac{Y_c}{\sigma_{22}}, & \text{if } \sigma_{22} < 0 \end{cases} \\ SF_S^k = \left\{ \frac{S}{|\tau_{12}|} \right\} \end{cases}$$

- Tsai-wu failure theory

$$H_1 \sigma_1 + H_2 \sigma_2 + H_6 \tau_{12} + H_{11} \sigma_1^2 + H_{22} \sigma_2^2 + H_{66} \tau_{12}^2 + 2 H_{12} \sigma_1 \sigma_2 < 1$$

如何设计网络的拓扑结构?

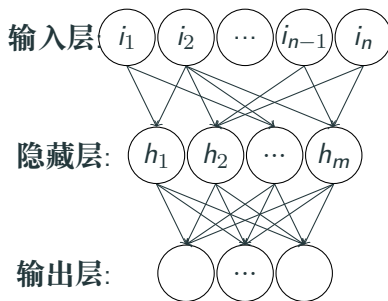


Figure 7: 神经网络模型

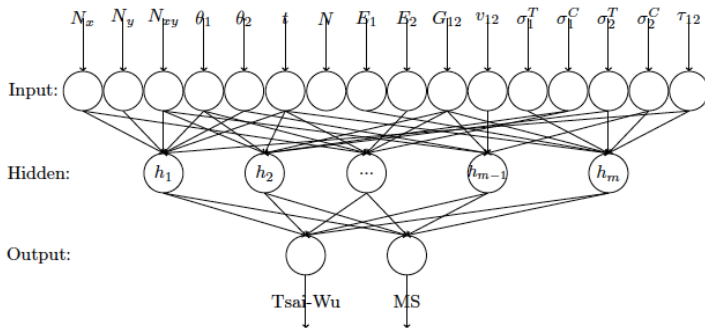


Figure 8: 用于层合材料强度预测的神经网络

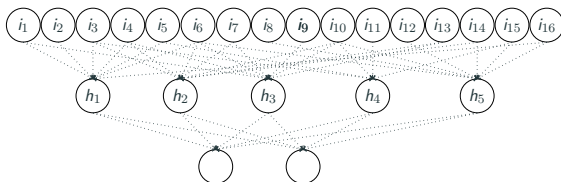
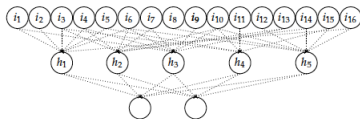


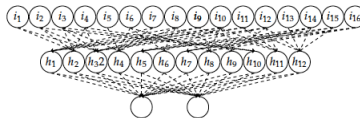
Figure 9: 材料预测模型

Table 1: 网络结构的二进制表示

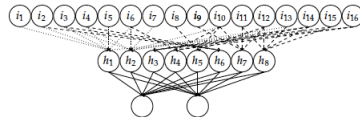
Nodes	i_1	i_2	i_3	i_4	i_5	i_6	i_7	i_8	i_9	i_{10}	i_{11}	i_{12}	i_{13}	i_{14}	i_{15}	i_{16}	f	f
h_1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
h_2	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
h_3	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
h_4	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1
h_5	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1



(A) Parent 1



(B) Parent 2



(C) Child

Figure 10: 基于遗传算法产生子神经网络

**Table 2: 全连接神经网络和演化神经网络
实验结果对比**

Model	Training Error	Validation Error
Fully-connected ANN	0.054	0.055
GA-based ANN	0.051	0.050

- Huiyao Zhang, Atsushi Yokoyama. 2021. Predicting Strength Ratio of Laminated Composite Material with Evolutionary Artificial Neural Network. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 12(6): 11-18.



谢谢