**实验二：使用高斯模型的分布估计算法解决参数优化问题**

**​问题背景：注塑成型工艺参数优化**

**​场景描述**

某塑料制品生产企业致力于优化注塑成型工艺参数，以提高产品质量并降低生产成本。  
注塑成型过程中，​**温度**​（熔体温度、模具温度）、**压力**​（注射压力、保压压力）、**时间**​（注射时间、冷却时间）等参数直接影响产品缺陷率（如缩痕、翘曲、气泡）。  
当前工艺参数基于经验设定，但存在以下问题：

1. ​**缺陷率高**：部分批次产品缺陷率达5%-8%，导致返工成本上升。
2. ​**能耗浪费**：参数保守设定导致生产周期长、能耗高。
3. ​**参数间耦合性强**：温度、压力、时间等参数相互影响，难以通过试错法优化。

**​优化目标**

在满足生产约束的前提下，​**找到最优工艺参数组合**，使得：

1. ​**最小化产品缺陷率**​（质量目标）。
2. ​**最小化单位产品能耗**​（成本目标）。
3. ​**满足生产周期限制**​（总生产时间≤30秒/件）。

**​问题特性**

1. ​**连续变量**：温度（150-300℃）、压力（50-150MPa）、时间（5-20秒）均为连续参数。
2. ​**多目标冲突**：降低缺陷率需提高温度或延长冷却时间，但会增加能耗和生产周期。
3. ​**非线性关系**：缺陷率与参数间存在复杂非线性关系，难以用解析模型描述。

**​为何适合高斯概率模型的分布估计算法（EDA）？**

1. ​**变量分布建模**：高斯EDA可通过多元正态分布描述参数间的相关性（如高温可能需要高压配合）。
2. ​**全局搜索能力**：EDA通过概率模型采样探索解空间，避免陷入局部最优。
3. ​**高效处理连续变量**：直接对连续参数建模，无需离散化，适合工艺优化场景。

**​数学模型构建**

1. **​决策变量：**
2. **​目标函数​（多目标加权聚合）：**

其中，分别为**产品缺陷率**与**单位产品能耗**的权重系数。

1. **产品缺陷率：**

与参数呈非线性关系：

* 熔体温度偏离220℃时缺陷率上升。
* 注射压力不足（低于100 MPa）显著增加缺陷。
* 冷却时间偏离10秒（过短或过长）导致翘曲风险。

1. **单位产品能耗**

与压力和时间正相关：

* 注射压力和时间直接影响液压系统能耗。
* 高温和长冷却时间增加加热/冷却能耗。

1. **约束条件：**
   * 生产周期：
   * 参数范围：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **变量名称** | **符号** | **取值范围** | **单位** |
| 熔体温度 |  |  | ℃ |
| 注射压力 |  |  | MPa |
| 注射时间 |  |  | 秒 |
| 冷却时间 |  |  | 秒 |

**​EDA求解流程**

1. ​**初始化**：随机生成初始种群，代表不同的工艺参数组合。
2. ​**构建概率模型**：
   * 使用多元高斯分布 建模当前优质解的分布。
   * 计算当前概率模型的参数
   * 计算每个样本的适应度
3. ​**产生新的种群**：
   * 选取适应度靠前的K个样本。
   * 根据K个样本计算优势种群的概率模型（更新）。
   * 根据新的概率模型，生成新一代种群。
4. ​**循环与终止**：
   * 重新计算每个样本的适应度，记录当前最优解。
   * 判断是否达到停止条件（最优解误差小于阈值，达到最大循环次数）。退出循环。
   * 重复第3步骤。

**​实验结果及分析：**

1. ​**最优参数组合**：给出使缺陷率和能耗综合最优的工艺参数。
2. **可视化**：绘制目标函数收敛的图像，观察不同参数下收敛图像的变化
3. ​**参数分析**：种群数量、迭代次数、权重系数、K、等参数对算法运行效果的影响。