

## 数学建模题目

航空发动机作为飞机的核心器件，其运行安全性至关重要。在实际过程中，发动机的核心部件（如高压压气机 HPC、风扇 Fan）性能会随着飞行循环（Cycle）的增加而逐渐退化，最终导致失效。

传统的维护策略是定时检查维修，但这往往会导致过度维护或维修不及时。为了降低运营成本并保障安全，航空公司希望采用“预测维护”：通过传感器监测数据，实时预测发动机的剩余使用寿命 (RUL, Remaining Useful Life)，并在故障发生前的最佳窗口期进行维修。

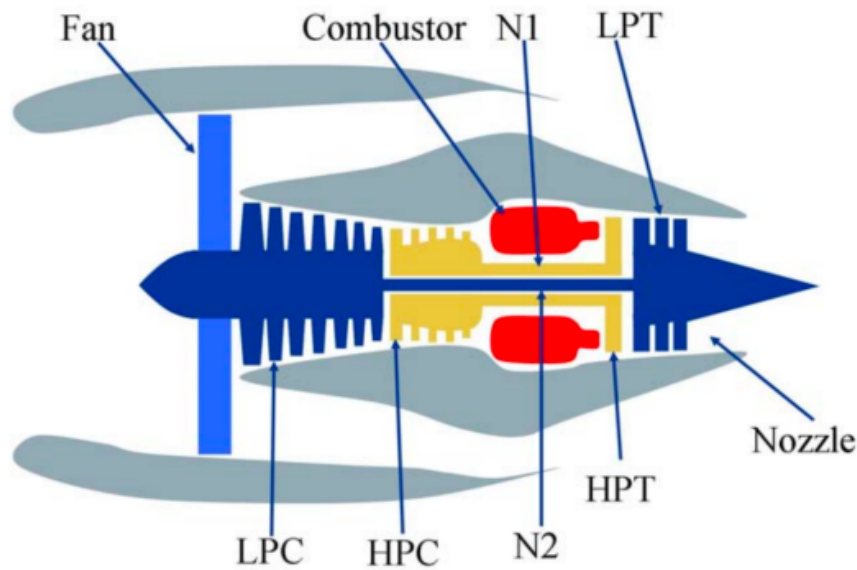


图 1: 发动机的简要示意图

请你运用数学建模知识解决如下问题：

现有航司提供的一组 100 台发动机运行记录，包括了飞机在海平面单一工况下，发动机由于 HPC 随飞行循环退化而无法工作的各类传感器数据，请你筛选出合适的特征，建立合适的预测模型，能够根据传感器数据预测发动机的 **剩余循环次数**，并在测试集的另外 100 台发动机上利用你的模型预测，提交结果。目标是**最小化均方根误差 RMSE**。（提交格式请参考：提交模板.xlsx）

注：测试集为截断数据，并不代表最终的飞行循环次数

然而航司的安全部门人员指出：预测在数学上是准确的并不意味着在工程上是安全的，这是因为预测滞后（晚于真实失效时间）可能导致空中迫降或事故，带来的代价远远高于预测提前，为此安全部门引入了风险评分  $S$ ：

$$S = \sum_{i=1}^N s_i, \quad s_i = \begin{cases} e^{-d_i/13} - 1, & d_i < 0 \\ e^{d_i/10} - 1, & d_i \geq 0 \end{cases}$$

其中  $d_i = t_{i\text{预}} - t_{i\text{真}}$ ，即对单个发动机剩余寿命的预测值减去真实值

同时，真实情况往往不仅仅由于 HPC 性能退化，风扇故障通常也是发动机失效的一大关键因素，请你基于 100 台单一工况下，由于 HPC 或风扇故障的发动机传感器数据，以最小化风险评分为目标，建立合适的模型，在测试集上预测发动机剩余寿命并提交结果。

附件：

题 1\_train.xlsx, 题 1\_test.xlsx

题 2\_train.xlsx, 题 2\_test.xlsx

提交模板.xlsx