2025年西南石油大学数学建模校内赛题目

**B题 基于空气质量数据的预测与减排策略优化**

近年来，中国城市化进程与工业化发展带来了显著的环境挑战，其中空气污染问题尤为突出。PM2.5（细颗粒物）因其粒径小、易携带有毒物质且可深入人体肺部，已成为威胁公众健康的首要污染物。北京市作为人口超2000万的特大城市，受冬季供暖、机动车尾气、工业排放及区域传输等多重因素影响，长期面临PM2.5浓度超标问题。2013年，北京年均PM2.5浓度达89.5 μg/m³，超国际标准（WHO推荐年均值10 μg/m³）近9倍，引发呼吸系统疾病增加、能见度下降等连锁问题。为应对污染，中国政府于2013年启动《大气污染防治行动计划》，要求建立覆盖全国的空气质量监测网络。北京市作为先行示范区，率先部署了高密度监测站点，逐小时追踪污染物动态，旨在通过数据驱动的手段解析污染成因、优化减排政策。这一背景下，空气质量数据不仅是环境科学的实证基础，也为数学建模提供了研究复杂系统时空演化规律的典型场景。

本题数据集由北京大学环境科学与工程学院联合北京市环境保护监测中心采集，由北京市生态环境局授权公开，收录了2013年3月1日至2017年2月28日期间北京东四站点国控空气质量监测站点的逐小时观测数据（附件一），涵盖空气质量参数与气象参数两类核心指标。数据通过国控自动监测站获取，仪器采用β射线法（PM2.5）、紫外荧光法（SO₂）、化学发光法（NO₂）等国家标准方法，每小时自动上传至中央数据库。

**空气质量参数：**包括PM2.5、PM10、SO₂、NO₂、CO、O₃六种污染物浓度，其中PM2.5和PM10为颗粒物质量浓度（μg/m³），CO为质量浓度（mg/m³），其余为体积浓度（μg/m³）。

**气象参数：**温度（℃）、露点温度（℃）、降水（mm）、风速（m/s）、风向（方位角°）、气压（hPa）。

**时空标识：**每条数据包含年、月、日、小时字段，以及站点名称（东四）。

**请解决以下问题：**

**问题一、**对附件一中的数据进行数据预处理与时空特征分析。

**问题二、**以东四站点PM2.5为目标变量，构建预测模型。使用2013-2015年数据训练，2016年数据测试。讨论预测模型在静稳天气（风速<1m/s）下的预测误差是否显著增大，至少提出1种改进策略。

**问题三、**给出所建立的PM2.5预测模型在2016年3月1日的PM2.5日均浓度，若需将目标降至预测值的80%（例如:预测PM2.5日均浓度为120μg/m³，目标降至96μg/m³），考虑以下可选措施：

**限行：**成本5000元/小时，减排效率3μg/m³·h；

**工厂限产：**成本 8000元/小时，减排效率5μg/m³·h；

**洒水抑尘：**成本3000元/小时，减排效率2μg/m³·h。

建立规划模型，在总预算限制为10万元/日的条件下，确定在6:00-22:00时段内各措施的实施时长，使得总成本最低且减排目标达标。

**附件一数据说明：**

* 时间维度：year（2013年-2017年）, month（第几个月，例如，3表示当年第三个月）, day（第几天，例如，5表示当月第5天）, hour（0-23小时，取整数，例如，22表示当天22：00点）；
* 污染物指标：**PM2.5**: PM2.5浓度 (ug/m3)； **PM10**: PM10浓度 (ug/m3)；**SO2**: SO2浓度 (ug/m3)；**NO2**: NO2浓度(ug/m3) ；**CO**: CO浓度 (ug/m3)；**O3**: O3 浓度 (ug/m3)；
* 气象指标：**TEMP**: 气温 (Celsius degree)； **PRES**: 气压 (hPa)； **DEWP**: 露点温度 (Celsius degree)； **RAIN**: 降水 (mm)； **wd**: 风向（N：北，W：西，S：南，E：东）； **WSPM**: 风速 (m/s)；
* **station**: 空气质量检测点名称；
* 缺失值标记为NaN；
* 风向以0-360°表示，0°为正北，90°为正东。
* 风向说明如下：

1. 北(N)：0°
2. 东北北(NNE)：22.5°
3. 东北(NE)：45°
4. 东东北(ENE)：67.5°
5. 东(E)：90°
6. 东东南(ESE)：112.5°
7. 东南(SE)：135°
8. 南东南(SSE)：167.5°
9. 南(S)：180°
10. 南西南(SSW)：202.5°
11. 西南(SW)：225°
12. 西西南(WSW)：247.5°
13. 西(W)：270°
14. 西西北(WNW)：292.5°
15. 西北(NW)：315°
16. 北西北(NNW)：337.5°