

实验实训方案

案例 01 · 合成气候站点年温度趋势与显著性分析

案例编号	难度	学时	交付格式
01	基础—进阶	6	可编辑 DOCX

使用说明：本文件为实验实训方案的可编辑 Word 版本；Notebook、数据说明和代码仍在平台对应案例页提供下载。

实训问题

在固定的合成站点年温度序列中，各站点的 Sen 斜率和 Mann-Kendall p 值如何变化？时间窗口改变后方向是否稳定？

实训目标

完成数据状态核对、Notebook 操作、案例核心算法、图件检查和结果边界说明；能将结论逐项对应到代码输出与数据证据。

数据与前置条件

- **数据/产品**：NOAA GHCN-Daily
- **官方入口**：<https://www.ncei.noaa.gov/data/global-historical-climatology-network-daily/access/>
- **产品说明**：<https://www.ncei.noaa.gov/products/land-based-station/global-historical-climatology-network-daily>
- **当前随包运行模式**：上面列出的是真实产品入口；Notebook 只使用固定随机种子的合成教学输入，不会自动下载或读取这些真实产品。合成输出只用于演示算法和图件链路，不是实测生态环境结论。
- **真实数据准备**：先阅读本案 [data/README.md](#)、[data/字段字典.md](#)、[references/DATASET_MANIFEST.csv](#) 和官方产品文档；按版本核对字段/波段、时间、单位、CRS/transform、质量标记、NoData、AOI 与许可。实际产品输入尚未接入 Notebook 时，不得声称已完成真实产品分析。

本案核心方法

合成年温度序列、Sen 斜率、Mann-Kendall p 值、站点图、时间窗口敏感性

核心 Python 接口：`src/core_model.py` 中的 `sen_slope`, `mann_kendall`, `station_trends`。学生不需要在命令行手动调用函数；按学生指导书运行 Notebook 即可。若图表或文件与方案写法不一致，请先暂停并反馈教师，不要自行猜测或伪造结果。

实训流程

第一次先打开本案例的 Notebook，点一次‘重启内核并全部运行（Restart Kernel → Run All）’，等所有代码格跑完。下面五步是按顺序检查这一次的运行结果，不用每一步都重新运行。Notebook 每个代码格前都有标题，照着本表看对应结果即可，不需要在命令行里手动输入函数名。以后改了参数，再找到对应标题的代码格，从那里运行到 Notebook 结束。

步骤	学生操作	本步产物	检查点
1. 打开 Notebook 并确认输入	Notebook 第一次运行完成后，查看第 1 个代码单元显示的输入摘要。当前输入是固定随机种子的合成‘站点×年份’年温度矩阵；查看第 1 个代码单元打印的年份范围、站点数、矩阵形状和缺测数量。这个 Notebook 没有接入真实 GHCN-Daily 日值。	Notebook 第 1 个代码单元输出区	能说清楚这是合成的年温度演示，并记录站点数、年份范围和单位；不能把它写成 NOAA 实测数据。
2. 计算每个站点的 Sen 斜率	Notebook 一次性运行完成后，打开结果表。程序把每个站点有数据的年份两两配对，计算年变化速度，再取这些速度的中间值，作为 Sen 斜率。表中 <code>sen_slope_C_per_year</code> 的单位是 °C/年；图 02 为了便于看图，把斜率乘以 10，颜色单位显示为 °C/十年。	<code>outputs/student_run/summary.csv</code> 的 <code>station_sen_slope_C_per_year</code> 列； <code>outputs/student_run/figures/02_trend_significance.png</code>	表中斜率单位为 °C/年；图 02 颜色条单位为 °C/十年，两者相差 10 倍；斜率正负只表示方向，不等于显著。
3. 检查 Mann-Kendall p 值	查看结果表的 <code>mk_p</code> 列和图 03。程序用 Mann-Kendall 检查序列是否呈单调变化；p 值只是本合成序列条件下的检验结果，没有做自相关修正。	<code>outputs/student_run/summary.csv</code> 的 <code>mk_p</code> ； <code>outputs/student_run/figures/03_spatial_diagnostic.png</code>	能指出 p 值对应哪一列、图 03 的虚线阈值是什么，并说明未做自相关修正时不能直接下真实气候结论。
4. 看站点图和空间差异	打开四张图，逐张核对标题、坐标、单位和数据状态。注意图 03 虽然文件名含 <code>spatial_diagnostic</code> ，实际内容是各站点的 Mann-Kendall p 值柱状图；图 02 才是站点位置上的斜率点，不是连续插值面。	<code>outputs/student_run/figures/01_spatiotemporal_overview.png</code> 、 <code>outputs/student_run/figures/02_trend_significance.png</code> 、 <code>outputs/student_run/figures/03_spatial_diagnostic.png</code> 、 <code>outputs/student_run/figures/04_sensitivity.png</code>	四张图都能在 Notebook 输出区直接看到，并且图题、图例和合成状态一致。

步骤	学生操作	本步产物	检查点
5. 查看窗口敏感性并写结论	查看图 04 中不同时间窗口的 Sen 斜率变化，报告窗口变化后站点趋势方向是否稳定。结论只写‘合成演示显示……’，同时写出真实数据还要补做日值质控、覆盖率和质量标记筛选。	outputs/student_run/figures/04_sensitivity.png；一页结果说明	结论同时包含斜率、p 值、窗口敏感性和限制，且没有把模拟数值写成真实地区结论。

学生交付物

运行 Notebook 后，提交以下实际生成的文件：

- outputs/student_run/figures/01_spatiotemporal_overview.png
- outputs/student_run/figures/02_trend_significance.png
- outputs/student_run/figures/03_spatial_diagnostic.png
- outputs/student_run/figures/04_sensitivity.png
- outputs/student_run/summary.csv

另外，请自己新建 outputs/student_run/结果说明.md，用一页写清输入是什么、关键参数、图表发现、敏感性结果和结论限制。Notebook 不会自动生成这份说明。

故障处理

- **Notebook 找不到输入：**先按本案运行手册和 Notebook 相对路径启动；不要使用作者电脑绝对路径。
- **图件空白或出现异常值：**检查维度、有效掩膜、NaN/NoData、单位和阈值；先停止解释，再修复输入。
- **真实产品与示例输入不匹配：**核对官方字段字典和产品版本；完成显式映射、单位/CRS 检查后再运行，不能直接把真实栅格塞入模拟数组流程。
- **显著性或趋势过度解释：**记录空间/时间依赖、权重或检验条件；图上分组、象限或 Z 分数不自动代表统计显著。
- **结果无法复现：**记录依赖版本、随机种子、数据版本/哈希、处理步骤和输出文件名。

评分量规（100 分）

维度	分值	可核验证据
数据来源、状态与元数据	20	官方入口、版本/模拟状态、空间时间支持、CRS/单位/NoData 记录

维度	分值	可核验证据
数据质检与预处理	20	输入形状、有效样本、掩膜和数据限制说明
核心算法与参数解释	25	sen_slope, mann_kendall, station_trends 对应代码、参数表和结果表
GIS 图件、验证与敏感性	20	图件追溯表、图例/单位/范围、至少一项敏感性分析
可复现性与解释边界	15	环境/种子/来源记录、合成与真实数据区分、限制说明
合计	100	

论文与解释边界

核心论文和公开全文入口见 [references/论文与案例对应.md](#)。论文只支撑方法或数据产品背景，不代表本案例复现论文的研究区、数据版本或数值结果。