

鼠鼠气象工作室 • Python 寒假线上课程

第一期 2023.1





试听课程:

2023/1/2 【Lesson 0】时间序列处理·气温线性倾向率



第一期 课程计划:

2023/1/7 【Lesson 1】算法·月平均值·误差棒图·统计分析
搭建你的第一个算法框架

2023/1/9 【Lesson 2】数据处理·解放生产力·批量数据处理
批量数据处理进阶版+数据质量控制

2023/1/11 【Lesson 3】算法·高温热浪事件·气候变化
热门研究方向, 原创代码

2023/1/13 【Lesson 4】?

2023/1/15 【Lesson 5】?

一	二	三	四	五	六	日
26 初四	27 初五	28 初六	29 初七	30 初八	休 31 冬二九	休 1 元旦
休 2 十一	3 十二	4 十三	5 小寒	6 十五	7 十六	8 十七
9 冬二九	10 十九	11 二十	12 廿一	13 廿二	14 北小年	15 南小年
16 廿五	17 廿六	18 廿七	19 廿八	20 大寒	休 21 除夕	休 22 春节
休 23 初二	休 24 初三	休 25 初四	休 26 初五	休 27 初六	班 28 初七	班 29 初八
30 初九	31 初十	1 十一	2 十二	3 十三	4 立春	5 元宵节



第一期 直播授课日期

具体上课时间由课程QQ群投票决定,
群内提供录屏回放和助教答疑

Lesson 0 时间序列处理 · 气温线性倾向率



对气象要素的变化趋势进行分析，是认识气候变化规律的关键步骤。

数据：2000-2020年 NCDC sub-daily 中国地面气象站
气温数据

关键词：批量读取文件；年变化；线性倾向率

Lesson 0 时间序列处理 • 气温线性倾向率

常见气温变化趋势分析方法^[1]:

(1) 线性倾向估计

得到不同时间尺度 (年、季) 的气温变化趋势

(2) Mann-Kendall检验

检验时间序列是否存在突变

(3) 小波分析

揭示变换的多尺度结构, 从而提取其中存在的主要时间尺度 (主要震荡周期)

➤ 线性倾向估计^[2]

1.2 线性倾向估计

用 x_i 表示样本量为 n 的某一气候变量, 用 t_i 表示 x_i 所对应的时间, 建立 x_i 与 t_i 之间的一元线性回归方程:

$$\hat{x}_i = a + bt_i \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

对序列 x_i 及相应的 t_i , 回归系数 b 和回归常数 a 的最小二乘估计为

$$\begin{cases} b = \frac{\sum_{i=1}^n x_i t_i - \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n x_i) (\sum_{i=1}^n t_i)}{\sum_{i=1}^n t_i^2 - \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n t_i)^2} \\ a = \bar{x} - b\bar{t} \end{cases}$$

➡ 求回归系数 b (气温线性变化率/倾向值)

➡ 求相关系数 r (进行显著性检验)

$$\text{其中 } \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad \bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$$

t_i 与 x_i 之间的相关系数

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n t_i^2 - \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n t_i)^2}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n x_i)^2}$$

回归系数 b 的符号表示气候变量 x 的趋势倾向, 当 $b > 0$ 时, 说明 x 随时间 t 的增加而呈上升趋势; 当 $b < 0$ 时, 说明随时间 t 的增加, x 呈下降趋势。 b 值的大小反映了上升或下降的速率。

相关系数 r 表示 x 与 t 之间线性相关的密切程度, 当 $r > 0$ 、 $b > 0$ 时, 说明 x 随 t 的增加呈上升趋势; 当 $r < 0$ 、 $b < 0$ 时, 说明 x 随 t 的增加呈下降趋势。 $|r|$ 越大, x 与 t 之间的线性相关就越密切。要判断变化趋势的程度是否显著, 还要对相关系数进行显著性检验。确定显著性水平 α 若 $|r| > r_{\alpha}$ 表示 x 随 t 的变化趋势是显著的, 否则表明变化趋势不显著^[1]。

Lesson 0 时间序列处理 • 气温线性倾向率

➡ 求回归系数 b (气温线性变化率/倾向值)

一元线性回归、线性拟合、线性趋势...

(1) `numpy.polyfit` 多项式拟合函数, 多项式`deg=1`即为一元线性回归

(2) `scipy.optimize.curve_fit` 任意方程拟合函数, 定义拟合方程为一元线性回归方程

➡ 求相关系数 r (进行显著性检验)

pearson相关系数

(1) `scipy.stats.pearsonr`

`pandas.corr`和`numpy.corrcoef`可用于计算相关系数矩阵 (但无显著性检验, 适用于计算多个变量之间的相关系数的情况)

➤ 数据介绍

- 原数据来源: NCDC (美国国家气候数据中心, National Climatic Data Center)

2000-2020年 NCDC sub-daily中国地面气象站 气温数据

- 原数据网址: 王晓磊的主页: <https://quotsoft.net/air>

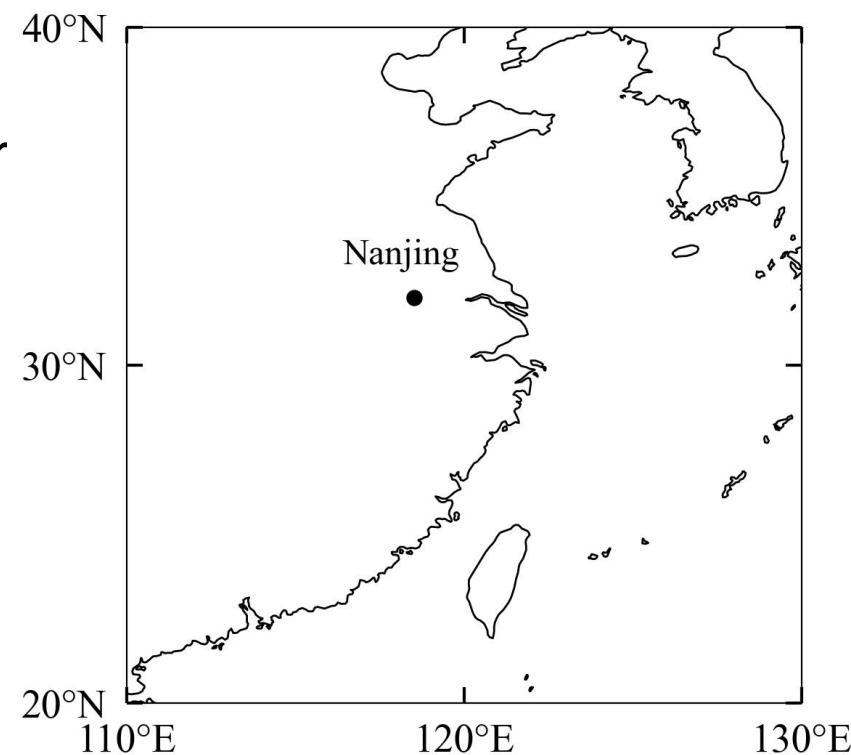
中国气象历史数据下载 (1942/07以来)

- 文件名称: **tem00-19.csv、tem20.csv**

已处理好的2000-2019年、2020年逐月气温数据

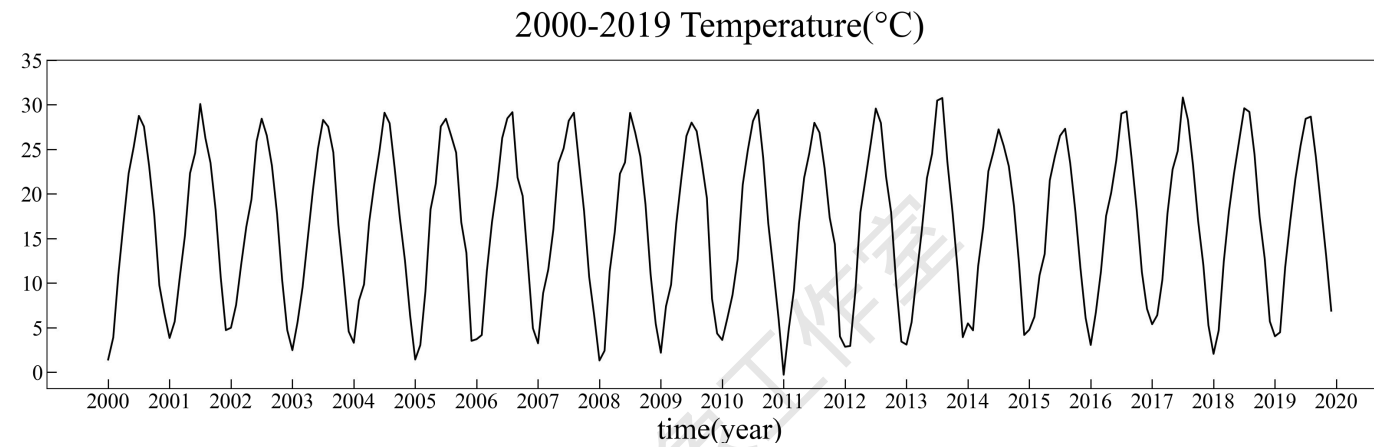
- 站点: 58238南京

后续课程内容

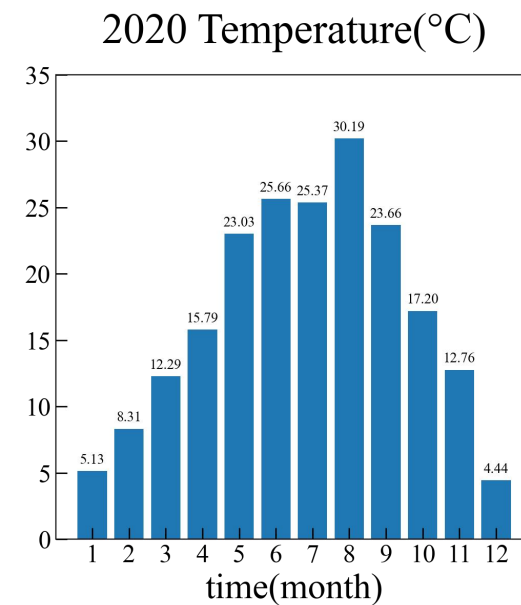
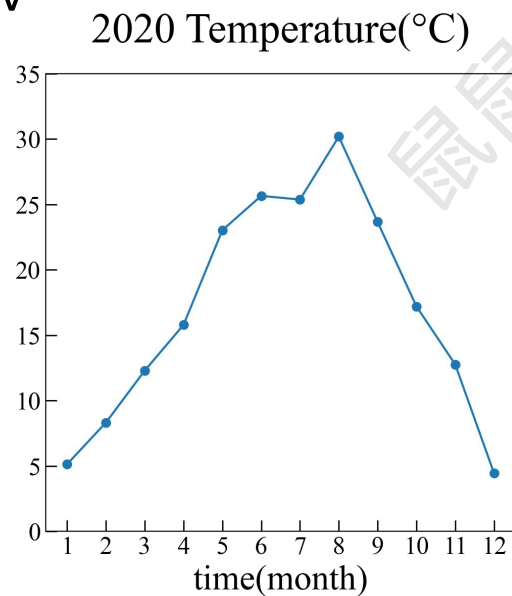


Lesson 0 时间序列处理 • 气温线性倾向率

- 文件名称: tem00-19.csv

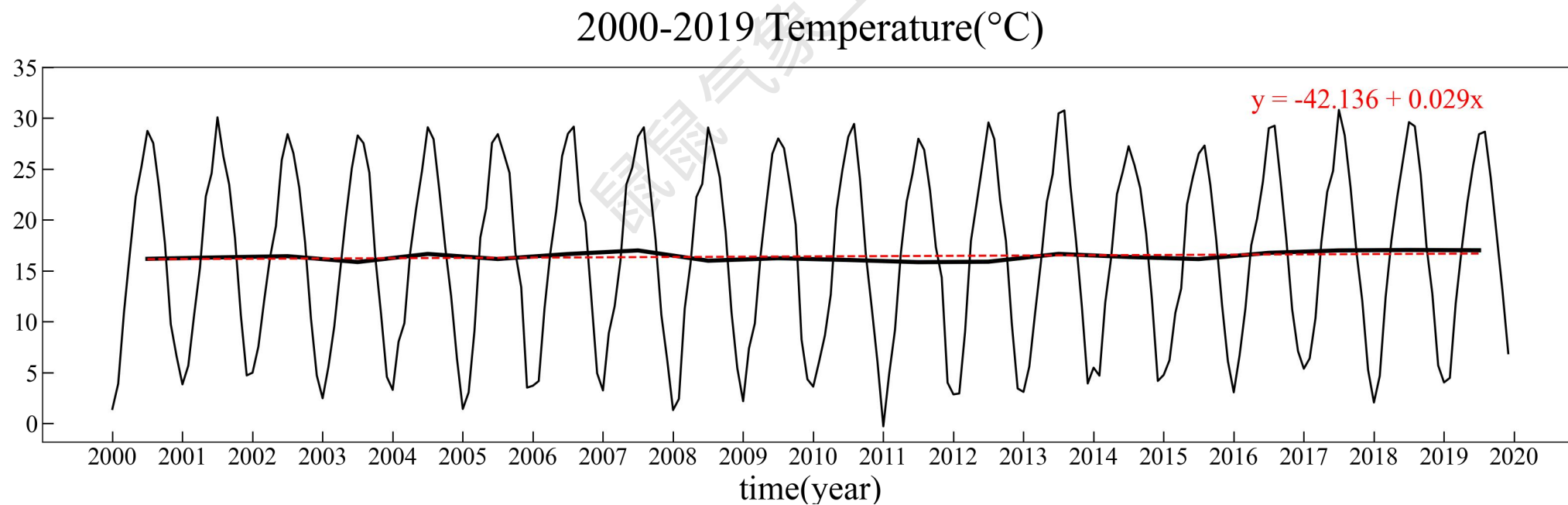


- 文件名称: tem20.csv



➤绘图要求

(1) 计算2000-2019年 58238南京站的年平均气温和逐年气温线性倾向率，并对所得的线性趋势方程进行显著性检验。使用该线性趋势方程计算2020年平均气温，并与实测值进行对比。



Lesson 0 时间序列处理 · 气温线性倾向率



(1) 计算2000-2019年 58238南京站的年平均气温和逐年气温线性倾向率，并对所得的线性趋势方程进行显著性检验。使用该线性趋势方程计算2020年平均气温，并与实测值进行对比。

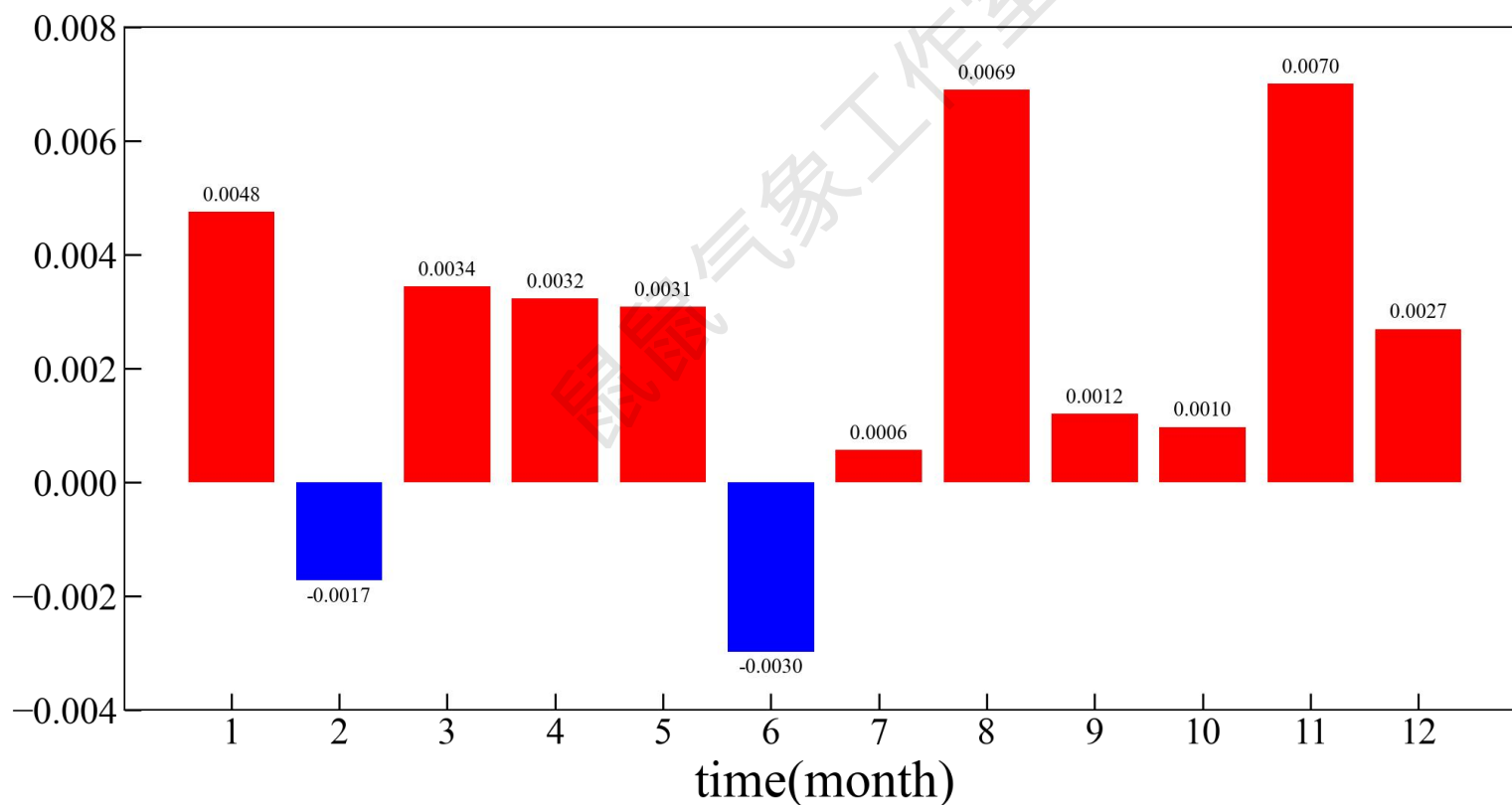
- 为什么要做年平均？
- 计算所得逐年气温线性倾向率有什么物理意义？它的单位是什么？

Lesson 0 时间序列处理 • 气温线性倾向率



(2) 计算2000-2019年 58238南京站的逐月气温线性倾向率，并对所得的线性趋势方程进行显著性检验。计算2020年各月平均气温，并与实测值进行对比。

2000-2019 Monthly temperature linear trend($^{\circ}\text{C}/20\text{a}$)



Lesson 0 时间序列处理 · 气温线性倾向率



(2) 计算2000-2019年 58238南京站的逐月气温线性倾向率，并对所得的线性趋势方程进行显著性检验。计算2020年各月平均气温，并与实测值进行对比。

- 计算所得逐月气温线性倾向率有什么物理意义？它的单位是什么？
- 如何求各季节的气温线性倾向率？