

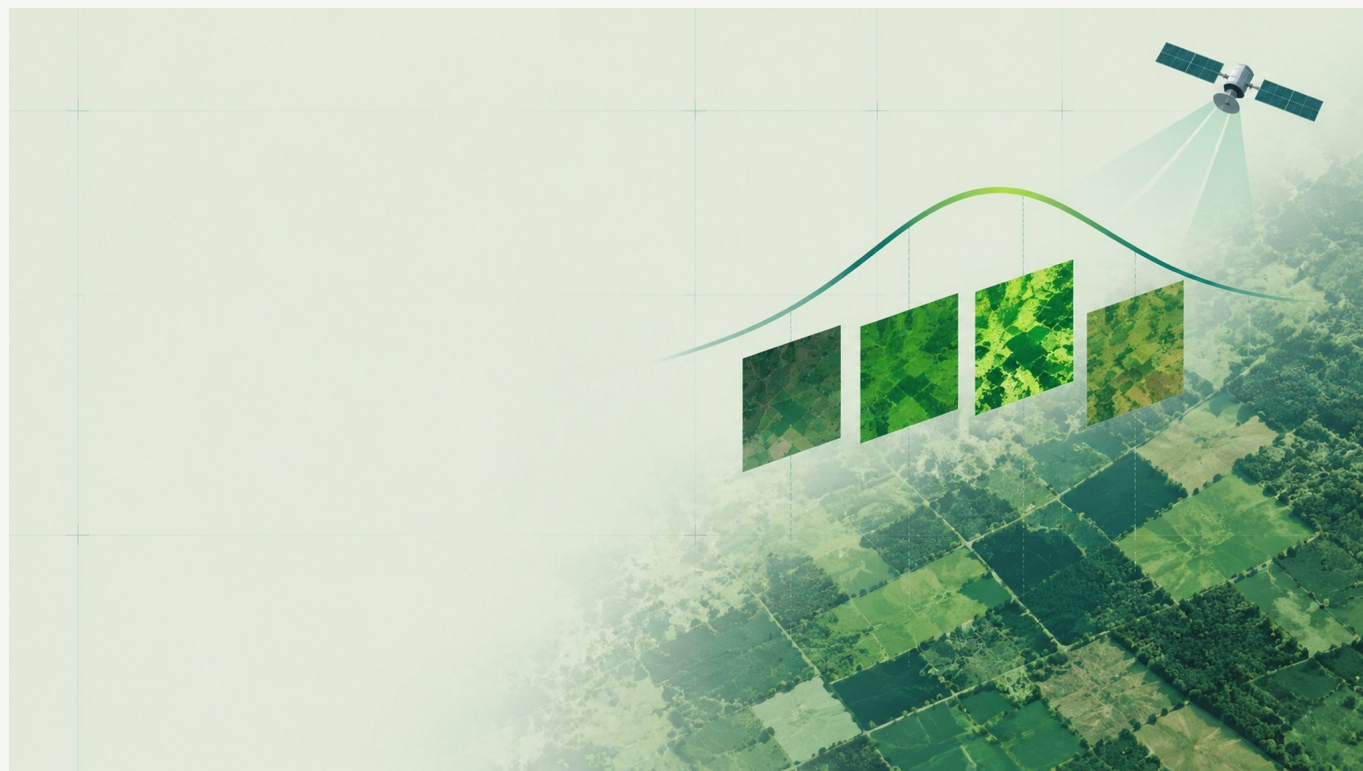
NDVI 年度曲线 与物候参数提取

平滑曲线 × SOS/EOS × 阈值敏感性

什么时候算“开始返青”？
阈值改变会不会改变结果？

Notebook 当前结果：固定种子的合成 NDVI 曲线

MODIS MOD13Q1：只提供真实资料接入入口



本案要回答三个问题

先看曲线，再看年内索引，最后检查阈值变动会带来什么影响。

1

一年里的 NDVI 曲线怎么变化？

先用 Savitzky–Golay 平滑，再找曲线上升和下降的相对阈值位置。

2

三个年份应怎样比较？

每年单独平滑和提取，SOS/EOS 用 0–22 年内合成期索引表示。

3

相对阈值变了，SOS 会怎样？

比较 0.1、0.2、0.3、0.4，不把三年示例说成趋势。

这次教学输入

3 年 × 23

期 0–2022，每年独立合成

7 × 9 格网

共 63 个合成空间单元

0.2 × 年振幅

默认相对阈值比例

从“什么时候返青”走到可计算的索引

把物候问题拆成年度曲线、相对阈值和空间单元。

环境问题

何时开始生长？

何时达到峰值？

何时接近季末？

答案必须能回到曲线和参数。

可计算对象

year × period × cell

2020–2022

23 个年内合成期

63 个合成格网单元

输出定义

SOS / EOS

0–22 的年内合成期索引

峰值和振幅

阈值敏感性曲线

索引 0–22 只表示年内合成期位置，不是日历日期，也不是趋势显著性。

先分清：公开 MODIS 产品与当前教学输入

产品可下载，不等于 Notebook 已经读取它；报告中要明确写出数据状态。

01 公开产品入口

MOD13Q1 v061

250 米空间分辨率

16 日合成植被指数

Earthdata 检索后下载

需核对 NDVI、QA 波段

lpdaac.usgs.gov/products/mod13q1v061/

本包不附完整原始数据

02 真实产品接入前要做

QA 掩膜 + 比例因子

按产品说明解码质量位

NDVI 按 0.0001 缩放

核对 NoData、有效范围、CRS

把年度序列按期次排齐

当前 Notebook 没有实现文件读取、QA 解码或缩放处理。

03 当前 Notebook 实际输入

合成 NDVI 数组

随机种子 104

3 年 × 23 期 × 63

格
NDVI 无量纲，合成演示

四张图均标 synthetic_demo

不代表 MODIS 实测结果

下载入口与许可状态：以 data/README.md 和数据清单为准。

分析流程： 每一步都留下文件证据

从输入质量到解释提交，学生能够知道“做了什么、产出了什么”。



输出目录

`outputs/student_run/figures/` + `summary.csv`

每张图都能在 `FIGURE_TRACEABILITY.csv` 找到来源、含义和数据状态。

动手前先做数据质量检查

先看时间轴、数值范围和空间网格，防止把输入错误带进物候结果。

当前 Notebook：固定种子的合成数组

1

形状和年份对不对？

数据形状 (3, 23, 63)：2020–2022，每年 23 期，63 格。

2

时间轴是每年独立的吗？

先分年，再平滑和提取；不能把三年串成一条年曲线。

3

NDVI 数值和缺失值正常吗？

合成值限制在 0.05–0.95，无缺失；它不是 MODIS 原始 DN。

4

坐标和尺度有没有说明？

7×9 格网只有行列号，没有研究区投影或真实经纬度。

接入真实 MOD13Q1 前

先做产品质量控制

按官方 QA 位掩膜，检查缩放系数、NoData、CRS 和有效观测期次。

不要混用两种输入

真实数据处理完成后再运行；不要把合成数组的图标成 MODIS 实测。

网格方向、年份或观测期数没对齐时，先停下来修输入，不要先解释 SOS/EOS。

算法一：先把 NDVI 曲线平滑

Savitzky–Golay 用局部多项式保留曲线形状，减少观测噪声。

本案参数

`window = 9`

`polyorder = 2`

沿每个年度的 23 期时间轴平滑，
窗口必须是奇数且不超过序列长度。

平滑结果仍是 NDVI，不是物候日期。

为什么必须逐年做？

- 1 **年度边界不能被跨越**
2020、2021、2022 各自只有 23 期。
- 2 **平滑不是趋势检验**
它只处理曲线局部噪声，不产生显著性。
- 3 **先保存中间曲线**
后面的 SOS/EOS 必须使用平滑结果。

输入是 `year × period × cell`；平滑沿 `period` 轴执行，不能把多个年份拼接后再提取。

算法二：相对振幅阈值怎样给出 SOS 和 EOS

先找每条年度曲线的最低值和峰值，再按振幅比例确定阈值。

```
threshold = min(NDVI) + fraction × (max(NDVI) -  
min(NDVI))
```

默认 fraction = 0.2；SOS 是首次达到阈值的期次，EOS 是最后达到阈值的期次。

提取顺序

- 1 每年、每格单独找 min 和 peak
- 2 计算相对振幅阈值
- 3 扫描平滑曲线得到 SOS/EOS

输出要怎么解释

SOS / EOS	是 0–22 的年内合成期索引
峰值 / 振幅	来自同一条年度曲线
无效值	没有达到阈值时记为 - 1

Notebook：按这个顺序运行和检查

不要跳过中间检查；每一步都要能对应回代码和文件。

1

打开案例 Notebook

选择本案例环境，从第一格开始 Restart Kernel → Run All。

2

检查输入摘要

确认 2020–2022、23 期、63 格和 0 个缺失值。

3

逐年平滑、提取和对比

观察平滑曲线、SOS/EOS、振幅和阈值敏感性。

4

检查图、表和追溯表

四图直接显示；查看 summary.csv 与 FIGURE_TRACEABILITY.csv。

主要输出位置

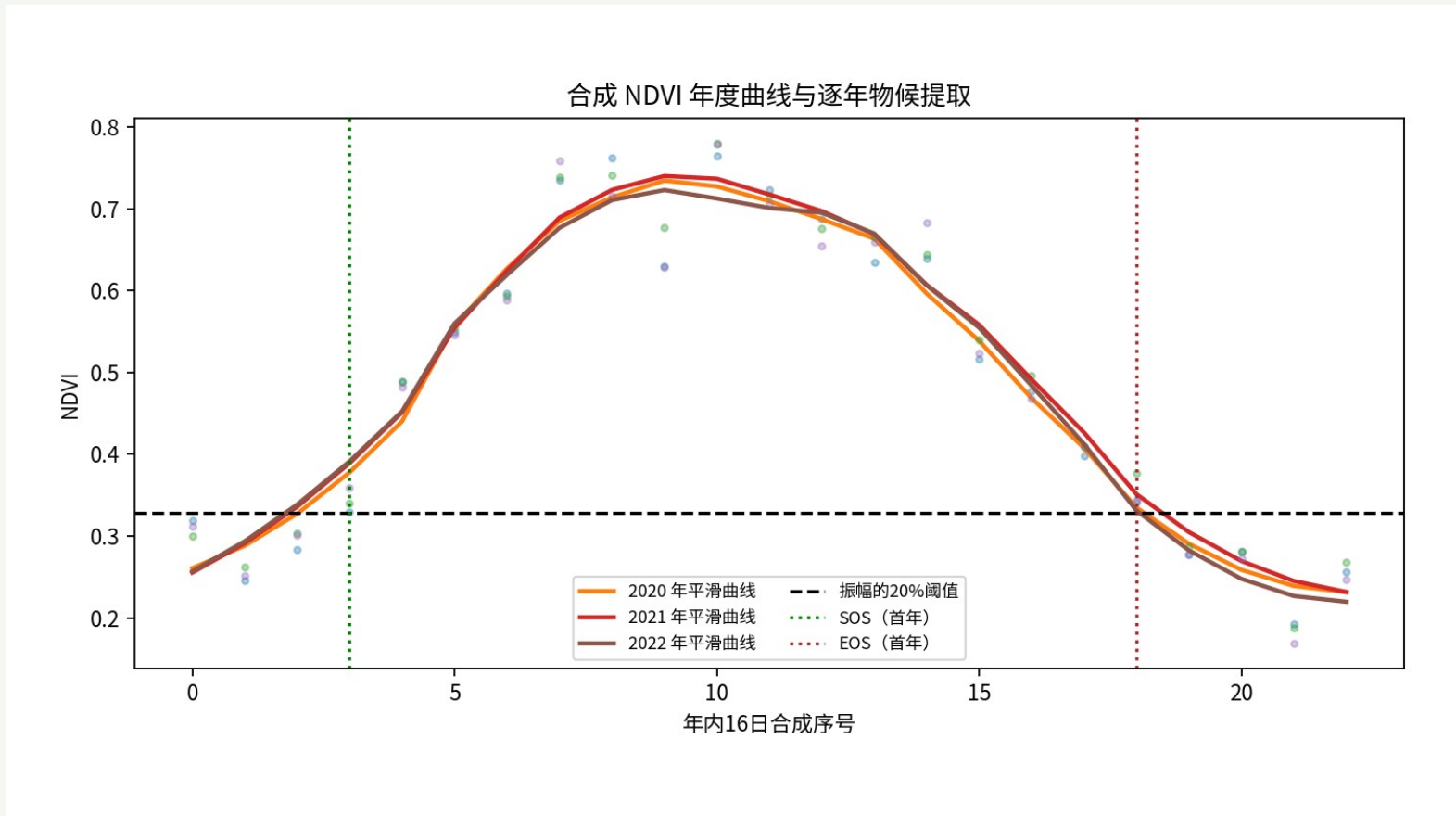
notebook/figures/
四张直接显示并保存的图

outputs/student_run/
figures/ + summary.csv

报告注明 synthetic_demo

结果一：三年 NDVI 曲线与平滑物候索引

每个年份单独计算；虚线和标记对应一条合成网格曲线。



怎么读这张图

散点 原始合成期 NDVI

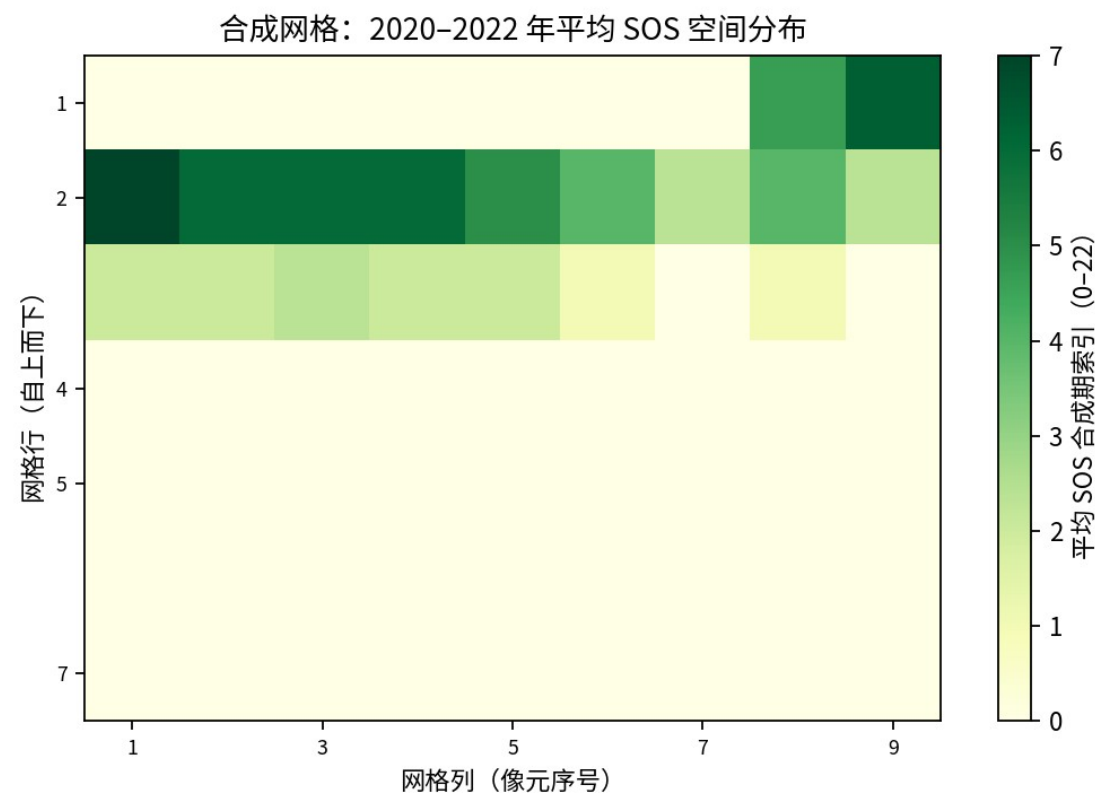
曲线 Savitzky–Golay 平滑结果

参考线 水平线为三年阈值均值

竖线只标出 2020 年的 SOS/EOS。
横轴为年内期次，不是日期。

结果二：三个年份的 SOS 合成期索引

每格先逐年独立提取，再对三年 SOS 索引取平均；不是趋势图。



读图要点

颜色 表示平均 SOS 期次索引

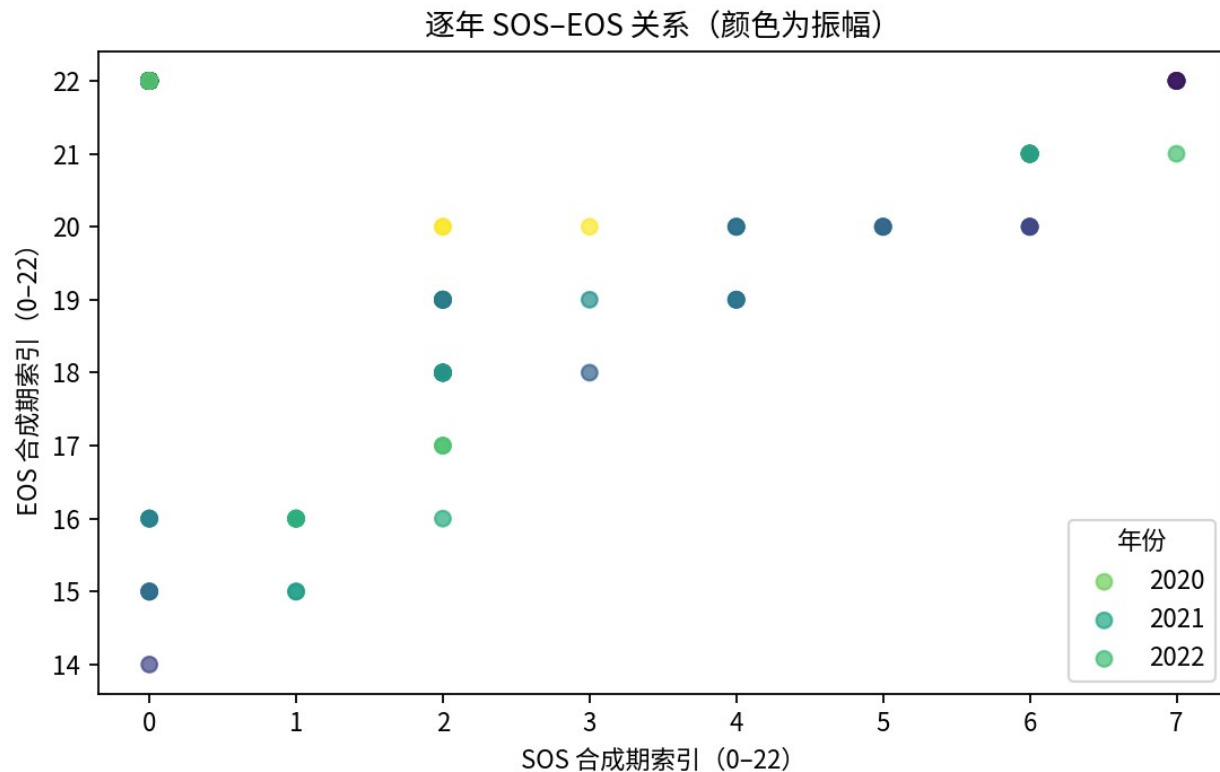
范围 0-22 的合成期编号

空间 7×9 的合成网格位置

没有经纬度或真实区界，
不能写成某地物候空间格局。

结果三： SOS 与 EOS 的关系

每个点是一个年度格网单元，颜色编码同一年度曲线的振幅。



读图要点

横轴 SOS 年内合成期

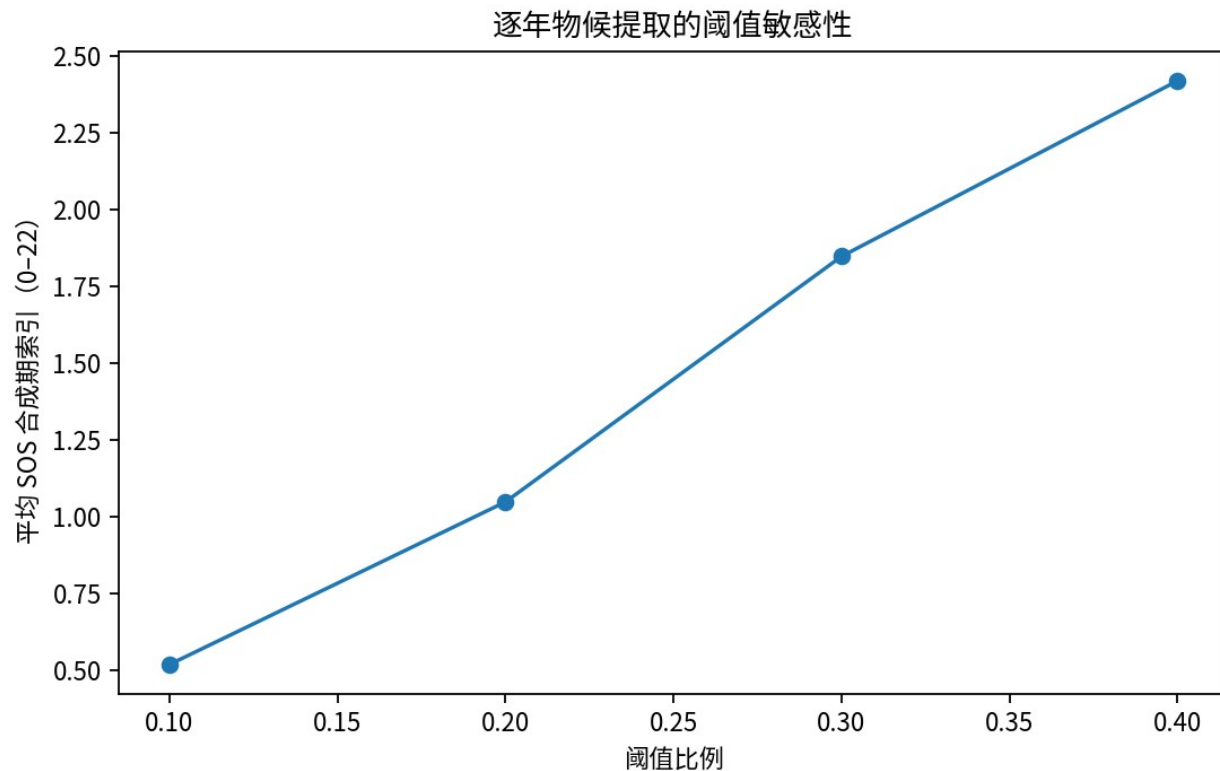
纵轴 EOS 年内合成期

颜色 年度振幅大小

它展示参数之间的关系，
不是因果分析或趋势检验。

结果四：阈值比例改变，SOS 会怎样？

只改变相对振幅 fraction，其他输入和逐年规则保持不变。



合成运行的平均 SOS

0.1 约 0.52 期

0.2 约 1.05 期

0.3 / 0.4 约 1.85 / 2.42 期

阈值越高，通常越晚跨过阈值；
这是参数敏感性，不是年度趋势。

这些结果能回答什么，不能回答什么？

结论要跟着数据范围走；合成曲线不能替代真实遥感产品或地面记录。

本次运行可以支持

- ✓ 演示 Savitzky–Golay 平滑步骤
- ✓ 逐年提取相对阈值 SOS/EOS
- ✓ 比较不同 fraction 下的 SOS 索引
- ✓ 查看合成网格间的结果差异

输入：2020–2022 合成 NDVI；63 个网格。

本次运行不能支持

- × 真实地点的返青、衰退日期
- × 多年物候变化趋势或显著性
- × 地面物种或农作物物候观测
- × 气候驱动或生态因果解释

真实研究须接入质量控制后的 MODIS 序列并复核。

常见故障：先看输入，再看算法

图件异常不一定是绘图问题，常见原因是期次、缺失或尺度没有对齐。

现象	先核对	处理办法
曲线断裂或全是空值	NoData 、 QA 掩膜、有效期次数	修复质量掩膜，确认每年期次足够。
SOS/EOS 数值异常	是否跨年平滑？ fraction 是否在 0-1 ？	逐年重跑，记录 fraction 和窗口。
图和标题对不上	FIGURE_TRACEABILITY.csv 的 meaning	先改图题映射，不要只改 PPT 文案。
真实数据和合成结果混淆	data_status 、 产品版本、下载记录	在报告中明确 synthetic_demo 或真实产品。

不要把跨年拼接后的曲线当成逐年趋势；需要趋势时，必须另行设计年度统计和检验。

提交什么，老师如何验收？

每个提交物都能回到代码、图件或数据说明，不靠一句口头结论。

学生提交清单

- 01 运行后的 Notebook
- 02 四张直接显示的 PNG 图
- 03 summary.csv
- 04 参数、数据状态和运行截图
- 05 200–300 字结果解释

若接入真实 MODIS，再附版本、下载日期、QA 和许可记录。

验收指标

- | | |
|------|-------------------|
| 逐年正确 | 每年独立平滑和提取 |
| 参数完整 | 窗口 9、二次项、fraction |
| 图件匹配 | 四图含义和标题一致 |
| 边界清楚 | 合成数组不写成实测 |
| 可复现 | seed=104，路径可迁移 |

评分时不看“图像像不像地图”，先看输入、算法、参数、图题和解释是否彼此一致。

论文桥接：平滑方法怎样影响物候提取？

用公开全文论文校准方法背景，再回到本案自己的输入和参数。

核心公开全文论文

Performance of Smoothing Methods for Reconstructing NDVI Time-Series and Estimating Vegetation Phenology from MODIS Data

Cai, Jönsson, Jin and Eklundh · Remote Sensing · 2017

DOI: 10.3390/rs9121271 · CC BY 4.0

全文: <https://www.mdpi.com/2072-4292/9/12/1271>

本地 PDF : [论文资料 / 开放全文 / P04_Cai_2017_MODIS_Phenology_CC_BY_4.0.pdf](#)

论文与本案的关系

论文提供

平滑与物候提取的比较背景。

本案实现

SG 窗口 9、逐年提取、fraction 敏感性。

不能照搬

论文研究区、原始 MODIS 数值和结论。

课后：比较数据、尺度和推论边界。