ROLE:

คุณคือ Senior Climate Scientist + Hydrologist + Python Developer ระดับ Postdoctoral researcher (25+ ปี) เชี่ยวชาญ Hydroclimatology, Statistical Climatology, Rainfall Trend Analysis, CMIP6, Hydrological Statistics และ Publication workflow ระดับ Q1 (Journal of Hydrology / HESS / Climate Dynamics / Int. J. Climatology)

TASK:

แก้ไขและยกระดับไฟล์ Python เดิม “rainfall_trend_analysis_v3.py” ทั้งระบบให้เป็นเวอร์ชันใหม่:

rainfall_trend_analysis_v4_Q1.py

ต้องส่งคืน “โค้ดฉบับเต็มพร้อมรัน” เท่านั้น

ห้ามส่ง patch

ห้ามส่งเฉพาะ function

ห้ามย่อโค้ด

ต้องคง workflow เดิมทั้งหมดและขยายเพิ่มตามข้อกำหนดด้านล่าง

==========

A. คงระบบเดิมทั้งหมด

==========

ต้องคงความสามารถเดิมไว้ทั้งหมด:

1. Quality control

- Missing detection

- IQR outlier (Q3 + 3×IQR)

- Linear interpolation ≤5 วัน

2. Temporal aggregation

Annual:

Jan–Dec

Wet:

May–Oct

Dry:

Nov–Apr

ใช้ hydrological year:

Nov(Y)+Dec(Y)+Jan–Apr(Y+1)

3. Descriptive statistics

Mean

Median

Max

Min

Std

CV

Wet days

Skewness

Kurtosis

4. Existing trend workflow

Lag autocorrelation

Standard MK

Modified MK (Hamed & Rao 1998)

Sen slope

95% CI (Gilbert 1987)

5. Publication outputs

Figure pipeline

Excel

Markdown summary

600 DPI

PNG + PDF

==========

B. BUG FIX (CRITICAL)

==========

1) แก้ mk_s_ties()

ห้ามใช้:

np.sum(generator)

เพราะ Python 3.12 เกิด DeprecationWarning

เปลี่ยนไปใช้ vectorized implementation:

_mk_s_fast()

ทุกจุด

==========

C. AUTOCORRELATION MODULE (MAJOR REVISION)

==========

เพิ่มระบบ autocorrelation correction ใหม่ทั้งหมด

Workflow ใหม่:

Step 4:

Lag-k autocorrelation

Step 5:

Standard MK

Step 6:

MMK_HR98

(Hamed & Rao)

Step 7:

MMK_HR98_ALL

ใช้ all lags

Step 8:

MMK_HR98_SIG

ใช้เฉพาะ significant lags

Step 9:

MMK_LAG1

(Yue & Wang)

Step 10:

PW

(Pre-whitening)

Step 11:

TFPW

(Trend-free pre-whitening)

Step 12:

Theil–Sen slope

==========

D. DETREND BEFORE AUTOCORRELATION

==========

เพิ่ม:

```
def detrend_sen(x):
```

ใช้ Theil-Sen slope

```
Q,_,_=sens_slope(x)
t=np.arange(len(x))
return x-Q*t
```

ใน modified_mk()

เปลี่ยน:

```
ranks=sps.rankdata(x)
```

เป็น

```
ranks=sps.rankdata(
detrend_sen(x)
)
```

ทำก่อนคำนวณ autocorrelation

รองรับ literature:

Hamed & Rao (1998)

Yue & Wang (2004)

TFPW approaches

==========

E. PRE-WHITENING

==========

เพิ่ม:

1.

pre_whitening()

2.

trend_free_prewhitening()

3.

pw_mk()

4.

tfpw_mk()

ใช้ Sen slope detrending ก่อน

==========

F. FIELD SIGNIFICANCE

==========

เพิ่ม multiple testing correction

Methods:

1.

FDR

Benjamini–Hochberg

2.

Walker test

คำนวณ:

field significance

รายงาน:

corrected p

significant stations

regional significance

เพิ่มใน Excel

Summary

Figure

==========

G. MISSING DATA IMPROVEMENT

==========

Annual:

minimum completeness ≥80%

Wet:

minimum completeness ≥90%

Dry:

minimum completeness ≥90%

เพิ่ม:

data completeness %

station availability %

report ลง Excel

==========

H. STATION METADATA

==========

เพิ่ม input:

station_metadata.csv

columns:

Station

Latitude

Longitude

Elevation

คำนวณ:

availability %

เพิ่ม Excel sheets:

S0 Station_Metadata

แสดง:

lat

lon

elev

availability

missing

==========

I. FIGURE EXPANSION

==========

เพิ่ม Figure 0

Fig0_StationMap

ใช้:

geopandas

แสดง:

station location

trend arrow

สี:

increase:

green

decrease:

red

ns:

grey

เพิ่ม north arrow

scale bar

publication quality

Fig9_MethodComparison

Panel A:

MK vs MMK

Panel B:

MMK variants

Panel C:

PW vs TFPW

Panel D:

Field significance

Fig10_FieldSignificance

FDR

Walker

Fig11_Metadata

availability

elevation

missing %

==========

J. EXCEL EXPANSION

==========

เดิม:

6 sheets

เปลี่ยนเป็น:

S0 Station Metadata

S1 Trend Results

S2 Method Comparison

S3 Autocorrelation

S4 Field Significance

S5 PW_TFPW

S6 Descriptive

S7 QC

S8 Methods References

S9 Data Availability

==========

K. RESEARCH SUMMARY

==========

เพิ่ม:

Executive Summary

Key Messages

Autocorrelation impact

Field significance

Regional interpretation

Water management implication

Agriculture implication

Climate implication

==========

L. REPRODUCIBILITY

==========

เพิ่ม:

np.random.seed(42)

requirements.txt

environment.yml

CLI arguments:

--input

--output

--metadata

--wet_thr

--alpha

--dpi

--save_pdf

==========

M. TYPE HINTS

==========

เพิ่ม type hints ทุก function สำคัญ

เช่น:

```
def modified_mk(
x:np.ndarray
)->dict:
```

==========

N. OPTIONAL ADVANCED ANALYSIS

==========

เพิ่ม module:

Pettitt

Buishand

SNHT

ITA

IPTA

Extreme indices:

Rx1day

Rx5day

CDD

CWD

ใช้ xclim

ให้เปิดด้วย flag:

ENABLE_ADVANCED=True

==========

O. OUTPUT

==========

ต้องสร้างได้:

Output_TrendV4/

Fig0_StationMap

Fig1–11

Results.xlsx

Research_Summary.md

requirements.txt

environment.yml

==========

P. REFERENCES

==========

อ้างอิงใน docstring:

Mann (1945)

Kendall (1975)

Sen (1968)

Gilbert (1987)

Hamed & Rao (1998)

Yue & Wang (2004)

Benjamini & Hochberg (1995)

Pettitt (1979)

Buishand (1982)

Alexandersson (1986)

WMO (2008)

==========

Q. PUBLICATION FIGURE PACKAGE (Q1 PREMIUM)

==========

ออกแบบและสร้าง figure package ใหม่ทั้งหมด

เป้าหมาย:

Journal of Hydrology

HESS

Climate Dynamics

International Journal of Climatology

ต้องเป็น:

publication-grade

premium visual

editor-friendly

reviewer-ready

ห้ามใช้กราฟพื้นฐานธรรมดา

ห้ามใช้ default matplotlib

ห้ามใช้สีฉูดฉาด

ต้องใช้:

minimal scientific style

color-blind safe

vector quality

600 DPI

PNG + PDF

ทุก figure ต้อง export:

PNG

PDF

SVG

==========

FIGURE STYLE

==========

ใช้ global style:

font:

Times New Roman

fallback:

DejaVu Serif

axes width:

1.2

grid:

light dashed

background:

white

minor ticks:

ON

math font:

STIX

tight layout

publication spacing

ใช้ palette:

increase:

#1B5E20

increase light:

#A5D6A7

decrease:

#B71C1C

decrease light:

#EF9A9A

wet:

#1565C0

dry:

#E65100

neutral:

#546E7A

ns:

#90A4AE

significance:

gold

==========

FIGURE 0

Study Area + Station Map

==========

ชื่อ:

Fig0_StudyArea_StationMap

ใช้:

geopandas

contextily

cartopy

แสดง:

basemap

river basin

province boundary

station location

station label

elevation

trend arrow

significance symbol

เพิ่ม:

north arrow

scale bar

coordinate grid

legend

inset Thailand map

ต้องดูระดับ Journal of Hydrology

Panel A:

station distribution

Panel B:

elevation map

Panel C:

trend direction map

==========

FIGURE 1

Annual Trend Dashboard

==========

ชื่อ:

Fig1_AnnualTrendDashboard

แทนกราฟเดิม

layout:

3×N

Panel:

rainfall time series

Theil-Sen line

95% CI

MK significance

autocorrelation annotation

เพิ่ม:

distribution inset

trend magnitude

slope text

ใช้ shaded confidence band

==========

FIGURE 2

Wet–Dry Hydroclimate Dashboard

==========

layout:

2×3

Panel:

wet regional series

dry regional series

wet anomaly

dry anomaly

wet slope

dry slope

เพิ่ม:

departure from mean

zero anomaly line

climate interpretation text

==========

FIGURE 3

Method Comparison Matrix

==========

ชื่อ:

Fig3_MethodComparison

เปรียบเทียบ:

MK

MMK_HR98

MMK_ALL

MMK_SIG

MMK_LAG1

PW

TFPW

layout:

2×2

Panel A:

Z-score comparison

Panel B:

Sen slope comparison

Panel C:

ΔZ heatmap

Panel D:

agreement matrix

ใช้:

annotated heatmap

premium style

==========

FIGURE 4

Autocorrelation Diagnostics

==========

layout:

2×2

Panel:

Lag-k ACF

significant lag

effective sample size

AC correction impact

เพิ่ม:

confidence band

AR1 indicator

==========

FIGURE 5

Field Significance

==========

layout:

2×2

Panel:

raw p

FDR

Walker

corrected significance

ใช้:

clustered heatmap

==========

FIGURE 6

Theil–Sen Publication Figure

==========

layout:

3 rows

annual

wet

dry

แสดง:

β

95% CI

significance

effect size

ใช้:

bar + CI + annotation

==========

FIGURE 7

Monthly Hydroclimatology

==========

layout:

2×2

Panel:

monthly cycle

wet frequency

boxplot

violin

เพิ่ม:

monsoon onset

monsoon withdrawal

==========

FIGURE 8

Trend Synthesis Dashboard

==========

premium summary figure

Panel:

trend count

significance

autocorrelation

field significance

method agreement

==========

FIGURE 9

Metadata Dashboard

==========

Panel:

availability

missing %

elevation

station completeness

==========

FIGURE 10

Advanced Hydroclimate

==========

ถ้า ENABLE_ADVANCED=True

plot:

Pettitt

SNHT

Buishand

ITA

IPTA

==========

FIGURE 11

Extreme Rainfall Diagnostics

==========

ถ้า ENABLE_ADVANCED=True

plot:

Rx1day

Rx5day

CDD

CWD

R95p

SDII

PRCPTOT

ใช้:

publication multi-panel

==========

VISUAL REQUIREMENTS

==========

ทุก figure:

panel labels:

(a)

(b)

(c)

bold

top-left

legend:

outside panel

minimal border

error bars:

black

confidence:

grey transparent

annotation:

publication style

NO chartjunk

NO rainbow color

NO default matplotlib colors

==========

EXPORT

==========

save:

PNG

PDF

SVG

600 DPI

ชื่อ:

Output_TrendV4_Fig0–11

==========

FINAL RULE

==========

ทุก figure ต้องดูระดับ:

Journal of Hydrology

HESS

Climate Dynamics

ไม่ใช่กราฟสำหรับรายงานทั่วไป

ต้องดูแพง พรีเมียม พร้อมส่งตีพิมพ์

==========

FINAL REQUIREMENT

==========

ส่งคืน:

rainfall_trend_analysis_v4_Q1.py

เป็นโค้ดฉบับเต็มพร้อมรัน

ห้ามตัดโค้ด

ห้ามย่อ

ห้าม patch

ต้อง compile ได้

ต้องรักษา publication workflow เดิมทั้งหมด

ต้องรองรับข้อมูล observed rainfall รายวัน 1981–2014 ได้ทันที