

## การพัฒนาโปรแกรมเติมค่าสูญหายข้อมูลฝนรายวันจากวิธีถ่วงน้ำหนักระยะทางผกผัน และวิธีถ่วงน้ำหนักสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

### Software Development of Missing Daily Rainfall Data from Inverse Distance Weighting and Correlation Coefficient Weighting Method

จันทนา ปัญญาวารภรณ์<sup>1</sup> ศรีสุนี วุฒิวงศ์โยธิน<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี 20131

<sup>2</sup>ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี 20131

Jantana Panyavaraporn<sup>1</sup> Srisunee Wuthiwongyothin<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Burapha University, Chonburi, 20131

<sup>2</sup>Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Burapha University, Chonburi, 20131

\*Corresponding author Email: srisunee.wu@eng.buu.ac.th

(Received: December 7, 2022; Revised: April 7, 2023; Accepted: May 9, 2023)

#### บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์หลักของการเติมค่าสูญหายข้อมูลฝนรายวันคือต้องการให้ชุดข้อมูลมีความสมบูรณ์ก่อนนำไปศึกษาหรือวิเคราะห์ด้านอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไป จากเหตุผลข้างต้นงานวิจัยจึงได้นำเสนอการพัฒนาโปรแกรมเติมค่าสูญหายข้อมูลฝนรายวันโดยใช้วิธีถ่วงน้ำหนักระยะทางผกผัน วิธีถ่วงน้ำหนักสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ และวิธีค่าเฉลี่ยคณิตศาสตร์ที่มีการออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน จากผลการทดสอบข้อมูลฝนรายวันของสถานีเป้าหมายที่ต้องการเติมค่าสูญหายพบว่าระยะเวลาในการประมวลผลต่อรอบไม่เกิน 22 วินาที ซึ่งระยะเวลาขึ้นอยู่กับปริมาณฝนรายวันและเปอร์เซ็นต์การสูญหาย

**คำสำคัญ:** วิธีถ่วงน้ำหนักระยะทางผกผัน วิธีถ่วงน้ำหนักสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ การพัฒนาโปรแกรม ส่วนต่อประสานผู้ใช้

#### ABSTRACT

The main objective to fill missing values of daily rainfall data is to obtain a complete data set before further analysis in other related studies. Therefore, this paper presented a software development to fill the gap of missing daily rainfall data using Inverse Distance Weighting (IDW) method, Correlation Coefficient Weighting (CCW) method and Arithmetic Mean (AM) with user interface (UI) that makes it easy to use. The experimental results showed that the processing time per round was less than 22 seconds based on daily rainfall data and percent of missing rainfall.

**Keyword:** Inverse Distance Weighting, Correlation Coefficient Weighting, Software Development, User Interface.

## 1. บทนำ

ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญเพื่อการวิเคราะห์และประยุกต์ใช้ที่มีประโยชน์ในหลายด้าน เช่น ด้านเกษตรกรรมและชลประทานใช้สำหรับการจัดสรรน้ำเพื่อการเพาะปลูก ด้านสภาพอากาศเพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ ด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อติดตามคุณภาพน้ำหรือมลภาวะทางอากาศ เช่น ฝุ่น PM 2.5 ตลอดจนการศึกษาเพื่อเตรียมรับมือกับภัยพิบัติ ยกตัวอย่างเช่น น้ำท่วม ดินถล่ม น้ำแล้ง พายุฝน เป็นต้น [1-5] การวิเคราะห์ที่เกี่ยวข้องดังกล่าวจำเป็นต้องใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่สมบูรณ์ ซึ่งปราศจากการขาดหายของข้อมูลที่เรียกว่า “ค่าสูญหาย”

ปัญหาการเกิดค่าสูญหายของการตรวจวัดข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเป็นปัญหาที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ ปัญหาดังกล่าวเกิดจากหลายสาเหตุ ยกตัวอย่างเช่น สาเหตุจากมนุษย์ เช่น ขาดเจ้าหน้าที่จัดบันทึกข้อมูล สาเหตุจากอุปกรณ์ เช่น อุปกรณ์ทำงานขัดข้องหรือเสียหาย แบตเตอรี่หมด อุปกรณ์เก็บข้อมูลมีความผิดปกติ หรืออาจเกิดจากความผิดปกติจากการสอบเทียบเครื่องมือหรืออุปกรณ์ สาเหตุจากธรรมชาติ เช่น ฟ้าผ่าทำให้การส่งสัญญาณข้อมูลขัดข้องหรือทำให้อุปกรณ์เสียหาย อุปกรณ์เกิดไฟไหม้หรือไฟฟ้าลัดวงจร เป็นต้น [6-8]

แนวทางการแก้ไขค่าสูญหายโดยทั่วไปสามารถทำได้ 2 วิธี ได้แก่ 1) การลบค่าสูญหายหรือค่าปกติทิ้งไป และ 2) การใช้เทคนิคต่าง ๆ เพื่อเติมค่าสูญหาย [9] วิธีการลบค่าสูญหายทิ้งไปเป็นวิธีที่ง่าย สะดวก และรวดเร็ว แต่มีข้อเสียคือวิธีการนี้จะทำให้จำนวนข้อมูลลดลง สูญเสียความต่อเนื่องข้อมูลอนุกรมเวลา (Time series) และส่งผลให้ผลการวิเคราะห์มีความเอนเอียง (Bias results) ส่วนการใช้เทคนิคการเติมค่าสูญหายเป็นวิธีที่มีความยุ่งยากทั้งในแง่การคำนวณและความซับซ้อนของตัวแปรอุตุนิยมวิทยาที่ต้องการเติมค่า เนื่องจากตัวแปรอุตุนิยมวิทยาแต่ละตัวแปรมีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างกัน เช่น ข้อมูลอุณหภูมิรายวัน อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุด

อุณหภูมิสูงสุด และความชื้นรายวัน สามารถเติมค่าสูญหายได้ง่ายและค่าที่ได้ค่อนข้างแม่นยำ ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิและความชื้นรายวันมีลักษณะการแจกแจงความถี่ข้อมูลแบบปกติ (Normal distribution) [10, 11] ทั้งอุณหภูมิและความชื้นมีรูปแบบหรือช่วงค่าข้อมูลที่ชัดเจนทั้งในระหว่างวันหรือตามฤดูกาล ส่วนการเติมค่าสูญหายข้อมูลฝนรายวันจะมีความยุ่งยากและซับซ้อนมากกว่า เนื่องจากลักษณะข้อมูลฝนรายวันมีค่าไม่คงที่ มีการแจกแจงความถี่แบบไม่ปกติ (Non-normal distribution) ทั้งนี้เนื่องจากฝนรายวันประกอบด้วยความน่าจะเป็นของวันฝนตกและวันฝนไม่ตก ซึ่งมีลักษณะข้อมูลแบบไม่ต่อเนื่อง ส่วนวันที่มีฝนตกปริมาณฝนที่ตก ซึ่งวัดเป็นความลึก (ประเทศไทยวัดเป็นหน่วยมิลลิเมตร) มีปริมาณฝนที่แตกต่างกันไปตามพายุฝน การศึกษาทั่วไปพบว่าปริมาณฝนมีการแจกแจงความถี่แบบแกมมา [7, 12-14]

มีการศึกษาและทดสอบวิธีการเติมค่าสูญหายข้อมูลฝนรายวันมากมายในพื้นที่ต่าง ๆ ทั่วโลกพบว่าวิธีการประมาณค่าในช่วงเชิงพื้นที่เป็นวิธีการที่นิยมใช้มากที่สุดวิธีหนึ่งคือวิธีค่าเฉลี่ยคณิตศาสตร์ (AM) ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งที่คำนวณง่ายและมีประสิทธิภาพ แต่วิธีถ่วงน้ำหนักระยะทางผกผัน (IDW) ก็เป็นอีกวิธีที่ได้รับความนิยมเช่นกัน นอกจากนี้ยังมีวิธีสัดส่วนปกติ (Normal ratio) วิธีถ่วงน้ำหนักค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (CCW) และวิธีถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (MLR) เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการเติมค่าสูญหาย

Longman และคณะ [15] ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าเชิงพื้นที่ 5 วิธี ได้แก่ วิธีค่าเฉลี่ยคณิตศาสตร์ (AM) วิธีถ่วงน้ำหนักระยะทางผกผัน (IDW) วิธีสัดส่วนปกติ (NR) วิธีวิธีถ่วงน้ำหนักสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (CCW) และวิธีถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (MLR) พบว่าทุกวิธีดังกล่าวมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกันโดยให้ค่าทางสถิติไม่แตกต่างกันในการเติมค่าสูญหายข้อมูลขนาดใหญ่สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Wuthiwongyothin และคณะ [16] ที่ได้ทดสอบการเติมค่าสูญหายข้อมูลฝนรายวันเพื่อประเมินประสิทธิภาพระหว่างวิธี IDW และ CCW ผลการศึกษา

พบว่าทั้ง 2 วิธีให้ผลทางสถิติไม่แตกต่างกันมาก แม้ว่าวิธี CCW จะให้ความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าวิธี IDW ก็ตาม นอกจากนี้การศึกษาดังกล่าวยังได้เปรียบเทียบการเติมค่าสูญหายระหว่างชุดข้อมูลที่มีการสูญหายที่มีเปอร์เซ็นต์การสูญหายแตกต่างกันตั้งแต่ 5%, 10%, 20%, 30%, 40% และ 50% พบว่าเปอร์เซ็นต์การสูญหายของข้อมูลไม่มีผลต่อประสิทธิภาพในการเติมค่าสูญหายด้วยวิธี IDW และ CCW ทั้งนี้เนื่องจากทั้ง 2 วิธีนี้เป็นวิธีการประมาณค่าในช่วงเชิงพื้นที่ที่ใช้ข้อมูลจากสถานีใกล้เคียงเพื่อคำนวณค่าที่สูญหาย

งานวิจัยมุ่งเน้นการพัฒนาโปรแกรมที่มีส่วนต่อประสานผู้ใช้ (UI) สำหรับการเติมค่าสูญหายข้อมูลฝนรายวัน โดยพัฒนาเพิ่มเติมจากงานวิจัยที่ [17] ที่พัฒนาไว้เฉพาะการเติมค่าสูญหายด้วยวิธีถ่วงน้ำหนักระยะทางผกผัน งานวิจัยนี้ได้พัฒนาวิธีถ่วงน้ำหนักสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพิ่มเติม นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้กับวิธีค่าเฉลี่ยคณิตศาสตร์ (AM) ได้เพื่อเพิ่มโอกาสให้ผู้ใช้งานหรือผู้สนใจสามารถเลือกวิธีการเติมค่าสูญหายได้ตามต้องการหรือตามข้อจำกัดที่มีอยู่ ประโยชน์ที่ได้จากการพัฒนาโปรแกรมนี้สามารถช่วยลดระยะเวลาในการประมวลผลและสะดวกต่อผู้ใช้งาน ซึ่งสามารถช่วยให้ผู้ใช้งานเติมค่าสูญหายข้อมูลได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว ส่งผลให้มีการนำข้อมูลไปใช้ศึกษาวิเคราะห์ในด้านอื่น ๆ ได้มากขึ้น

## 2. วิธีการเติมค่าสูญหายข้อมูลฝนรายวัน

งานวิจัยนี้ใช้วิธีการเติมค่าสูญหายข้อมูลฝนรายวัน 3 วิธี ได้แก่ วิธีค่าเฉลี่ยคณิตศาสตร์ (Arithmetic Mean : AM) วิธีถ่วงน้ำหนักระยะทางผกผัน (Inverse Distance Weighting : IDW) และวิธีถ่วงน้ำหนักสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient Weighting : CCW)

### 2.1 วิธีถ่วงน้ำหนักระยะทางผกผัน

วิธีถ่วงน้ำหนักระยะทางผกผันเป็นวิธีการประมาณค่าในช่วงเชิงพื้นที่ที่นิยมมากที่สุดวิธีหนึ่งในเติมค่าสูญหาย

ข้อมูลฝนรายวัน การประมาณค่าจะใช้ข้อมูลจากสถานีข้างเคียง ( $P_i$ ) ที่อยู่ใกล้ที่สุดจำนวน  $n$  สถานีที่มีข้อมูลฝนรายวันนำมาคำนวณตามสมการที่ (1) โดยค่าถ่วงน้ำหนัก ( $W_i$ ) ของแต่ละสถานีหาจากส่วนกลับของระยะห่างระหว่างสถานีเป้าหมายและสถานีข้างเคียงดังสมการที่ (2)

$$\hat{P} = \sum_{i=1}^n W_i P_i \quad (1)$$

$$W_i = \frac{d_i^{-k}}{\sum_{i=1}^n d_i^{-k}} \quad (2)$$

เมื่อ  $\hat{P}$  คือปริมาณน้ำฝนของสถานีที่ไม่ทราบค่า (มม.)

$P_i$  คือปริมาณน้ำฝนจากสถานีที่ทราบค่า (มม.)

$n$  คือจำนวนสถานีอ้างอิง

$k$  คือค่ายกกำลัง

$d_i$  คือระยะระหว่างสถานีเป้าหมายกับสถานีข้างเคียงสามารถหาได้จากสมการที่ (3)

$$d_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \quad (3)$$

เมื่อ  $x$  คือพิกัดแกน  $x$  ของสถานีเป้าหมาย

$x_i$  คือพิกัดแกน  $x$  ของสถานีข้างเคียง

$y$  คือพิกัดแกน  $y$  ของสถานีเป้าหมาย

$y_i$  คือพิกัดแกน  $y$  ของสถานีข้างเคียง

### 2.2 วิธีถ่วงน้ำหนักสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

วิธีถ่วงน้ำหนักสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นวิธีที่ใช้สำหรับเติมค่าสูญหายข้อมูลฝนรายวันโดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ดังสมการที่ (4)

$$\hat{P} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i r_i^k}{\sum_{i=1}^n r_i^k} \quad (4)$$

เมื่อ  $\hat{P}$  คือปริมาณน้ำฝนของสถานีที่ไม่ทราบค่า (มม.)

$P_i$  คือปริมาณน้ำฝนจากสถานีที่ทราบค่า (มม.)

$n$  คือจำนวนสถานีอ้างอิง

$k$  คือค่ายกกำลัง

$r_i$  คือค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson Correlation) ระหว่างสถานีเป้าหมายและสถานีอ้างอิงหรือสถานีข้างเคียงที่คำนวณจากสมการที่ (5)

$$r_i = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2}} \quad (5)$$

เมื่อ  $x_i$  คือค่าของปริมาณฝนของสถานีเป้าหมาย

$\bar{x}$  คือค่าเฉลี่ยของปริมาณฝนของสถานีเป้าหมาย

$y_i$  คือค่าของปริมาณฝนของสถานีข้างเคียง

$\bar{y}$  คือค่าเฉลี่ยของปริมาณฝนของสถานีข้างเคียง

### 2.3 วิธีค่าเฉลี่ยคณิตศาสตร์

วิธีค่าเฉลี่ยคณิตศาสตร์ (AM) เป็นวิธีประมาณค่าและเติมค่าสูญหายอย่างง่ายโดยใช้การเฉลี่ยข้อมูลฝนของสถานีข้างเคียงที่ทราบค่า นิยมใช้ข้อมูลตั้งแต่ 3 สถานีขึ้นไป เพื่อเฉลี่ยน้ำฝนให้กับสถานีที่มีข้อมูลฝนสูญหายดังสมการที่ (6)

$$\hat{P} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \quad (6)$$

เมื่อ  $\hat{P}$  คือปริมาณน้ำฝนของสถานีที่ไม่ทราบค่า (มม.)

$P_i$  คือปริมาณน้ำฝนจากสถานีที่ทราบค่า (มม.)

$n$  คือจำนวนสถานีอ้างอิง

ทั้งนี้การคำนวณด้วยวิธีค่าเฉลี่ยคณิตศาสตร์สามารถประยุกต์ใช้โปรแกรมในส่วนของวิธี IDW โดยการเลือกค่ายกกำลัง ( $k$ ) ของวิธี IDW เท่ากับ 1 ฉะนั้นงานวิจัยนี้จึงอธิบายการพัฒนาโปรแกรมและการทดสอบโปรแกรมเฉพาะในส่วนของวิธี IDW และ CCW เท่านั้น

### 3. การพัฒนาโปรแกรมเติมค่าสูญหายข้อมูลฝน

วิธีดำเนินงานวิจัยประกอบด้วย 2 ส่วนหลักดังนี้

#### 3.1 ขั้นตอนการเตรียมข้อมูล

เริ่มด้วยการจัดเตรียมข้อมูลฝนรายวันในไฟล์ excel ที่ประกอบด้วย 2 ซีทหลักคือ Coordinate และ data ตามงานวิจัยที่ [17] ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 1

ซีท Coordinate ประกอบด้วย 3 คอลัมน์ดังตัวอย่างในรูปที่ 1(ก) ได้แก่ คอลัมน์แรกคือรหัสของสถานีฐานและคอลัมน์ที่ 2-3 เป็นพิกัดสถานีฐานตามแนวแกน  $x$  และ  $y$  ตามลำดับ

ซีท data (รูปที่ 1(ข)) ประกอบด้วย ลำดับที่ ค.ศ. เดือน วัน และข้อมูลฝนรายวันของแต่ละสถานีโดยต้องเรียงลำดับสถานีตามซีท Coordinate

	A	B	C
1	Station Code	x	y
2	70480	495,017	2,112,268
3	70420	497,908	2,100,463
4	70440	497,677	2,105,663
5	70391	501,446	2,077,638
6	70450	499,718	2,093,492
7	70540	518,154	2,081,210
8	70550	516,550	2,072,269
9	327016	496,159	2,141,311
10	327006	521,160	2,141,291
11	327005	494,176	2,114,116
12	327501	497,085	2,083,226
13	327004	514,247	2,086,467

(ก) พิกัด

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Year	Month	ข้อมูลฝน	70480	70420	70440	70391	70450	70540	
2	1	1953	1	1/1/1953	0	0	0	NA	0	NA
3	2	1953	1	1/2/1953	0	0	0	NA	0.1	NA
4	3	1953	1	1/3/1953	0	0	0	NA	0	NA
5	4	1953	1	1/4/1953	0	0	0	NA	0	NA
6	5	1953	1	1/5/1953	0	0	0	NA	0	NA
7	6	1953	1	1/6/1953	0	0	0	NA	0	NA
8	7	1953	1	1/7/1953	0	0	0	NA	0	NA
9	8	1953	1	1/8/1953	0	0	0	NA	0	NA
10	9	1953	1	1/9/1953	0	0	0	NA	0	NA
11	10	1953	1	1/10/1953	0	0	0	NA	0	NA
12	11	1953	1	1/11/1953	0	0	0	NA	0	NA
13	12	1953	1	1/12/1953	0	0	0	NA	0	NA
14	1	1953	1	1/1/1953	0	0	0	NA	0	NA
15	2	1953	1	1/2/1953	0	0	0	NA	0	NA
16	1	1953	1	1/1/1953	0	0	0	NA	0	NA

(ข) ข้อมูลฝนรายวัน

รูปที่ 1 ตัวอย่างการจัดเตรียมข้อมูล

### 3.2 การออกแบบโปรแกรมส่วนต่อประสานผู้ใช้

การออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานโปรแกรมเติมค่าสูญหายข้อมูลฝนรายวันแบ่งออกเป็น 4 ส่วน (รูปที่ 2) ดังนี้

1. การเติมค่าสูญหายด้วยวิธีถ่วงน้ำหนักระยะทางผกผันสำหรับบางสถานีดังรูปที่ 2(ก)
2. การเติมค่าสูญหายด้วยวิธีถ่วงน้ำหนักระยะทางผกผันสำหรับทุกสถานีดังรูปที่ 2(ข)
3. การเติมค่าสูญหายด้วยวิธีถ่วงน้ำหนักสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สำหรับบางสถานีดังรูปที่ 2(ค)

(ก) วิธี IDW บางสถานี

(ข) วิธี IDW ทุกสถานี

(ค) วิธี CCW บางสถานี

(ง) วิธี CCW ทุกสถานี  
รูปที่ 2 ส่วนต่อประสานผู้ใช้

4. การเติมค่าสูญหายด้วยวิธีถ่วงน้ำหนักสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สำหรับทุกสถานีดังรูปที่ 2(ง)

องค์ประกอบส่วนต่อประสานผู้ใช้สำหรับการเติมค่าสูญหายข้อมูลฝนรายวันบางสถานีดังตารางที่ 1 และการเติมค่าสูญหายข้อมูลฝนรายวันทุกสถานีจะตัดส่วนที่ให้เลือกสถานีออกไป ซึ่งองค์ประกอบอื่น ๆ จะเหมือนกับการเติมค่าสูญหายบางสถานี

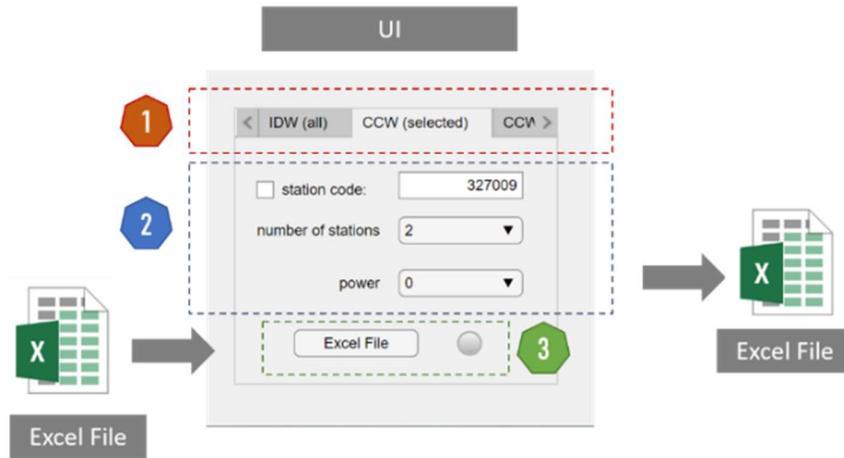
ตารางที่ 2 อธิบายความหมายของสีไฟสถานะ ขณะเริ่มต้นใช้งานไฟสถานะจะเป็นสีเทา หลังจากโหลดข้อมูลฝนรายวันเสร็จไฟสถานะจะเปลี่ยนเป็นสีเขียว เมื่อประมวลผลเสร็จสมบูรณ์ไฟสถานะจะเปลี่ยนเป็นสีแดง หากเกิดความผิดพลาดขึ้นไฟสถานะจะเปลี่ยนเป็นสีแดง

ตารางที่ 1 องค์ประกอบส่วนต่อประสานผู้ใช้ (บางสถานี)

	องค์ประกอบ
edit field	<input type="checkbox"/> station code: 327009 หน้าที่ ใส่รหัสสถานีที่ต้องการเติมค่าสูญหาย
drop down	number of stations 2 หน้าที่ เลือกจำนวนสถานีอ้างอิง (n) power 0 หน้าที่ เลือกค่ายกกำลัง (k)
button	Excel File หน้าที่ โหลดไฟล์ excel ที่จัดเตรียมตามหัวข้อ 3.1
lamp	 หน้าที่ ไฟแสดง

ตารางที่ 2 ไฟสถานะ

สี	ความหมาย
สีเทา	 เริ่มต้นใช้งานโปรแกรม
สีขาว	 กำลังประมวลผล
สีเขียว	 ประมวลผลเสร็จสมบูรณ์
สีแดง	 มีข้อผิดพลาด (error)



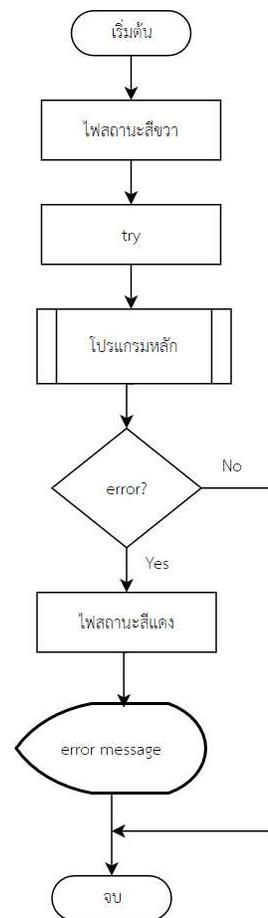
รูปที่ 3 ภาพรวมของโปรแกรม

### 3.3 การออกแบบและเขียนโปรแกรม

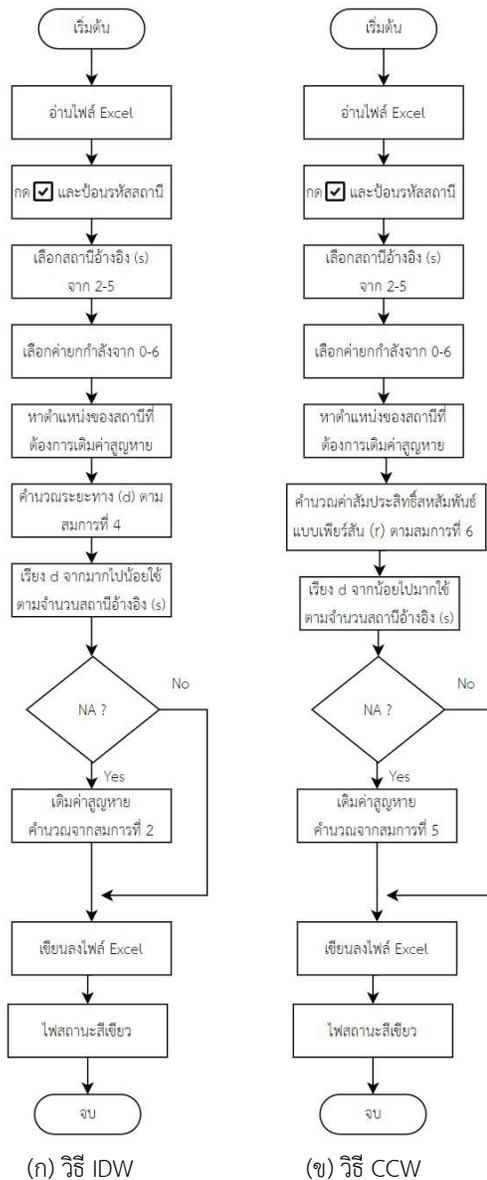
ส่วนต่อประสานผู้ใช้ (UI) ดังรูปที่ 3 และขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมตามผังงานในรูปที่ 4 เริ่มต้นที่การเตรียมไฟล์ข้อมูลตามหัวข้อที่ 3.1 เลือกวิธีที่ต้องการใช้โดยกดไปที่แท็บ (tap) ที่อยู่ด้านบน หลังจากนั้นใส่รหัสสถานี (เฉพาะเลือกเติมค่าสูญหายบางสถานี) เลือกจำนวนสถานีอ้างอิงและค่ายกกำลัง แล้วกดปุ่มโหลดไฟล์ excel เมื่อโหลดไฟล์เสร็จโปรแกรมจะเริ่มทำงานทันที ไฟสถานะจะเปลี่ยนจากสีเทาเป็นสีขาว เมื่อประมวลผลเสร็จสมบูรณ์ ไฟสถานะจะเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีเขียว ผลลัพธ์หลังจากเติมค่าสูญหายจะอยู่ในไฟล์เดิม หากพบข้อผิดพลาดในการประมวลผล ไฟสถานะจะเปลี่ยนเป็นสีแดงพร้อมแสดงข้อความที่ผิดพลาด

ผังงานโปรแกรมหลักของวิธี IDW และ CCW ตามรูปที่ 5 ใช้สำหรับเติมค่าสูญหายข้อมูลฝนเพียงบางสถานีโดยในไฟล์ excel ข้อมูลที่สูญหายจะเป็น NA ตามตัวอย่างในรูปที่ 1(ข) โปรแกรมจะคำนวณโดยใช้วิธี IDW หรือ CCW เฉพาะในส่วนที่เป็น NA เพื่อเติมข้อมูลที่สูญหายให้มีความสมบูรณ์ขึ้น

กรณีที่ต้องการเติมค่าสูญหายทุกสถานีจะตัดส่วนการป้อนรหัสสถานีออกไป (รูปที่ 2(ข) และรูปที่ 2(ง)) และใช้หลักการวนรอบโปรแกรมเข้ามาช่วย ซึ่งโปรแกรมจะเติมค่าสูญหายที่ละสถานีและทำไปจนครบทุกสถานี



รูปที่ 4 ผังงานโปรแกรม



รูปที่ 5 ผังงานโปรแกรมหลัก

4. ผลการทดสอบโปรแกรม

จัดเตรียมไฟล์ excel ตามหัวข้อที่ 3.1 แบ่งทดสอบออกเป็น 3 หัวข้อ ได้แก่ ทดสอบเวลาการประมวลของวิธี IDW และ CCW ทดสอบความแม่นยำของวิธี IDW และ CCW และทดสอบภาพรวมของโปรแกรม การทดสอบจะใช้คอมพิวเตอร์ที่มีรายละเอียดดังนี้ Processor: Intel(R) Core(TM) i5-6300U CPU @ 2.40 GHz, RAM 8 GB

4.1 ทดสอบเวลาการประมวลผล

ข้อมูลฝนรายวันจากกรมอุตุนิยมวิทยาจำนวน 21 สถานีที่เก็บข้อมูลฝนตั้งแต่ปี 1953-2017 ปรับสถานีอ้างอิงจาก 2 ถึง 5 สถานีและปรับค่ายกกำลัง (k) จาก 2 ถึง 6 ที่ค่าสูญหาย 25% โดยเติมข้อมูลสูญหายทุกสถานีจากวิธี IDW และ CCW

จากตารางที่ 3-4 พบว่าการปรับค่ายกกำลังจะไม่ส่งผลกระทบต่อเวลาการประมวลผล แต่สถานีอ้างอิงที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เวลาในการประมวลผลเพิ่มขึ้นเล็กน้อยประมาณ 1-3 วินาที

เวลาเฉลี่ยเมื่อปรับสถานีอ้างอิงเป็น 2, 3, 4, 5 ของวิธี IDW จะเป็น 13.6401, 13.9693, 14.7894, 15.4775 ตามลำดับ เวลาเฉลี่ยเมื่อปรับสถานีอ้างอิงเป็น 2, 3, 4, 5 ของวิธี CCW จะเป็น 17.4718, 18.3243, 19.3465, 19.5639 ตามลำดับ สังเกตเห็นว่าเวลาที่ใช้ประมวลผลวิธี IDW จะเร็วกว่าวิธี CCW ประมาณ 4-5 วินาที เนื่องจากวิธี CCW จะต้องคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (r) ใหม่ทุกครั้งและการคำนวณดังกล่าวซับซ้อนกว่าการหารระยะทาง (d) ของวิธี IDW

ตารางที่ 3 เวลาประมวลผลทุกสถานีโดยใช้วิธี IDW

สถานีอ้างอิง	เวลาประมวลผล (วินาที)					
	k=1	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6
2	13.908054	13.757009	13.416688	13.568592	13.596811	13.593227
3	14.129896	13.86935	14.312564	13.777607	13.84318	13.883291
4	14.882605	14.893145	14.844019	14.928668	14.591619	14.596453
5	15.642298	15.122172	15.548478	15.235299	15.651526	15.66502

ตารางที่ 4 เวลาประมวลผลทุกสถานีโดยใช้วิธี CCW

สถานีอ้างอิง	เวลาประมวลผล (วินาที)					
	k=1	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6
2	17.437499	17.096237	17.324721	17.319122	17.594146	18.059228
3	18.744301	18.866384	17.739688	17.817686	17.836506	18.941033
4	19.467195	19.550776	19.274217	18.96424	19.317065	19.505602
5	19.657187	19.980126	19.089027	19.601391	19.658373	19.397295

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบเวลาประมวลผลบางสถานีโดยใช้วิธี IDW และ CCW

%loss	เวลาประมวลผล (วินาที)							
	สถานีอ้างอิง = 2		สถานีอ้างอิง = 3		สถานีอ้างอิง = 4		สถานีอ้างอิง = 5	
	IDW	CCW	IDW	CCW	IDW	CCW	IDW	CCW
10%	17.035947	20.667081	16.458088	20.761174	17.031428	21.385087	16.763871	21.161998
20%	16.39082	20.619572	16.835956	19.781475	17.324572	19.787727	16.950711	20.45717
30%	16.900214	19.064283	16.770759	19.203781	16.98213	20.55698	17.215333	20.379343
40%	17.381643	19.137946	17.39079	20.217672	17.926935	19.998438	17.043716	19.920725

ทดสอบเวลาประมวลผลบางสถานี เมื่อสถานี 327009 มีค่าสูญหายที่ 10%, 20%, 30% และ 40% ตามลำดับ เนื่องจากค่ายกกำลังไม่ส่งผลต่อเวลาในการประมวลผล การทดลองนี้จึงระบุค่ายกกำลัง (k) ที่ 2 และปรับสถานีอ้างอิง ผลการทดลองดังตารางที่ 5 พบว่าเวลาการประมวลผลวิธี CCW จะสูงกว่าวิธี IDW เล็กน้อย ประมาณ 2-4 วินาที

#### 4.2 ทดสอบความแม่นยำ (accuracy)

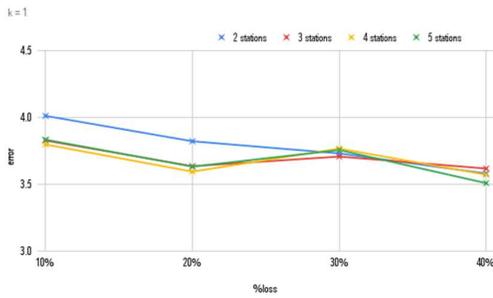
ข้อมูลฝนรายวันจากกรมอุตุนิยมวิทยาจำนวน 21 สถานีที่เก็บข้อมูลฝนตั้งแต่ปี 1953-2017 ปรับสถานีอ้างอิงจาก 2 ถึง 5 สถานี และปรับค่ายกกำลัง (k) จาก 1 ถึง 5 เมื่อสถานี 327009 มีที่ค่าสูญหาย 10%, 20%, 30% และ 40% ตามลำดับ ใช้วิธี CCW สำหรับเติมค่าข้อมูลที่สูญหาย

เมื่อปรับค่ายกกำลัง (k) จาก 1 ถึง 5 แนวโน้มของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดเป็นไปในทิศทางเดียวกันดังตารางที่ 6 และรูปที่ 6 เมื่อจำนวนสถานีอ้างอิงเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าความผิดพลาดลดลง แต่บางกรณีไม่จำเป็นต้องใช้ที่จำนวนสถานีอ้างอิงสูงสุด จึงสรุปได้ว่าควรเลือกใช้สถานีอ้างอิงมากกว่า 2 สถานีสำหรับเติมค่าสูญหายข้อมูลฝนรายวันวิธี CCW ซึ่งจำนวนสถานีอ้างอิงที่เหมาะสมจะขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่ด้วย

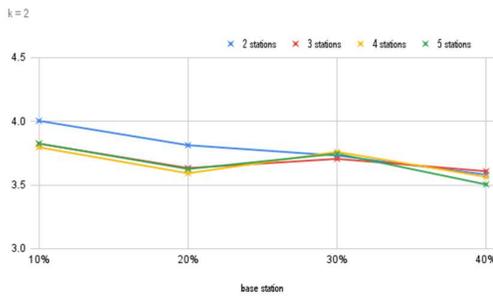
ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดของวิธี CCW

%loss	k	ค่าเฉลี่ยความผิดพลาด			
		2 สถานี	3 สถานี	4 สถานี	5 สถานี
10%	1	4.0115	3.8268	<b>3.7973</b>	3.8333
	2	4.0034	3.8242	<b>3.7956</b>	3.8254
	3	3.9959	3.8218	<b>3.7941</b>	3.8183
	4	3.9884	3.8194	<b>3.7927</b>	3.812
	5	3.9817	3.8174	<b>3.7915</b>	3.8067
20%	1	3.8214	3.6349	<b>3.5941</b>	3.6317
	2	3.8122	3.6329	<b>3.5921</b>	3.6254
	3	3.8036	3.6315	<b>3.5911</b>	3.6196
	4	3.7953	3.6303	<b>3.5906</b>	3.6139
	5	3.7878	3.6297	<b>3.5903</b>	3.6084
30%	1	3.7305	<b>3.707</b>	3.7665	3.7557
	2	3.7309	<b>3.705</b>	3.7597	3.7454
	3	3.7317	<b>3.7032</b>	3.7532	3.7364
	4	3.7326	<b>3.7019</b>	3.7469	3.7282
	5	3.7334	<b>3.7013</b>	3.7411	3.7205
40%	1	3.5802	3.6172	3.5709	<b>3.5082</b>
	2	3.5816	3.6077	3.5634	<b>3.5042</b>
	3	3.5838	3.5992	3.5565	<b>3.5012</b>
	4	3.5868	3.5919	3.5504	<b>3.4992</b>
	5	3.5906	3.5857	3.5453	<b>3.4982</b>

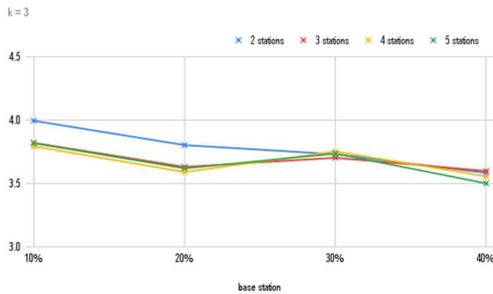
เมื่อ k คือค่ายกกำลัง



(ก) k = 1



(ข) k = 2



(ค) k = 3

รูปที่ 6 ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดของวิธี CCW

ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดวิธี IDW พิจารณาได้จากงานวิจัยที่ [17] หลังจากนั้นทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความผิดพลาดเมื่อปรับสถานีอ้างอิงจาก 2 ถึง 5 สถานี และค่ายกกำลัง (k) เท่ากับ 2 ผลที่ได้ดังตารางที่ 7 พบว่าวิธี IDW ให้ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดน้อยที่สุดเมื่อใช้สถานี

อ้างอิงสูงสุด (5 สถานี) แต่วิธี CCW จะใช้สถานีอ้างอิงมากกว่า 2 สถานี

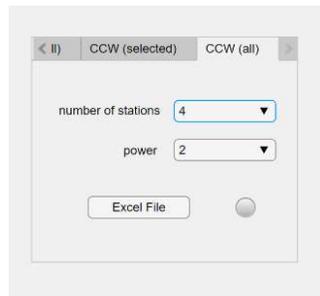
ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดของวิธี IDW และ CCW

%loss	ค่าเฉลี่ยความผิดพลาด							
	สถานีอ้างอิง = 2		สถานีอ้างอิง = 3		สถานีอ้างอิง = 4		สถานีอ้างอิง = 5	
	IDW	CCW	IDW	CCW	IDW	CCW	IDW	CCW
10%	4.3841	4.0034	4.098	3.8242	3.9541	<b>3.7956</b>	<b>3.8548</b>	3.8254
20%	4.3106	3.8122	3.983	3.6329	3.8085	<b>3.5921</b>	<b>3.7054</b>	3.6254
30%	4.5379	3.7309	4.1592	<b>3.705</b>	3.9744	3.7597	<b>3.8643</b>	3.7454
40%	4.3118	3.5816	3.9619	3.6077	3.8007	3.5634	<b>3.6998</b>	<b>3.5042</b>

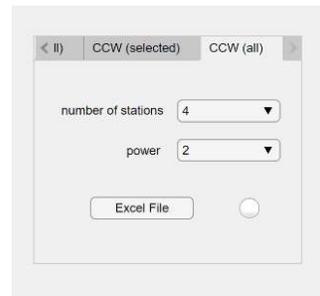
4.3 ทดสอบภาพรวมของโปรแกรม

ทดสอบการใช้งานส่วนต่อประสานผู้ใช้ (User Interface) โดยใช้วิธี CCW เดิมค่าสูญหายข้อมูลผลรายวันทุกสถานี เริ่มต้นจากการเลือกจำนวนสถานีอ้างอิงและค่ายกกำลัง ขั้นตอนนี้สีของไฟสถานะจะเป็นสีเทา (รูปที่ 7(ก) หลังจากนั้นกดปุ่มเพื่อโหลดไฟล์ excel ที่เตรียมไว้ดังตัวอย่างในรูปที่ 8(ก) ไฟสถานะจะเปลี่ยนเป็นสีเขียว ดังรูปที่ 7(ข) แสดงว่าอยู่ในขั้นตอนการประมวลผล หลังจากประมวลผลเสร็จสมบูรณ์ไฟสถานะจะเปลี่ยนเป็นสีเขียว (รูปที่ 7(ค)) และผลลัพธ์หลังจากเติมค่าสูญหายข้อมูลผลจะอยู่ในไฟล์ excel เดิมในชื่อที่ชื่อ result ดังตัวอย่างในรูปที่ 8(ข)

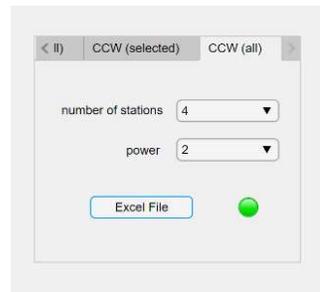
กรณีที่เกิดความผิดพลาดขึ้นไฟสถานะจะมี error dialog แจ้งว่าเกิดความผิดพลาดจากส่วนใด ตัวอย่างในรูปที่ 9 เป็น error dialog เมื่อไม่ได้เตรียมไฟล์ excel ตามหัวข้อที่ 3.1 หลังจากกดปุ่ม OK ใน error dialog ไฟสถานะก็จะเปลี่ยนเป็นสีแดงดังรูปที่ 7(ง)



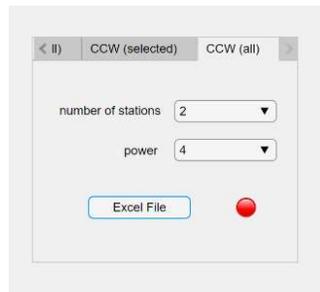
(ก) รอประมวลผล



(ข) กำลังประมวลผล



(ค) เสร็จสมบูรณ์



(ง) เมื่อเกิดข้อผิดพลาด

รูปที่ 7 ทดสอบไฟสถานะ

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Year	Month	เดือนปี	70480	70420	70440	70391	70450	70540	70550	327016
2	1953	1	1/1/1953	0	0	0	NA	0	NA	NA	0
3	1953	1	1/2/1953	0	0	0	NA	0.1	NA	NA	0
4	1953	1	1/3/1953	0	0	0	NA	0	NA	NA	0
5	1953	1	1/4/1953	0	0	0	NA	0	NA	NA	0
6	1953	1	1/5/1953	0	0	0	NA	0	NA	NA	0
7	1953	1	1/6/1953	0	0	0	NA	0	NA	NA	0
8	1953	1	1/7/1953	0	0	0	NA	0	NA	NA	0
9	1953	1	1/8/1953	0	0	0	NA	0	NA	NA	0
10	1953	1	1/9/1953	0	0	0	NA	0	NA	NA	0
11	1953	1	1/10/1953	0	0	0	NA	0	NA	NA	0
12	1953	1	1/11/1953	0	0	0	NA	0	NA	NA	0
13	1953	1	1/12/1953	0	0	0	NA	0	NA	NA	0
14	1953	1	1/13/1953	0	0	0	NA	0	NA	NA	0
15	1953	1	1/14/1953	0	0	0	NA	0	NA	NA	0
16	1953	1	1/15/1953	0	0	0	NA	0	NA	NA	0
17	1953	1	1/16/1953	0	0	0	NA	0	NA	NA	0
18	1953	1	1/17/1953	0	0	0	NA	0	NA	NA	0
19	1953	1	1/18/1953	0	0	0	NA	0	NA	NA	0
20	1953	1	1/19/1953	0	0	0	NA	0	NA	NA	0
21	1953	1	1/20/1953	0	0	0	NA	0	NA	NA	0
22	1953	1	1/21/1953	0	0	0	NA	0	NA	NA	0
23	1953	1	1/22/1953	0	0	0	NA	0	NA	NA	0
24	1953	1	1/23/1953	0	0	0	NA	0	NA	NA	12.2
25	1953	1	1/24/1953	0	0	0	NA	0	NA	NA	7.3
26	1953	1	1/25/1953	0	0	0	NA	0	NA	NA	0
27	1953	1	1/26/1953	0	0	0	NA	0	NA	NA	0
28	1953	1	1/27/1953	0	0	0	NA	0	NA	NA	0
29	1953	1	1/28/1953	0	0	0	NA	0	NA	NA	0
30	1953	1	1/29/1953	3.9	0	5	NA	4.8	NA	NA	0
31	1953	1	1/30/1953	8	1.1	2	NA	7.3	NA	NA	0

(ก) ข้อมูลฝนรายวัน

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Year	Month	เดือนปี	70480	70420	70440	70391	70450	70540	70550	327016
2	1953	1	1/1/1953	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1953	1	1/2/1953	0	0	0	0	0	0.1	0.025016	0
4	1953	1	1/3/1953	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1953	1	1/4/1953	0	0	0	0	0	0	0	0
6	1953	1	1/5/1953	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1953	1	1/6/1953	0	0	0	0	0	0	0	0
8	1953	1	1/7/1953	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1953	1	1/8/1953	0	0	0	0	0	0	0	0
10	1953	1	1/9/1953	0	0	0	0	0	0	0	0
11	1953	1	1/10/1953	0	0	0	0	0	0	0	0
12	1953	1	1/11/1953	0	0	0	0	0	0	0	0
13	1953	1	1/12/1953	0	0	0	0	0	0	0	0
14	1953	1	1/13/1953	0	0	0	0	0	0	0	0
15	1953	1	1/14/1953	0	0	0	1.798414	0	0	1.806842	0
16	1953	1	1/15/1953	0	0	0	0	0	0	0	0
17	1953	1	1/16/1953	0	0	0	0	0	0	0	0
18	1953	1	1/17/1953	0	0	0	0	0	0	0	0
19	1953	1	1/18/1953	0	0	0	0	0	0	0	0
20	1953	1	1/19/1953	0	0	0	0	0	0	0	0
21	1953	1	1/20/1953	0	0	0	0	0	0	0	0
22	1953	1	1/21/1953	0	0	0	0	0	0	0	0
23	1953	1	1/22/1953	0	0	0	0	0	0	0	0
24	1953	1	1/23/1953	0	0	0	3.021148	0	0	3.039718	12.2
25	1953	1	1/24/1953	0	0	0	1.807737	0	0	1.818648	7.3
26	1953	1	1/25/1953	0	0	0	0	0	0	0	0
27	1953	1	1/26/1953	0	0	0	0	0	0	0	0
28	1953	1	1/27/1953	0	0	0	0	0	0	0	0
29	1953	1	1/28/1953	0	0	0	0	0	0	0	0.07371
30	1953	1	1/29/1953	5.9	0	5	4.697241	4.8	3.906306	6.530401	0
31	1953	1	1/30/1953	8	3.1	2	2.343689	7.5	3.22214	2.440932	0
32	1953	1	1/31/1953	3.4	5.2	17	7.755021	0	6.501099	6.503004	26.1
33	1953	2	2/1/1953	0	0	0	9.548718	0	0	9.555284	31.4
34	1953	2	2/2/1953	0	0	0	16.7	16.014763	0.6	15.80011	16.81418

(ข) ประมวลผลเสร็จสมบูรณ์

รูปที่ 8 ตัวอย่างไฟล์ excel



รูปที่ 9 ตัวอย่างแจ้งความผิดพลาด

## 5. สรุปผล

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมเติมค่าสูญหายข้อมูลฝนรายวันโดยใช้วิธีถ่วงน้ำหนักระยะทางผกผัน (IDW) และวิธีถ่วงน้ำหนักสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (CCW) ที่สามารถปรับสถานีอ้างอิงและค่ายกกำลังได้ จุดเด่นของงานวิจัยนี้คือการออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ (User Interface) ให้ใช้งานได้ง่ายขึ้นและมีการแจ้งเตือนหากเกิดข้อผิดพลาดระหว่างการประมวลผล

จากผลการทดลองใช้ข้อมูลฝนรายวันปี.ศ. 1953-2017 พบว่าระยะเวลาการประมวลผลวิธี IDW น้อยกว่าวิธี CCW ไม่เกิน 5 วินาที เนื่องจากวิธี CCW มีการคำนวณที่ซับซ้อนกว่าวิธี IDW ซึ่งระยะเวลาในการประมวลผลต่อรอบของวิธี IDW จะไม่เกิน 18 วินาทีและวิธี CCW จะไม่เกิน 22 วินาที ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของคอมพิวเตอร์ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความผิดพลาดของทั้ง 2 วิธีพบว่าควรเลือกใช้ 5 สถานีอ้างอิงสำหรับวิธี IDW แต่วิธี CCW เลือกใช้ได้ตั้งแต่ 2-5 สถานี

## 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] A. Gujube, B. Bedadi, T. Tefera, T. Tana, T. Hordofa, and B. Cholo, "Evaluation of Seven Gap-Filling Techniques for Daily Station-Based Rainfall Datasets in South Ethiopia," *Advances in Meteorology*, vol. 2021, 2021.
- [2] S. Jamaludin, S. Mohd Deni, and J. Abdul Aziz "Revised Spatial Weighting Methods for Estimation of Missing Rainfall Data," *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*, vol. 44, pp. 93-104, 2008.
- [3] X. Yang, X. Xie, D. L. Liu, F. Ji, and L. Wang, "Spatial Interpolation of Daily Rainfall Data for Local Climate Impact Assessment over Greater Sydney Region," *Advances in Meteorology*, vol. 2015, pp. 563629, 2015.
- [4] M.-T. Sattari, A. Rezazadeh-Joudi, and A. Kusiak, "Assessment of different methods for estimation of missing data in precipitation studies," *Hydrology Research*, vol. 48, no. 4, pp. 1032-1044, 2016.
- [5] B. I. Lozada Garcia, G. Sparovek, P. C. Sentelhas, and L. Tapia, "Filling in missing rainfall data in the Andes region of Venezuela, based on a cluster analysis approach," *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, vol. 14, no. 2, pp. 225-233, 2006.
- [6] D. Mora, G. Wyseure, and P. Willems, *Gap filling based on a quantile perturbation factor technique*, 2014.
- [7] C. Simolo, M. Brunetti, M. Maugeri, and T. Nanni, "Improving estimation of missing values in daily precipitation series by a probability density function-preserving approach," *International Journal of Climatology*, vol. 30, no. 10, pp. 1564-1576, 2010.
- [8] L. R. Presti, E. Barca, and G. Passarella, "A methodology for treating missing data applied to daily rainfall data in the Candelaro River Basin (Italy)," *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 160, no. 1, pp. 1-22, December 19, 2010.
- [9] S. Srisutthiyakorn, "Missing Data Analysis," *Journal of Education Studies*, vol. 42, no. 1, pp. 217-223, 2014.
- [10] A. Abdou, "Temperature Trend on Makkah, Saudi Arabia," *Atmospheric and Climate Sciences*, vol. 4, pp. 457-481, 07/29, 2014.

- [11] R. Amaro de Sales, W. Ribeiro, M. Gonçalves, E. Oliveira, E. Gelcer, J. Pezzopane, and S. Berilli, "A Comparative Study between Meteorological Data from Conventional and Automatic Weather Stations in Espírito Santo, Brazil," *Journal of Experimental Agriculture International*, vol. 21, pp. 1-12, 2018.
- [12] M. M. Hasan, and B. F. W. Crokea, "Filling gaps in daily rainfall data : a statistical approach," *20<sup>th</sup> International Congress on Modelling and Simulation*, pp. 380-386, 2013.
- [13] H. Aksoy, "Use of gamma distribution in hydrological analysis," *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, vol. 24, no. 6, pp. 419-428, 2000.
- [14] S. Wuthiwongyothin, "Imputation of Missing Daily Rainfall using Quantile Method," *Journal of KMUTNB*, vol. 31, no. 4, pp. 599-613, 2021.
- [15] R. Longman, A. Newman, T. Giambelluca, and M. Lucas, "Characterizing the Uncertainty and Assessing the Value of Gap-Filled Daily Rainfall Data in Hawaii," *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, vol. 59, pp. 1261-1276, 2020.
- [16] S. Wuthiwongyothin, C. Kalkan, and J. Panyavaraporn, "Evaluating Inverse Distance Weighting and Correlation Coefficient Weighting Infilling Methods on Daily Rainfall Time Series," *SNRU Journal of Science and Technology*, vol. 13, no. 2, pp. 71-79, 2021.
- [17] J. Panyavaraporn, and S. Wuthiwongyothin, "Software Development of Missing Daily Rainfall Data using Inverse Distance Weighting," *Journal of Industrial Technology*, vol. 17, no. 1, pp. 23-30, 2022.