# บทที่ 4

# ทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษา

## 4.1 การประมาณค่าปริมาณน้ำฝนที่ขาดหายไปด้วยวิธีสัดส่วนปกติ

โดยทั่วไปแล้ว ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ได้บันทึกไว้จะมีบางช่วงเวลาที่ข้อมูลขาดหายไป โดยอาจขาดหายไป เป็นวัน เป็นเดือน หรือเป็นปี ซึ่งอาจเกิดจากหลายสาเหตุด้วยกัน เช่น เครื่องวัดน้ำฝนเสีย การเปลี่ยนตำแหน่งเครื่องวัดน้ำฝนใหม่ ความผิดพลาดของผู้บันทึกข้อมูล ดังนั้นก่อนการนำข้อมูลปริมาณน้ำฝนเหล่านี้มาใช้วิเคราะห์ จึงต้องประมาณค่าปริมาณน้ำฝนที่ขาดหายไป เพื่อให้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่จะนำมาวิเคราะห์มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ในการศึกษานี้ ใช้วิธีประมาณค่าปริมาณน้ำฝนที่ขาดหายไปด้วย วิธีสัดส่วนปกติ (Normal Ratio Method) ซึ่งพัฒนาขึ้นโดยหน่วยงานข้อมูลสิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา (U.S. Environmental Data Service) มีสมการดังนี้

$$P_x = \frac{1}{3}\left[\left(\frac{N_x}{N_a}P_a\right)+\left(\frac{N_x}{N_b}P_b\right)+\left(\frac{N_x}{N_c}P_c\right)\right] \qquad (4.1)$$

โดย $P_x$ คือ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ขาดหายไป, มิลลิเมตร

$N_x$ คือ ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนของสถานีที่ขาดหายไป, มิลลิเมตร

$P_a$, $P_b$, $P_c$ คือ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนของสถานีที่อยู่ใกล้เคียงกัน 3 สถานี ในช่วงเวลาเดียวกับช่วงที่ข้อมูลขาดหายไป, มิลลิเมตร

$N_a$, $N_b$, $N_c$ คือ ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนของสถานีที่อยู่ใกล้เคียงกัน 3 สถานี ในช่วงเวลาเดียวกับช่วงที่ข้อมูลขาดหายไป, มิลลิเมตร

4.2 การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลฝน

การตรวจสอบความน่าเชื่อถือได้ของข้อมูลน้ำฝน (Consistency of Data) ที่บันทึกเป็นการตรวจสอบว่า ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ได้มานั้น มีความน่าเชื่อถือได้มากน้อยเพียงใด และจะต้องทำการปรับแก้ค่าปริมาณน้ำฝนก่อนนำข้อมูลปริมาณน้ำฝนเหล่านั้นไปวิเคราะห์หรือไม่ ในการศึกษานี้ใช้วิธีตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลน้ำฝนด้วยวิธี Double Mass Curve Analysis วิธีนี้จะเปรียบเทียบแนวโน้มความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนของสถานีหนึ่งๆ กับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของสถานีที่อยู่บริเวณข้างเคียงอย่างน้อย 3 สถานี โดยหากความสัมพันธ์ที่ได้เป็นเส้นตรงและมีความลาดชันคงที่ แสดงว่าข้อมูลมีความน่าเชื่อถือ แต่หากความสัมพันธ์ที่ได้ไม่เป็นเส้นตรงและมีความลาดชันหลายค่า แสดงว่าข้อมูลไม่มีความน่าเชื่อถือ และหากไม่จำเป็นไม่ต้องนำข้อมูลนั้นมาใช้ในการศึกษา

4.3 การคำนวณภัยแล้ง

ดัชนีชี้วัดภัยแล้งมีมากมายหลายชนิด แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงดัชนีที่ใช้คำนวณภัยแล้งในการศึกษานี้เท่านั้น ในการศึกษานี้ ได้เลือกใช้วิธีการคำนวณภัยแล้งที่นิยมใช้กันทั่วไป 4 แบบ ได้แก่ วิธี Average, วิธี Decile Range, วิธี Standardize Precipitation Index (SPI) และวิธี Generalized Monsoon Index (GMI) และวิธีการที่ได้พัฒนาขึ้นมาใหม่ในการศึกษานี้ 1 วิธี คือ วิธี Average Seasonal Change Index (ASCI) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

**4.3.1 วิธี Average**

Chow, V.T. (ed.) (ค.ศ.1964) ได้ใช้วิธีเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ (Arithmetic-mean Method) หาค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝน ซึ่งหาได้จากการนำค่าปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนในปีต่างๆ มารวมกัน แล้วหารด้วยจำนวนปีข้อมูล โดยในการศึกษานี้ได้ดัดแปลงวิธีการดังกล่าวเป็น

$$R_k = \sum_{i=1}^{j} R_{i,k} \qquad (4.2)$$

โดยที่ $R_k$ คือ ปริมาณน้ำฝนรายปีหรือรายฤดูกาล ของปีที่ k

$R_{i,k}$ คือ ปริมาณน้ำฝนรายเดือน ในเดือนที่ i ของปีที่ k

i คือ เดือนเริ่มต้นที่พิจารณา

j คือ เดือนสุดท้ายที่พิจารณา

$$\overline{R}_n = \frac{\sum_{i=1}^{j} R_k}{n} \tag{4.3}$$

โดยที่ $\overline{R}_n$ คือ ปริมาณน้ำฝนรายปีหรือรายฤดูกาล เฉลี่ย ในช่วง n ปี ($n \geq 30$ ปี)

i คือ ปีเริ่มต้นที่พิจารณา

j คือ ปีสุดท้ายที่พิจารณา

n คือ จำนวนปีข้อมูล

เมื่อคำนวณหาค่า $R_k$ และ $\overline{R}_n$ ได้แล้ว จึงนำมาเปรียบเทียบค่า ซึ่งในการศึกษานี้ได้กำหนดเกณฑ์การพิจารณาไว้ดังตาราง

**ตารางที่** 4.1 เกณฑ์การพิจารณาด้วยวิธีค่าเฉลี่ย

| การเปรียบเทียบ | ผลการวิเคราะห์ |
|---|---|
| $R_k < \overline{R}_n$ | แล้ง |
| $R_k > \overline{R}_n$ | ไม่แล้ง |

4.3.2 **วิธี** Decile Range **หรือ** Rainfall Decile

W.J. Gibles และ J.V. Maher (ค.ศ.1967) ใช้วิธีการแบ่งข้อมูลปริมาณน้ำฝนออกเป็น 10 ช่วงเท่าๆ กัน ช่วงละ 10% (Decile) ของผลรวมของการแจกแจงความถี่สะสม (Cumulated Frequency Distribution) เนื่องจากปริมาณน้ำฝน มักมีการแจกแจงที่ไม่เป็นการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) ดังนั้นก่อนการคำนวณจึงต้องนำข้อมูลปริมาณน้ำฝนมาถอดรากที่สอง (Square Root) ของทุกปีก่อน เพื่อให้มีความใกล้เคียงกับการแจกแจงแบบปกติ จากนั้นจึงนำข้อมูลมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย (Mean) และความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

จากสูตร $$Z_{ij,n} = \frac{X_{ij,n} - \mu_{ij,n}}{\sigma_{ij,n}} \tag{4.4}$$

จัดรูปสมการใหม่ได้เป็น $$X_{ij,n} = \mu_{ij,n} + \sigma_{ij,n} Z_{ij,n} \tag{4.5}$$

โดยที่ $X_{ij,n}$ คือ ปริมาณน้ำฝนรายปีหรือรายฤดูกาล ในช่วง n ปี

$\mu_{ij,n}$ คือ ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนรายปีหรือรายฤดูกาล ในช่วง n ปี

$\sigma_{ij,n}$ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณน้ำฝนรายปีหรือรายฤดูกาล ในช่วง n ปี

$Z_{ij,n}$ คือ Quantile ของ Normal Distribution ของปริมาณน้ำฝนรายปีหรือรายฤดูกาล ในช่วง n ปี

i คือ เดือนเริ่มต้นที่พิจารณา

j คือ เดือนสุดท้ายที่พิจารณา

n คือ จำนวนปีข้อมูล

จากตารางแสดงพื้นที่ใต้เส้นโค้งปกติ พบว่า 10% Decile จะตรงกับค่า Z = -1.2817 ดังนั้นจึงสามารถคำนวณหาค่า $X_{ij,n}$ ได้ และเมื่อได้ค่า $X_{ij,n}$ แล้วจะต้องยกกำลังสอง เพื่อให้กลับไปอยู่ในเกณฑ์ปริมาณฝนรายปีหรือรายฤดูกาลตามปกติ การหาค่า Decile อื่นๆ ทำได้เช่นเดียวกับการหาค่า 10% (Decile)

จากการคำนวณตั้งแต่ Decile ที่ 1 ถึง Decile ที่ 10 จะได้พิสัยของปริมาณฝนรายปีหรือรายฤดูกาลแต่ละ Decile ทำให้สามารถพิจารณาได้ว่า ในแต่ละปี ปริมาณฝนรายปีหรือรายฤดูกาลของพื้นที่นั้นๆ ตกอยู่ในช่วง Decile Range ที่เท่าไร มีลักษณะฝนเป็นอย่างไร โดยเกณฑ์ในการพิจารณาค่า Decile Range ดังตาราง

**ตารางที่** 4.2 เกณฑ์การพิจารณาด้วยวิธี Decile Range

| Decile Range | **ช่วงค่า Decile** | $z_{ij,n}$ | **ค่า** | **ลักษณะ** |
|---|---|---|---|---|
| 1 | < 10% | <-1.28 | ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยมากๆ (very much below average) | ฝนแล้งจัด |
| 2 | 10%-20% | -1.28 ถึง -0.84 | ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยมาก (much below average) | ฝนแล้ง |
| 3 | 20%-30% | -0.84 ถึง -0.52 | ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย (below average) | ฝนค่อนข้างแล้ง |
| 4-7 | 30%-70% | -0.52 ถึง 0.52 | ค่าเฉลี่ย (average) | ฝนปานกลาง |
| 8 | 70%-80% | 0.52 ถึง 0.84 | สูงกว่าค่าเฉลี่ย (above average) | ฝนค่อนข้างดี |
| 9 | 80%-90% | 0.84 ถึง 1.28 | สูงกว่าค่าเฉลี่ยมาก (much above average) | ฝนดี |
| 10 | > 90% | > 1.28 | สูงกว่าค่าเฉลี่ยมากๆ (very much above average) | ฝนดีมาก |

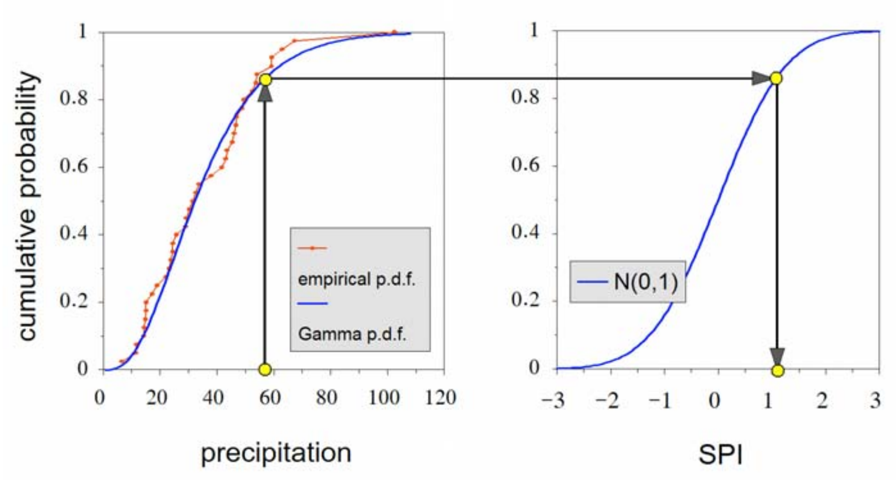
**ที่มา**: กรมอุตุนิยมวิทยา, 2537

ค่าดัชนี Decile Range เป็นค่าดัชนีที่บ่งบอกสภาวะฝนในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งว่าแตกต่างจากค่าเฉลี่ยมากน้อยเพียงใด โดย Decile Range ที่ 1 หมายถึง ปริมาณฝนมีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยมากๆ (very much below average) จนถือว่าปีนั้นฝนแล้งจัด และ Decile Range ที่ 10 หมายถึง ปริมาณฝนมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยมากๆ (very much above average) จนถือว่าปีนั้นฝนดีมาก

#### 4.3.3 วิธี Standardize Precipitation Index (SPI)

McKee และ คณะ (ค.ศ.1997) ได้พัฒนาวิธีนี้มาจาก วิธี Crop Moisture Index (CMI) การวิเคราะห์ดัชนีบ่งชี้ภัยแล้ง จะต้องหาทฤษฏีการแจกแจงความถี่ที่เหมาะสมกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนในช่วงเวลาที่สนใจก่อน ในการศึกษานี้จะทดสอบความเหมาะสมด้วยทฤษฎีแจกแจงแบบโคลโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ (Kolmogorov-Smirnov Test) เมื่อได้ทฤษฎีการแจกแจงความถี่ที่เหมาะสมแล้ว จะแปลงค่าความน่าจะเป็นสะสมให้อยู่ในรูปของการแจกแจงแบบปกติ ที่มี

ค่าเฉลี่ย (Mean) เท่ากับ 0 และมีค่าความแปรปรวน (Standard Deviation) เท่ากับ 1 เพื่อให้ได้ค่า SPI มา




**ภาพที่** 4.1 ตัวอย่างการแปลงค่าความน่าจะเป็นที่เท่ากัน (Equiprobability)
จากการแจกแจงแบบแกมม่าไปเป็นการแจกแจงแบบปกติ
(McKee, T.B. and Edwards, D.C, 1997, p22)

เมื่อคำนวณหาค่า SPI มาได้แล้ว จึงนำมาพิจารณาว่าสภาวะของความแห้งแล้งนั้นเป็นอย่างไร โดยพิจารณาได้จากตาราง

**ตารางที่** 4.3 เกณฑ์การพิจารณาด้วยวิธี SPI และความสัมพันธ์กับเหตุการณ์ความน่าจะเป็น

| SPI | **ระดับที่ใช้แบ่ง** | **ความน่าจะเป็น** (%) |
|---|---|---|
| ≥1.50 | ฝนตกดีมาก | 6.7 |
| 1.00 ถึง 1.49 | ฝนตกดี | 9.2 |
| 0.50 ถึง 0.99 | ฝนตกค่อนข้างดี | 15.0 |
| -0.49 ถึง 0.49 | ฝนตกปกติ | 38.2 |
| -0.99 ถึง -0.50 | ค่อนข้างแล้ง | 15.0 |
| -1.49 ถึง -1.00 | แล้ง | 9.2 |
| ≤-1.50 | แล้งจัด | 6.7 |

***4.3.3.1 การทดสอบหาทฤษฎีการแจกแจงความถี่ของข้อมูลปริมาณน้ำฝน***

อนุกรม (Time Series) ของฝนรายเดือน ได้ถูกนำมาสร้างแบบจำลองทางสถิติ เพื่อดูว่าข้อมูลฝนมีลักษณะการกระจายทางสถิติแบบใด ทฤษฎีการแจกแจงความถี่มีมากมายหลายวิธี แต่ในการศึกษาจะกล่าวถึงทฤษฎีที่เลือกใช้ ดังต่อไปนี้

(1) ทฤษฎีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)

(2) ทฤษฎีการแจกแจงแบบลอกนอร์มอล ชนิด 2 พารามิเตอร์ (2-parameter Log Normal Distribution)

(3) ทฤษฎีการแจกแจงแบบกัมเบล (Gumbel Distribution)

(4) ทฤษฎีการแจกแจงแบบแกมม่า (Gamma Distribution)

(5) ทฤษฎีการแจกแจงแบบไวบูลล์ 2 พารามิเตอร์ (2-parameter Weibull Distribution)

(6) ทฤษฎีการแจกแจงแบบลอกนอร์มอล 3 พารามิเตอร์ (3-parameters Log Normal Distribution)

(7) ทฤษฎีการแจกแจงแบบแกมม่า 3 พารามิเตอร์ (3-parameters Gamma Distribution; Pearson type 3)

(8) ทฤษฎีการแจกแจงแบบไวบูลล์ 3 พารามิเตอร์ (3-parameters Weibull Distribution)

**(1) ทฤษฎีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)**

ฟังก์ชันแสดงความหนาแน่นของโอกาสเป็นไปได้ (Probability Density Function, PDF) หรือฟังก์ชันการแจกแจงความถี่ แสดงได้ดังนี้

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_x^2}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu_x}{\sigma_x}\right)^2\right] \tag{4.6}$$

โดยที่ x คือ ตัวแปรสุ่ม, $-\infty < x < \infty$

$\mu_x$ คือ ค่าเฉลี่ย (Mean) ของ x

$\sigma_x$ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของ x

$$\mu_x = \overline{x} \tag{4.7}$$

$$\sigma_x = s_x \tag{4.8}$$

(2) **ทฤษฎีการแจกแจงแบบลอกนอร์มอล ชนิด 2 พารามิเตอร์** (2-parameter Log Normal Distribution)

ฟังก์ชันแสดงความหนาแน่นของโอกาสเป็นไปได้ (Probability Density Function, PDF) หรือฟังก์ชันการแจกแจงความถี่ แสดงได้ดังนี้

$$f(x) = \frac{1}{x\sqrt{2\pi\sigma_y^2}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y-\mu_y}{\sigma_y}\right)^2\right] \tag{4.9}$$

โดยที่ y = ln(x), x > 0

$\mu_y$ คือ ค่าเฉลี่ย (Mean) ของ ln(x)

$\sigma_y$ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของ ln(x)

$$\mu_y = \overline{\ln(x)} \tag{4.10}$$

$$\sigma_y = s_{\ln(x)} \tag{4.11}$$

(3) **ทฤษฎีการแจกแจงแบบกัมเบล** (Gumbel Distribution)

ฟังก์ชันแสดงความหนาแน่นของโอกาสเป็นไปได้ (Probability Density Function, PDF) หรือฟังก์ชันการแจกแจงความถี่ แสดงได้ดังนี้

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \exp\left[-\frac{x-\xi}{\alpha} - \exp\left(-\frac{x-\xi}{\alpha}\right)\right] \tag{4.12}$$

โดยที่ $-\infty < x < \infty$

$\alpha$ คือ ค่าพารามิเตอร์ของฟังก์ชันที่แสดงถึงภาพร่าง (Shape)

$\xi$ คือ ค่าพารามิเตอร์ของฟังก์ชันที่แสดงจุดต่ำสุด (Lower Bound)

$$\sigma_x^2 = \frac{\pi^2\alpha^2}{6} \approx 1.645\alpha^2 \tag{4.13}$$

$$\mu_x = \xi + 0.5772\alpha \tag{4.14}$$

(4) **ทฤษฎีการแจกแจงแบบแกมม่า** (Gamma Distribution)

การแจกแจงแบบแกมม่ามีลักษณะที่เข้ากับข้อมูลฝนได้ดีกว่าการแจกแจงแบบอื่นๆ (McKee, ค.ศ.1997) ฟังก์ชันแสดงความหนาแน่นของโอกาสเป็นไปได้ (Probability Density Function, PDF) หรือฟังก์ชันการแจกแจงความถี่ แสดงได้ดังนี้

$$f(x) = \frac{1}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \tag{4.15}$$

โดยที่ x > 0

$\alpha$ คือ ค่าพารามิเตอร์ของฟังก์ชันที่แสดงถึงภาพร่าง (Shape)

$\beta$ คือ ค่าพารามิเตอร์ของฟังก์ชันที่แสดงถึงขนาดของฟังก์ชัน (Scale)

$$\alpha = \frac{1}{4A}\left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}}\right) \tag{4.16}$$

$$\beta = \frac{\bar{x}}{\hat{\alpha}} \tag{4.17}$$

เมื่อ

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(x)}{n} \tag{4.18}$$

โดยที่ n คือ จำนวนของข้อมูล

(5) **ทฤษฎีการแจกแจงแบบไวบูลล์ 2 พารามิเตอร์** (2-parameter Weibull Distribution)

$$f(x) = \left(\frac{k}{\alpha}\right)\left(\frac{x}{\alpha}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{x}{\alpha}\right)^{k}\right] \tag{4.19}$$

โดยที่ $x > 0; \alpha, k > 0$

$$\mu_x = \alpha\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right) \tag{4.20}$$

(6) **ทฤษฎีการแจกแจงแบบลอกนอร์มอล** 3 **พารามิเตอร์** (3-parameters Log Normal Distribution)

ฟังก์ชั่นการแจกแจงความถี่แสดงได้ดังสมการ

$$f_x(x) = \frac{\exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(x-\gamma_x)-\mu_x}{\sigma}\right)^2\right)}{(x-\gamma_x)\sigma_x\sqrt{2\pi}} \tag{4.21}$$

โดยที่ $\mu_x$ $\sigma_x$ และ $\gamma_x$ คือ พารามิเตอร์แสดงตำแหน่ง มาตราส่วน และความเบ้ ของทฤษฎีตามลำดับ สามารถหาค่าได้ดังนี้

$$\mu_x = \ln \bar{x} \tag{4.22}$$

$$\sigma_x = S_{\ln(x)} \tag{4.23}$$

$$\gamma_x = 3CV_x + CV_x^3 \tag{4.24}$$

โดยที่ $\ln \bar{x}$ , $S_{\ln(x)}$ และ $\gamma_x$ คือ ค่าเฉลี่ย ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสัมประสิทธิ์ความเบ้ตามลำดับ

(7) **ทฤษฎีการแจกแจงแบบแกมม่า** 3 **พารามิเตอร์** (3-parameters Gamma Distribution; Pearson type 3)

ฟังก์ชั่นการแจกแจงความถี่แสดงได้ดังสมการ

$$f_x(x) = |\beta|\beta(x-\xi)^{\alpha-1}\frac{\exp[-\beta(x-\xi)]}{\Gamma(\alpha)} \tag{4.25}$$

โดยที่ $\alpha$ , $\beta$ และ $\xi$ คือ พารามิเตอร์ของฟังก์ชั่น ซึ่งสามารถหาค่าได้ดังนี้

$$\mu_x = \xi + \frac{\alpha}{\beta} \tag{4.26}$$

$$\sigma_x^2 = \frac{\alpha}{\beta^2} \tag{4.27}$$

$$\gamma_x = \frac{2}{\sqrt{\alpha}} \qquad \text{สำหรับ } \beta > 0; x > \xi \tag{4.28}$$

$$\gamma_x = \frac{-2}{\sqrt{\alpha}} \qquad \text{สำหรับ } \beta < 0; x < \xi \tag{4.29}$$

โดยที่ $\mu_x$ $\sigma_x$ และ $\gamma_x$ คือ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ ตามลำดับ

(8) **ทฤษฎีการแจกแจงแบบไวบูลล์** 3 **พารามิเตอร์** (3-parameters Weibull Distribution)

ฟังก์ชั่นการแจกแจงความถี่แสดงได้ดังสมการ

$$f_x(x) = \left(\frac{k}{\alpha}\right)\left(\frac{x-\gamma}{\alpha}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{x-\gamma}{\alpha}\right)^k\right] \tag{4.30}$$

โดยที่ $k$ $\alpha$ และ $\gamma$ คือ ค่าพารามิเตอร์ของฟังก์ชั่น ซึ่งสามารถหาค่าได้ดังนี้

$$\mu_x = \alpha\Gamma\left(1+\frac{1}{k}\right) \tag{4.31}$$

$$\sigma_x^2 = \alpha^2\left\{\Gamma\left(1+\frac{2}{k}\right) - \left[\Gamma\left(1+\frac{1}{k}\right)\right]^2\right\} \tag{4.32}$$

$$\gamma_x = sign(\kappa)\frac{-\Gamma(1+3\kappa)+3\Gamma(1+\kappa)\Gamma(1+2\kappa)-2\Gamma^3(1+\kappa)}{\left[\Gamma(1+2\kappa)-\Gamma^2(1+\kappa)\right]^{3/2}} \tag{4.33}$$

โดยที่ $sign(\kappa)$ = 1หรือ -1 ขึ้นอยู่กับเครื่องหมายของ $\kappa$

$\Gamma(.)$ คือ แกมม่าฟังก์ชัน

#### *4.3.3.2 การทดสอบความเหมาะสมของทฤษฎีแจกแจงแบบโคลโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ (Kolmogorov-Smirnov Test)*

การทดสอบด้วยเกณฑ์นี้ จะเริ่มต้นโดยคำนวณค่าทางสถิติของโคลโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ (Kolmogorov-Smirnov Statistic, d) แสดงดังสมการ

$$d = MAX\left|S(x) - F(x)\right| \quad (4.34)$$

โดยที่ d คือ ค่า Kolmogorov-Smirnov Statistic

x คือ ข้อมูลที่ได้จากการสังเกต

S(x) คือ Sample CDFของข้อมูล $= \frac{i}{n}, i = 0,1,2,.....,n$

F(x) คือ CDFที่คำนวณจากทฤษฎีแจกแจงความถี่ที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

ถ้าค่า d ไม่เกินกว่าค่าวิกฤติของการทดสอบแบบโคลโมโรอฟ-สเมอร์นอฟ ณ ระดับนัยสำคัญ ( $\alpha$ ) ที่พิจารณา แสดงว่ามีความเหมาะสมกับทฤษฎีแจกแจงที่สมมติจริง

ในการศึกษานี้ได้ใช้โปรแกรม MATLAB7.0 ในการวิเคราะห์หาทฤษฎีการแจกแจงความถี่ที่เหมาะสม

#### *4.3.3.3 การหาค่า SPI*

เนื่องจากการหาค่า SPI จากรูปภาพ จะทำได้ลำบากหากต้องทำกับสถานีวัดน้ำฝนจำนวนมากและหลายช่วงเวลา ดังนั้นจะใช้การประมาณค่าที่แนะนำโดย Abramowitz และ Stegun (ค.ศ.1965) ในการเปลี่ยนค่าความน่าจะเป็นสะสมให้อยู่ในรูปของการแจกแจกปกติ ซึ่งมีสมการดังนี้

$$z = SPI = -\left[t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3}\right] \quad \text{สำหรับ } 0 \le F^*(x) \le 0.5 \quad (4.35)$$

$$z = SPI = +\left[t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3}\right] \quad \text{สำหรับ } 0.5 \le F^*(x) \le 1.0 \quad (4.36)$$

$$c_0 = 2.515517, c_1 = 0.802853, c_2 = 0.010328$$
$$d_1 = 1.432788, d_2 = 0.189269, d_3 = 0.001308$$

เมื่อ $$t = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{(F^*(x))^2}\right)} \quad \text{สำหรับ } 0 \le F^*(x) \le 0.5 \quad (4.37)$$

$$t = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{(1-F^*(x))^2}\right)} \quad \text{สำหรับ } 0.5 \le F^*(x) \le 1.0 \quad (4.38)$$

4.3.4 **วิธี** Generalized Monsoon Index (GMI)

Achutuni และ คณะ (ค.ศ.1982) ได้พัฒนาวิธี Generalized Monsoon Index (GMI) ขึ้น ซึ่งเป็นค่าดัชนีความแห้งแล้งทางด้านการเกษตร ที่แสดงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นแก่พืชที่กำลังเจริญเติบโต ซึ่งมีสาเหตุเนื่องมาจากการขาดแคลนความชื้น ดังนั้นการวิเคราะห์ค่า GMI จึงทำให้สามารถทราบสภาวะโดยทั่วไปของพืชใช้น้ำฝน ที่ปลูกในฤดูมรสุม โดย GMI จะมีค่าขึ้นอยู่กับปริมาณฝนรายเดือนในระหว่างช่วงฤดูมรสุมนั้นๆ เนื่องจากว่าในช่วงประมาณกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม ถือว่าเป็นช่วงที่ประเทศไทยอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และเป็นช่วงฤดูเพาะปลูกของพืชโดยทั่วไป ดังนั้นค่า GMI ที่ใช้พิจารณาจึงเป็นค่า GMI ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ โดยพิจารณาจากปริมาณฝนตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายน ค่า GMI ดังกล่าวคำนวณได้จาก

$$\text{GMI} = 0.125\ P_6 + 0.125\ P_7 + 0.5\ P_8 + 0.25\ P_9 \qquad (4.39)$$

โดยที่ $P_i$ คือ ปริมาณน้ำฝนรายเดือน (มิลลิเมตร) ของเดือนที่ i นั่นคือ

$P_6$ หมายถึง ปริมาณน้ำฝนของเดือนมิถุนายน

$P_7$ หมายถึง ปริมาณน้ำฝนของเดือนกรกฎาคม

$P_8$ หมายถึง ปริมาณน้ำฝนของเดือนสิงหาคม

$P_9$ หมายถึง ปริมาณน้ำฝนของเดือนกันยายน

ค่า GMI ในแต่ละเดือน จะคำนวณจากสมการดังกล่าว และสะสมทุกสิ้นเดือนที่ทำการประเมิน ดังนี้

สิ้นเดือนมิถุนายน $\text{GMI}_6 = 0.125\ P_6$

| | | |
|---|---|---|
| สิ้นเดือนกรกฎาคม | $GMI_7$ | $= 0.125\ P_6 + 0.125\ P_7$ |
| สิ้นเดือนสิงหาคม | $GMI_8$ | $= 0.125\ P_6 + 0.125\ P_7 + 0.5\ P_8$ |
| สิ้นเดือนกันยายน | $GMI_9$ | $= 0.125\ P_6 + 0.125\ P_7 + 0.5\ P_8 + 0.25\ P_9$ |

ค่า GMI ที่คำนวณได้จะมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร อย่างไรก็ตาม ค่า GMI นี้ สามารถทำให้อยู่ในรูปอื่น ได้ เช่น เปอร์เซนต์ของค่า GMI ปกติ เปอร์เซนต์ไตล์ของลำดับที่ของ GMI และเพื่อความสะดวกในการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ในการพิจารณาสภาวะของพืช GMI จะอยู่ในรูปของ Percentile Rank ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 - 100 วิธีการหาค่า Percentile Rank ของ GMI นั้นหาได้โดยการนำค่าอนุกรมเวลาของ GMI ของแต่ละบริเวณมาเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก และคำนวณค่า Percentile Rank ของ GMI ได้จาก

$$GMI_{pct} = \frac{r \times 100}{n+1} \tag{4.40}$$

โดยที่ $GMI_{pct}$ คือ percentile rank ของ GMI

r คือ ลำดับที่ของค่าข้อมูลดิบ GMI ของปีนั้นๆ

n คือ จำนวนปีของข้อมูลของแต่ละสถานี

$r \leq n$ และ $GMI_{pct} < 100$

เมื่อปรับให้อยู่ในรูป Percentile Rank ($GMI_{pct}$) จะได้ค่าดัชนีบ่งชี้ภัยแล้ง ซึ่งมีผลกระทบต่อสภาวะพืช สำหรับประเทศไทยได้กำหนดนิยามของค่า $GMI_{pct}$ ดังต่อไปนี้

**ตารางที่** 4.4 เกณฑ์การพิจารณาด้วยวิธี GMI

| **เกณฑ์ $GMI_{pct}$** | **สภาวะของพืช** |
|---|---|
| 0 - 20 | แล้งจัด<br>(severe drought impact and possible crop failure) |
| 21 - 30 | แล้ง<br>(drought impact on crops) |
| 31 - 40 | ค่อนข้างแล้ง<br>(moderate drought impact on crops) |
| 41 - 60 | ปกติ<br>(normal crops) |
| 61 - 90 | ความชื้นสูงกว่าปกติ<br>(possible above normal crops) |
| 91 - 100 | ความชื้นเกินความต้องการ<br>(possible excessive moisture) |

**ที่มา**: กรมอุตุนิยมวิทยา, 2537

เกณฑ์ดังกล่าวนี้ เป็นเพียงเกณฑ์พื้นฐานในการพิจารณาสภาวะของพืช ส่วนรายละเอียดหรือข้อมูลอื่นๆ ที่จะเป็นประโยชน์ต่อการประเมิน เช่น การกระจายของฝน (ฝนราย 10 วัน) ปฏิทินการเพาะปลูกพืชในแต่ละท้องถิ่น สามารถนำมาใช้ประกอบการพิจารณาเพื่อให้ได้ผลที่ดียิ่งขึ้น

### 4.3.5 วิธี Average Seasonal Change Index (ASCI)

วิธีนี้ได้ใช้สมมติฐานว่า การเปลี่ยนแปลงที่รุนแรงของปริมาณฝนรายเดือน โดยเฉพาะการลดลงอย่างรวดเร็วของฝนรายเดือน เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดภัยแล้ง ซึ่งสามารถใช้บ่งบอกถึงภัยแล้งได้ จากสมมติฐานดังกล่าว จึงได้พิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนรายเดือน ในช่วงปลายฤดูกาลของฤดูฝน ในปีที่สนใจ เปรียบเทียบกับการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยในอดีตเฉลี่ย ในช่วงเวลาเดียวกัน โดยเฉลี่ยจากข้อมูลในอดีตไม่น้อยกว่า 30 ปี

จากสมการสำหรับความชันของเส้นถดถอย

$$b = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{n\sum x^2 - (\sum x)^2} \tag{4.41}$$

โดยที่ b คือ ความชัน

นำมาดัดแปลงเพื่อใช้ในการศึกษานี้ ได้เป็น

$$ASCI_{ij,k} = \frac{n\sum_{i=1}^{j} m_i r_i - (\sum_{i=1}^{j} m_i)(\sum_{i=1}^{j} r_i)}{n\sum_{i=1}^{j} m_i^2 - (\sum_{i=1}^{j} m_i)^2} \tag{4.42}$$

โดยที่ $ASCI_{ij,k}$ คือ การเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนรายเดือน ตั้งแต่เดือนที่ i ถึงเดือนที่ j ของปีที่ k

n คือ จำนวนเดือนข้อมูล

m คือ เดือนที่พิจารณา

r คือ ปริมาณน้ำฝนรายเดือน

i คือ เดือนเริ่มต้นที่พิจารณา

j คือ เดือนสุดท้ายที่พิจารณา

k คือ ปีที่พิจารณา

$$ASCI_{ij,p} = \frac{n\sum_{i=1}^{j} m_i \bar{r}_i - (\sum_{i=1}^{j} m_i)(\sum_{i=1}^{j} \bar{r}_i)}{n\sum_{i=1}^{j} m_i^2 - (\sum_{i=1}^{j} m_i)^2} \tag{4.43}$$

โดยที่ $ASCI_{ij,p}$ คือ การเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยของปริมาณฝนรายเดือน ตั้งแต่เดือนที่ i ถึงเดือนที่ j เฉลี่ย p ปี ( $p \geq 30$ ปี)

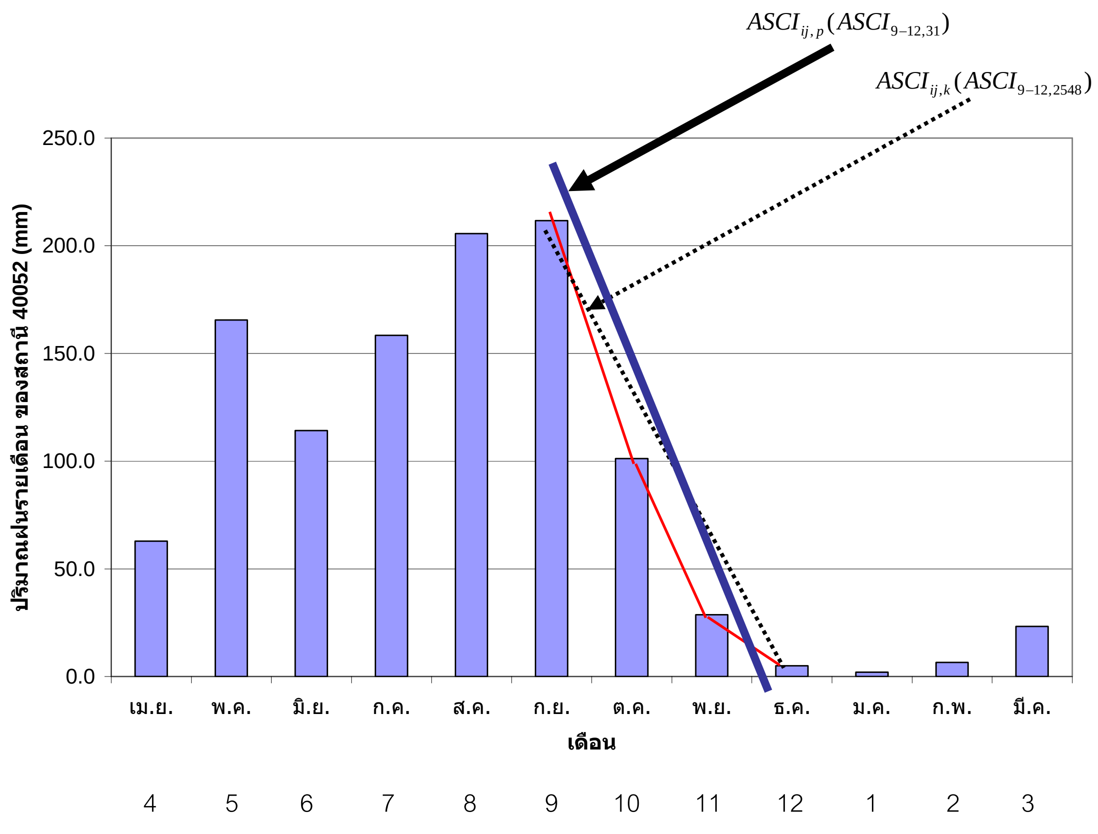
$\bar{r}$ คือ ปริมาณน้ำฝนรายเดือนเฉลี่ย

p คือ จำนวนปีข้อมูลทั้งหมด

เมื่อได้ค่า $ASCI_{ij,k}$ และ $ASCI_{ij,p}$ จึงนำมาเปรียบเทียบกัน แล้วพิจารณาจากเกณฑ์ที่กำหนดไว้ดังตาราง

**ตารางที่** 4.5 เกณฑ์การพิจารณาด้วยวิธี ASCI

| การเปรียบเทียบ | ผลการวิเคราะห์ |
|---|---|
| $ASCI_{ij,k} < ASCI_{ij,p}$ | ไม่แล้ง |
| $ASCI_{ij,k} > ASCI_{ij,p}$ | แล้ง |




**ภาพที่** 4.2 ตัวอย่างการหาค่าความเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยของปริมาณฝนรายเดือน ในช่วงเดือนกันยายนถึงเดือนธันวาคม ในปี พ.ศ.2548 ของสถานี 40052

## 4.4 การวิเคราะห์การกระจายของปริมาณน้ำฝนตามพื้นที่

วิธีการหนึ่ง ที่ใช้วิเคราะห์การกระจายของปริมาณน้ำฝนตามพื้นที่ คือ วิธี Inverse Distance Weighted (IDW) ซึ่งอาศัยหลักการที่ว่า ตำแหน่งที่ใกล้เคียงกันย่อมมีความสัมพันธ์กันในเชิงพื้นที่ ดังนั้นในการคำนวณความสัมพันธ์ใดๆ ตำแหน่งสถานีที่อยู่ใกล้ย่อมมีน้ำหนักสำคัญกว่าตำแหน่งสถานีที่อยู่ไกลออกไป ซึ่งก็คือ การเฉลี่ยค่าปริมาณน้ำฝนจากสถานีรอบๆ จุดที่สนใจ โดยถ่วงน้ำหนักตามระยะทางที่ไกลออกไป โดยมีสมการการคำนวณดังนี้

$$Z = \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} w_i \times val_i\right)}{\sum_{i=1}^{n} w_i} \tag{4.44}$$

โดยที่ Z คือ ปริมาณน้ำฝน ณ ตำแหน่งที่ต้องการประมาณค่า

$val_i$ คือ ปริมาณน้ำฝนที่วัดได้ที่สถานี i

$w_i$ คือ ค่าน้ำหนักของสถานี i

n คือ จำนวนสถานีที่อยู่รอบตำแหน่งที่ต้องการประมาณค่า

$$w_i = \left(1/d^n\right) - 1 \tag{4.45}$$

โดยที่ d = $D/D_0$ คือ ระยะทางสัมพันธ์ระหว่างสถานีวัดน้ำฝน และตำแหน่งที่ต้องการประมาณค่า

D คือ ระยะทางแบบยูคลิดระหว่างสถานีวัดน้ำฝนและตำแหน่งที่ต้องการประมาณค่า

$D_0$ คือ ระยะทางที่กำหนด

n คือ เลขชี้กำลัง