บทที่ 4

หลักการโดยทั่วไปของความสัมพันธ์ระหว่างความเข้ม-ช่วงเวลา-ความถี่ของฝน
(Generalized Rainfall Intensity-Duration-Frequency Relationships)

ตามเหตุผลที่กล่าวมาแล้วใน บทที่ 1 ถึงความสำคัญของปัญหาเกี่ยวกับการขาดแคลนข้อมูลกราฟฝน ซึ่งมีความสำคัญสำหรับวิศวกรที่จะทำการออกแบบ งานทางด้านชลศาสตร์และการพัฒนาแหล่งน้ำ ที่มีพื้นที่รับน้ำขนาดเล็ก ซึ่งต้องอาศัยการประเมินค่าน้ำนองผิวดินจากน้ำฝน ดังนั้นวิศวกรจึงจำเป็นต้องทราบค่า ปริมาณฝน-ช่วงเวลา-ความถี่ตามต้องการ ซึ่งสามารถหาได้โดยตรงจากข้อมูลกราฟฝน แต่ในปัจจุบันยังมีพื้นที่อีกเป็นจำนวนมากของโลก ที่ยังขาดแคลนข้อมูลกราฟฝน หรือยังมีสถานีกราฟฝนครอบคลุมพื้นที่ไม่เพียงพอ สำหรับการประมาณค่าความเข้ม-ช่วงเวลา-ความถี่ของฝนได้โดยตรงในทุกพื้นที่ จึงได้มีผู้ทำการวิจัยเพื่อหาหลักการบางอย่าง สำหรับใช้ในการประมาณค่าปริมาณฝน หรือความเข้มของฝนที่ช่วงเวลาและความถี่ตามต้องการไว้หลายวิธีด้วยกัน แต่หลักการที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้ จะกล่าวถึงเฉพาะที่สำคัญเกี่ยวข้องกับการวิจัยในครั้งนี้เท่านั้น คือจะเน้นถึงหลักการสำหรับการประมาณค่า ความเข้มฝนหรือปริมาณฝนที่มีช่วงเวลา ตั้งแต่ 15 นาที ถึง 24 ชั่วโมง ซึ่งคาดว่าสามารถจะนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการประเมินค่า ความเข้มฝนหรือปริมาณฝนที่ช่วงเวลา และรอบปีตามต้องการในพื้นที่ซึ่งขาดแคลนข้อมูลกราฟฝน และฝนรายวันได้

4.1 อัตราส่วนปริมาณฝน - ช่วงเวลา (Depth-Duration Ratios)

ค่าอัตราส่วนปริมาณฝน - ช่วงเวลา ที่ช่วงเวลาใด ๆ หมายถึง ค่าอัตราส่วนของปริมาณฝนที่ช่วงเวลานั้น ต่อค่าปริมาณฝนที่ช่วงเวลาตามกำหนดที่มีค่ารอบปีเดียวกัน

สำหรับค่าอัตราส่วนปริมาณฝน - ช่วงเวลานี้จะให้ประโยชน์ในการประเมินค่าปริมาณฝนที่มีช่วงเวลาสั้น ๆ ตามต้องการจากค่าปริมาณฝน ที่มีช่วงเวลาตามที่กำหนดได้ เช่นการประเมินค่าปริมาณฝนที่มีช่วงเวลา ตั้งแต่ 24 ชั่วโมง ลงมาจากข้อมูลฝนรายวันเป็นต้น

Hersfield (1962) เสนอหลักการของค่าอัตราส่วนปริมาณฝน-ช่วงเวลา ว่าสำหรับพื้นที่ด้านเหนือลมและอยู่ด้านหน้าของภูเขา จะมีค่าอัตราส่วนปริมาณฝน-ช่วงเวลา ที่ช่วงเวลาใด ๆ เมื่อใช้ฝนที่ช่วงเวลา 24 ชั่วโมงเป็นหลัก จะมีค่าต่ำกว่าด้านใต้ลมซึ่งอยู่ในหุบเขาหรือด้านหลังของ

ภูเขา และค่าอัตราส่วนปริมาณฝน-ช่วงเวลา ของพื้นที่ซึ่งอยู่เหนือลมของเทือกเขาและพื้นที่แถบชายฝั่งทะเล จะมีค่าต่ำ โดยให้เหตุผลว่าในพื้นที่ซึ่งมีค่าอัตราส่วนปริมาณฝน-ช่วงเวลาต่ำนั้น ฝนจะเริ่มตกก่อนและจะมีช่วงเวลาของการตกยาวนานกว่า

Bell (1969) ได้ศึกษาผลวิจัยที่ได้กระทำมาแล้วในสหรัฐอเมริกา และได้สรุปว่าค่าอัตราส่วนปริมาณฝน-ช่วงเวลา ที่ช่วงเวลาตั้งแต่ 5 นาที ถึง 2 ชั่วโมง เมื่อใช้ค่าปริมาณฝน ที่มีช่วงเวลา 1 ชั่วโมงเป็นหลัก จะมีค่าแปรผันเล็กน้อยในทุกพื้นที่ของสหรัฐอเมริกาและไม่ขึ้นกับค่ารอบปี พร้อมทั้งได้ทำการวิจัยเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนปริมาณฝน-ช่วงเวลาในสหรัฐอเมริกา กับออสเตรเลีย, อัฟริกาใต้, และสหภาพโซเวียตรุสเซีย พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน ดังแสดงในตาราง 4-1, ตารางที่ 4-2, และรูปที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 เปรียบเทียบค่าอัตราส่วนปริมาณฝน-ช่วงเวลาระหว่างสหรัฐกับออสเตรเลีย (Comparison Between Depth-Duration Ratios for U.S. and Australia) [Bell (1969)]

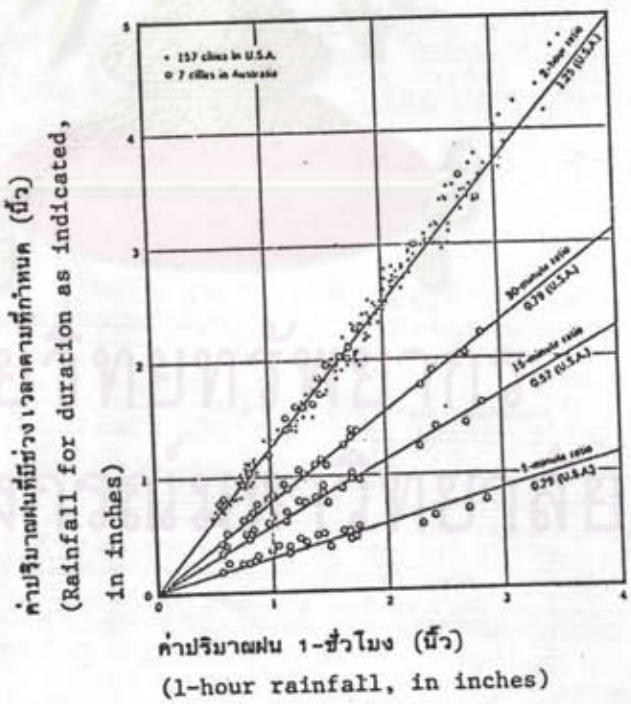
Area (1)	5-minute (2)	15-minute (3)	30-minute (4)	2-hour (5)
UNITED STATES				
Mean	0.29	0.57	0.79	1.25
Standard deviation (approx.)	0.03	0.04	0.04	0.08
AUSTRALIA				
2-year return period	0.03	0.57	0.77	1.24
10-year return period	0.31	0.58	0.78	1.25
25-year return period	0.30	0.58	0.79	1.23
Mean	0.30	0.57	0.78	1.24
Standard deviation	0.04	0.04	0.03	0.06

หมายเหตุ ใช้ค่าปริมาณฝนที่มีช่วงเวลา 1 ชั่วโมงเป็นหลัก ในการเปรียบเทียบเพื่อหาค่าอัตราส่วนปริมาณฝน-ช่วงเวลา

ตารางที่ 4-2 เปรียบเทียบพิสัยค่าอัตราส่วนปริมาณ-ช่วงเวลา ระหว่างสหรัฐกับรัสเซีย (Comparison Between Ranges of Depth-duration Ratios in U.S. and U.S.S.R [Bell (1969)]

Area (1)	5 Minute (2)	15 Minute (3)	30 Minute (4)	2 Hour (5)
UNITED STATES				
Upper value	0.32	0.61	0.83	1.31
Lower value	0.26	0.53	0.75	1.17
U.S.S.R.				
Maximum value	0.37	0.61	0.87	1.40
Minimum value	0.26	0.49	0.71	1.20

หมายเหตุ ใช้ค่าปริมาณฝนที่มีช่วงเวลา 1 ชั่วโมงเป็นหลัก ในการเปรียบเทียบเพื่อหาค่าอัตราส่วนปริมาณฝน-ช่วงเวลา



รูปที่ 4-1 ความสัมพันธ์ปริมาณฝน-ช่วงเวลา ของสหรัฐและออสเตรเลีย (Depth-duration Relationships for U.S. and Australia) [Bell (1969)]

Goswami (1972) ได้เสนอผลวิจัยของบุคคลอื่นเกี่ยวกับค่าอัตราส่วนปริมาณฝน-ช่วงเวลา ของฝน 2 ปี 1 ชั่วโมง ต่อฝน 2 ปี 24 ชั่วโมง ในประเทศอินเดีย, อัฟริกาใต้ และสหรัฐอเมริกา ดังแสดงใน ตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 เปรียบเทียบค่าอัตราส่วนของค่าปริมาณฝน 2-ปี, 1-ชั่วโมง ต่อค่าปริมาณฝน 2-ปี, 24-ชั่วโมง ของประเทศอินเดีย, อัฟริกาใต้และสหรัฐอเมริกา [Goswami (1972)]

ประเทศ	อัตราส่วน ปริมาณฝน-ช่วงเวลา
อินเดีย	0.35 - 0.45
อัฟริกาใต้	0.500
สหรัฐอเมริกา	0.435

Pierrehumbert (1974) ได้เสนอหลักการเกี่ยวกับค่าอัตราส่วนปริมาณฝน-ช่วงเวลา ว่า สำหรับอัตราส่วนปริมาณฝน-ช่วงเวลา ที่ช่วงเวลาใด ๆ ซึ่งต่ำกว่า 1 ชั่วโมง เมื่อใช้ฝน 1 ชั่วโมง เป็นหลัก ในสหรัฐอเมริกานั้นจะไม่ขึ้นกับที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ และได้สรุปผลการวิจัยเกี่ยวกับค่าอัตราส่วนปริมาณฝน-ช่วงเวลา ของฝน 12 ชั่วโมง ต่อฝนรายวันในประเทศออสเตรเลียว่ามีความสัมพันธ์กันดี

4.2 <u>อัตราส่วนปริมาณฝน-ความถี่</u> (Depth - Frequency Ratios)

ค่าอัตราส่วนปริมาณฝน-ความถี่ ที่รอบปี T ปี ใด ๆ หมายถึง ค่าอัตราส่วนระหว่างค่าปริมาณฝนในรอบปี T ปีนั้น ต่อค่าปริมาณฝนในรอบปีที่กำหนด ซึ่งมีช่วงเวลาเดียวกัน

Reich (1963) ได้ทำการศึกษาผลการวิเคราะห์ค่าอัตราส่วนปริมาณฝน-ความถี่ของฝนที่มีช่วงเวลา 1 และ 24 ชั่วโมง ในสหรัฐอเมริกา ซึ่งเสนอโดย U.S. Army Engineers เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในประเทศอัฟริกาใต้ และสรุปได้ว่า ค่าอัตราส่วนปริมาณฝน-ความถี่ของฝนที่ช่วงเวลา 1 และ 24 ชั่วโมง ของค่ารอบปี 100 ปี ต่อค่าปริมาณฝนของรอบปี 1 ปี จะมีค่าแปรผกผันกับค่าปริมาณฝนรายปี คือ ค่าอัตราส่วนปริมาณฝน-ความถี่ จะมีค่าสูงสำหรับพื้นที่ซึ่งมีค่าปริมาณฝนราย

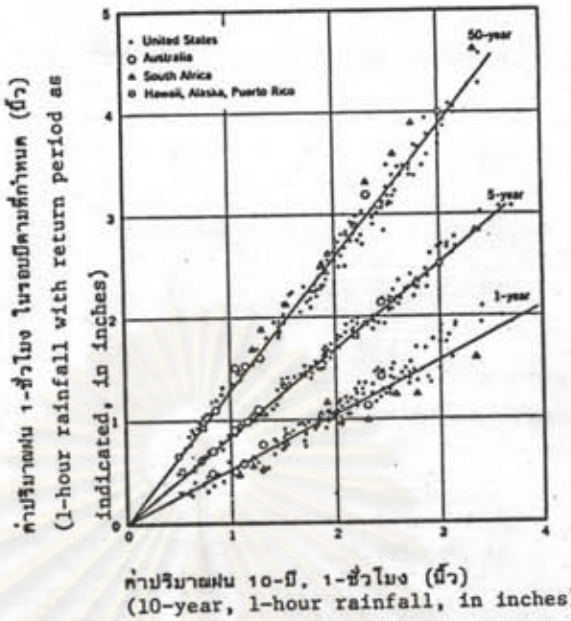
มีน้อย และค่าอัตราส่วนปริมาณฝน-ความถี่ จะมีค่าต่ำ สำหรับพื้นที่ซึ่งมีค่าปริมาณฝนรายปีสูง

Bell (1969) ได้ทำการศึกษาผลการวิจัยที่ได้กระทำมาแล้วในสหรัฐอเมริกา, ออสเตรเลีย, อัฟริกาใต้, เปอโตริโก, รัฐฮาวาย และรัฐอลาสกา แล้วได้เสนอหลักการเกี่ยวกับค่าอัตราส่วนปริมาณฝน-ความถี่ว่า ค่าอัตราส่วนปริมาณฝน-ความถี่ นั้นจะมีค่าใกล้เคียงกันสำหรับพื้นที่ซึ่งมีลักษณะทางภูมิศาสตร์เช่นเดียวกัน พร้อมทั้งได้เสนอค่าอัตราส่วนปริมาณฝน-ความถี่ ไว้ดังแสดงในตารางที่ 4-4, รูปที่ 4-2 และรูปที่ 4-3

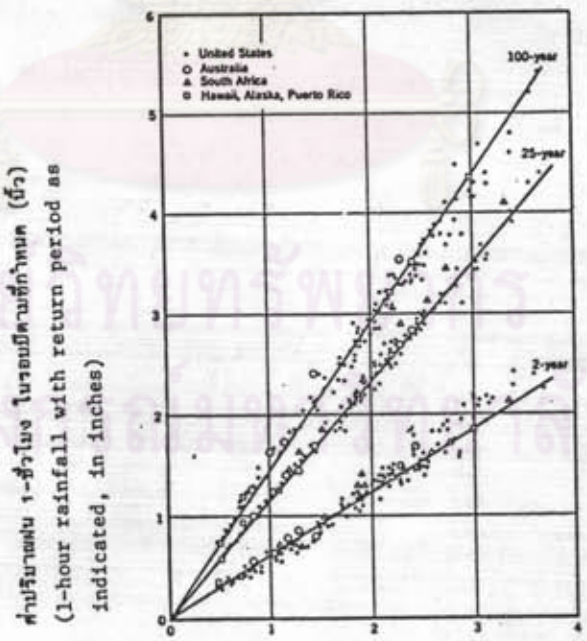
ตารางที่ 4-4 เปรียบเทียบค่าอัตราส่วนปริมาณฝน-ความถี่ (โดยใช้ค่าปริมาณฝนในรอบ 10 ปีเป็นหลัก) ระหว่างสหรัฐกับออสเตรเลีย [Bell (1969)]

รอบปี	สหรัฐอเมริกา		ออสเตรเลีย	
	อัตราส่วนเฉลี่ย	ความเบี่ยงเบนมาตราฐาน	อัตราส่วนเฉลี่ย	ความเบี่ยงเบนมาตราฐาน
1	0.54	0.05	0.52	0.05
2	0.63	0.05	0.65	0.05
5	0.85	0.03	0.85	0.05
25.	1.17	0.05	1.18	0.03
50	1.3.	0.06	1.33	0.06
100	1.46	0.07	1.50	0.08

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4-2 ความสัมพันธ์ปริมาณฝน-ความถี่ สำหรับค่ารอบปี 1 ปี, 5 ปีและ 50 ปี (Depth-frequency Relationships for 1 Yr., 5 Yrs., and 50 Yrs.) [Bell (1969)]



รูปที่ 4-3 ความสัมพันธ์ปริมาณฝน-ความถี่ สำหรับค่ารอบปี 2 ปี, 25 ปี และ 100 ปี (Depth-frequency Ralationships for 2 Yr., 25 Yr. and 100 Yr.) [Bell (1969)]

4.3 สมการโดยทั่วไปของความสัมพันธ์ระหว่างความเข้ม-ช่วงเวลา-ความถี่ของฝน

สมการสำหรับการประเมินค่าความเข้มฝน ที่สัมพันธ์กับช่วงเวลาและค่ารอบปีนั้น ได้มีผู้เสนอสมการไว้หลายรูปแบบด้วยกัน แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะสมการที่มีผู้นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งจะนำมาใช้เป็นแนวทางสำหรับการวิจัยเท่านั้น คือ

$$I_T^t = \frac{a}{(t+b)^c} \quad \text{.....} \quad (4\text{-}1)$$

เมื่อ I_T^t = ความเข้มฝนที่มีช่วงเวลา t (นาที หรือชั่วโมง) ในรอบปี T ปี (ม.ม./ชั่วโมง หรือ นิ้ว / ชั่วโมง)

t = ช่วงเวลา (นาที หรือ ชั่วโมง)

a, b, c = ค่าคงที่

เสนอโดย Sherman ใน ปี ค.ศ. 1931 และเป็นสมการที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น การวิจัย Bleich (1931), Sherman (1931), Austrtia Institution of Engineers (1958), Bell (1964), Bell (1969), Ketratanaborvorn (1973), ธำรง เปรมปรีดิ์ (2520), Chen (1983) และเป็นที่ยอมรับว่า สมการนี้จะให้ค่าที่ใกล้เคียงมากที่สุด

นอกจากนี้ Bell (1969) ยังได้เสนอว่าค่าคงที่ a ขึ้นอยู่กับค่ารอบปีและลักษณะที่ตั้งทางภูมิศาสตร์, b และ c มีค่าขึ้นอยู่กับลักษณะที่ตั้งทางภูมิศาสตร์เพียงอย่างเดียว

นอกจากสมการ (4-1) ซึ่งได้รับความนิยมกันอย่างแพร่หลายแล้ว ยังมีสมการสำหรับประเมินค่าความเข้มฝน ที่เสนอโดยบุคคลต่าง ๆ และเป็นที่ยอมรับกันอีกหลายสมการ เช่น

$$I = \frac{a}{t+b} \quad \text{.....} \quad (4\text{-}2)$$

เสนอโดย Talbot ในปี ค.ศ.1881 และเป็นสมการที่นิยมใช้กันสมการหนึ่ง เพราะค่าคงที่ a, b สามารถหาได้ง่าย สุเทพ ดิงศภัทิย์ (2521)

$$I = \frac{a}{t^c} \quad \text{.....} \quad (4\text{-}3)$$

เสนอโดย Sherman ในปี ค.ศ. 1905 และเสนอว่า เหมาะสำหรับการประเมินค่าความเข้มฝนที่ช่วงเวลา นานกว่า 2 ชั่วโมง

$$I = \frac{a}{t+b} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4-4)$$

เสนอโดย Ishiguro ในปี ค.ศ. 1953 เพื่อใช้สำหรับการประเมินค่าความเข้มฝนในประเทศญี่ปุ่น และต่อมาได้มีผู้นำไปใช้กันอย่างแพร่หลายอีกสมการหนึ่ง

นอกจากสมการที่ (4-1) ถึง (4-4) ซึ่งเป็นสมการที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายแล้ว ยังมีสมการที่มีผู้ทำการวิจัยและเสนอไว้อีกเป็นจำนวนมาก ซึ่งอาจจะมีความเหมาะสมเฉพาะที่หรือเฉพาะชุดข้อมูลที่ทำการศึกษาเท่านั้น

4.4 <u>สมการสำหรับการประเมินค่าความเข้มฝนและค่าปริมาณฝนที่มีช่วงเวลาสั้น ๆ จากความเข้มฝนและปริมาณฝนที่มีช่วงเวลายาวกว่า</u>

การศึกษาเกี่ยวกับสมการดังกล่าวนี้ได้มีผู้ทำการศึกษาวิจัย และเสนอวิธีการไว้เป็นจำนวนมาก ในการวิจัยครั้งนี้จะเน้นเฉพาะสมการที่ใช้สำหรับการประเมินค่าความเข้มฝน และปริมาณฝนที่มีช่วงไม่เกิน 24 ชั่วโมง ซึ่งจะนำมาใช้เป็นแนวทางสำหรับการวิจัยในครั้งนี้เท่านั้น ซึ่งมีสมการและวิธีการที่คาดว่าน่าจะนำมาใช้กับการวิจัยในครั้งนี้ได้ คือ

Bell (1969) ได้เสนอวิธีการ และสมการสำหรับการประเมินค่าปริมาณฝนที่มีช่วงเวลา 5 นาที ถึง 2 ชั่วโมง ของค่ารอบปี 2 ปี ถึง 100 ปี ในสหรัฐอเมริกาคือ

$$P_T^t / P_T^{60} = 0.54\, t^{0.25} - 0.5 \quad \ldots\ldots \quad (4-5)$$

$$P_T^t / P_{10}^t = 0.21 \ln(T) + 0.52 \ldots\ldots\ldots (4-6)$$

$$P_T^t / P_2^t = 0.351 \ln(T) + 0.76 \ldots\ldots \quad (4-7)$$

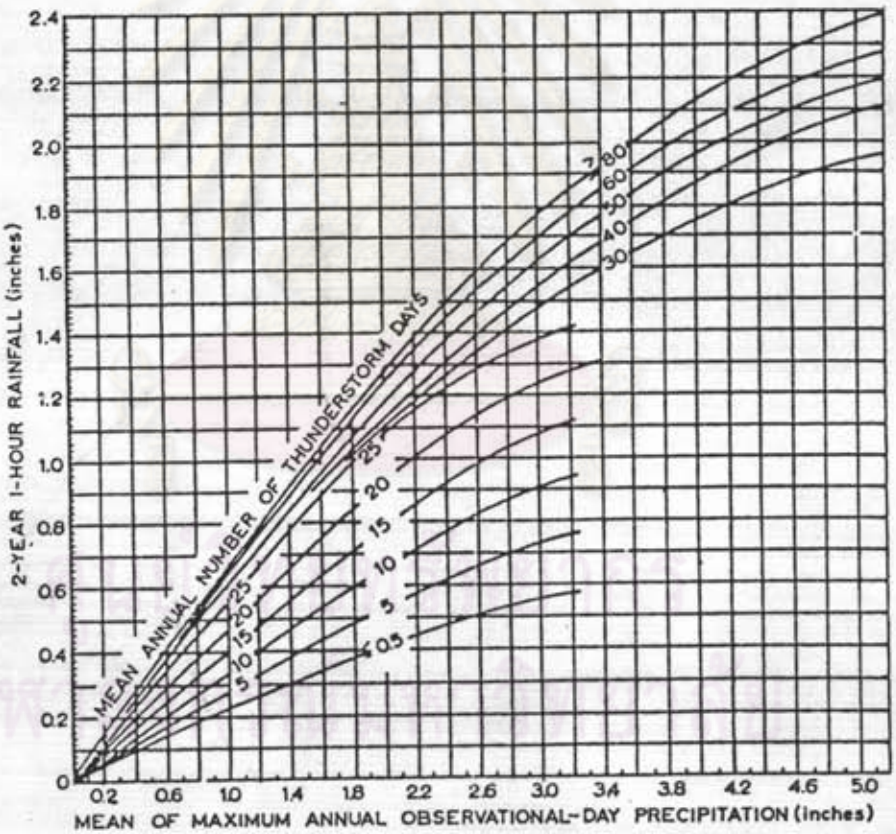
$$P_T^t = \{0.21 \ln(T) + 0.52\} (0.54 t^{0.25} - 0.5) P_{10}^{60} \quad \ldots\ldots (4-8)$$

$$P_T^t = \{0.351 \ln(T) + 0.76\} (0.54 t^{0.25} - 0.5) P_2^{60} \quad \ldots\ldots (4-9)$$

และ Bell ยังได้เสนอการประยุกต์ใช้เส้นกราฟของความสัมพันธ์เพื่อการประเมินค่าปริมาณฝน 2 ปี 1 ชั่วโมงจากฝนรายวันของ Hersfield & Willson(1957) ดังแสดงในรูปที่ 4-4 โดยกำหนดเป็นสมการคือ

$$P_2^{60} = 0.17\ M.N^{0.33} \quad \text{ถ้า} \quad \begin{matrix} 0 \leqslant M \leqslant 2.0 \\ 1 \leqslant N \leqslant 80 \end{matrix} \qquad \ldots(4.10)$$

$$P_2^{60} = 0.21\ M^{0.67}.N^{0.33} \quad \text{ถ้า} \quad \begin{matrix} 2.0 \leqslant M \leqslant 4.5 \\ 1 \leqslant N \leqslant 80 \end{matrix}$$



รูปที่ 4-4 ความสัมพันธ์สำหรับประเมินค่าปริมาณฝน 2-ปี, 1-ชั่วโมง จากข้อมูลฝนรายวัน [Reich (1963)]

เมื่อ P_T^t คือค่าปริมาณฝนที่มีช่วงเวลา t(5-120) นาที, ของค่ารอบปี T(2-100) ปี

M คือค่าเฉลี่ยของปริมาณฝนสูงสุดในแต่ละปีที่มีช่วงเวลา 1 วัน

N คือค่าเฉลี่ยของจำนวนวันที่มีพายุฝนคะนองในแต่ละปี

Ketratanaborvorn(1973) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการประเมินค่าความเข้มฝนที่มีช่วงเวลาสั้นมาก ๆ ตั้งแต่ 1 ถึง 30 นาที จากความเข้มฝนที่มีช่วงเวลายาวกว่า สำหรับข้อมูลในกรุงเทพฯ และได้เสนอสูตรคือ

$$I_s = a\, I_1^b \qquad \text{.....(4-11)}$$

เมื่อ I_s = ความเข้มฝนที่มีช่วงเวลาสั้นมาก ๆ

I_1 = ความเข้มฝนที่มีช่วงเวลายาวกว่า

a,b = ค่าคงที่

Chen (1983) ได้เสนอวิธีการและสมการสำหรับประเมินค่าความเข้มฝนที่มีช่วงเวลาตั้งแต่ 5 นาทีถึง 1 ชั่วโมง และค่ารอบปี 2-100 ปี คือ

$$I_T^t = \frac{a_1}{(t+b_1)^{c_1}} \cdot I_T^{60} \qquad \text{.....(4-12)}$$

$$I_T^t = \frac{a_1 \log(10^{2-x} \cdot T^{x-1})}{(t+b_1)^{c_1}} \cdot I_{10}^{60} \qquad \text{.....(4-13)}$$

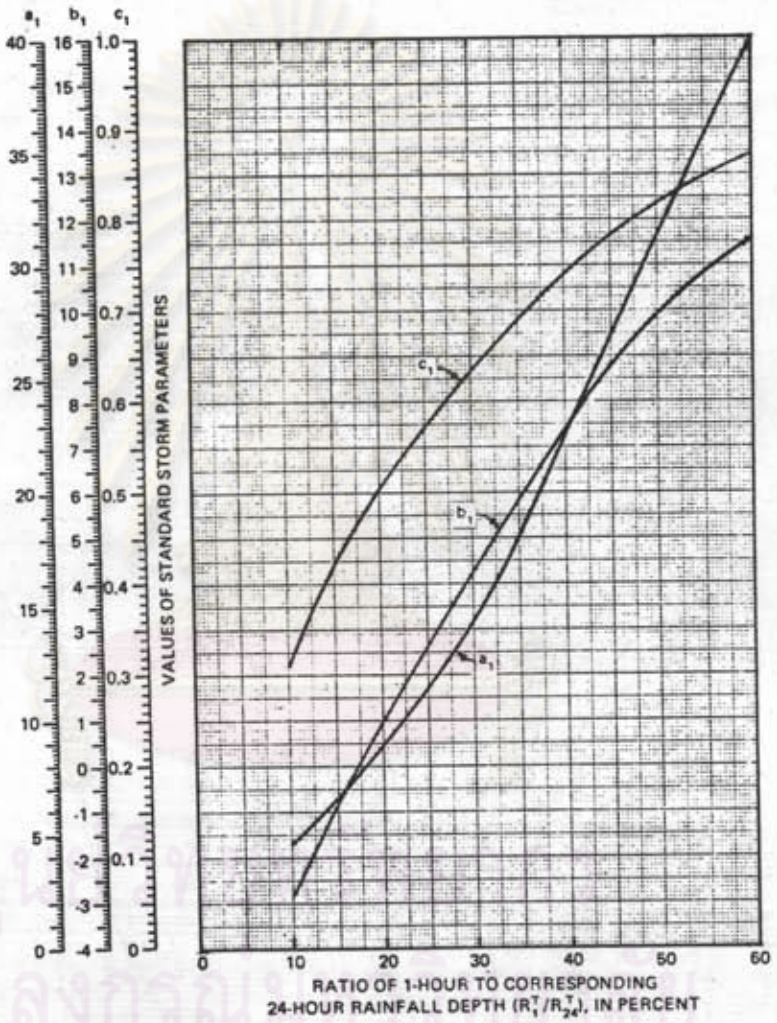
$$I_T^t = \frac{a_1 \log(10^{1.77-0.177y} \cdot T^{0.589(y-1)})}{(t+b_1)^{c_1}} \cdot I_2^{60} \qquad \text{..(4-14)}$$

เมื่อ I_T^t = ค่าความเข้มฝนที่มีช่วงเวลา t(5-60) นาที, ค่ารอบปี T(2-100) ปี

a_1, b_1 และ c_1 = ค่าคงที่

$$x = P^{t}_{100} / P^{t}_{10} \quad \text{และ} \quad y = P^{t}_{100} / P^{t}_{2}$$

โดยมีสมมติฐานว่า ค่า a_1, b_1 และ c_1 จะขึ้นกับค่าอัตราส่วนปริมาณฝน-ช่วงเวลา ที่ช่วงเวลา 1 ชั่วโมงต่อค่าปริมาณที่ช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ดังแสดงในรูป 4-5



รูปที่ 4-5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ a_1, b_1 และ c_1 กับค่าอัตราส่วนปริมาณฝน-ช่วงเวลา 1 ชั่วโมงต่อ 24 ชั่วโมง [Chen(1983)]

4.5 การประเมินค่าความเข้มฝนและปริมาณฝนที่มีช่วงเวลาสั้น ๆ ในพื้นที่ที่ขาดแคลนข้อมูลฝน

(Estimation of Short Duration Rainfall for Regions of Sparse Data)

วิธีการประเมินค่าความเข้มและค่าปริมาณฝนที่มีช่วงเวลาสั้น ๆ ในพื้นที่ซึ่งขาดแคลนข้อมูลฝนนี้ ได้มีผู้วิจัยและเสนอแนะหลักการไว้เป็นจำนวนมาก ขึ้นอยู่กับสภาพการขาดแคลนข้อมูลฝน ซึ่งพอจะแยกออกได้เป็น 3 วิธีการใหญ่ ๆ คือ

4.5.1 การประเมินค่าปริมาณฝนที่มีช่วงเวลาสั้น ๆ ในพื้นที่ซึ่งขาดแคลนข้อมูลฝนที่มีช่วงเวลาสั้น ๆ มาก การแก้ปัญหาในกรณีนี้ได้มีผู้วิจัยและเสนอแนะไว้คือ

Reich (1963) ได้ทำการวิจัยเพื่อหาวิธีการประเมินค่าปริมาณฝนที่มีช่วงเวลาสั้น ๆ ตั้งแต่ 15 นาทีถึง 24 ชั่วโมง ในประเทศอัฟริกาใต้ ซึ่งขาดแคลนข้อมูลฝนช่วงเวลาสั้นอยู่มาก กล่าวคือ มีสถานีฝนที่มีจำนวนปีของการบันทึกข้อมูลกราฟฝนมากพอที่จะใช้ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของความเข้ม-ช่วงเวลา-ความถี่ของฝน ได้เพียง 15 สถานีทั่วทั้งประเทศ ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้ว 1 สถานีกราฟฝนจะครอบคลุมพื้นที่ถึง 33,000 ตารางไมล์ โดยในการวิจัยครั้งนี้ได้อาศัยการประยุกต์ใช้ความสัมพันธ์ในรูป 4-4 มาประเมินค่าปริมาณฝน 2 ปี 1 ชั่วโมง และ 2 ปี 24 ชั่วโมง จากฝนรายวันและได้เสนอผลวิจัยในรูปแบบของแผนที่เส้นชั้นค่าปริมาณฝนเท่ากัน แผนที่เส้นชั้นค่าอัตราส่วนปริมาณฝน-ช่วงเวลา ไดอะแกรมค่าปริมาณฝน-ช่วงเวลา และไดอะแกรมค่าปริมาณฝน-ความถี่

Goswami (1972) ได้ทำการวิจัยเพื่อประเมินค่าปริมาณฝนที่มีช่วงเวลาสั้นมากในประเทศอินเดีย ซึ่งขาดแคลนข้อมูลฝนที่มีช่วงเวลาสั้น ๆ ด้วยการแก้ปัญหาโดยอาศัยผลการวิจัยของ Bell (1969), Reich (1963), Hershfield & Wilson (1965) (ซึ่งเสนอแนะว่าความสัมพันธ์ต่าง ๆ ของฝนในสหรัฐอเมริกาสามารถนำไปใช้ได้ในทุกภูมิภาคของโลก) ไปใช้ในการประเมินค่าปริมาณฝนที่มีช่วงเวลา 5นาที ถึง 2ชั่วโมงและคาบรอบปี 2 ปีถึง 100 ปี โดยใช้ผลวิจัยของ Bell (1969) เป็นหลักเกี่ยวกับค่าอัตราส่วนปริมาณฝน-ช่วงเวลา ค่าอัตราส่วนปริมาณฝน-ความถี่ การวิจัยครั้งนี้เสนอผลวิจัยในรูปแบบเส้นชั้นค่าปริมาณฝนเท่ากัน

4.5.2 การประเมินค่าปริมาณฝนที่มีช่วงเวลาสั้น ๆ ในกรณีที่พอมีข้อมูลอยู่บ้าง

Pierrehumbert (1974) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการประเมินค่าความเข้มฝน ที่มีช่วงเวลาต่ำกว่า 24 ชั่วโมงในประเทศออสเตรเลีย และได้เสนอหลักการสำหรับแก้ปัญหาการขาดแคลนข้อมูลฝนที่มีช่วงเวลาสั้น ๆ ในบางพื้นที่ไว้ 2 วิธีด้วยกันคือ

4.5.2.1 เลือกสถานีฝนตัวแทน (Selection of Representative Stations)

การเลือกสถานีฝนตัวแทนนี้ Pierrehumbert ได้เสนอว่า สำหรับพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิอากาศอย่างเดียวกัน (climatologically homogenous) นั้นสามารถจะใช้ข้อมูลฝนทดแทนกันได้ โดยพิจารณาถึงระดับความสูง ลักษณะภูมิประเทศ ฝนรายปี รูปร่างลักษณะพื้นที่ ระยะทางห่างจากชายฝั่งทะเล ระยะทางระหว่างสถานีที่จะนำข้อมูลไปใช้กับสถานีที่จะเอาไปเป็นตัวแทน

4.5.2.2 ประเมินค่าปริมาณฝนช่วงเวลาสั้น ๆ จากข้อมูลฝนรายวัน

Pierrehumbert ได้ทำการประเมินค่าปริมาณฝน 2 ปี 12 ชั่วโมง และ 50 ปี 12 ชั่วโมงจากฝนรายวัน แล้วนำไปใช้เป็นหลักสำหรับการประเมินค่าปริมาณฝนที่มีช่วงเวลาตั้งแต่ 1-12 ชั่วโมง โดยใช้ค่าอัตราส่วนปริมาณฝน-ช่วงเวลา (ที่มีช่วงเวลาต่าง ๆ เมื่อใช้ฝน 12 ชั่วโมงเป็นหลัก) เป็นตัวแปลงค่าฝน 12 ชั่วโมงเป็นฝนที่มีช่วงเวลาตั้งแต่ 1-12 ชั่วโมง ตามสมการ

$$P_T^t = C_t . P_T^{12} \quad \text{.....} \quad (4\text{-}15)$$

เมื่อ P_T^t คือค่าปริมาณฝนที่ช่วงเวลา t (1-12 ชั่วโมง) คาบรอบปี T ปี และ C_t คือค่าอัตราส่วนปริมาณฝน-ช่วงเวลา (ที่มีช่วงเวลาตั้งแต่ 1-12 ชั่วโมง เมื่อใช้ฝน 12 ชั่วโมงเป็นหลัก)

โดยวิธีของ Pierrehumbert นี้ ค่า C_t หาจากข้อมูลฝนช่วงสั้นที่มีอยู่บ้างแล้วในภูมิภาคนั้น ๆ และยังเสนอว่าค่า C_t อาจจะแปรผันตามปริมาณฝนรายปี จำนวนวันอากาศชื้น จำนวนวันที่มีพายุฝน ระดับความสูงของพื้นที่จากระดับน้ำทะเลปานกลาง ลักษณะที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ และระยะทางจากฝั่งทะเล

สำหรับการประเมินค่าปริมาณฝนที่มีช่วงเวลาสั้น ๆ ต่ำกว่า 1 ชั่วโมงจากฝน 1 ชั่วโมงนั้นจะมีวิธีการในทำนองเดียวกันกับการประเมินค่าปริมาณฝนที่มีช่วงเวลา 1-12 ชั่วโมงดังที่กล่าวมาแล้วคือ

$$P_T^m = C_m . P_T^{60} \qquad \text{.....} \quad (4\text{-}16)$$

เมื่อ P_T^m คือค่าปริมาณฝนที่มีช่วงเวลา m นาที ค่ารอบปี T ปี และ C_m คือค่าอัตราส่วนปริมาณฝน-ช่วงเวลาที่มีช่วงเวลาต่ำกว่า 60 นาที (โดยใช้ค่าปริมาณฝน 60 นาทีเป็นหลัก)

4.5.3 การประเมินค่าปริมาณฝนที่มีช่วงเวลาสั้น ๆ สำหรับพื้นที่ซึ่งมีข้อมูลมากพอ

Pierrehumbert (1974) เสนอแนะให้ใช้วิธีการเทียบอัตราส่วน (linear interpolation) ระหว่างสถานีที่อยู่ใกล้เคียงกับพื้นที่ซึ่งต้องการประเมินค่าปริมาณฝนมากที่สุด

4.6 <u>การเสนอผลวิจัยเพื่อการประเมินค่าปริมาณฝนในพื้นที่และภูมิภาคที่ต้องการ</u>

การเสนอผลวิจัยเพื่อการประเมินค่าปริมาณฝนนั้น ได้มีผู้เสนอไว้หลายรูปแบบด้วยกัน เพื่อให้สดวกสำหรับการนำไปใช้งานและรูปแบบที่นิยมเสนอกันนั้นพอสรุปได้คือ

ก. เส้นกราฟความสัมพันธ์ของความเข้ม-ช่วงเวลา-ความถี่ของฝน ซึ่งเป็นรูปแบบที่ให้ความเชื่อมั่นที่สุด เพราะเป็นผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นของแต่ละสถานี แต่จะมีข้อจำกัดคือ เป็นการเสนอแบบเฉพาะที่ของแต่ละสถานีเท่านั้น การจะนำไปใช้กับพื้นที่อื่นจะต้องพิจารณาองค์ประกอบต่าง ๆ จึงไม่สดวกที่จะนำไปใช้กับพื้นที่อื่น ๆ อย่างไรก็ตามการเสนอ

ผลวิจัยในรูปแบบดังกล่าวนี้ก็เป็นที่นิยมมากวิธีหนึ่ง เช่น การวิจัยของ Mustonen (1969) อำรง เปรมปรีดี (2520) สวามี หอสุชาติ (2526) กฤษฎา เล่าเรียนดี (2527) เป็นต้น

ข. สมการ empirical (empirical equation) ของความสัมพันธ์ของความเข้มและคำปริมาณฝน-ช่วงเวลา-ความถี่ของฝน เป็นวิธีการเสนอผลการวิจัยอีกแบบหนึ่ง ซึ่งมีคุณสมบัติทำนองเดียวกับรูปแบบในข้อ ก. แต่ถ้าหากเสนอควบคู่กับแผนที่เส้นชั้นค่าคงที่ (constant) แล้วจะทำให้สามารถนำไปใช้ได้อย่างกว้างขวางมากขึ้น เพราะสามารถหาค่าคงที่ต่าง ๆ ของสมการ ในพื้นที่ซึ่งขาดแคลนข้อมูลในภูมิภาคนั้น ๆ ได้ เช่น การวิจัยของ Australia Institution of Engineers (1958) และ L mbor (1967) เป็นต้น

ค.. แผนที่เส้นชั้นเท่ากันของค่าปริมาณฝนที่ช่วงเวลาและค่ารอบปีที่กำหนด ซึ่งสามารถจะใช้ในการประเมินค่าปริมาณฝนที่ช่วงเวลาและค่ารอบปีตามที่กำหนดได้ในทุกพื้นที่ของภูมิภาคที่ทำการวิจัยนั้น ๆ แต่อาจจะมีความคลาดเคลื่อนของการกะประมาณอยู่บ้าง เช่นการวิจัยของ Bell (1964), Hershfield (1962), Reich (1963), Goswami (1972), สวามี หอสุชาติ (2526) และกฤษฎา เล่าเรียนดี (2527) เป็นต้น

ง. ไดอะแกรม เส้นกราฟ และความสัมพันธ์บางอย่างของฝนในแต่ละภูมิภาคนั้น ๆ สามารถจะนำไปใช้ได้อย่างกว้างขวาง ในแต่ละภูมิภาคเช่นกัน และยังอาจนำไปใช้ได้ในทุกภูมิภาคของโลกด้วย เช่นการวิจัยของ Bell (1969), Reich (1963), Pierrehumbert (1974), สวามี หอสุชาติ (2526), กฤษฎา เล่าเรียนดี (2527) เป็นต้น แต่ค่าที่ได้จะเป็นเพียงค่าเฉลี่ยของแต่ละภูมิภาคเท่านั้น

4.7 <u>การพิจารณาข้อมูลฝน</u>

การวิเคราะห์ความถี่ฝนนั้นจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลฝนที่ผ่านมาในอดีต เป็นกลุ่มตัวอย่างแทนประชากรทั้งหมด เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ทำนายเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตตามหลักการของความน่าจะเป็น

กลุ่มข้อมูลฝนที่ใช้ในการวิเคราะห์ความถี่นั้นแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ annual series และ partial series

annual series คือกลุ่มข้อมูลฝนที่จะเลือกเอาค่าที่ต้องการเพียงปีละ 1 ค่า (สำหรับการวิจัยในครั้งนี้คือ ค่าปริมาณฝนสูงสุด)

partial series คือกลุ่มข้อมูลฝนที่เลือกเอาเฉพาะค่าที่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งอาจจะมีได้ปีละหลายค่า และในบางปีอาจจะไม่มีค่าที่ต้องการอยู่เลยก็ได้

การวิเคราะห์ความถี่ทางอุทกวิทยานั้น มักจะนิยมใช้ข้อมูลแบบ annual series มากกว่า partial series เพราะมีความสดวกในการเก็บข้อมูล ประหยัดแรงงาน และผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความถี่ของข้อมูลทั้งสองชนิดนั้นจะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งได้มีผู้ทำการศึกษาเปรียบเทียบและเสนอผลวิจัยไว้คือ

Hershfield & Wilson (1957) ได้เสนอผลวิจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ความถี่เปรียบเทียบเกี่ยวกับขนาดของเหตุการณ์ของค่ารอบปีต่าง ๆ ของข้อมูลทั้งสองชนิด ดังแสดงในตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 เปรียบเทียบผลวิเคราะห์จากอนุกรมข้อมูลแบบ annual series กับ partial series [Hershfield & Wilson (1957)]

ค่ารอบปี	annual series	partial series
2	1	1.14
5	1	1.04
10	1	1.01

Bell (1969) ได้เปรียบเทียบค่ารอบปีของผลการวิเคราะห์ความถี่ของข้อมูลฝนแบบ annual series และ partial series และได้เสนอว่าผลที่ได้จะมีค่ารอบปีแตกต่างกันเพียง 0.5 ปีเมื่อค่ารอบปีที่ทำการวิเคราะห์มีค่าตั้งแต่ 10 ปีขึ้นไป

Kite (1977) ได้เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ข้อมูลฝนทั้งสองชนิดและเสนอว่า ผลการวิเคราะห์สำหรับค่ารอบปีตั้งแต่ 10 ปีขึ้นไปนั้นจะมีค่ารอบปีแตกต่างกันเพียง 0.5 ปีเท่านั้น ดังแสดงในตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-6 เปรียบเทียบค่ารอบปีสำหรับอนุกรมข้อมูลแบบ annual series กับ partial series [Kite (1977)]

partial series	annual series
0.5	1.16
1	1.58
1.44	2
2	2.54
5	5.52
10	10.5
20	20.5
50	50.5
100	100.5

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ จะเลือกใช้ข้อมูลแบบ annual series เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความถี่ของค่าปริมาณฝนที่ช่วงเวลาต่าง ๆ เนื่องจากเหตุผลที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น และเพื่อเป็นการประหยัดเวลาและแรงงานในการเก็บรวบรวมข้อมูลอีกด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย