บทที่ ๔

น้ำท่า

๔.๑ ที่มาของข้อมูล

สถิติของน้ำท่าที่ได้นำมาทำการวิจัยนี้ ได้มาจากหน่วยงานของรัฐบาล ๓ หน่วย คือ กรมชลประทาน กรมอุตุนิยมวิทยา และการพลังงานแห่งชาติ ตามตารางที่ ๔.๑

๔.๒ ช่วงเวลาของการจดบันทึกข้อมูล

ระยะเวลาของการจดบันทึกข้อมูลแต่ละสถานีวัดน้ำ แตกต่างกันมากจากระยะเวลานานที่สุด คือประมาณ ๖๐ ปี ได้แก่ แม่น้ำป่าสักที่แก่งคอย (S_2) และที่น้อยที่สุดคือ ๓ ปี ได้แก่ สถานีวัดน้ำ แม่น้ำป่าสักที่แก่งคอย (S_9) สถานีวัดน้ำส่วนใหญ่ทำการจดบันทึกข้อมูลเป็นระยะเวลาช่วงสั้น ๆ และไม่ค่อยจดบันทึกต่อเนื่องกัน เริ่มทำการจดบันทึกได้เพียงประมาณ ๖-๗ ปี เช่น ที่วิเชียรบุรี และที่บัวชุม ระยะเวลาจดบันทึกข้อมูลของสถานีวัดน้ำต่าง ๆ แสดงตามตารางที่ ๔.๒ สถิติน้ำท่ารายเดือนของสถานีวัดน้ำท่าต่าง ๆ แสดงในภาคผนวก ข. ๔

๔.๓ ที่ตั้งของสถานีวัดน้ำ

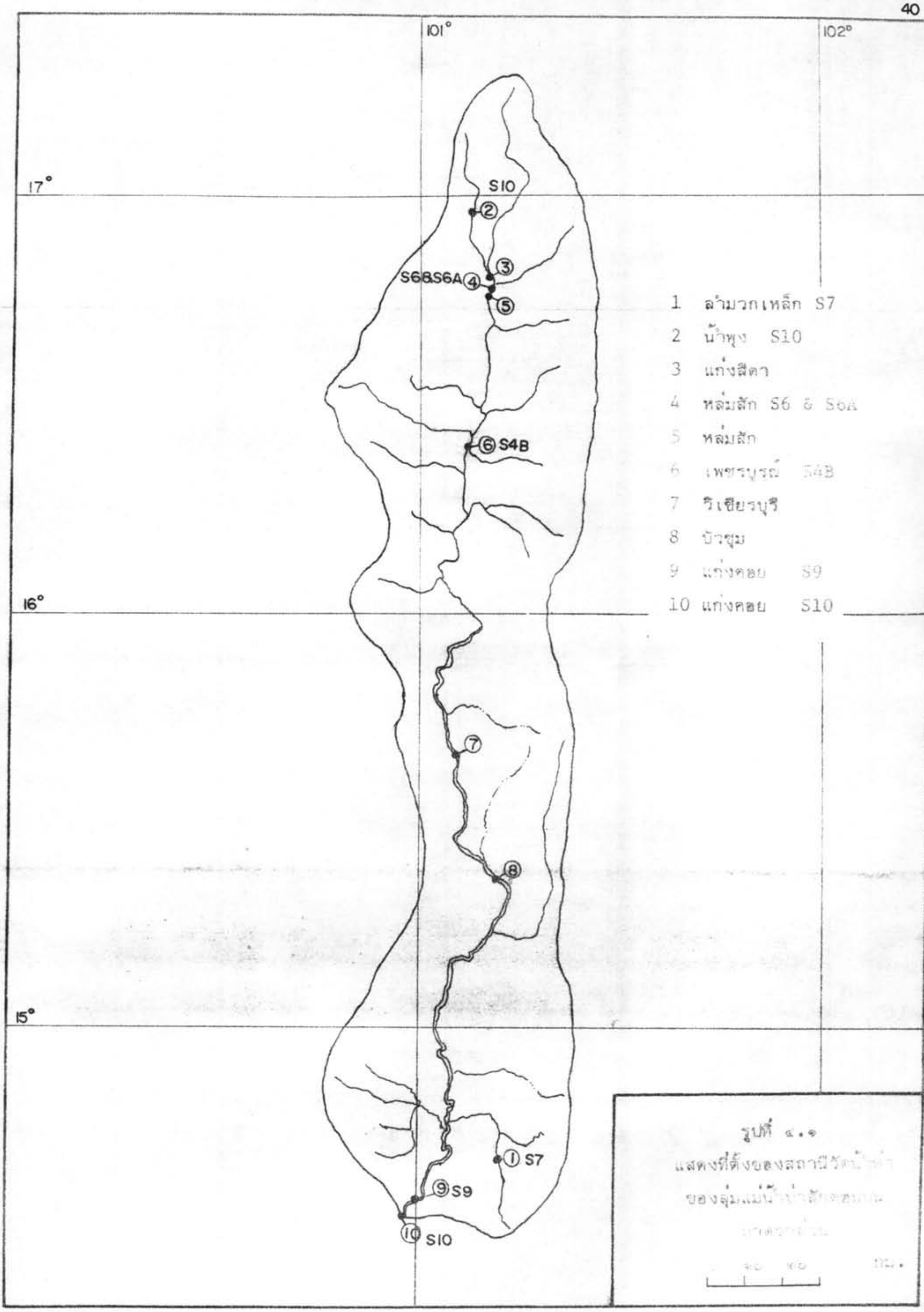
ที่ตั้งของสถานีวัดน้ำต่าง ๆ แสดงตามรูปที่ ๔.๑ ส่วนพิกัดโดยละเอียดของสถานีวัดน้ำเหล่านี้แสดงตาม ตารางที่ ๔.๑ สถานีวัดน้ำแม่น้ำป่าสักที่หล่มสัก S_6 & S_{6A} ตอนแรกตั้งที่ S_6 ก่อน ภายหลังย้ายไป S_{6A} ซึ่งอยู่ใกล้กัน ใช้ข้อมูลเป็นสถานีเดียวกัน

ตารางที่ ๔.๑ พิกัดของสถานีวัดน้ำ

สถานีวัดน้ำ	ชื่อสถานี	หน่วยงานที่ทำการจดบันทึก	พท. ลุ่มน้ำ ตร.กม.	พิกัดของสถานี
1	แม่น้ำป่าสักที่ลำนารายณ์ (S7)	กรมชลประทาน	177	ละติจูด 14° 38' 04" เหนือ ลองติจูด 101° 12' 37" ตะวันออก
2	น้ำพุง ที่สะพานน้ำพุง (S10)	กรมชลประทาน	268	ละติจูด 16° 56' 50" เหนือ ลองติจูด 101° 13' 10" ตะวันออก
3	แม่น้ำป่าสักที่แก่งสีดา	การพลังงานแห่งชาติ	809	ละติจูด 16° 54' 00" เหนือ ลองติจูด 101° 20' 00" ตะวันออก
4	แม่น้ำป่าสักที่หล่มสัก (S6A)	กรมชลประทาน	1,006	ละติจูด 16° 49' 52" เหนือ ลองติจูด 101° 47' 57" ตะวันออก
5	แม่น้ำป่าสักที่หล่มสัก	กรมอุตุนิยมวิทยา	1,070	ละติจูด 16° 46' 35" เหนือ ลองติจูด 101° 14' 55" ตะวันออก
6	แม่น้ำป่าสักที่เพชรบูรณ์ (S4B)	กรมชลประทาน	3,565	ละติจูด 16° 25' 22" เหนือ ลองติจูด 101° 05' 52" ตะวันออก
7	แม่น้ำป่าสักที่วิเชียรบุรี	กรมอุตุนิยมวิทยา	7,320	ละติจูด 15° 39' 11" เหนือ ลองติจูด 101° 06' 15" ตะวันออก
8	แม่น้ำป่าสักที่บัวชุม	กรมอุตุนิยมวิทยา	9,500	ละติจูด 15° 15' 50" เหนือ ลองติจูด 101° 11' 00" ตะวันออก
9	แม่น้ำป่าสักที่แก่งคอย (S9)	กรมชลประทาน	10,164	- -
10	แม่น้ำป่าสักที่แก่งคอย (S2)	กรมชลประทาน	14,522	ละติจูด 14° 35' 32" เหนือ ลองติจูด 101° 00' 23" ตะวันออก

ตารางที่ ๔.๒ สถานีวัดน้ำท่าในลุ่มแม่น้ำป่าสัก และช่วงเวลาในการบันทึกข้อมูล

สถานีวัดน้ำท่า	ระยะเวลาการจดบันทึกข้อมูล	รวม (ปี)
๑ ท่ามวกเหล็ก (S7)		๑๒
๒ น้ำภุง (S10)		๑๐
๓ แก่งสีดา		๑๒
๔ หล่มสัก (S6,S6A)		๘
๕ หล่มสัก		๖
๖ เพชรบูรณ์ (S4B)		๕
๗ วิเชียรบุรี		๖
๘ บัวชุม		๖
๙ แก่งคอย (S9)		๓
๑๐ แก่งคอย (S2)		๖๒



รูปที่ ๔.๑

แสดงที่ตั้งของสถานีวัด

ของลุ่มแม่น้

๔.๔ การวิเคราะห์สถิติน้ำท่า

การวิเคราะห์สถิติน้ำท่าได้แก่ การหาค่าเฉลี่ยของอัตราน้ำไหล (Mean) ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard diviation) ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผัน (Coefficient of variation) ของอัตราน้ำไหลเป็นรายเดือนและในรอบปี ใช้วิธีการเช่นเดียวกันนี้วิเคราะห์สถิติน้ำฝน ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนของแต่ละสถานีแสดงในกราฟภาคผนวก ค. ๖ ในการวิเคราะห์เรื่องน้ำท่าได้เพิ่มการหาค่า Specific yields ของน้ำท่าลงไปด้วย ค่าเหล่านี้หาโดยตรงจากสถิติอัตราน้ำไหลเฉลี่ยรายเดือน ของข้อมูลที่วิเคราะห์ออกมาก่อนแล้ว

๔.๕ ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำท่ากับพื้นที่รับน้ำฝน

ตามตารางที่ ๔.๑ และตามรูปที่ ๔.๑ แสดงที่ตั้งของสถานีวัดน้ำท่าและพื้นที่รับน้ำฝนของสถานีวัดน้ำแต่ละจุด ขนาดของพื้นที่รับน้ำฝนหรือพื้นที่ของลุ่มน้ำมีตั้งแต่ ๑๗๗ ตารางกิโลเมตร ถึง ๑๔,๕๒๒ ตารางกิโลเมตร ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลเฉลี่ยรายเดือนและในรอบปีกับพื้นที่รับน้ำฝน เขียนลงในกระดาษกราฟแบบลอกการิทึม อยู่ในภาคผนวก ค. ๕

ในการนี้ ได้ตั้งสมมติฐานว่า อัตราการไหลเฉลี่ยของน้ำท่า (Q) ในแม่น้ำหรือในส่วนหนึ่งส่วนใดของลำน้ำ ขึ้นอยู่กับพื้นที่รับน้ำฝนหรือพื้นที่ของลุ่มน้ำ (A)

$$Q = f(A)$$

โดยตั้งสมการเป็นสูตรอย่างง่ายได้ดังนี้

$$Q = KA^n$$

ซึ่ง K และ n เป็นค่าคงที่จะได้คำนวณออกมาโดยวิธี Regression analysis ในการวิจัยนี้ อัตราการไหลเฉลี่ย Q จัดเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ส่วนพื้นที่ของลุ่มน้ำ A มีหน่วยเป็นตารางกิโลเมตร ตามภาคผนวก ค. ๔ แสดงค่าคงที่ K และ n ซึ่งทำโดยวิธี Regression analysis จะได้ค่า Correlation Coefficient ระหว่างค่าลอกการิทึมของอัตราการไหลเฉลี่ยกับพื้นที่ของลุ่มน้ำออกมาด้วย

๔.๖ ทฤษฎีของ Regression analysis

ถ้ามีตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันอยู่จำนวน m ตัวแปร โดยมีตัวหนึ่งเป็นตัวแปรไม่อิสระซึ่งขึ้นอยู่กับตัวแปรที่เหลือคือ (m-1) ตัว ดังนั้นเราสามารถเขียนเป็นสมการสำหรับ multiple linear regression ได้ดังนี้

$$x_1 = B_1 + B_2x_2 + B_3x_3 + \dots\dots\dots + B_mx_m \qquad \dots\dots (4.1)$$

เมื่อ B_1 คือ ค่าตัดแกน

B_j คือ ค่าสัมประสิทธิ์ multiple regression ประจำตัวแปรอิสระ x_j ของตัวแปรไม่อิสระ x_1 โดยค่า j เริ่มต้นจาก ๒ ถึง m

แล้วใช้วิธี least-squares และให้ผลต่างค่า x_1' ที่วัดได้กับค่า x_1 ที่คำนวณจากสมการ (๔.๑) เท่ากับ Δ_1

$$\Delta_1 = x'_1 - B_1 - B_2x_2 - B_3x_3 - \dots\dots - B_mx_m \dots\dots (4.2)$$

สมการ (๔.๒) ยกกำลังสอง แล้วแก้สมการหาค่า B_i โดยทำเป็นสมการพาเชียลดิฟเฟอร์เรนเชียล (partial differential equation) จำนวน m สมการ ผลที่ได้เป็นสมการเชิงเส้นจำนวน m สมการดังต่อไปนี้

$$\left.\begin{array}{l}
B_2\Sigma(\Delta x_2)^2 + B_3\Sigma(\Delta x_2\Delta x_3) + \ldots + B_m\Sigma(\Delta x_2\Delta x_m) = \Sigma(\Delta x_1\Delta x_2) \\
B_2\Sigma(\Delta x_2\Delta x_3) + B_3\Sigma(\Delta x_3)^2 + \ldots + B_m\Sigma(\Delta x_3\Delta x_m) = \Sigma(\Delta x_1\Delta x_3) \\
\ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad = \ldots \\
\ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad = \ldots \\
\ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad = \ldots \\
B_2\Sigma(\Delta x_2\Delta x_m) + B_3\Sigma(\Delta x_3\Delta x_m) + \ldots B_m\Sigma(\Delta x_m)^2 = \Sigma(\Delta x_1\Delta x_m) \\
\qquad B_1 = \bar{x}_1 - B_2\bar{x}_2 - B_3\bar{x}_3 - \ldots\ldots\ldots - B_m\bar{x}_m
\end{array}\right\}(4.3)$$

เมื่อ
$$\bar{x}_1 = \sum_{i=1}^{N} x_i/N$$

$$\Delta x_i = \Sigma x_i - \bar{x}_i$$

$$\Sigma(\Delta x_i)^2 = \Sigma x_i^2 - N(\bar{x}_i)^2$$

$$\Sigma(\Delta x_i\,\Delta x_j) = \Sigma x_i x_j - N\bar{x}_i\bar{x}_j$$

โดย i มีค่าเริ่มตั้งแต่ ๑ ถึง m และ N เป็นจำนวนของกลุ่มข้อมูลการหาความสัมพันธ์ของค่า x_1 ที่วัดได้ กับค่า x_1 ที่คำนวณจากสมการที่ (๔.๑) โดยแสดงออกมาเป็นค่าสัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์ (Coefficient of multiple correlation)

ดังนี้

$$R_1 = \frac{B_2\Sigma \Delta x_1 \Delta x_2 + B_3\Sigma \Delta x_1 \Delta x_3 + \ldots\ldots + B_m\Sigma \Delta x_1 \Delta x_m}{\Sigma (\Delta x_1)^2} \quad \ldots (4.4)$$

เมื่อ R_1 คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์ (coefficient of multiple correlation) ระหว่าง x_1 กับตัวแปรอิสระ

โดย R_1 มีค่าอยู่ระหว่าง -๑ กับ +๑ ซึ่งมีรายละเอียดบ่งบอกถึงความสัมพันธ์ในกรณีที่ R_1 มีค่าต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

$R_1 = 1$	แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันโดยตรงแน่นอน
$0.6 < R_1 < 1$	แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันโดยตรงค่อนข้างดี
$0 < R_1 < 0.6$	แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันโดยตรงไม่ดี
$R_1 = 0$	แสดงว่าไม่มีความสัมพันธ์กัน
$-0.6 < R_1 < 0$	แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันโดยผกผันที่ไม่ดี
$-1 < R_1 < -0.6$	แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันโดยผกผันค่อนข้างดี
$R_1 = -1$	แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันโดยผกผันแน่นอน

๔.๗ การประยุกต์สมการ multiple non - linear regression ให้อยู่ในรูปสมการ multiple linear regression

ในการวิจัยนี้จะพบว่ามีสมการที่จะวิเคราะห์หาความสัมพันธ์นั้นอยู่ในรูปสมการ multiple non - linear regression ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนให้อยู่ในรูปสมการ multiple linear regression เพื่อที่จะใช้วิธีในข้อ ๔.๖ วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ต่าง ๆ การเปลี่ยนสมการสามารถทำได้ดังนี้

สมการ multiple non - linear regression จะมีรูปเป็น

$$Y_1 = K_1 Y_2^{n_2} Y_3^{n_3} \cdots\cdots Y_m^{n_m} \quad \cdots\cdots\cdots \quad (4.5)$$

ทำสมการเป็นรูปสมการ multiple linear regression โดยการใส่ logarithm สมการ (4.5) ทั้งสองข้างจะได้เป็น

$$\log Y_1 = \log K_1 + n_2 \log Y_2 + n_3 \log Y_3 + \cdots + n_m \log Y_m \quad \cdots\cdots \quad (4.6)$$

ให้ $\log Y_1 = X_1$, $\log Y_2 = X_2$

$\log Y_3 = X_3$ ....

.... $\log Y_m = X_m$ ตามลำดับ

และ $n_2 = B_2$, $n_3 = B_3$ ...... , $n_m = B_m$ ตามลำดับ

รวมทั้งให้ $\log K_1 = B_1$

ก็จะได้สมการ (4.6) อยู่ในรูปเดียวกับสมการ (4.1) ซึ่งเป็นสมการของ multiple linear regression

๔.๘ Specific Yields ของน้ำท่า

Specific Yields ของน้ำท่า คือจำนวนน้ำเทียบเท่าที่มีความลึกเท่ากันตลอดทั่วพื้นที่ของลุ่มน้ำ หรือกล่าวสั้น ๆ ก็คือความลึกของน้ำท่า ซึ่งจะเท่ากับปริมาณน้ำที่ไหลออกช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง หารด้วยพื้นที่ของลุ่มน้ำนั้น ๆ ในที่นี้คิดค่าเฉลี่ยของ Specific Yields, S_j, เป็นรายเดือน ในหน่วยเป็นมิลลิเมตร ตามสูตรคือ

$$S_j = \frac{86.4 \times 30 \times D_j}{A} \qquad \text{.........} \; (4.7)$$

เมื่อ D_j เป็นอัตราน้ำไหลเฉลี่ยรายเดือน เป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

A เป็นพื้นที่รับน้ำฝนของลุ่มน้ำแห่งนั้น ในหน่วยเป็นตารางกิโลเมตร

ในทำนองเดียวกัน เพื่อหาค่าเฉลี่ยของ Specific Yield, $\overline{W}$ เป็นรายปี ในหน่วยเป็นมิลลิเมตร คำนวณออกได้โดย

$$\overline{W} = \frac{86.4 \times 360 \times \overline{E}}{A} \qquad \text{.........} \; (4.8)$$

เมื่อ $\overline{E}$ เป็นอัตราการไหลเฉลี่ยตลอดทั้งปี เป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

A เป็นพื้นที่รับน้ำฝนของลุ่มน้ำแห่งนั้น ในหน่วยเป็นตารางกิโลเมตร

ค่า Specific Yield ของลุ่มแม่น้ำป่าสักตอนบน และลุ่มแม่น้ำย่อยภายใน (Sub Basin) เฉลี่ยรายเดือนและในรอบปี แสดงอยู่ในภาคผนวก ค. ๗

๔.๙ ช่วงระยะเวลาการไหลและดัชนีแปรเปลี่ยน (Flow Duration and Variability Index)

ในการวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาช่วงระยะเวลาของการไหลในอัตราต่าง ๆ (Flow duration) เพื่อหาค่าดัชนีแปรเปลี่ยน (Variability Index) ของการไหล จากแม่น้ำป่าสักที่จุดวัดน้ำจากสถานีวัดน้ำต่าง ๆ เพื่อเป็นแนวทางจะศึกษาลักษณะทางอุทกวิทยาของลุ่มแม่น้ำป่าสัก

วิธีทำและการคำนวณ

ตรวจสอบข้อมูลอัตราการไหลปานกลางประจำวันจากตารางหรือจากกราฟของไฮโดรกราฟ อัตราการไหลแต่ละปี แต่ในการวิจัยนี้ใช้วิธีตรวจจากตารางการไหลปานกลางประจำวัน (Mean daily discharge) ของแต่ละปี อยู่ในภาคผนวก ข. ๕ โดยได้เลือกค่าอัตราการไหลค่าหนึ่งของข้อมูลแต่ละปี แล้วนับจำนวนวันที่มีอัตราการไหลเท่ากันหรือมากกว่านี้คิดเป็นเวลาร้อยละของปี นำมาหาค่าปานกลางจะได้ช่วงระยะเวลาการไหลปานกลางในรอบปีที่มีอัตราการไหลเท่ากับและมากกว่า อยู่ในภาคผนวก ข. ๖ ทำวิธีเช่นนี้ซ้ำจะได้ข้อมูลมากพอที่จะแสดงออกมาเป็นเส้นกราฟที่สมบูรณ์ อนึ่งการนำไปแสดงเป็นเส้นกราฟ จะใช้กระดาษกราฟธรรมดา หรือ Semi - logarithm หรือ logarithm probability ก็ได้ แต่ในที่นี้ใช้แสดงออกมาเป็นเส้นกราฟในกระดาษ logarithm probability ผลอันนี้แสดงถึงช่วงระยะเวลาการไหลที่มีขนาดต่าง ๆ กันตลอดปี ของลุ่มน้ำที่ต้องการศึกษาอยู่ในภาคผนวก ค. ๙

การคำนวณหาค่าดัชนีแปรเปลี่ยนโดยใช้วิธีการทางสถิติ ซึ่ง Lane และ Kai Lei ได้ให้ไว้เป็นสูตรดังนี้

$$Iv = \sqrt{\frac{\Sigma(\log Q - \log\overline{Q})^2}{9}} \quad \text{..........(4.9)}$$

เมื่อ Iv คือ ดัชนีแปรเปลี่ยน

Q คือ ค่าหนึ่งค่าใดที่ได้จากอัตราการไหลที่มีช่วงระยะเวลาการไหลปานกลางเป็นร้อยละ 5,15,25,35,45,55,65,75,85 และ 95 ในรอบปี

$\log\overline{Q}$ มีค่าเท่ากับ $\frac{1}{10} \Sigma \log Q$

ค่าดัชนีแปรเปลี่ยนเป็นค่าชี้บ่งคุณลักษณะอย่างหนึ่งของลุ่มน้ำ เกี่ยวกับจำนวนแอ่งน้ำที่กักเก็บน้ำและการยอมให้น้ำซึมผ่านดิน จากตารางที่ ๖.๑ จะพบว่าลุ่มน้ำส่วนใหญ่มีค่าดัชนีแปรเปลี่ยนอยู่ในช่วง ๐.๔๐ ถึง ๑.๕๐ ซึ่งค่านี้ไม่ได้มีความสัมพันธ์กับพื้นที่ลุ่มน้ำ ท่านผู้รู้ทางอุทกวิทยาได้แบ่งช่วงของค่าดัชนีแปรเปลี่ยนของแม่น้ำออกเป็นช่วงต่าง ๆ ดังนี้

ช่วง ๐.๔๐ - ๐.๕๐ ค่าในช่วงนี้แสดงให้ทราบถึงลุ่มน้ำมีแอ่งกักเก็บน้ำอยู่เป็นจำนวนน้อย และดินส่วนใหญ่มีค่าการยอมให้ซึมผ่านได้ปานกลาง

ช่วง ๐.๑๐ - ๐.๓๐ แสดงว่าลุ่มน้ำนั้นมีแอ่งกักเก็บน้ำอยู่เป็นจำนวนมาก

ช่วง ๐.๕๐ ขึ้นไป แสดงว่าลุ่มน้ำนั้นมีแอ่งเก็บน้ำอยู่เป็นจำนวนลดน้อยลงตามลำดับ

ในการนี้ ได้ศึกษาดัชนีแปรเปลี่ยนของแม่น้ำป่าสัก ๔ แห่ง คือ ที่แก่งสีดา, วิเชียรบุรี, บัวชุม และแก่งคอย แต่ละแห่งปรากฏว่าได้ค่าดัชนีแปรเปลี่ยนตาม

ภาคผนวก ค. ๗ ซึ่งมีค่ามากกว่า ๐.๕ ขึ้นไปทั้งสิ้น แสดงว่าลุ่มแม่น้ำป่าสักมีอ่างกักเก็บน้ำตามธรรมชาติ (Channel Storage) อยู่เป็นจำนวนน้อย และดินส่วนใหญ่ยอมให้น้ำซึมผ่านได้น้อย

๔.๑๐ การศึกษาความถี่ของปริมาณน้ำหลาก

สำหรับสถิติ n ปี ที่ทำการจดบันทึกข้อมูลการไหลของน้ำ ค่าสูงสุดของแต่ละปีนำมาทำการวิเคราะห์ความถี่ในรอบปีต่าง ๆ ได้ดังวิธีต่อไปนี้

ก. โดยการเขียนลงในแผ่นกราฟ

เมื่อมีสถิติจดบันทึกค่าน้ำหลากอยู่ n ปี และมีค่าน้ำหลากสูงสุดของแต่ละปีอยู่ n ค่า นำค่าน้ำหลากสูงสุดของแต่ละปีมาเรียงอันดับจากสูงไปหาต่ำ เวลาครบรอบปีที่จะเกิดน้ำหลากของค่าที่ m ภายใน n ค่า หาได้โดยสูตรหลายสูตรต่อไปนี้

๑. สูตรของคาลิฟอร์เนีย (California formula, 2466)

$$T = \frac{n}{m}$$

๒. สูตรของฮาเซน (Harzen formula, 2473)

$$T = \frac{2n}{2m - 1}$$

๓. สูตรของไวบุลล์ (Weibull formula, 2482)

$$T = \frac{n + 1}{m}$$

๔. สูตรของเบียร์ด (Beard formula, 2486)

$$T = \frac{1}{1 - (0.5)^{1/n}}$$ (สูตรนี้ใช้ได้เฉพาะค่า m=1)

๕. สูตรของชีโกดาเยฟ (Chegodayev formula, 2498)

$$T = \frac{n + 0.4}{m - 0.3}$$

๖. สูตรของบลูม (Bloom formula, 2501)

$$T = \frac{n + 0.25}{m - 0.357}$$

๗. สูตรของเตอร์กี (Turkey formula, 2505)

$$T = \frac{3n + 1}{3m - 1}$$

๘. สูตรของกรินกอร์เต็น (Gringorten, formula, 2506)

$$T = \frac{n + 0.12}{m - 0.44}$$

เมื่อ T = เวลาครบรอบปี (Return period in years)

n = จำนวนปีที่จดบันทึกไว้ทั้งหมด

m = ลำดับปีที่เกิดน้ำหลาก เรียงจากมากไปหาน้อย

m = 1 สำหรับค่าน้ำหลากสูงสุด

และ m = n สำหรับค่าน้ำหลากต่ำสุดที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่จดบันทึก

จากสมการหนึ่งสมการใดในข้อ (๑) ถึงข้อ (๘) เวลาครบรอบปีของน้ำหลาก สามารถนำไปเขียนลงในกระดาษกราฟกับปริมาณน้ำหลากลงบนกระดาษ probability เมื่อเขียนลงแล้วก็จะหาเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำหลาก (Q_T) และเวลาครบรอบปี (T) ได้

ข. โดยสูตรของกัมเบล (Gumbel's formula)

ถ้า $X_1, X_2, X_3 \ldots\ldots. X_n$) เป็นค่าสูงสุดที่เกิดขึ้นจากตัวอย่าง n ชุด ในช่วงเวลา N ค่าเท่า ๆ กัน และ X เป็นจำนวนเลขที่สามารถ เมื่อ n และ N มีค่าเป็นจำนวนมาก (approach infinity) โอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ที่เท่ากับ X หรือน้อยกว่า แสดงได้โดยทฤษฎีทางสถิติได้ดังนี้

$$Px = e^{-e^{-y}} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4.10)$$

เมื่อ e เป็นฐานลอการิทึมธรรมชาติ (the base of Napierian logarithms)

y เป็นค่า reduce variate

$$y = a(X - X_j) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4.11)$$

และ a, X_j เป็นค่าทางสถิติ ซึ่งขึ้นอยู่กับตัวกลางเลขคณิต ($\overline{X}$) และความบ่ายเบนมาตรฐาน (σX)

ตามทฤษฎีทางสถิติ จะได้ว่า

X_j ค่าการกระจายของโมด (Mode distribution)

$$X_j = \overline{X} - 0.45005\sigma X \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4.12)$$

a เป็นค่า dispersion parameter

$$a = \frac{1.28255}{\sigma X} > 0 \quad ....(4.13)$$

เมื่อนำสูตรนี้มาใช้กับปริมาณน้ำหลากในรอบปี, $X_1, X_2, X_3 ...... X_n$ จะเป็นค่าน้ำหลากสูงสุดของแต่ละปี (N = 1 ปี)

จากสมการที่ (4.10) เวลาครบรอบปี, Tx ของน้ำหลากที่เกิดขึ้นเท่ากับหรือมากกว่า X จะเป็น

$$Tx = \frac{1}{1 - Px} \quad .... (4.14)$$

จากสมการที่ (1) และที่ (5) โดยการแทนค่า Px จะได้

$$X = X_f - \frac{1}{a} \ln \left[- \ln(1 - \frac{1}{Tx}) \right] \quad .... (4.15)$$

โดยการกระจายค่า $\ln(1 - \frac{1}{Tx})$ ออกเป็นอนุกรมจะได้

$$X = X_f + \frac{1}{a} \ln \left[Tx - \frac{1}{2Tx} - \frac{5}{24Tx^2} - \frac{1}{8Tx^3} \cdots \right] \quad ..(4.16)$$

เมื่อ Tx > 20 ปี ค่า$\left(\frac{1}{Tx}\right)^n$ จะมีค่าน้อยลง และเกิดความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ ๐.๗ ตัดเทอมหลังทิ้งลงจะได้

$$X = X_f + \frac{1}{a} \ln Tx \quad .... (4.17)$$

จากสมการที่ (4.10),(4.11),(4.12),(4.13),(4.14),(4.15) และ (4.17) ก็สามารถจะคำนวณหาปริมาณน้ำหลากที่เกิดขึ้นในรอบปีต่าง ๆ Tx ได้

นอกจากนี้ยังสามารถดัดแปลงคำนวณหาปริมาณน้ำหลากในรอบเดือนต่าง ๆ ได้ โดยการเปลี่ยนค่าน้ำหลากสูงสุดในรอบปี เป็นค่าน้ำหลากสูงสุดในรอบเดือน

๔.๑๑ การศึกษาความถี่ของปริมาณน้ำแล้ง

เมื่อมีสถิติน้ำไหลอยู่ n ปี การวิเคราะห์หาค่าน้ำน้อยในรอบปีต่าง ๆ สามารถทำได้โดยวิธีต่อไปนี้

ก. โดยการเขียนลงในกระดาษกราฟ

วิธีนี้เช่นเดียวกับการวิเคราะห์น้ำหลากตามหัวข้อที่ ๔.๑๐ (ก) แบบเดียวกับวิธีที่ ๑ ถึงที่ ๘ แต่เปลี่ยนค่าน้ำหลากสูงสุดในรอบปี เป็นค่าน้ำแล้งต่ำสุดในรอบปี โดยใช้ค่า $m = 1$ สำหรับน้ำแล้งต่ำสุด และ $m = n$ สำหรับค่าน้ำแล้งมากที่สุด เมื่อเขียนลงในกระดาษกราฟ โดยสมการที่ ๑ ถึงที่ ๘ ก็สามารถคาดคะเนหาน้ำแล้งที่เกิดขึ้นในรอบปีต่าง ๆ ได้

ข. โดยสูตรของกัมเบล (Gumbel formula)

ถ้า $X_1, X_2, X_3 \ldots X_n$, เป็นค่าน้ำแล้งต่ำสุดของแต่ละปีที่จดบันทึกไว้ถึง n ปี โอกาสที่จะเกิดน้ำแล้งต่ำสุด Px_1 เท่ากับหรือมากกว่า X สามารถคำนวณได้โดย

$$Px_1 = e^{-e^{y}} \qquad \ldots\ldots\ldots (4.18)$$

เมื่อ e เป็นค่าฐานลอการิทึมธรรมชาติ (the base of Naperian logarithms)

y เป็นค่า reduce variate

$$\text{ซึ่ง } y = a(X - X_f) \qquad \ldots\ldots\ldots (4.19)$$

และ a, X_j เป็นค่าทางสถิติ ขึ้นอยู่กับตัวกลางเลขคณิต $(\overline{X})$ และค่าความบ่ายเบนมาตรฐาน (σX)

ตามทฤษฎีทางสถิติ จะได้ว่า

X_f เป็นการกระจายของโมด (Mode distribution)

$$X_f = \overline{X} - 0.45005\,\sigma X \qquad \text{..........} \; (4.20)$$

และ a เป็นค่า dispersion parameter

$$a = \frac{1.28255}{\sigma X} > 0 \qquad \text{..........} \; (4.21)$$

จากสมการที่ (4.18) เวลาครบรอบปี Tx_1 ที่จะเกิดน้ำแล้งเท่ากับหรือน้อยกว่า X จะเป็น

$$Tx_1 = \frac{1}{1 - Px_1} \qquad \text{..........} \; (4.22)$$

แทนค่า Tx_1 ในสมการ (๑๓) ลงในสมการ (๔) จะได้

$$X = X_f + \frac{1}{a}\ln\left[- \ln(1 - \frac{1}{Tx_1})\right] \; \text{........} \; (4.23)$$

โดยการกระจายสมการ (๑๔) ออกเป็นอนุกรมจะได้

$$X = X - \frac{1}{a}\left[\ln Tx_1 - \frac{5}{24T^2_{X_1}} - \frac{1}{8T^3_{X_1}} \; \ldots \right] \text{..} (4.24)$$

เมื่อ $Tx_1 > 20$ เทอมที่อยู่หลัง $\ln Tx_1$ มีค่าน้อยมาก ตัดทิ้งออกจะได้สมการเป็น

$$X = X_f - \frac{1}{a} \ln Tx_1 \quad ....(4.25)$$

จากสมการที่ (4.18), (4.19), (4.20), (4.21), (4.22), (4.23) และ (4.25) ก็จะคำนวณหาค่าน้ำแล้งในรอบปีต่าง ๆ ตามสูตรของกัมเบลได้

ในการวิจัยนี้ นอกจากจะได้ทำการศึกษาความถี่ของน้ำแล้งในรอบปีแล้ว ยังได้ทำการศึกษาของความถี่น้ำแล้งในรอบเดือน ของกุมภาพันธ์ มีนาคม และเมษายน เพราะในช่วง ๓ เดือนนี้ จะเป็นฤดูที่มีน้ำน้อยที่สุด โดยใช้สูตรของกัมเบล คำนวณหาปริมาณน้ำในช่วง ๓ เดือนนี้ โดยวิธีเดียวกับการหาน้ำแล้งในรอบปี

ข้อมูลที่ใช้หาค่าน้ำหลากและน้ำแล้ง คือปริมาณน้ำหลากสูงสุด และน้ำแล้งต่ำสุดในแต่ละปี ของสถานีวัดน้ำท่า แสดงอยู่ในภาคผนวก ข. ๗ ในภาคผนวก ค. ๑๑ แสดงปริมาณน้ำหลากของสถานีวัดน้ำต่าง ๆ ที่คาดคะเนโดยสูตรของกัมเบล และภาคผนวก ค. ๑๒ แสดงโดยกราฟ ซึ่งการเขียนตำแหน่งลงบนกราฟ (Plotting) ใช้วิธีของชีโกคาเยฟ ส่วนเส้นกราฟได้จากการคำนวณตามสูตรของกัมเบล ภาคผนวก ค. ๑๓ แสดงปริมาณน้ำแล้งที่คาดคะเนตามสูตรของกัมเบล และภาคผนวก ค. ๑๔ แสดงโดยกราฟของน้ำแล้งในรอบปี และในรอบเดือน