

## 5. DP/PPO ที่เสนอสำหรับโคงควบคุมที่เหมาะสมสำหรับระบบอ่างเก็บน้ำ ภูมิพลและสิริกิตต์

บทนี้เป็นการนำเสนอวิธีประมาณการ โคงควบคุมรายเดือนที่เหมาะสมของเขื่อนภูมิพล และเขื่อนสิริกิตต์ ซึ่งประกอบไปด้วย DP/PPO และแบบจำลองการเลียนแบบสภาพสมมูลน้ำของกลุ่มน้ำเจ้าพระยา

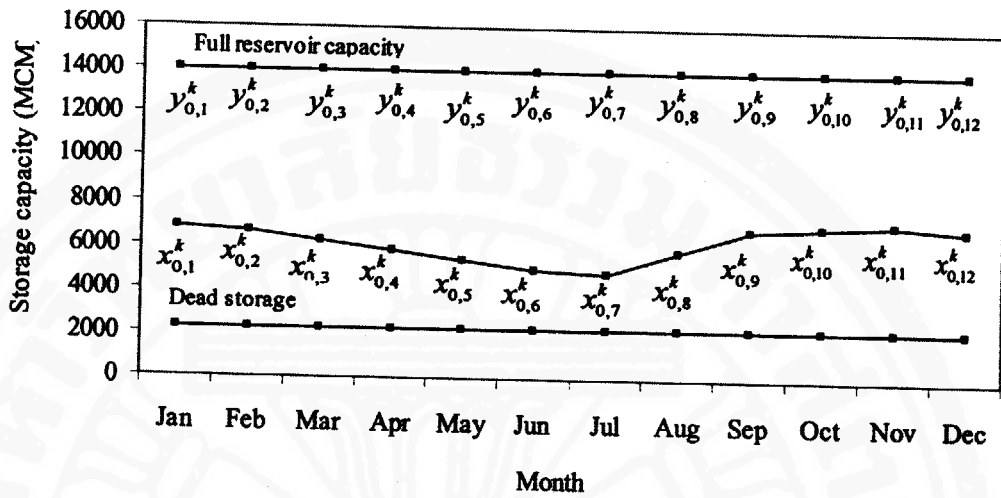
### 5.1 วิธี DP/PPO

วิธี DP มีจุดเด่นที่สามารถนำมาใช้ค้นหาคำตอบสำหรับปัญหาที่ไม่เชิงเส้น และคำตอบที่ได้ในทุกช่วงของปัญหาที่ค้นหาที่มีความสัมพันธ์กัน จึงทำให้มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้หาโคงควบคุมของอ่างเก็บน้ำ อย่างไรก็ตาม DP ก็มีขีดจำกัดตรงที่ว่าเมื่อตัวแปรอธิบายสภาพระบบมากจะทำให้การคำนวณค้นหาคำตอบด้วย DP ค่อนข้างยาก ดังนั้นจึงได้มีเทคนิคต่างๆ ที่พัฒนาขึ้นเพื่อแก้ปัญหานี้ เทคนิคหนึ่งคือ PPO ได้ถูกเสนอขึ้นครั้งแรกโดย Howson and Sancho (1975) เทคนิค PPO เป็นเทคนิคที่ช่วยในการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมด้วย DP สะดวกขึ้น เพราะไม่ต้องกระจายตัวแปรอธิบายสภาพของระบบอ่างเก็บน้ำออก เช่น เมื่อต้องการคำนวณหาโคงควบคุมรายเดือน ก็ไม่จำเป็นต้องนำเอาปริมาณเก็บกักรายเดือนมาเกี่ยวข้องด้วย เป็นต้น จึงทำให้มีมติที่ใช้ในการคำนวณจำกัด

วิธี DP/PPO ได้เริ่มถูกนำมาใช้หาโคงควบคุมระดับน้ำที่เหมาะสมสำหรับระบบอ่างเก็บน้ำเดี่ยว [Wansukprasert, 1985] แต่กลุ่มน้ำเจ้าพระยาประกอบด้วยระบบอ่างเก็บน้ำ 2 อ่างเชื่อมขนานกัน เพื่อให้ยังสามารถประยุกต์ใช้วิธีนี้ได้ การศึกษานี้จึงแยกพิจารณาหาโคงควบคุมรายเดือนที่ละอ่าง (เขื่อนภูมิพลและสิริกิตต์) โดยพิจารณาแบ่งความต้องการใช้น้ำรวมรายเดือนในกลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างออกเป็น 2 ส่วน ตามสัดส่วนข้อมูลปริมาณเก็บกักในเขื่อนภูมิพลและสิริกิตต์ดังนี้คือ (ดูรายละเอียดการแบ่งความต้องการใช้น้ำในหัวข้อ 5.2 แบบจำลองการเลียนแบบสภาพสมมูลน้ำของกลุ่มน้ำเจ้าพระยา)

สำหรับอ่างเก็บน้ำ  $k$  ( $k=1,2$  ในที่นี้  $k=1$  คือเขื่อนภูมิพล ส่วน  $k=2$  เป็นเขื่อนสิริกิตต์) เมื่อกำหนดให้ขอบเขตบนของโคงควบคุมรายเดือน  $U_i^k = \{y_{i,1}^k, \dots, y_{i,r}^k, \dots, y_{i,12}^k\}$  โดยที่  $i$  คือดัชนีแสดงการทำซ้ำ เริ่มจาก 0 (ขั้นแรก) และ  $\tau$  ดัชนีแสดงเดือน ส่วนขอบเขตล่างของโคงควบคุมรายเดือน  $L_i^k = \{x_{i,1}^k, \dots, x_{i,r}^k, \dots, x_{i,12}^k\}$  โดยปรกติค่าขอบเขตบนเริ่มต้นของโคงควบคุม  $U_0^k$  จะเริ่มจากปริมาณเก็บกักสูงสุดเสมอ ค่าเริ่มต้นของ  $L_0^k$  จะใช้ค่าขอบเขตล่างของโคงควบคุมที่มีอยู่เดิมในกรณีปรับปรุงโคงควบคุม แต่ถ้าเป็นการคำนวณโคงควบคุมใหม่ขอบเขตล่างจะถือเอาจากปริมาณเก็บกักที่ไม่ได้ใช้การ

(dead storage) ในทางปฏิบัติการเลือกค่าขอบเขตล่างเริ่มต้นของโค้งควบคุมอาจพิจารณาจากเงื่อนไขวัตถุประสงค์ และขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของวิศวกรผู้คำนวณด้วย รูปที่ 5.1-1 แสดงค่าขอบเขตบนและล่างเริ่มต้นของโค้งควบคุมสำหรับอ่างเก็บน้ำ  $k$



รูปที่ 5.1-1 ค่าขอบเขตบนและล่างเริ่มต้นของโค้งควบคุมสำหรับอ่างเก็บน้ำ  $k$

ขั้นตอนต่อไปคือการปรับโค้งตามหลักการของ DP โดยเริ่มปรับค่าขอบเขตล่างของโค้งควบคุมสำหรับเดือนสุดท้าย  $x_{0,12}^k$  ก่อน รูปที่ 5.1-2 แสดงค่าขอบเขตบนและล่างของโค้งควบคุมรายเดือนที่ใช้ในการทดลองหาค่าที่เหมาะสมของ  $x_{0,12}^k$  ค่า  $x_{0,1}^k, \dots, x_{0,11}^k$  คือค่าโค้งควบคุมรายเดือนเดิมของอ่างเก็บน้ำ  $k$  ที่พิจารณา ส่วน  $y_{0,1}^k, \dots, y_{0,11}^k$  คือปริมาณเก็บกักสูงสุดของเขื่อน ค่าเหล่านี้เป็นค่าคงที่ตลอดการทดลองหาค่า  $x_{0,12}^k$

ในการทดลองหาค่า  $x_{0,12}^k$  สมมติให้ค่าที่เป็นไปได้ของ  $x_{0,12}^k$  อยู่ในช่วงปริมาณเก็บกักสูงสุด (full reservoir storage,  $FS^k$ ) และปริมาณเก็บกักที่ไม่ได้ใช้การ (dead storage,  $DS^k$ ) และให้แบ่งช่วงที่เป็นไปได้นี้ออกเป็น  $m$  ช่วง โดยแต่ละช่วงให้แทนด้วย  $x_{0,12}^k(j)$  สำหรับ  $j = 1, \dots, m$  ( $m = 100$ ) จากนั้นหาค่าตอบ  $L_0^k = \{x_{0,1}^k, \dots, x_{0,11}^k, x_{0,12}^k(j)\}$  สำหรับ  $j = 1, \dots, m$  ว่า  $x_{0,12}^k(j)$  ควรจะเป็นเท่าไรจากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ และเงื่อนไขดังนี้คือ

$$\text{Min} (F_0^k) \quad (5.1)$$

โดยที่

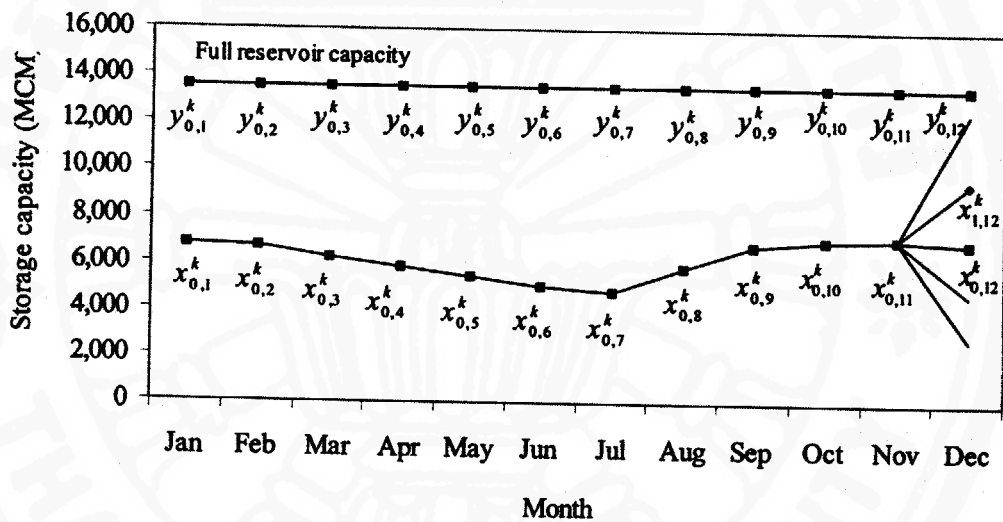
$$LL_0^k \leq L_0^k \leq UL_0^k \quad (5.2)$$

$$LL_0^k \geq DS^k \quad (5.3)$$

$$UL_0^k \leq U_0^k \quad \text{and} \quad U_0^k = FS^k \quad (5.4)$$

เมื่อ  $F_0^k$  = ความถี่สัมพัทธ์ของจำนวนปีที่เกิดการขาดแคลนน้ำจาก 100 % ของเป้าหมายความต้องการใช้น้ำของอ่างเก็บน้ำ  $k$  ซึ่งคำนวณได้จากแบบจำลองการเลียนแบบสภาพตามคุณลักษณะของลุ่มน้ำเจ้าพระยา ดังจะได้อธิบายโดยละเอียดในหัวข้อต่อไป

$UL_0^k$  และ  $LL_0^k$  = ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของขอบเขตล่างของโค้งควบคุมสำหรับทั้ง 12 เดือน (ในรอบ  $i=0$   $UL_0^k = FS^k$  และ  $LL_0^k = DS^k$ )



รูปที่ 5.1-2 ค่าขอบเขตบนและล่างของโค้งควบคุมรายเดือนที่ใช้ในการทดลองหาค่าที่เหมาะสมของ  $x_{0,12}^k$

เมื่อได้ค่า  $x_{0,12}^k(j)$  ที่ทำให้ค่า  $F_0$  น้อยที่สุดแล้วกำหนดให้  $x_{0,12}^k(j) = x_{1,12}^k(j)$  ขึ้นต่อไปคือทำการปรับ  $x_{0,11}$  โดยให้  $x_{1,12}$  และจุดอื่นๆคงที่ จนได้คำตอบใหม่คือ  $L_0^k = \{x_{0,1}^k, \dots, x_{1,11}^k, x_{1,12}^k\}$  ทำการปรับต่อไปเรื่อยๆจนกระทั่งได้คำตอบ  $L_0^k = \{x_{1,1}^k, \dots, x_{1,12}^k\}$

ทดลองรอบใหม่ที่  $i=1$   $L_1^k = \{x_{1,1}^k, \dots, x_{1,11}^k, x_{1,12}^k\}$  จากนั้นหาค่าขอบเขตจะต้องทำการคำนวณใหม่โดย

$$UL_1^k = L_1^k + \frac{L_1^k - LL_0^k}{m} \quad (5.5)$$

$$LL_1^k = L_1^k - \frac{L_1^k - LL_0^k}{m} \quad (5.6)$$

ประยุกต์ DP [(5.1)-(5.4)] เพื่อหาคำตอบ  $L_2^k$  ตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น อย่างไรก็ตามเพื่อให้แน่ใจว่าคำตอบในรอบนี้ต้องดีกว่ารอบที่แล้ว ทั้งจำนวนครั้งของการขาดแคลนโดยรวม และการขาดแคลนอย่างรุนแรง เงื่อนไขตามสมการข้างล่างจำเป็นต้องถูกเพิ่มเข้ามาคือ

$$F_i^k \leq F_{i-1}^k \quad (5.7)$$

$$\tilde{F}_i^k \leq \tilde{F}_{i-1}^k \quad (5.8)$$

โดยที่  $\tilde{F}_i^k$  และ  $\tilde{F}_{i-1}^k$  คือความถี่สัมพัทธ์ของจำนวนปีที่เกิดปัญหาการขาดแคลนนํ้ามากกว่า 25% ของความต้องการใช้นํ้าเป้าหมายในรอบที่  $i$  และ  $i-1$  (ดังจะได้อธิบายขั้นตอนในการคำนวณในหัวข้อ 5.2)

เพิ่มจำนวนรอบเป็น  $i = 2, 3, \dots$  จนกระทั่งคำตอบ  $L_{i+1}^k$  และ  $L_i^k$  แตกต่างกันน้อยกว่าค่าความถูกต้องที่ต้องการ (0.001)

หลังจากได้ขอบเขตล่างของโค้งควบคุมที่เหมาะสม ( $L_i^k$ )\* แล้ว กำหนดให้ค่าเหมาะสมขอบเขตล่าง ( $L_i^k$ )\* คงที่ ขึ้นต่อไปคือคำนวณหาขอบเขตบน  $U_i^k$  ตามลำดับขั้นตอนในการคำนวณ ที่เหมือนกับ การหาขอบเขตล่างทุกประการ แต่วัตถุประสงค์และเงื่อนไขในการหาขอบเขตบนจะเปลี่ยนไปดังนี้คือ

$$\text{Min } (SP_i^k) \quad (5.9)$$

โดยที่

$$LU_i^k \leq U_i^k \leq UU_i^k \quad (5.10)$$

$$SP_i^k \leq SP_{i-1}^k \quad (5.11)$$

$$F_i^k \leq F_{i-1}^k \quad (5.12)$$

$$\tilde{F}_i^k \leq \tilde{F}_{i-1}^k \quad (5.13)$$

$$UU_i^k \leq FS^k \quad (5.14)$$

$$LU_i^k \geq (L_i^k)^* \quad \text{and} \quad (L_i^k)^* \geq DS^k \quad (5.15)$$

เมื่อ  $SP_i^k$  = ปริมาณน้ำไหลสิ้นรวมรายปีของเขื่อน k ในรอบการทดลอง i (ดูการคำนวณในหัวข้อ 5.2)

$UU_i^k$  และ  $LU_i^k$  = ค่าสูงสุดและต่ำสุดของขอบเขตบนของโค้งควบคุมสำหรับอ่างเก็บน้ำ k ในรอบการทดลอง i

## 5.2 แบบจำลองการเลียนแบบสภาพสมดุลน้ำของกลุ่มน้ำเข้าพระยา

จากที่ได้นำเสนอวิธีค้นหาโค้งควบคุมที่เหมาะสม  $[(L_i^k)^*, (U_i^k)^*]$  ตามวิธี DP/PPO จะเห็นได้ว่าในการที่จะได้คำตอบ  $[(L_i^k)^*, (U_i^k)^*]$  ที่ต้องการ เราจำเป็นต้องมีแบบจำลองการเลียนแบบสภาพสมดุลน้ำของกลุ่มน้ำเข้าพระยา สำหรับคำนวณจำนวนครั้ง  $F_i^k$  และ  $\bar{F}_i^k$  ของการขาดแคลนน้ำและปริมาณน้ำไหลสิ้น  $SP_i^k$  เพื่อใช้ในการประเมินคำตอบที่เหมาะสม

เพื่อให้การคำนวณหาเครื่องมือวัดพฤติกรรมของระบบอ่างเก็บน้ำเหล่านี้ ไม่ยุ่งยากจนเกินไป แบบจำลองที่จะอธิบายต่อไปนี้จึงสมมุติให้

- (1) น้ำต้นทุนสำหรับบริเวณท้ายเขื่อนภูมิพลและสิริกิติ์จนถึงปากอ่าวไทยคิดเฉพาะปริมาณน้ำเก็บกักที่อยู่ในเขื่อนทั้งสองเท่านั้น น้ำจากแหล่งอื่นๆ (เขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ แม่น้ำป่าสัก แม่น้ำสะแกกรัง) จะไม่ถูกนำมาพิจารณา เนื่องจากปริมาณน้ำมีน้อย เพียงพอใช้เฉพาะในพื้นที่เท่านั้น
- (2) เมื่อผันน้ำไปให้กิจกรรมการใช้น้ำใด จะถือว่าไม่มีปริมาณน้ำไหลย้อนกลับลงลำน้ำสำหรับกิจกรรมนั้น (zero return flow)
- (3) ผลของความจุในลำน้ำ (channel routing) จะไม่ถูกนำมาคิด เนื่องจากมีผลต่อการทำสมดุลน้ำไม่มาก
- (4) เพื่อที่จะรักษาลักษณะเด่นของวิธี DP/PPO ดังกล่าวข้างต้น วิธี DP/PPO นี้จึงได้ถูกนำมาใช้หาโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำภูมิพลและสิริกิติ์ที่ละอ่าง โดยแบ่งความต้องการใช้น้ำในทุ่งเจ้าพระยาตอนล่างให้แก่ละเขื่อนดูแล ตามสัดส่วนของชุดข้อมูลของปริมาณน้ำรายเดือนที่เก็บกักอยู่ในแต่ละอ่างโดย (ดูรูปที่ 3.1-1)

$$D_r^k = [\text{ความต้องการใช้น้ำท้ายเขื่อน } k \text{ ถึงจังหวัดนครสวรรค์}] + [\beta^k \times \text{ความต้องการใช้น้ำจากจังหวัดนครสวรรค์ถึงอำเภอไทย}] \quad (5.16)$$

โดยที่

$$\beta^k = \frac{\left[ \frac{\sum_{v=1}^n S_v^k}{\sum_{v=1}^n (S_v^1 + S_v^2)} \right]}{n} \quad (5.17)$$

เมื่อ  $S_v^k$  = ปริมาณน้ำต้นทุน ณ วันเริ่มต้นของฤดูแล้งของเขื่อน  $k$   
 $n$  = ความยาวของชุดข้อมูลปริมาณน้ำต้นทุน

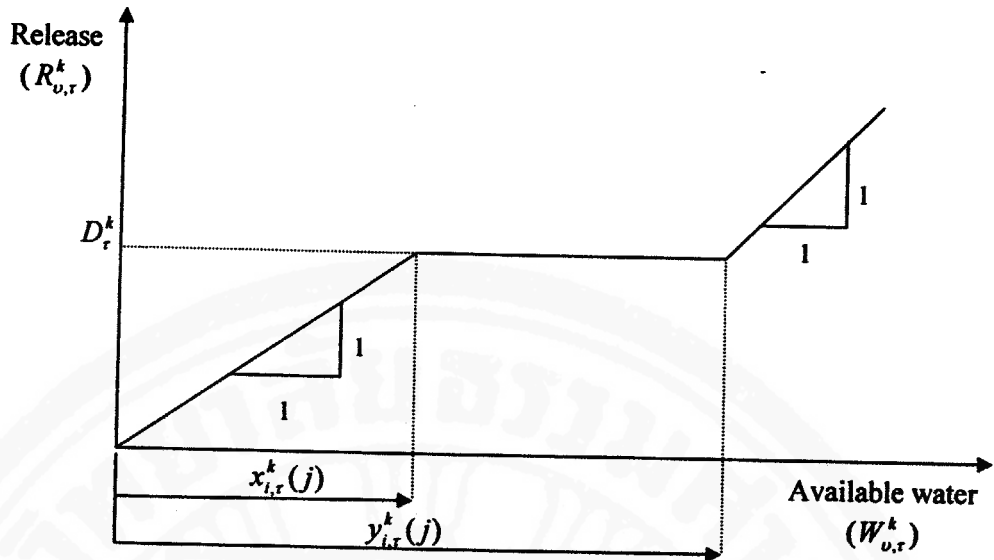
ในการเริ่มต้นคำนวณสภาพสมดุลน้ำของแต่ละอ่างจากโค้งควบคุม  $L_i^k$  และ  $U_i^k$  [ค่าคงที่และค่าที่ทำกรทคลอง  $x_{i,r}^k(j)$  หรือ  $y_{i,r}^k(j)$ ] จาก DP ในแต่ละเดือน  $\tau$  และรอบ  $i$  กำหนดให้ปริมาตรเก็บกักเริ่มต้น  $S_{v,r}^k = FS^k$  เมื่อ  $(v=1, \dots, n)$  ปริมาณน้ำระบาย  $R_{v,r}^k$  ถูกหาได้ตามเกณฑ์การปล่อยน้ำมาตรฐาน (standard operating rule) ดังแสดงในรูปที่ 5.2-1 และสมการ

$$R_{v,r}^k = \begin{cases} W_{v,r}^k, & \text{for } W_{v,r}^k < D_r^k; \text{ otherwise} \\ D_r^k, & \text{for } x_{i,r}^k(j) \leq W_{v,r}^k < y_{i,r}^k(j) \\ D_r^k + W_{v,r}^k - y_{i,r}^k(j), & \text{for } W_{v,r}^k \geq y_{i,r}^k(j) \end{cases} \quad (5.18)$$

จากนั้นคำนวณหาน้ำต้นทุนที่มีอยู่  $W_{v,r+1}^k$  ของอ่างเก็บน้ำ  $k$  โดยใช้หลักสมการสมดุลน้ำต่อไปนี้

$$W_{v,r+1}^k = S_{v,r}^k + Q_{v,r}^k - R_{v,r}^k - E_r^k - DS^k \quad (5.19)$$

เมื่อ  $Q_{v,r}^k$  = ปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่ไหลเข้าอ่างเดือน  $\tau$  ปี  $v$   
 $E_r^k$  = ค่าการระเหยรายเดือนเฉลี่ยเดือน  $\tau$



รูปที่ 5.2-1 นโยบายการปล่อยน้ำมาตรฐานตามปริมาณน้ำที่มีอยู่สำหรับเดือน  $\tau$  ของเขื่อน  $k$

ลำดับต่อไปเมื่อ  $R_{v,r}^k < D_r^k$  บันทึกความถี่สัมพัทธ์ของจำนวนปีที่เกิดเหตุการณ์การขาดแคลนน้ำทั้งหมด  $F_i^k$  และปีที่เกิดปัญหารุนแรง  $\tilde{F}_i^k$  (ขาดมากกว่า 25% ของเป้าหมายความต้องการใช้น้ำ) จาก

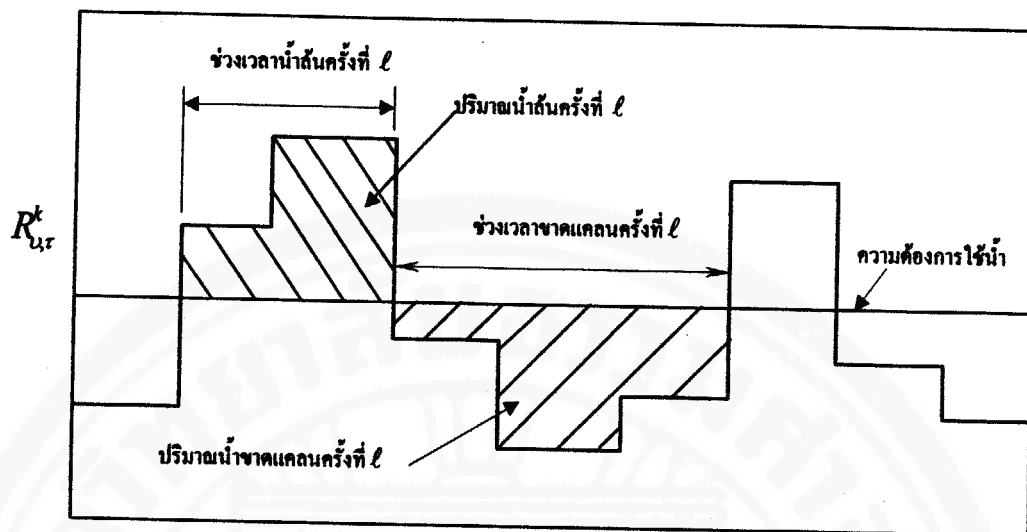
$$F_i^k = \frac{p_i^k}{n} \quad \text{และ} \quad \tilde{F}_i^k = \frac{\tilde{p}_i^k}{n} \quad (5.20)$$

เมื่อ  $p_i^k$  คือจำนวนปีที่เกิดเหตุการณ์ขาดแคลนน้ำใดๆ และ  $\tilde{p}_i^k$  เป็นจำนวนปีที่เกิดปัญหารุนแรง จากนั้นคำนวณขนาดน้ำสันโดย (ดูรูป 5.2-2)

$$SP_i^k = \sum_{\ell=1}^q (R_{v,r}^k - D_r^k)_\ell \quad (5.21)$$

โดยที่  $\ell$  = ลำดับที่ของน้ำสัน  
 $q$  = จำนวนครั้งของน้ำสัน

เพื่อให้เข้าใจลักษณะของการขาดแคลนน้ำและน้ำสัน ของระบบอ่างเก็บน้ำที่พิจารณาจากโค้งควมคุมที่กำหนดให้ได้ดียิ่งขึ้น ขั้นตอนสุดท้ายเป็นการคำนวณลักษณะต่างๆ เช่น ขนาดเฉลี่ย ขนาดสูงสุด ช่วงเวลาเฉลี่ย และช่วงเวลานานสุดเป็นต้น ของสถานการณ์ทั้งสอง ตามที่แสดงในรูปที่ 5.2-2 ตลอดจนความยาวของชุดข้อมูลน้ำท่ารายเดือนที่พิจารณา



๓

รูปที่ 5.2-2 นิยามแสดงคุณสมบัติของน้ำขาดแคลนและน้ำล้นที่ใช้เปรียบเทียบ

สำนักหอสมุด