

บทที่ 3

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

3.1 โครงสร้างแบบจำลอง

ภาพที่ 3.1 ก แสดงให้เห็นโครงสร้างของแบบจำลองที่ปรับปรุงใหม่ เปรียบเทียบกับแบบจำลอง HYMOST (อคิเรก, พ.ศ. 2533) ที่แสดงไว้ในภาพที่ 3.1 ข ส่วนที่ปรับปรุงมี 3 ส่วน แสดงโดยเส้นประคือ การกระจายการตกของฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำ การคำนวณหาปริมาณน้ำใต้ดินในพื้นที่นาและวิธีคำนวณหาปริมาณน้ำที่กักเก็บในชั้นใต้ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งจะกล่าวถึงในรายละเอียดต่อไป

พารามิเตอร์ของแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วมีทั้งหมด 5 ตัว คือ

TQ ค่าพารามิเตอร์ที่บอกระยะเวลาการไหลหลากของน้ำผิวดินตั้งแต่ฝนตกจนถึงมีการไหลเข้าสู่พื้นที่นา

TS ค่าพารามิเตอร์ที่บอกระยะเวลาการไหลหลากของน้ำใต้ดินตั้งแต่ฝนตกและเกิดการซึมลงสู่ใต้ผิวดินจนถึงไหลออกสู่ลำน้ำ

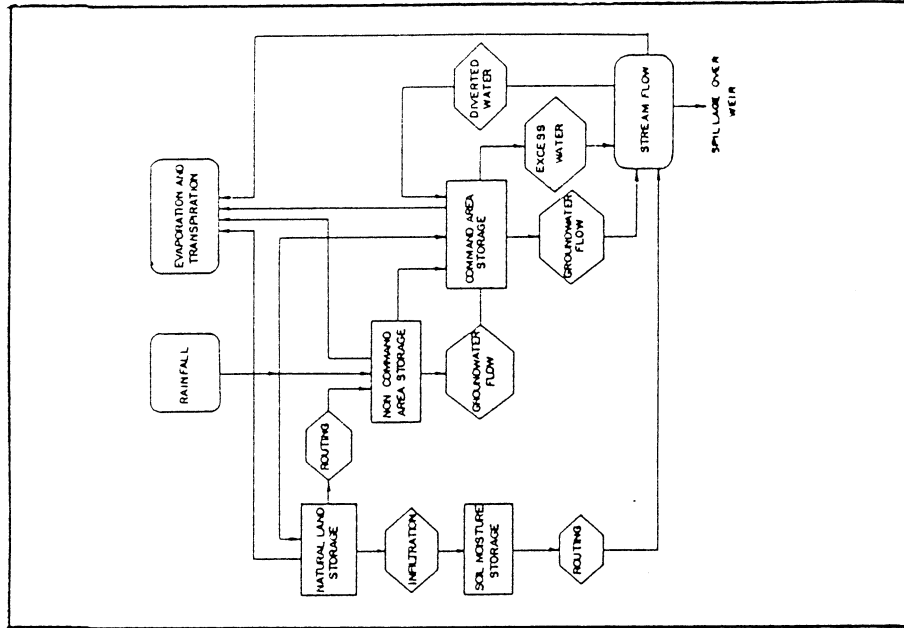
PCA ค่าเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่นาที่ได้รับประโยชน์จากการผันน้ำของฝายต่อพื้นที่นาทั้งหมด

DA ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายของฝนที่มีอิทธิพลต่อการไหลออก

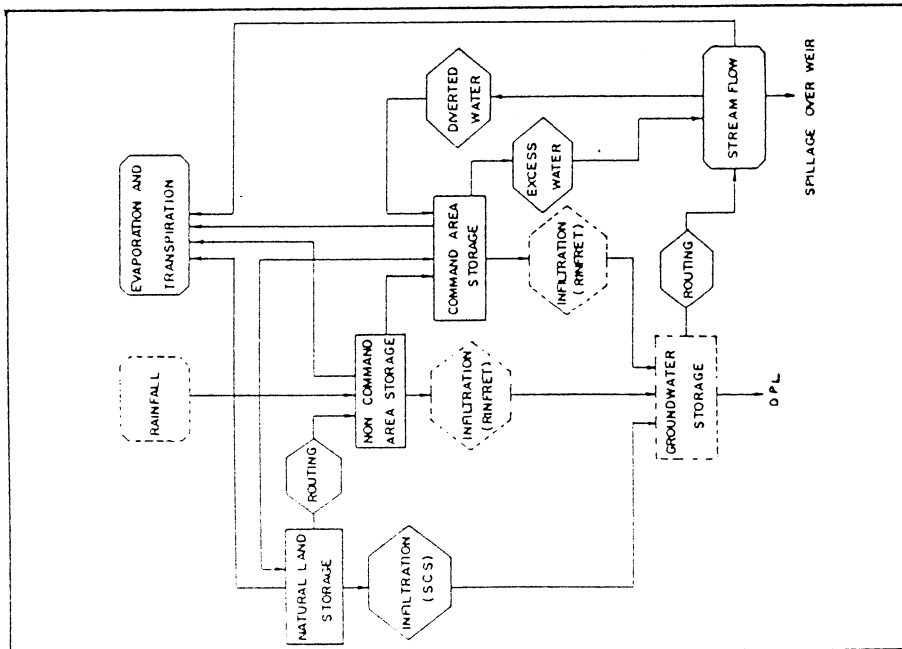
X ค่าพารามิเตอร์ปรับสัดส่วนปริมาณเก็บกักน้ำใต้ดิน ก่อนที่จะหลากไปสู่ลำน้ำ

3.2 หลักการที่ใช้ในระบบอุทกวิทยาของแบบจำลอง

โครงสร้างของแบบจำลองประกอบด้วย ระบบอุทกวิทยา 4 ส่วน คือ ระบบอุทกวิทยาในพื้นที่ธรรมชาติ ระบบอุทกวิทยาในพื้นที่นาที่ได้รับประโยชน์จากการผันน้ำของฝาย ระบบอุทกวิทยาในพื้นที่นาที่ไม่ได้รับประโยชน์จากการผันน้ำของฝาย และระบบอุทกวิทยาในลำน้ำ ซึ่งมีหลักการดังจะกล่าวต่อไปนี้



(จ)



(ก)

ภาพที่ 3.1 โครงสร้างแบบจำลอง (ก)แบบจำลองที่ปรับปรุงใหม่ (จ)แบบจำลอง HYMOST

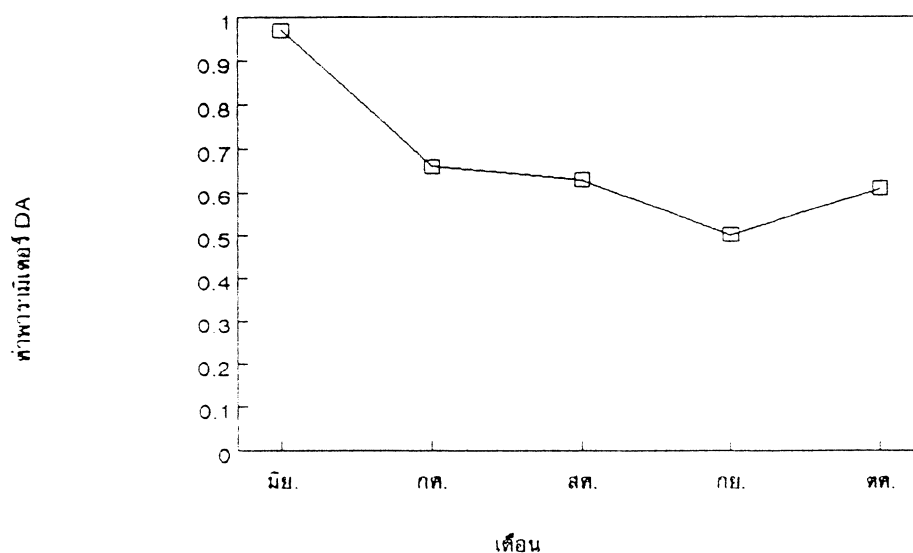
3.2.1 การกระจายการตกของฝนและการเกิดการระเหยในพื้นที่ลุ่มน้ำ

ขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีขนาดใหญ่ขึ้น สมมุติฐานเกี่ยวกับการตกของฝนที่สม่ำเสมอทั่วทั้งลุ่มน้ำจะทำให้แบบจำลองเดิมเกิดข้อผิดพลาดมาก ดังนั้นในการศึกษานี้จึงได้ปรับปรุงสมมุติฐานดังกล่าว โดยให้ฝนที่ตกในพื้นที่ลุ่มน้ำสามารถเกิดขึ้นในบางส่วนของพื้นที่รับน้ำ และกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การกระจายการตกของฝนที่มีผลต่อการไหลออก(DA) ซึ่งเป็นค่าพารามิเตอร์ที่สามารถเทียบปรับได้จากแบบจำลอง ตามวิธีที่ใช้ในแบบจำลองน้ำท่าจากลุ่มน้ำของนฤฤทธิ์(พ.ศ. 2529) พารามิเตอร์ DA นี้ เป็นคุณสมบัติเฉพาะของแต่ละพื้นที่ และมีค่าอยู่ระหว่าง 0.00-1.00 ซึ่งบอกให้รู้ว่าสัดส่วนของฝนที่แผ่กระจายทั่วพื้นที่ลุ่มน้ำมีค่าเท่าใด เมื่อเทียบกับข้อมูลฝนที่ได้จากสถานีวัดน้ำฝน พารามิเตอร์ DA เป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับพื้นที่การตกของฝน และช่วงเวลาที่ฝนตก ดังจะเห็นได้จากตารางที่ 3.1 และภาพที่ 3.2 ซึ่งแสดงผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของ DA กับช่วงเวลา 1 ปี เมื่อปรับปรุงแบบจำลอง HYMOST โดยใช้พารามิเตอร์ DA ปรับสัดส่วนของปริมาณฝนที่ใช้คำนวณในแบบจำลอง แล้วทำการทดสอบกับลุ่มน้ำห้วยทอน ในเขตอำเภอศรีเชียงใหม่ จังหวัดหนองคาย ปี ค.ศ. 1987 จากตารางที่ 3.1 จะพบว่าในช่วงระหว่างเดือนมกราคม ถึง พฤษภาคมไม่ว่าจะเพิ่มค่าของ DA มากเท่าใด ก็ไม่ทำให้ผลการคำนวณน้ำท่าของแบบจำลองเปลี่ยนแปลง ซึ่งแสดงว่า DA ไม่มีผลในช่วงเวลาที่ไม่มีฝน ส่วนช่วงเดือนมิถุนายนถึงตุลาคม ซึ่งเป็นช่วงที่มีฝนมาก จะเห็นว่าค่า DA ที่ทำให้ปริมาณน้ำท่าจากการคำนวณมีค่าใกล้เคียงกับการวัดมากที่สุดมีค่าอยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 1.0 (เน้นโดยเครื่องหมายดอกจัน) ซึ่งกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่า DA (โดยวิธี Interpolation) กับช่วงเวลาในฤดูฝน ดังแสดงในภาพที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 ผลการทดสอบ การเปลี่ยนแปลงค่า DA กับช่วงเวลา 1 ปี

เดือน	ปริมาณน้ำท่าจาก การวัด (ส.ลบ.ม)	ค่าพารามิเตอร์ DA										ค่า DA ที่ดีที่สุด ที่ได้โดยวิธีการ Interpolation
		0.4		0.5		0.6		0.8		1.0		
		ปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง(ส.ลบ.ม) และ ค่าเปอร์เซ็นต์แตกต่างจากค่าการวัด										
		ปริมาณน้ำ	%	ปริมาณน้ำ	%	ปริมาณน้ำ	%	ปริมาณน้ำ	%	ปริมาณน้ำ	%	
มค.	0.04	1.66	274.50	1.66	274.50	1.66	274.50	1.66	274.50	1.66	274.50	-
กพ.	0.03	1.73	357.00	1.73	357.00	1.73	357.00	1.73	357.00	1.73	357.00	-
มีค.	0.05	2.02	309.00	2.02	309.00	2.02	309.00	2.02	309.00	2.02	309.00	-
เมษ.	1.93	1.93	0.10	1.93	0.10	1.93	0.10	1.93	0.10	1.93	0.10	-
พค.	2.26	1.43	-37.00	1.43	-36.80	1.43	-36.80	1.43	-36.80	1.43	-36.80	-
มิย.	23.61	11.46	-51.40	13.59	-42.40	15.71	-33.40	19.96	-15.50	24.20	2.5*	0.97
กค.	9.10	6.20	-31.90	7.17	-21.20	8.24	-9.5*	10.94	20.20	13.12	44.10	0.66
สค.	38.02	26.38	-30.60	31.43	-17.30	36.47	-4.1*	46.56	22.50	56.65	49.00	0.83
กย.	33.29	27.79	-16.50	33.25	-0.1*	38.70	16.30	49.61	49.60	60.51	81.80	0.50
ตค.	17.19	11.29	-34.30	13.81	-19.70	16.35	-4.9*	21.45	24.80	26.56	54.50	0.61

หมายเหตุ : ค่าเปอร์เซ็นต์(%) นั้นเป็นค่าที่ปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับค่าจากการวัดที่สุด(*)



ภาพที่ 3.2 การเปลี่ยนแปลงค่า DA กับช่วงเวลา กลุ่มน้ำห้วยทอน ปี ค.ศ.1987

3.2.2 ระบบอุทกวิทยาในส่วนเก็บกักน้ำผิวดินในพื้นที่ธรรมชาติ

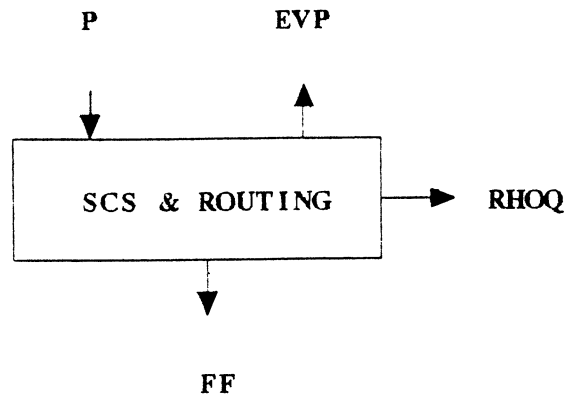
เมื่อฝนตกในพื้นที่ลุ่มน้ำที่เป็นพื้นที่ธรรมชาติ จะเกิดการไหลออกตามผิว (QL) และ การซึม (FF) วิธีการคำนวณอาศัยหลักการของ SCS และเทียบปรับปริมาณการไหลโดยอาศัยค่าสัมประสิทธิ์การกระจายการตกของฝนที่มีอิทธิพลต่อการไหลออก (DA) ปริมาณน้ำไหลออกตามผิวและการซึมคำนวณได้จากสมการที่ 3.1 และ 3.2 ดังนี้

$$QL(i, k) = DA * [Q(k) - Q(k-1)] * AL(i) * 1000 \quad (3.1)$$

$$FF(i, k) = DA * [F(k) - F(k-1)] * AL(i) * 1000 \quad (3.2)$$

เมื่อ $QL(i, k)$	คือ ปริมาณน้ำไหลออกตามผิวจากพื้นที่ธรรมชาติของลุ่มน้ำย่อย i ในวันที่ k , ลบ.ม
$FF(i, k)$	ปริมาณการซึมลงใต้ผิวดินจากพื้นที่ธรรมชาติของลุ่มน้ำย่อย i ในวันที่ k , ลบ.ม
DA	สัมประสิทธิ์การกระจายการตกของฝนที่มีอิทธิพลต่อการไหลออกเป็นพารามิเตอร์ที่เทียบปรับจากแบบจำลอง
$Q(k) - Q(k-1)$	ความลึกของปริมาณน้ำไหลออกตามผิวในวันที่ k และ $k-1$ จากวิธีของ SCS, มม.
$F(k) - F(k-1)$	ความลึกของปริมาณการซึมสู่ใต้ผิวดินในวันที่ k และ $k-1$ จากวิธีของ SCS, มม.
$AL(i)$	ขนาดพื้นที่รับน้ำธรรมชาติของลุ่มน้ำย่อยที่ i , ตร.กม.

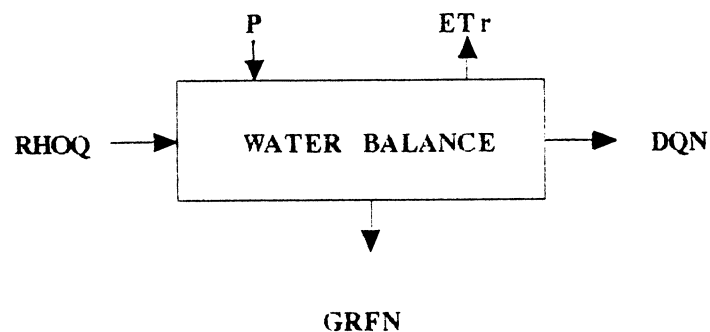
ปริมาณน้ำผิวดินจากสมการที่ 3.1 จะไหลเข้าสู่ส่วนเก็บกักผิวดิน และเกิดการไหลไปสู่พื้นที่นาที่ไม่ได้รับประโยชน์จากฝาย (RHOQ) วิธีการคำนวณอาศัยหลักการของ Linear Reservoir Routing ระบบอุทกวิทยาในส่วนเก็บกักน้ำผิวดินในพื้นที่ธรรมชาติแสดงในภาพที่ 3.3 ดังนี้



รูปที่ 3.3 ระบบอุทกวิทยาในส่วนเก็บกักน้ำผิวดินในพื้นที่ธรรมชาติ

3.2.3 ระบบอุทกวิทยาในพื้นที่นาที่ไม่ได้รับประโยชน์จากฝาย

หลักการคำนวณในพื้นที่นาประเภทนี้ อาศัยวิธีการเดิมจากแบบจำลอง HYMOST คือหลักการความสมดุลปริมาณน้ำ ซึ่งแสดงเป็นระบบอุทกวิทยาได้ดังภาพที่ 3.4 คือ กระบวนการอุทกวิทยาที่เกิดขึ้นประกอบด้วย ฝนที่ตกในพื้นที่นา โดยตรง (P) รวมกับปริมาณน้ำที่ไหลมาจากพื้นที่ธรรมชาติ (RHOQ) ซึ่งจะเป็นปริมาณน้ำที่ไหลเข้าสู่ระบบ ส่วนปริมาณน้ำที่ไหลออกจากระบบประกอบด้วย การคายระเหย (ETr) การไหลออกของปริมาณน้ำส่วนเกินจากที่นาประเภทนี้ (DQN) และปริมาณน้ำที่ซึมไปสู่ส่วนเก็บกักใต้ดิน (GRFN) การคำนวณหาปริมาณน้ำที่ซึม



ภาพที่ 3.4 ระบบอุทกวิทยาในพื้นที่นาที่ไม่ได้รับประโยชน์จากฝาย

จากพื้นที่นาได้ปรับปรุงไปจากวิธีที่ใช้ในแบบจำลองของอดิเรก โดยใช้วิธีเดียวกันทั้งในพื้นที่นาที่ไม่ได้รับประโยชน์จากฝาย และในพื้นที่นาที่ได้รับประโยชน์จากฝาย คือปริมาณน้ำที่ซึมในพื้นที่นาจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกับความลึกของน้ำที่ขังอยู่ในพื้นที่นาแต่ละวัน และใช้ค่าศักย์การซึมในพื้นที่นาเป็นปริมาณน้ำที่สูญเสียได้มากที่สุดเช่นเดียวกับวิธีที่ใช้ในการศึกษาของ Rinfret (ค.ศ.1988) ดังนี้

กรณีความลึกของน้ำในพื้นที่นาในวันที่ k มากกว่าหรือเท่ากับความลึกของน้ำที่สภาพอิ่มตัวด้วยน้ำ ปริมาณการซึมจากพื้นที่นาจะมีค่าสูงสุด (GRFM) คือ

$$\begin{array}{ll} \text{ถ้า} & WD(k) \geq WDSAT \\ \text{จะได้} & GRF(k) = GRFM \quad (3.3 ก) \end{array}$$

กรณีความลึกของน้ำในพื้นที่นาในวันที่ k ต่ำกว่าความลึกของน้ำที่สภาพอิ่มตัวด้วยน้ำแต่ยังไม่ถึงความลึกของน้ำที่สภาพแห้ง ปริมาณการซึมของน้ำใต้ดินจากพื้นที่นาจะลดลงเป็นสัดส่วนโดยตรงจาก GRFM จนถึงศูนย์ เขียนเป็นสมการดังนี้

$$\begin{array}{ll} \text{ถ้า} & WDFC < WD(k) < WDSAT \\ \text{จะได้} & GRF(k) = GRFM * \frac{WD(k) - WDFC}{WDSAT - WDFC} \quad (3.3 ข) \end{array}$$

กรณี ความลึกของน้ำในพื้นที่นาในวันที่ k ต่ำกว่า ความลึกของน้ำที่สภาพแห้ง ปริมาณการซึมลงใต้ผิวดินจากพื้นที่นาจะเท่ากับศูนย์ และเขียนเป็นสมการคณิตศาสตร์ดังนี้

$$\begin{array}{ll} \text{ถ้า} & WD(k) \leq WDFC \\ \text{จะได้} & GRF(k) = 0 \quad (3.3 ค) \end{array}$$

เมื่อ $WD(k)$ คือ ความลึกของน้ำในพื้นที่นาในวันที่ k , มม.
 $WDSAT$ ความลึกของน้ำในดินที่ระดับพื้นที่นาในสภาพอิ่มตัว, มม.
 $WDFC$ ความลึกของน้ำในดินในสภาพ Field capacity, มม.
 $GRFM$ อัตราการซึมออกใต้ผิวดินในพื้นที่นาสูงสุด . มม./วัน

อัตราการซึมได้ผิวดินในพื้นที่นาสูงสุด หาได้จากคุณสมบัติเฉลี่ยของเนื้อดิน จากตารางที่ 3.2 ที่แสดงค่าความสามารถในการซึมน้ำของเนื้อดิน ชนิดต่างๆ

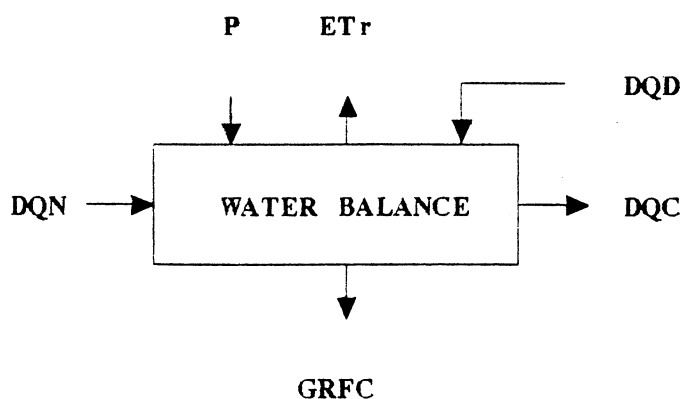
ตารางที่ 3.2 ความสามารถในการซึมน้ำได้ ของเนื้อดินชนิดต่างๆ

ชนิดของเนื้อดิน (ชื่อของดิน)	ศักย์การซึม(มม/วัน)
GM (กรวดผสมตะกอน)	0.25
GC (กรวดผสมดินเหนียว)	0.25
SM (ดินทรายผสมตะกอน)	6.26
SM-SC (ดินทรายผสมดินเหนียวและดินตะกอน)	0.67
SC (ดินทรายผสมดินเหนียว)	0.25
ML (ดินตะกอน, Low plasticity)	0.50
ML-CL (ดินตะกอนผสมดินเหนียว)	0.11
CL (ดินเหนียว, Low Plasticity)	0.07
MH (ดินตะกอน, High Plasticity)	0.13
CH (ดินเหนียว, High Plasticity)	0.04

ที่มา : A Water Resources Technical Publication, 1974)

3.2.4 ระบบอุทกวิทยาในพื้นที่นาที่ได้รับประโยชน์จากฝาย

กระบวนการอุทกวิทยาที่เกิดขึ้นในพื้นที่นาประเภทนี้ จะเหมือนกับที่เกิดขึ้นในพื้นที่นาที่ไม่ได้รับประโยชน์จากการผันน้ำของฝาย เพียงแต่มีปริมาณน้ำที่ไหลเข้าเพิ่มขึ้นคือปริมาณน้ำที่ผันจากลำน้ำ(DQD) ภาพที่ 3.5 แสดงระบบอุทกวิทยาในพื้นที่นาที่ได้รับประโยชน์จากฝาย

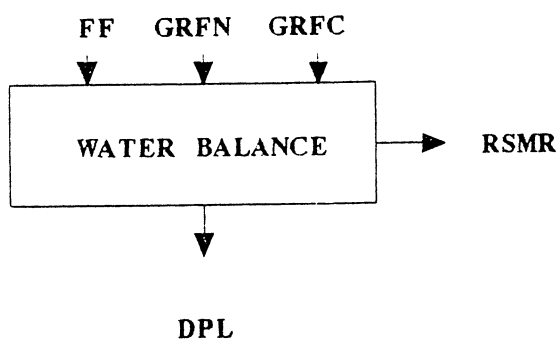


ภาพที่ 3.5 ระบบอุทกวิทยาในพื้นที่นาที่ได้รับประโยชน์จากฝาย

3.2.5 ระบบอุทกวิทยาในส่วนเก็บกักใต้ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำ

ระบบอุทกวิทยาในส่วนเก็บกักใต้ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำประกอบด้วยปริมาณน้ำที่ไหลเข้าคือปริมาณการซึมจากพื้นที่ธรรมชาติ (FF) ปริมาณการซึมจากพื้นที่นาที่ไม่ได้รับประโยชน์จากฝาย (GRFN) และปริมาณการซึมจากพื้นที่นาที่ได้รับประโยชน์จากฝาย (GRFC) และปริมาณน้ำที่ไหลออกคือ ปริมาณน้ำใต้ดินที่ไหลไปสู่ลำน้ำ (RSMR) กับการสูญหายแบบซึมลึก (DPL) ภาพที่ 3.6 แสดงระบบอุทกวิทยาในส่วนเก็บกักใต้ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำ

วิธีการคำนวณปริมาณน้ำที่เก็บกักในส่วนเก็บกักใต้ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งได้ปรับปรุงขึ้น อาศัยวิธีการเทียบปรับเช่นเดียวกับวิธีที่ใช้ในแบบจำลอง SFB ของ Boughton (1984) กล่าวคือ ปริมาณน้ำที่ซึมลงมาจากผิวดินของพื้นที่ธรรมชาติ และพื้นที่นาทั้งหมดจะถูกเก็บกักไว้ในส่วนเก็บกักใต้ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำ ปริมาณน้ำที่เก็บกักจะมีค่าที่เหมาะสมกับคุณสมบัติการอุ้มน้ำของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งจะคำนวณเทียบปรับหาปริมาณเก็บกักที่เหมาะสมโดย พารามิเตอร์ X คูณกับปริมาณน้ำที่ซึมมาจากพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด (ค่าของ X จะอยู่ระหว่าง 0.0 ถึง 1.0) ที่เป็นการไหลเข้าส่วนเก็บกักชั้นใต้ดินก่อนที่จะไหลไปสู่ลำน้ำ สำหรับปริมาณน้ำส่วนที่เหลือคิดเป็นสัดส่วน $1.0 - X$ จะกลายเป็น ปริมาณน้ำที่ซึมลงสู่ชั้นใต้ดินแบบลึก (Deep Percolation Loss) ซึ่งจะไม่ไปปรากฏในลำน้ำ ในทางกายภาพค่าพารามิเตอร์ X นี้จะเป็นคุณสมบัติในการอุ้มน้ำของดินนั่นเอง



ภาพที่ 3.6 ระบบอุทกวิทยาในส่วนเก็บกักได้ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำ

หลักการคำนวณคือ เมื่อฝนตกลงในพื้นที่รับน้ำที่เป็นพื้นที่ธรรมชาติจะเกิดการสูญหายเริ่มต้น ถ้าปริมาณฝนที่ตกมีมากกว่าปริมาณการสูญหายเริ่มต้น จะเกิดการไหลออกตามผิว(QL) และ การซึม(FP) คำนวณโดยวิธีการของ SCS ปริมาณน้ำที่ซึมลงได้ดินของพื้นที่ธรรมชาติในแต่ละวัน จะไหลไปรวมกับปริมาณน้ำที่ซึมจากพื้นที่นาและเก็บกักในชั้นใต้ดินก่อนที่จะเกิดการไหลไปสู่ลำน้ำ ปริมาณน้ำที่เก็บกักได้ดินรวมในแต่ละวันคำนวณจากการเทียบปรับโดยใช้ค่าพารามิเตอร์ X ตามสมการที่ 3.4 ดังนี้

$$HSM(k) = X * [HSM(k-1) + FF(i, k) * AL(i) * 1000 + GRFN(i, k) * AN(i) * 1000 + GRFC(i, k) * AC(i) * 1000] \quad (3.4)$$

เมื่อ $HSM(k)$ คือ ปริมาณน้ำที่เก็บกักในชั้นใต้ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำในวันที่ k , ลบ.ม.

$FF(i, k)$ ความลึกของน้ำที่ซึมลงสู่ผิวดินของพื้นที่ธรรมชาติของกลุ่มน้ำย่อยที่ i ในวันที่ k , มม.

$AL(i)$ พื้นที่รับน้ำธรรมชาติของกลุ่มน้ำย่อยที่ i , ตร.กม.

$AN(i)$ พื้นที่นาที่ไม่ได้ประโยชน์จากฝายของกลุ่มน้ำย่อยที่ i , ตร.กม.

$AC(i)$ พื้นที่นาที่ได้ประโยชน์จากฝายของกลุ่มน้ำย่อยที่ i , ตร.กม.

ปริมาณน้ำตามสมการที่ 3.4 นี้ จะเป็นปริมาณน้ำไหลเข้าส่วนเก็บกักน้ำใต้ผิวดินก่อนที่จะหลากไปสู่ลำน้ำต่อไป วิธีการคำนวณปริมาณน้ำใต้ดินที่หลากไปสู่ลำน้ำ(RSMR) ใช้วิธีการหลากเชิงเส้นตรงและเทียบปรับโดยอาศัยพารามิเตอร์ TS เหมือนกับวิธีที่ใช้ในแบบจำลอง HYMOST สมการที่ใช้คำนวณแสดงในตารางสรุปสมการการคำนวณดังแสดงในตารางที่ 3.4

ปริมาณน้ำส่วนที่เหลือในส่วนเก็บกักหลังจากเกิดการหลากไปสู่ลำน้ำแล้ว จะเป็นปริมาณน้ำเก็บกักที่จะใช้คำนวณในวันต่อไป ดังสมการที่ 3.5 ดังนี้

$$HSM(k+1) = HSM(k) - RSMR(k) \quad (3.5)$$

ปริมาณน้ำส่วนที่เหลือจากการไหลเข้าสู่ส่วนเก็บกักชั้นน้ำใต้ดิน จะเกิดการซึมลงไปได้ดินชั้นลึก(Deep percolation loss,DPL) ปริมาณน้ำส่วนนี้จะไม่ไปปรากฏในลำน้ำ และมีค่าเท่ากับ

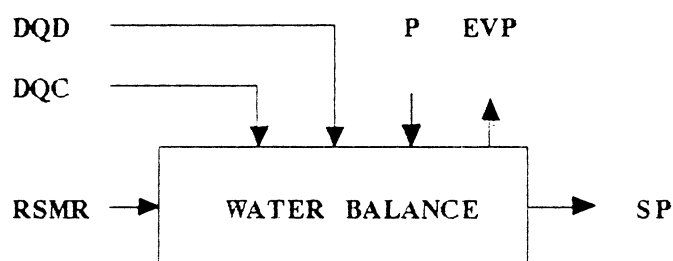
$$DPL(k) = (1-X) * [HSM(k-1) + FF(i,k) * AL(i) * 1000 + GRFN(i,k) * AN(i) * 1000 + GRFC(i,k) * AC(i) * 1000] \quad (3.6)$$

เมื่อ $DPL(k)$ คือ ปริมาณน้ำที่ซึมลึกและสูญหายจากพื้นที่ลุ่มน้ำในวันที่ k ,
ลบ.ม.

3.2.6 ระบบอุทกวิทยาในส่วนเก็บกักในลำน้ำ

ระบบอุทกวิทยาในส่วนเก็บกักในลำน้ำ ประกอบด้วยปริมาณน้ำที่ไหลเข้าคือ ฝนที่ตกในพื้นที่ลำน้ำ(P) ปริมาณน้ำที่เกิดความต้องการจากพื้นที่นาที่ได้รับประโยชน์จากฝาย(DQC) หากในพื้นที่ลุ่มน้ำไม่มีพื้นที่นาที่ได้รับประโยชน์จากฝายก็จะได้ปริมาณน้ำจาก น้ำที่เกิดความต้องการของพื้นที่นาที่ไม่ได้รับประโยชน์จากฝาย(DQN) หรือหากในพื้นที่ลุ่มน้ำไม่มีพื้นที่นาก็จะได้น้ำที่ไหลเข้าจากปริมาณน้ำที่หลากมาจากพื้นที่ธรรมชาติ(RHOQ) นอกจากนี้ก็มีปริมาณน้ำที่ไหลเข้าระบบที่มาจากการหลากของน้ำใต้ดิน(RSMR) ส่วนน้ำที่ไหลออกจากส่วนเก็บกักนี้คือการระเหยจากลำน้ำ(EVAP) ปริมาณน้ำที่ผันกลับไปสู่พื้นที่นา(DQD) ซึ่งเป็นกรณี

ของในพื้นที่ลุ่มน้ำมีฝาย และปริมาณน้ำไหลออกจากพื้นที่รับน้ำย่อยที่พิจารณา (SP)
 ภาพที่ 3.7 แสดงระบบอุทกวิทยาในส่วนเก็บกักในลำน้ำ



ภาพที่ 3.7 ระบบอุทกวิทยาในส่วนเก็บกักในลำน้ำ

หลักการและสมการที่ใช้คำนวณในแบบจำลองของกระบวนการอุทกวิทยา
 ส่วนต่างๆ แสดงสรุปในตารางที่ 3.3 และตารางที่ 3.4 ตามลำดับ ส่วนที่
 ปรับปรุงเพิ่มแสดงด้วยการเน้น ดังนี้



ตารางที่ 3.3 หลักการอุทกวิทยาที่ใช้ในแบบจำลอง

กระบวนการอุทกวิทยา	หลักการหรือทฤษฎีที่ใช้
กระบวนการบนผิวดิน การเก็บกักน้ำบนผิวดินในพื้นที่ธรรมชาติ การซึมลงในพื้นที่ธรรมชาติ การไหลออกโดยตรงในพื้นที่ธรรมชาติ การไหลหลากผิวดินจากพื้นที่ธรรมชาติ การกักเก็บน้ำบนผิวดินในพื้นที่นา อัตราการคายระเหยในพื้นที่นา การไหลออกโดยตรงในพื้นที่นา การผันน้ำเข้าพื้นที่นา	การสมดุลของปริมาณน้ำ วิธีการของ SCS , เทียบปรับ วิธีการของ SCS , เทียบปรับ หลักการอ่างเก็บน้ำเชิงเส้นตรง การสมดุลของปริมาณน้ำ คำนวณจากถาดวัดการระเหย การสมดุลของปริมาณน้ำ การสมดุลของปริมาณน้ำ โดย กำหนดค่าประสิทธิภาพการผันน้ำ
กระบวนการใต้ผิวดิน การเก็บกักน้ำใต้ผิวดินในพื้นที่ลุ่มน้ำ การหลากของน้ำใต้ผิวดินจากพื้นที่ลุ่มน้ำ การซึมใต้ผิวดินในพื้นที่นา	การสมดุลของปริมาณน้ำ โดย วิธีการเทียบปรับ หลักการอ่างเก็บน้ำเชิงเส้นตรง วิธีการของ Rinfret
กระบวนการในลำน้ำ การเก็บกักน้ำในลำน้ำหน้าฝาย การไหลข้ามฝาย อัตราการระเหยในลำน้ำ	การสมดุลของปริมาณน้ำ การสมดุลของปริมาณน้ำ คำนวณจากถาดวัดการระเหย

ตารางที่ 3.4 สรุปสมการที่ใช้คำนวณในแบบจำลอง

ที่	ตัวแปร	สมการที่ใช้คำนวณ
1	P(L,K)	INPUT ในข้อมูล FILE RAINFALL DATA
2	EPAN(I,K)	INPUT ในข้อมูล FILE RAINFALL DATA
3	WDSUIT(K)	INPUT ในข้อมูล FILE RAINFALL DATA
4	WDSAT(K)	INPUT ในข้อมูล FILE RAINFALL DATA
5	WDFC(K)	INPUT ในข้อมูล FILE RAINFALL DATA
6	SMC	INPUT ในข้อมูล FILE RAINFALL DATA มีค่าระหว่าง 0.0-0.2
7	A(I)	INPUT ในข้อมูล FILE RAINFALL DATA
8	AP(I)	INPUT ในข้อมูล FILE RAINFALL DATA
9	HW(I)	INPUT ในข้อมูล FILE RAINFALL DATA
10	B(I)	INPUT ในข้อมูล FILE RAINFALL DATA
11	So(I)	INPUT ในข้อมูล FILE RAINFALL DATA
12	GRFM(I)	INPUT ในข้อมูล FILE RAINFALL DATA
13	CL(I)	INPUT ในข้อมูล FILE RAINFALL DATA
14	BA,BB,BC,BD	INPUT ในข้อมูล FILE RAINFALL DATA
15	CA,CB,CC,CD	INPUT ในข้อมูล FILE RAINFALL DATA
16	WA,WB,WC,WD	INPUT ในข้อมูล FILE RAINFALL DATA
17	RA	INPUT ในข้อมูล FILE RAINFALL DATA
18	AMC	$AMC = P(I,1)+P(I,2)+... +P(I,5)$
19	CN	IF $AMC < 35.5 \text{ mm}$ $CN = CN1 = CN2/(2.281-0.01281*CN2)$ IF $35.5 \text{ mm} < AMC < 53.3 \text{ mm}$ $CN = CN2$ IF $AMC > 53.3 \text{ mm}$ $CN = CN2/(0.427+0.00573*CN2)$ $CN2 = [BA(I)*FA+BB(I)*FB+BC(I)*FC+BD(I)*FD$ $+ CA(I)*GA+CB(I)*GB+CC(I)*GC+CD(I)*GD$ $+(WA(I)*EA+WB(I)*EB+WC(I)*EC+WD(I)*ED$ $+(RA(I)*CR)/[A(I)-AP(I)]$
20	CURVE NUMBER	FA = 25 FB = 55 FC = 70 FD = 77 GA = 64 GB = 75 GC = 82 GD = 86 EA = 75 EB = 84 EC = 88 ED = 91 CR = 98

ตารางที่ 3.4 สรุปสมการที่ใช้คำนวณในแบบจำลอง (ต่อ)

ที่	ตัวแปร	สมการที่ใช้คำนวณ
21	S	$S = [(25400/CN)-254]$
22	Ia	$Ia = 0.2*S$
23	SSAT	$SSAT = [(25400/CN1)-254]$
24	SFC	$SFC = SMC*SSAT$
25	P1(K)	$P1(K) = P1(K-1)+P(I,K)$
26	Q(K)	$Q(K) = [P1(K)-Ia^2]/[P1(K)-Ia+S]$
27	F(K)	$F(K) = [P1(K)-Ia]*S/[P1(K)-Ia+S]$
28	QL(I,K)	$QL(I,K) = DA*[Q(K)-Q(K-1)]*[A(I)-AP(I)]*1000$
29	DQL(I,K)	$DQL(I,K) = RHOQ(I,K)/[AN(I)*1000]$
30	HOQ(I,K)	$HOQ(I,K) = HOQ(I,K-1) + QL(I,K)$
31	HOQM	$HOQM = [QL(I,K)+(QL(I,K-1))]/2$
32	RHOQ(I,K)	$RHOQ(K) = RHOQ(K-1) + (HOQM - RHOQ(K-1))/(TQ + 0.5)$
33	FF(I,K)	$FF(I,K) = DA*[F(K)-F(K-1)]$
34	STORM(I)	$STORM(I) = 0.5*B(I)*(HW^2)/So(I)$
35	AN(I)	$AN(I) = (100-PCA)*AP(I)/100$
36	AC(I)	$AC(I) = PCA*AP(I)/100$
37	AL(I)	$AL(I) = A(I)-AP(I)$
38	GRFN(I,K) or GRFC(I,K)	IF $WDN(I,K-1) > WDSAT(I,K)$ $GRFN(I,K) = GRFM(I)$ IF $WDFC(K) < WDN(I,K) < WDSAT(K)$ $GRFN(I,K) = GRFM(I)*[(WDN(I,K)-WDFC(K))/(WDSAT(K)-WDFC(K))]$ IF $WDN(I,K) < WDFC(K)$ $GRFN(I,K) = 0.0$
39	WDN(I,K)	$WDN(I,K) = WDN(I,K-1)+P(I,K)+DQL(I,K)-ET(I,K)-GRFN(I,K)$
40	QN(I,K)	IF $WDN(I,K) > WDSUIT(K)$ ELSE $QN(I,K) = WDN(I,K)-WDSUIT(K)$ IF $WDN(I,K) < WDSUIT(K)$ ELSE $QN(I,K) = 0.0$
41	DQN(I,K)	$DQN(I,K) = QN(I,K)*AN(I)/AC(I)$

ตารางที่ 3.4 สรุปสมการที่ใช้คำนวณในแบบจำลอง (ต่อ)

ที่	ตัวแปร	สมการที่ใช้คำนวณ
42	WDC(I,K)	$WDC(I,K) = WDC(I,K-1) + P(I,K) + DQN(I,K) - DQC(I,K) + DQD(I,K) - ET(I,K) - GRFC(I,K)$
43	HSM(K)	$HSM(K) = X * [HSM(K-1) + (FF(I,K) * AL(I) + GRFN(I,K) * AN(I) + GRFC(I,K) * AC(I)) * 1000]$
44	DQC(I,K)	IF WDC(I,K) > WDSUIT(K) ELSE DQC(I,K) = WDC(I,K) - WDSUIT(K) IF WDC(I,K) < WDSUIT(K) ELSE DQC(I,K) = 0.0
45	QC(I,K)	$QC(I,K) = DQC(I,K) * AC(I) * 1000$
46	ETN or ETC	IF WDN(I,K-1) or WDC(I,K) > 0.75*WDSAT(K) ETN or ETC = 0.89*EPAN(K) IF 0.2*WDSAT(K) < WDN(I,K) or WDC(I,K) < 0.75*WDSAT(K) ETN or ETC = 0.89*EPAN(K) * [WDN(I,K) or WDC(I,K) - 0.2*WDSAT(K)] / [0.75*WDSAT(K) - 0.2*WDSAT(K)]
47	RSMR(I,K)	$RSMR(I,K) = RSMR(I,K-1) + (HSM - RSMR(I,K-1)) / (TS + 0.5)$
48	HSM	$HSM = [HSM(K) + HSM(K-1)] / 2$
49	IN(I,K)	IF PCA > 0.0 ELSE $IN(I,K) = SP(I-1,K) + QC(I,K) + RSMR(I,K) + STOR(I,K-1) - EVAP(I,K) - DQD(I,K)$ IF PCA = 0.0 ELSE $IN(I,K) = SP(I-1,K) + QN(I,K) + RSMR(I,K) + STOR(I,K-1) - EVAP(I,K)$ IF AP = 0.0 ELSE $IN(I,K) = SP(I-1,K) + RHOQ(I,K) + RSMR(I,K) + STOR(I,K-1) - EVAP(I,K)$
50	EVAP(I,K)	$EVAP(I,K) = EPAN(K) * B(I) * CL(I) / 1000$
51	SP(I,K) and STOR(I,K)	IF IN(I,K) > STORM(I) ELSE $SP(I,K) = IN(I,K) - STORM(I)$ $STORE(I,K) = STORM(I)$ and IF IN(I,K) < STORM(I) ELSE $SP(I,K) = 0.0$ $STORE(I,K) = IN(I,K)$
52	DQDM(I)	$DQDM(I) = WDSUIT(K) - WDC(I,K-1)$
53	QDM(I,K)	$QDM(I,K) = DQDM(I) * AC(I) * 1000$
54	DQD(I,K)	IF WDC(I,K-1) > WDSUIT(K) ELSE DQD(I,K) = 0.0 IF WDC(I,K-1) < WDSUIT(K) ELSE; and IF IN(I,K) > QDM(I,K) $DQD(I,K) = QDM(I,K) / (AC(I) * 1000)$; and IF IN(I,K) < QDM(I,K) IF IN(I,K) > STORM(I) ELSE; IF IN(I,K) < STORM(I) ELSE; DQD(I,K) = 0.0

3.3 การค้นหาค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด (Parameter optimization)

ความสามารถของแบบจำลองในการทำนายผลทางอุทกวิทยา ขึ้นอยู่กับความถูกต้องและความมีเหตุผลของพารามิเตอร์ที่ได้ปรับเทียบ ดังนั้นนอกจากจะต้องมีข้อมูลที่เพียงพอแล้วยังต้องอาศัยวิธีการเทียบปรับที่เหมาะสมอีกด้วย หลักการเทียบปรับในการศึกษานี้อาศัยหลักการทำให้ผลรวมของกำลังสองของความคลาดเคลื่อนมีค่าน้อยที่สุด (Minimized least-squares techniques) ซึ่งเป็นหลักการที่ใช้ในการเทียบปรับแบบจำลอง HYMOST โดยวิธีที่เรียกว่า The sum of weighted squared differences ที่ใช้ในแบบจำลอง HEC-1 ที่เขียนในรูปสมการคณิตศาสตร์ได้ คือ

$$\text{Min } J(p) = \sum_{k=1}^M (e_k(p))^2 * \frac{WT_k}{M} \quad (3.7)$$

โดยที่ $J(p)$ คือ เวกเตอร์ความคลาดเคลื่อน (Error Vector) ซึ่งมีสมาชิกเป็น $e_k(p)$; $k = 1, 2, \dots, M$

p เวกเตอร์ของพารามิเตอร์ (Parameter Vector)

$e_k(p)$ ความคลาดเคลื่อนจากการคำนวณ หาจากสมการที่ 3.8

M จำนวนข้อมูลทั้งหมด

$$e_k(p) = Qc_k - Qb_k \quad (3.8)$$

โดยที่ Qc_k คือ อัตราการไหลที่ได้จากการคำนวณจากแบบจำลอง (Computed discharge) ในวันที่ k

Ob_k อัตราการไหลที่ได้จากการวัดจริง (Observed discharge) ในวันที่ k

$$\text{และ } WT_k = (Qb_k + Qave) / (2 Qave) \quad (3.9)$$

Q_{ave} = อัตราการไหลเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณของแบบจำลอง หาได้จากสมการดังนี้

$$Q_{ave} = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M (Q_{ck}) \quad (3.10)$$

เนื่องจากค่าความเคลื่อน $e_i(p)$ ของพารามิเตอร์ p ไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้น (Non-linear) ดังนั้นวิธีการหาค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด จะอาศัยวิธีการค้นหาตามทิศทางที่ทำให้ค่าของฟังก์ชันเป้าหมายมีค่าต่ำสุด และทำการปรับขนาดของค่าพารามิเตอร์ทุกตัวไปพร้อมกัน ซึ่งเรียกวิธีนี้ว่าวิธี Steepest descent (Johnston และ Pilgrim, 1973) กล่าวคือเมื่อสมมุติค่าเริ่มต้นของพารามิเตอร์เป็น $P_1, P_2, \dots, P_n$ แล้ว จะทำการคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนตามสมการที่ 3.7 ซึ่งกำหนดให้มีค่าเป็น E_1 แล้วเพิ่มค่าพารามิเตอร์ตัวแรกตามเปอร์เซ็นต์ที่กำหนด โดยสามารถเลือกได้ตามความต้องการ ดังสมการ

$$P_1' = P_1 + P_1 * DP / 100 \quad (3.11)$$

ในขณะที่คงค่าพารามิเตอร์ตัวอื่นไว้คงที่ แล้วทำการคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนตามสมการที่ 3.7 อีกครั้ง กำหนดให้มีค่าเป็น E_2 ถ้าค่า E_2 มีค่าน้อยกว่าค่า E_1 ก็แสดงว่าค้นหาค่าพารามิเตอร์ถูกทิศทางแล้วคือทำให้ค่าฟังก์ชันเป้าหมายมีค่าน้อยลง ขณะเดียวกันก็คำนวณค่าความแตกต่างของฟังก์ชันเป้าหมายคือ $E_1 - E_2$ จากการเพิ่มค่าพารามิเตอร์ตัวแรกไว้ แล้วทำการปรับค่าพารามิเตอร์ตัวแรกกลับมาที่ค่าเดิม ต่อจากนั้นเพิ่มค่าพารามิเตอร์ตัวที่สองตามสมการที่ 3.12 ดังนี้

$$P_2' = P_2 + P_2 * Dp / 100 \quad (3.12)$$

จากนั้นทำการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนจากสมการ 3.7 กำหนดให้มีค่าเป็น E_3 ถ้า E_3 มีค่าน้อยกว่า E_1 ก็แสดงว่าค้นหาค่าพารามิเตอร์ถูกทิศทาง

เช่นกัน แล้วทำการคำนวณหาค่าแตกต่างของฟังก์ชันเป้าหมาย E1-E3 เก็บไว้ แล้วปรับค่าพารามิเตอร์ตัวที่สองกลับไปค่าเดิม ทำแบบเดียวกันนี้กับค่าพารามิเตอร์ตัวอื่นๆ จนครบหมดทุกตัว แล้วเปรียบเทียบว่าค่าความแตกต่างของฟังก์ชันเป้าหมายของพารามิเตอร์ตัวใดที่ปรับแล้วมีค่ามากที่สุดแสดงว่า เมื่อปรับพารามิเตอร์นั้นจะทำให้การค้นหาค่าที่ดีที่สุดถึงเป้าหมายเร็วที่สุดด้วย ซึ่งค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดจะหาได้จาก

$$P_k^* = P_k + P_k * DP/100 \quad (3.13)$$

ส่วนค่าพารามิเตอร์อื่นๆ ก็จะปรับอย่างเป็นสัดส่วนกับค่าแตกต่างของฟังก์ชันเป้าหมายของพารามิเตอร์ตัวนั้นกับค่าสูงสุด ดังสมการ

$$P_i^* = P_i + \frac{E1 - E_i}{E1 - E_k} * P_i * DP/100 \quad (3.14)$$

เมื่อ	P_i	คือ	ค่าพารามิเตอร์ตัวที่ i
	P_i^*		ค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดจากการปรับเทียบตัวที่ i
	$E1$		ค่าฟังก์ชันเป้าหมายจากชุดพารามิเตอร์เริ่มต้น
	E_i		ค่าฟังก์ชันเป้าหมายจากชุดพารามิเตอร์ที่ i
	E_k		ค่าฟังก์ชันเป้าหมายจากชุดพารามิเตอร์ที่ k ที่ทำให้ค่า $E1-E_k$ มีค่ามากที่สุด
	DP		ค่าความละเอียดในการค้นหาค่าพารามิเตอร์, % ซึ่งกำหนดได้ตามต้องการในการป้อนเข้าข้อมูลของแบบจำลอง

สำหรับค่าพารามิเตอร์ตัวใดที่ปรับแล้วทำให้ค่าฟังก์ชันเป้าหมายมีค่าเพิ่มขึ้นแสดงว่ามีการค้นหาค่าผิดพลาด ก็จะทำการปรับเป็นค่าตรงข้าม (-DP) แล้วค้นหาค่าพารามิเตอร์ต่อไปเช่นเดียวกัน จนกระทั่งได้ค่าของชุดพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดที่ให้ค่าฟังก์ชันเป้าหมายมีค่าน้อยที่สุด จนไม่สามารถปรับค่าพารามิเตอร์อีกแล้ว จึงจะหยุดการคำนวณและเมื่อต้องการความละเอียดของการคำนวณเพิ่ม

ขึ้น ก็จะทำการคำนวณอีกครั้งเช่นเดิม แต่จะเปลี่ยนค่า DP ให้น้อยลง ในการศึกษานี้ค่า DP กำหนดเริ่มต้นที่ 10 % เมื่อได้ค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดแล้วจึงเปลี่ยนเป็น 5 % และ 1 % ตามลำดับ ในการเทียบปรับแบบจำลอง จะปรับพารามิเตอร์ 5 ตัวดังนี้

1. TQ : Surface water routing time
2. TS : Soil moisture storage routing time
3. PCA : Percentage of command area
4. DA : Rainfall Distribution coefficient
5. X : Ground water storage factor

จากโครงสร้างของแบบจำลองที่ปรับปรุง สามารถสรุปเป็นลำดับขั้นตอนการคำนวณ (Flowchart) ดังแสดงในหัวข้อต่อไป

3.4 ลำดับขั้นตอนการคำนวณของแบบจำลอง (Flowchart)

การคำนวณของแบบจำลองที่ปรับปรุงขึ้น สามารถแสดงเป็นลำดับขั้นตอนได้ดังในภาพที่ 3.8 ซึ่งเป็น MAIN PROGRAM โดยสามารถแบ่งการทำงานออกเป็น 4 ส่วน คือ การอ่านข้อมูลที่ใส่เข้าในแบบจำลอง (Input) การเทียบปรับพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด (Parameters optimization) การทำนายปริมาณน้ำท่า (Runoff forecasting) และการแสดงผลการคำนวณของแบบจำลอง (Output) ซึ่งมีขั้นตอนการคำนวณพอสังเขป ดังนี้

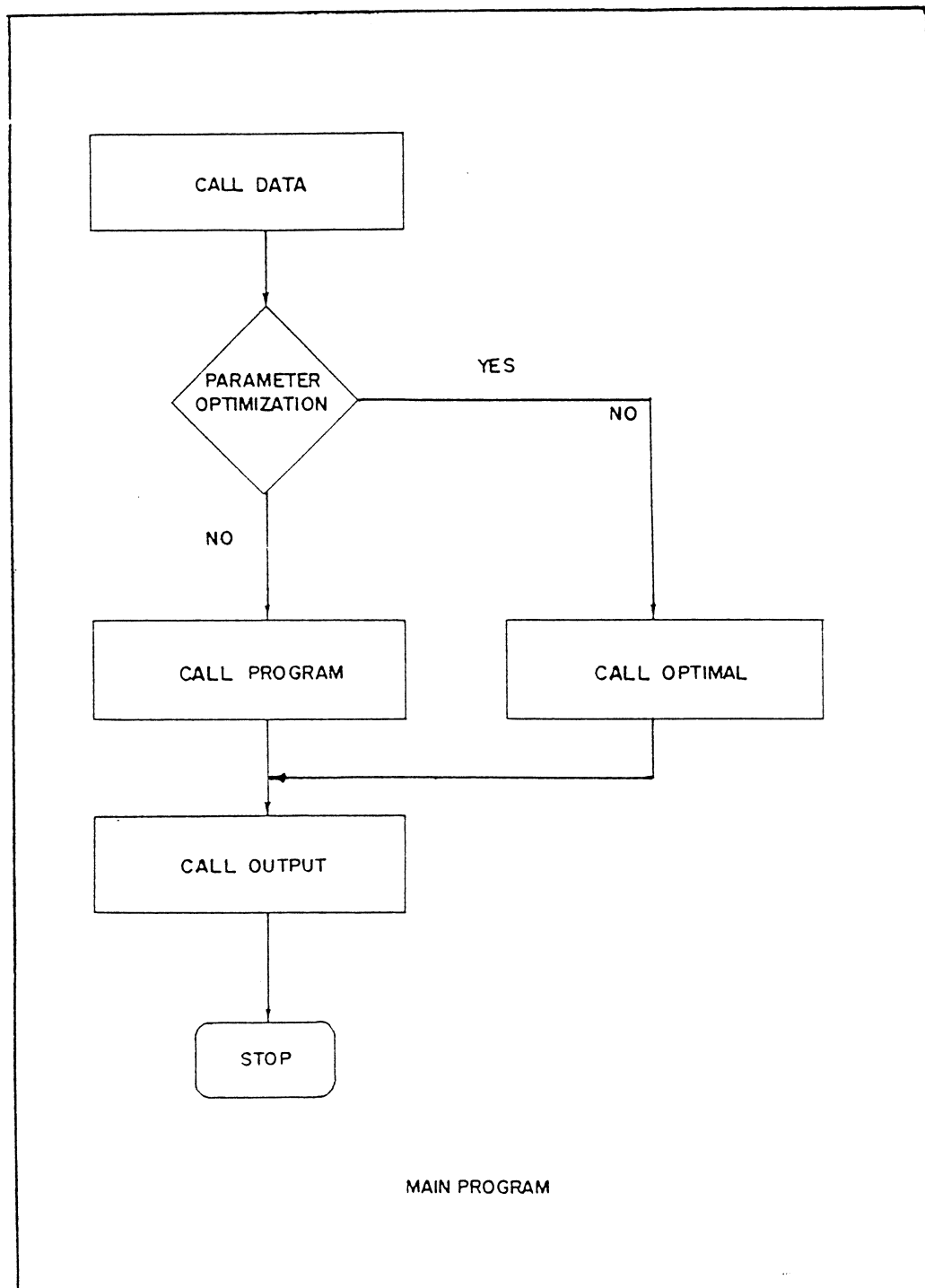
1) การอ่านข้อมูลที่ใส่เข้าในแบบจำลองมีขั้นตอนดังแสดงในภาพที่ 3.9 ชื่อ SUBROUTINE DATA

2) การเทียบปรับพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด มีขั้นตอนการคำนวณเป็น SUBROUTINE OPTIMAL ดังแสดงในภาพที่ 3.13 และ SUBROUTINE ERROR ดังแสดงในภาพที่ 3.14

3) การทำนายปริมาณน้ำท่า มีขั้นตอนการทำงานคือ การคำนวณปริมาณน้ำท่ามีขั้นตอนดังแสดงในภาพที่ 3.10 ชื่อ SUBROUTINE PROGRAM การคำนวณหาปริมาณการระเหยของน้ำในพื้นที่นา มีขั้นตอนดังแสดงในภาพที่ 3.11 ชื่อ SUBROUTINE EVAPOTRANSPIRATION และการคำนวณหาปริมาณน้ำที่

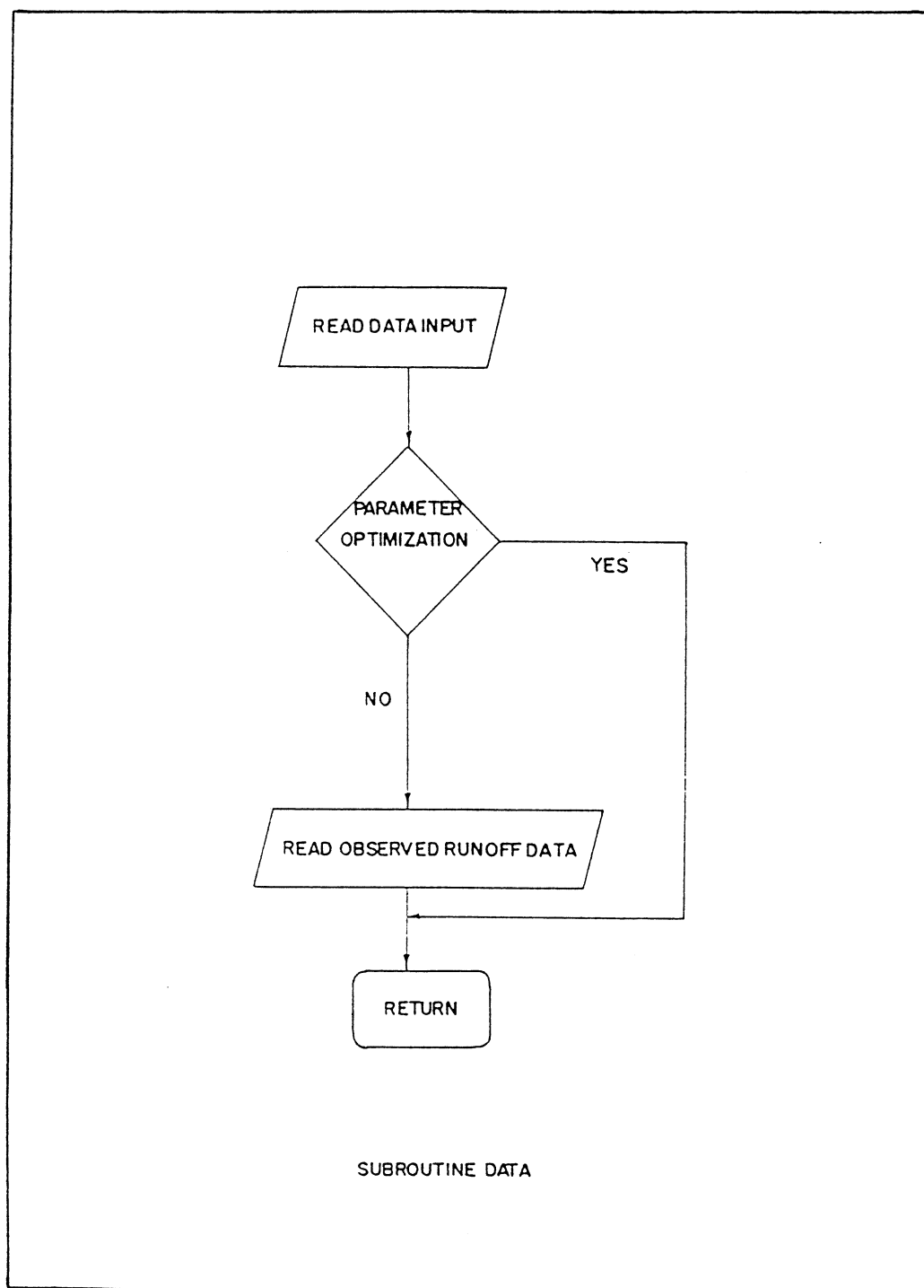
ไหลผ่านส้นฝายมีขั้นตอนดังแสดงในภาพที่ 3.12 ชื่อ SUBROUTINE SPILLAGE

4) การแสดงผลของแบบจำลอง มีขั้นตอนดังแสดงในภาพที่ 3.15 ชื่อ SUBROUTINE OUTPUT

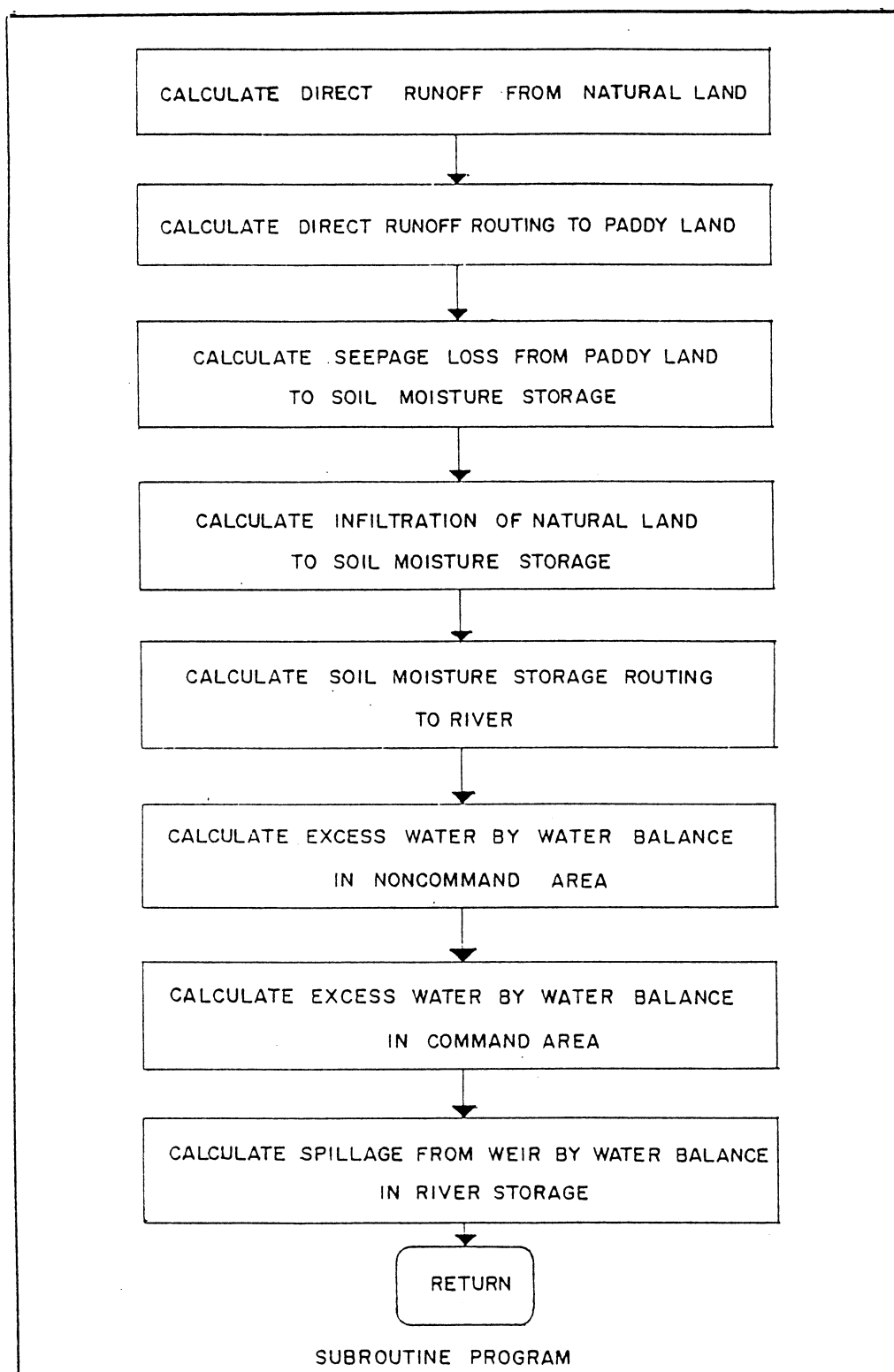


ภาพที่ 3.8 ลำดับขั้นตอนการคำนวณของ MAIN PROGRAM

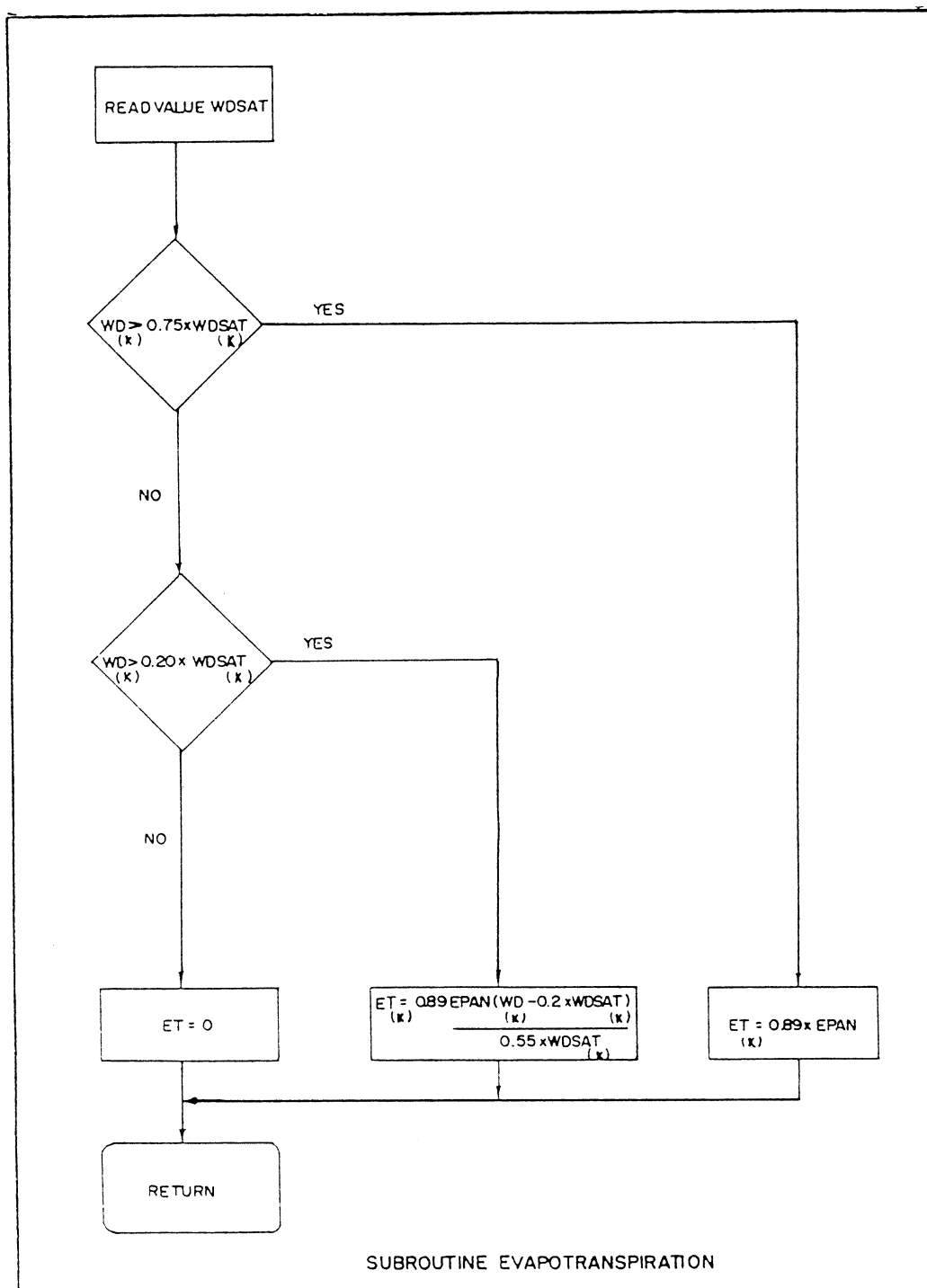
(อติเรก, พ.ศ. 2533)



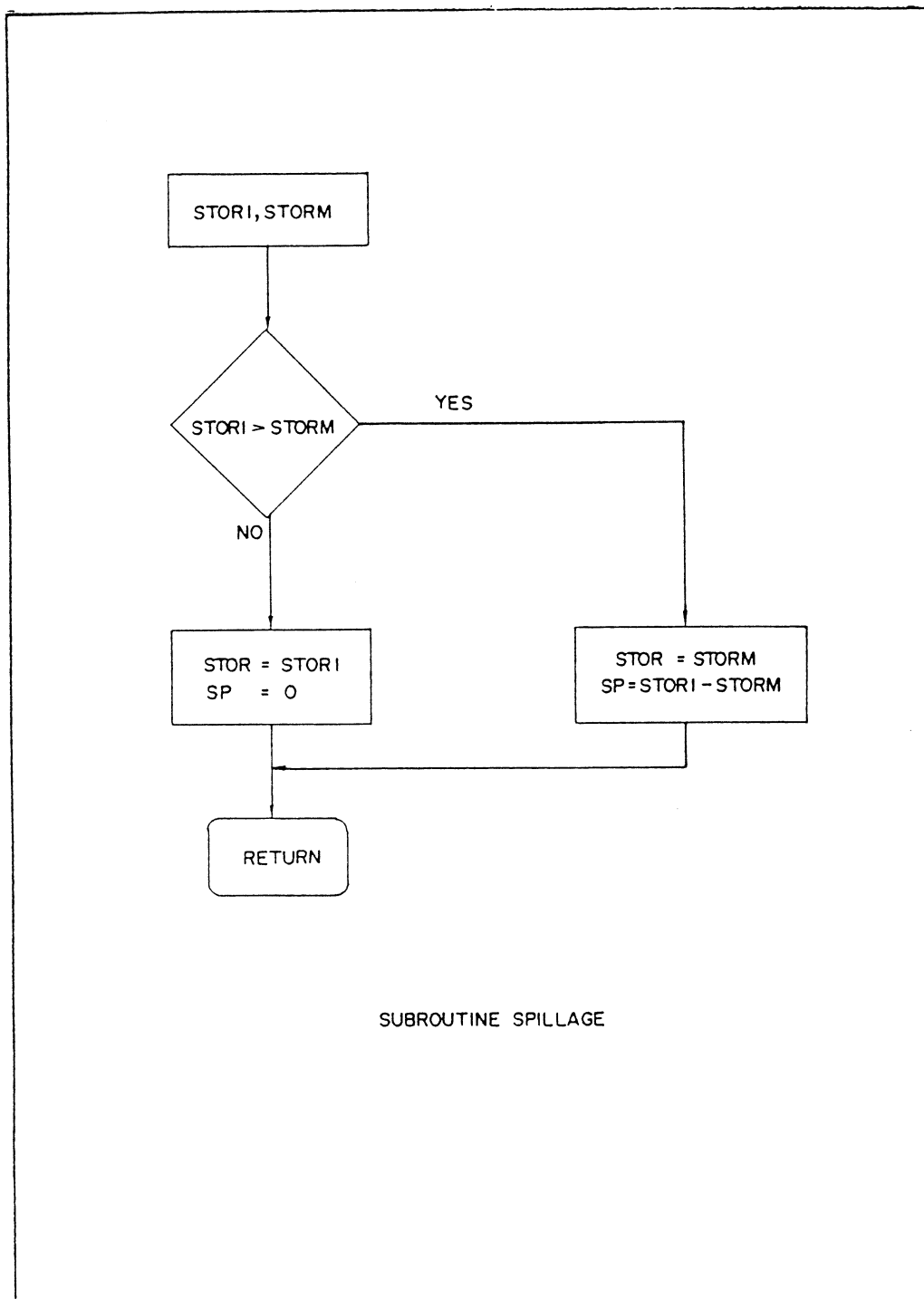
ภาพที่ 3.9 ลำดับขั้นตอนการคำนวณของ SUBROUTINE DATA
(อดิเรก, พ.ศ. 2533)



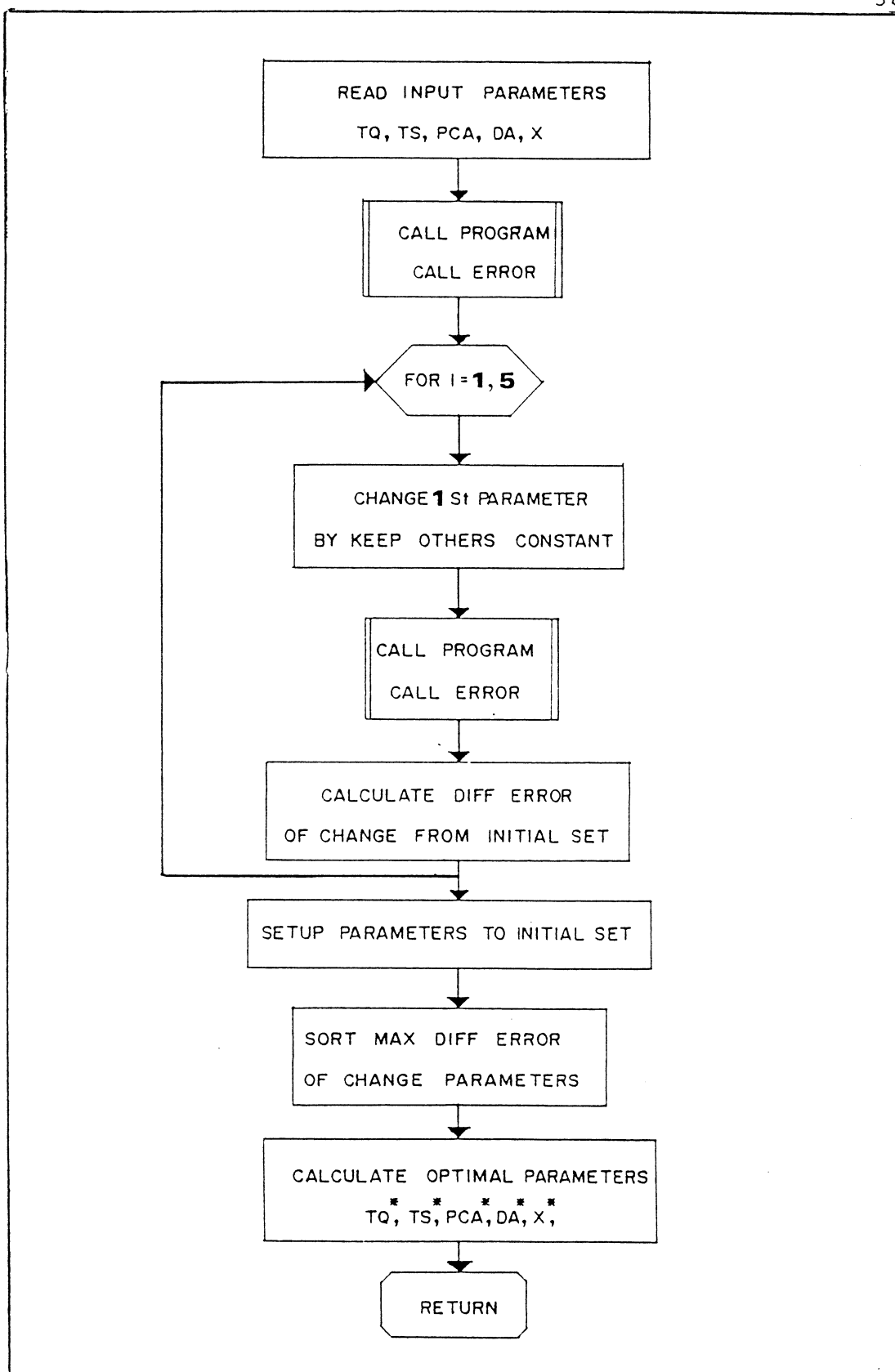
ภาพที่ 3.10 ลำดับขั้นตอนการคำนวณของ SUBROUTINE PROGRAM



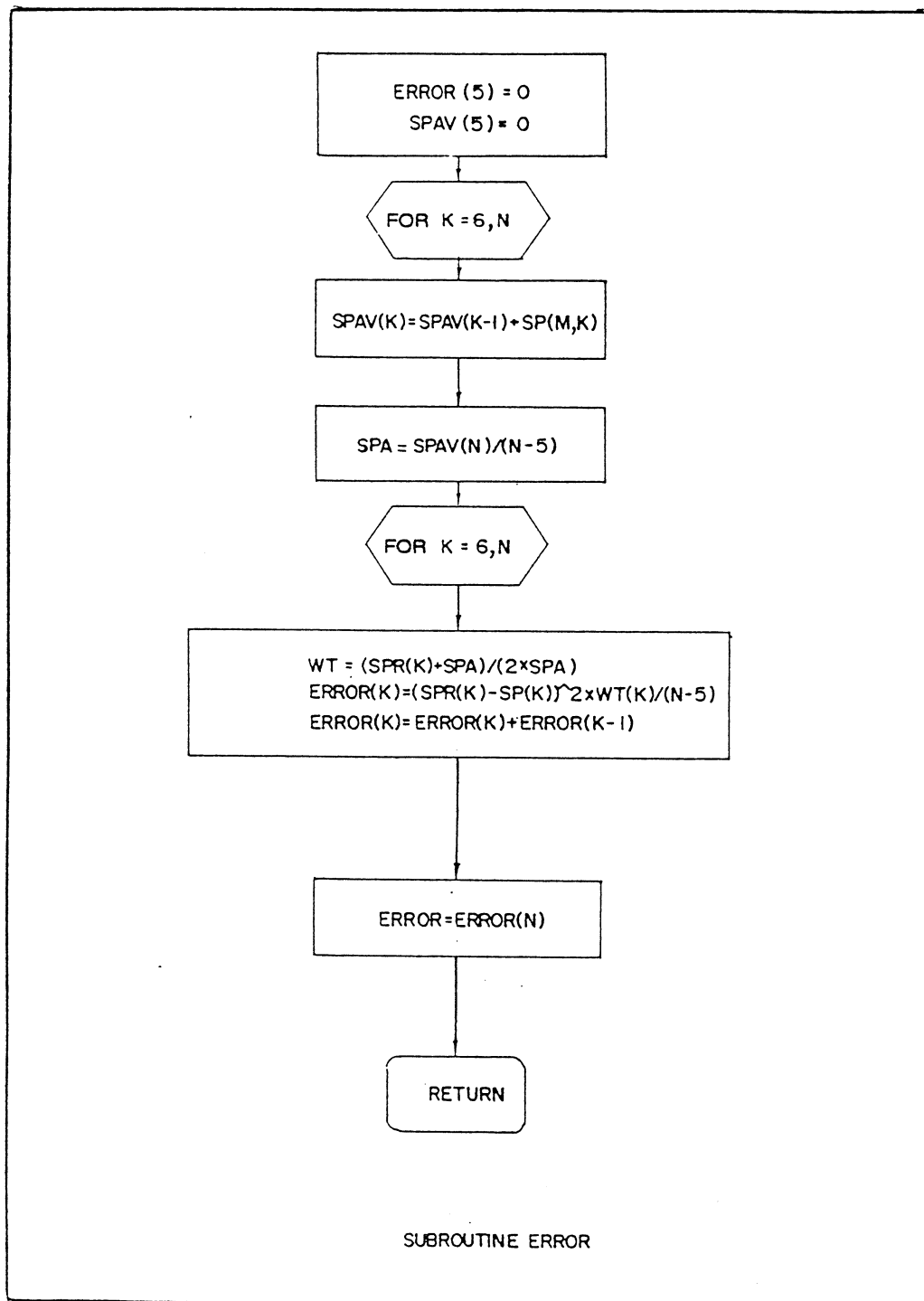
ภาพที่ 3.11 ลำดับขั้นตอนการคำนวณของ SUBROUTINE EVAPOTRANSPIRATION
(อดิเรก, พ.ศ. 2533)



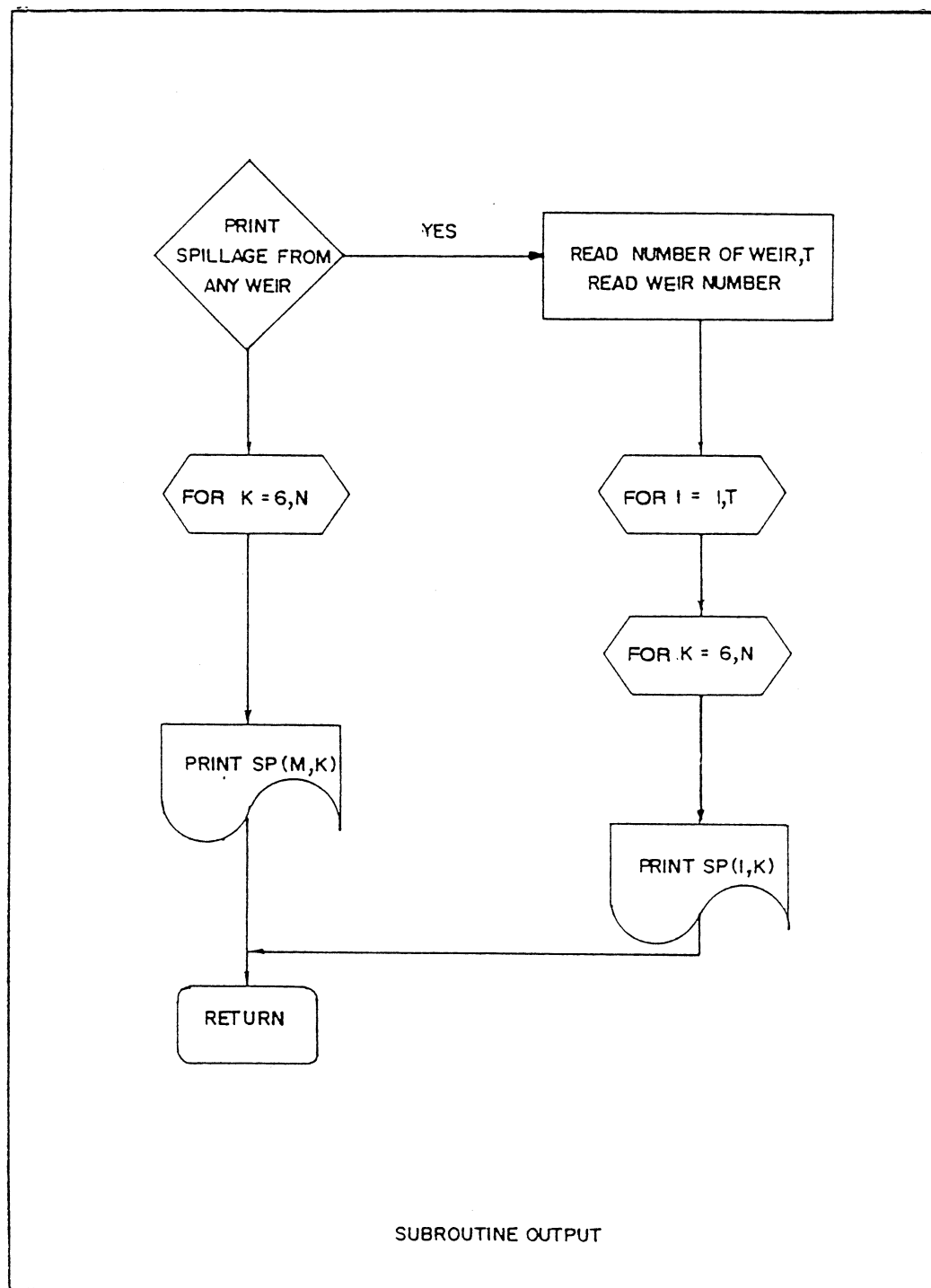
ภาพที่ 3.12 ลำดับขั้นตอนการคำนวณของ SUBROUTINE SPILLAGE
(อดิเรก, พ.ศ. 2533)



ภาพที่ 3.13 ลำดับขั้นตอนการคำนวณของ SUBROUTINE OPTIMAL



ภาพที่ 3.14 ลำดับขั้นตอนการคำนวณของ SUBROUTINE ERROR
(อดิเรก, พ.ศ. 2533)



ภาพที่ 3.15 ลำดับขั้นตอนการคำนวณของ SUBROUTINE OUTPUT
(อดิเรก, พ.ศ. 2533)

3.5 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปริมาณฝนกับปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง

จากแบบจำลองความสัมพันธ์ของฝนและน้ำท่าที่ปรับปรุงแล้วนี้ ทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้หาปริมาณน้ำท่าจากปริมาณฝน สำหรับกลุ่มน้ำที่ได้ทำการเทียบปรับแล้วในรูปแบบของกราฟความสัมพันธ์เป็นรายเดือน รายฤดู และรายปี เพื่อนำไปใช้คาดการณ์ปริมาณน้ำท่า สำหรับปีต่อๆ ไป ซึ่งความสัมพันธ์ที่ได้นี้จะ เป็นคุณสมบัติของแบบจำลองภายใต้สภาพของกลุ่มน้ำที่ทำการศึกษา

ข้อมูลฝนที่ใช้ในการวิเคราะห์สำหรับกลุ่มน้ำต่างๆเป็นข้อมูลรายวัน รายเดือนและรายปี โดยใช้คุณสมบัติของกลุ่มน้ำที่ได้เทียบปรับแล้ว เป็นคุณสมบัติของแบบจำลองในการหาปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง จากนั้นจึงนำผลลัพธ์ที่ได้ไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ สมการความสัมพันธ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปริมาณฝนกับปริมาณน้ำท่า คือ สมการความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linear regression) ซึ่งเขียนอยู่ในรูปทั่วไปตามสมการที่ 3.15 ดังนี้

$$Y = a + bX \quad (3.15)$$

โดยที่ Y คือ ตัวแปรที่ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปร X

X คือ ตัวแปรอิสระ

a คือ ค่าคงที่ของสมการความสัมพันธ์

b คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่แสดงความลาดชันของสมการความสัมพันธ์