

บทที่ 2

หลักการและผลงานที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากการประมาณน้ำท่านั้น ได้มีผู้ศึกษามาเป็นจำนวนมาก พบว่าปริมาณความชื้นที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำ ประกอบด้วยส่วนสำคัญใหญ่ 2 ส่วน คือการเก็บกักที่ผิวดินและการเก็บกักใต้ผิวดิน แบบจำลองที่จะใช้ในการจำลองสภาพทางอุทกวิทยา ของลุ่มน้ำที่ดีควรที่จะต้องมีองค์ประกอบที่สำคัญ ดังนี้

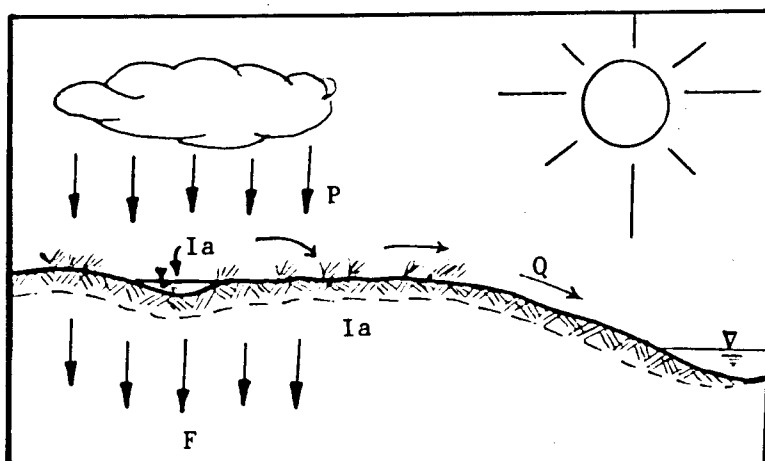
- 1) การเก็บกักที่ผิวดิน หรือการเก็บกักเริ่มแรกก่อนเกิดน้ำท่าผิวดิน (Surface storage and Initial abstraction)
- 2) การสูญเสียเนื่องจากการคายระเหย (Evapotranspiration)
- 3) การสูญเสียระหว่างการเคลื่อนที่ของน้ำผิวดิน (Transmission loss of surface flow)
- 4) การสูญเสียเนื่องจากการซึมผ่านชั้นผิวดิน (Infiltration)
- 5) การเก็บกักในชั้นใต้ผิวดิน (Subsurface storage)
- 6) การซึมลึกลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน (Deep percolation)
- 7) การไหลเสริมของน้ำใต้ดินออกสู่ลำน้ำท่า (Baseflow)
- 8) การสูญเสียระหว่างการเคลื่อนที่ของน้ำใต้ผิวดิน (Transmission loss of subsurface flow)

ดังนั้น การพัฒนาวิธีการของ SCS มาใช้กับลุ่มน้ำในประเทศไทยจึงต้องมีการประยุกต์เข้าร่วมกับแบบจำลองอื่น โดยแบบจำลองของ SCS จะใช้เป็นพื้นฐานในการประมาณน้ำท่าผิวดิน (Surface runoff) แล้วพิจารณาแบบจำลองที่เหมาะสม ในการใช้ประมาณปริมาณน้ำใต้ผิวดิน (Subsurface flow) แยกออกมาวิธีการคำนวณ ปริมาณน้ำส่วนที่มีการเคลื่อนตัวออกจากส่วนเก็บกักที่ผิวดินและชั้นใต้ผิวดินจะใช้วิธีการคำนวณตามหลักการเคลื่อนตัวของน้ำท่ามาในอ่างเก็บน้ำ (Flood reservoir routing) ปริมาณน้ำที่เคลื่อนตัวจากระบบย่อยทั้งสองระบบนี้ จะไหลมารวมกันกลายเป็นน้ำท่าในที่สุด รายละเอียดของวิธีการที่ใช้ในการประมาณน้ำท่าผิวดิน และน้ำ

จากได้ผิวดินที่ผู้ศึกษาเลือกใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนาแบบจำลองนี้ดังนี้.-

2.1 การประมาณน้ำท่าผิวดินโดยวิธีการของ SCS

Soil Conservation Service (SCS) เป็นหน่วยงานหนึ่งของประเทศสหรัฐอเมริกา ที่ทำการศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับการอนุรักษ์ดินและน้ำ ในปี ค.ศ. 1950 ได้ทำการศึกษาค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนและน้ำท่า เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาใช้นำมาประมาณน้ำท่าที่เกิดจากน้ำฝนได้ทำการเก็บข้อมูลน้ำฝน น้ำท่า คุณสมบัติของลุ่มน้ำ อุณหภูมิ ความชื้น และทดสอบหาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ต่าง ๆ โดยใช้เวลาในการศึกษานานกว่า 20 ปี



ภาพที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ของฝนและการสูญเสียตามแนวความคิดของ SCS

จากการศึกษาและทดลอง SCS พบว่าปริมาณฝนที่ตกลงมาสู่ลุ่มน้ำจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ การสูญเสียเริ่มแรก (Initial abstraction; Ia) การซึมลงดิน (Infiltration; F) และการไหลโดยตรง (Direct runoff; Q) โดยมีความสัมพันธ์กันตามสมการสมดุลน้ำดังนี้

$$P = Ia + F + Q \quad (2.1)$$

เมื่อ P คือ ปริมาณฝนสะสม (Cumulative rainfall) หน่วยเป็น มม.

I_a คือ การสูญเสียเริ่มแรก (Initial abstraction) ประกอบด้วย การดัก (Interception) การเก็บกักบนผิวดิน (Depression storage) และการซึมก่อนเกิดน้ำท่า-มม.

F คือ ปริมาณการซึมสะสม มม. (ไม่รวม I_a)

Q คือ การไหลโดยตรง (Direct runoff) มม.

SCS ได้ตั้งสมมุติฐานความสัมพันธ์ของ P , I_a , F , Q และ S (ศักยภาพการซึมสูงสุด; Potential maximum retention or infiltration) ไว้ว่า อัตราส่วนของปริมาณการซึมต่อศักยภาพการเกิดการซึมสูงสุด จะเท่ากับอัตราส่วนของปริมาณน้ำท่าต่อศักยภาพการเกิดน้ำท่าสูงสุด เขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ ได้ว่า

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{(P - I_a)} \quad (2.2)$$

เมื่อรวมสมการที่ (2.1) และ (2.2) เข้าด้วยกันจะได้สมการความสัมพันธ์ที่สำคัญคือ

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S} \quad (2.3)$$

SCS ได้ทดลองในลุ่มน้ำขนาด 1 ตร.กม. เพื่อหาความสัมพันธ์ของค่า S และ I_a พบว่า S และ I_a มีความสัมพันธ์กันในเชิงเส้นตรง คือ

$$I_a = 0.2(S) \quad (2.4)$$

สมการที่ (2.3) จึงเขียนใหม่ได้เป็น

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (2.5)$$

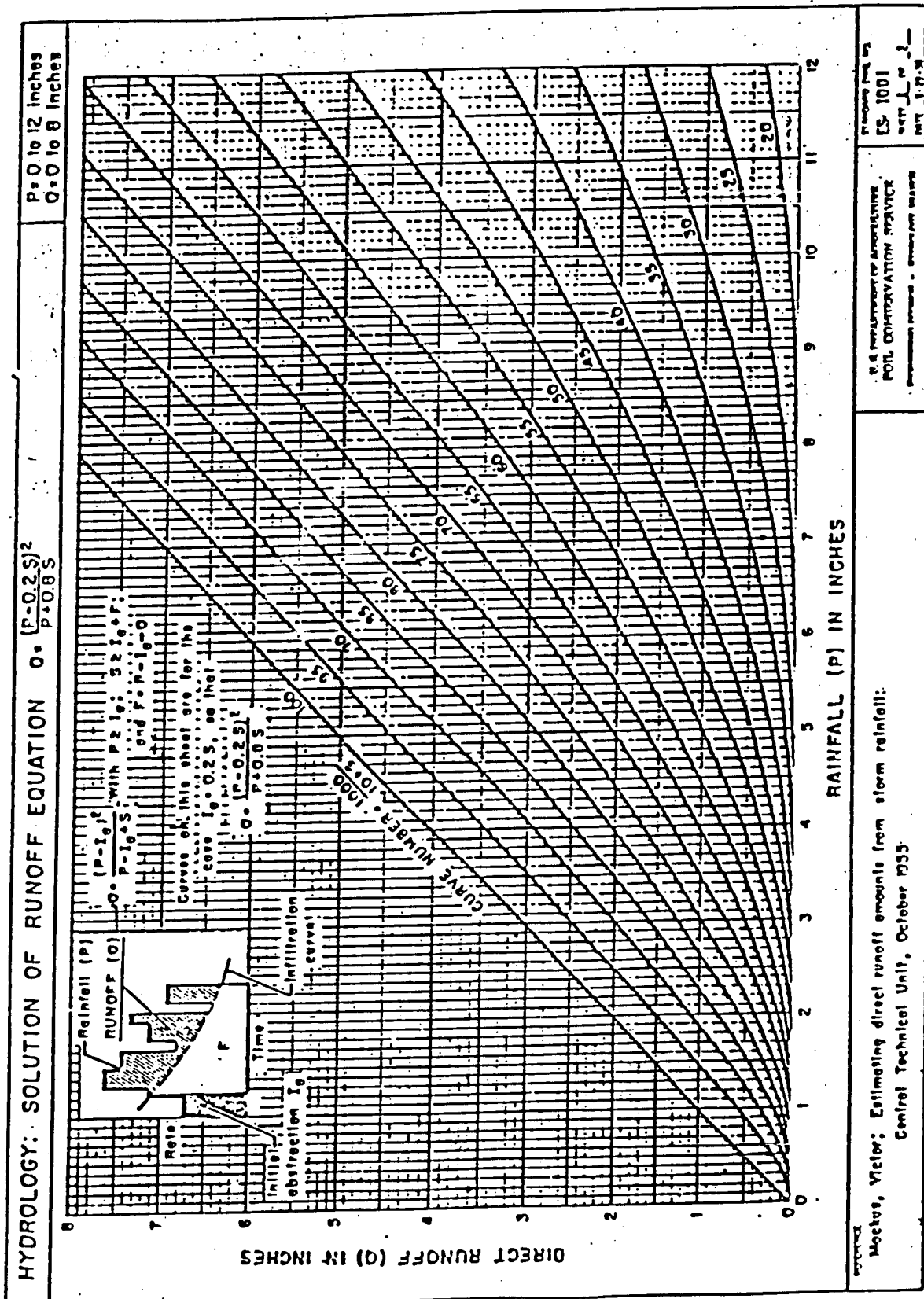
เนื่องจากในทางปฏิบัติการนำแบบจำลองไปใช้จะมีความยุ่งยากในการหาค่า พารามิเตอร์ S ซึ่งมีช่วงของค่าที่ไม่แน่นอนจึงได้กำหนดค่า Curve Number (CN) ขึ้น มีค่าจาก 0 ถึง 100 และมีความสัมพันธ์กับค่า S คือ

$$CN = \frac{1000}{(S + 10)} \quad (2.6)$$

ค่า CN เป็นตัวเลขที่กำหนดขึ้นใช้แทน พารามิเตอร์ S โดยที่ค่า CN ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของลุ่มน้ำ 3 ประการคือ ชนิดของดิน (Soil Type) ลักษณะการใช้ที่ดิน (Land use) และเงื่อนไขความชื้นก่อนหน้า (Antecedent moisture content) โดย SCS ได้กำหนดค่า Curve number มาตรฐานไว้ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ซึ่งใช้ร่วมกันกับกราฟมาตรฐาน ดังแสดงในภาพที่ 2.2 และตารางแสดงเงื่อนไขความชื้นก่อนหน้า ดังแสดงในตารางที่ 2.2 ค่า Curve number ในตารางที่ 2.1 เป็นค่าในเงื่อนไข AMC II ปริมาณความชื้นที่มากหรือน้อยกว่านี้จะคำนวณจากสูตร

$$CN_I = \frac{4.2 (CN)}{10 - 0.058 (CN)} \quad (2.7)$$

$$CN_{III} = \frac{23 (CN)}{10 + 0.13 (CN)} \quad (2.8)$$



ภาพที่ 2.2 แสดงโค้งมาตรฐานของ Curve number ที่สร้างโดย SCS

ตารางที่ 2.2 แสดงการแบ่งกลุ่ม Curve Number ตามเงื่อนไข
ความชื้นก่อนหน้า

	กลุ่มของ AMC	ปริมาณฝนสะสมก่อนหน้า 5 วัน(นิ้ว)	
		ฤดูที่ไม่มีการเพาะปลูก	ฤดูกาลเพาะปลูก
CN _I	AMC I (ความชื้นต่ำ)	< 0.5	< 1.4
CN	AMC II (เฉลี่ย)	0.5 - 1.1	1.4 - 2.1
CN _{III}	AMC III (ความชื้นสูง)	> 1.1	> 2.1

2.2 การประมาณน้ำเสริมจากชั้นเก็บกักน้ำผิวดิน

จากแนวความคิดของ D.Mallants และ J.Feyen (1989) ในเรื่อง Lumped Model for Predicting the Total Monthly Runoff เป็นแนวความคิดในการสร้างแบบจำลองแบบ Lumped Model ที่ใช้ในการประมาณน้ำท่ารายเดือนจากข้อมูลน้ำฝนรายเดือน โดยใช้หลักสมการสมดุลย์น้ำมาพัฒนาแนวความคิดเกี่ยวกับการเก็บกักน้ำผิวดินเพื่อใช้ในการประมาณน้ำส่วนเกิน (Excess water) ปริมาณน้ำส่วนเกินนี้ จะมีการเคลื่อนตัว (Flood transformation) ผ่านลุ่มน้ำไปสู่ลำน้ำโดยผ่านระบบย่อย 2 ระบบ คือ Surface system และ Subsurface system

ในงานศึกษานี้ส่วนของ Surface system จะใช้แบบจำลองของ SCS ที่พัฒนาแล้วมาจำลองพฤติกรรมของน้ำท่าผิวดิน ในช่วงของ Subsurface system จะใช้แนวความคิดของ D.Mallants และ J.Feyen (1989) ในแบบจำลอง Lumped Model ร่วมกับแนวความคิดของ Boughton (1984) ในแบบจำลอง SFB และแนวความคิดของ Calasans (1989) ในแบบจำลอง CANAR3 มาประยุกต์ร่วมกันเป็นแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ผิวดิน โดยมีรายละเอียดคือ

2.2.1 แบบจำลองของ Mallants และ Feyen (1989)

จากหลักการสมดุลย์น้ำ กำหนดให้

ER คือ ปริมาณฝนส่วนเกิน (Excess Rainfall) มม.

f คือ สัมประสิทธิ์การเกิดน้ำท่า (Runoff Coefficient)

Rt คือ ปริมาณน้ำทั้งหมดที่เกิดขึ้น, มม.

INF คือ ดัชนีบ่งบอกสถานะของการซึมมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1

ได้ความสัมพันธ์ คือ

$$ER = f * (Rt) ; 0 \leq f \leq 1 \quad (2.9)$$

$$f = 1 - INF ; 0 \leq INF \leq 1 \quad (2.10)$$

ดังนั้นปริมาณน้ำส่วนที่ซึมลงไปอยู่ในส่วนที่เก็บกักใต้ดิน(AWI)หาได้จากสมการ

$$AWI = Rt * (1 - f) \quad (2.11)$$

ความจุความชื้นที่ขณะใดๆ จึงมีค่าเท่ากับ

$$IMC_i = \text{Min} [(S_{i-1} + AWI_i), S_{\text{max}}] \quad (2.12)$$

เมื่อ IMC_i คือ ความจุความชื้นที่ขณะใดๆ

S_{max} คือ ศักยภาพการเก็บกักความชื้นสูงสุดในดิน

S_{i-1} คือ ความจุความชื้นเมื่อสิ้นสุดเดือนที่ i-1

กำหนดให้ IMC_i คือ ความชื้นเมื่อเริ่มต้นเดือนที่ i จากสมการของ Thomas (กล่าวอ้างโดย Mallants และ Feyen, 1989) ความจุความชื้นเมื่อสิ้นสุดเดือนที่ i จะหาได้จากความสัมพันธ์

$$S_i = IMC_i * e^{-(E_{pi}/S_{max})} \quad (2.13)$$

เมื่อ S_i คือ ความจุความชื้นเมื่อสิ้นสุดเดือนที่ i

EP_i คือ ศักยภาพการคายระเหยเดือนที่ i

ดังนั้น ปริมาณการคายระเหยจริงในเดือน i จึงหาได้จาก

$$E_i = IMC_i - S_i \quad (2.14)$$

ปริมาณน้ำรวมในเดือนที่ i (The total available water) คือ

$$TAW = S_{i-1} + AWI_i \quad (2.15)$$

เพราะฉะนั้น ปริมาณน้ำใต้ผิวดินที่ไหลออกในเดือนที่ i จึงหาได้จากสมการ

$$SS_i = TAW_i - (S_i + E_i) \quad (2.16)$$

เมื่อ SS_i คือ ปริมาณน้ำใต้ดินเมื่อเดือนที่ i

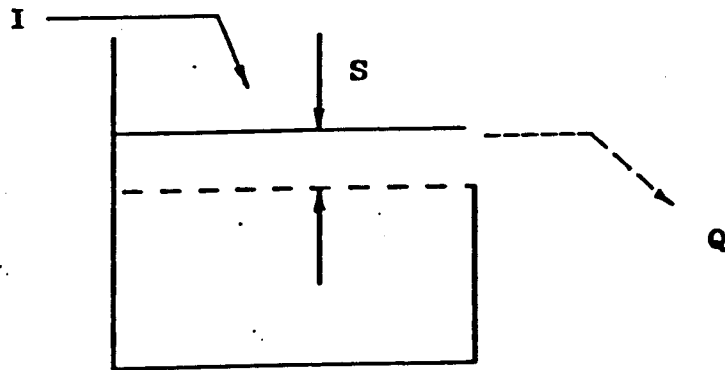
TAW_i คือ ปริมาณน้ำทั้งหมดในเดือนที่ i

กำหนดให้ OF_i คือ ปริมาณน้ำท่าผิวดินเมื่อเดือนที่ i

จากสมการ (2.9) จะได้

$$OF_i = f_i (Rt_i) \quad (2.17)$$

การหาความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำสุทธิที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นปริมาณน้ำท่ารวมเข้า กฎทรงมวล (Law of Conservation of Mass) โดยพิจารณาจากแนวความคิดที่จำลองการเคลื่อนตัวของน้ำลงในระบบอุทกวิทยาด้วยแบบจำลองแบบ Single Reservoir แสดงในภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 แสดงแนวความคิดของ Single reservoir

เมื่อ Q คือ ปริมาณน้ำที่ออกจากระบบ-مم.

I คือ ปริมาณน้ำที่เข้าสู่ระบบ-مم.

$\frac{ds}{dt}$ คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณของการเก็บกัก-مم.

dt

$$\text{จะได้ } \frac{ds}{dt} = I - Q \quad (2.18)$$

dt

จากความสัมพันธ์ของปริมาณการไหลของน้ำในระบบ และปริมาณการเก็บกักน้ำในระบบ นำไปสู่การอธิบายการเคลื่อนตัวของ น้ำในสระได้ ไม่เป็น น้ำท่า ศึกษาเมื่อ S คือ ปริมาณการเก็บกักต่อ 1 หน่วยเวลา Q คือ ปริมาณการไหลต่อ 1 หน่วยเวลา และ k คือสัมประสิทธิ์การเก็บกัก จะได้

$$S = k * Q \quad (2.19)$$

จากสมการ (2.18) และ (2.19) จะได้

$$k * \frac{dQ}{dt} = I - Q \quad (2.20)$$

dt

จากสมการ (2.20) ใช้วิธีการหาคำตอบโดยการแยกตัวแปรโดยใช้ช่วงเวลา t จะได้

$$Q_i = Q_{i-1} e^{-t/k} + I_i(1 - e^{-t/k}) \quad (2.21)$$

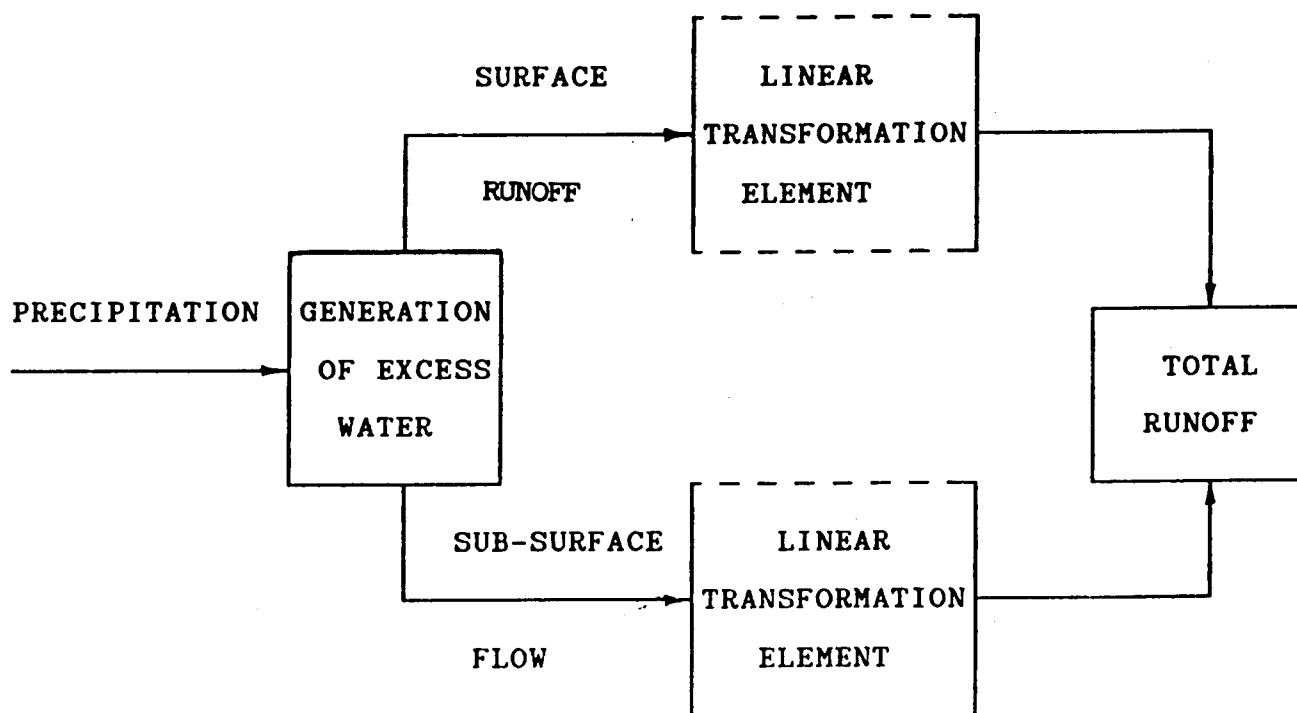
เมื่อ Q_{i-1} คือ น้ำท่าที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ $i-1$ มม.

Q_i คือ น้ำท่าที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ i มม.

t คือ ช่วงเวลา

I_i คือ ปริมาณน้ำที่เข้าสู่ระบบเวลาที่ i มม.

สมการ (2.21) เป็นสมการหลักที่ใช้อธิบาย การเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำใต้ผิวดิน (SS) และปริมาณน้ำท่าผิวดิน (OF) ตามสมการที่ (2.16) และ (2.17) ตามลำดับซึ่งเมื่อนำปริมาณน้ำใต้ผิวดินและปริมาณน้ำท่าผิวดินมารวมกันก็จะได้ปริมาณน้ำท่ารวมที่เกิดขึ้นจริง ดังมีโครงสร้างของแบบจำลองดังแสดงในภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 โครงสร้างของแบบจำลองที่เสนอโดย Mallants, et al., (1989)

Mallants และ Feyen (1989) ได้ทำการทดสอบใช้ Linear transformation element ในแต่ละส่วนของระบบย่อยของแบบจำลองที่แตกต่างกัน 4 แบบจำลองคือ

1) แบบจำลอง CANAR1 เป็นแบบจำลองใช้อย่างยิ่งเพื่อศึกษาผลที่เกิดจากการ Linear transformation element ดังนี้

$$O_i = OF_i + SS_i \quad (2.22)$$

พารามิเตอร์ที่เปลี่ยนแปลง คือ INF และ S_{max}

2) แบบจำลอง CANAR2 ใช้ Linear transformation element กับน้ำท่าผิวดิน ดังนี้.

$$O_i = [OF_{i-1} e^{t/k_1} + OF_i (1 - e^{-t/k_2})] + SS_i \quad (2.23)$$

พารามิเตอร์ที่เปลี่ยนแปลง คือ INF, S_{max} และ k_1

เมื่อ k_1 คือ สัมประสิทธิ์การเก็บกักของน้ำท่าผิวดิน

3) แบบจำลอง CANAR3 ใช้ Linear transformation element กับน้ำขึ้นเก็บกักใต้ผิวดิน ดังนี้

$$O_i = [SS_{i-1} e^{-t/k_2} + SS_i (1 - e^{-t/k_2})] + OF_i \quad (2.24)$$

พารามิเตอร์ที่เปลี่ยนแปลง คือ INF และ k_2

เมื่อ k_2 คือ สัมประสิทธิ์การเก็บกักของน้ำใต้ผิวดิน

4) แบบจำลอง CANAR4 ใช้ Linear transformation element กับทั้งสองระบบย่อย ดังนี้

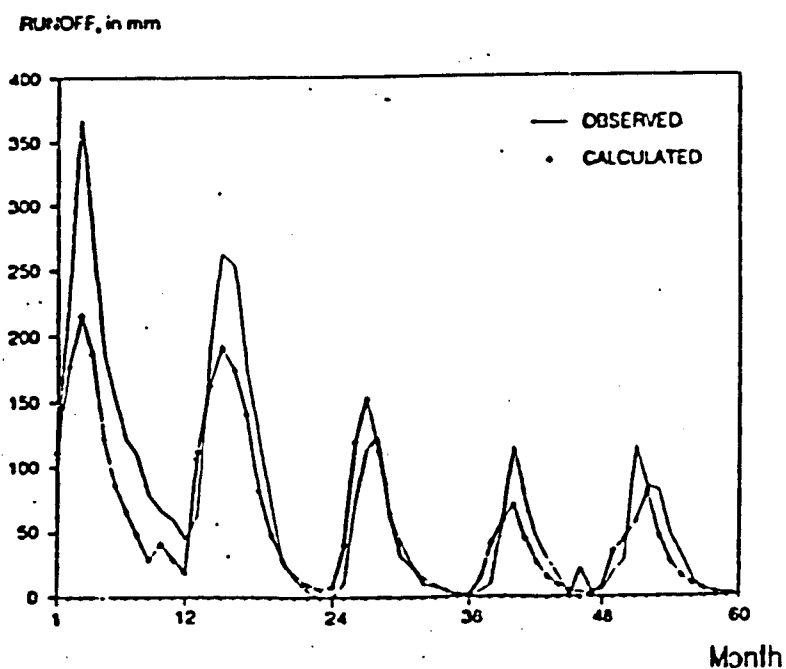
$$O_i = [OF_{i-1}e^{-t/k_1} + OF_i(1-e^{-t/k_1})] + [SS_{i-1}e^{-t/k_2} + SS_i(1-e^{-t/k_2})] \quad (2.25)$$

พารามิเตอร์ที่เปลี่ยนแปลง คือ INF, k_1 และ k_2

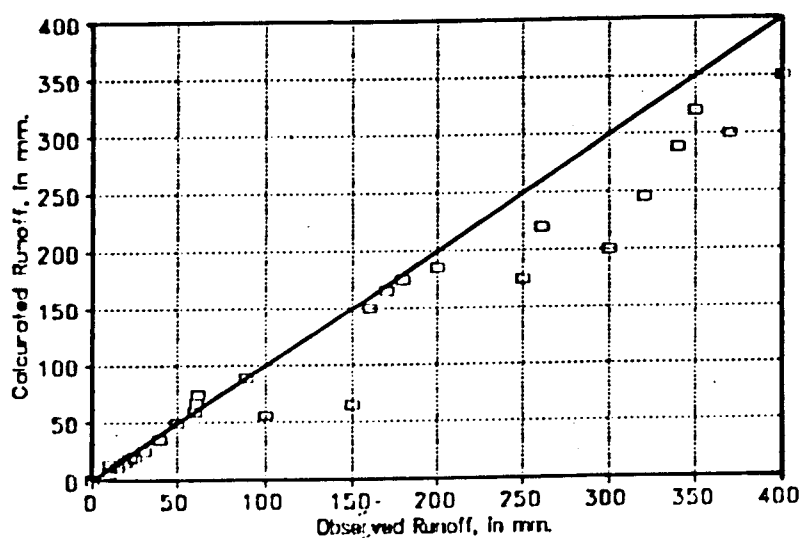
จากผลการทดสอบเปรียบเทียบแบบจำลองทั้ง 4 แบบ โดยวิธีการ Mean of Coefficient of Determination (R^2) และวิธีการ Sum of Squared Errors (SSE) ปรากฏว่าแบบจำลอง CANAR3 ให้ผลความน่าเชื่อถือ และผลการคำนวณค่าที่เปลี่ยนแปลงกับข้อมูลจริงที่ดีกว่าแบบอื่น ดังแสดงในตารางที่ 2.3 ภาพที่ 2.5 และ ภาพที่ 2.6

ตารางที่ 2.3 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงและเกณฑ์การตัดสินใจจากการใช้แบบจำลอง CANAR1-CANAR4

model version	parameter values				evaluation criteria			
	INF	S _{...}	k1	k2	identification		validation	
					R ²	SSE	R ²	SSE
CANAR1	0.31	61.64	-	-	0.5	292933	0.49	201059
CANAR2	0.21	25.11	1.57	-	0.76	137160	0.73	107297
CANAR3	0.99	25.11	-	1.87	0.75	145970	0.77	88005
CANAR4	0.50	25.11	1.70	1.47	0.77	134455	0.76	92352



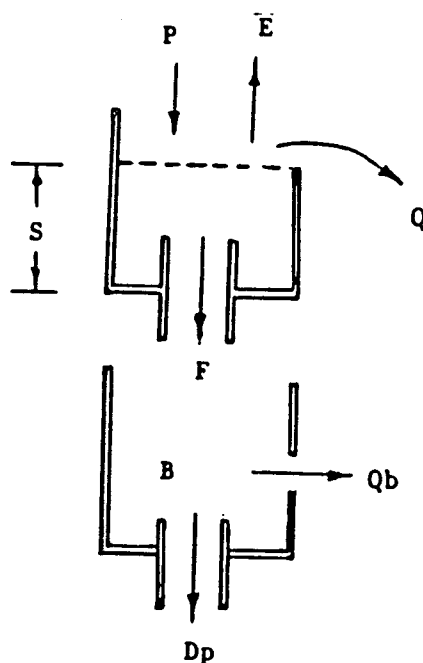
ภาพที่ 2.5 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลจริงกับผลการคำนวณโดยใช้แบบจำลอง CANAR3 (N.A.R. Calasans, 1989, D. Mallants and J. Feyen, 1989)



ภาพที่ 2.6 แสดงการกระจายของข้อมูลน้ำท่าเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลจริงกับผลการคำนวณโดยใช้แบบจำลอง CANAR3 (N.A.R. Calasans, 1989, D. Mallants and J. Feyen, 1989)

2.2.2 แบบจำลองของ SFB

W.C.Boughton (1984) ได้เสนอแบบจำลอง SFB ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ประกอบด้วย พารามิเตอร์เพียง 3 ตัว แบบจำลองนี้เป็นที่นิยมอย่างกว้างขวางเพราะง่ายต่อการใช้งานเนื่องจากพารามิเตอร์ต่างๆสามารถหาได้จากข้อมูลในสนาม มีการนำความสัมพันธ์ของ Baseflow เข้ามาเกี่ยวข้องจึงสามารถใช้ได้กับลุ่มน้ำที่มีขนาดใหญ่ ๆ ค่าของพารามิเตอร์แต่ละตัวแบ่งออกเป็น 5 ระดับง่ายต่อการใช้งาน เนื่องจากค่าพารามิเตอร์มีการแปรผันได้จึงให้ค่า Errors ต่ำกว่าแบบจำลองของ SCS มาก แบบจำลอง SFB มีโครงสร้างดังแสดงในภาพ 2.7



ภาพที่ 2.7 โครงสร้างของแบบจำลอง SFB ที่เสนอโดย Boughton (1984)

เมื่อ S คือ ความจุการเก็บกักที่ผิวดินของลุ่มน้ำ - มม.

F คือ อัตราการซึมลงรายวัน - มม.ต่อวัน

B คือ สัมประสิทธิ์การเกิด Base flow มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1.0

ตารางที่ 2.4 แสดงค่าพารามิเตอร์มาตรฐานของแบบจำลอง SFB สำหรับลุ่มน้ำที่ไม่มีสภาพน้ำท่วม
(Boughton, 1984)

(a) Surface Storage Capacity S-mm		(b) Daily Infiltration Capacity F-mm/day		(c) Baseflow Factor B	
Catchment Cover	S	Soil Type	F	Flow Characteristics	B
1. Extremely dense forest cover, dense litter	140	1. Deep permeable soils of uniform texture	7.0	1. Perennial streams, flow > 75% time	1.0
2. Predominantly forest small areas of grassland or cropland	100	2. Sandy loams	5.0	2. Flow 55-75% time	0.75
3. Grassland, or crop land with mature crops	70	3. Clay loams, cracking clay soils	3.0	3. Flow 40-55% time	0.50
4. Cropland in fallow	50	4. Shallow dense clay soils	1.0	4. Flow 20-40% time	0.25
5. Arid lands, less than 10% cover	10	5. Bare soils subject to surface sealing	0.5	5. Ephemeral streams	0.0

จากแบบจำลองในภาพที่ 2.7 และตารางที่ 2.4 ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงสู่ลุ่มน้ำ (P) จะมีปริมาณน้ำส่วนหนึ่งจะสูญเสียไป เนื่องจากการคายระเหย (E) ปริมาณน้ำส่วนหนึ่งจะถูกกักเก็บไว้ในชั้นกักเก็บที่ผิวดิน (S) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับลักษณะสิ่งปกคลุมลุ่มน้ำ ปริมาณน้ำอีกส่วนหนึ่งจะซึมลงสู่ดินชั้นล่าง (F) ปริมาณการซึมจะขึ้นอยู่กับชนิดของดิน ปริมาณน้ำส่วนที่เหลือจะเกิดเป็น น้ำท่าผิวดิน (Overland flow) จากปริมาณน้ำที่ซึมลงสู่ดินชั้นล่าง (F) ปริมาณน้ำส่วนหนึ่งเกิดเป็น Baseflow ไหลไปรวมกับน้ำท่าผิวดินเกิดเป็นน้ำท่าที่ปรากฏในลำน้ำ ปริมาณการเกิด Baseflow นี้จะขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์การเกิด Baseflow (B) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับลักษณะปริมาณการไหลของน้ำในลำน้ำที่ปรากฏ ปริมาณน้ำส่วนที่หายไปก็จะกลายเป็นปริมาณน้ำที่ซึมลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน (Dp) ต่อไป

2.3 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากแนวความคิดของ SCS ในสมการที่ (2.2) สफल บริพันธ์ (2532) มีความคิดว่าค่าของศักยภาพการซึมสูงสุด (S) และค่าการสูญเสียเริ่มแรก (Ia) ของ SCS เป็นค่าที่สมมุติขึ้นนั้นควรเป็นค่าที่ได้จากข้อมูลจริงตามธรรมชาติ จึงได้กำหนดพารามิเตอร์ขึ้นมาใหม่ 2 ตัว ซึ่งแตกต่างกันกับพารามิเตอร์ของ SCS ในทางกายภาพ ดังนี้

R คือ ปริมาณฝนที่ถูกเก็บกักทั้งหมดในพื้นที่ จะแปรผันตามปริมาณฝนใช้แทนพารามิเตอร์ S - มม.

Pa คือ การสูญเสียเริ่มแรกก่อนเกิดน้ำท่า-มม. แปรผันตามปริมาณฝนใช้แทน Ia เมื่อแทนค่าตัวแปรตามแนวคิดของ สफल บริพันธ์ สมการ (2.2) จะเปลี่ยนเป็น

$$\frac{F}{R} = \frac{Q}{P - Pa} \quad (2.26)$$

จาก (2.1) ได้

$$P = Pa + F + Q = R + Q \quad (2.27)$$

$$Q = \frac{(P - Pa)^2}{(P - Pa) + R} \quad \text{ถ้า } P \geq Pa \quad (2.28)$$

$$= 0 \quad \text{ถ้า } P < Pa$$

ค่าพารามิเตอร์ Pa เป็นค่าเฉลี่ย Initial abstraction ซึ่งบ่งบอกคุณสมบัติของลุ่มน้ำ ในทางปฏิบัติเป็นการยากที่จะหาได้ สफल บริพันธ์ ได้พัฒนาแบบจำลองขึ้น 4 แบบจำลอง เพื่อทำการทดสอบหาแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุด ดังนี้

แบบจำลองที่ 1

ใช้พารามิเตอร์ R^* แทน R โดยกำหนดให้

$$R^* = \text{mean } P - \text{mean } Q \quad (2.29)$$

จากสมการ (2.28) จะได้สมการเป็น

$$\begin{aligned} Q &= \frac{(P - P_a)^2}{(P - P_a) + R^*} \quad \text{เมื่อ } P \geq P_a \\ &= 0 \quad \text{เมื่อ } P < P_a \end{aligned} \quad (2.30)$$

แบบจำลองที่ 2

จากความสัมพันธ์ $F = P_a + F$ สมมุติฐานกำหนดว่า ค่า F เป็นค่าที่มีความสัมพันธ์เชิงลึกลับอัตราส่วนของ P เขียนเป็นสมการได้คือ

$$F = K \ln(P/P_a) \quad (2.31)$$

แบบจำลองที่ได้คือ

$$\begin{aligned} Q &= \frac{(P - P_a)^2}{P + K \ln(P/P_a)} \quad \text{เมื่อ } P \geq P_a \\ &= 0 \quad \text{เมื่อ } P < P_a \end{aligned} \quad (2.32)$$

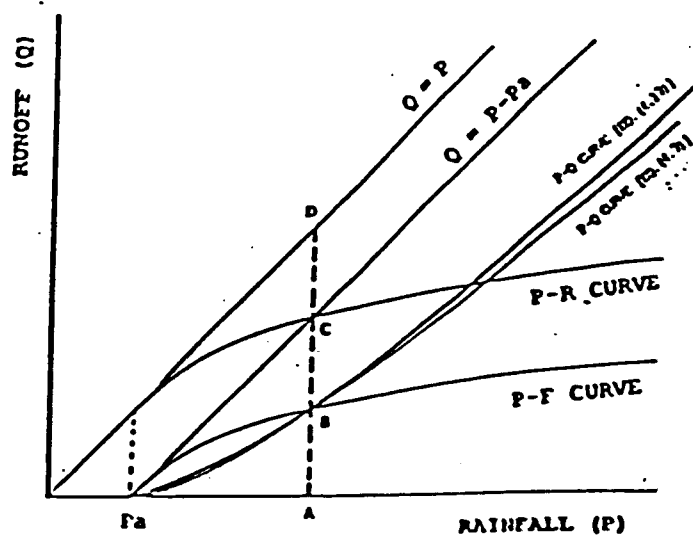
แบบจำลองที่ 3

จากความสัมพันธ์ในแบบจำลองที่ 2 ใช้สมการสมมูลนี้จะได้

$$\begin{aligned} Q &= P - P_a - K \ln(P/P_a) \quad \text{เมื่อ } P \geq P_a \\ &= 0 \quad \text{เมื่อ } P < P_a \end{aligned} \quad (2.33)$$

แบบจำลองที่ 4

สุมล บริพันธ์ ได้ทดลองพล็อตความสัมพันธ์ของกราฟ P-Q และ P-F โดยใช้สมการจากแนวความคิดของ SCS เปรียบเทียบกับสมการตามแนวคิดของสุมล ดังแสดงในภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 แสดงกราฟนี้ทำจากแนวคิดของ SCS เปรียบเทียบกับแนวคิดของสุมล บริพันธ์

สุมล บริพันธ์ พบว่าที่จุดตัดของกราฟ P-Q และ P-F จะเป็นจุดที่ $Q = F$ ณ จุดนี้จะพบว่าค่าของ S จะมีค่าเท่ากับ R ดังนั้น จากสมการสมดุลน้ำจะได้

$$Q + F = P - P_a \quad (2.34)$$

จากกราฟในภาพ 2.8 ที่จุด B จะได้ $Q = F$ ดังนั้นจะได้

$$2Q = 2F = P - P_a \quad (2.35)$$

$$\frac{Q}{P - P_a} = \frac{F}{P - P_a} = 1/2 \quad (2.36)$$

$$\frac{F}{R} = 0.5 \quad (2.37)$$

$$\text{หรือ} \quad F = 0.5 R \quad (2.38)$$

จากกราฟ สุลล ปริพันธ์ ยังพบอีกว่า ที่จุด B นี้เอง ค่าของ F จะมีค่าเท่ากับ P_a ดังนั้น จึงได้ความสัมพันธ์ที่จุดตัดของกราฟ P-Q และ P-F ซึ่ง $Q = F$ จะได้

$$P_a = 0.5 R \quad (2.39)$$

แทนค่าในสมการหลักจะได้

$$Q = \frac{(P - P_a)^2}{(P + P_a)} \quad \text{เมื่อ } P \geq P_a \quad (2.40)$$

$$= 0 \quad \text{เมื่อ } P < P_a$$

สุลล ปริพันธ์ ได้ทดสอบแบบจำลองทั้ง 4 โดยนำข้อมูลจากกลุ่มน้ำในประเทศไทยและในประเศไทย พบว่า แบบจำลองที่ 2 จะให้ผลดีที่สุด

อภิมาศย์ จันทร์เทิบ (2528) ได้ประยุกต์วิธีการของ SCS มาใช้ในแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมาโดยใช้ในการประมาณค่าน้ำท่ารายวันของอ่างเก็บน้ำผาหิน โดยการนำแบบจำลองของ SCS มาดัดแปลงให้อยู่ในรูป

$$DR_i = \frac{(P_i - Ia_i)^2}{(P_i - Ia_i + S_i)} \quad (2.41)$$

7d
6725
ด.1



9158540
พคต/คคค/25

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อ DR_i คือ ความลึกเทียบเท่าของการไหลโดยตรง ในวันที่ i - มม.

P_i คือ ปริมาณฝนเฉลี่ยบนลุ่มน้ำในวันที่ i - มม.

Ia_i คือ การสูญเสียเริ่มต้น (Initial abstraction) ใน
วันที่ i - มม.

S_i คือ การสูญเสียสูงสุดที่เหลืออยู่ (Available potential
maximum retention) วันที่ i - มม.

อัตรามหาตย์ จันทรทิเบ เลือกใช้ความสัมพันธ์ของ Ia กับ S ตามแบบจำลองของ SCS
ซึ่งกำหนดค่าให้ $Ia = 0.2(S)$ โดยอัตรามหาตย์กำหนดค่าให้

$$Ia = 0.2(S_i) \quad (2.42)$$

และ

$$S_i = SAT - FSOIL_{i-1} \quad (2.43)$$

เมื่อ

SAT คือ ศักยภาพการสูญเสียสูงสุดในการมีดินแห้ง มม.

$FSOIL_{i-1}$ คือ ปริมาณความชื้นในดินเมื่อสิ้นสุดวันที่ $i-1$ มม.

จากความสัมพันธ์ที่กำหนดโดย SCS จะได้

$$SAT = 25.4 \left[\frac{1000}{CN_I} - 10 \right] \quad (2.44)$$

จากเงื่อนไขความชื้นก่อนหน้าที่กำหนดโดย SCS กรณีความชื้นก่อนหน้า 5 วันเมื่อดินแห้ง
คือ AMC_I ดังนั้นได้

$$CN_I = \frac{4.2 (CN)}{10 - 0.058 (CN)} \quad (2.45)$$

ค่า SAT เป็นค่าคงที่สำหรับลุ่มน้ำใดๆ และจะคำนวณครั้งเดียวเมื่อเริ่มต้นการคำนวณในแบบจำลองเท่านั้น ส่วนพารามิเตอร์เพียงตัวเดียวที่ต้องการ คือ CN อาศัยเลือกใช้การเทียบปรับค่าร่วมกับพารามิเตอร์ ตัวอื่น ๆ อีก 4 ตัว คือ

- ค่าน้ำหนักของข้อมูลน้ำฝน (W)
- Storage Times ของการไหลบนผิวดิน (Tss)
- Recharge Coefficient (CREC)
- Storage Times ของการไหลใต้ผิวดิน (Tsg)

ใช้สมการ Optimization โดยมี Objective function คือ

$$\text{Minimize} = \sum_{i=1}^N (Q_{oi} - Q_{si}) \quad (2.45)$$

Q_{oi} = คือ อัตราการไหลของน้ำท่าที่ได้จากการบันทึกจริง มม.

Q_{si} = คือ อัตราการไหลของน้ำท่าที่ได้จากการคำนวณจากแบบจำลอง มม.

N = คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

สรุป ผลของการศึกษาแบบจำลองของ อาทิตย์ จันทร์เทิบ ได้ดังนี้

1) ค่า Curve Number (CN) เป็นค่าที่ถูกกำหนดโดยคุณสมบัติของลุ่มน้ำคือ ชนิดของดิน ลักษณะการใช้ที่ดิน และเงื่อนไขความชื้นก่อนหน้า ซึ่งต้องเปิดตารางมาตรฐานของ SCS แล้วจึงอ่านกราฟความสัมพันธ์ P-Q ซึ่งเป็นกราฟมาตรฐานที่สร้างมาให้จึงเป็นแบบจำลองที่ใช้ง่ายแต่ CN ของ อาทิตย์ จันทร์เทิบ เป็นค่าที่ต้องทำการเทียบรับมา และต้องทำทุกครั้งที่ใช้แบบจำลอง จึงเป็นการยุ่งยากต่อการใช้งาน

2) อาทิตย์ จันทร์เทิบ เปลี่ยนพารามิเตอร์ในความหมายทางกายภาพ 1 ตัว คือ ค่าศักยภาพการซึมสูงสุด (S) เป็น S_i คือการสูญเสียสูงสุดที่เหลือน้อยในวันที่ i มีค่าเท่ากับ

$SAT - FSOIL_{i-1}$ แล้วนำพารามิเตอร์ดังกล่าว แทนลงในสมการเดิม โดยมีได้มีการปรับค่าองค์ประกอบอื่นๆ เป็นการเปลี่ยนแปลงแนวความคิดที่เป็นสมมุติฐานดั้งเดิม โดยมีได้มีการพิสูจน์

ว่าถูกต้องหรือไม่

3) ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ I_a กับ S จากการทดลองในประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่ามีความสัมพันธ์ คือ $I_a = 0.2 \cdot S$ จึงเหมาะสมที่จะใช้เฉพาะในประเทศสหรัฐอเมริกา และประเทศที่มีสภาพแวดล้อมคล้ายคลึงกันเท่านั้นไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้กับลุ่มน้ำในประเทศไทย ที่มีสภาพแวดล้อมแตกต่างจากประเทศสหรัฐอเมริกาอย่างมาก โดยมีได้มีการทดสอบว่าใช้ได้ถูกต้องหรือไม่ โดยเฉพาะการกำหนดความสัมพันธ์ $I_a = 0.2 S_i$ ซึ่ง S_i มีความหมายที่แตกต่างกันทางกายภาพจาก ค่า S ดังเดิมจึงไม่น่าถูกต้องนัก หากจะนำความสัมพันธ์มาใช้โดยมิได้ทดสอบว่าถูกต้องตรงกับความสัมพันธ์ตาม สมการเดิมหรือไม่

นาถฤดี พงศ์ศรี (2529) ได้ทำการศึกษาและพัฒนา วิธีการหาน้ำท่าและการหลากของ น้ำท่า มาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ทำนายสภาพน้ำท่าของลุ่มน้ำโดยใช้ข้อมูลฝน รายวัน ศักยภาพการคายระเหยรายเดือน ลักษณะภูมิประเทศ และลักษณะทางกายภาพของ ลุ่มน้ำคือ ชนิดของดินและการใช้พื้นที่

วิธีการของ SCS ได้ถูกนำมาใช้ในการประมาณน้ำท่าผิวดิน ซึ่งมีการดัดแปลงลักษณะการใช้พื้นที่และชนิดของดินให้เหมาะสมกับสภาพของภาคตะวันออกเฉียงเหนือสมการที่นำมาใช้ คือ

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

$$P - I_a + S$$

$$I_a = 0.2 S$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

$$CN$$

นาถฤดี พงศ์ศรี ได้ประยุกต์คุณสมบัติของลุ่มน้ำในพื้นที่ทำการศึกษา เพื่อกำหนดค่า CN แล้วนำค่า CN ที่ได้ไปใช้ในการคำนวณแบบจำลองต่อไป คุณสมบัติของลุ่มน้ำที่นำมาประยุกต์คือ

1) การจำแนกชนิดของดิน (Soil type classification) นาถฤดีได้นำดินจำนวน 20 ชนิด ที่จำแนกโดยกรมพัฒนาที่ดิน มาจำแนกออกเป็น 4 กลุ่มคือดินกลุ่ม A, B, C และ D โดยมีคุณสมบัติของดินแต่ละกลุ่มเหมือนกับกลุ่มดินที่จัดแบ่งโดย SCS

2) การจำแนกการใช้พื้นที่ (Land use classification) โดยการจำแนกการใช้

พื้นที่ในตารางมาตรฐาน CN ให้เหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศในประเทศไทย โดยจำแนกดินออกเป็น 4 กลุ่ม ใหญ่ ๆ ดังนี้

2.1 พื้นที่ป่า (wood/forest) ค่า CN ได้จาก การนำค่าจากตารางมาตรฐานในกรณีของ woods good cover มาใช้

2.2 พื้นที่เกษตรกรรม (agriculture) ค่า CN ที่นำมาใช้ได้จาก การเฉลี่ยค่า CN ของการใช้ที่ดินเกี่ยวกับการเพาะปลูกและทุ่งหญ้าจำนวน 20 ประเภท จากตารางมาตรฐาน CN

2.3 พื้นที่โล่งเตียนและที่อยู่อาศัย (Bareland & resident) ค่า CN ได้มาจากการนำค่า CN จากตารางมาตรฐานของการใช้ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัย ถนน ส่วนสาธารณะ สนามกอล์ฟ พื้นที่ธุรกิจ และโรงงานอุตสาหกรรม จำนวน 11 ประเภท มาทำการเฉลี่ย

2.4 พื้นที่ที่เป็นน้ำ (Water body) ค่า CN ใช้ค่าสูงสุดจากตารางมาตรฐานคือ CN = 98

ค่าของ CN ตามลักษณะของพื้นที่และชนิดของดินได้สรุปดังแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 แสดงว่า Curve number ที่จัดทำโดยนาถฤทธิ์ (2529)

การใช้พื้นที่	ชนิดของดิน			
	A	B	C	D
พื้นที่เป็นป่า	25	55	70	77
พื้นที่เกษตรกรรม	64	75	82	86
พื้นที่โล่งเตียน ที่อยู่อาศัย	75	84	88	91
พื้นที่เป็นน้ำ	98	98	98	98

สรุปผลการศึกษาแบบจำลองของนาฤทธิ์โดยดังนี้

- 1) แบบจำลองใช้ความสัมพันธ์ $Ia = 0.2(S)$ โดยตรงซึ่งไม่ถูกต้องนัก
- 2) การนำค่า Curve Number มาเฉลี่ยโดยเฉพาะพื้นที่เกษตรกรรม มาใช้กับสภาพการใช้ที่ดินในประเทศไทยซึ่งแตกต่างกันน่าจะคลาดเคลื่อนได้