

บทที่ 2

วรรณคดีที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาแบบจำลองอุทกวิทยา (hydrologic model development) มีมามากมายทั้งที่ตีพิมพ์รู้จักกันทั่วไปและไม่มีการตีพิมพ์ โดยเฉพาะในช่วง 20 ปี ย้อนหลังซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์มาก ทำให้มีการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (computer simulation model) ของระบบอุทกวิทยา ขึ้นมาอย่างมากมายเป็นทวีคูณ การศึกษาทบทวนวรรณคดีที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองอุทกวิทยาที่เคยพัฒนามาแล้ว จึงต้องแบ่งออกเป็นหมวดหมู่ โดยมุ่งให้สอดคล้องกับสาระและทิศทางของวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ซึ่งได้สรุปไว้เป็น 6 กรณี ดังตารางที่ 2.1 ทั้งนี้เน้นลักษณะของการใช้ข้อมูลเป็นสำคัญ

2.1 พัฒนาการแนวความคิดเบื้องต้น

ปี ค.ศ.1674 เป็นยุคเริ่มต้นของประวัติศาสตร์การพัฒนาแบบจำลองอุทกวิทยา Pierre Perrault ได้สร้างความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนที่ตก (P) กับปริมาณน้ำท่า (Q) โดยการสังเกตและบันทึกปริมาณ และได้เสนอรูปแบบความสัมพันธ์ดังนี้

$$Q = P/6 \quad (2.1)$$

James Mulvancy (1851) ได้พัฒนาความสัมพันธ์ในรูปการหาปริมาณน้ำท่าเรียกว่า "Rational Formula" ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ของอัตราการไหลของน้ำท่า (Q) กับอัตราความเข้มของฝน (i), พื้นที่รับน้ำ (A) และค่าสัมประสิทธิ์คงที่ (C) ดังนี้

ตารางที่ 2.1 ลักษณะของแบบจำลองทางอุทกวิทยา ซึ่งแบ่งตามลักษณะของ

"Input Characteristic"

Case	Model	ตัวอย่างกรณีศึกษา	รายละเอียด	ข้อเสีย
	Input Characteristics	Case		
1	Conceptual	$Q = CiA$	บรรทัด 2.1	มีเพียงผลของความเข้มข้นของฝนและขนาดพื้นที่ฝนเท่านั้นที่เป็น Input ซึ่งจำลองธรรมชาติของฝนยาก
2	Parametric	Regression Analysis	บรรทัด 2.2	ให้ภาพเชิงสถิติของอิทธิพล ของค่าเฉลี่ยของ Parameters เกี่ยวกับข้อมูลในอดีตว่า ใช้ได้เฉพาะกับข้อมูลพื้นที่น้ำท่า regression ซึ่งเป็นภาพของ Input ที่ซับซ้อน
3	Synthetic	Historical flow Analysis	บรรทัด 2.3	- ใช้เฉพาะที่ - ไม่สามารถ Detect การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ - ระยะเวลาการ synthesis ข้อมูล Inflow หรือ Outflow มักเป็นค่าของเดือน - ไม่สามารถของ Input ที่เกิดขึ้นจริงเลย นอกจากฝน

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

Case	Model	ตัวอย่างกรณีศึกษา Input Characteristics	รายละเอียด	ข้อเสีย
	Model			
4	Deterministic	Computer Models ต่างๆ เช่น SSARR, SWMM (Stanford) HEC etc.	บรรทัดที่ 2.4	- พัฒนาขึ้นมาเพื่อระบบจำลอง Input ยังอยู่ในลักษณะ Lumped value อยู่
5	Distributed Models	Kinematic & Dynamic Models ต่างๆ เช่น SHE	บรรทัดที่ 2.5	เริ่มใช้วิธีการ Finite differences และ Finite elements รองรับลักษณะ ของ Input ที่กระจายอยู่ watershed แต่มีขีดจำกัดเชิงคำนวณ
6	Grid-cell	ตัวอย่างเช่น ANSWER	บรรทัดที่ 2.6	- เริ่มยอมรับความจริงของธรรมชาติของ Input ในระดับ cells - แต่สามารถ Manipulate ข้อมูลได้ใน ปริมาณจำกัด ด้วยขีดจำกัดทาง database design นอกจากนั้นแล้ว ใน Watershed ต้องเป็น step segments

โดยพื้นฐานของแบบจำลองดังกล่าวได้ทำการศึกษา ค้นคว้า และสรุปให้เห็นพัฒนา
การภายใต้แนวคิดทางด้าน ดังนี้

$$Q = C_i A \quad (2.2)$$

สูตรข้างต้น (rational formula) เป็นสูตรที่เก่าแก่และมีชื่อเสียงที่สุดในบรรดาสูตรที่ได้จากประสบการณ์ทั้งหมด และใช้กันอย่างกว้างขวางสำหรับแม่น้ำทั่วไปที่มีพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่ และใช้ในการออกแบบการระบายน้ำฝนในลุ่มน้ำแคบ ๆ ตามปกติแล้ว rational formula มีลักษณะของหน่วยดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned} Q &= (1/3.6) * C_i A \\ &= 0.2778 C_i A \end{aligned} \quad (2.3)$$

เมื่อ

$$\begin{aligned} Q &= \text{ปริมาณน้ำท่าสูงสุด (ม}^3\text{/วินาที)} \\ C &= \text{ค่าสัมประสิทธิ์ของการเกิดน้ำท่า} \\ i &= \text{ค่าเฉลี่ยของความเข้มของฝนในระหว่างที่เกิดน้ำท่า} \\ &\quad \text{(มม./ชั่วโมง)} \\ A &= \text{พื้นที่ลุ่มน้ำ (ตารางกิโลเมตร)} \end{aligned}$$

ในเชิงแนวคิดแล้ว สูตรข้างต้นระบุว่า ถ้ามีฝนขนาดความเข้ม 1 มม. ต่อชั่วโมง ตกเป็นเวลา 1 ชั่วโมงบนพื้นที่ลุ่มน้ำขนาด 1 ตารางกิโลเมตร จะมีน้ำท่าไหลออกมาเสมอเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ในอัตราปริมาณน้ำท่าเท่ากับ 0.2778 ม³. ต่อวินาที rational formula นี้ในเชิง concept จะแตกต่างกับ empirical formula ที่จะได้กล่าวต่อไปใน (2.2)

อนึ่ง สัมประสิทธิ์ของการเกิดน้ำท่า ได้สรุปไว้ในตารางที่ 2.2 เพื่อประโยชน์ ในเชิงประยุกต์

ตารางที่ 2.2 ค่าสัมประสิทธิ์ของการเกิดน้ำท่า

ลักษณะของกลุ่มน้ำและลำน้ำ	ค่าสัมประสิทธิ์ C
พื้นที่ชั้น บริเวณภูเขา	0.75-0.90
พื้นที่บริเวณภูเขาตอนล่าง	0.70-0.80
พื้นที่เป็นเนินและมีป่าไม้	0.50-0.75
พื้นที่เพาะปลูกในที่ราบ	0.45-0.60
พื้นที่น้ำที่มีการชลประทาน	0.70-0.80
แม่น้ำในบริเวณภูเขา	0.75-0.85
แม่น้ำเล็ก ๆ ในที่ราบ	0.45-0.75
แม่น้ำขนาดใหญ่ซึ่งมีพื้นที่ลุ่มน้ำกว่าครึ่งหนึ่งเป็น ที่ราบ	0.50-0.75

Sherman L.K. (1932) ได้พัฒนาสูตร rational เพิ่มเติมโดยเสนอแนวความคิดเกี่ยวกับทฤษฎีเอกชลภาพ (unit hydrograph) ซึ่งเป็นการหาชลภาพการไหลออกจากปริมาณฝนที่ตก

Zoch (1934) ได้พยายามหาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนกับน้ำท่า โดยนำ time parameter เข้ามาให้เห็นการกระจายดังนี้

$$Q = Ai(1-e^{-t/c}) \quad (2.4)$$

เมื่อ Q = อัตราการไหล (นิ้ว-ตร.ไมล์/ชม.)
 A = พื้นที่ลุ่มน้ำ (ตร.ไมล์)
 i = ความเข้มของฝน (ถือว่าคงที่ นิ้ว/ชม.)
 c = ค่าสัมประสิทธิ์ของน้ำท่า

Soil Conservation Service (1957) ได้ให้สมการเพื่อประมาณน้ำท่าโดยตรง (direct runoff) โดยใช้ตัวแปร 3 ตัว น้ำฝน (rainfall), เงื่อนไขความชื้นก่อนหน้า (antecedent moisture condition) และสิ่งปกคลุมผิวดิน (soil cover) ดังนี้

$$Q = (P - 0.2 * S)^2 / (P + 0.8 * S) \quad (2.5)$$

เมื่อ Q = ปริมาณน้ำท่า (นิ้ว)
 P = ปริมาณฝน (นิ้ว)
 S = ศักยภาพความแตกต่างสูงสุดระหว่าง P , Q (นิ้ว)

และ S = มีความสัมพันธ์กับค่า CN ดังนี้

$$CN = 1000 / (S + 10) \quad (2.6)$$

โดยที่ค่า CN เป็น parameters ขึ้นอยู่กับการใช้พื้นที่ (land use) ชนิดของดิน (soil type) และเงื่อนไขความชื้นก่อนหน้า (antecedent moisture condition)

2.2 วิธี Parametric หรือ Empirical Approach

สูตรเหล่านี้ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร อาจเป็นหลายตัว (multiple regression) หรือเพียงหนึ่งถึงสองตัว ซึ่งหากเห็นว่ามี ความเกี่ยวข้องอย่างมากกับปริมาณน้ำท่า ค่าปริมาณน้ำท่าที่ประมาณได้โดยสูตรชนิดนี้ ไม่สามารถให้ค่าความถี่ของการเกิดโดยเฉลี่ยได้ กล่าวคือ ไม่รับรู้อิทธิพลของ temporal rainfall และ spatial input ที่ปรากฏบนลุ่มน้ำ

ค่าปริมาณน้ำท่าสำหรับความถี่อันใดอันหนึ่งนั้น อาจขึ้นอยู่กับตัวแปร 15-20 ตัว ถึงแม้ว่าค่าปริมาณน้ำท่าที่หาได้ จะมีความสัมพันธ์กับปัจจัยเพียงหนึ่งถึงสองปัจจัยก็ตาม ดังนั้นโดยธรรมชาติจึงไม่สามารถที่จะได้ผลลัพธ์ที่น่าเชื่อถือได้ แต่สูตรเหล่านี้ก็ยังใช้กันในการหาค่าปริมาณน้ำท่าอย่างคร่าว ๆ ได้อย่างรวดเร็ว

ในตารางที่ 2.3 ได้รวบรวมตัวอย่างสูตรที่ใช้กันอยู่ในประเทศต่าง ๆ เมื่อจะใช้สูตรเหล่านี้ จำเป็นต้องตรวจสอบความเป็นมาของสูตร ต้องทราบถึงข้อมูลชั้น พื้นฐานและสภาพสำหรับการใช้สูตรนั้น ๆ ในทำนองเดียวกันก็จำเป็นต้องตรวจสอบ สภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำเมื่อจะใช้สูตรเช่นกัน ที่สำคัญเป็นพิเศษคือผู้ที่คิดค้นตั้งสูตรขึ้นมา นั้นได้มีข้อจำกัดเฉพาะไว้อย่างไรบ้าง และการใช้สูตรก็ต้องให้เป็นไปตามข้อจำกัด นั้น ค่าปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการใช้สูตรชนิดนี้ อาจคลาดเคลื่อนได้ถึง 5-6 เท่าตัว

สูตรชนิดนี้สำหรับลุ่มน้ำใดลุ่มน้ำหนึ่ง ประกอบด้วยตัวเลขแสดงคุณลักษณะของ ผืนและคุณลักษณะของตัวลุ่มน้ำเอง โดยใช้ค่าคงตัวหรือสัมประสิทธิ์ที่เหมาะสมทำการ ปรับผลลัพธ์ที่ได้ และส่วนใหญ่แล้วการหาค่าปริมาณน้ำท่า หาได้โดยใช้สูตรใน ลักษณะดังนี้

$$Q = kA^n$$

$$\text{หรือ} \quad = \frac{a}{b+A^n} + c \quad (2.7)$$

ตารางที่ 2.3 สูตรสำหรับการคำนวณปริมาณน้ำท่า (สุเทพและเคนซาคู 2521)

ที่	ผู้เสนอ	สูตร	หมายเหตุ	ประเทศ	หน่วย
1		$Q=(10-70)A^{0.5}$	ผืนปานกลาง, $A=3,000-160,000$ กม ²	ฝรั่งเศส	M
2		$Q_a=150A^{0.5}$	ผืนหนัก, $A=400-3,000$ กม ²	ฝรั่งเศส	M
3		$Q_a=24.12A^{0.516}$	$A=15-200,000$ กม ²	เยอรมันนี	M
4	Whistler	$Q_m=\{1.538/(A+259)+0.054\}A$	$A=1,000-12,000$ กม ²	อิตาลี	M
5	Pagliari	$Q_m=2,900A/(A+90)$	A น้อยกว่า 1,000 กม ²	อิตาลี	M
6		$Q_m=20,000A^{0.5}$		นิวซีแลนด์	E
7	Inglis	$Q=7,000A/\sqrt{A+4}$	สำหรับลุ่มน้ำรูปพัด	อินเดีย	E
8	Ryues	$Q=675A^{0.67}$		อินเดีย	E
9	Ryues	$Q_a=560A^{0.67}$		อินเดีย	E
10	Bransby Williams	$Q=4,600A^{0.52}$	A มากกว่า 10 ตร.ไมล์	สหราชอาณาจักร	E
11	U.S.Geological Survey	$Q=1,400A^{0.476}$	$A=1,000-24,000$ ตร.ไมล์	สหรัฐอเมริกา	E
12	Myer	$Q=10,000A^{0.5}$		สหรัฐอเมริกา	E
13	Baird & McIlwraith	$Q_m=131,000A/(107+A)^{0.78}$		ออสเตรเลีย	E
14	Baird & McIlwraith	$Q_m=222,000A/(185+A)^{0.5}$		ออสเตรเลีย	E
15	Fanning	$Q=200A^{5/6}$		สหรัฐอเมริกา	E

Q & Q_m : ปริมาณน้ำท่าสูงสุด Q_a : ปริมาณน้ำท่าประจำปีเฉลี่ย A : พื้นที่ลุ่มน้ำ
 M : เมตรเมตรริก (Q เป็น มม.³/วินาที, A เป็น กม.²) E : เมตรอังกฤษ (Q เป็น ฟุต³/วินาที, A เป็น ตารางไมล์)

เมื่อ	Q	=	ปริมาณน้ำท่าสูงสุด
	A	=	พื้นที่ลุ่มน้ำ
	k	=	ตัวสัมประสิทธิ์เกี่ยวกับคุณลักษณะของฝนและคุณลักษณะของลุ่มน้ำ
	n	=	ค่าคงที่ที่มีค่าน้อยกว่า 1
	a,b,c	=	ค่าคงที่

สูตรส่วนในผู้ที่แสดงไว้ในตารางที่ 2.3 นั้น แม้อาจมีการรวมตัวแปร (input parameters) เข้ามาอีกมากมาย เช่น ลักษณะพื้นที่ปกคลุม (land cover complexes) และลักษณะของพื้นดิน (soil types) แต่ก็ยังเป็นเพียง regression ของสถิติน้ำท่าที่เคยเกิดขึ้นมาแล้ว สูตรจึงให้ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำท่าโดยตรงกับ Input ในเฉพาะสถานที่นั้น ๆ ในเชิงเฉลี่ยจึงยากที่จะได้ผลลัพธ์เป็นที่พอใจเมื่อไปประยุกต์ใช้กับสถานที่อื่น ๆ

2.3 วิธี Synthetic-Hydrologic Information

โดยวิธีการนี้มีการตั้งสมมติฐานว่าการกระจายของการไหลออก หรือน้ำท่า ณ จุดหนึ่ง ๆ (sequential outflow generation) เป็นรูป normal และ gamma type (Pearson type 3 distributions) ดังจะกล่าวพอสังเขปคือ :

Singh, K. P (1979) ให้มีหลักการทางสถิติดังนี้

$$p\{x\} = ap_1\{x\} + (1-a)p_2\{x\}, \quad 0 \leq a \leq 1 \dots \dots \dots (2.8)$$

$$p_1\{x\} = \frac{1}{\sigma_1 (2\pi)^{1/2}} \int_{-\infty}^x \exp \left[-\frac{(x' - \mu_1)^2}{2\sigma_1^2} \right] dx' \dots \dots \dots (2.9)$$

$$p_2\{x\} = \frac{1}{\sigma_2 (2\pi)^{\frac{1}{2}}} \int_{-\infty}^x \exp \left[-\frac{(x' - \mu_2)^2}{2\sigma_2^2} \right] dx' \dots\dots\dots (2.10)$$

เมื่อ p เป็นค่าความน่าจะเป็น ที่ $\leq x$, โดยมี μ_1 , μ_2 , σ_1 , σ_2 เป็นค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และ square roots ของ variances (s) ของการกระจาย (a) เป็น relative weight ของส่วนประกอบแรก ค่า $\bar{x}$ และ s คำนวณได้จาก

$$\bar{x} = a\mu_1 + (1-a)\mu_2 \dots\dots\dots (2.11)$$

$$s^2 = a\sigma_1^2 + (1-a)\sigma_2^2 + a(1-a)(\mu_2 - \mu_1)^2 \dots\dots\dots (2.12)$$

กำหนดให้

$$y_1 = \frac{x - \mu_1}{\sigma_1} \quad \text{และ} \quad y_2 = \frac{x - \mu_2}{\sigma_2} \dots\dots\dots (2.13)$$

แล้วแปลงค่า y_1 และ y_2 ไปเป็น p_1 และ p_2 ด้วยตาราง normal probability โดยคำนวณ $p = ap_1 + (1 - a)p_2$; และแปลง p เป็น standard deviate Y โดยใช้ตาราง normal probability

ตัวอย่างสำหรับ model parameters เพื่อการ generating two-distribution standard deviates, Y , ที่สถานี่ต่าง ๆ : Shelbyville (Y_s), Vandalia (Y_v), Carlyle (Y_c), และ New Athens (Y_n) ($i = 1, 2, 3, \dots, 12$ เดือน และ $J = 1, 2, 3, \dots, n$ เมื่อ n เป็นจำนวนปี) ปรากฏในตาราง 2.4

สำหรับ Shelbyville

$$(Y_s)_{i,j} = b(Y_s)_{i-1,j} + SE_{a,i} t_{i,j} \quad (2.14)$$

สำหรับ Vandalia

$$(Y_v)_{i,j} = a(Y_s)_{i,j} + b(Y_v)_{i-1,j} + SE_{v,i} t_{i,j} \quad (2.15)$$

สำหรับ Carlyle

$$(Y_c)_{i,j} = a(Y_v)_{i,j} + b(Y_c)_{i-1,j} + SE_{c,i} t_{i,j} \quad (2.16)$$

สำหรับ New Athens

$$(Y_n)_{i,j} = a(Y_c)_{i,j} + b(Y_n)_{i-1,j} + SE_{n,i} t_{i,j} \quad (2.17)$$

เมื่อ SE = standard error of estimate; และ t = standard deviate, $N(0,1)$ ค่าของ a, b, และ SE แต่ละสถานีแสดงใน ตาราง 2.4

ซึ่งวิธีการข้างต้นยังคงเป็นรูปแบบของสถิติของเฉพาะพื้นที่ ไม่สามารถใช้ตรวจสอบการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของ parameters ในพื้นที่นั้น ๆ ได้ดี

ตารางที่ 2.4 ตัวอย่าง Model Equation Parameters เพื่อการสร้าง

Two Distribution Standard Deviates

Month	Shelbyville		Vandalia			Carlisle			New Athens		
	b	SE	a	b	SE	a	b	SE	a	b	SE
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Oct.	0.717	0.704	0.982	0.102	0.312	1.071	-0.101	0.159	0.894	0.130	0.190
Nov.	0.724	0.603	1.040	-0.071	0.260	0.967	0.009	0.187	0.918	0.098	0.216
Dec.	0.793	0.696	0.923	0.066	0.192	1.032	-0.053	0.103	0.859	0.125	0.247
Jan.	0.798	0.517	0.987	0.621	0.126	0.963	0.031	0.104	0.970	0.031	0.132
Feb.	0.867	0.557	0.932	0.081	0.138	0.930	0.076	0.089	0.927	0.090	0.086
Mar.	0.840	0.894	0.941	0.021	0.277	0.936	0.058	0.243	0.909	0.097	0.263
Apr.	0.286	0.985	0.980	0.027	0.174	0.945	0.113	0.214	0.944	0.105	0.160
May	0.233	0.960	0.942	-0.030	0.413	0.932	-0.002	0.233	0.971	0.033	0.271
June	0.532	0.844	0.928	0.067	0.299	0.924	0.118	0.234	0.931	0.060	0.271
July	0.701	0.713	0.821	0.194	0.260	0.910	0.097	0.280	0.906	0.013	0.229
Aug.	0.462	0.578	0.789	0.127	0.520	1.007	-0.036	0.209	0.902	0.057	0.331
Sept.	0.609	0.803	0.804	0.090	0.606	0.955	0.037	0.283	0.726	-0.086	0.376

2.4 วิธีการทางคอมพิวเตอร์ Deterministic Simulation Model

นับตั้งแต่ปี ค.ศ.1950 เป็นต้นมา ได้มีการพัฒนาเครื่องคำนวณ (digital computer) ทำให้เกิดการพัฒนาแบบจำลองอุทกวิทยาทางคณิตศาสตร์ ขึ้นมาในรูปแบบโปรแกรมการคำนวณอย่างมากมาย ดังแสดงในตารางที่ 2.5 ซึ่งเป็นแบบจำลองที่มีชื่อเสียงได้รับการยอมรับใช้กันมาก และเป็นแบบจำลองที่หาผลลัพธ์ โดยวิธี "deterministic" จากข้อมูล "Input" ที่มีได้มากมาย หากแต่ยังคงอยู่ในสภาพใช้ค่าเฉลี่ยสำหรับลุ่มน้ำอยู่

แบบจำลองที่หาผลลัพธ์โดยวิธีนี้แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

ก. แบบจำลองที่มีวัตถุประสงค์เอนกประสงค์ ซึ่งสร้างโดยการเขียน subroutines บนโครงสร้างของวัฏจักรอุทกวิทยาอย่างครบถ้วนและ ชัดเจน

ข. แบบจำลองที่มีวัตถุประสงค์เฉพาะ โดยพัฒนาแบบจำลองขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาเฉพาะอย่างใดอย่างหนึ่ง เน้นบางส่วนของวัฏจักรทางอุทกวิทยาเท่านั้น

ในที่นี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของแบบจำลองข้างต้นพอสังเขป เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการศึกษารังนี้

2.4.1 USDAHL : The States Department of Agriculture Hydrograph Laboratory

แบบจำลอง USDAHL ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อศึกษาถึงการมีผลกระทบระหว่างการเกษตรกรรมกับอุทกวิทยา การพัฒนาแบบจำลองเริ่มต้นในปี 1960 ภายใต้การนำของ Holtan แบบจำลองที่พัฒนาครั้งแรกเรียกว่าแบบจำลอง "USDAHL-70" ถูกตีพิมพ์ในปี 1970 โครงสร้างและชบวนการอุทกวิทยาของแบบจำลองแสดงในรูปแบบที่

ตารางที่ 2.5 รายชื่อแบบจำลองอุทกวิทยาที่ได้รับการพัฒนา โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์

ปีที่พัฒนา	ชื่อแบบจำลอง ประเภท Deterministic
1958	SSARR Model
1959-1966	Stanford Model Series
1962	British Road Research Laboratory Model
1965	Dawdy and O'Donnell Model
1966	Boughton Model
1966	Huggins and Moke Model
1967	Hydrocomp Simulation Program
1968	Kutchment Model
1968	Hyreun Model
1969	Lichty, Dawdy and Bergmann Model
1969	Kosak Model
1969	Mero Model
1970	USDAHL Model
1970	Institute of Hydrology Model
1970	Vemuri and Dracup Model
1972	Water Resource Board "Disprin" Model
1972	UBC Watershed and Flow Model
1972	Shin, Hawkins and Chambers Model
1973	Leaf and Brink Model
1981	HEC-Model

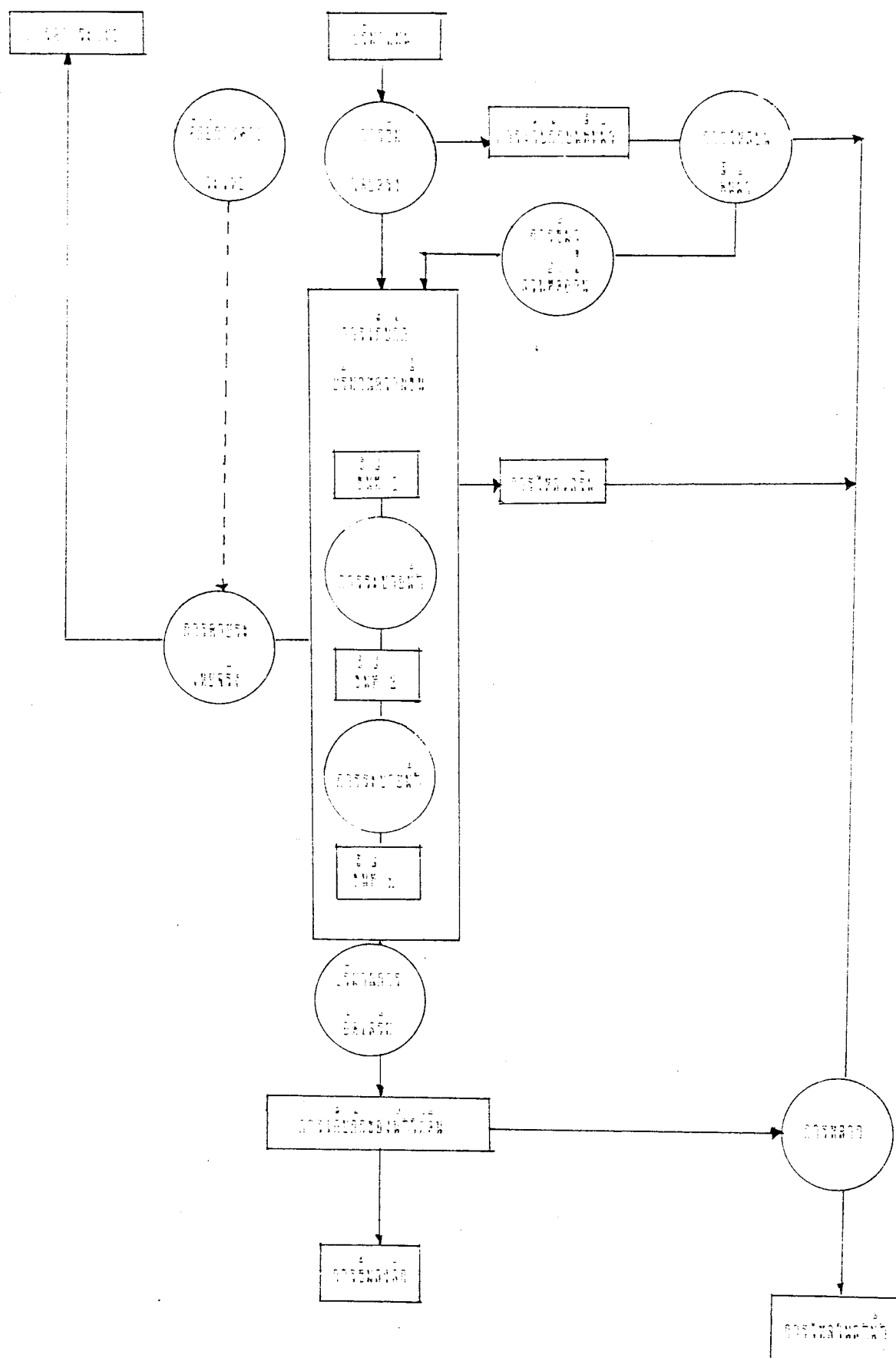
* (Fleming, G., 1975)

2.1 และตารางที่ 2.6 ตามลำดับ แบบจำลองได้แบ่งลุ่มน้ำออกเป็นหลาย ส่วนคำนวณการสมดุลย์ของปริมาณน้ำจากการระเหย การซึมและการไหลบนผิวน้ำ แบบจำลองที่พัฒนาครั้งแรกไม่ได้รวมถึงการละลายของหิมะ ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง วัดจากลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำ ข้อมูลที่มีผลต่อการคำนวณน้ำท่ามากที่สุด ในแบบจำลองประกอบด้วย ความลึกของดิน ความลึกของราก อัตราการระเหย การกระจายของฝน ความชื้นของผืนและพารามิเตอร์ที่อ่อนไหว (sensitive) มากที่สุดในแบบจำลองคือสัมประสิทธิ์การไหลของส่วนเก็บกัก แบบจำลอง USDAHL-70 ได้รับการปรับปรุงในปี 1975 ได้แบบจำลองชื่อ "USDAHL-74" ซึ่งเป็นแบบจำลองที่สมบูรณ์ที่รวมขบวนการอุทกวิทยาทั้งหมด

แบบจำลอง USDAHL เป็นแบบจำลองที่มีวัตถุประสงค์เฉพาะใช้กับงานด้าน วิศวกรรมเกษตร เช่น การจัดการพืช การชลประทาน และสามารถที่จะศึกษาถึงผลกระทบของเกษตรกรรมต่อขบวนการอุทกวิทยาได้

2.4.2 Water Resource Board "Disprin" Model

The Water Resources Board of England and Wales ได้ศึกษาอุทกวิทยาของแม่น้ำ Dee แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นถูกตีพิมพ์ในปี 1972 โดย Jamieson and Wilkinson และรู้จักกันดีในชื่อ "Disprin model" เป็นแบบจำลองที่มีวัตถุประสงค์เอนกประสงค์ และแสดงขบวนการที่สำคัญของระบบอุทกวิทยา โครงสร้างและขบวนการอุทกวิทยาของแบบจำลองแสดงในรูปที่ 2.2 และตารางที่ 2.7 ตามลำดับ โครงสร้างของแบบจำลองแบ่งพื้นผิวดินออกเป็น พื้นที่สูง พื้นที่ลาดเชิงเขา และพื้นที่ราบเรียบ ขบวนการไหลบนผิวดินและการไหลเสริมถูกเชื่อมต่อกันระหว่าง 3 ส่วนนี้ ปริมาณการซึมลงลึกจากทั้ง 3 ส่วนนี้จะกระจายลงเป็นการเก็บกักใต้ดินส่วนเดียวกัน

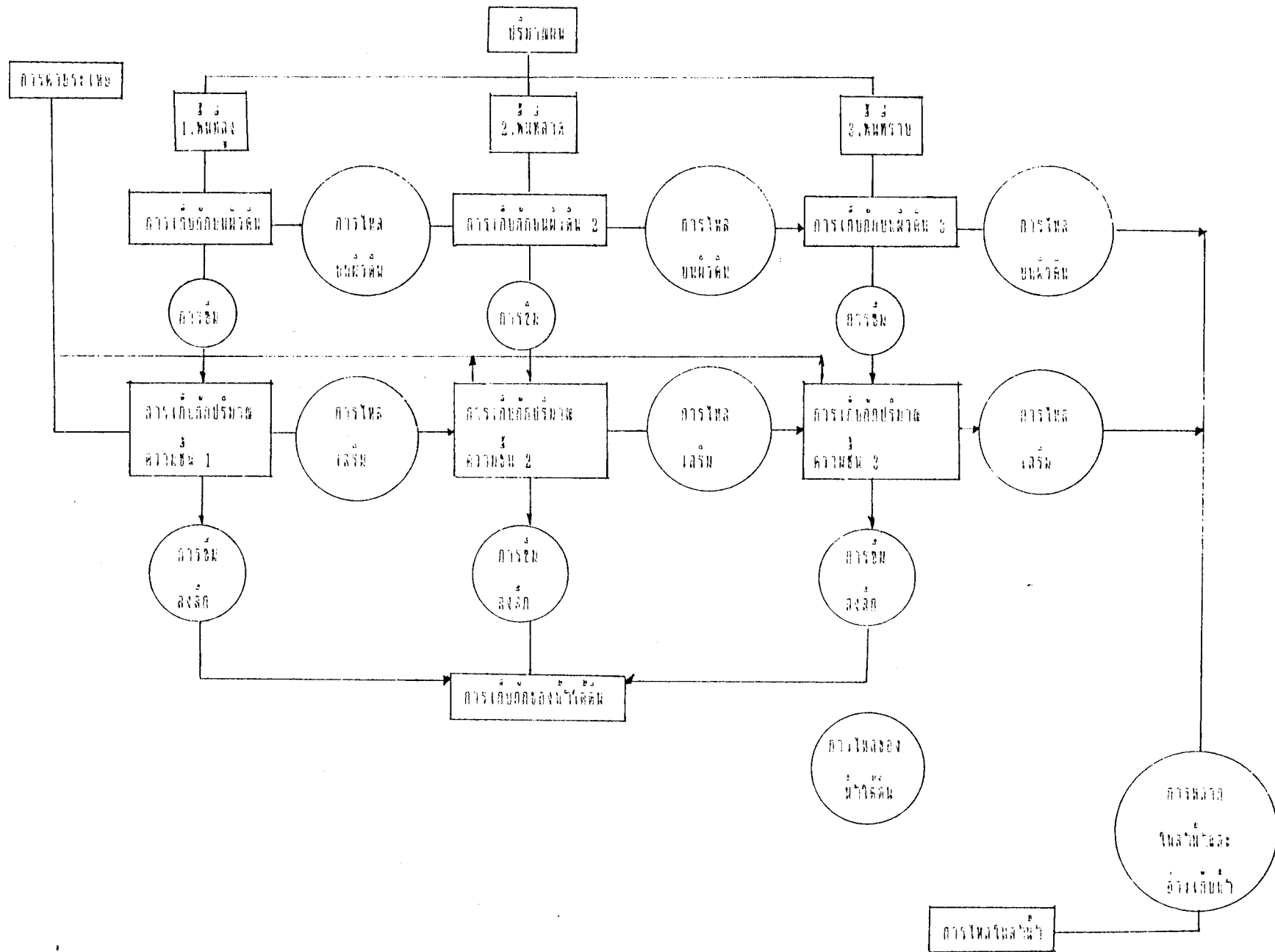


รูปที่ 2.1 โครงสร้างของแบบจำลอง USDAHL-70 (1970)

ตารางที่ 2.6 ขบวนการอภิมหาของแบบจำลอง USDAHL-70

ขบวนการแบบจำลอง	
การขึ้น	สมการการขึ้นของ Holten, สมการที่ 4.20*
การเก็บเกี่ยวพืชไร่	ใช้สมการการลดลงของปริมาณน้ำ
การไหลบ่า	ใช้สมการต่อเนื่อง, สมการที่ 4.25* และ 4.26*
การขึ้นน้ำ	เศษส่วนของการไหลบ่าที่ต่อการขึ้นครั้งต่อไป
การกระจาย	ขึ้นอยู่กับสมการเก็บเกี่ยวของพืช, สมการที่ 4.26*
รูปร่างของลำน้ำ	แบ่งออกเป็น 3 ส่วน
ขบวนการไหลบ่า	
ปริมาณการขึ้น	แบ่งเป็นชั้นแต่ละชั้นขึ้นอยู่กับสมการลดลงของปริมาณน้ำ ในรูปแบบของสมการที่ 4.80* และ 4.81*
การระบายน้ำ	เป็นฟังก์ชันของอัตราการไหลลงสู่ลำน้ำเก็บกักน้ำ
การไหลลงสู่ลำน้ำเก็บกักน้ำใต้ดิน	
การไหลเสริม	ขึ้นอยู่กับสมการการลดลงของปริมาณน้ำ
การไหลใต้ดิน	
การขึ้นลงลึก	อัตราการขึ้นลงลึกมีค่าคงที่
ขบวนการในลำน้ำ	
รูปร่าง	ลำน้ำถือเป็นหนึ่งหน่วย - ไม่ได้แบ่งช่วงลำน้ำ
การแตกของการไหลบ่า	ขึ้นอยู่กับสมการการลดลงของการไหล คล้าย
และการไหลใต้ดิน	สมการที่ 4.95* และ 4.96*
ช่วงเวลา	ส่วนหนึ่งของ 24 ชม. แต่ไม่น้อยกว่า 1/5 ของ
	สัมประสิทธิ์การไหลในลำน้ำ
การประยุกต์ใช้	ใช้ด้านวิศวกรรมเกษตร เช่น ปริมาณน้ำท่าทั้ง
	หมด การจัดการน้ำ การศึกษาการขึ้นน้ำ
ข้อมูล/ผลลัพธ์	การชลประทาน การตกตะกอนและการกัดเซาะปริมาณ
	ผิวน้ำแต่ละช่วงเวลา, การระบายจากภาค/เขตรวมรายวัน
	ของความชื้น, การไหลบ่า, ปริมาณน้ำท่า
การแก้ไขข้อบกพร่อง	ไม่ได้รับการแก้ไข

* (fleming, G., 1973)



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของแบบจำลอง Water Resource Board Disprin (1972)

ตารางที่ 2.7 ขบวนการอุทกวิทยาของแบบจำลอง Water Resource Board
"Disprin" Model

ขบวนการบนพื้นผิว -3 ส่วน

การเก็บกักบนพื้นผิว	การสมดุลย์ของปริมาณน้ำ ระหว่างปริมาณฝน การซึม การเก็บกัก และการไหลบนพื้นผิว
การไหลบนพื้นผิว	คำนวณจากการสมดุลย์ของปริมาณน้ำของการเก็บกักบนพื้นผิว
การซึม	สมการการซึมของ Holtan, สมการที่ 4.20*

ขบวนการใต้พื้นผิว

การเก็บกักปริมาณความชื้น	การสมดุลย์ของปริมาณน้ำระหว่างการซึม การระเหย การไหลซึม และการไหลเสริม สมการที่ 4.80* และ 4.81*
การไหลเสริม	ขึ้นอยู่กับสมดุลย์ของปริมาณความชื้น
การระเหย	ขึ้นอยู่กับสมดุลย์ของปริมาณความชื้น
การไหลซึม	มีค่าคงที่ในพื้นที่แต่ละส่วน
การเก็บกักของน้ำใต้ดิน	การสมดุลย์ของปริมาณน้ำ คล้ายสมการที่ 4.94*
การไหลใต้ดิน	เป็นฟังก์ชันของปริมาณการเก็บกักใต้ดิน
การหลาก	ใช้เทคนิคการหลากเชิงเส้นตรงของการไหลบนผิวดิน และการไหลใต้ดิน

ขบวนการในลำน้ำ

การหลากในลำน้ำ	ใช้เทคนิคการหลากเชิงเส้นตรงของการไหลในลำน้ำ
การหลากของอ่างเก็บน้ำ	ความสัมพันธ์ระหว่างระดับกับปริมาตรและสมการต่อเนื่อง แปรเปลี่ยน
ช่วงเวลา	
การประยุกต์ใช้	การทำนายน้ำท่า, กำหนดการผันน้ำ, ขยายข้อมูล
ข้อมูล/ผลลัพธ์	ปริมาณฝนต่อเนื่อง, การระเหย, ค่าพารามิเตอร์/น้ำท่า, ระดับน้ำ
การเทียบปรับ	ไม่ได้กำหนด

แต่ละพื้นที่ย่อยมีพารามิเตอร์ 14 ตัว เพื่ออธิบายความสามารถในการเก็บกักอัตราการไหลซึมและสัมประสิทธิ์การหลาก และพารามิเตอร์ 7 ตัว เป็นค่าระดับเก็บกักเริ่มต้น ข้อดีของแบบจำลองนี้คือสามารถคำนวณหาหน้าท่าแบบต่อเนื่องของกลุ่มน้ำ หรือของพื้นที่ย่อย ข้อเสียของแบบจำลองก้านำมาประยุกต์ใช้กับกลุ่มน้ำที่ขาดแคลนข้อมูล คือแบบจำลองต้องใช้พารามิเตอร์จำนวนมาก ทำให้ยากต่อการหาพารามิเตอร์แต่ละตัว

2.4.3 แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นโดยมหาวิทยาลัยขอนแก่น

- แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นโดย อำมาตย์ จันทรเทิบ (พ.ศ.2528)

มีการพัฒนาแบบจำลองแบบ Deterministic ในมหาวิทยาลัยขอนแก่นมาโดยลำดับเริ่มจาก อำมาตย์ (2528) ได้พัฒนาแบบจำลองอุทกวิทยาโดยใช้วิธี curve number (CN) ซึ่งพัฒนาขึ้นโดยนักอุทกวิทยาของ SCS (Soil Conservation Service) แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นใช้ข้อมูลฝนรายวันและศักยภาพการระเหยรายวัน ขบวนการอุทกวิทยาของแบบจำลองแสดงในตารางที่ 2.8 ในแบบจำลองมีพารามิเตอร์ที่ต้องเทียบปรับ 5 ตัว คือตัวประกอบน้ำหนักฝน (rainfall weighting factor) เฉลี่ยของกลุ่มน้ำ curve number (CN) เวลาเก็บกักของการไหลใต้ดินเทียบปรับพารามิเตอร์โดยใช้ข้อมูลกลุ่มน้ำจุฬารักษ์ (พื้นที่รับน้ำ 554 ตร.กม.) และกลุ่มน้ำลำปาว (บนพื้นที่รับน้ำ 6,000 ตร.กม.)

- แบบจำลองที่พัฒนาโดย นภฤทธิ์ ผดุงศรี (พ.ศ.2529)

ต่อมา นภฤทธิ์ (2529) ได้พัฒนาแบบจำลองอุทกวิทยาโดยใช้วิธี curve number (CN) และมีชนิดของดินการใช้พื้นที่มาเกี่ยวข้องด้วย แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นใช้ข้อมูลปริมาณฝนรายวัน และศักยภาพการระเหยรายวัน โครงสร้างของแบบจำลอง

เหมือนกับโครงสร้างของแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นโดยอำมาตย์ (2528) และขบวนการอุทกวิทยาแสดงในตารางที่ 2.8 ในแบบจำลองมีพารามิเตอร์ที่ต้องเทียบปรับ 3 ตัว คือ สัมประสิทธิ์พื้นที่ สัมประสิทธิ์การซึมจากส่วนเก็บกักในดินลงสู่ส่วนเก็บกักน้ำใต้ดิน และสัมประสิทธิ์การไหลของส่วนเก็บกักน้ำใต้ดินเทียบปรับพารามิเตอร์โดยใช้ข้อมูลลุ่มน้ำหมาน (พื้นที่รับน้ำ 401 ตร.กม.) และลุ่มน้ำสาน (พื้นที่รับน้ำ 703 ตร.กม.)

แบบจำลองที่พัฒนาโดยอำมาตย์ (2528) และนภฤทธิ์ (2529) คือต้องการข้อมูลน้อยเหมาะสมกับข้อมูลที่มีอยู่ สามารถใช้ได้กับเครื่องคำนวณขนาดเล็กที่มีอยู่แพร่หลาย แต่มีข้อเสียคือ พื้นที่เกษตรกรรมไม่ว่าจะเป็นพื้นที่สูงหรือพื้นที่นาเหมาวมเหมือนกันหมด ซึ่งไม่ถูกต้องเพราะว่าพื้นที่สูงและพื้นที่นามีลักษณะที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ไม่สามารถทำนายน้ำท่าสำหรับฝนเป็นลูกไม่มีความสามารถในการเชิงทำนายถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ไม่สามารถคำนวณหาน้ำท่าของพื้นที่ย่อย

มีแบบจำลอง ที่สามารถวัดการแปรเปลี่ยนของพื้นที่ที่มีผลต่อการเกิดน้ำท่าได้ โดย The Task Committee (1985) on Quantifying Land-Use Change Effect of the Watershed Management and Surface-water Committees of the Irrigation and Drainage Division. ได้ทำการสำรวจแบบจำลองที่วัดผลของการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่เข้ามาเกี่ยวข้อง โดยการส่งแบบสอบถาม (Questionnaire) แล้วทำการรวบรวม ดังแสดงในตารางที่ 2.9 แต่การวัดผลของการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่ดังกล่าวเป็นเพียงเฉลี่ย มิใช่ spatial orientation

- เฉลิมชัย (2532) พยายามที่จะปรับปรุงแนวคิดของ Input โดยใช้หลักการ distributed model

ตารางที่ 2.8 ขบวนการอุทกวิทยาของแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นโดย อ. ชาติชัย จันทรเทิบ
(2528) และ นภทธี ผดุงศรี (2529)

ขบวนการบนพื้นผิว	การเกิดกับบนพื้นผิว	การสมตลยของปริมาณน้ำ	๖W ๑/๓ ๖๐๙๙ ๒.๑
การไหลออกโดยตรง	การไหลออกโดยตรง	ใช้วิธีการของ Curve Number	
การไหลของการไหล	การไหลของการไหล	ใช้สมการต่อเนื่อง	
บนผิวดิน	การซึม	การสมตลยของปริมาณน้ำระหว่าง ปริมาณฝน ศักยภาพการคายระเหย การไหลออกโดยตรง (*) ใช้วิธีการของ Curve Number (**)	๗ 4589๒
ขบวนการใต้พื้นผิว	การเกิดกับปริมาณความชื้น	การสมตลยของปริมาณน้ำ	
การคายระเหย	การคายระเหย	ขึ้นอยู่กับความชื้นที่เกินความสามารถการเก็บกัก ความชื้นของดิน	
ปริมาณการอัดเสริม	ปริมาณการอัดเสริม	ขึ้นอยู่กับความชื้นที่เกินความสามารถการเก็บกัก ความชื้นของดิน	
การไหลใต้ดิน	การไหลใต้ดิน	ใช้สมการต่อเนื่อง, ขึ้นอยู่กับเวลาหน่วงเหนี่ยว ของการไหลใต้ดิน (*) เป็นฟังก์ชันของปริมาณการเก็บกักใต้ดิน (**)	
ช่วงเวลา	ช่วงเวลา	1 วัน	
การประยุกต์ใช้	การประยุกต์ใช้	การให้น้ำ	
ข้อมูล/ผลลัพธ์	ข้อมูล/ผลลัพธ์	ปริมาณฝนรายวัน, ศักยภาพการระเหย, พารามิเตอร์ที่ขึ้น อยู่กับลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำ/น้ำท่ารายวัน	
การเทียบปรับ	การเทียบปรับ	ลองผิดลองถูก	

- ขบวนการอุทกวิทยาที่ไม่มีเครื่องหมายใด ๆ หมายถึงขบวนการอุทกวิทยาที่ปรากฏอยู่ทั้ง 2 แบบจำลอง
- * ใช้เฉพาะแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นโดย อ. ชาติชัย จันทรเทิบ (2528)
- ** ใช้เฉพาะแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นโดย นภทธี ผดุงศรี (2529)

ตารางที่ 2.9 ตารางแบบจำลองที่รวบรวมโดยการส่งแบบสอบถาม (Questionnaire)

	ลักษณะของแบบจำลอง				ผลลัพธ์	ขนาดการไหลแบบจำลอง						การประเมิน				การประยุกต์ใช้งาน				ประโยชน์ของแบบจำลอง				การยอมรับ			
ชื่อแบบจำลอง	ชนิด	ความ	ขนาด	อเนก	การให้	การลด	พหุ/พหุ	การลด	การเพิ่ม	การไหล	เขต	สิ่ง	เพิ่ม	ค่า	การลด	การเพิ่ม	การเพิ่ม	การเพิ่ม	การเพิ่ม	การเพิ่ม	การเพิ่ม	การเพิ่ม	การเพิ่ม	การเพิ่ม	การเพิ่ม		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	
1. USGS W.Q.	R	Ma	WQ			*	RF	Ca				*		*	*	5	ง่าย	ไม่	*	*		*	ได้	ไม่	G		
2. IVA W.Q.	R	Ma	WQ			WQ								*	*	5	ง่าย	ไม่		*	*		ไม่	ไม่	VG		
3. PSU.N	R	Ma	D	*								*				3	ง่าย	ไม่		*	*		ได้	ไม่	G		
4. Texas W.Q.	R	Ma	WQ			WQ	RF							*	*	2	ง่าย	ไม่		*	*		ไม่	ไม่	G		
5. Plaxman	R	Ma	WQ			S		Ca						*	*	4	ง่าย	ไม่		*	*		ไม่	ไม่	G		
6. Anderson	R	Ma	D	*								*				4	ง่าย	ไม่			*	*	ได้	ไม่	P-G		
(USGS)																											
7. USLE	Pi	Ma	WQ			S	RF					*	*	*	*	6	ง่าย	ไม่		*	*						
8. MUSLE	Pi	Ma	D			S						*	*	*	*	7	ง่าย	ไม่		*	*		ได้	ได้	P-VG		
9. Rational	Pi	Ma	D	*			RF					*	*	*	*	2	ง่าย	ไม่			*	*	ได้	ได้	P-G		
Method																											
10. SCS CN	Pi	Ma	D	*			RF		*			*	*	7	*	2	ง่าย	ไม่		*	*		ได้	ได้	P-G		
11. SCS TR-20	Pi	Ma	D	*			RF		*	*	Cr	*	*	*	*	12	ง่าย	ไม่		*	*		ได้	ได้	G		
12. SCS TR-55	Pi	Ma	D	*			RF		*			*	*		*	9	ง่าย	ไม่		*	*		ได้	ได้	G		
13. STORM	Pi	Ma	C	*		S	*	E-T	*	*		*	*		*	<77	ไม่	ไม่		*	*		ได้	ได้	P-G		
14. MSPP	CP	all	D.C	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	<100	ไม่	ไม่	*	*	*	*	ได้	ได้	G		
15. CREAMS	CP	I	C	*	*	*	RF	*	*	*					*	29+	ง่าย	ไม่		*	*		ได้	ได้	P-G		

ตารางที่ 2.9 ตารางแบบจำลองที่รวบรวมโดยการส่งแบบสอบถาม (Questionnaire) (ต่อ)

	ลักษณะของแบบจำลอง				ผลลัพธ์				ขนาดการคำนวณของจำลอง				การใช้พื้นที่				การประยุกต์ใช้งาน				ประโยชน์ของแบบจำลอง				การยอมรับ				
	-----				-----				-----				-----				-----				-----				-----				รวม
ชื่อแบบจำลอง	ชนิด	ความซับซ้อน	วัตถุประสงค์	การให้-การรับ	พหุ/พหุ-มิติ/พหุ-มิติ	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด			
	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด	การวัด/การวัด/การวัด			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)			

16. TVA MYSIM	CP	Ma	D,C	*	*	S	RF	E-T	*	*		*	*	*	*	*	<28	ง่าย	ไม่		*	*		ได้	ได้	P-VG			
17. ANSWERS	CP	I	D	*		S	RF		*	*	*		*	7	*	*	23	ง่าย	การปรับ	*	*			ได้	ได้	P-G			
18. PSEM	CP	I	D	*			RF		*	IS	*	*					14	ง่าย	ไม่		*	*		ได้	ได้	G			
19. MEC-1	Pi	Ma	D	*			*		*	IS		*					<42	ง่าย	ไม่		*	*		ได้	ได้	P-G			
20. GRAZING IMPACTS	Pi	Ma	D	*						IS				*			2	ง่าย	ไม่		*			ได้	ได้	P			
21. FESHM	CP	Mi	D	*		5	RF		*	*	*		*	*	*	*	17	ง่าย	การปรับ	*	*	*		ได้	ไม่	G			
22. TENN-II	Pi	Ma	D	*		5	RF		In	Is			*	*	*		7	ง่าย	การปรับ	*	*	*		ได้	ไม่	P-G			
23. KINEROS	CP	Mi	D	*		5	RF			*	*	*	*	*	*	*	25t	ง่าย	การปรับ	*		*		ได้	ได้	G-VG			
24. BSAM	CP	Ma	C		*		*	*	*	*						*	60	ไม่ง่าย	การปรับ		*	*		ได้	ได้	?			
25. SWMM	CP	I	D,C	*		*	*	E-T	St	Is	*	*					มาก	ง่าย	ไม่		*	*		ได้	ได้	VG			
26. USGS-DSA	CP	Ma	C	*			RF	*	*	*	*	*	*	*	*	*	7	ง่าย	การปรับ	*	*	*	*	ได้	ได้	P-G			
27. BURP-II	CP	Ma	C	*	*		*	*	*	*	*				*		15	ง่าย	ไม่	*			*	ไม่	ไม่	P-G			
28. WET	Pi	Ma	D		*		*	*		*				*			8-9	ง่าย	ไม่		*			ได้	ได้	G			

หมายเหตุ: คำอธิบายความหมายของสัญลักษณ์ให้ดูในภาคผนวก ก.

ที่มา : The Task Committee on Quantifying Land-Use Change Effect of the Watershed Management

and Surface-Water Committee of the Irrigation and Drainage Division, 1985.

2.5 วิธีการ Distributed Models

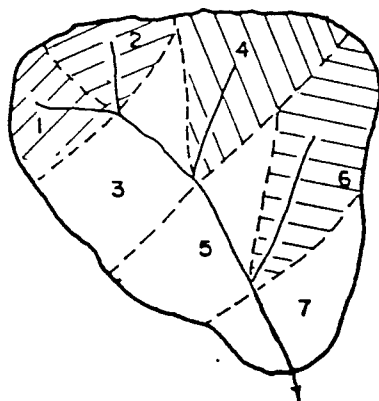
2.5.1 วิธีการกึ่ง Spatial Input Model ที่อาศัย Node-Branch Segments โดยมีความพยายามที่จะแบ่งซอยลุ่มน้ำออกเป็นส่วนย่อยเพื่อรับรู้สภาพ input ในแต่ละพื้นที่

Boyd et al. (1979) ได้พัฒนาแบบจำลองลุ่มน้ำแบบโครงข่าย (Watershed Bounded Network Model, WBNM) โครงสร้างแบบจำลองลุ่มน้ำให้ย่อยลงไป โดยได้แบ่งพื้นที่รับน้ำทั้งหมดออกเป็นพื้นที่ย่อย 2 ลักษณะ คือ

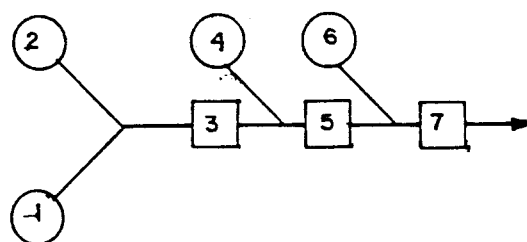
ก. พื้นที่รับน้ำ Ordered basin คือพื้นที่ย่อย (เปรียบเสมือนพื้นที่ของลุ่มน้ำทั้งหมด) ที่ไม่มีน้ำไหลข้ามเส้นแบ่งขอบเขตเข้ามา ปริมาณฝนส่วนเกิน (excess rainfall) จะเปลี่ยนไปเป็นปริมาณการไหลออกโดยตรงที่ทางออกของพื้นที่ย่อย

ข. พื้นที่รับน้ำ Interbasin area คือ พื้นที่ย่อยที่มีน้ำไหลตามลำน้ำ น้ำที่ไหลเข้าพื้นที่ย่อยชนิดนี้มาจากพื้นที่ย่อยที่อยู่เหนือขึ้นไป ปริมาณการไหลออกโดยตรงประกอบด้วยปริมาณการไหลหลากผ่านลำน้ำสายหลัก และปริมาณฝนส่วนเกินที่เปลี่ยนไปเป็นการไหลออกโดยตรง (เหมือนกับที่เกิดขึ้นในพื้นที่รับน้ำ Ordered basin) ผลจากการเก็บกักระหว่างการเปลี่ยนปริมาณฝนส่วนเกินไปเป็นการไหลออกโดยตรง โดยผ่านการไหลบนผิวดินและการไหลในลำน้ำสายเล็กจะแตกต่างจากการไหลเข้าจากจุดเหนือน้ำผ่านลำน้ำสายหลัก (Boyd et al., 1979)

รูปที่ 2.3ก แสดงให้เห็นพื้นที่ทั้งหมดของลุ่มน้ำและพื้นที่ย่อยภายในลุ่มน้ำและสามารถแทนด้วยโครงสร้างแบบโครงข่ายได้ในรูป 2.3ข รูปที่ 2.3ค แสดงให้เห็นโครงสร้างที่ใช้จำลองลุ่มน้ำ (equivalent model structure) ซึ่งขยาย



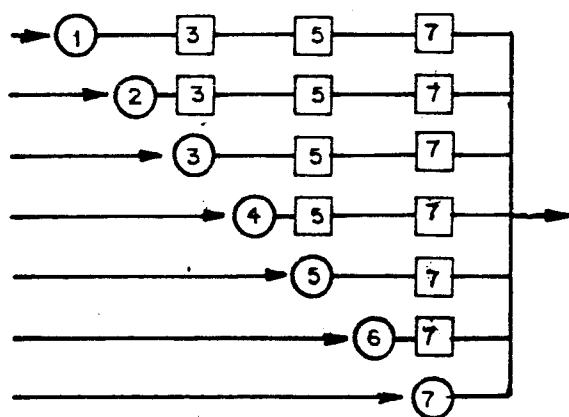
ก.) การแบ่งพื้นที่ย่อยภายในลุ่มน้ำ



○ : ORDERED BASIN

□ : INTERBASIN AREAS

ข.) โครงข่ายที่ใช้แทนพื้นที่ย่อยของลุ่มน้ำ



ค.) โครงสร้างที่ใช้จำลองลุ่มน้ำ

รูปที่ 2.3 ลุ่มน้ำและโครงสร้างการจำลองแบบโครงข่าย

ให้เห็นการเก็บกักในแต่ละส่วนและเชื่อมต่อเป็นลูกโซ่แบบขนาน ปริมาณฝนส่วนเกินจะถูกเปลี่ยนเป็นชลภาพการไหลเข้า และชลภาพการไหลเข้าจะถูกหลากเป็นชลภาพการไหลออกที่จุดทางออกของพื้นที่ย่อย ต่อจากนั้นชลภาพการไหลออกจะถูกหลากผ่านลำน้ำในส่วนเก็บกักแต่ละส่วน จนกระทั่งถึงจุดทางออกของลุ่มน้ำทั้งหมด ตัวอย่างเช่น ปริมาณฝนส่วนเกินของพื้นที่ย่อยที่ 3 จะถูกเปลี่ยนเป็นชลภาพการไหลเข้า และจะถูกหลากผ่านส่วนเก็บกักที่ 3, 5 และ 7 ชลภาพการไหลออกทั้งหมดหาได้จากวิธีทับซ้อน (superposition) ของชลภาพการไหลออกในแต่ละลูกโซ่ทั้งหมด

Boyd et al. (1979) ได้พัฒนาแบบจำลองอุทกวิทยาโดยใช้แบบจำลองลุ่มน้ำแบบโครงข่าย เป็นแบบจำลองที่มีวัตถุประสงค์เฉพาะเพื่อหาชลภาพน้ำท่าและอัตราการไหลสูงสุด แบบจำลองที่พัฒนาไม่รวมขบวนการอุทกวิทยาทั้งหมดจะ เน้นเฉพาะการหลากบนผิวดินและในลำน้ำ ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองวัดจากลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำ ขบวนการอุทกวิทยาของแบบจำลองแสดงในตารางที่ 2.10

Boyd et al. (1979) สรุปว่าแบบจำลองอุทกวิทยาที่พัฒนาและใช้เวลาเก็บกักไม่เชิงเส้นเป็นแบบจำลองที่ใช้ได้ทั่วไป เพราะว่าผลตอบสนองของพื้นที่รับน้ำต่อชลภาพน้ำท่าคือเวลาเก็บกักจะมีค่าไม่คงที่ ดังเช่น Laurenson (1964) ได้สรุปไว้

จะเห็นได้ว่าแบบจำลองอุทกวิทยาที่พัฒนาโดย Boyd et al. (1979) เป็นแบบจำลองที่ใช้ได้ง่ายมีพารามิเตอร์ที่ต้องเทียบปรับตัวเดียว คือสัมประสิทธิ์ของเวลาเก็บกักบนผิวดิน และสามารถคำนวณหาน้ำท่าแบบต่อเนื่องของลุ่มน้ำ หรือของพื้นที่ย่อย แต่มีข้อเสียคือไม่รวมขบวนการอุทกวิทยาที่สมบูรณ์ ขบวนการซึมโดยวิธีดัชนีการซึมมีค่าคงที่ ซึ่งในลุ่มน้ำความสามารถในการซึมแปรเปลี่ยน (Fleming, g., 1975) แต่ยังคงไม่สามารถ ที่จะอธิบายถึงผลกระทบ จากการเปลี่ยนแปลงการใช้น้ำที่ดินในตำแหน่งต่าง ๆ

ตารางที่ 2.10 ขบวนการอุทกวิทยาของแบบจำลองที่พัฒนาโดย

Boyd et al. (1979)

ขบวนการบนที่น้ำ

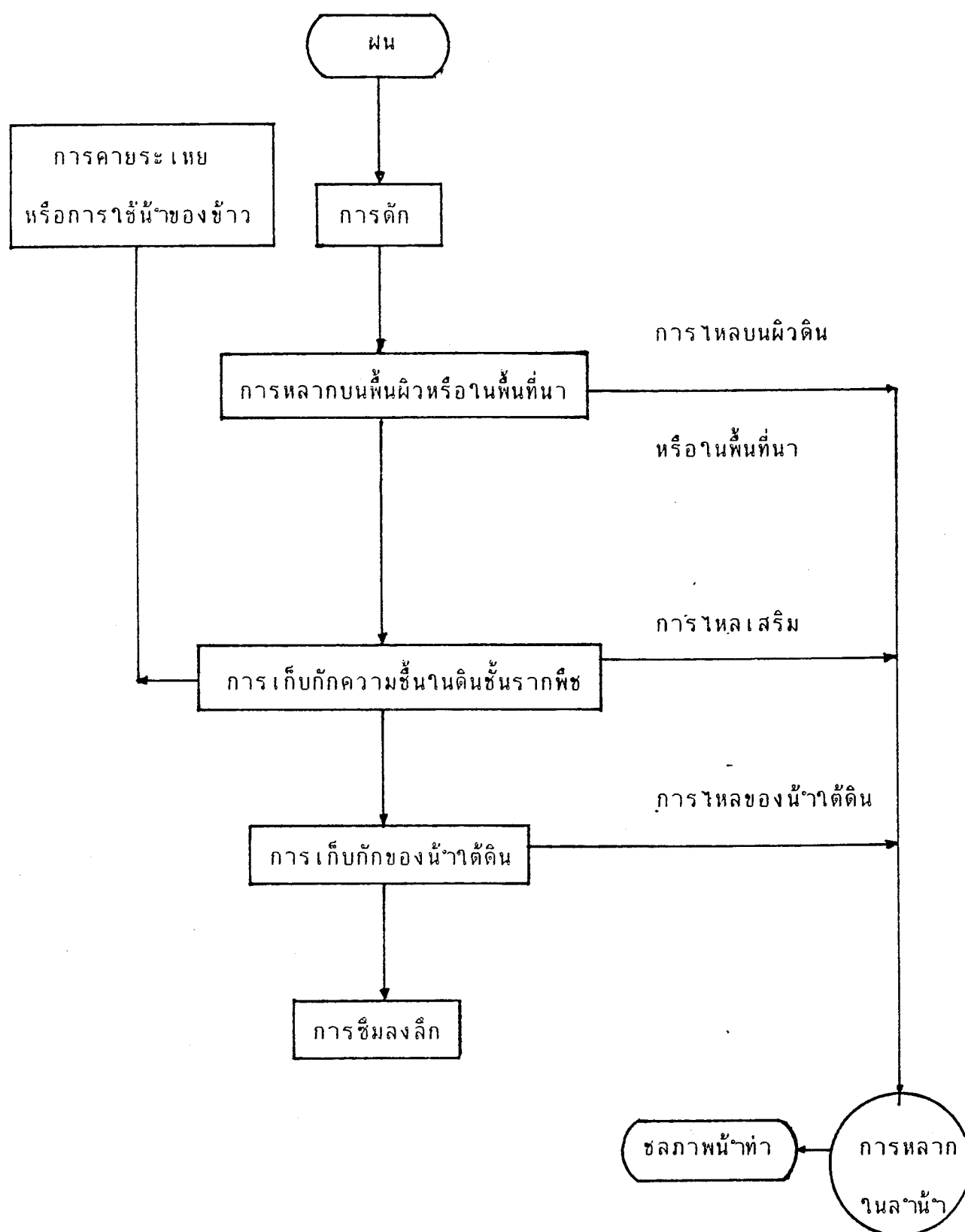
การซึม	ดัชนีการซึม
การไหลบนที่น้ำ	ใช้สมการต่อเนื่องและความสัมพันธ์ของการเก็บกัก อัตราการไหล, สมการที่ 1* และ 2*
เวลาเก็บกัก	เวลาเก็บกักเชิงเส้นตรง, สมการที่ 22* เวลาเก็บกักไม่เชิงเส้นตรง, สมการที่ 25*
รูปร่างของกลุ่มน้ำ	แบ่งออกเป็นพื้นที่ย่อย 2 ลักษณะคือ Ordered basin และ Interbasin area

ขบวนการในลำน้ำ

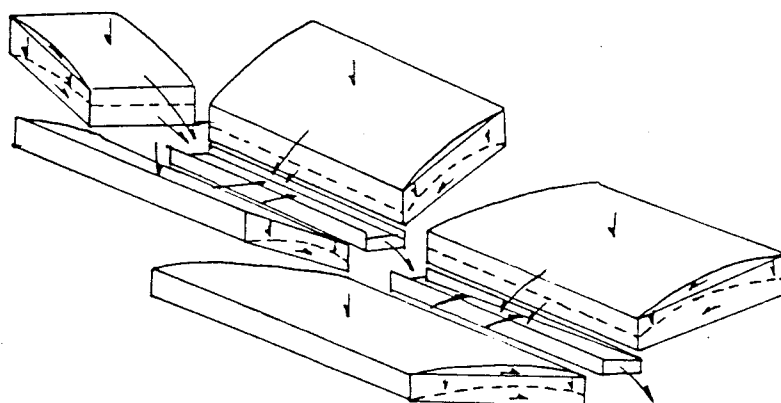
การไหลในลำน้ำ	ใช้สมการต่อเนื่องและความสัมพันธ์ของการเก็บกัก อัตราการไหล, สมการที่ 1* และ 2*
เวลาเก็บกัก	เวลาเก็บกักเชิงเส้นตรง, สมการที่ 24* เวลาเก็บกักไม่เชิงเส้นตรง, สมการที่ 26*
ช่วงเวลา	แปรเปลี่ยน
การประยุกต์ใช้	การทำนายน้ำท่า
ข้อมูล/ผลลัพธ์	ปริมาณฝนต่อช่วงเวลา, ค่าพารามิเตอร์/น้ำท่า
การเก็บรวบรวม	ลองผิดลองถูก

ซึ่งการศึกษาของเจลิมชัย พาวัฒนา (2532) ในมหาวิทยาลัยขอนแก่น ก็ได้ประยุกต์แบบจำลองของ Boyd et al. (1979) กับลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น ลุ่มน้ำห้วยยาง และโป่งขุนเพชร เพื่อเข้าใจแนวคิดเบื้องต้นของ Semi-Spatial Model ในระดับหนึ่งโดยอาศัยวิธีการของแบบจำลองตามรูปที่ 2.4 แล้วได้เสนอแนะไว้ว่าควรพัฒนาแบบจำลองต่อไปที่รับค่าย่อยของ "Input" ให้สอดคล้องกับธรรมชาติ

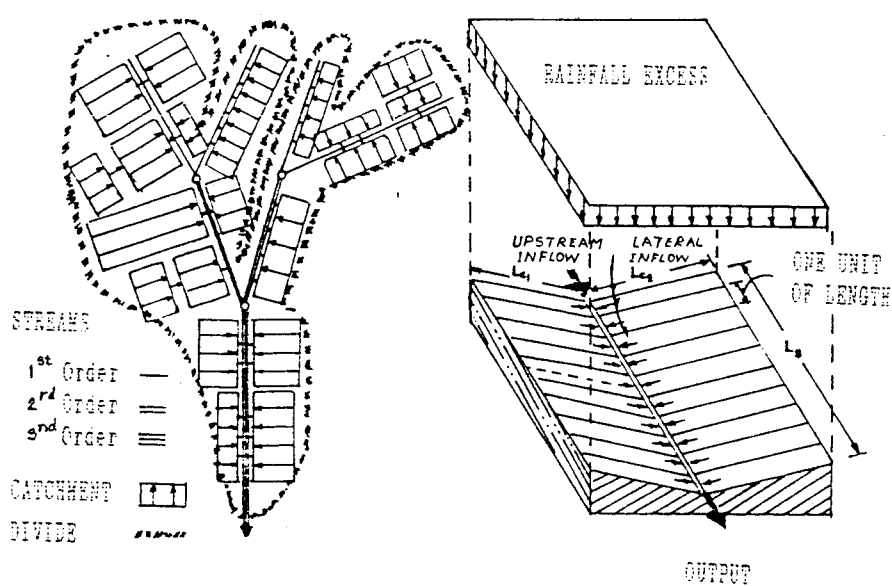
2.5.2 แบบจำลองกึ่ง Spatial Models ที่อาศัย Finite Differences หรือ Finite Elements มีความพยายามที่จะซอยย่อยลุ่มน้ำลงไปในระดับ elements ใน 1 Direction โดยวิธี Finite Difference หรือ 2 Directions โดยวิธี Finite Elements ซึ่งทั้งสองวิธีใช้สมการการไหล (flow governing equations) เป็นพื้นฐาน แต่อาจจะใช้เป็นเพียงประมาณ (approximation) เช่น สมการ Kinematic มีการแบ่งซอยลุ่มน้ำออกเป็น strips หรือ elements ดังรูปที่ 2.5 หรือสมการสมบูรณ์ (complete equations) โดยแบ่งซอยลุ่มน้ำออกเป็น grid element ดังรูปที่ 2.6 ซึ่งปัญหายังติดอยู่กับความยากลำบากในเชิง numerical computation ไม่ว่าจะเป็น element storage ในคอมพิวเตอร์ หรือ stability criteria ใน space และ time scale



รูปที่ 2.4 โครงสร้างของแบบจำลองที่พัฒนาโดย เอลิมชัย

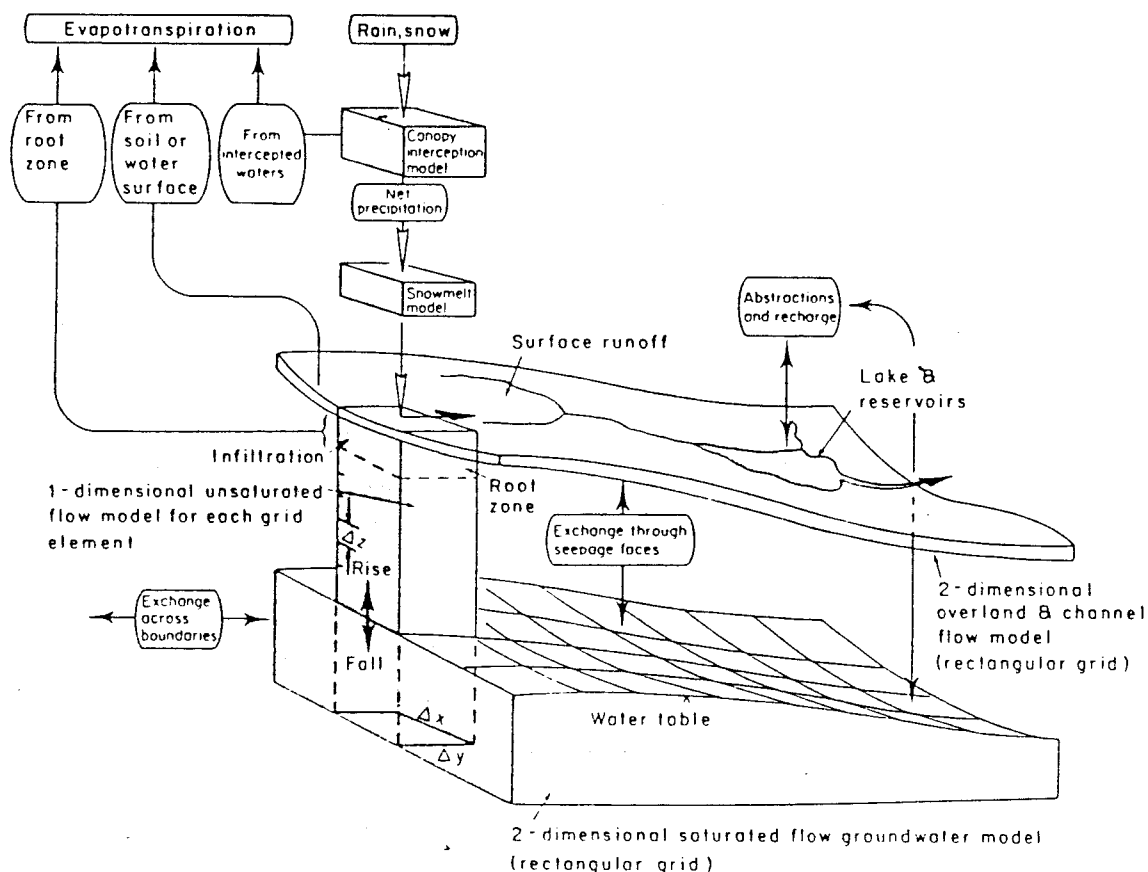


ก.) การแบ่งซอยลุ่มน้ำเป็น strips ของ IHDM Model



ข.) การแบ่งซอยลุ่มน้ำเป็น elements ของ MIT Catchment Model

รูปที่ 2.5 การแบ่งซอยลุ่มน้ำเป็น strips และ elements



รูปที่ 2.6 การแบ่งซอยลุ่มน้ำเป็น grid element ของ SHE Model

2.6 วิธี Grid Cell-Spatial Distribution

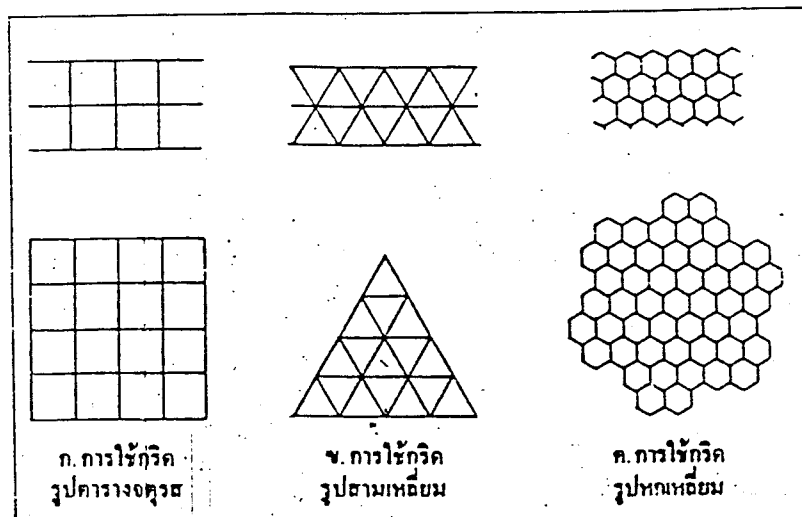
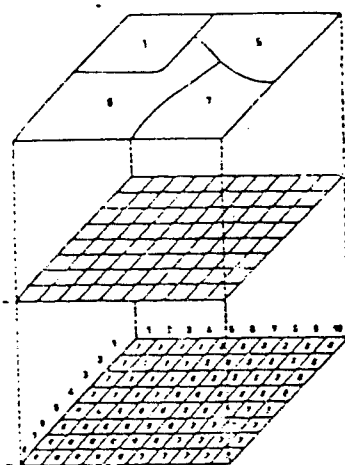
มีความพยายามที่จะแบ่งลุ่มน้ำออกเป็น grid cells เล็ก ๆ เพื่อรองรับข้อมูลทุกพื้นที่ย่อย

Gupta and Solomon (1977) ได้สร้าง Two-dimensional grid cell models ขึ้นตามรูปที่ 2.7 โดยวิธีสมดุลย์ของน้ำ (water balance) หาฝนส่วนเกินแต่ละ cell แล้วใช้วิธี Muskingham routing หลากฝนส่วนเกินไปสู่จุดไหลออกของลุ่มน้ำ แบบจำลองดังกล่าวยังมีขีดจำกัดทางการคำนวณ เพราะยังอาศัยเงื่อนไข unsteady flow ของ Muskingham ตลอดจนการไหลในลำน้ำนั้นยังคงต้องประมาณด้วยทางเดินของน้ำในลำน้ำที่เป็น step series

Thinaphong, K (1987) ในงาน Dissertation ได้พัฒนาแบบจำลองอุทกวิทยา โดยการอ่านข้อมูลจาก Base Maps และประยุกต์เทคนิควิธี Remote-sensing อ่านข้อมูลผ่านดาวเทียมเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้สร้างระบบฐานข้อมูลของอุทกศาสตร์, ภูมิศาสตร์และสภาพพื้นที่ในทางอุทกวิทยาขึ้นรวมเรียกว่า GIS (geographic information system) แล้วทำการวิเคราะห์ฐานข้อมูลบน Mainframe Computer โดยวิธี multivariate, multispatiotemporal operations เหนือ registered grid cells เดียวกัน และใช้วิธีการที่เรียกว่า Map Algebra คำนวณขบวนการทางอุทกวิทยา ซึ่งใช้ SCS curve number procedure อันประกอบด้วยขบวนการสูญเสียเริ่มแรก, การเก็บกักบนพื้นผิว, การซึม, การเก็บกักความชื้น แล้วหาฝนส่วนเกิน (excess rainfall) ที่เกิดบนแต่ละ grid cell, เวลาการเดินทางของฝนส่วนเกินสู่จุดไหลออก (target outlet) และทำการหลากฝนส่วนเกินโดยวิธี Isochrones routing เพื่อหาชลภาพการไหลออกและได้ใช้ทดสอบกับลุ่มน้ำลำปาว ซึ่งประกอบด้วย grid cell 95,700 cells, ครอบคลุมพื้นที่รับน้ำ 5981.25 ตารางกิโลเมตร ทั้งนี้แนวความคิดดังกล่าวเป็นที่ยอมรับในการจำลองสภาพทางอุทกวิทยา (hydrologic simulation) ยุคปัจจุบัน

2.7 สรุปแนวทางของวิทยานิพนธ์

การศึกษาวิทยานิพนธ์นี้จึงมีแนวทาง และวิธีการคล้ายคลึงกับการศึกษาของ Thinaphong, K (1987) แต่เน้นข้อมูล Base Maps โดยไม่ได้ใช้ Remote-sensing อ่านข้อมูลผ่านดาวเทียมดังแสดงในรูปที่ 2.8 นอกจากนั้นการพัฒนาแบบจำลองจะมุ่งไปที่การประยุกต์ใช้กับ Microcomputers และคำนวณสมการทางอุทกวิทยา (process-response equations) ที่แตกต่างออกไป โดยเน้นการพัฒนาบนลุ่มน้ำขนาดเล็ก ตลอดจนจะปรับปรุง enhanced graphics โดยใช้ Map Information System เข้ามาประยุกต์เพิ่มเติมอีกด้วย

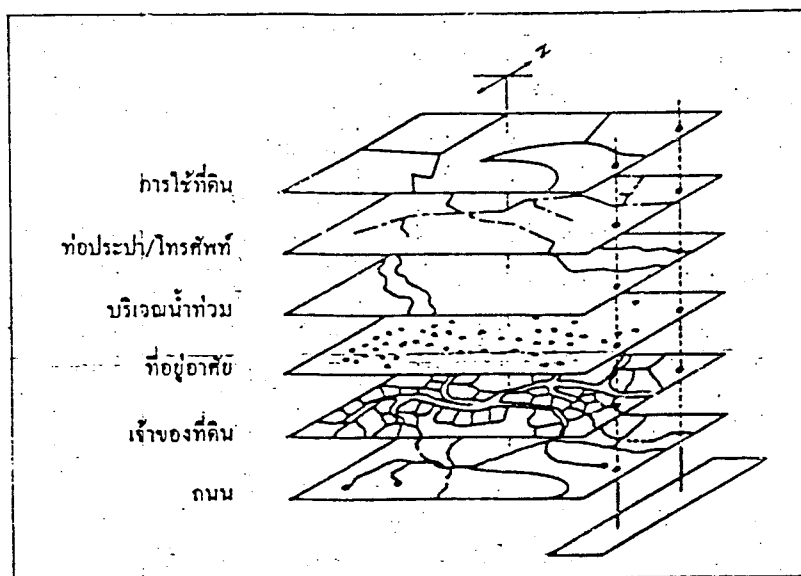


ข.) กริดรูปต่าง ๆ

โครงสร้างข้อมูล

Row	Column	Value
1	1	1
1	2	1
1	3	1
1	4	1
1	5	5
1	6	5
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-

ก.) โครงสร้างข้อมูลแบบกริด



ค.) การทำภาพแผนที่ซ้อนเป็นชั้น

รูปที่ 2.8 โครงสร้างระบบฐานข้อมูลทางอุทกศาสตร์