



การคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าโดยวิธีการ Phase Space Reconstruction (PSR)

โดย

กীরติการ นาคีสินธ์¹, เผ่าเทพ ปานขาว², เขียรชาติ สุวงศ์³ และ นุชนารถ ศรีวงคิตานนท์⁴

^{1,3}นิสิตปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

²วิศวกรแหล่งน้ำ บริษัท เอสพีที คอนซัลแตนท์ จำกัด

⁴ศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



หัวข้อการนำเสนอ

- ที่มาและความสำคัญ
- วัตถุประสงค์
- พื้นที่ศึกษา
- ทฤษฎี Phase Space Reconstruction (PSR)
- ขั้นตอนการศึกษา
- ผลการศึกษา
- สรุปผลการศึกษา

ที่มาและความสำคัญ

ประเทศไทยประสบกับปัญหาด้านอุทกภัยและภัยแล้งอย่างต่อเนื่องเนื่องจากสาเหตุสำคัญ เช่น

- การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน
- การใช้ทรัพยากรน้ำที่เพิ่มขึ้นในทุกภาคส่วน
- การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
- การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำไม่เต็มประสิทธิภาพ



ที่มาและความสำคัญ

- แนวทางการบรรเทาปัญหาด้านอุทกภัยและภัยแล้งสามารถกระทำได้โดย 2 แนวทาง คือ
 - มาตรการใช้สิ่งก่อสร้าง (Structural Measures)
 - มาตรการไม่ใช้สิ่งก่อสร้าง (Non-Structural Measures)
- **มาตรการใช้สิ่งก่อสร้าง**จะให้ผลอย่างรวดเร็วแต่
 - อาจก่อให้เกิดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม
 - การต่อต้านจากประชาชน



ที่มาและความสำคัญ

การแก้ปัญหาด้านอุทกภัยและภัยแล้งของประเทศไทย
จำเป็นที่จะต้องใช้

มาตรการใช้สิ่งก่อสร้าง



และ

มาตรการไม่ใช้สิ่งก่อสร้าง



มาตรการไม่ใช้สิ่งก่อสร้างโดยวิธีการบริหารจัดการน้ำของอ่างเก็บน้ำ
สามารถเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหา



การคาดการณ์ปริมาณ
น้ำท่าล่วงหน้า



การบริหารจัดการน้ำ
ของอ่างเก็บน้ำ

วัตถุประสงค์

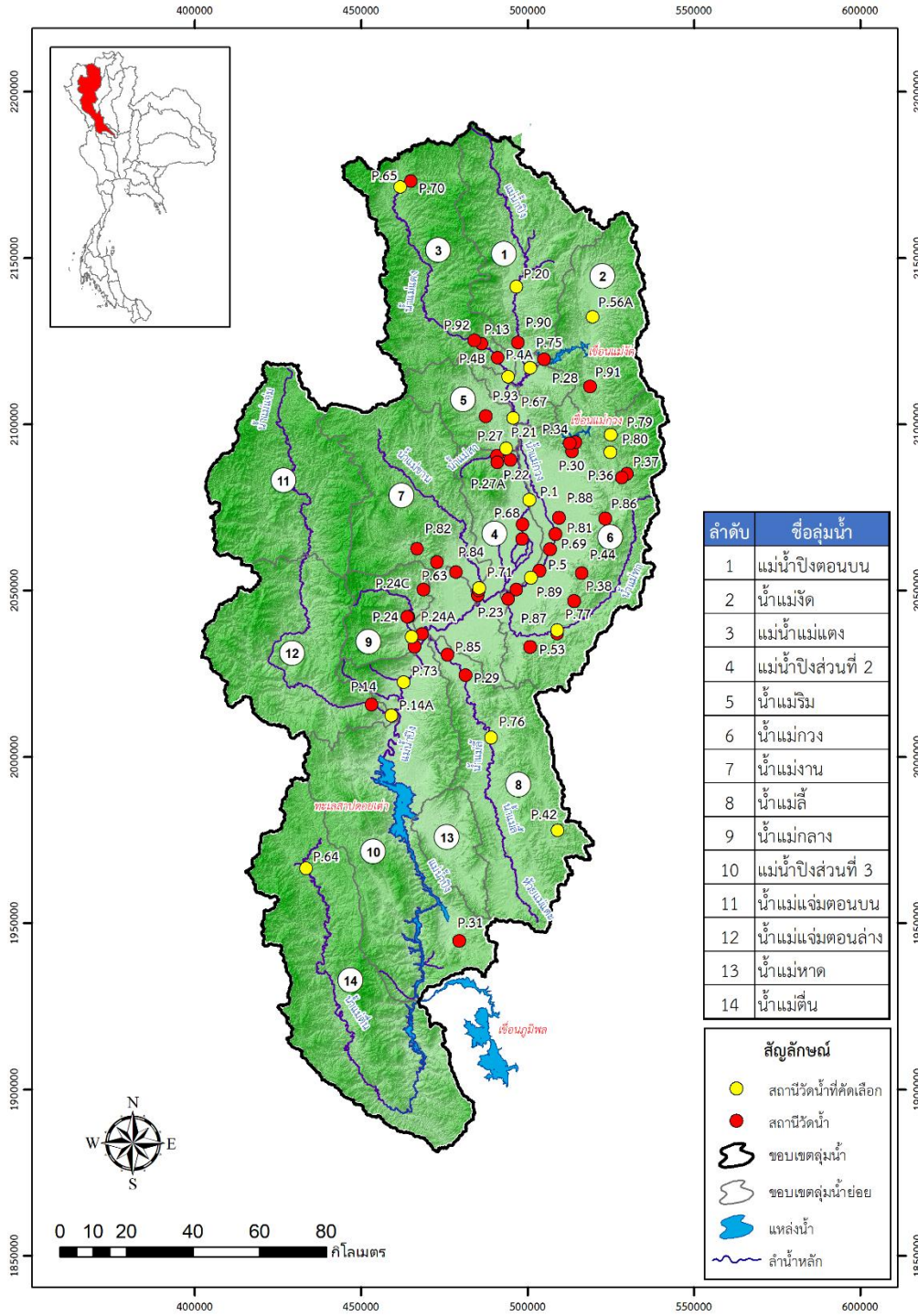
- (1) เพื่อศึกษาทฤษฎีของวิธีการ Phase Space Reconstruction (PSR) สำหรับการคาดการณ์น้ำท่า และนำมาสร้างเป็นโปรแกรมการประยุกต์ใช้ที่สามารถสอบเทียบพารามิเตอร์ของวิธีการ PSR ได้โดยอัตโนมัติ



- (2) เพื่อคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าแบบรายเดือนล่วงหน้า 1 ถึง 12 เดือน และแบบรายวันล่วงหน้า 1 ถึง 7 วัน ที่สถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน ที่มีสถิติข้อมูลยาวนานเพียงพอ รวมทั้งปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าเขื่อนภูมิพล เขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล และ เขื่อนแม่กวงอุดมธารา โดยวิธีการ Phase Space Reconstruction (PSR)



พื้นที่ศึกษา



ลุ่มน้ำปิงตอนบน

- ลุ่มน้ำย่อย 14 ลุ่มน้ำ
- พื้นที่รับน้ำฝน 25,370 ตร.กม.
- ปริมาณฝนเฉลี่ย 1,160 มม./ปี
- ปริมาณน้ำท่า (Specific yield)

ในแต่ละสถานีวัดน้ำท่ามีค่า

1.34 ถึง 19.10 (ลิตร/วินาที/ตร.กม.)

- สถานีวัดน้ำท่า 62 สถานี

ทฤษฎี Phase Space Reconstruction (PSR)

กระบวนการเกิดน้ำท่าเป็นกระบวนการที่มีความซับซ้อน
เนื่องจากถูกควบคุมโดยกลไกทางกายภาพมากมาย เช่น

- ปริมาณฝน
- สภาพทางกายภาพของพื้นที่รับน้ำฝน
- ชนิดและองค์ประกอบของดิน
- การใช้ที่ดิน เป็นต้น



ทฤษฎี Phase Space Reconstruction (PSR)

จากความซับซ้อนของกระบวนการเกิดน้ำท่าดังกล่าว ได้มีการนำ

วิธีการ Phase Space Reconstruction (PSR) ซึ่งดำเนินการโดย

- นำอนุกรมน้ำท่าที่เกิดขึ้นตามเวลาที่แตกต่างกัน (Delay Time : τ) มาหาความสัมพันธ์ระหว่างกัน โดยใช้จำนวนของอนุกรมน้ำท่าหรือจำนวนมิติอนุกรมน้ำท่า (Embedding Dimension: m) ที่หลากหลาย
- จากนั้นจึงนำอนุกรมน้ำท่าที่มีความสัมพันธ์มาสร้างข้อมูลน้ำท่าในแต่ละอนุกรมน้ำท่า ด้วยวิธีการที่เหมาะสมที่เรียกว่า Local Mapping อาทิเช่น วิธีการ Local Polynomials, K Nearest Neighbor (k) เป็นต้น

ทฤษฎี Phase Space Reconstruction (PSR)

วิธีการ Phase Space Reconstruction (PSR) ดำเนินการโดย
สร้าง Multi-Dimensional Phase Space ดังสมการ

$$Y_j = (X_j, X_{j+\tau}, X_{j+2\tau}, \dots, X_{j+(m-1)\tau})$$

โดย $j = 1, 2, \dots, N-(m-1)\tau$

ดำเนินการดังนี้

- การนำอนุกรมน้ำท่าในอดีต X_i ($i = 1, 2, \dots, N$)
- มาวางเหลื่อมกัน (Delay Time; τ)
- หาความสัมพันธ์ระหว่างกันโดยใช้จำนวนมิติอนุกรมน้ำท่า (Embedding Dimension; m)

การนำอนุกรมน้ำท่าในอดีต

X_i ($i = 1, 2, \dots, N$)

Number of Month	Monthly Runoff (cms)
	X_i
1	67.4
2	62.6
3	91.3
4	146.9
5	472.3
6	948.0
7	969.0
8	768.4
9	359.5
10	224.8
11	109.2
12	71.6
13	81.2
14	142.2
15	215.7
16	348.6
17	845.1
18	1398.2
19	938.0
20	454.9

ทฤษฎี Phase Space Reconstruction (PSR)

มาวางเหลื่อมกัน (Delay Time; τ)

หาความสัมพันธ์ระหว่างกันโดยใช้
จำนวนมิติอนุกรมน้ำท่า
(Embedding Dimension; m)

ตัวอย่างสร้าง Phase-Space

โดยใช้

$$\tau = 1$$

$$m = 2$$

Number of Month	Monthly Runoff (cms)	
	X_i	$X_{i+\tau}$
1	67.4	62.6
2	62.6	91.3
3	91.3	146.9
4	146.9	472.3
5	472.3	948.0
6	948.0	969.0
7	969.0	768.4
8	768.4	359.5
9	359.5	224.8
10	224.8	109.2
11	109.2	71.6
12	71.6	81.2
13	81.2	142.2
14	142.2	215.7
15	215.7	348.6
16	348.6	845.1
17	845.1	1398.2
18	1398.2	938.0
19	938.0	454.9
20	454.9	

$$m = 2$$

$$\tau = 1$$

ทฤษฎี Phase Space Reconstruction (PSR)

มาวางเหลื่อมกัน (Delay Time; τ)

หาความสัมพันธ์ระหว่างกันโดยใช้
จำนวนมิติอนุกรมน้ำท่า
(Embedding Dimension; m)

ตัวอย่างสร้าง Phase-Space

โดยใช้

$$\tau = 3$$

$$m = 3$$

Number of Month	Monthly Runoff (cms)		
	X_i	$X_{i+\tau}$	$X_{i+2\tau}$
1	67.4	146.9	969.0
2	62.6	472.3	768.4
3	91.3	948.0	359.5
4	146.9	969.0	224.8
5	472.3	768.4	109.2
6	948.0	359.5	71.6
7	969.0	224.8	81.2
8	768.4	109.2	142.2
9	359.5	71.6	215.7
10	224.8	81.2	348.6
11	109.2	142.2	845.1
12	71.6	215.7	1398.2
13	81.2	348.6	938.0
14	142.2	845.1	454.9
15	215.7	1398.2	
16	348.6	938.0	
17	845.1	454.9	
18	1398.2		
19	938.0		
20	454.9		

$$m = 3$$

$$\tau = 3$$

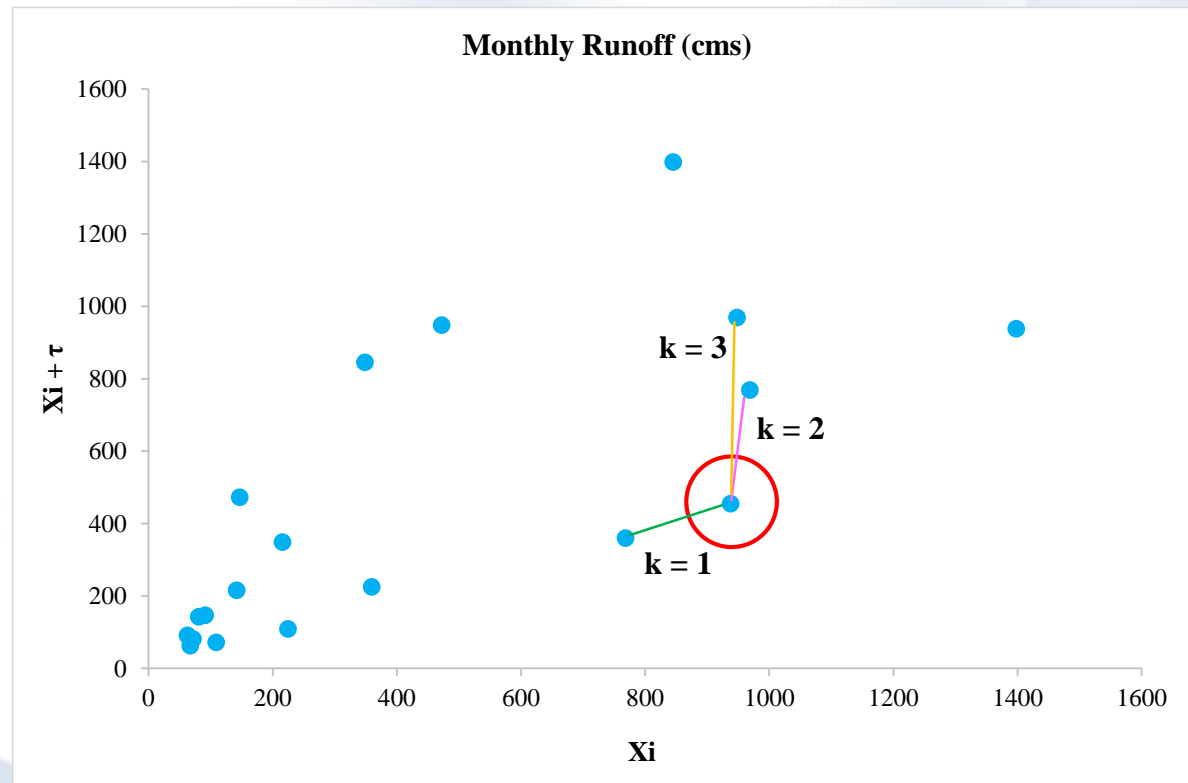
ทฤษฎี Phase Space Reconstruction (PSR)

นำชุดของอนุกรมข้อมูลที่สร้างขึ้น มาหาความสัมพันธ์กัน
เพื่อใช้คาดการณ์ค่าที่ล่วงหน้าด้วยวิธีการ

K Nearest Neighbor (KNN)

$$m=2 / \tau=1 / k=3$$

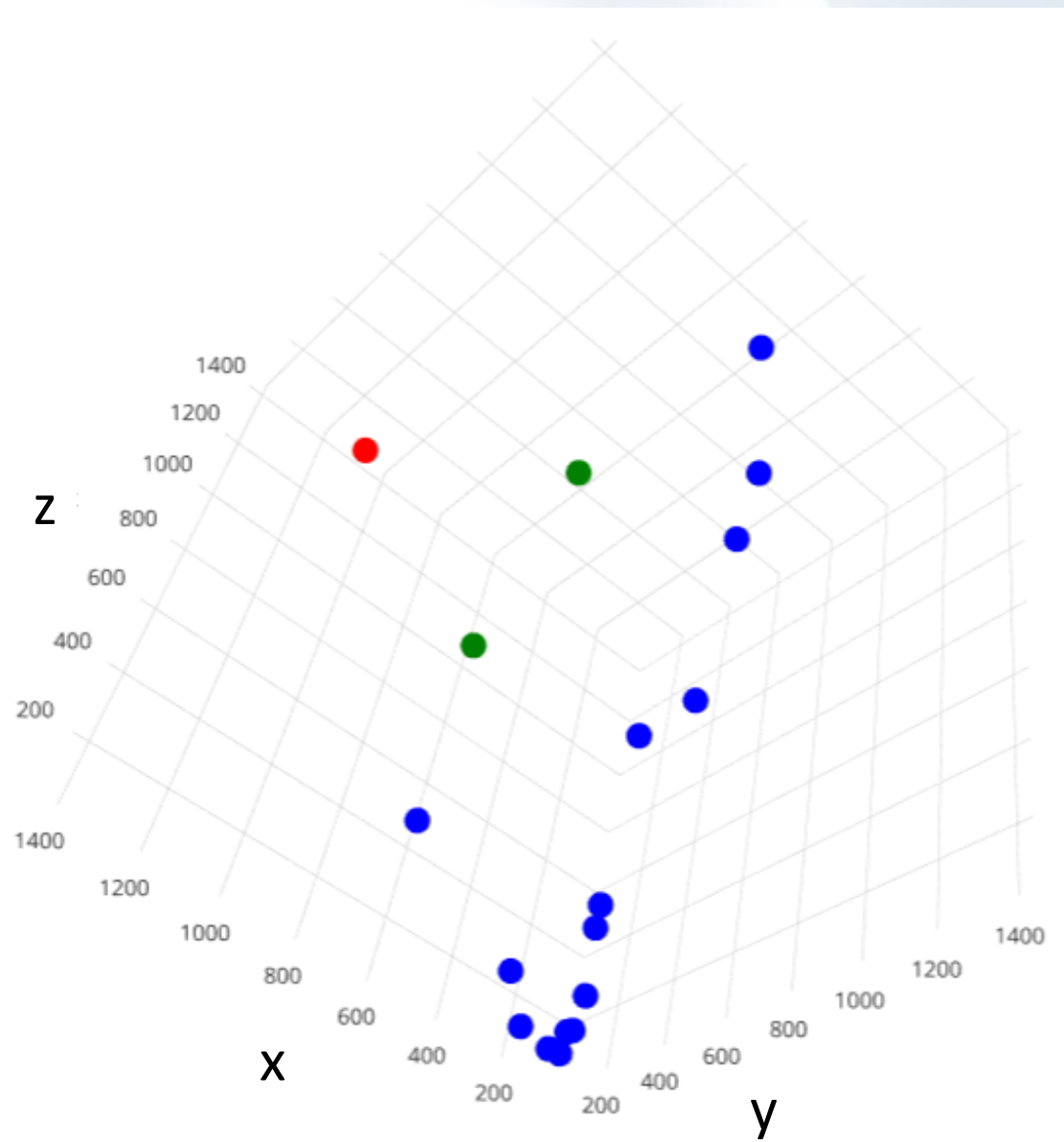
Number of Month	Monthly Runoff (cms)	
	X_i	$X_{i+\tau}$
1	67.4	62.6
2	62.6	91.3
3	91.3	146.9
4	146.9	472.3
5	472.3	948.0
6	948.0	969.0
7	969.0	768.4
8	768.4	359.5
9	359.5	224.8
10	224.8	109.2
11	109.2	71.6
12	71.6	81.2
13	81.2	142.2
14	142.2	215.7
15	215.7	348.6
16	348.6	845.1
17	845.1	1398.2
18	1398.2	938.0
19	938.0	454.9
20	454.9	



ทฤษฎี Phase Space Reconstruction (PSR)

$$m=3 / \tau=1 / k=2$$

Number of Month	Monthly Runoff (cms)		
	X_i	$X_{i+\tau}$	$X_{i+2\tau}$
1	67.4	62.6	91.3
2	62.6	91.3	146.9
3	91.3	146.9	472.3
4	146.9	472.3	948.0
5	472.3	948.0	969.0
6	948.0	969.0	768.4
7	969.0	768.4	359.5
8	768.4	359.5	224.8
9	359.5	224.8	109.2
10	224.8	109.2	71.6
11	109.2	71.6	81.2
12	71.6	81.2	142.2
13	81.2	142.2	215.7
14	142.2	215.7	348.6
15	215.7	348.6	845.1
16	348.6	845.1	1398.2
17	845.1	1398.2	938.0
18	1398.2	938.0	454.9
19	938.0	454.9	
20	454.9		



ทฤษฎี Phase Space Reconstruction (PSR)

พารามิเตอร์ของวิธีการ

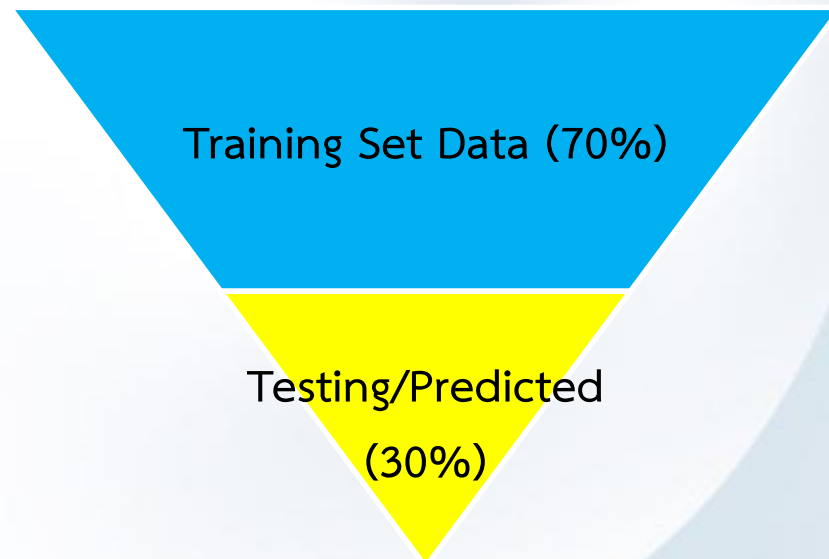
Phase Space Reconstruction (PSR) ประกอบด้วย

- มิติ (embedding dimension; m)
- เวลาที่เหลื่อมกัน (delay time; τ)
- จำนวนของค่าที่ใกล้สุดที่ใช้เฉลี่ย (K-nearest; k)

ขั้นตอนการศึกษา

(1) ศึกษาทฤษฎีของวิธีการ Phase Space
Reconstruction (PSR)

(2) คัดเลือกสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำปิงตอนบน
ที่มีข้อมูลยาวนานเพียงพอสำหรับ
การฝึกหัด (Training) และการทดสอบ (Testing)
โปรแกรม PSR



ขั้นตอนการศึกษา

(3) ประยุกต์ใช้โปรแกรม PSR ที่สร้างขึ้น เพื่อการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่า

- แบบรายเดือนล่วงหน้า 1 ถึง 12 เดือน

- แบบรายวันล่วงหน้า 1 ถึง 7 วัน

(4) เปรียบเทียบผลจากการคาดการณ์น้ำท่า กับ ข้อมูลน้ำท่าจากการตรวจวัด โดยใช้ตัวแปรทางสถิติดังนี้

1) สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient; r)

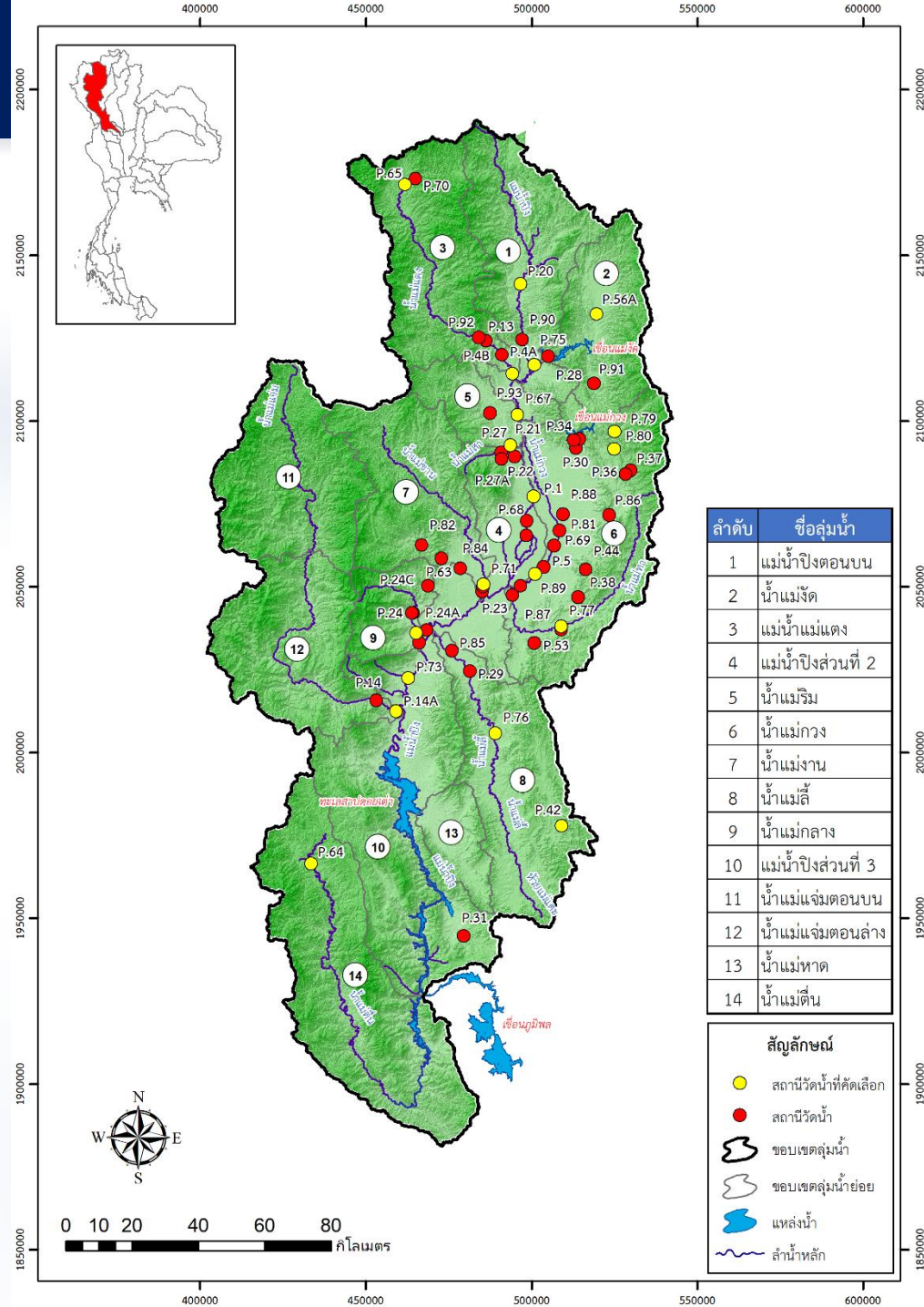
2) ดัชนีประสิทธิภาพ (Efficiency Index; EI)

3) รากที่สองของความผิดพลาดเฉลี่ยยกกำลังสองสัมพัทธ์
(Relative Root Mean Square Error; Rel. RMSE)

ผลการศึกษา

การคัดเลือกสถานีวัดน้ำท่า
ในกลุ่มน้ำปิงตอนบน
ที่มีข้อมูลยาวนานเพียงพอ

- มีจำนวนสถานีวัดน้ำท่าทั้งสิ้น 62 สถานี
- มีสถานีวัดน้ำท่าจำนวน 19 สถานี
ที่มีข้อมูลไม่น้อยกว่า 13 ปี
เพื่อให้มีข้อมูลเพียงพอ
สำหรับการฝึกหัด (Training)
และการทดสอบ (Testing)



ผลการศึกษา

การสร้างโปรแกรม PSR อธิบายด้วย Flowchart

โดยการศึกษา

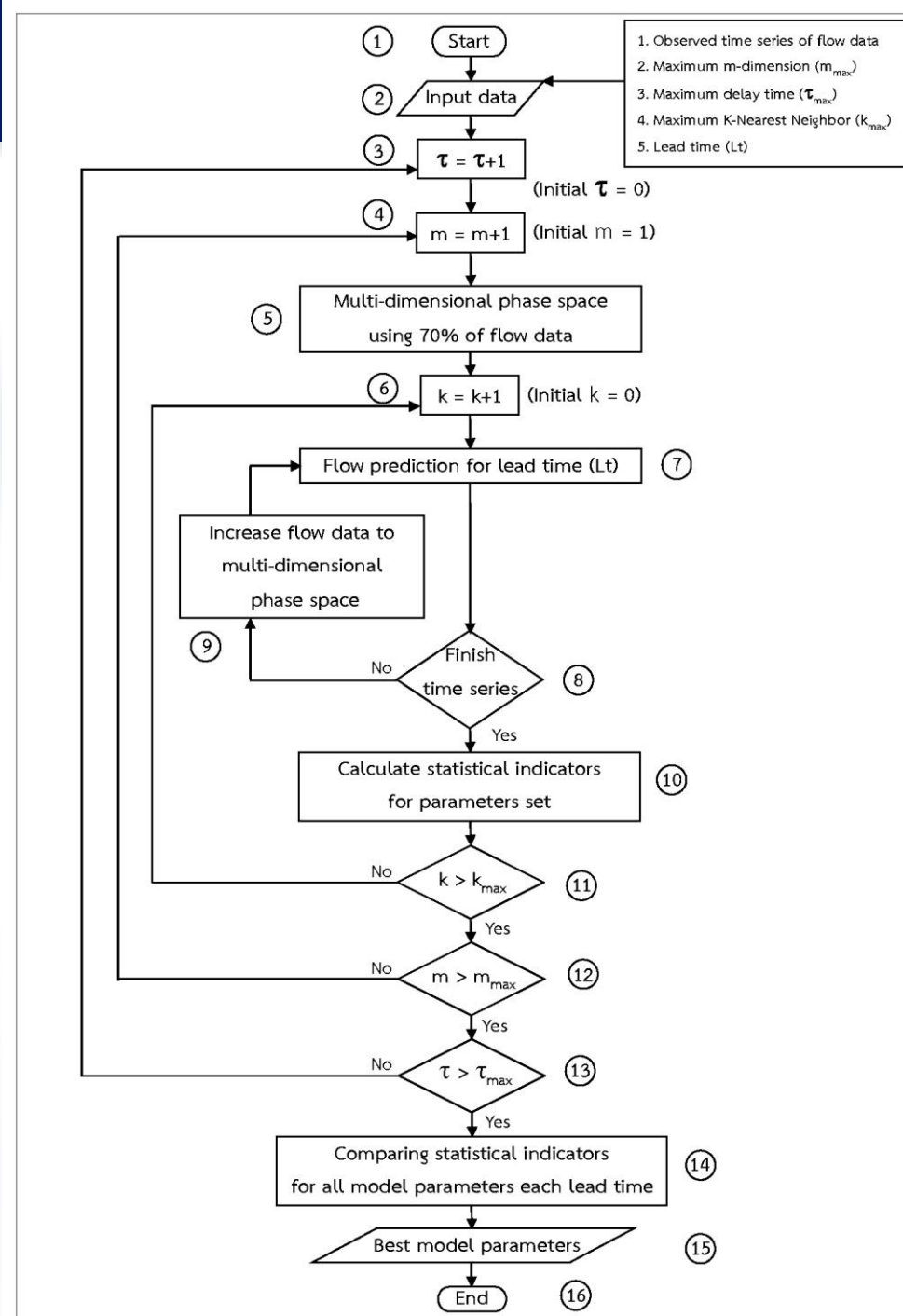
กำหนดให้พารามิเตอร์ของวิธีการ PSR

m มีค่าระหว่าง 2 ถึง 15

τ มีค่าระหว่าง 1 ถึง 12

k มีค่าระหว่าง 1 ถึง 15

การประยุกต์ใช้ PSR จะมีชุดพารามิเตอร์
ที่ต้องทดสอบมากที่สุดจำนวน 2,520 ชุด



ผลการศึกษา

การประยุกต์ใช้วิธีการ Phase Space Reconstruction (PSR)
เพื่อการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่า โดยใช้ข้อมูล

ปริมาณน้ำท่า
ที่สถานีวัดน้ำท่า

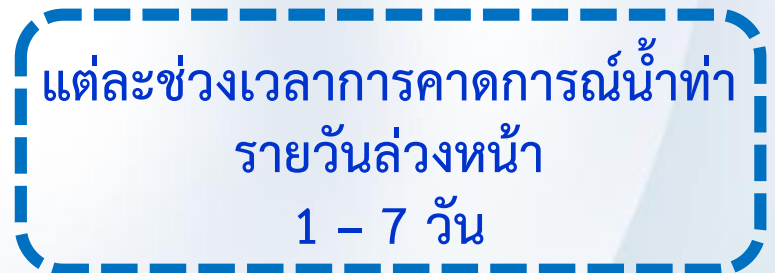
สถานีวัดน้ำท่า จำนวน 19 สถานี
P.1, P.4A, P.5, P.14, P.20, P.21,
P.24A, P.42, P.56A, P.64, P.65,
P.67, P.71, P.73, P.75, P.76,
P.77, P.79 และ P.80

ปริมาณการไหลเข้าเขื่อน

เขื่อนภูมิพล
เขื่อนแม่จัดสมบูรณ์ชล
เขื่อนแม่กวางอุดมธารา

ผลการศึกษา

ผลการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่า



ผลการศึกษา (รายเดือน)

ผลการประเมินตัวแปรทางสถิติในภาพรวมของแต่ละช่วงเวลาการ
คาดการณ์น้ำท่ารายเดือนล่วงหน้าของทุกสถานีวัดน้ำท่าและเขื่อน

ลำดับ ที่	เวลาคาดการณ์ ล่วงหน้า (เดือน)	EI (%)			Rel. RMSE (%)			r		
		ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด
1	12	62.4 (4.7)	88.3 (0.2)	46.5 (0.0)	69.4 (-4.2)	100.2 (0.0)	26.9 (-0.7)	0.81 (1.73)	0.94 (-0.23)	0.71 (0.00)
2	1	63.2 (1.6)	79.2 (0.5)	48.6 (0.0)	70.6 (-1.5)	104.0 (0.0)	44.1 (-3.4)	0.82 (0.37)	0.90 (-0.26)	0.74 (0.00)
3	9	61.4 (5.4)	83.2 (-6.5)	44.8 (3.8)	71.8 (-4.3)	113.8 (0.0)	40.0 (-0.8)	0.80 (1.97)	0.92 (-1.98)	0.70 (0.00)
4	11	60.7 (2.7)	78.9 (-4.2)	41.1 (0.0)	71.7 (-2.1)	111.8 (0.0)	39.1 (0.0)	0.80 (0.82)	0.89 (-0.25)	0.69 (0.00)
5	7	60.5 (3.8)	80.5 (2.6)	45.1 (0.0)	72.5 (-3.1)	109.3 (0.0)	36.2 (0.0)	0.80 (1.56)	0.90 (1.01)	0.69 (0.00)
6	8	60.5 (4.5)	81.7 (-2.6)	43.1 (5.2)	72.8 (-3.4)	112.7 (0.0)	36.2 (0.0)	0.79 (1.79)	0.91 (-0.16)	0.69 (0.00)
7	10	60.1 (5.5)	80.8 (-4.7)	45.2 (0.0)	72.6 (-4.6)	112.9 (0.0)	40.7 (0.0)	0.79 (2.10)	0.90 (-1.91)	0.70 (0.00)
8	3	59.6 (5.0)	77.5 (4.9)	44.4 (4.3)	72.3 (-3.6)	99.2 (0.0)	41.7 (3.0)	0.80 (2.01)	0.90 (0.83)	0.71 (3.39)
9	5	59.8 (3.7)	74.9 (8.6)	42.9 (-22.1)	72.6 (-3.1)	110.1 (0.0)	37.9 (0.0)	0.79 (1.12)	0.87 (3.94)	0.66 (0.00)
10	2	59.8 (7.0)	74.3 (6.2)	46.0 (3.0)	72.6 (-5.5)	101.3 (0.0)	47.3 (-5.1)	0.79 (3.54)	0.88 (3.12)	0.70 (4.33)
11	4	59.5 (1.6)	72.6 (12.0)	42.6 (4.4)	72.5 (-0.9)	101.3 (0.0)	40.9 (-4.6)	0.79 (0.46)	0.87 (4.14)	0.74 (-1.84)
12	6	59.8 (2.7)	78.3 (0.0)	42.8 (0.0)	73.0 (-2.3)	109.6 (0.0)	36.1 (0.0)	0.80 (0.80)	0.89 (0.00)	0.67 (0.00)
ค่าเฉลี่ย		60.6	79.2	44.4	72.0	107.2	38.9	0.80	0.90	0.70
เปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย		(4.0)	(1.2)	(-0.1)	(-3.2)	(0.0)	(-1.1)	(1.52)	(0.65)	(0.49)

- ค่าทางสถิติที่ดีที่สุดคือ
การคาดการณ์ล่วงหน้า 12 เดือน
- ค่าสถิติที่ด้อยที่สุดคือ
การคาดการณ์ล่วงหน้า 6 เดือน
- ผลการคาดการณ์สำหรับทั้ง
12 เดือน
มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก

ผลการศึกษา (รายเดือน)

ผลการประเมินตัวแปรทางสถิติในภาพรวมของการคาดการณ์น้ำท่า
รายเดือนของทุกช่วงเวลาในแต่ละสถานีวัดน้ำท่าและเขื่อน

ลำดับ ที่	สถานีวัดน้ำท่า	พื้นที่รับน้ำฝน (ตร.กม.)	จำนวนสถิติข้อมูล (ปี)	EI (%)			Rel. RMSE (%)			r		
				ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด
1	P.80	129	13	74.3 (0.7)	88.3 (0.2)	63.9 (0.0)	40.8 (0.7)	66.3 (0.0)	26.9 (-0.7)	0.87 (0.39)	0.94 (-0.23)	0.82 (3.33)
2	P.56A	546	13	78.0 (-5.7)	83.2 (-0.6)	72.6 (-12.7)	45.5 (9.4)	51.4 (15.6)	40.0 (4.9)	0.89 (-1.58)	0.92 (-0.98)	0.87 (-2.10)
3	P.64	502	18	69.3 (-0.7)	73.8 (0.2)	67.2 (-8.1)	48.0 (0.7)	52.2 (7.6)	41.8 (-0.2)	0.86 (-0.69)	0.87 (2.11)	0.84 (-3.83)
4	P.65	243	15	71.2 (7.3)	74.2 (9.5)	66.2 (0.9)	53.6 (-9.9)	59.2 (-4.2)	50.0 (-14.2)	0.86 (2.73)	0.87 (3.19)	0.83 (0.15)
5	เขื่อนแม่จันทน์ชล	1,281	30	72.0 (1.0)	79.2 (0.0)	70.1 (-2.4)	60.8 (-1.4)	63.9 (-0.9)	51.8 (0.0)	0.86 (0.80)	0.90 (0.99)	0.84 (-0.72)
6	P.75	3,080	13	55.8 (-1.7)	61.7 (16.0)	44.4 (-24.7)	48.9 (1.1)	54.1 (13.1)	44.1 (-10.1)	0.77 (3.57)	0.81 (10.54)	0.70 (-4.42)
7	P.71	1,722	14	60.7 (11.6)	65.0 (12.9)	55.4 (1.3)	64.1 (-9.8)	70.3 (-0.8)	57.1 (-5.8)	0.80 (3.65)	0.82 (4.55)	0.77 (-0.72)
8	เขื่อนแม่กวางอุดมธารา	569	21	65.2 (10.4)	71.4 (11.4)	62.4 (0.4)	73.4 (-8.9)	77.6 (-0.1)	60.2 (-5.7)	0.82 (4.35)	0.85 (6.25)	0.81 (-1.62)
9	P.14	3,836	42	61.9 (4.0)	65.1 (14.2)	60.9 (0.6)	68.9 (-3.4)	69.4 (0.0)	66.1 (-14.3)	0.80 (1.38)	0.81 (8.09)	0.79 (0.19)
10	P.73	14,814	16	68.6 (4.0)	73.5 (3.5)	63.1 (5.7)	78.8 (-4.4)	84.4 (-0.8)	70.7 (-4.4)	0.84 (1.47)	0.88 (0.00)	0.80 (2.28)
11	P.79	136	13	46.5 (9.1)	57.0 (17.7)	41.1 (0.0)	52.6 (-4.5)	57.0 (-2.2)	46.7 (-7.2)	0.75 (1.87)	0.87 (0.00)	0.69 (0.71)

ผลการศึกษา (รายเดือน)

ผลการประเมินตัวแปรทางสถิติในภาพรวมของการคาดการณ์น้ำท่า
รายเดือนของทุกช่วงเวลาในแต่ละสถานีวัดน้ำท่าและเขื่อน

ลำดับ ที่	สถานีวัดน้ำท่า	พื้นที่รับน้ำฝน (ตร.กม.)	จำนวนสถิติข้อมูล (ปี)	EI (%)			Rel. RMSE (%)			r		
				ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด
12	เขื่อนภูมิพล	26,386	31	61.5 (6.7)	68.4 (3.7)	59.7 (6.5)	74.8 -(5.5)	77.7 -(5.9)	67.8 -(4.8)	0.84 (0.10)	0.86 (0.04)	0.81 (2.77)
13	P.21	452	53	57.9 (1.8)	65.4 (5.0)	56.1 (0.0)	67.9 -(1.3)	69.1 (0.0)	61.9 -(4.8)	0.76 (0.92)	0.81 (2.52)	0.75 (0.00)
14	P.1	6,350	62	56.1 (0.4)	66.3 (0.0)	53.6 -(9.1)	70.2 -(0.3)	72.1 (5.4)	62.3 (0.0)	0.75 (0.55)	0.82 (0.00)	0.73 -(2.84)
15	P.20	1,345	33	54.1 (16.1)	62.9 (9.4)	50.5 (11.5)	74.8 -(10.1)	76.7 -(6.0)	66.5 -(6.5)	0.78 (3.40)	0.83 (1.51)	0.76 (2.35)
16	P.24A	452	41	54.0 (7.7)	55.2 (15.2)	53.4 (0.2)	85.0 -(4.7)	85.8 (0.0)	84.3 -(9.3)	0.76 (1.81)	0.79 (1.98)	0.75 (0.00)
17	P.77	550	14	59.5 (0.0)	64.9 (0.0)	53.4 (0.0)	93.3 (0.0)	99.3 (0.0)	89.2 (0.0)	0.80 (0.00)	0.83 (0.00)	0.76 (0.00)
18	P.4A	1,930	36	58.7 (5.6)	68.3 (7.8)	52.3 (0.0)	95.9 -(4.4)	101.3 (0.0)	84.5 -(8.5)	0.78 (2.64)	0.84 (3.16)	0.75 (0.00)
19	P.42	318	17	50.0 (3.5)	56.1 (0.6)	46.5 (0.0)	88.2 -(1.8)	91.7 -(1.0)	84.7 -(2.2)	0.73 (1.62)	0.76 (2.23)	0.72 (0.00)
20	P.67	5,323	18	53.8 (6.7)	59.6 (8.5)	51.4 (4.0)	93.8 -(4.0)	95.9 -(2.1)	85.8 -(2.2)	0.75 (3.37)	0.82 (0.00)	0.74 (3.15)
21	P.5	1,569	23	54.9 (3.2)	60.6 (1.2)	53.4 (0.0)	99.3 -(2.0)	102.3 (0.0)	91.7 -(1.2)	0.76 (1.24)	0.80 (0.00)	0.74 (2.21)
22	P.76	1,545	13	49.2 (1.7)	61.4 (10.3)	42.8 (0.0)	105.9 -(1.0)	113.8 (0.0)	90.6 -(6.5)	0.72 (0.52)	0.81 (2.77)	0.66 (0.00)
ค่าเฉลี่ย				60.6	67.3	56.4	72.0	76.9	64.8	0.80	0.84	0.77
เปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย				(4.0)	(6.3)	-(1.2)	-(3.2)	(0.3)	-(4.8)	(1.52)	(2.17)	(0.04)

ผลการศึกษา (รายเดือน)

ผลการประเมินตัวแปรทางสถิติในภาพรวมของการคาดการณ์น้ำท่ารายเดือนของทุกช่วงเวลาในแต่ละสถานีวัดน้ำท่าและเขื่อน

- ค่าทางสถิติที่ดีที่สุดคือ
การคาดการณ์สำหรับสถานีวัดน้ำท่า P.80
- ค่าสถิติที่ด้อยที่สุดคือ
การคาดการณ์สำหรับสถานีวัดน้ำท่า P.76
- ผลการคาดการณ์สำหรับทั้ง
19 สถานี และ 3 เขื่อน มีค่าแตกต่างกัน
พอสมควร

ผลการศึกษา (รายเดือน)

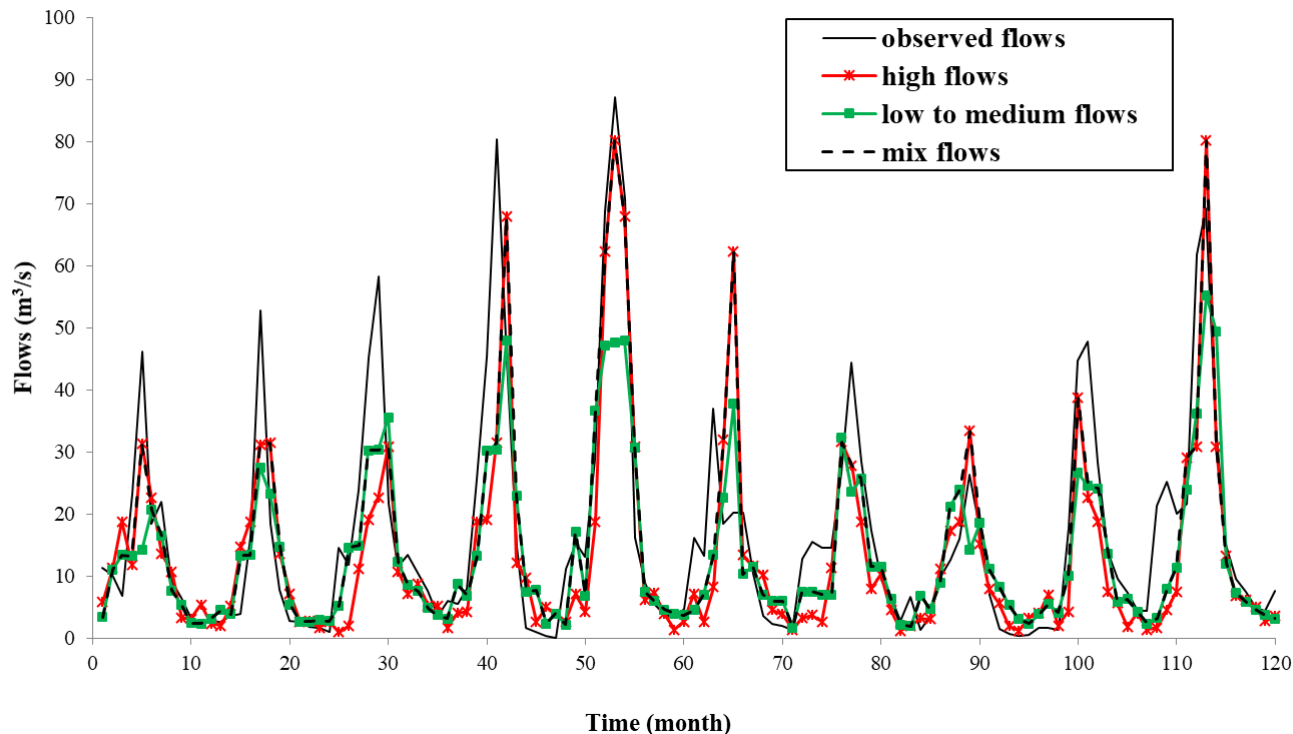
ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ชุดพารามิเตอร์และค่าตัวแปรทางสถิติสำหรับการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่ารายเดือนล่วงหน้าตั้งแต่ 1 ถึง 12 เดือนของสถานีวัดน้ำท่า P.80

เวลาคาดการณ์ ล่วงหน้า (เดือน)	high flows						low to medium flows						Q (m ³ /s)	mix flows			การปรับปรุง		
	ค่าพารามิเตอร์			ค่าตัวแปรทางสถิติ			ค่าพารามิเตอร์			ค่าตัวแปรทางสถิติ				ค่าตัวแปรทางสถิติ (%)					
	m	τ	k	r	EI (%)	Rel. RMSE (%)	m	τ	k	r	EI (%)	Rel. RMSE (%)		r	EI (%)	Rel. RMSE (%)	r	EI (%)	Rel. RMSE (%)
1	8	4	1	0.91	62.55	67.49	10	10	2	0.88	63.87	66.28	6	0.88	63.87	66.28	0.00	0.00	0.00
2	7	4	1	0.89	67.03	49.53	9	7	5	0.85	69.95	47.29	6	0.85	69.95	47.29	0.00	0.00	0.00
3	7	4	1	0.81	56.03	47.65	8	7	13	0.82	66.38	41.66	7	0.85	69.95	47.29	3.54	5.39	13.50
4	7	4	1	0.80	55.14	49.29	8	7	11	0.84	69.04	40.95	3	0.85	71.81	39.08	1.62	4.00	-4.57
5	7	10	1	0.77	57.40	49.40	8	2	10	0.87	74.89	37.93	4	0.87	74.89	37.93	0.00	0.00	0.00
6	8	4	1	0.82	60.90	48.43	8	2	10	0.89	78.25	36.12	4	0.89	78.25	36.12	0.00	0.00	0.00
7	7	4	1	0.83	62.32	48.33	8	2	10	0.89	78.81	36.25	4	0.89	78.81	36.25	0.00	0.00	0.00
8	7	4	1	0.83	63.72	47.98	8	2	10	0.89	79.37	36.18	4	0.89	79.37	36.18	0.00	0.00	0.00
9	7	4	1	0.83	63.35	47.87	7	2	14	0.86	73.79	40.49	4	0.86	73.79	40.49	0.00	0.00	0.00
10	5	3	1	0.80	61.42	48.66	4	5	2	0.86	73.02	40.69	7	0.86	73.02	40.69	0.00	0.00	0.00
11	7	10	1	0.77	59.43	50.51	6	8	10	0.89	75.63	39.15	4	0.89	75.63	39.15	0.00	0.00	0.00
12	6	8	1	0.86	65.08	46.42	6	3	14	0.94	88.30	26.86	3	0.94	88.47	26.67	-0.23	0.19	-0.72
ค่าเฉลี่ย				0.83	61.20	50.13				0.87	74.28	40.82	5	0.88	74.82	41.12	0.41	0.80	0.68

ผลการศึกษา (รายเดือน)

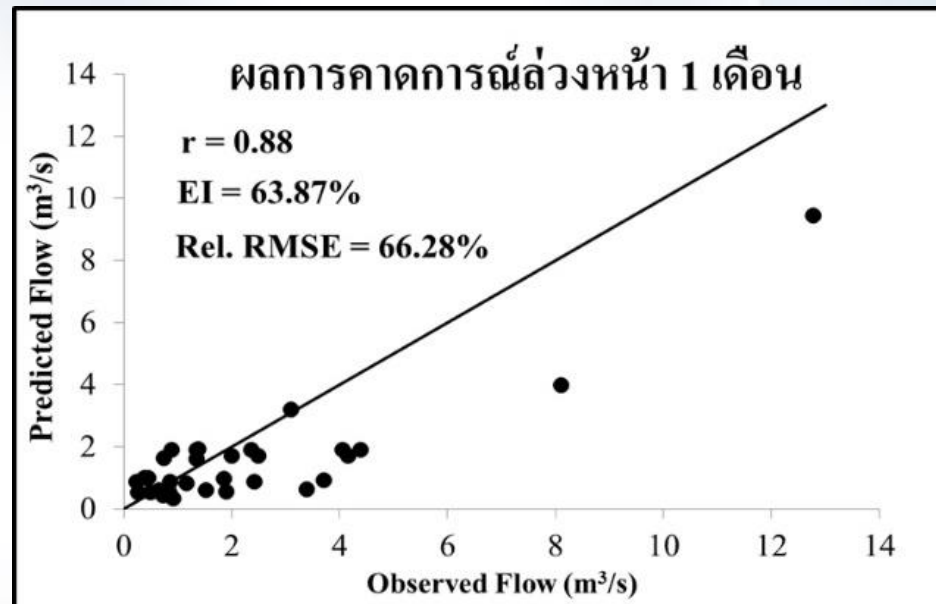
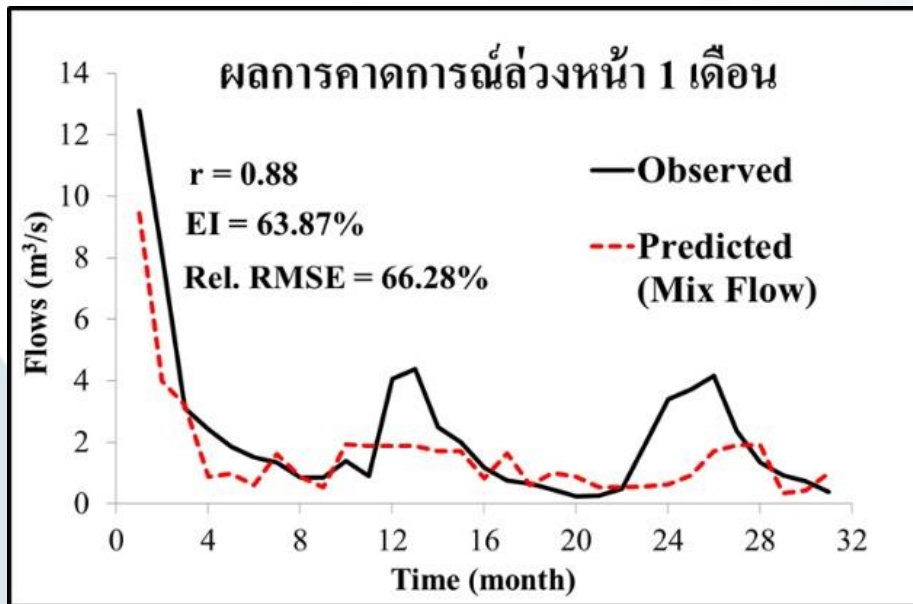
การเพิ่มความถูกต้องของผลการคาดการณ์น้ำท่ารายเดือนล่วงหน้า
ด้วยการผสมปริมาณการไหล (Mix Flows) ตัวอย่าง.สถานี P.20

เวลาคาดการณ์ ล่วงหน้า (เดือน)	high flows						low to medium flows						Q (m ³ /s)	mix flows			การปรับปรุง		
	ค่าพารามิเตอร์			ค่าตัวแปรทางสถิติ			ค่าพารามิเตอร์			ค่าตัวแปรทางสถิติ				ค่าตัวแปรทางสถิติ (%)					
	m	τ	k	r	EI (%)	Rel. RMSE (%)	m	τ	k	r	EI (%)	Rel. RMSE (%)		r	EI (%)	Rel. RMSE (%)	r	EI	Rel. RMSE
1	6	10	1	0.80	60.23	68.78	6	5	2	0.83	62.87	66.45	23	0.83	67.51	62.16	0.21	7.39	-6.46



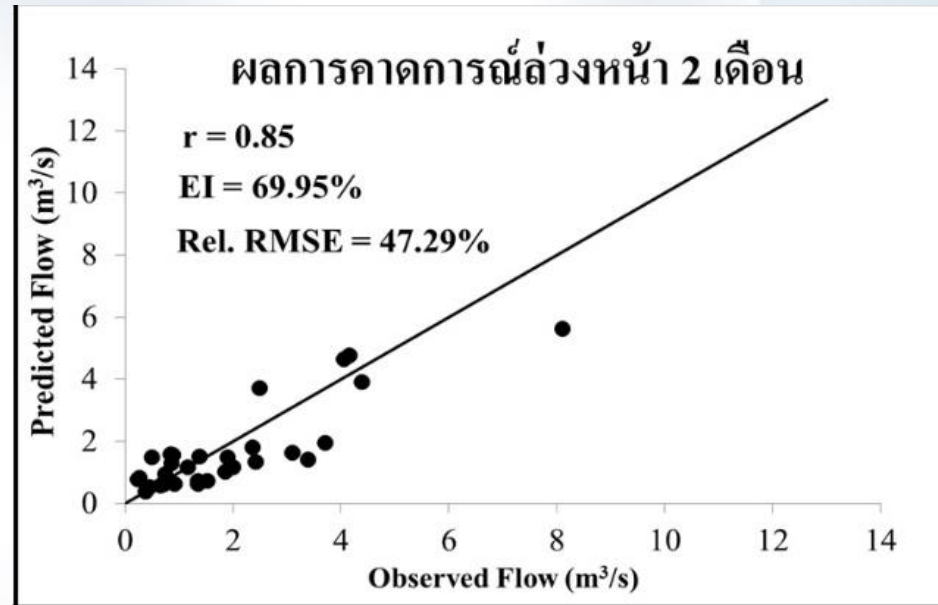
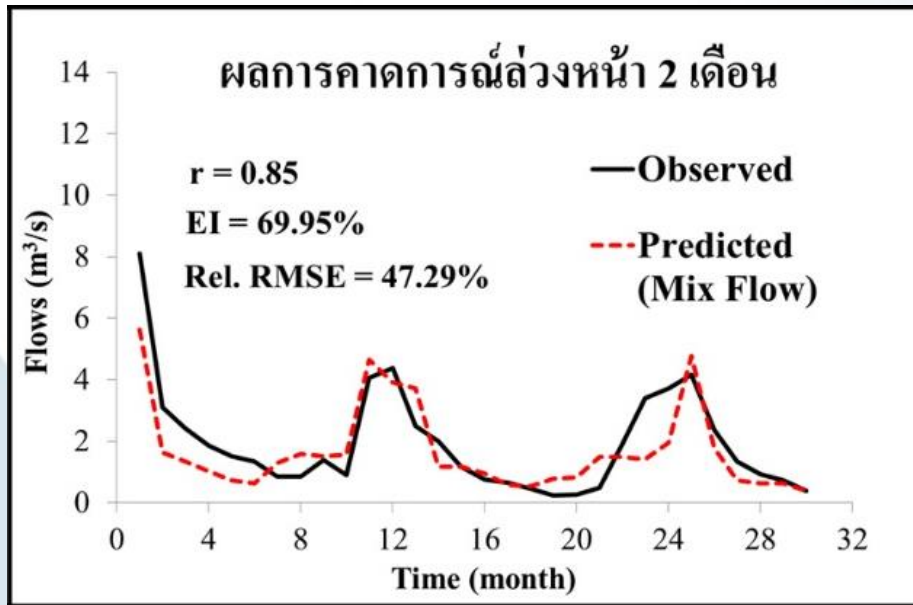
ผลการศึกษา (รายเดือน)

สถานีวัดน้ำท่า P.80



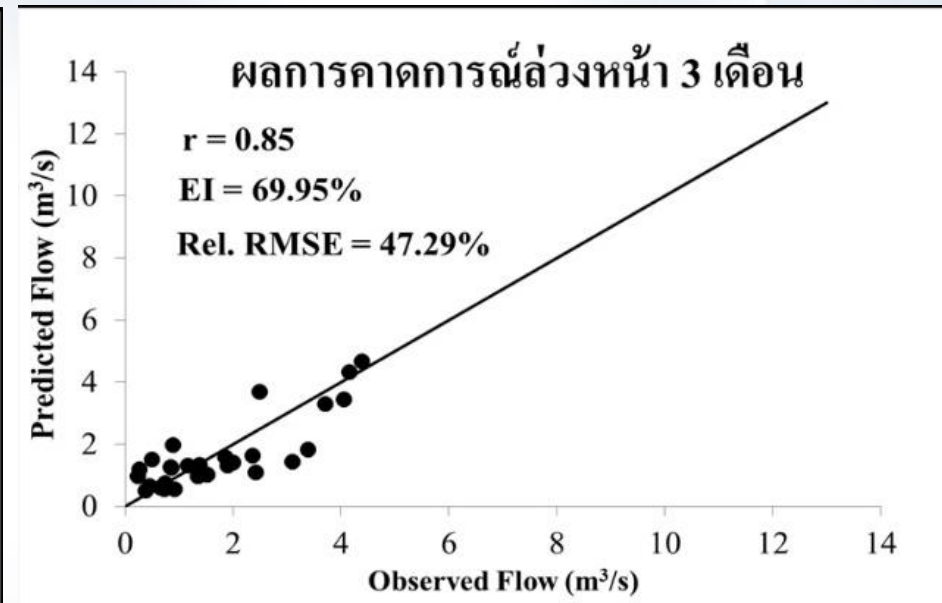
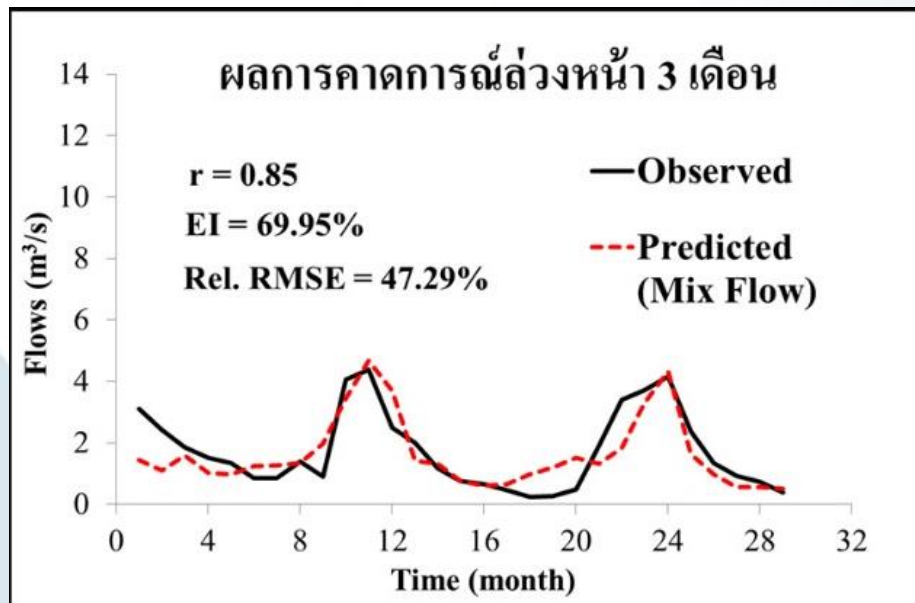
ผลการศึกษา (รายเดือน)

สถานีวัดน้ำท่า P.80



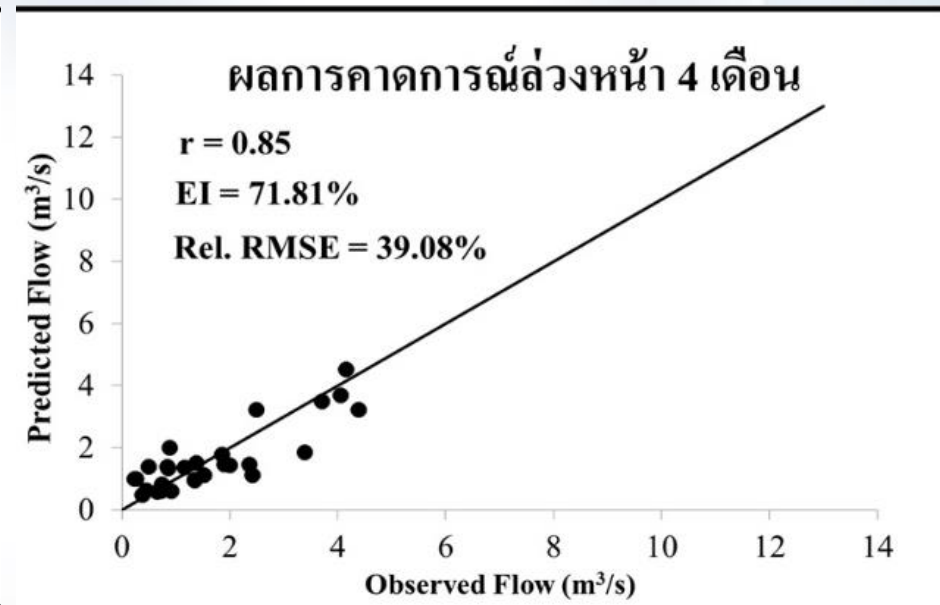
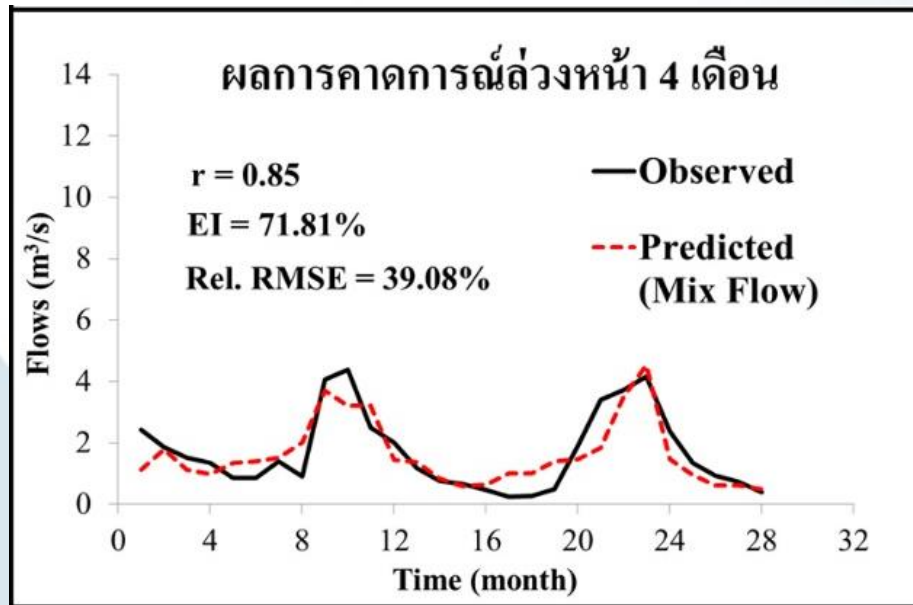
ผลการศึกษา (รายเดือน)

สถานีวัดน้ำท่า P.80



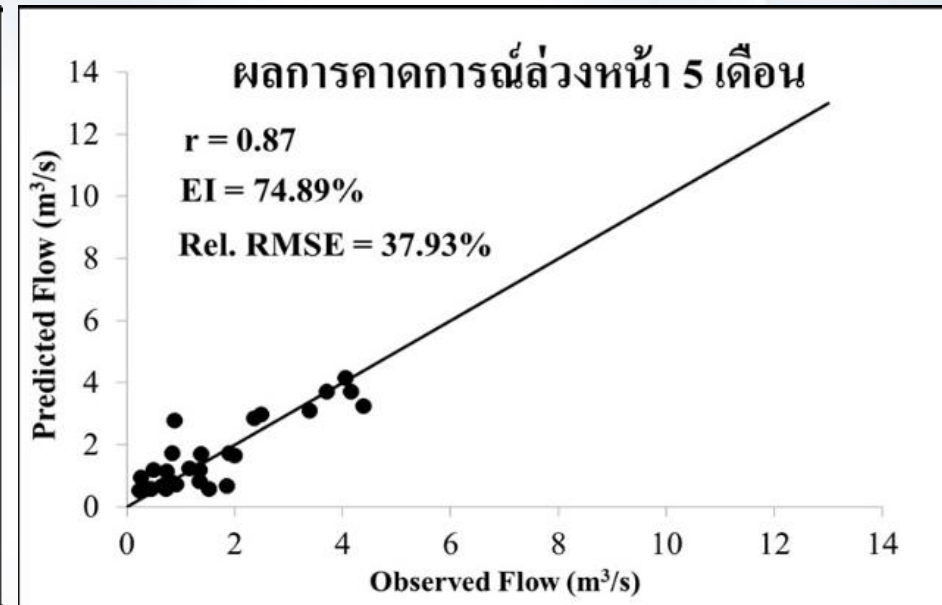
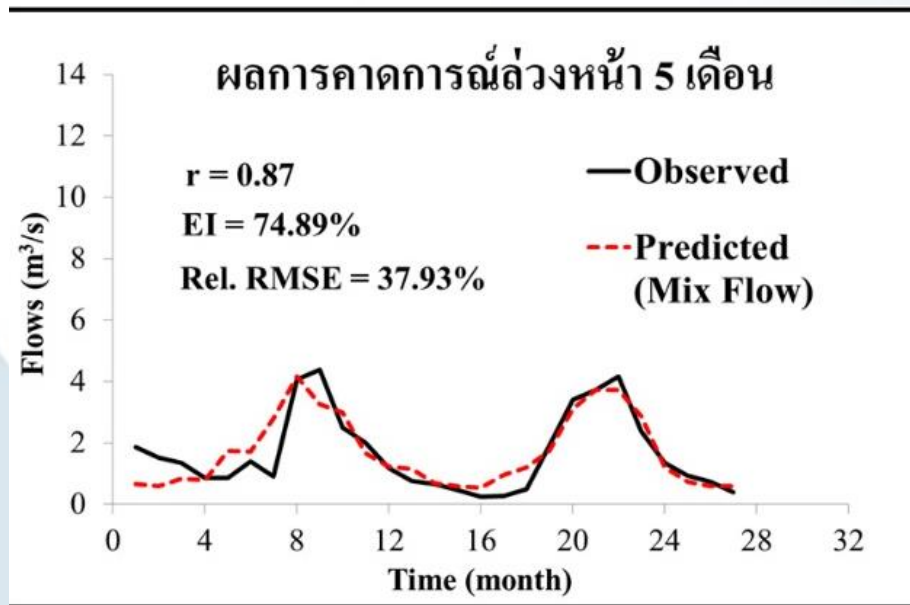
ผลการศึกษา

สถานีวัดน้ำท่า P.80



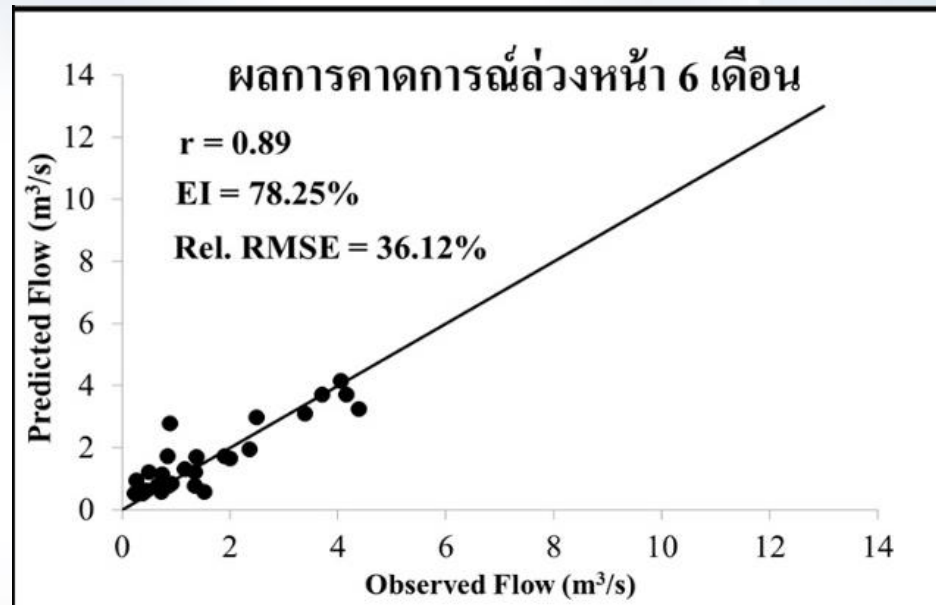
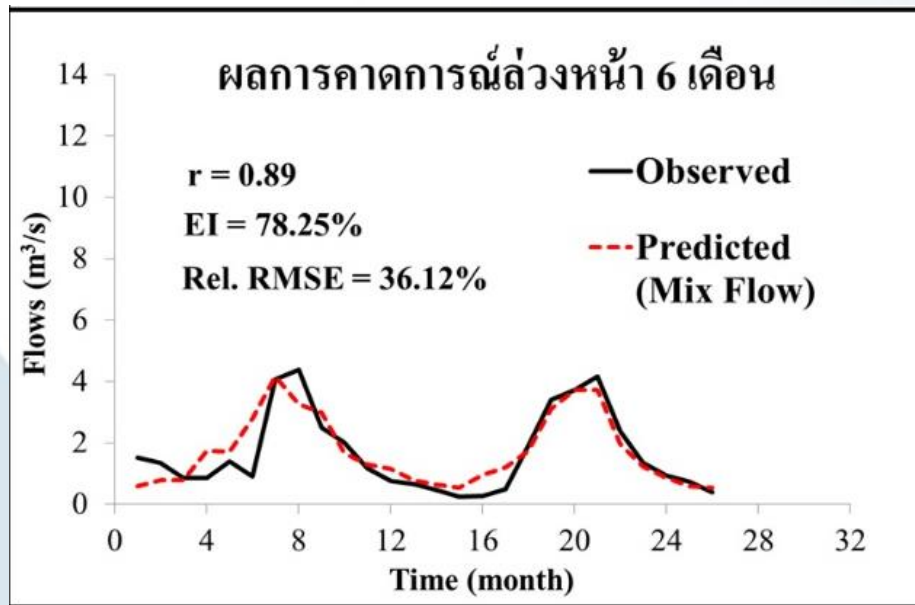
ผลการศึกษา (รายเดือน)

สถานีวัดน้ำท่า P.80



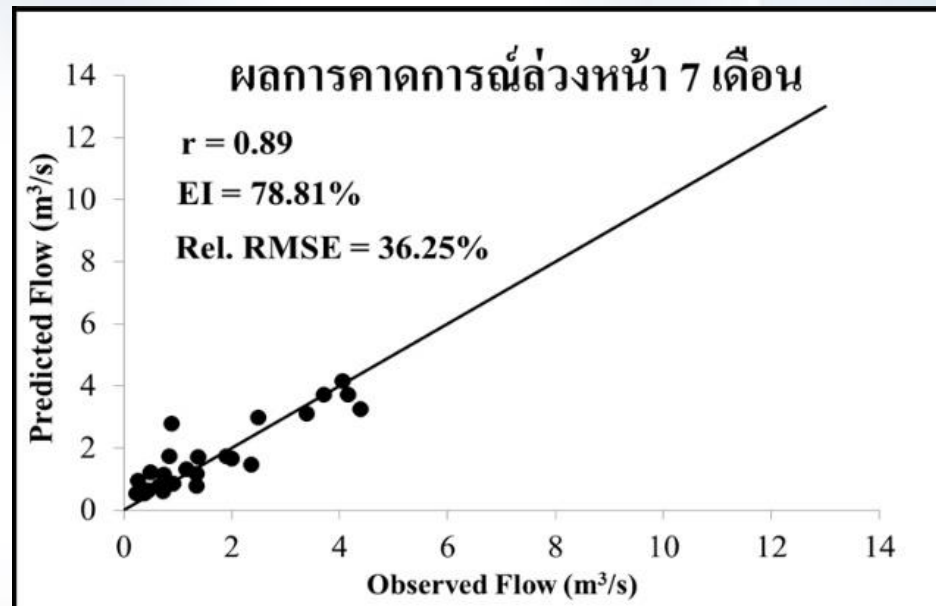
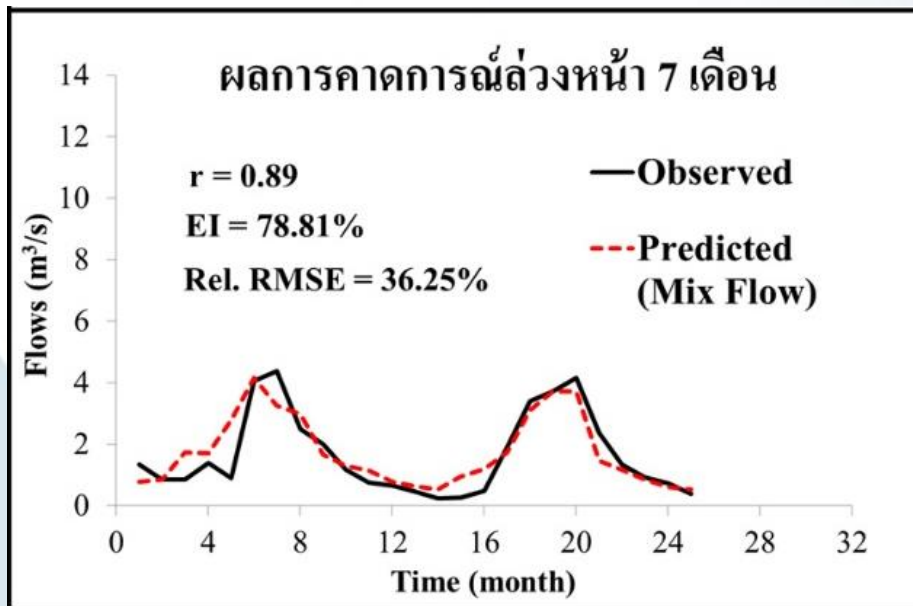
ผลการศึกษา (รายเดือน)

สถานีวัดน้ำท่า P.80



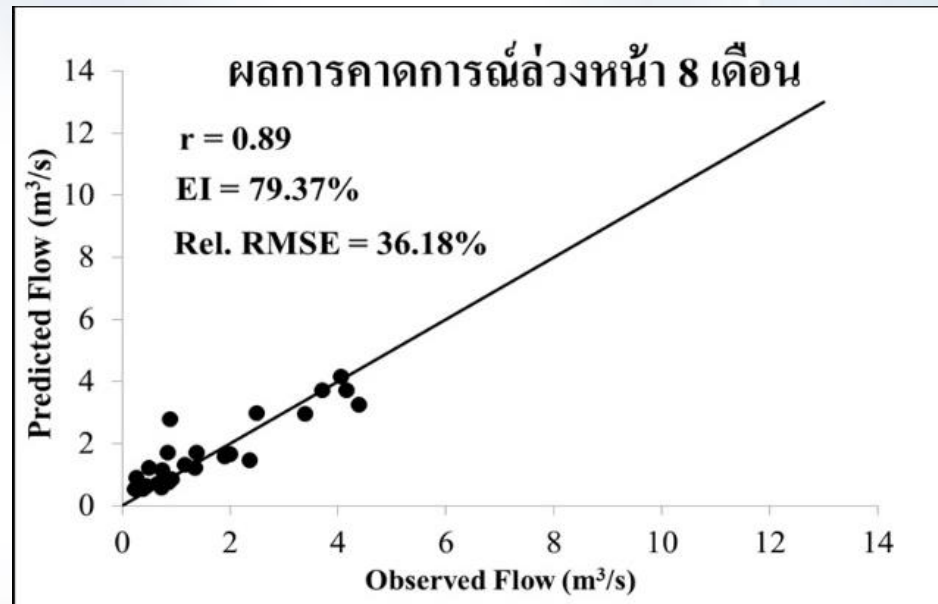
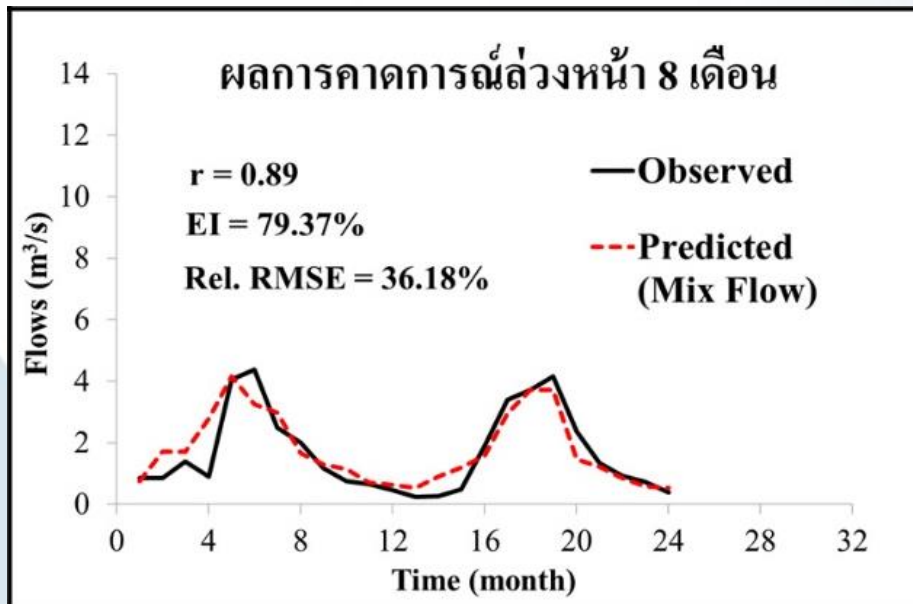
ผลการศึกษา (รายเดือน)

สถานีวัดน้ำท่า P.80



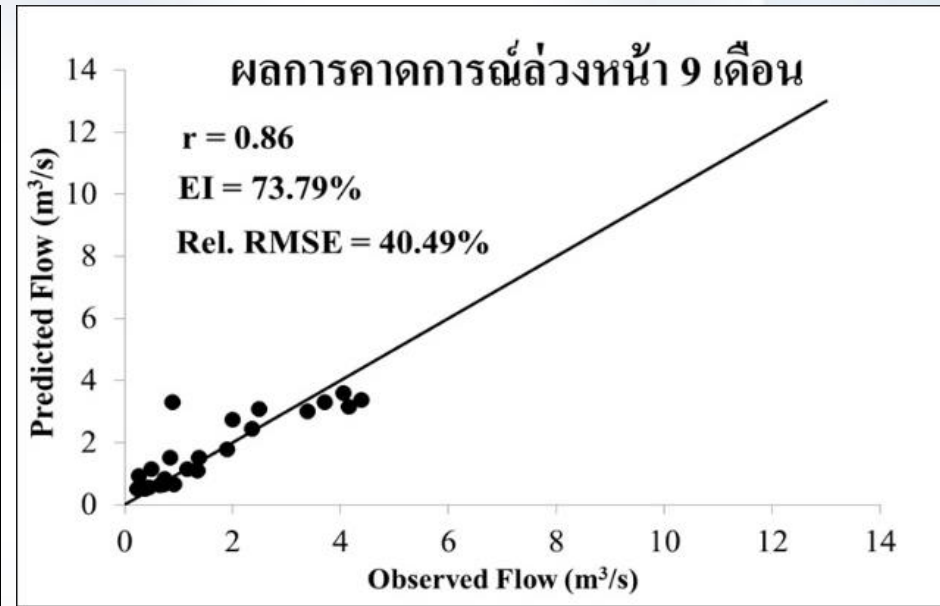
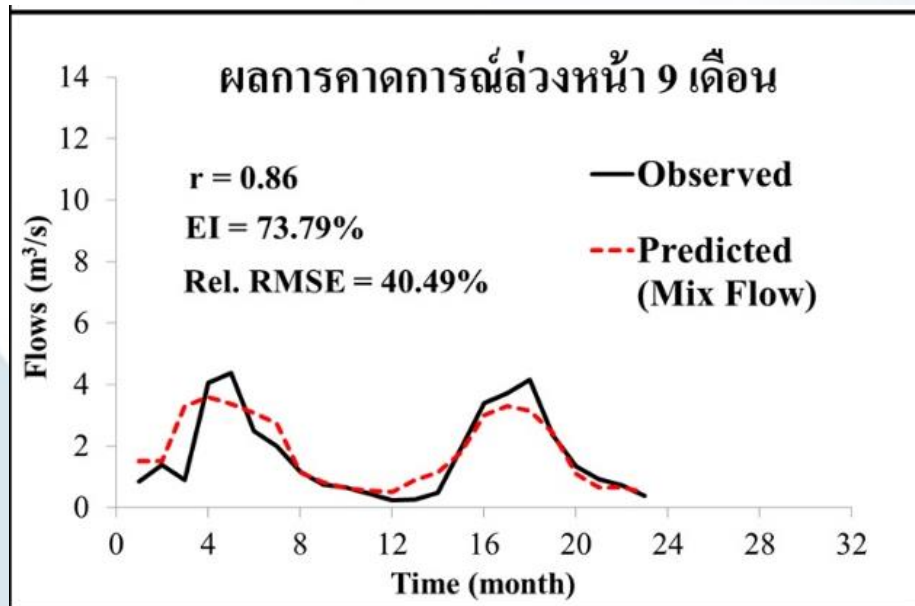
ผลการศึกษา (รายเดือน)

สถานีวัดน้ำท่า P.80



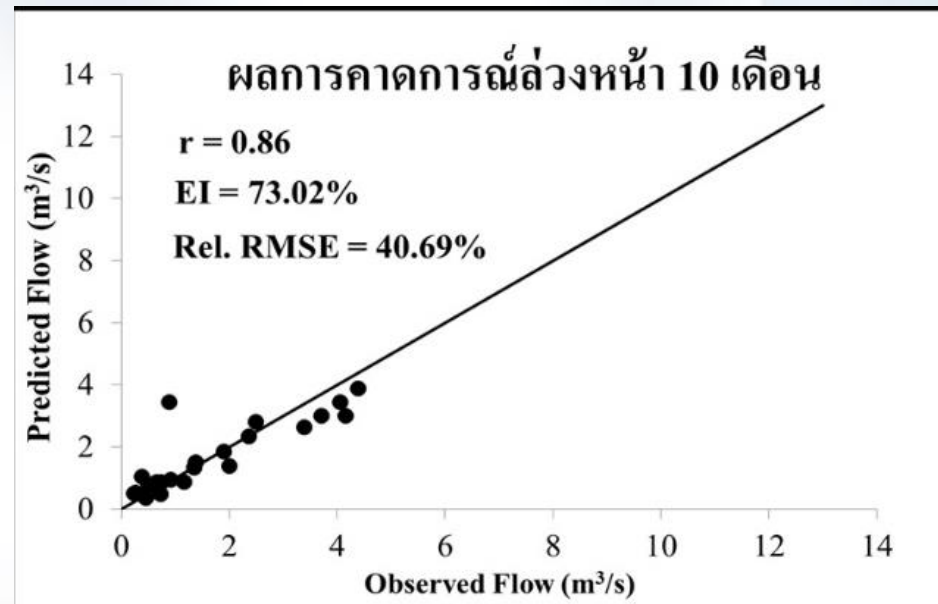
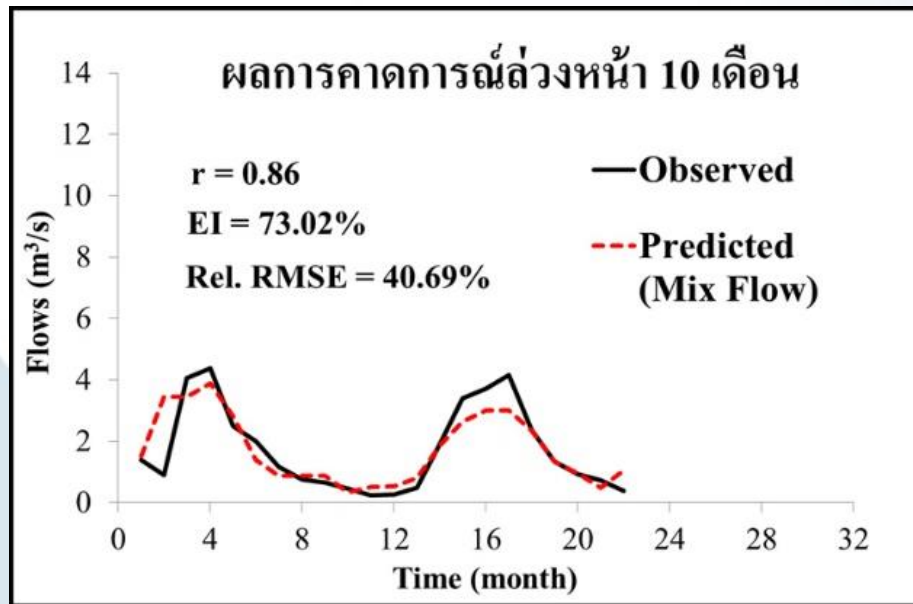
ผลการศึกษา (รายเดือน)

สถานีวัดน้ำท่า P.80



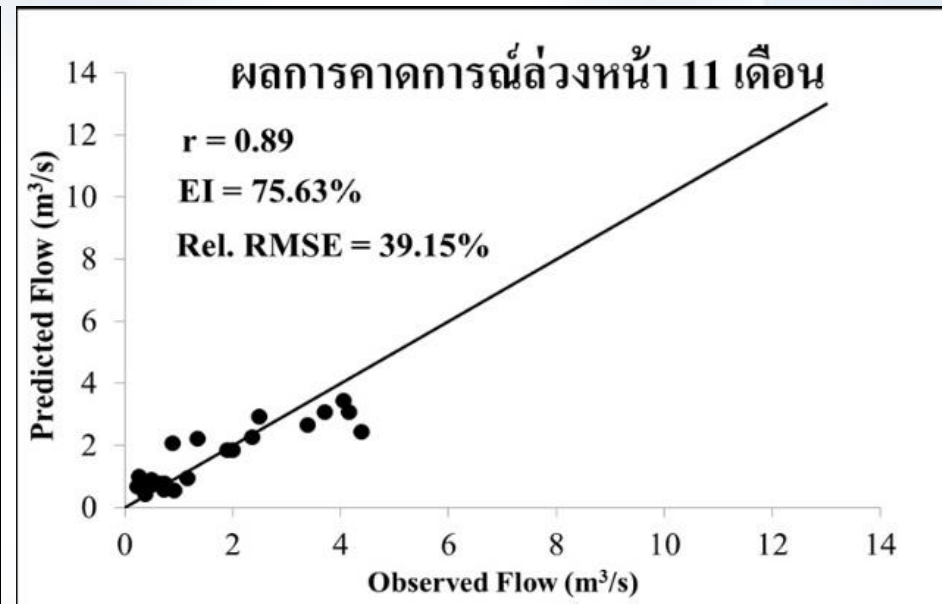
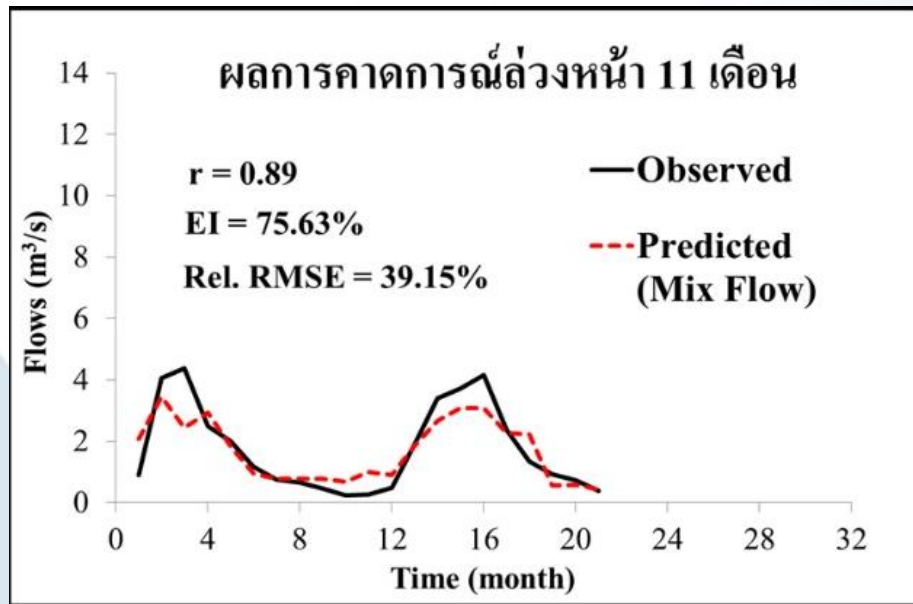
ผลการศึกษา (รายเดือน)

สถานีวัดน้ำท่า P.80



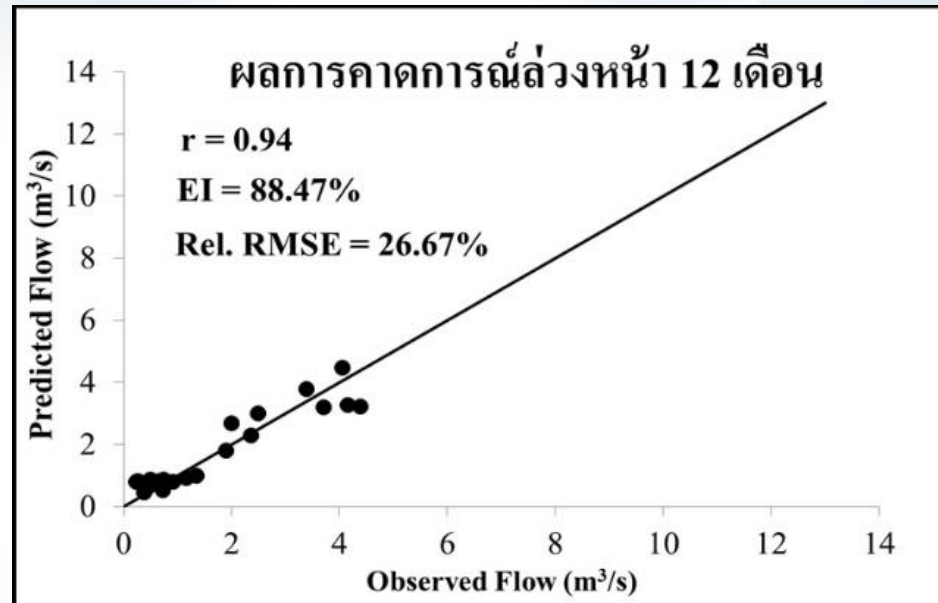
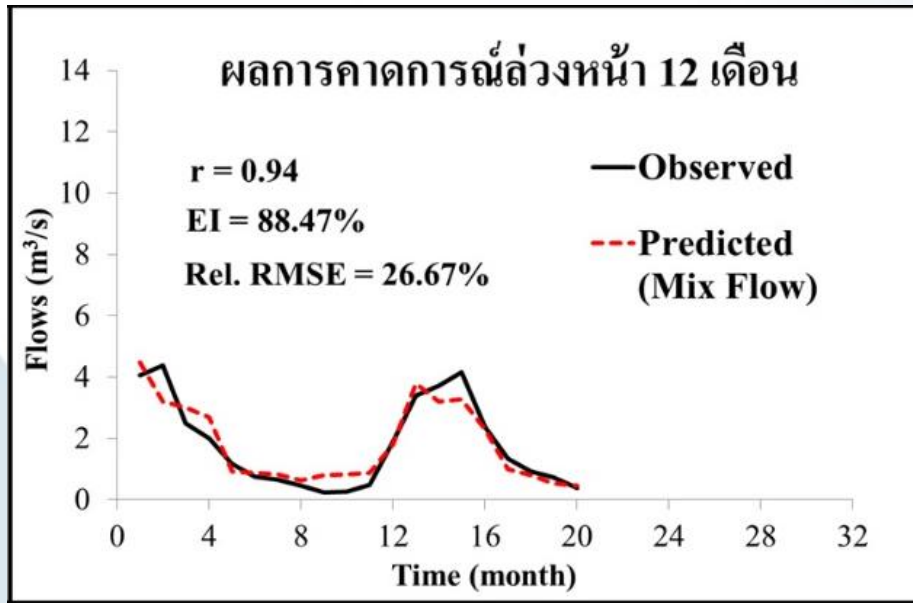
ผลการศึกษา (รายเดือน)

สถานีวัดน้ำท่า P.80



ผลการศึกษา (รายเดือน)

สถานีวัดน้ำท่า P.80



ผลการศึกษา (รายวัน)

ผลการประเมินตัวแปรทางสถิติของแต่ละช่วงเวลาการคาดการณ์น้ำท่า
รายวันล่วงหน้าของทุกสถานีวัดน้ำท่าและทุกเขื่อน

ลำดับ ที่	เวลาคาดการณ์ ล่วงหน้า (วัน)	EI (%)			Rel. RMSE (%)			r		
		ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด
1	1	67.6	90.1	31.8	92.6	215.3	35.2	0.82	0.95	0.57
2	2	50.2	76.6	24.2	116.0	226.9	50.2	0.71	0.88	0.49
3	3	42.1	67.3	20.5	125.5	232.2	56.5	0.65	0.83	0.46
4	4	37.5	60.8	15.1	130.4	240.0	60.8	0.61	0.78	0.39
5	5	35.4	55.9	11.2	132.8	245.4	62.5	0.60	0.76	0.35
6	6	33.8	56.1	8.7	134.3	248.7	63.6	0.59	0.76	0.33
7	7	32.0	52.2	7.1	136.1	250.8	65.4	0.57	0.74	0.31
ค่าเฉลี่ย		42.7	65.6	16.9	124.0	237.0	56.3	0.65	0.81	0.41

ผลการศึกษา (รายวัน)

ผลการประเมินตัวแปรทางสถิติของการคาดการณ์น้ำท่ารายวันของทุก
ช่วงเวลาในแต่ละสถานีวัดน้ำท่าและแต่ละเขื่อน

ลำดับ ที่	สถานีวัดน้ำท่า	พื้นที่รับน้ำฝน (ตร.กม.)	จำนวนสถิติข้อมูล (ปี)	EI (%)			Rel.RMSE (%)			r		
				ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด
1	P.75	3,080	13	59.3	84.5	46.8	56.3	65.4	35.2	0.77	0.92	0.69
2	P.1	6,350	20	60.9	87.3	48.5	83.8	98.0	48.6	0.79	0.94	0.70
3	P.73	14,814	16	65.6	90.1	52.2	93.3	112.6	51.3	0.81	0.95	0.73
4	P.67	5,323	18	60.7	85.1	49.8	97.9	112.4	61.1	0.79	0.92	0.74
5	เขื่อนภูมิพล	26,386	31	59.8	85.4	45.2	96.4	114.4	59.1	0.77	0.93	0.68
6	P.65	243	15	48.8	71.2	37.9	92.3	101.7	70.5	0.70	0.84	0.62
7	เขื่อนแม่กวงอุดมธารา	569	21	42.9	61.6	35.3	94.8	101.2	78.0	0.65	0.79	0.60
8	P.21	452	20	42.8	70.0	34.2	98.9	106.7	72.2	0.65	0.84	0.60
9	P.79	136	13	34.2	52.7	27.1	95.4	100.5	81.3	0.59	0.73	0.53
10	เขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล	1,281	30	46.6	65.8	39.8	113.9	121.5	91.5	0.69	0.82	0.65
11	P.14	3,836	20	45.5	69.4	32.5	113.8	127.4	85.9	0.68	0.85	0.59

ผลการศึกษา (รายวัน)

ผลการประเมินตัวแปรทางสถิติของการคาดการณ์น้ำท่ารายวันของทุก
ช่วงเวลาในแต่ละสถานีวัดน้ำท่าและแต่ละเขื่อน

ลำดับ ที่	สถานีวัดน้ำท่า	พื้นที่รับน้ำฝน (ตร.กม.)	จำนวนสถิติข้อมูล (ปี)	EI (%)			Rel.RMSE (%)			r		
				ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด
12	P.20	1,345	33	45.0	69.3	34.2	114.1	125.6	85.8	0.67	0.83	0.59
13	P.5	1,569	23	48.8	88.1	29.4	123.6	149.7	61.2	0.70	0.94	0.56
14	P.56A	546	13	35.6	64.7	27.5	113.9	121.6	84.7	0.60	0.81	0.53
15	P.4A	1,930	36	45.9	76.2	32.7	135.0	152.3	90.6	0.67	0.87	0.57
16	P.80	129	13	35.2	51.9	26.7	121.0	128.8	104.6	0.60	0.74	0.53
17	P.71	1,722	14	31.1	64.0	21.1	130.6	140.6	95.1	0.56	0.80	0.48
18	P.64	502	18	31.0	52.6	23.5	161.0	169.9	133.9	0.58	0.75	0.50
19	P.24A	452	20	30.1	56.8	20.2	162.7	174.6	128.6	0.54	0.76	0.45
20	P.77	550	14	22.7	42.6	14.1	181.4	191.3	156.8	0.50	0.67	0.43
21	P.76	1,545	13	30.4	66.6	18.1	208.7	228.2	145.8	0.55	0.82	0.45
22	P.42	318	17	16.9	31.8	7.1	237.0	250.8	215.3	0.41	0.57	0.31
ค่าเฉลี่ย				42.7	67.6	32.0	123.9	136.2	92.6	0.65	0.82	0.57

ผลการศึกษา (รายวัน)

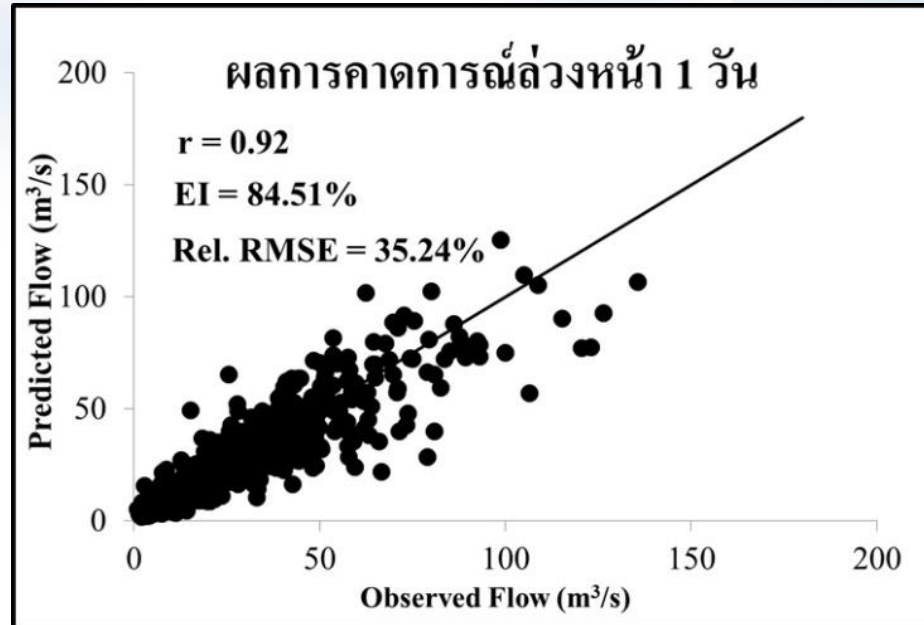
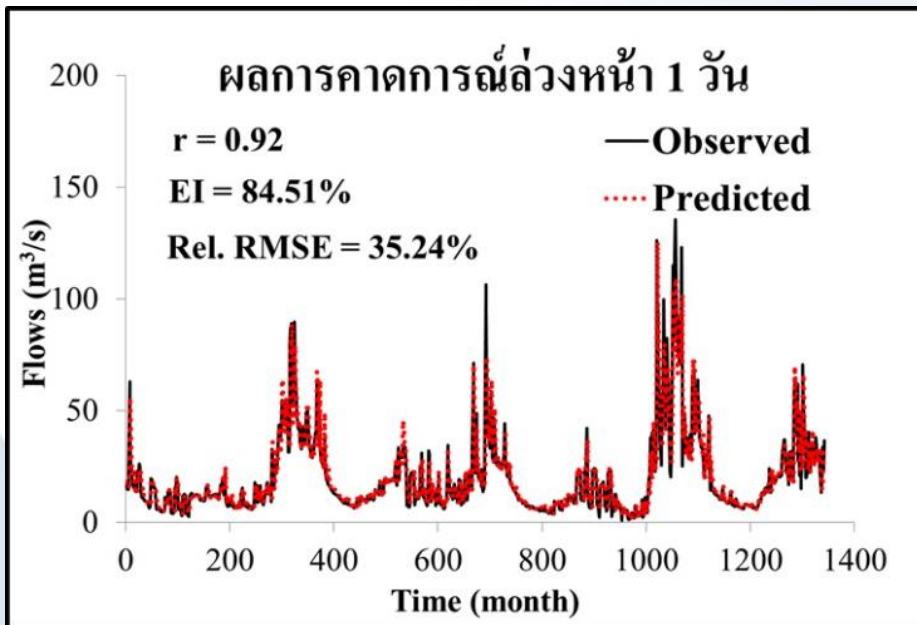
ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ชุดพารามิเตอร์และค่าตัวแปรทางสถิติสำหรับการ
คาดการณ์ปริมาณน้ำท่ารายวันล่วงหน้าตั้งแต่ 1 ถึง 7 วัน

ของสถานีวัดน้ำท่า P.75

เวลาคาดการณ์ล่วงหน้า (วัน)	ค่าพารามิเตอร์			ค่าตัวแปรทางสถิติ		
	m	τ	k	r	EI (%)	Rel. RMSE (%)
1	3	3	10	0.92	84.51	35.24
2	3	7	15	0.83	68.64	50.15
3	5	2	15	0.78	60.16	56.54
4	8	2	15	0.75	53.89	60.83
5	8	2	9	0.73	51.36	62.49
6	8	2	15	0.72	49.68	63.57
7	5	2	15	0.69	46.79	65.39
ค่าเฉลี่ย				0.77	59.29	56.32

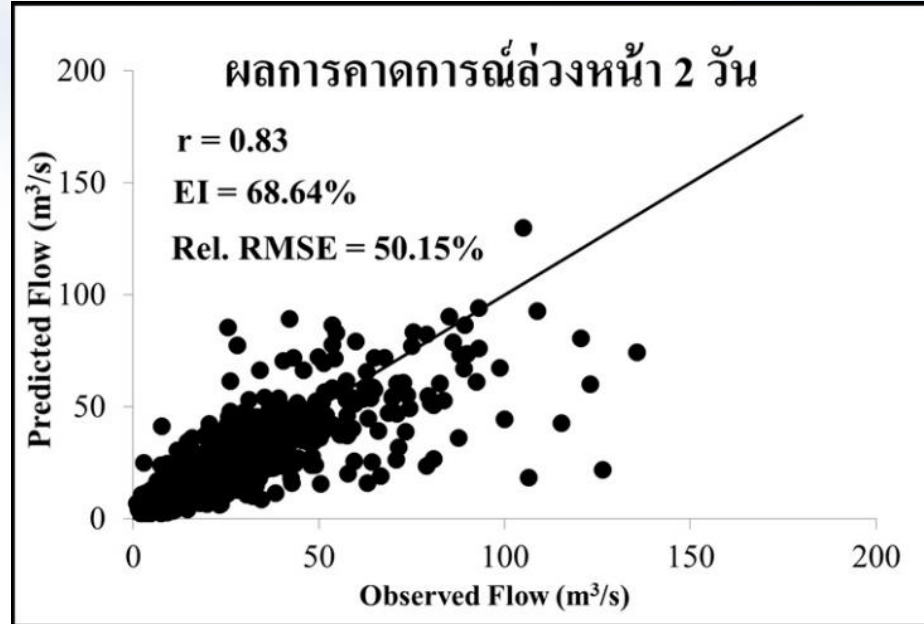
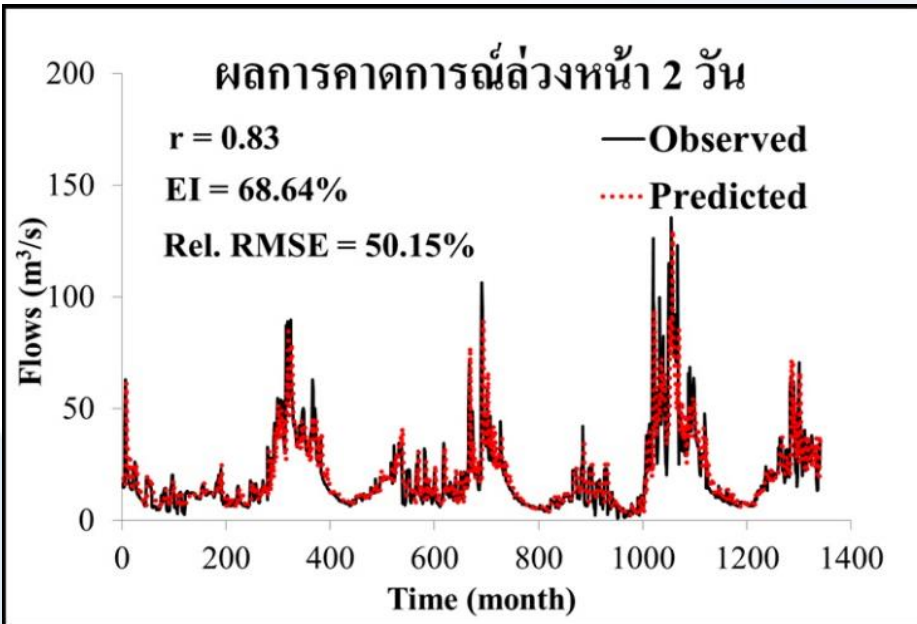
ผลการศึกษา (รายวัน)

สถานีวัดน้ำท่า P.75



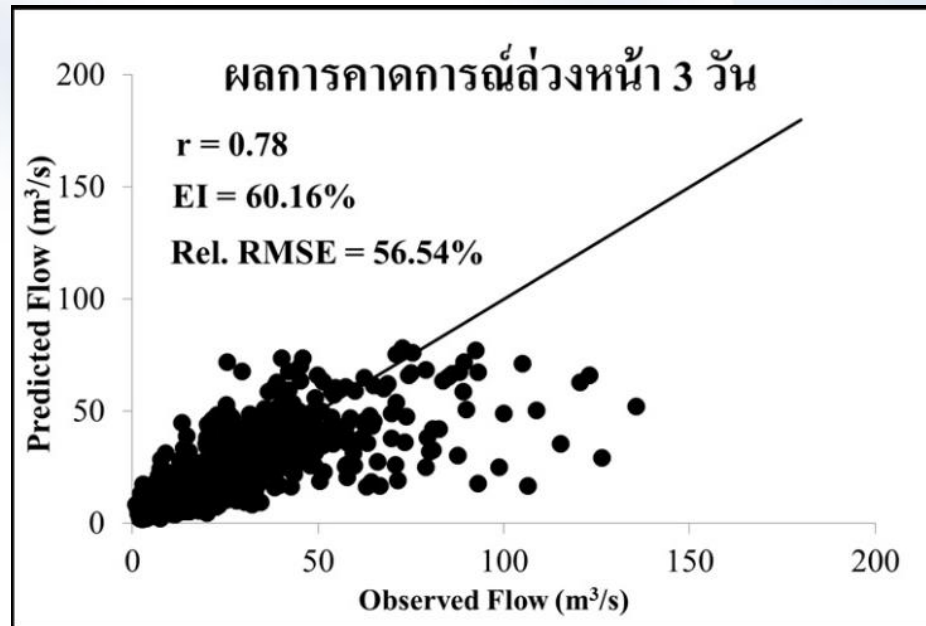
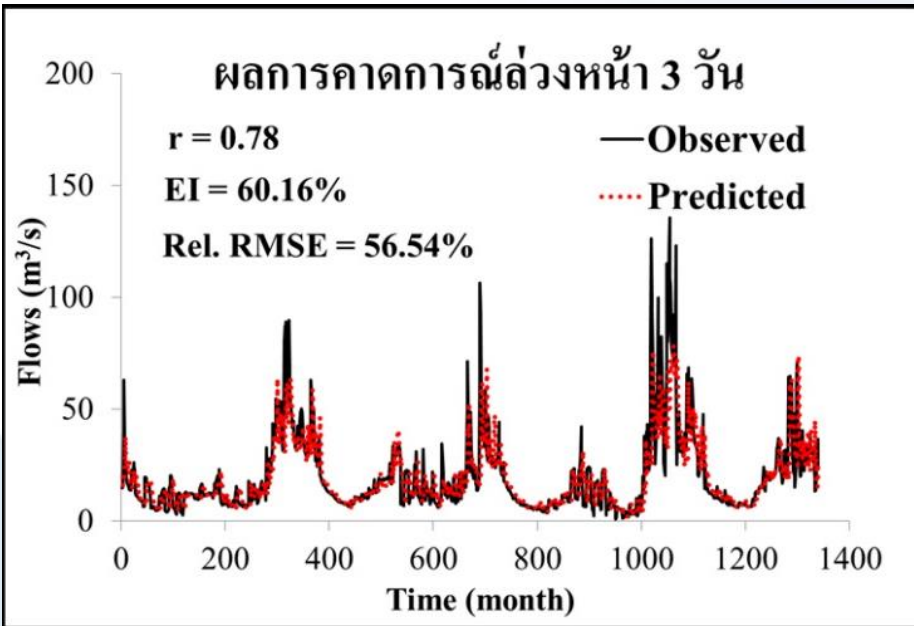
ผลการศึกษา (รายวัน)

สถานีวัดน้ำท่า P.75



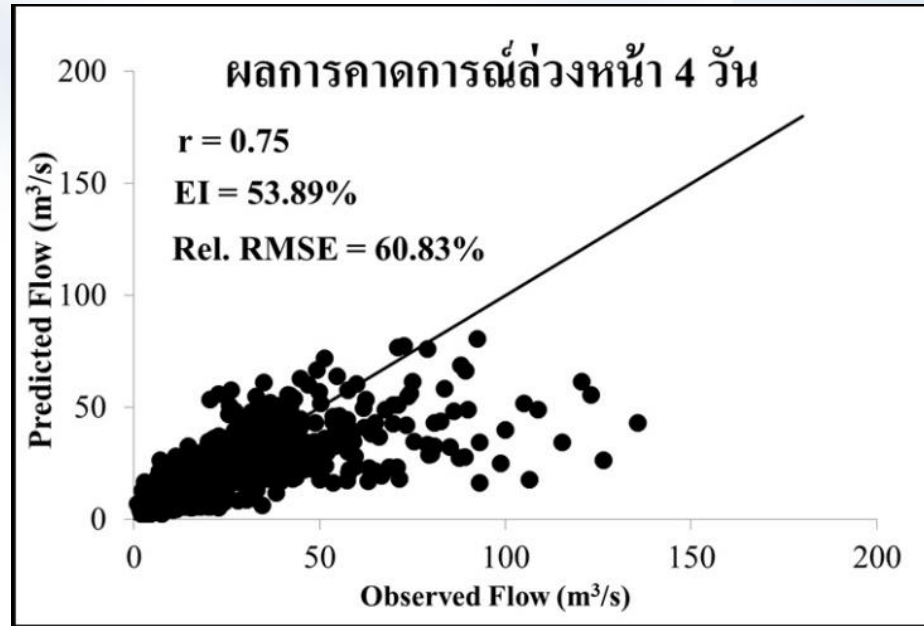
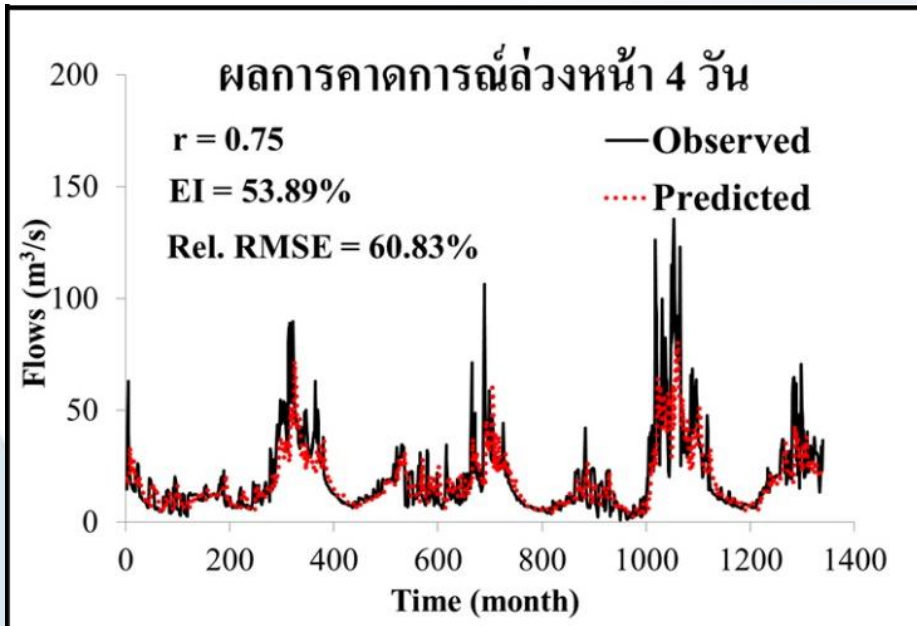
ผลการศึกษา (รายวัน)

สถานีวัดน้ำท่า P.75



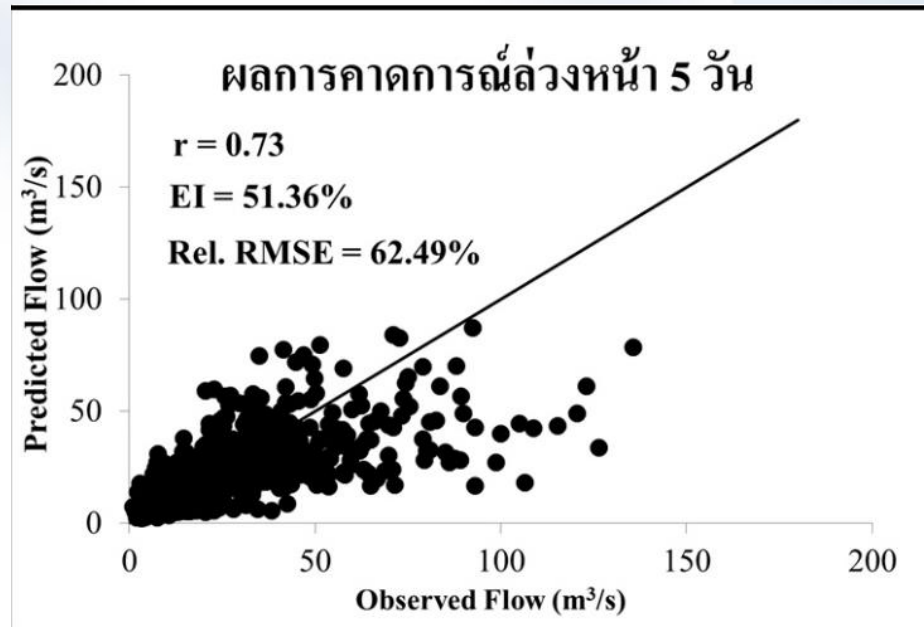
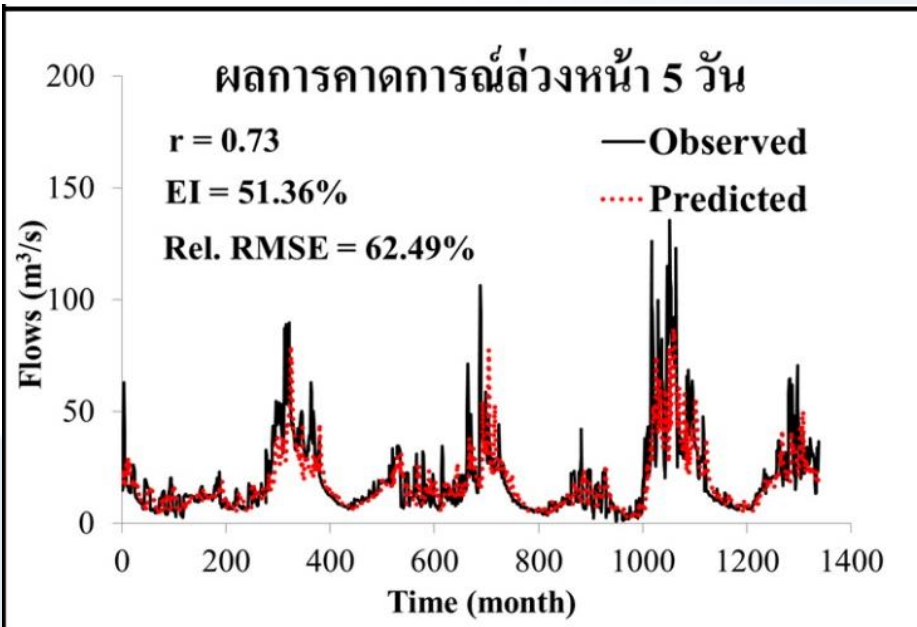
ผลการศึกษา (รายวัน)

สถานีวัดน้ำท่า P.75



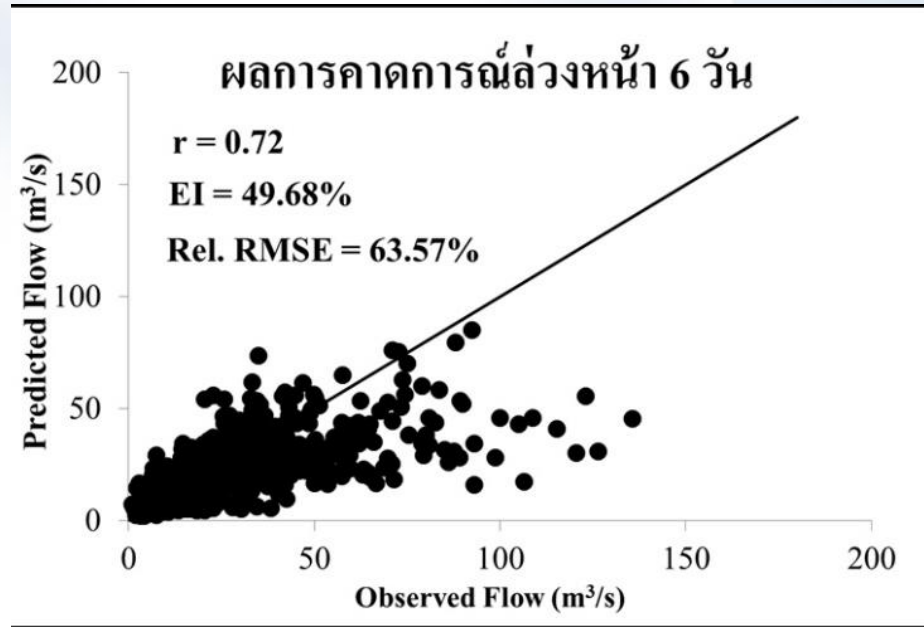
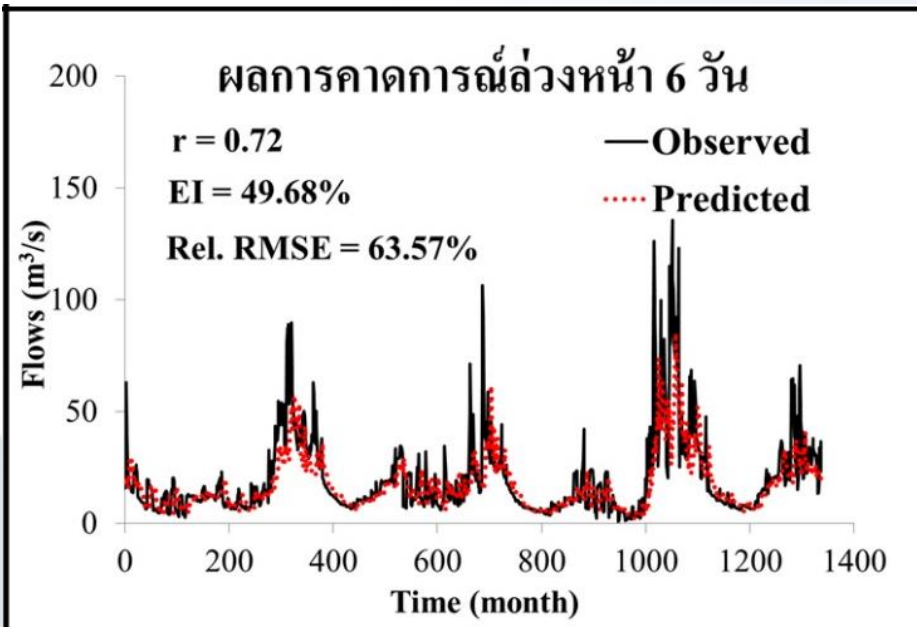
ผลการศึกษา (รายวัน)

สถานีวัดน้ำท่า P.75



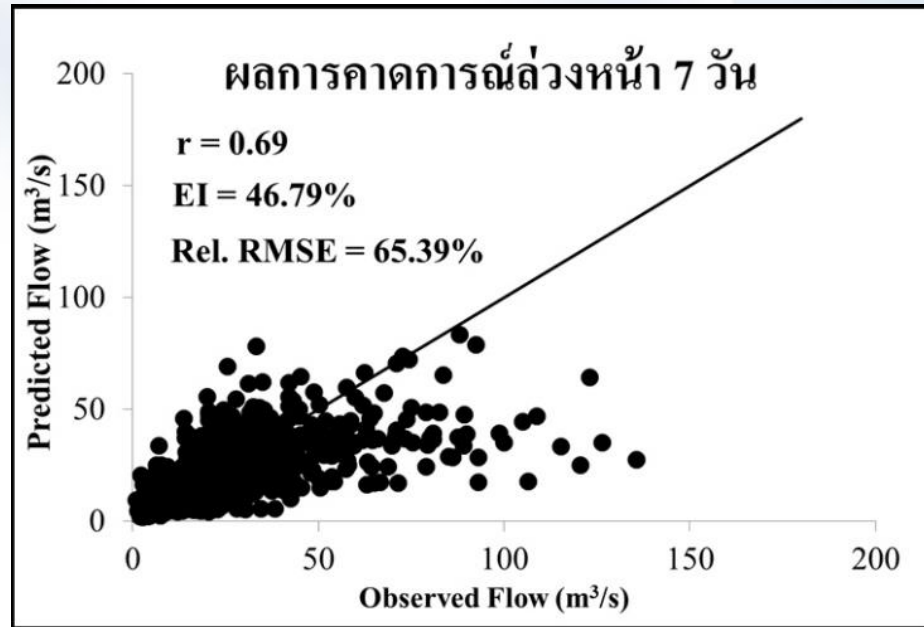
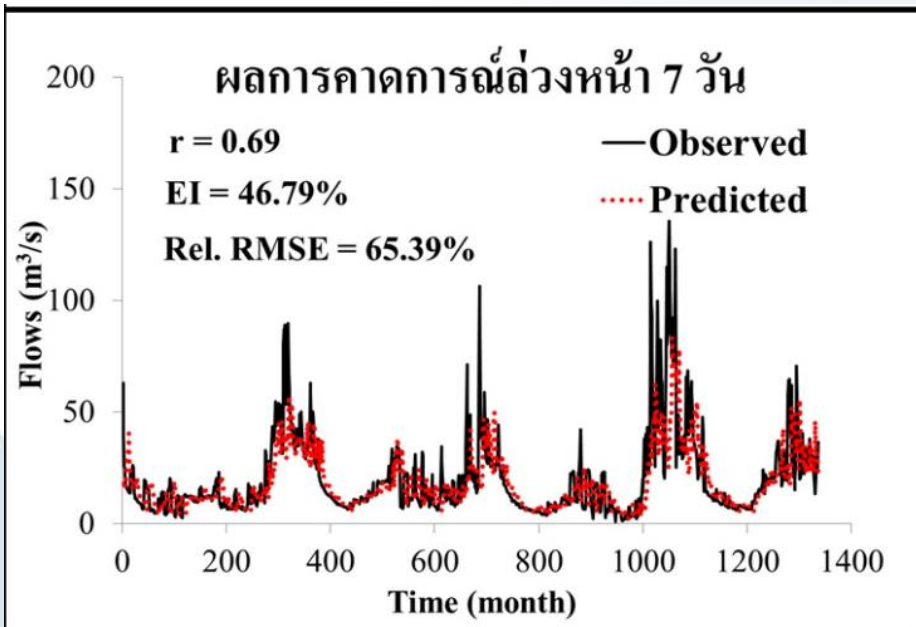
ผลการศึกษา (รายวัน)

สถานีวัดน้ำท่า P.75



ผลการศึกษา (รายวัน)

สถานีวัดน้ำท่า P.75



สรุปผลการศึกษา

แบบรายเดือน

แต่ละช่วงเวลาการคาดการณ์น้ำทำรายเดือน
ล่วงหน้า 1 - 12 เดือน

ให้ผลอยู่ในเกณฑ์ดีแม้ว่าช่วงเวลาของการ
คาดการณ์จะเพิ่มขึ้น

แต่ละสถานีวัดน้ำทำและเขื่อน

ให้ผลอยู่ในเกณฑ์ที่แตกต่างกันไปในแต่ละสถานี ซึ่ง
อาจเนื่องมาจากสาเหตุสำคัญดังนี้คือ

- 1) ผลกระทบจาก Regulated Flows
- 2) ช่วงปีสถิติข้อมูลที่ไม่ยาวนานเพียงพอ
- 3) สถานีวัดน้ำทำหรือเขื่อนที่มีขนาดใหญ่อาจยาก
ต่อการคาดการณ์มากกว่าขนาดเล็ก

สรุปผลการศึกษา

แบบรายวัน

แต่ละช่วงเวลาการคาดการณ์น้ำท่ารายวัน
ล่วงหน้า 1 – 7 วัน

ให้ความถูกต้องที่ดีกว่าสำหรับการคาดการณ์ล่วงหน้าสำหรับ
ช่วงเวลาสั้น ๆ และความถูกต้องจะลดลงเมื่อช่วงเวลาของ
การคาดการณ์ยาวนานขึ้น

แต่ละสถานีวัดน้ำท่าและเขื่อน

- ให้ผลอยู่ในเกณฑ์ที่แตกต่างกันไปในแต่ละสถานี และบาง
สถานีมีผลการคาดการณ์ที่ไม่ใกล้เคียงกับค่าจากการตรวจวัด
- ผลการคาดการณ์มีความถูกต้องสูงสุด 4 ลำดับแรก คือ
ที่สถานีวัดน้ำท่า P.75, P.1, P.73 และ P.67 โดยสถานี
วัดน้ำท่าเหล่านี้ตั้งอยู่ในแม่น้ำปิงสายหลักทั้งสิ้น
 - ปริมาณน้ำท่าอาจมีความแน่นอนมากกว่าปริมาณน้ำท่า
ในลำน้ำสายย่อย

ขอจบการนำเสนอ
ขอขอบคุณค่ะ