

บทที่ 6

ผลการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลักในการพัฒนาการประยุกต์ใช้ GA ในการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม ศึกษาและทดสอบขั้นตอนและพารามิเตอร์ของ GA ในแบบจำลอง และเปรียบเทียบผลการประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์น้ำท่ารายวัน รวมทั้งข้อดี-ข้อเสียของการเลือกใช้แบบจำลอง ดังนั้นในบทนี้จะกล่าวถึงผลการศึกษาที่ครอบคลุมประเด็นต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้น แยกตามชนิดของแบบจำลองที่จะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มตามฤดูกาล คือ แบบจำลองที่ใช้ในฤดูฝน และแบบจำลองที่ใช้ในฤดูแล้ง ที่ใช้ในการพยากรณ์น้ำท่า ณ สถานีวัดน้ำท่าต่างๆ

6.1 ผลการพัฒนาและพยากรณ์น้ำท่ารายวันของโปรแกรม BPNN

การพัฒนาโปรแกรม BPNN ซึ่งเป็นแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้กระบวนการเรียนรู้แบบย้อนกลับ (Back Propagation) และมีขั้นตอนในการพัฒนาการทำงานในส่วนต่างๆ ดังกล่าวมาแล้วในบทที่ 5 หัวข้อ 5.1 ได้นำมาตรวจสอบผลการพัฒนาและความถูกต้องของโปรแกรม BPNN ในการพยากรณ์น้ำท่ารายวันเทียบกับผลการพยากรณ์จากโปรแกรมสำเร็จรูปที่นิยมใช้ ในแต่ละแบบจำลองทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง ได้เลือกใช้โครงสร้างและพารามิเตอร์ในการสร้างแบบจำลอง ได้แก่ ข้อมูลนำเข้า จำนวนชั้นและจำนวนโหนดของ ANN ค่าอัตราการเรียนรู้และค่าอัตราโมเมนตัม ซึ่งมีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้ (ธนพล พิमान, 2545)

6.1.1 โครงสร้างและพารามิเตอร์ของโปรแกรม BPNN

การศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้โครงสร้างของแบบจำลอง ANN ซึ่งประกอบด้วย ชั้นนำเข้า 1 ชั้น ชั้นแอบแฝง 1-2 ชั้น และชั้นผลลัพธ์ 1 ชั้น ในแต่ละชั้นได้มีการศึกษาจำนวนชั้นและจำนวนโหนดในแต่ละชั้น ดังตารางที่ 6-1 และ 6-2 ดังนี้

- ข้อมูลในชั้นนำเข้า คือ ข้อมูลน้ำฝน-น้ำท่ารายวันและข้อมูลน้ำฝน-น้ำท่าย้อนหลัง
- ข้อมูลในชั้นผลลัพธ์ คือ ค่าพยากรณ์น้ำท่ารายวันในช่วงเวลา 1-7 วัน
- จำนวนโหนดในชั้นแอบแฝง สัมพันธ์กับจำนวนข้อมูลนำเข้า

จำนวนแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษานี้มีทั้งหมด 53 กรณี แบ่งออกเป็นแบบจำลองในฤดูฝน 21 กรณี และ แบบจำลองในฤดูแล้ง 32 กรณี ค่าพารามิเตอร์ของโปรแกรม BPNN มีค่าอัตราการเรียนรู้ (Learning rate, η) เท่ากับ 0.01 อัตราการโมเมนตัม (Momentum rate) เท่ากับ 0.45: 0.95 (ค่าเปลี่ยนที่ 5,000 รอบ) และจำนวนรอบการคำนวณซ้ำ 10,000 รอบ

ตารางที่ 6-1 โครงสร้างและข้อมูลนำเข้าแบบจำลอง ANN ในฤดูฝน

สถานี	ช่วง เวลา (วัน)	โครงสร้าง	ข้อมูลนำเข้า		ข้อมูล ผลลัพธ์
			ข้อมูลน้ำท่า	ข้อมูลน้ำฝน	
150401	1	3-3-1	Q_{1t}	R_{1t}, R_{1t-1}	FQ_{1t+1}
	2	2-2-1	FQ_{1t+1}, Q_{1t}	R_{1t}	FQ_{1t+2}
Kgt.14	1	2-2-1	Q_{2t}	R_{2t}	FQ_{2t+1}
Kgt.15A	1	4-4-1	Q_{3t}, Q_{3t-1}	R_{3t}, R_{3t-1}	FQ_{3t+1}
	2	3-3-1	FQ_{3t+1}, Q_{3t}	R_{3t}	FQ_{3t+2}
Kgt.10	1	5-3-2-1	Q_{4t}, Q_{4t-1}	$R_{4t}, R_{4t-1}, R_{4t-2}$	FQ_{4t+1}
	2	4-4-1	FQ_{4t+1}, Q_{4t}	R_{4t}, R_{4t-1}	FQ_{4t+2}
	3	3-3-1	FQ_{4t+2}, FQ_{4t+1}	R_{4t}	FQ_{4t+3}
Kgt.12	1	8-4-4-1	Q_{5t}, Q_{5t-1}	$R_{5t}, R_{5t-1}, R_{5t-2}, R_{5t-3}, R_{5t-4}, R_{5t-5}$	FQ_{5t+1}
	2	7-4-3-1	FQ_{5t+1}, Q_{5t}	$R_{5t}, R_{5t-1}, R_{5t-2}, R_{5t-3}, R_{5t-4}$	FQ_{5t+2}
	3	6-3-3-1	FQ_{5t+2}, FQ_{5t+1}	$R_{5t}, R_{5t-1}, R_{5t-2}, R_{5t-3}$	FQ_{5t+3}
	4	5-3-2-1	FQ_{5t+3}, FQ_{5t+2}	$R_{5t}, R_{5t-1}, R_{5t-2}$	FQ_{5t+4}
	5	4-2-2-1	FQ_{5t+4}, FQ_{5t+3}	R_{5t}, R_{5t-1}	FQ_{5t+5}
Kgt.3	6	3-3-1	FQ_{5t+5}, FQ_{5t+4}	R_{5t}	FQ_{5t+6}
	1	11-6-5-1	$Q_{6t}, Q_{6t-1}, Q_{(1,2,3,4,5)t}$	$R_{6t}, R_{6t-1}, R_{6t-2}, R_{6t-3}$	FQ_{6t+1}
	2	10-5-5-1	$FQ_{6t+1}, Q_{6t}, FQ_{(1,2,3,4,5)t+1}$	$R_{6t}, R_{6t-1}, R_{6t-2}$	FQ_{6t+2}
	3	7-4-3-1	$FQ_{6t+2}, FQ_{6t+1}, FQ_{(1,2,3,4,5)t+2}$	R_{6t}, R_{6t-1}	FQ_{6t+3}
	4	5-5-1	$FQ_{6t+3}, FQ_{6t+2}, FQ_{(4,5)t+3}$	R_{6t}	FQ_{6t+4}
	5	3-3-1	$FQ_{6t+4}, FQ_{6t+3}, FQ_{5t+4}$	-	FQ_{6t+5}
	6	3-3-1	$FQ_{6t+5}, FQ_{6t+4}, FQ_{5t+5}$	-	FQ_{6t+6}
7	3-3-1	$FQ_{6t+6}, FQ_{6t+5}, FQ_{5t+6}$	-	FQ_{6t+7}	

หมายเหตุ : Q คือ ข้อมูลน้ำท่ารายวัน, FQ คือ ข้อมูลผลการพยากรณ์น้ำท่า

R คือ ข้อมูลฝนเฉลี่ยรายวัน

1 คือ สถานี

t คือ เวลา (วันที่)

ตารางที่ 6-2 โครงสร้างและข้อมูลนำเข้าแบบจำลอง ANN ในฤดูแล้ง

สถานี	ช่วงเวลา (วัน)	โครงสร้าง	ข้อมูลนำเข้า		ข้อมูลผลลัพธ์
			ข้อมูลนำเข้าทำ	ข้อมูลนำเข้าฝน	
150401	1	1-2-1	Q_{11}	-	FQ_{11+1}
	2	1-2-1	FQ_{11+1}	-	FQ_{11+2}
	3	1-2-1	FQ_{11+2}	-	FQ_{11+3}
	4	1-2-1	FQ_{11+3}	-	FQ_{11+4}
	5	1-2-1	FQ_{11+4}	-	FQ_{11+5}
	6	1-2-1	FQ_{11+5}	-	FQ_{11+6}
	7	1-2-1	FQ_{11+6}	-	FQ_{11+7}
Kgt.14	1	1-2-1	Q_{21}	-	FQ_{21+1}
	2	1-2-1	FQ_{21+1}	-	FQ_{21+2}
Kgt.15A	1	1-2-1	Q_{31}	-	FQ_{31+1}
	2	1-2-1	FQ_{31+1}	-	FQ_{31+2}
	3	1-2-1	FQ_{31+2}	-	FQ_{31+3}
	4	1-2-1	FQ_{31+3}	-	FQ_{31+4}
	5	1-2-1	FQ_{31+4}	-	FQ_{31+5}
	6	1-2-1	FQ_{31+5}	-	FQ_{31+6}
Kgt.10	1	5-3-2-1	Q_{41}, Q_{41-1}	$R_{41}, R_{41-1}, R_{41-2}$	FQ_{41+1}
	2	4-4-1	FQ_{41+1}, Q_{41}	R_{41}, R_{41-1}	FQ_{41+2}
	3	3-3-1	FQ_{41+2}, FQ_{41+1}	R_{41}	FQ_{41+3}
Kgt.12	1	1-2-1	Q_{51}	-	FQ_{51+1}
	2	1-2-1	FQ_{51+1}	-	FQ_{51+2}
	3	1-2-1	FQ_{51+2}	-	FQ_{51+3}
	4	1-2-1	FQ_{51+3}	-	FQ_{51+4}
	5	1-2-1	FQ_{51+4}	-	FQ_{51+5}
	6	1-2-1	FQ_{51+5}	-	FQ_{51+6}
	7	1-2-1	FQ_{51+6}	-	FQ_{51+7}
Kgt.3	1	7-4-3-1	$Q_{61}, Q_{61-1}, Q_{(1,2,3,4,5)}$	-	FQ_{61+1}
	2	7-4-3-1	$FQ_{61+1}, Q_{61}, FQ_{(1,2,3,4,5)+1}$	-	FQ_{61+2}
	3	7-4-3-1	$FQ_{61+2}, FQ_{61+1}, FQ_{(1,2,3,4,5)+2}$	-	FQ_{61+3}
	4	6-3-3-1	$FQ_{61+3}, FQ_{61+2}, FQ_{(1,3,4,5)+3}$	-	FQ_{61+4}
	5	5-3-2-1	$FQ_{61+4}, FQ_{61+3}, FQ_{(1,3,5)+4}$	-	FQ_{61+5}
	6	5-3-2-1	$FQ_{61+5}, FQ_{61+4}, FQ_{(1,3,5)+5}$	-	FQ_{61+6}
	7	5-3-2-1	$FQ_{61+6}, FQ_{61+5}, FQ_{(1,3,5)+6}$	-	FQ_{61+7}

6.1.2 ความถูกต้องของโปรแกรม BPNN เทียบกับ Qnet2000

ผลการพยากรณ์น้ำท่าล่วงหน้า 1 วันจากโปรแกรม BPNN เทียบกับ Qnet2000 ดังแสดงในตารางที่ 6-3 ในสถานีวัดน้ำท่า 6 สถานี ได้แก่ สถานี 150401, Kgt.14, Kgt10, Kgt15A, Kgt12 และ Kgt3 พบว่า โปรแกรม BPNN ที่พัฒนาขึ้นให้ผลการพยากรณ์ที่มีค่าสถิติที่ใกล้เคียงกับโปรแกรม Qnet2000 ในช่วงข้อมูลเรียนรู้และข้อมูลทดสอบของทุกๆสถานี

จากรูปที่ 6-1 ถึง 6-6 แสดงชลภาพน้ำท่าของผลการพยากรณ์เทียบกับข้อมูลวัดจริงระหว่างโปรแกรม BPNN และ Qnet2000 ในช่วงข้อมูลทดสอบ ได้แก่ ปี พ.ศ. 2534 (ฝนมาก) พ.ศ.2523 (ฝนปกติ) และ พ.ศ. 2532 (ฝนน้อย) (ผลการเปรียบเทียบที่ช่วงเวลาอื่นๆ แสดงไว้ในภาคผนวก ก) พบว่าโปรแกรม BPNN ให้ผลพยากรณ์ที่มีชลภาพน้ำท่าที่ใกล้เคียงกับโปรแกรม Qnet2000 คือมีช่วงเวลาในการเกิดน้ำท่าขึ้น-ลงที่ใกล้เคียงกัน และมีช่วงเวลาในการเกิดน้ำท่าสูงสุด (Δt_p) และน้ำท่าสูงสุด (Q_{peak}) ที่ใกล้เคียง ดังนั้นแสดงให้เห็นว่า ผลการคำนวณของโปรแกรม BPNN ที่พัฒนาขึ้นมา มีความถูกต้องในการคำนวณและเชื่อถือได้

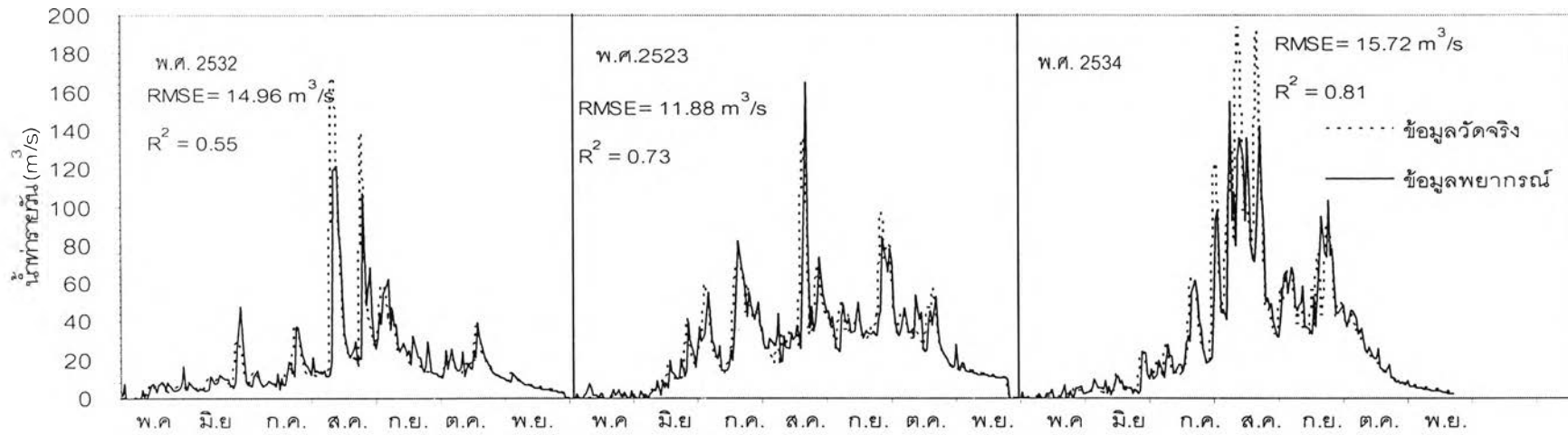
หนึ่งในโปรแกรม Qnet2000 มีข้อจำกัดที่สำคัญคือ ค่าสุ่มเริ่มต้นและวิธีในการสุ่มเป็นค่าที่ไม่ทราบ ในขณะที่โปรแกรม BPNN ที่พัฒนาขึ้นสามารถแสดงได้ทั้งค่าสุ่มเริ่มต้นและค่าน้ำหนักสุดท้ายให้เห็นได้ ดังนั้นในโปรแกรม Qnet2000 จึงไม่สามารถมองเห็นความแตกต่างของค่าสุ่มเริ่มต้นได้ แต่โปรแกรม BPNN สามารถเห็นความแตกต่างได้ นอกจากนี้โปรแกรม BPNN ที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับกรรมวิธีพันธุกรรม (GA) ได้สะดวกมากกว่าเนื่องจากเป็นโปรแกรมเปิด (Open source) ขณะที่โปรแกรม Qnet2000 เป็นโปรแกรมปิดไม่สามารถนำมา ร่วมกับกรรมวิธีพันธุกรรม (GA) ได้ สรุปว่า การพัฒนาโปรแกรม BPNN ขึ้นมาจึงมีประโยชน์มากกว่าการใช้โปรแกรม Qnet2000 ผลการคำนวณอื่นๆ แสดงในหัวข้อถัดไป

6.2 ผลการพัฒนาและพยากรณ์น้ำท่ารายวันของแบบจำลอง GA+ANN

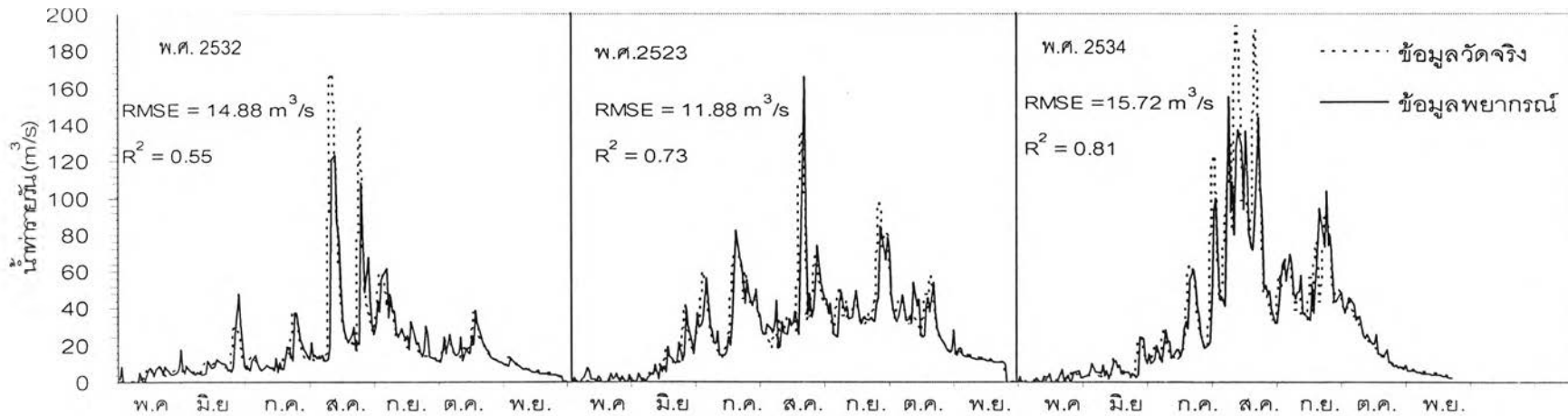
ในโปรแกรม GA+ANN นี้เป็นการบูรณาการระหว่างสองแบบจำลอง คือ GA และ ANN โดยในส่วนของแบบจำลอง ANN ได้ใช้ชุดโครงข่ายชุดเดียวกับแบบจำลอง BPNN ดังแสดงในตารางที่ 6-1 และ 6-2 ในขณะที่ GA จะทำหน้าที่หาค่าชุดค่าตอบที่เหมาะสมของค่าถ่วงน้ำหนัก (weight) โดยมีขั้นตอนและพารามิเตอร์ต่างๆ ดังกล่าวในบทที่ 3 หัวข้อ 3.2.3 และ 3.2.4 และผลการเลือกใช้ขั้นตอนและพารามิเตอร์ต่างๆ ของ GA ต่อประสิทธิภาพในการเรียนรู้และทดสอบที่แสดงด้วย RMSE จากโปรแกรม GA+ANN มีดังนี้

ตารางที่ 6-3 ผลเปรียบเทียบค่าสถิติความถูกต้องระหว่างโปรแกรม Qnet2000 และ BPNN ในการพยากรณ์น้ำท่าล่องหน้า 1 วัน

สถานี	โครงข่าย	แบบจำลอง	ช่วงข้อมูลเรียนรู้				ช่วงข้อมูลทดสอบ			
			EI (%)	RMSE (m ³ /s)	MAD (m ³ /s)	R ²	EI (%)	RMSE (m ³ /s)	MAD (m ³ /s)	R ²
150401	3-3-1	Qnet2000	82.98	14.80	6.18	0.83	73.53	14.29	6.47	0.74
		BPNN	82.97	14.80	6.17	0.83	73.47	14.30	6.46	0.74
Kgt.14	2-2-1	Qnet2000	70.33	7.78	3.07	0.71	68.48	6.42	2.91	0.69
		BPNN	70.34	7.78	3.08	0.71	68.51	6.42	2.92	0.69
Kgt.15A	4-4-1	Qnet2000	81.55	12.84	5.93	0.81	77.39	14.66	6.27	0.77
		BPNN	81.45	12.88	5.93	0.81	77.13	14.75	6.30	0.77
Kgt.10	5-3-2-1	Qnet2000	91.36	20.44	10.20	0.92	91.21	14.51	8.44	0.92
		BPNN	91.38	20.42	10.16	0.92	91.27	14.46	8.45	0.92
Kgt.12	8-4-4-1	Qnet2000	98.68	5.36	2.79	0.98	98.25	4.69	2.54	0.98
		BPNN	98.66	5.41	2.79	0.98	98.24	4.70	2.57	0.98
Kgt.3	11-6-5-1	Qnet2000	99.31	16.46	10.53	0.98	99.23	14.90	9.62	0.98
		BPNN	99.33	16.21	10.44	0.98	99.25	14.73	9.48	0.98

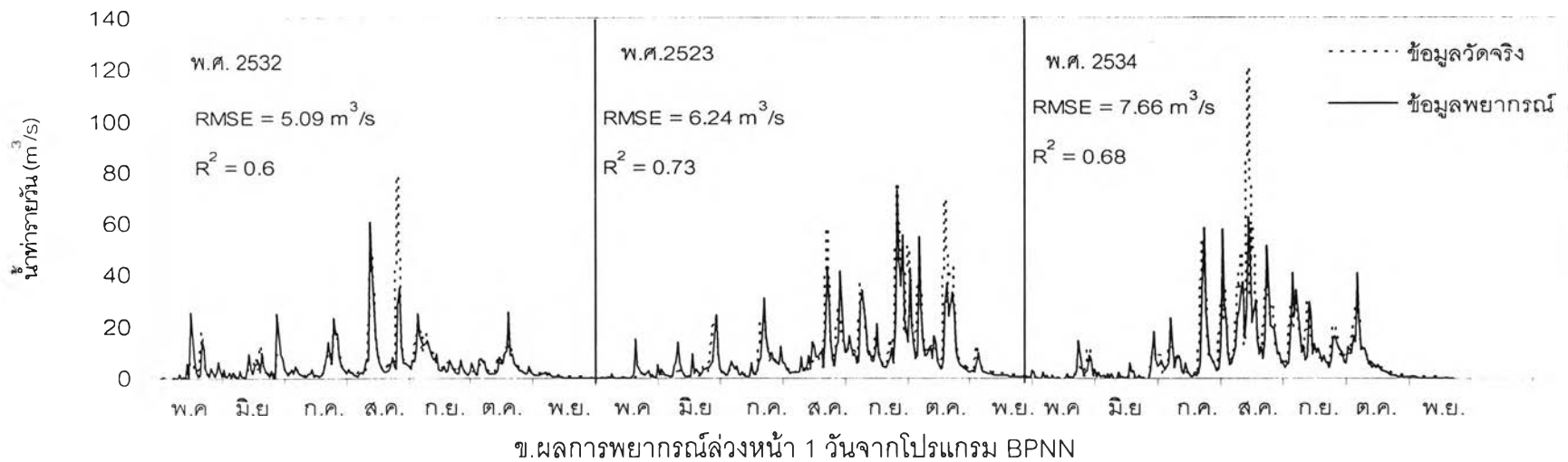
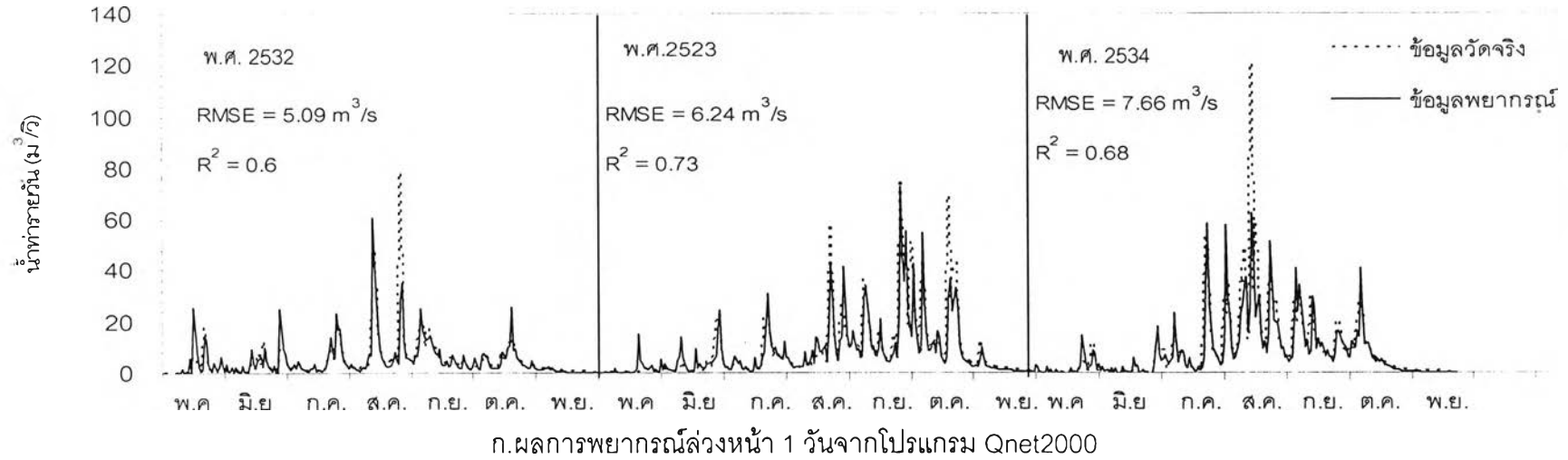


ก. ผลการพยากรณ์ล่วงหน้า 1 วันจากโปรแกรม Qnet2000

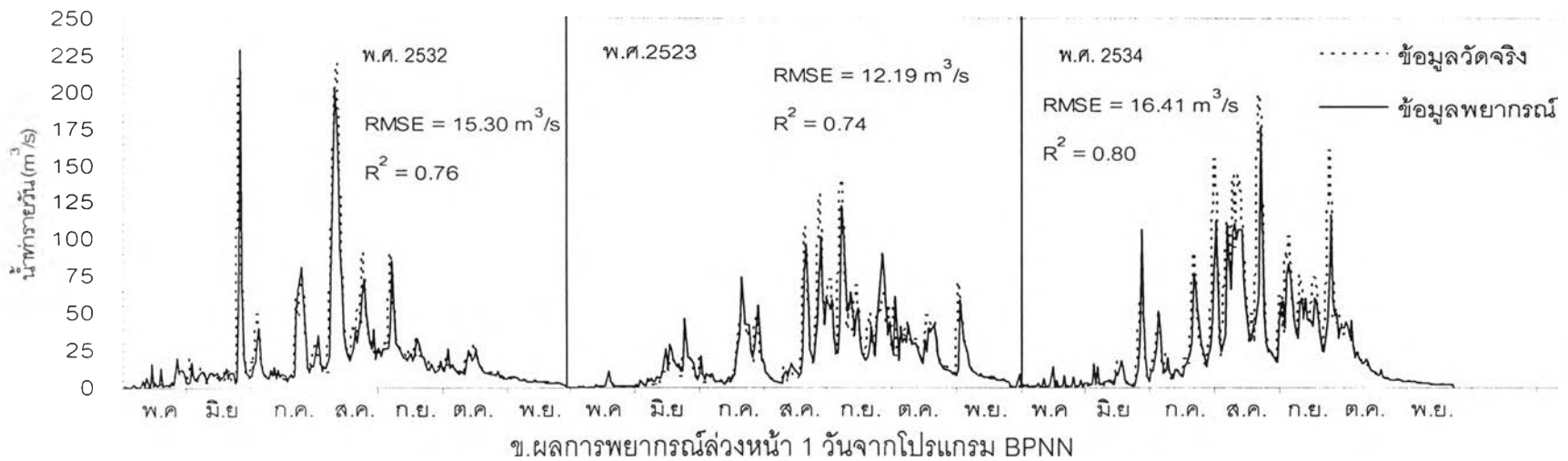
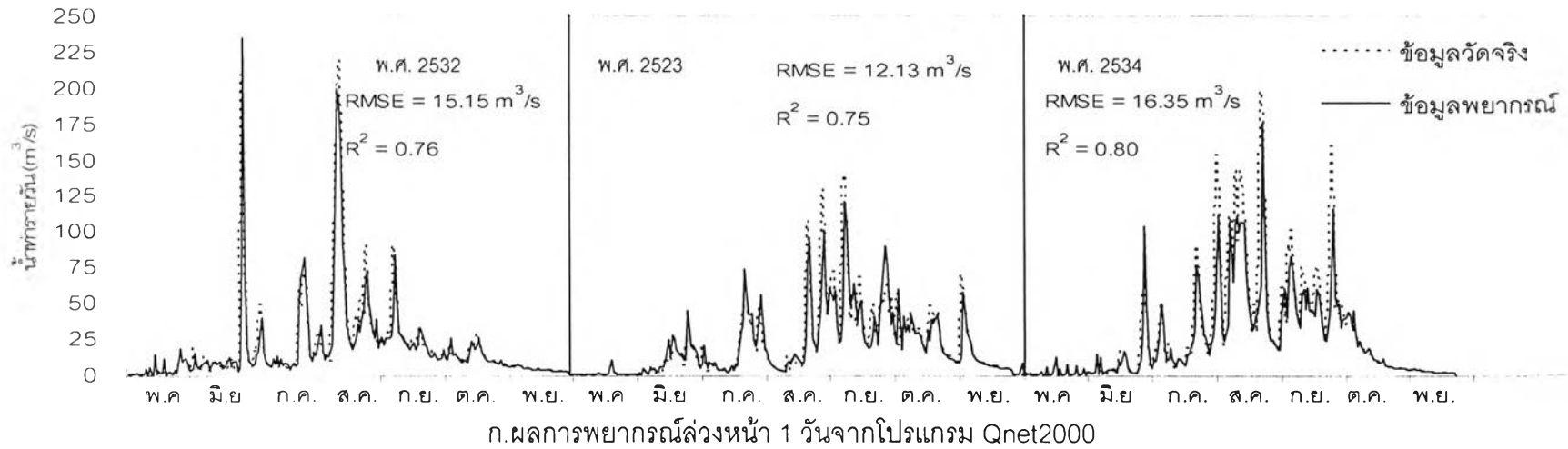


ข. ผลการพยากรณ์ล่วงหน้า 1 วันจากโปรแกรม BPNN

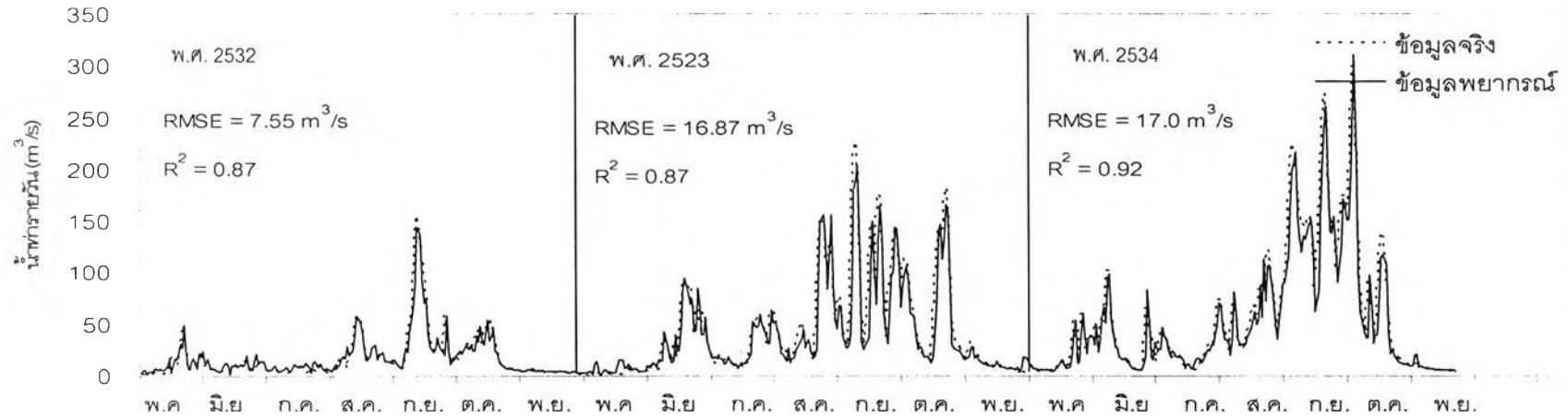
รูปที่ 6-1 ผลการพยากรณ์น้ำท่ากับข้อมูลที่วัดจริง ณ สถานี 150401 ในช่วงข้อมูลทดสอบ



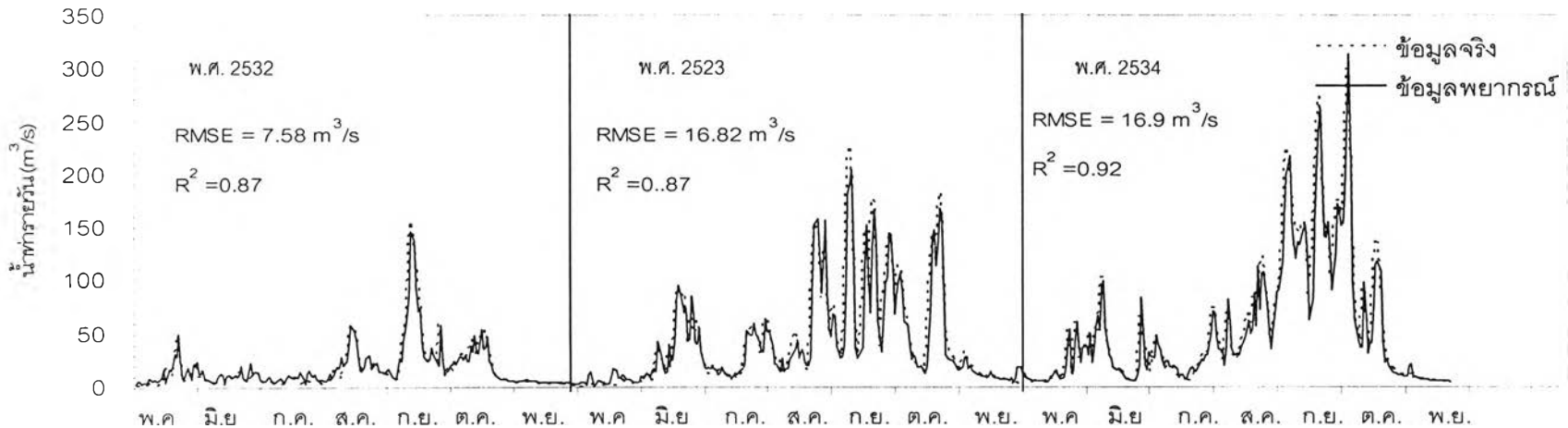
รูปที่ 6-2 ผลการพยากรณ์น้ำท่ากับข้อมูลที่วัดจริง ณ สถานี Kgt.14 ในช่วงข้อมูลทดสอบ



รูปที่ 6-3 ผลการพยากรณ์น้ำท่ากับข้อมูลที่วัดจริง ณ สถานี Kgt.15A ในช่วงข้อมูลทดสอบ

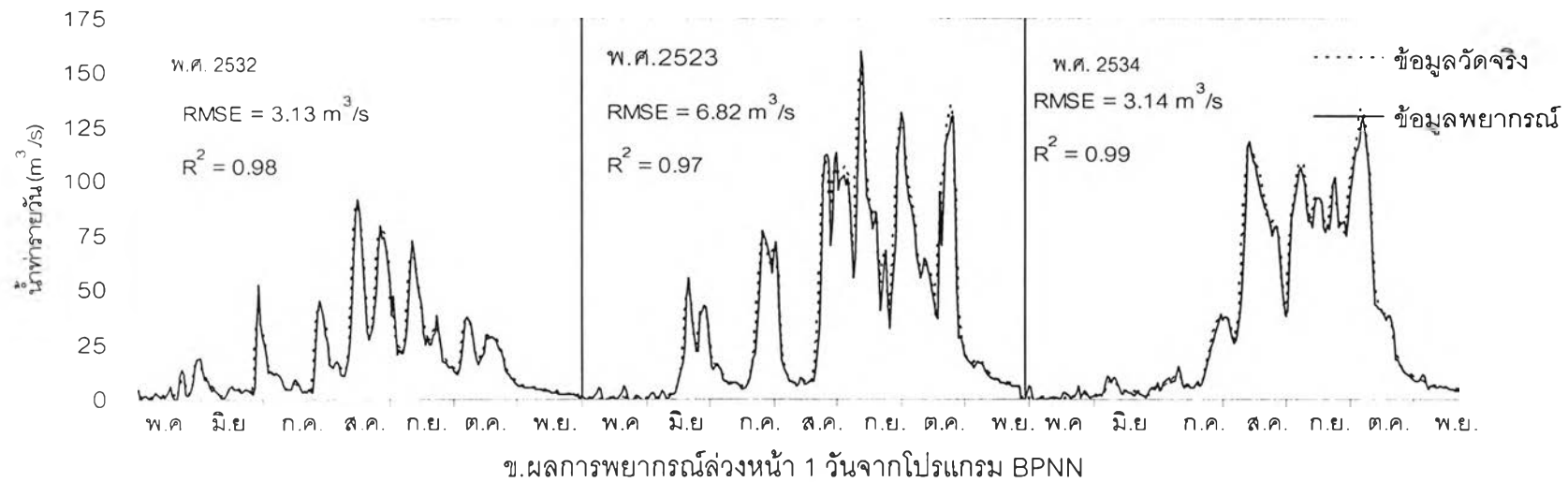
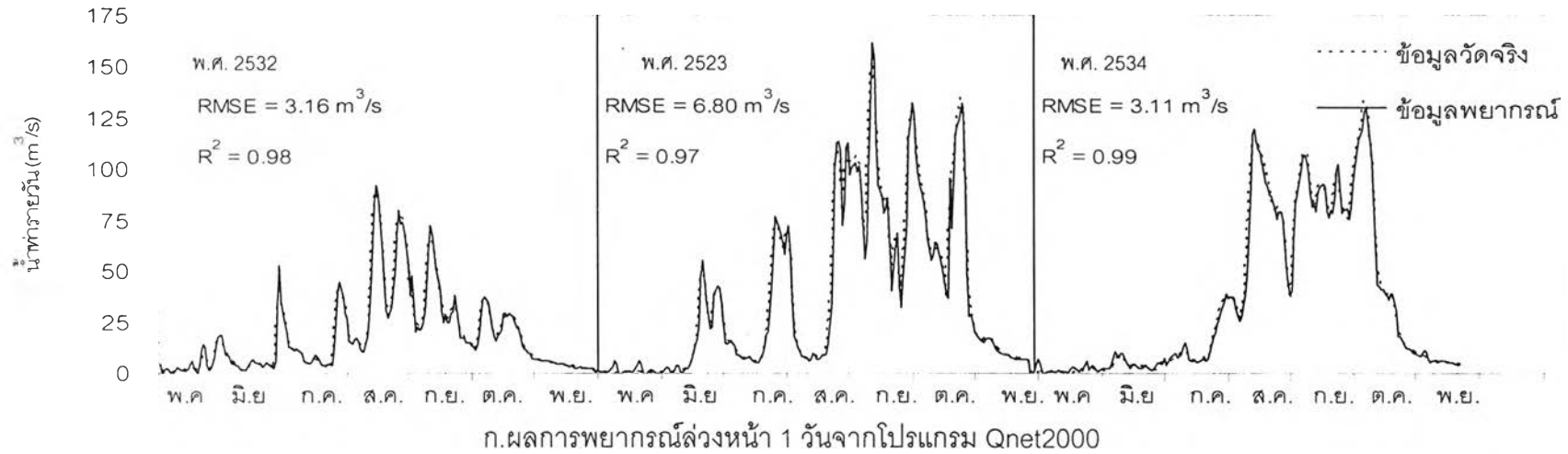


ก.ผลการพยากรณ์ล่วงหน้า 1 วันจากโปรแกรม Qnet2000

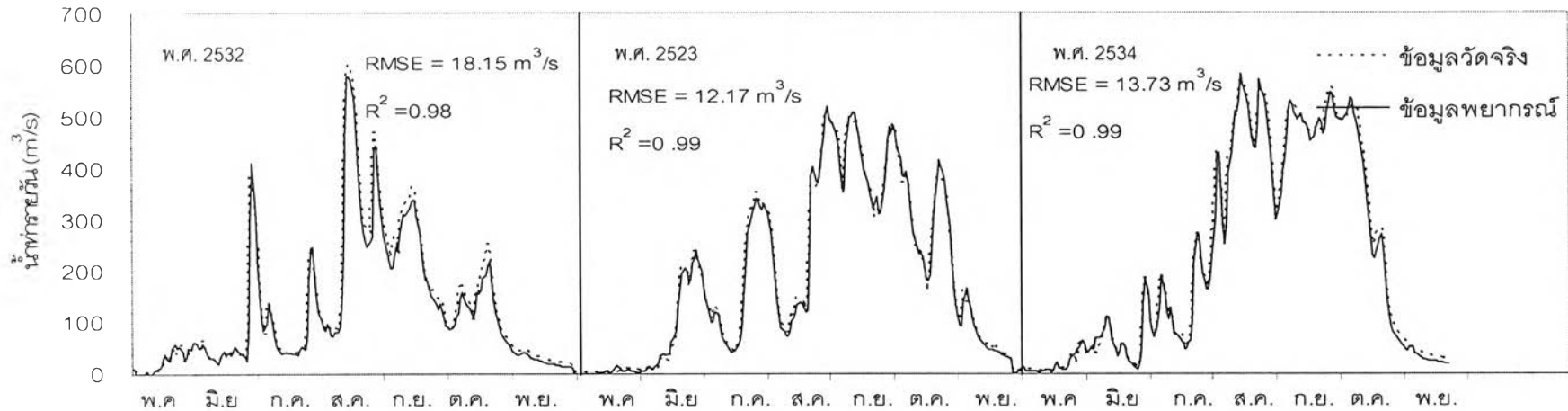


ข.ผลการพยากรณ์ล่วงหน้า 1 วันจากโปรแกรม BPNN

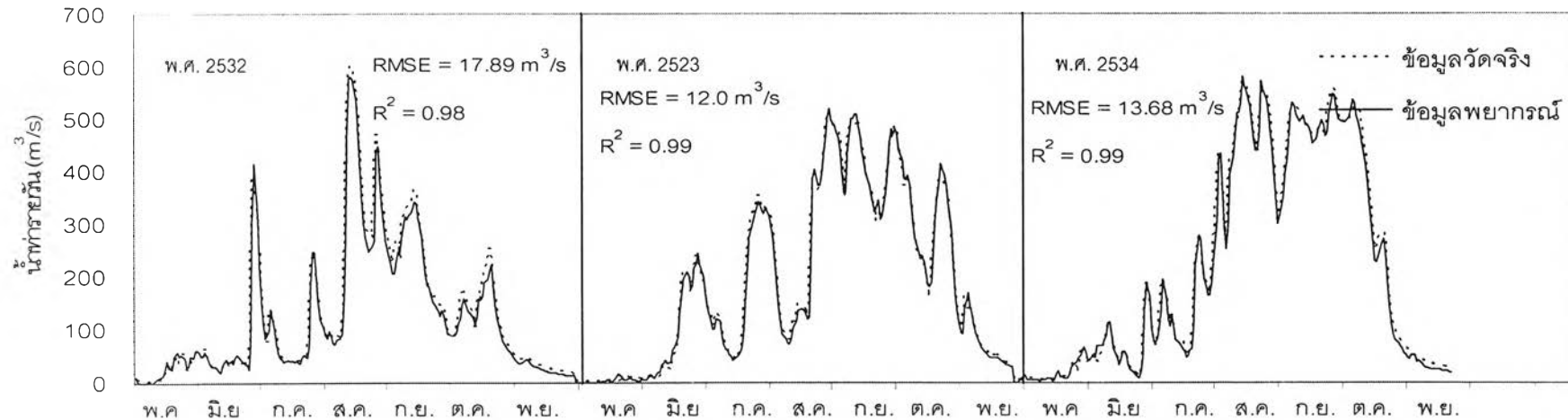
รูปที่ 6-4 ผลการพยากรณ์น้ำท่ากับข้อมูลที่วัดจริง ณ สถานี Kgt.10 ในช่วงข้อมูลทดสอบ



รูปที่ 6-5 ผลการพยากรณ์น้ำท่ากับข้อมูลที่วัดจริง ณ สถานี Kgt.12 ในช่วงข้อมูลทดสอบ



ก.ผลการพยากรณ์ล่วงหน้า 1 วันจากโปรแกรม Qnet2000



ข.ผลการพยากรณ์ล่วงหน้า 1 วันจากโปรแกรม BPNN

รูปที่ 6-6 ผลการพยากรณ์น้ำท่ากับข้อมูลที่วัดจริง ณ สถานี Kgt.3 ในช่วงข้อมูลทดสอบ

6.2.1 ผลการคัดเลือกขั้นตอนและพารามิเตอร์ของ GA ที่เหมาะสม

ขั้นตอนการคำนวณของ GA มี 4 ขั้นตอนประกอบด้วย รูปแบบการเข้ารหัสพันธุ (Coding) วิธีการคัดเลือกพันธุ (Selection) วิธีการผสมข้ามพันธุ (Crossover) และการปรับปรุงพันธุ (Mutation) โดยในการศึกษานี้ได้ทำการคัดเลือกขั้นตอนของ GA เพียง 1 ขั้นตอน คือ วิธีการผสมข้ามพันธุ (Crossover) ซึ่งมี 5 วิธี ประกอบด้วย 1-point, 2-point, Uniform, Average, Heuristic ในขณะที่อีก 3 ขั้นตอนได้กำหนดวิธีที่ใช้ไว้ดังตารางที่ 6-4

ค่าพารามิเตอร์ของ GA มี 3 พารามิเตอร์ ประกอบด้วย ความน่าจะเป็นในการผสมข้ามพันธุ (Pc) ค่าความน่าจะเป็นในการปรับปรุงพันธุ (Pm) และจำนวนประชากร (Population Size) ในการศึกษานี้ได้ทำการคัดเลือกค่าพารามิเตอร์ของ GA ทั้งสาม โดยได้กำหนดวิธีของ 4 ขั้นตอนและช่วงพิสัยของค่าพารามิเตอร์ของ GA ดังแสดงในตารางที่ 6-4

ตารางที่ 6-4 ขั้นตอนและช่วงพิสัยของค่าพารามิเตอร์ของ GA ที่ใช้ศึกษา

ขั้นตอนและพารามิเตอร์ GA	วิธี / ช่วงพิสัย
Coding	Real Value
Selection	Tournament
Crossover	1-point, 2-point, Uniform, Average, Heuristic
Mutation	Gaussian
Pc	0.1-0.9
Pm	0.01-0.10
Population size	10, 20, 50, 80, 100

เกณฑ์ที่ใช้ประเมินหรือคัดเลือกขั้นตอนและพารามิเตอร์ในการคัดเลือกขั้นตอนและพารามิเตอร์ของ GA ที่เหมาะสม ซึ่งได้พิจารณาจากขั้นตอนและค่าพารามิเตอร์ของ GA ที่ทำให้ได้ชุดคำตอบของค่าถ่วงน้ำหนักที่มีค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่น้อยที่สุด (Min. RMSE) ในรอบคำนวณที่ 10,000 รอบ โดยแบ่งเป็น ฤดูฝนและฤดูแล้ง สรุปได้ดังนี้

(1) ขั้นตอนและพารามิเตอร์ของ GA ที่เหมาะสมในฤดูฝน

แบบจำลอง ANN ที่ใช้ในการพยากรณ์น้ำท่าฤดูฝนมีจำนวนทั้งสิ้น 21 กรณี การจำลอง ทุกๆ กรณีได้นำมาใช้คัดเลือกขั้นตอนและพารามิเตอร์ GA ซึ่งจากโครงสร้างแบบจำลองในฤดูฝน (ดังตารางที่ 6-1) พบว่า สามารถแบ่งกลุ่มของแบบจำลองตามขนาดของโครงสร้างและตามขนาดพื้นที่รับน้ำตามสถานีวัดน้ำท่า 6 สถานีออกได้เป็น แบบจำลอง ANN ที่มีโครงข่ายขนาดเล็ก หรือ จำนวนโหนดในชั้นข้อมูลนำเข้าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 4 โหนด จำนวน 3 สถานี ได้แก่ สถานี 150401 Kgt.14 และ Kgt.15A และแบบจำลอง ANN ที่มีโครงข่ายขนาดใหญ่ หรือ จำนวนโหนดในชั้นข้อมูลนำเข้ามากกว่า 4 โหนด จำนวน 3 สถานี ได้แก่ สถานี Kgt.10 Kgt.12 และ Kgt.3 ผลการศึกษามีดังนี้

(ก) การคัดเลือกวิธีผสมข้ามพันธุ์ (Crossover)

การคัดเลือกวิธีผสมข้ามพันธุ์ที่เหมาะสมที่สุดจาก 5 วิธี ได้แก่ 1-point, 2-point, Uniform, Average, Heuristic Crossover จะพิจารณาจากโปรแกรม GA+ANN ที่มีค่าที่กำหนดดังนี้ จำนวนชุดค่าถ่วงน้ำหนักเริ่มต้น 10 ชุด ค่าความน่าจะเป็นในการผสมข้ามพันธุ์ (Pc) เท่ากับ 0.1 ค่าความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ เท่ากับ 0.1 และจำนวนรอบการคำนวณที่ 10,000 รอบ

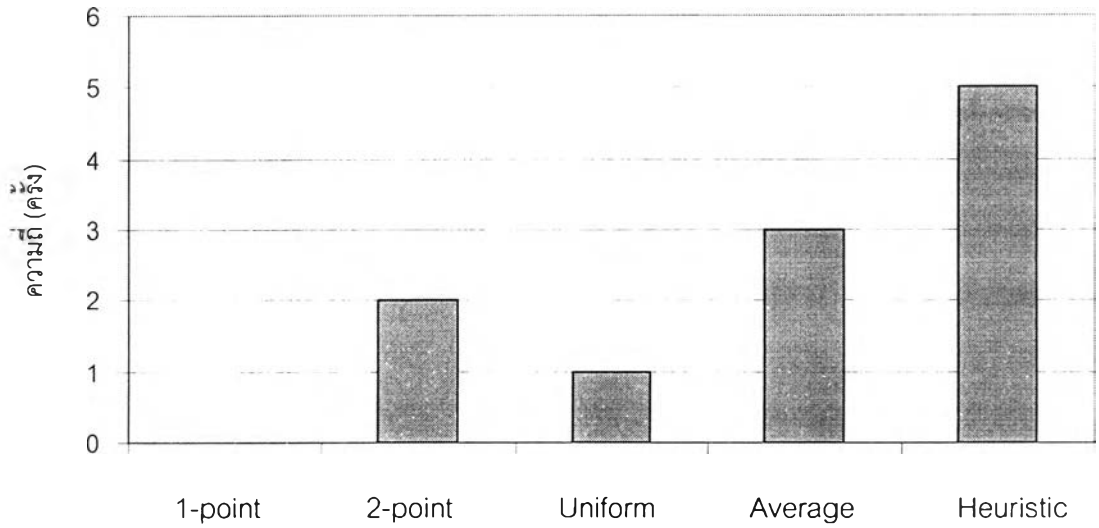
ผลการคำนวณของโปรแกรม GA+ANN ดังแสดงค่า RMSE ไว้ในตารางที่ 6-5 จะเห็นว่า วิธีการผสมข้ามพันธุ์ทั้ง 5 วิธี ให้ผลการพยากรณ์ ที่มีความถูกต้องแตกต่างกันน้อย ดังดูจากค่า RMSE ดังนั้นการเลือกใช้วิธีผสมข้ามพันธุ์วิธีใดวิธีหนึ่งจะไม่ส่งผลต่อการคำนวณของแบบจำลอง GA+ANN มากนัก จากรูปที่ 6-7 แสดงความถี่เป็นจำนวนครั้งที่วิธีการผสมข้ามพันธุ์แบบต่างๆ ให้ค่า RMSE ที่ดีที่สุดจากการคัดเลือกแบบจำลองในช่วงเรียนรู้และทดสอบ สามารถสรุปได้ข้างล่างนี้

- วิธีผสมข้ามพันธุ์ที่เหมาะสมกับโครงข่ายขนาดเล็ก คือ Heuristic
- วิธีผสมข้ามพันธุ์ที่เหมาะสมกับโครงข่ายขนาดใหญ่ คือ 2-point

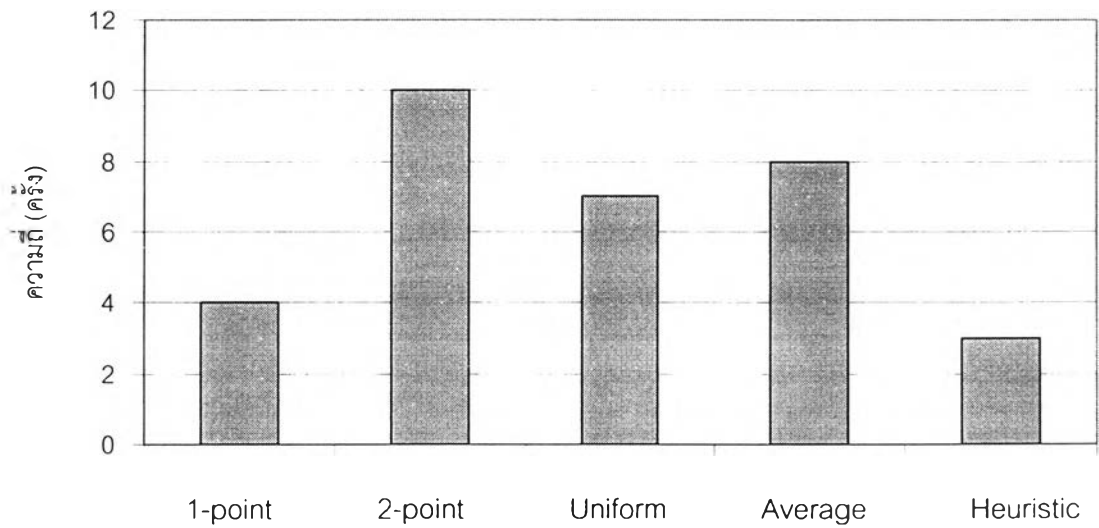
ตารางที่ 6-5 ค่า RMSE ในการคัดเลือกวิธีผสมข้ามพันธุ์ในฤดูฝน

สถานี	ช่วง เวลา (วัน)	ช่วงการเรียนรู้					ช่วงทดสอบ				
		1-point m ³ /s	2-point m ³ /s	Uniform m ³ /s	Average m ³ /s	Heuristic m ³ /s	1-point m ³ /s	2-point m ³ /s	Uniform m ³ /s	Average m ³ /s	Heuristic m ³ /s
150401	1	14.94	15.29	14.9	14.81	14.85	14.36	14.34	14.52	14.42	14.31
	2	20.66	20.64	20.62	20.6	20.58	18.98	19.01	18.96	18.99	18.92
KGT.14	1	7.83	7.81	7.81	7.78	7.76	6.37	6.3	6.33	6.33	6.32
KGT.15A	1	12.94	12.92	12.87	12.71	12.95	14.87	14.98	14.75	15.22	14.78
	2	20.24	20.24	20.21	20.18	20.21	21.64	21.43	21.54	21.46	21.43
KGT.10	1	20.7	20.48	20.65	20.64	20.6	14.5	14.6	14.98	14.41	14.63
	2	32.27	32.4	32.17	32.21	32.26	23.95	24.13	24.14	23.92	24.03
	3	40.28	40.45	40.4	40.28	40.29	29.59	29.7	29.55	29.6	29.58
KGT.12	1	6.19	5.59	6.35	6.34	5.94	5.25	4.81	5.36	5.45	5.35
	2	10.89	10.6	10.84	11.09	10.72	9.38	9.11	9.15	9.63	9.28
	3	15.08	15.05	15.22	14.95	15.19	13.09	12.92	13.12	12.95	13.27
	4	18.77	18.79	18.7	18.68	18.63	15.93	16.01	15.73	15.72	15.66
	5	22.42	22.5	22.39	22.39	22.45	18.67	19.06	18.71	18.67	18.97
	6	26.12	26	26.03	26.02	26.01	21.67	21.27	21.32	21.33	21.31
KGT.3	1	21.1	22.38	22.05	21.12	21.57	17.23	18.21	17.25	17.78	17.35
	2	32.31	32.27	32.2	32.47	33.45	28.87	28.24	28.54	29.94	28.65
	3	48.24	48.06	48.2	47.97	48.97	46.74	47.06	46.4	47.28	46.71
	4	65.24	65.19	65.16	65.34	65.21	60.58	61.17	60.52	60.41	60.8
	5	80.17	80.18	80.17	80.23	80.17	72.05	72.07	72.16	72.16	72.13
	6	94.31	94.08	94.09	94.17	94.2	82.73	82.72	82.62	82.69	82.74
	7	106.48	106.64	106.48	106.45	106.5	91.14	91.12	91.24	90.96	91.12

หมายเหตุ : ค่า RMSE ที่น้อยที่สุด



(ก) โครงข่ายขนาดเล็ก



(ข) โครงข่ายขนาดใหญ่

รูปที่ 6-7 แผนภูมิการคัดเลือกวิธีผสมข้ามพันธุ์ในฤดูฝน

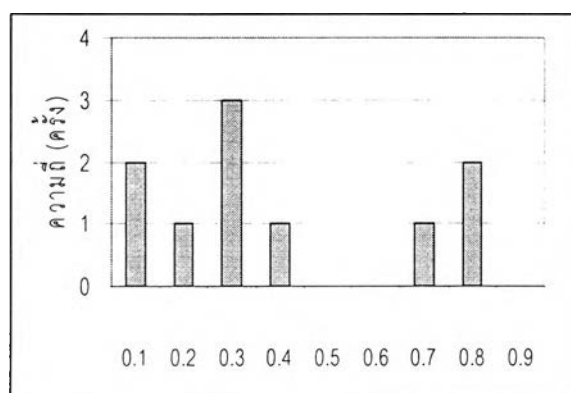
(ข) การคัดเลือกค่าความน่าจะเป็นในการผสมข้ามพันธุ์ (Pc)

การคัดเลือกค่า Pc ที่เหมาะสมจะคัดเลือกค่า Pc ที่อยู่ในช่วงพิสัยระหว่าง 0.1-0.9 ซึ่งพิจารณาจากโปรแกรม GA+ANN ที่มีจำนวนชุดค่าถ่วงน้ำหนักเริ่มต้น 10 ชุด ค่าความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ เท่ากับ 0.1 จำนวนรอบการคำนวณที่ 10,000 รอบ และวิธีผสมข้ามพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับแต่ละสถานีและช่วงเวลาการพยากรณ์ดังตารางที่ 6-5 จากช่วงการเรียนรู้

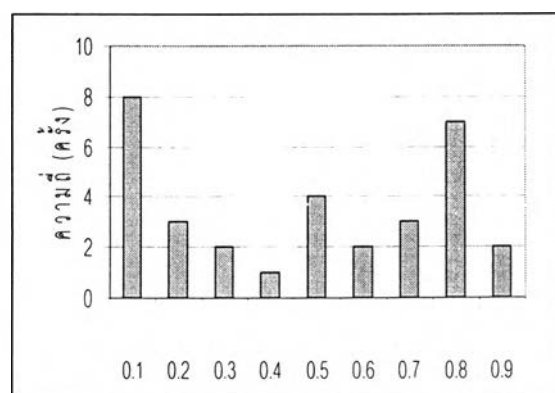
ผลการคัดเลือกด้วยโปรแกรม GA+ANN ดังแสดงในตารางที่ 6-6 และ 6-7 ซึ่งแสดงค่า RMSE จากการคัดเลือกค่า Pc จากทุกแบบจำลอง พบว่า การเลือกใช้ค่า Pc ค่าใดค่าหนึ่งจะไม่ส่งผลกระทบต่อจำนวนของแบบจำลอง GA+ANN มากนัก จากรูปที่ 6-8 แสดงความถี่เป็นจำนวนครั้งที่ค่า Pc ต่างๆทำให้แบบจำลองมีค่า RMSE น้อยที่สุดในหลายแบบจำลองสามารถสรุปได้ว่า

- ค่า Pc ที่เหมาะสมสำหรับโครงข่ายขนาดเล็กเท่ากับ 0.3
- ค่า Pc ที่เหมาะสมสำหรับโครงข่ายขนาดใหญ่เท่ากับ 0.1

นอกจากนี้ยังได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการผสมข้ามพันธุ์กับช่วงพิสัยของค่า Pc ที่เหมาะสมได้แสดงดังรูปที่ 6-9 พบว่า วิธี Heuristic และ 2-point ที่ใช้ค่า Pc ที่อยู่ในช่วง 0.1-0.3 ยังมีความเหมาะสมสามารถให้ความถูกต้องของการพยากรณ์ที่ดีเทียบกับวิธีผสมข้ามพันธุ์และช่วง Pc อื่นๆ



(ก) โครงข่ายขนาดเล็ก



(ข) โครงข่ายขนาดใหญ่

รูปที่ 6-8 แผนภูมิการคัดเลือกค่า Pc ในฤดูฝน

ตารางที่ 6-6 ค่า RMSE ในการคัดเลือกค่า Pc ในฤดูฝน (ชุดข้อมูลเรียนรู้)

สถานี	ช่วง เวลา (วัน)	Probability of Crossover (Pc) - Training								
		0.1 m ³ /s	0.2 m ³ /s	0.3 m ³ /s	0.4 m ³ /s	0.5 m ³ /s	0.6 m ³ /s	0.7 m ³ /s	0.8 m ³ /s	0.9 m ³ /s
150401	1	14.81	14.91	15.16	15.15	14.96	15.04	14.79	14.94	14.86
	2	20.58	20.61	20.56	20.61	20.61	20.74	20.69	20.58	21.04
KGT.14	1	7.76	7.79	7.74	8.95	7.80	7.76	7.84	8.14	8.14
KGT.15A	1	12.71	12.90	12.93	12.85	12.91	12.93	12.96	12.97	13.17
	2	20.18	20.25	20.25	20.24	20.29	20.24	20.26	20.22	20.25
KGT.10	1	20.48	20.30	20.43	20.52	20.72	20.49	20.48	20.62	20.32
	2	32.17	32.23	32.35	32.19	32.11	32.24	32.26	32.13	32.20
	3	40.28	40.28	40.39	40.29	40.42	40.28	40.34	40.31	40.37
KGT.12	1	5.59	6.23	6.53	6.05	6.43	6.31	6.41	6.32	6.18
	2	10.60	10.83	10.95	10.75	11.01	10.77	11.32	11.23	10.54
	3	14.95	15.25	14.81	15.08	15.31	15.14	14.95	14.87	14.93
	4	18.63	18.58	18.81	18.61	18.77	18.63	18.80	18.76	18.74
	5	22.39	22.45	22.43	22.37	22.40	22.52	22.37	22.43	22.52
	6	26.00	25.95	26.00	26.03	26.05	26.01	26.03	25.94	26.03
Kgt.3	1	21.10	20.91	20.75	22.88	21.48	21.82	21.16	20.57	20.69
	2	32.20	32.35	32.91	34.07	31.36	31.64	31.77	32.37	32.47
	3	47.97	48.05	48.05	47.89	47.75	47.65	47.86	47.73	47.70
	4	65.16	65.14	65.08	65.10	64.95	64.77	64.91	65.12	65.17
	5	80.17	80.17	80.20	80.41	80.30	80.44	80.25	80.40	80.50
	6	94.08	94.16	94.11	94.09	94.18	94.28	94.27	94.16	94.14
	7	106.45	106.47	106.39	106.49	106.52	106.55	106.58	106.55	106.60

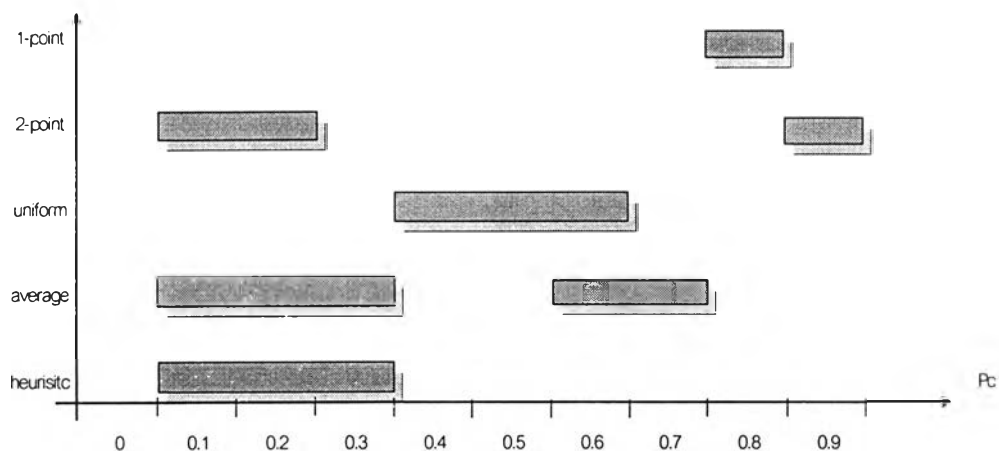
หมายเหตุ : ค่า RMSE ที่น้อยที่สุด

ตารางที่ 6-7 ค่า RMSE ในการคัดเลือกค่า Pc ในฤดูฝน (ชุดข้อมูลทดสอบ)

สถานี	ช่วง เวลา (วัน)	Probability of Crossover (Pc) -Testing								
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
		m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
150401	1	14.42	14.48	14.47	14.54	14.40	14.41	14.42	14.33	14.42
	2	18.92	19.17	18.85	19.18	19.01	18.99	18.94	18.91	19.04
KGT.10	1	14.60	14.67	14.44	14.30	14.61	14.39	14.56	14.74	14.32
	2	24.14	23.96	23.99	24.13	23.98	23.96	24.07	23.88	24.00
	3	29.59	29.47	29.60	29.52	29.52	29.52	29.54	29.48	29.53
KGT.14	1	6.32	6.32	6.36	7.19	6.33	6.33	6.48	6.69	6.68
KGT.15A	1	15.22	15.33	15.01	14.68	15.40	14.86	14.43	14.52	15.19
	2	21.46	21.49	21.47	21.54	21.48	21.76	21.44	21.47	21.49
KGT.12	1	4.81	5.23	5.59	5.22	5.53	5.36	5.43	5.42	5.29
	2	9.11	9.48	9.29	9.22	9.39	9.19	9.91	9.73	9.02
	3	12.95	13.28	12.48	13.30	13.23	13.20	12.93	12.47	12.73
	4	15.66	15.51	15.72	15.60	16.04	15.64	16.02	15.86	16.05
	5	18.71	18.69	18.93	18.68	18.75	19.06	18.71	18.67	19.17
	6	21.27	21.19	21.25	21.36	21.38	21.26	21.37	21.16	21.35
Kgt.3	1	17.23	17.31	17.32	18.66	16.97	17.25	17.06	16.09	16.58
	2	28.87	28.74	29.00	28.57	28.70	27.94	28.84	28.56	28.76
	3	46.74	46.58	47.09	46.70	46.82	46.74	46.24	47.31	47.31
	4	60.58	60.80	60.61	60.64	60.55	61.28	61.50	60.69	60.74
	5	72.05	72.17	72.10	72.28	72.21	72.159	72.17	72.21	72.34
	6	82.73	82.71	82.72	82.45	82.67	82.69	82.64	82.73	82.64
	7	91.14	91.04	91.47	91.03	90.93	91.12	91.33	91.18	91.02

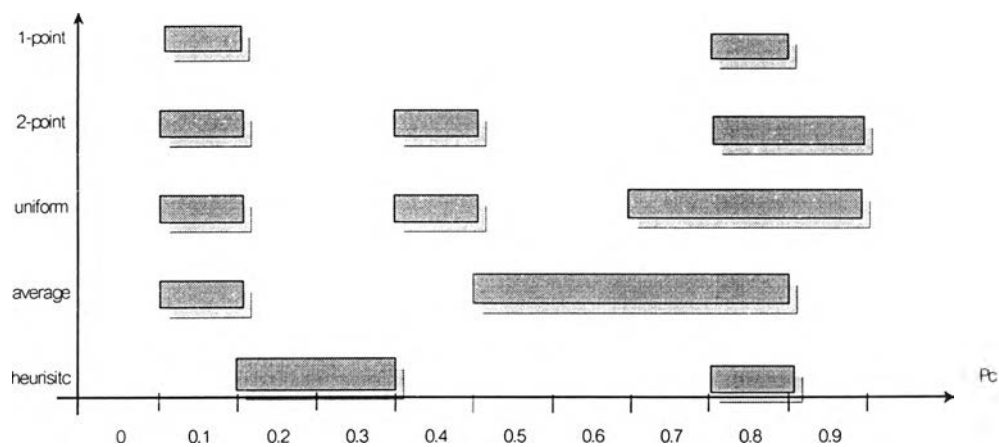
หมายเหตุ : ค่า RMSE ที่น้อย

วิธีผสมข้ามพันธุ์



(ก) ช่วงพีสัยค่า Pc ที่เหมาะสมของวิธีผสมข้ามพันธุ์ในช่วงการเรียนรู้

วิธีผสมข้ามพันธุ์



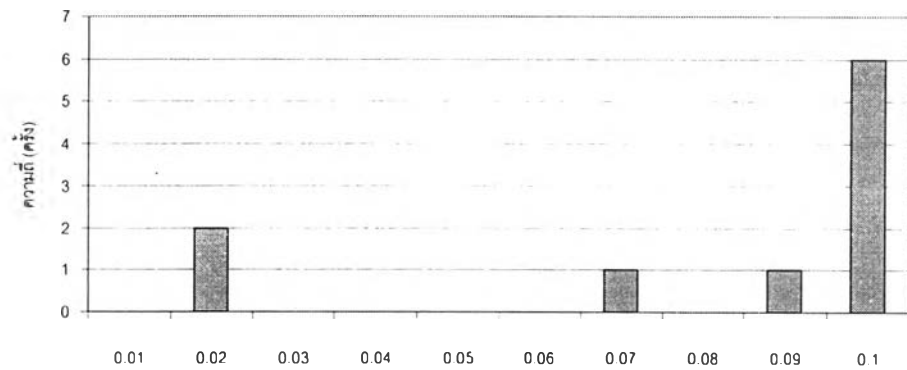
(ข) ช่วงพีสัยค่า Pc ที่เหมาะสมของวิธีผสมข้ามพันธุ์ในช่วงการทดสอบ

รูปที่ 6-9 ช่วงพีสัยค่า Pc ที่เหมาะสมของวิธีผสมข้ามพันธุ์

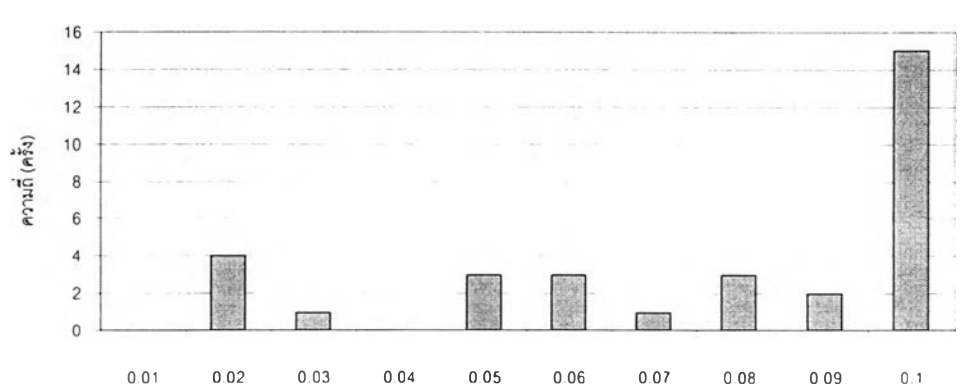
(ค) การคัดเลือกค่าความน่าจะเป็นในการปรับปรุงพันธุ์ (Pm)

การคัดเลือกค่า Pm ที่เหมาะสมจะคัดเลือกค่า Pm ที่อยู่ในช่วง 0.01-0.10 ซึ่งพิจารณาจากโปรแกรม GA+ANN ที่มีจำนวนชุดค่าถ่วงน้ำหนักเริ่มต้น 10 ชุด จำนวนรอบการคำนวณที่ 10,000 รอบ วิธีผสมข้ามพันธุ์ที่เหมาะสมดังตารางที่ 6-5 และค่า Pc ที่เหมาะสมดังตารางที่ 6-6

ผลการคำนวณของโปรแกรม GA+ANN ดังตารางที่ 6-8 และ 6-9 พบว่า ค่า Pm ที่มีค่ามากขึ้นจะให้ค่า RMSE ที่ต่ำลงโดย Pm ที่ให้ค่า RMSE ต่ำสุด คือ 0.10 แสดงว่า ค่า Pm ที่ต่ำอาจจะไม่เปิดโอกาสให้การปรับปรุงพันธุ์สร้างชุดคำตอบชุดใหม่ ขณะที่ Pm สูงขึ้นจะเปิดโอกาสให้สามารถสร้างชุดคำตอบที่ดีขึ้นได้



(ก) โครงข่ายขนาดเล็ก



(ข) โครงข่ายขนาดใหญ่

รูปที่ 6-10 แผนภูมิการคัดเลือกค่า Pm ที่เหมาะสมในฤดูฝน

ตารางที่ 6-8 ค่า RMSE จากการคัดเลือกค่า Pm ในฤดูฝน (ชุดข้อมูลเรียนรู้)

สถานี	ช่วง เวลา (วัน)	Probability of Mutation (Pm) - Training									
		0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10
		m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
150401	1	16.35	16.23	16.13	14.86	15.17	14.83	14.90	15.00	14.92	14.79
	2	20.61	20.95	20.89	20.80	20.69	20.82	20.61	20.73	20.62	20.56
KGT.14	1	8.99	8.66	8.46	8.87	8.28	8.11	8.18	8.11	7.84	7.74
KGT.15A	1	13.94	13.51	13.19	13.08	13.20	12.93	12.75	13.04	12.93	12.71
	2	21.07	20.44	20.29	20.33	20.27	20.24	20.16	20.26	20.24	20.18
Kgt.10	1	23.85	21.78	21.49	20.52	20.63	20.30	20.80	20.39	20.61	20.30
	2	33.37	32.92	32.70	32.36	32.18	32.49	32.17	32.13	32.35	32.11
	3	41.22	40.71	40.40	40.47	40.33	40.28	40.33	40.46	40.34	40.28
KGT.12	1	8.22	6.39	6.38	5.90	5.92	5.90	6.42	5.86	5.87	5.59
	2	11.38	11.50	11.04	10.80	10.77	10.75	10.54	10.83	10.68	10.54
	3	16.02	15.67	15.45	15.01	14.80	15.04	15.02	15.13	15.20	14.81
	4	19.46	18.83	18.92	18.65	18.89	18.61	18.61	18.59	18.61	18.58
	5	23.53	22.90	22.82	22.71	22.56	22.43	22.45	22.49	22.45	22.37
	6	26.72	26.47	26.19	26.22	25.98	26.04	26.04	26.12	26.01	25.94
Kgt.3	1	22.34	21.25	21.60	20.04	19.83	20.54	20.14	21.87	21.49	20.57
	2	34.56	30.24	31.74	31.60	31.44	30.90	31.02	31.63	31.78	31.36
	3	48.43	49.14	48.03	48.10	47.88	47.46	47.65	48.08	47.84	47.65
	4	67.03	65.73	65.52	64.94	64.93	64.71	64.91	65.11	65.12	64.77
	5	81.96	81.85	80.79	80.53	80.45	80.40	80.28	80.24	80.17	80.17
	6	95.21	95.07	94.48	94.37	94.29	94.20	94.09	94.13	94.15	94.08
	7	107.6	107.1	106.95	106.72	106.71	106.74	106.64	106.48	106.45	106.39

ตารางที่ 6-9 ค่า RMSE จากการคัดเลือกค่า Pm ในฤดูฝน (ชุดข้อมูลทดสอบ)

สถานี	ช่วง เวลา (วัน)	Probability of Mutation (Pm) - Testing									
		0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10
		m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
150401	1	14.17	14.03	14.11	14.45	14.32	14.34	14.51	14.47	14.31	14.42
	2	19.05	18.89	18.94	18.89	18.97	19.02	19.12	18.93	19.03	18.85
KGT.14	1	7.31	6.50	6.48	6.92	6.57	6.72	6.45	6.56	6.33	6.36
KGT.15A	1	14.81	14.32	14.86	15.50	14.56	16.43	15.77	14.57	15.05	15.22
	2	21.98	21.61	21.62	21.49	21.52	21.51	21.54	21.53	21.50	21.46
Kgt.10	1	15.66	15.24	15.00	14.45	14.46	14.52	14.66	14.30	14.58	14.67
	2	23.96	23.99	23.95	24.08	23.84	24.03	23.87	24.17	24.08	23.98
	3	29.85	29.48	29.51	29.42	29.56	29.60	29.53	29.51	29.57	29.59
KGT.12	1	5.64	5.14	5.24	5.05	5.04	5.01	5.28	4.94	4.98	4.81
	2	9.42	9.40	9.06	9.16	8.97	9.03	8.95	9.11	8.97	9.73
	3	13.03	12.94	13.33	12.53	12.39	13.00	12.89	13.22	13.25	12.48
	4	16.10	15.98	16.22	15.97	15.96	15.64	15.66	15.66	15.51	15.58
	5	19.92	18.78	19.13	19.38	18.74	18.69	18.78	18.74	18.71	18.71
	6	21.50	21.76	21.72	21.74	21.25	21.26	21.32	21.59	21.25	21.16
Kgt.3	1	17.17	15.94	16.04	16.41	16.35	17.21	16.20	16.98	17.46	16.09
	2	28.27	28.10	27.93	28.10	28.56	28.30	28.39	27.72	28.62	28.70
	3	46.88	45.83	46.71	46.81	47.11	46.98	47.32	46.55	46.99	46.74
	4	60.77	60.74	60.81	60.49	60.65	60.38	60.47	61.09	60.56	61.28
	5	72.55	72.50	72.38	72.26	72.14	72.29	72.14	72.15	72.01	72.05
	6	83.01	82.64	82.50	82.59	82.70	82.67	82.70	82.59	82.67	82.73
	7	91.51	91.65	91.27	91.23	91.39	91.22	91.32	91.04	91.15	91.47

(ง) การคัดเลือกจำนวนประชากร (Population Size)

การคัดเลือกขั้นตอนและพารามิเตอร์ของ GA ที่เหมาะสมของแต่ละแบบจำลองจะคัดเลือกจำนวนประชากรเป็นค่าพารามิเตอร์สุดท้าย ทั้งนี้เนื่องจาก จำนวนประชากรส่งผลต่อเวลาที่ใช้ในการคำนวณด้วยแบบจำลอง GA+ANN เป็นอย่างมาก คือ จำนวนประชากรที่มากอาจทำให้ต้องใช้เวลาในการปรับเทียบแบบจำลอง 1 ครั้งเป็นเวลานานถึง 8 ชม. ขนาดจำนวนประชากรที่เลือกใช้ในการศึกษาค้างนี้ ได้แก่ 10, 20, 50, 80, 100 โดยในจำนวนประชากรค่าหนึ่งๆ ได้ทำการคำนวณใหม่ 3 ครั้ง และใช้ขั้นตอนและค่าพารามิเตอร์ที่ให้ผลการคำนวณที่ดีที่สุด ดังที่กล่าวมาแล้ว

จากตารางที่ 6-10 แสดงผลของค่า RMSE ที่ได้จากการคำนวณ 3 ครั้ง คือ มีการสุ่มค่าถ่วงน้ำหนักเริ่มต้น 3 ครั้ง พบว่า จำนวนประชากรแต่ละขนาดมีค่า RMSE เฉลี่ยใน 3 ครั้งของการคำนวณให้ค่า แตกต่างกันน้อยในโครงข่ายขนาดเล็ก แต่จะมีความแตกต่างมากขึ้นในโครงข่ายขนาดใหญ่ จากรูปที่ 6-11 พบว่า จำนวนประชากรที่ให้จำนวนแบบจำลองมีความเหมาะสมมากที่สุด เท่ากับ 100 ทั้งโครงข่ายขนาดเล็กและโครงข่ายขนาดใหญ่ แต่ถ้าพิจารณาจากช่วงพิสัยของค่า RMSE ที่ได้จากการคำนวณ พบว่า มีค่าเฉลี่ยและช่วงพิสัยที่แตกต่างกันน้อย โดยเฉพาะแบบจำลองที่มีโครงข่ายขนาดเล็กที่มีจำนวนค่าถ่วงน้ำหนักของแบบจำลองน้อยกว่าแบบจำลองที่มีโครงข่ายขนาดใหญ่ การใช้จำนวนประชากรที่มีขนาดน้อยกว่า 100 ได้แก่ 10 และ 20 จะทำให้เวลาที่ใช้คำนวณของแบบจำลองเร็วมากขึ้น จึงเหมาะสมกว่าการใช้จำนวนประชากรเป็น 100 สำหรับแบบจำลองที่มีโครงข่ายขนาดใหญ่ผลของการใช้จำนวนประชากร 80-100 จะให้ผลการคำนวณที่มีความถูกต้องดีกว่าจำนวนประชากรที่มีขนาดเล็ก

ตารางที่ 6-10 ค่า RMSE จากการคัดเลือกจำนวนประชากรในฤดูฝน

สถานี	ช่วงเวลา วัน	ค่าตัวงน้ำ หนักเริ่มต้น ครั้งที่	ช่วงเรียนรู้					ช่วงทดสอบ					
			10	20	50	80	100	10	20	50	80	100	
150401	1	1	14.80	14.82	14.77	14.91	14.92	14.45	14.37	14.42	14.43	14.37	
		2	15.04	14.84	14.79	14.79	14.82	14.48	14.43	14.42	14.46	14.44	
		3	14.79	14.81	14.81	14.82	14.77	14.42	14.42	14.40	14.45	14.37	
		ค่าเฉลี่ย	14.88	14.82	14.79	14.84	14.84	14.45	14.41	14.41	14.45	14.40	
	2	1	20.77	20.61	20.57	20.57	20.57	18.99	18.99	18.99	19.03	18.99	
		2	20.69	20.58	20.65	20.57	20.57	18.95	19.03	18.95	19.01	18.99	
		3	20.56	20.57	20.46	20.57	20.77	18.85	19.00	18.76	19.01	18.93	
		ค่าเฉลี่ย	20.68	20.58	20.56	20.57	20.64	18.93	19.01	18.90	19.02	18.97	
	Kgt14	1	1	7.73	8.04	9.17	7.73	7.71	6.39	6.52	7.67	6.35	6.33
			2	7.79	7.77	8.09	7.72	7.71	6.35	6.33	6.56	6.34	6.33
3			7.74	7.81	8.81	8.05	7.71	6.36	6.49	7.35	6.52	6.34	
ค่าเฉลี่ย			7.75	7.87	8.69	7.83	7.71	6.37	6.45	7.19	6.40	6.33	
Kgt15A	1	1	12.78	12.77	12.88	12.63	12.93	15.43	15.68	15.27	15.23	15.03	
		2	12.83	12.82	12.64	12.78	12.62	15.65	15.69	15.22	15.56	14.84	
		3	12.71	12.77	12.82	12.83	12.65	15.22	16.55	14.70	15.06	15.20	
		ค่าเฉลี่ย	12.77	12.79	12.78	12.74	12.73	15.43	15.98	15.06	15.28	15.02	
	2	1	20.14	20.17	20.14	20.12	20.11	21.40	21.44	21.66	21.48	21.48	
		2	20.20	20.14	20.08	20.11	20.12	21.58	21.46	21.42	21.72	21.46	
		3	20.16	20.13	20.11	20.09	20.13	21.54	21.53	21.48	21.60	21.60	
		ค่าเฉลี่ย	20.17	20.15	20.11	20.11	20.12	21.51	21.48	21.52	21.60	21.51	
Kgt10	1	1	21.10	20.40	20.56	20.68	20.58	15.07	14.53	14.69	14.74	14.32	
		2	20.93	20.11	20.64	20.26	20.25	14.84	14.31	14.49	14.28	14.25	
		3	20.30	20.28	20.75	20.41	20.32	14.67	14.37	14.61	14.46	14.36	
		ค่าเฉลี่ย	20.78	20.26	20.65	20.45	20.38	14.86	14.40	14.60	14.49	14.31	
	2	1	32.20	31.81	31.94	31.99	31.93	24.05	24.15	24.05	23.92	24.00	
		2	32.19	31.89	32.07	31.93	31.97	24.06	24.29	24.08	24.02	23.90	
		3	32.11	32.09	32.02	32.05	31.98	23.98	23.99	24.21	24.02	23.95	
		ค่าเฉลี่ย	32.17	31.93	32.01	31.99	31.96	24.03	24.14	24.11	23.99	23.95	
	3	1	40.17	40.26	40.26	40.26	39.84	29.63	29.54	29.61	29.54	29.49	
		2	40.30	40.39	40.25	39.99	40.25	29.60	29.63	29.57	29.46	29.53	
		3	40.28	40.27	40.29	40.22	40.20	29.59	29.53	29.58	29.54	29.48	
		ค่าเฉลี่ย	40.25	40.31	40.27	40.16	40.10	29.61	29.57	29.58	29.51	29.50	

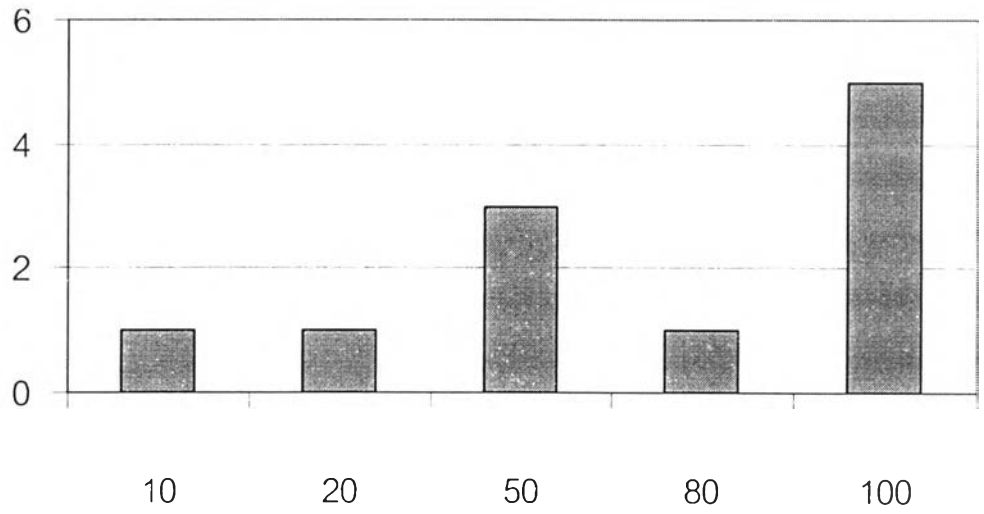
ตารางที่ 6-10 (ต่อ) ค่า RMSE จากการคัดเลือกจำนวนประชากรในฤดูฝน

สถานี	ช่วงเวลา	ค่าตัวนำ หนักเริ่มต้น ครั้งที่	ช่วงเรียนรู้					ช่วงทดสอบ				
			10	20	50	80	100	10	20	50	80	100
Kgt.12	1	1	6.25	6.45	6.15	6.25	6.36	5.18	5.60	5.44	5.44	5.31
		2	6.16	6.20	6.42	6.11	6.54	5.12	5.37	5.51	5.20	5.58
		3	5.59	6.28	6.43	6.17	5.97	4.81	5.45	5.35	5.39	5.20
		ค่าเฉลี่ย	6.00	6.31	6.33	6.18	6.29	5.04	5.47	5.43	5.34	5.36
	2	1	11.26	10.52	10.52	10.41	10.16	9.47	8.93	8.93	8.93	8.81
		2	10.93	10.44	10.25	10.77	10.74	9.35	8.88	8.79	9.29	9.33
		3	10.54	11.01	10.35	10.11	10.81	8.95	9.63	9.03	8.78	9.39
		ค่าเฉลี่ย	10.91	10.66	10.37	10.43	10.57	9.26	9.15	8.92	9.00	9.18
	3	1	14.99	15.10	15.82	14.65	14.50	12.67	13.29	13.48	12.43	12.40
		2	14.64	15.18	14.65	16.16	14.99	12.64	13.21	12.47	13.88	13.20
		3	14.92	14.95	14.76	14.55	14.55	12.59	13.15	12.56	12.43	12.40
		ค่าเฉลี่ย	14.85	15.08	15.08	15.15	14.68	12.64	13.21	12.84	12.91	12.66
	4	1	18.75	18.71	18.75	18.69	18.65	16.06	15.84	15.94	15.73	15.59
		2	18.71	18.65	18.77	18.67	18.68	15.76	15.73	16.06	15.51	15.85
		3	18.55	18.66	18.70	18.70	18.68	15.58	15.67	15.57	15.89	15.97
		ค่าเฉลี่ย	18.67	18.67	18.74	18.69	18.67	15.80	15.75	15.86	15.71	15.81
	5	1	22.38	22.47	22.32	22.33	22.31	18.72	19.07	18.68	18.69	18.71
		2	22.36	22.33	22.33	22.32	22.34	18.70	18.70	18.67	18.70	18.69
		3	22.37	22.35	22.33	22.35	22.30	18.71	18.70	18.69	18.71	18.69
		ค่าเฉลี่ย	22.37	22.38	22.33	22.33	22.32	18.71	18.82	18.68	18.70	18.70
	6	1	26.04	26.02	26.01	26.02	26.01	21.38	21.28	21.30	21.30	21.32
		2	26.01	26.03	26.00	25.95	26.01	21.29	21.31	21.26	21.44	21.29
		3	25.94	26.06	25.95	25.89	25.91	21.16	21.44	21.20	21.15	21.15
		ค่าเฉลี่ย	26.00	26.03	25.99	25.95	25.97	21.27	21.35	21.25	21.30	21.25

ตารางที่ 6-10 (ต่อ) ค่า RMSE จากการคัดเลือกจำนวนประชากรในฤดูฝน

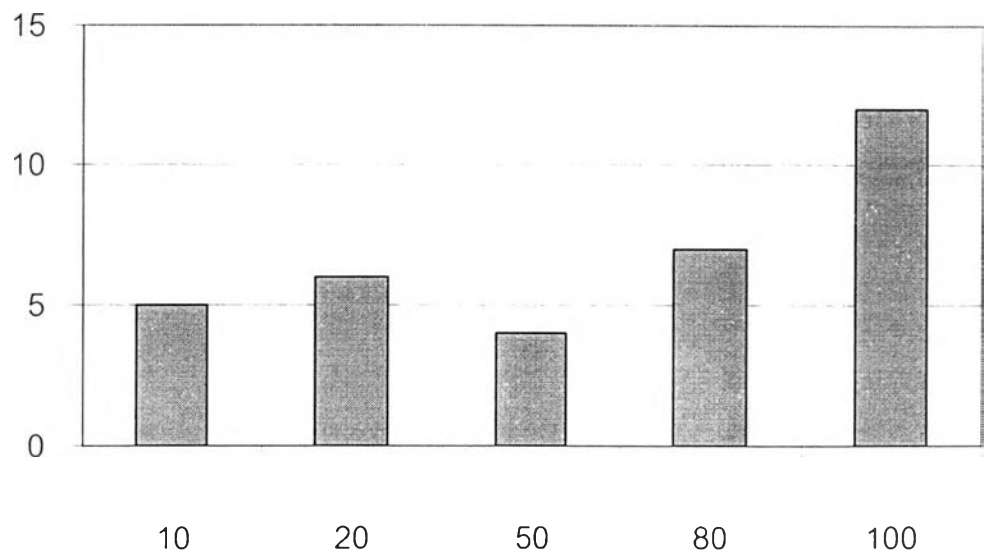
สถานี	ช่วงเวลา	ค่าถ่วงน้ำหนัก วัน	ช่วงเรียนรู้					ช่วงทดสอบ				
			10	20	50	80	100	10	20	50	80	100
Kgl3	1	1	20.11	18.49	20.38	17.86	21.63	16.36	15.93	16.64	15.81	17.09
		2	21.57	21.24	20.53	20.88	20.40	17.48	16.57	17.32	16.27	16.75
		3	19.83	21.12	20.67	19.51	20.30	16.35	17.32	16.78	16.62	16.72
		ค่าเฉลี่ย	20.51	20.28	20.52	19.42	20.78	16.73	16.61	16.91	16.23	16.85
	2	1	31.76	31.76	31.45	30.65	30.64	28.14	27.90	28.38	28.12	28.59
		2	31.64	30.61	30.89	29.95	31.46	28.29	27.71	28.03	28.18	28.25
		3	30.24	31.08	31.06	29.92	31.00	28.10	27.77	28.03	28.30	28.29
		ค่าเฉลี่ย	31.21	31.15	31.14	30.17	31.04	28.18	27.79	28.15	28.20	28.38
	3	1	48.01	47.20	47.38	46.96	47.16	47.29	46.27	46.94	46.38	47.26
		2	48.04	47.04	47.44	47.22	47.04	47.44	46.78	46.69	46.42	45.74
		3	47.46	47.61	47.65	47.23	47.00	47.46	46.70	47.16	46.39	45.36
		ค่าเฉลี่ย	47.84	47.28	47.49	47.13	47.07	47.40	46.58	46.93	46.40	46.12
	4	1	64.75	64.63	64.51	64.56	64.55	60.22	60.44	61.24	60.44	60.48
		2	64.51	64.68	64.57	64.56	64.54	60.27	60.25	60.20	60.33	60.43
		3	64.61	64.48	64.54	64.52	64.34	61.13	61.15	60.36	60.79	61.57
		ค่าเฉลี่ย	64.62	64.60	64.54	64.55	64.48	60.54	60.61	60.60	60.52	60.82
	5	1	80.14	80.07	80.06	80.07	80.07	72.37	72.38	72.24	72.24	72.36
		2	80.31	80.08	80.08	80.08	80.07	72.44	72.37	72.32	72.40	72.36
		3	80.18	80.07	80.09	80.09	80.07	72.42	72.27	72.31	72.29	72.34
		ค่าเฉลี่ย	80.21	80.08	80.08	80.08	80.07	72.41	72.34	72.29	72.31	72.35
	6	1	94.05	93.97	93.97	93.95	93.98	82.60	82.58	82.66	82.68	82.54
		2	94.03	93.99	93.98	93.98	93.99	82.65	82.52	82.61	82.62	82.50
		3	94.07	93.99	93.98	93.97	93.96	82.68	82.61	82.62	82.62	82.69
		ค่าเฉลี่ย	94.05	93.98	93.98	93.97	93.98	82.65	82.57	82.63	82.64	82.58
	7	1	106.26	106.24	106.34	106.22	106.22	91.18	91.33	91.56	91.34	91.31
		2	106.27	106.22	106.21	106.21	106.21	91.32	91.33	91.33	91.30	91.35
		3	106.31	106.24	106.22	106.21	106.17	91.13	91.23	91.33	91.33	91.40
		ค่าเฉลี่ย	106.28	106.23	106.26	106.21	106.20	91.21	91.30	91.41	91.32	91.36

ความถี่ (ครั้ง)



ก) โครงการถ่ายขนาดเล็ก

ความถี่ (ครั้ง)



ข) โครงการถ่ายขนาดใหญ่

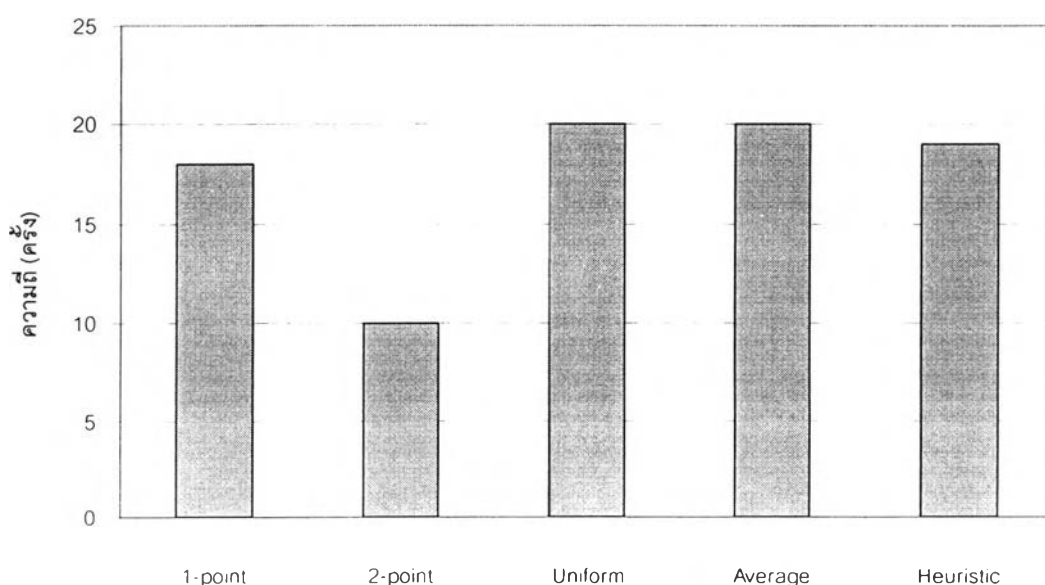
รูปที่ 6-11 แผนภูมิการคัดเลือกจำนวนประชากรในฤดูฝน

(2) ขั้นตอนและพารามิเตอร์ของ GA ที่เหมาะสมในฤดูแล้ง

แบบจำลอง GA+ANN ในการพยากรณ์น้ำท่าฤดูแล้งจาก 6 สถานี มีจำนวนทั้งสิ้น 32 กรณีการจำลอง (ดังแสดงในตารางที่ 6-2) จากโครงสร้างของแบบจำลองในฤดูแล้ง จะเห็นว่า ขนาดโครงข่ายในฤดูแล้งส่วนมากเป็นโครงข่ายที่มีขนาดเล็ก เพราะว่าข้อมูลฝนย้อนหลังไม่มีผลต่อการคำนวณและในฤดูแล้งมีฝนตกน้อยหรือมีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้น ในการพิจารณาคัดเลือกขั้นตอนและพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในฤดูแล้ง จะไม่แบ่งพิจารณาแบบจำลองออกเป็นเป็นโครงข่ายขนาดใหญ่และโครงข่ายขนาดเล็กเช่นในฤดูฝน แต่จะพิจารณาจากขั้นตอนและพารามิเตอร์ GA ที่ทำให้มีจำนวนแบบจำลองที่เหมาะสมมากที่สุดจากจำนวนแบบจำลองในฤดูแล้งทั้งหมด โดยผลการศึกษา มีดังนี้

(ก) ผลการคัดเลือกวิธีการผสมข้ามพันธุ์ (Crossover)

การคัดเลือกวิธีผสมข้ามพันธุ์ที่เหมาะสมที่สุดจาก 5 วิธี ดังแสดงในตารางที่ 6-11 พบว่า วิธีการผสมข้ามพันธุ์ทั้ง 5 วิธี ให้ผลการพยากรณ์น้ำท่าในฤดูแล้งมีความถูกต้องแตกต่างกันน้อยมาก และในบางแบบจำลองพบว่า มีวิธีผสมข้ามพันธุ์มากกว่า 1 วิธีที่ให้ค่า RMSE ที่เท่ากัน ดังนั้น การเลือกใช้วิธีผสมข้ามพันธุ์วิธีใดวิธีหนึ่งจะไม่ส่งผลต่อการคำนวณของแบบจำลอง GA+ANN ในฤดูแล้ง จากรูปที่ 6-12 พบว่า วิธีผสมข้ามพันธุ์ที่เหมาะสม ได้แก่ วิธี Uniform และ Average



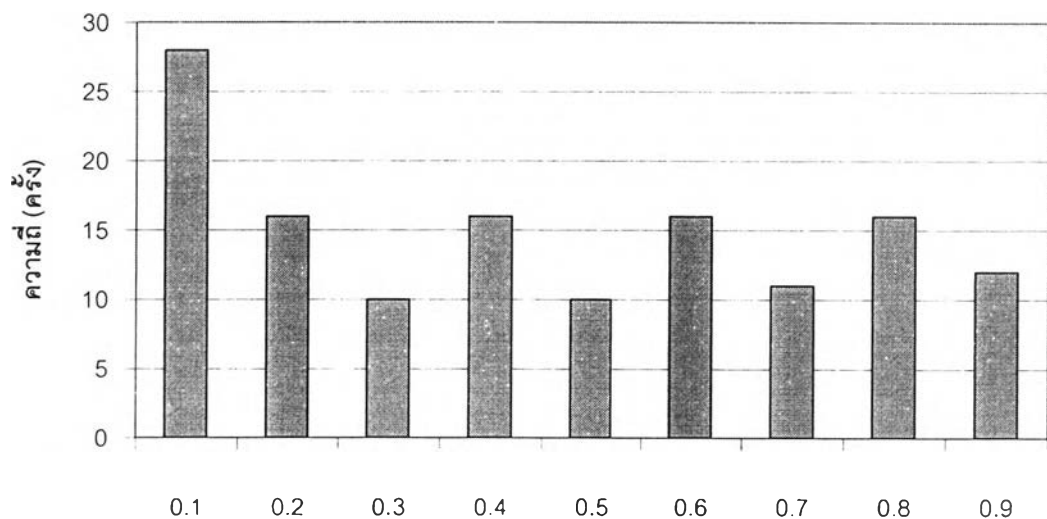
รูปที่ 6-12 แผนภูมิการคัดเลือกวิธีผสมข้ามพันธุ์ในฤดูแล้ง

ตารางที่ 6-11 ค่า RMSE ในการคัดเลือกวิธีผสมข้ามพันธุ์ในฤดูแล้ง

สถานี	โครงสร้าง	ช่วงเวลา (วัน)	ช่วงการเรียนรู้					ช่วงทดสอบ				
			1-point	2-point	Uniform	Average	Heuristic	1-point	2-point	Uniform	Average	Heuristic
			m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
150401	1-2-1	1	0.224	0.227	0.224	0.222	0.223	0.096	0.108	0.105	0.109	0.101
	1-2-1	2	0.269	0.268	0.268	0.265	0.265	0.145	0.144	0.142	0.139	0.138
	1-2-1	3	0.292	0.292	0.292	0.292	0.287	0.169	0.171	0.171	0.170	0.160
	1-2-1	4	0.305	0.299	0.299	0.301	0.304	0.196	0.182	0.182	0.187	0.195
	1-2-1	5	0.362	0.361	0.360	0.361	0.361	0.204	0.204	0.202	0.203	0.204
	1-2-1	6	0.392	0.394	0.393	0.393	0.392	0.218	0.225	0.219	0.220	0.218
	1-2-1	7	0.405	0.406	0.406	0.405	0.405	0.225	0.226	0.225	0.226	0.227
KGT.14	1-2-1	1	0.124	0.124	0.125	0.124	0.123	0.068	0.068	0.068	0.068	0.069
	1-2-1	2	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.090	0.090	0.091	0.090	0.091
KGT.15A	1-2-1	1	0.294	0.292	0.293	0.294	0.292	0.113	0.114	0.113	0.113	0.114
	1-2-1	2	0.380	0.379	0.382	0.381	0.378	0.146	0.146	0.145	0.146	0.147
	1-2-1	3	0.433	0.433	0.433	0.432	0.433	0.154	0.153	0.154	0.155	0.152
	1-2-1	4	0.461	0.462	0.463	0.462	0.463	0.159	0.161	0.160	0.160	0.160
	1-2-1	5	0.472	0.472	0.471	0.471	0.471	0.166	0.165	0.166	0.165	0.165
	1-2-1	6	0.478	0.478	0.478	0.477	0.477	0.170	0.172	0.169	0.169	0.170
KGT.10	5-3-2-1	1	0.759	0.769	0.767	0.761	0.762	0.448	0.458	0.451	0.449	0.450
	4-4-1	2	1.007	0.995	1.006	1.004	1.008	0.629	0.648	0.628	0.626	0.620
	3-3-1	3	1.146	1.139	1.146	1.144	1.146	0.659	0.684	0.659	0.670	0.666
KGT.12	1-2-1	1	0.361	0.352	0.350	0.354	0.351	0.133	0.127	0.126	0.132	0.126
	1-2-1	2	0.525	0.525	0.524	0.527	0.531	0.185	0.183	0.182	0.183	0.188
	1-2-1	3	0.591	0.592	0.592	0.592	0.592	0.217	0.216	0.218	0.217	0.217
	1-2-1	4	0.631	0.631	0.633	0.631	0.630	0.240	0.239	0.238	0.239	0.239
	1-2-1	5	0.659	0.660	0.661	0.659	0.660	0.258	0.259	0.260	0.258	0.258
	1-2-1	6	0.694	0.694	0.694	0.694	0.695	0.277	0.276	0.277	0.275	0.275
	1-2-1	7	0.734	0.733	0.733	0.733	0.733	0.286	0.286	0.285	0.286	0.287
KGT.3	7-4-3-1	1	1.587	1.515	1.236	1.527	1.537	1.358	1.150	0.963	1.211	0.899
	7-4-3-1	2	1.994	1.961	1.974	1.956	1.980	1.241	1.358	1.309	1.346	1.236
	7-4-3-1	3	2.229	2.240	2.245	2.186	2.188	1.447	1.455	1.448	1.460	1.449
	6-3-3-1	4	2.546	2.557	2.551	2.582	2.553	1.651	1.650	1.659	1.653	1.633
	5-3-2-1	5	2.776	2.765	2.761	2.751	2.754	1.683	1.670	1.682	1.662	1.676
	5-3-2-1	6	2.951	2.962	2.958	2.959	2.956	1.733	1.718	1.737	1.730	1.709
	5-3-2-1	7	3.137	3.115	3.116	3.112	3.124	1.836	1.804	1.801	1.805	1.815

(ข) ผลการคัดเลือกค่าความน่าจะเป็นในการผสมข้ามพันธุ์ (P_c)

จากตารางที่ 6-12 และ 6-13 พบว่า ค่า RMSE จากการคัดเลือกค่า P_c ในช่วง 0.1-0.9 มีความแตกต่างกันน้อยมากเช่นกัน และการเลือกใช้ค่า P_c ที่แตกต่างกันจะให้ค่า RMSE ที่เท่ากันในหลายแบบจำลอง ดังนั้นในแบบจำลองฤดูแล้งสามารถเลือกใช้ค่า P_c ได้หลายค่าโดยจะไม่ส่งผลกระทบต่อการคำนวณของแบบจำลองมากนัก และจากรูปที่ 6-13 ค่า P_c ที่เหมาะสมที่สุด เท่ากับ 0.1



รูปที่ 6-13 แผนภูมิการคัดเลือกค่า P_c ในฤดูแล้ง

ตารางที่ 6-12 ค่า RMSE ของค่า Pc ในฤดูแล้ง (ชุดข้อมูลเรียนรู้)

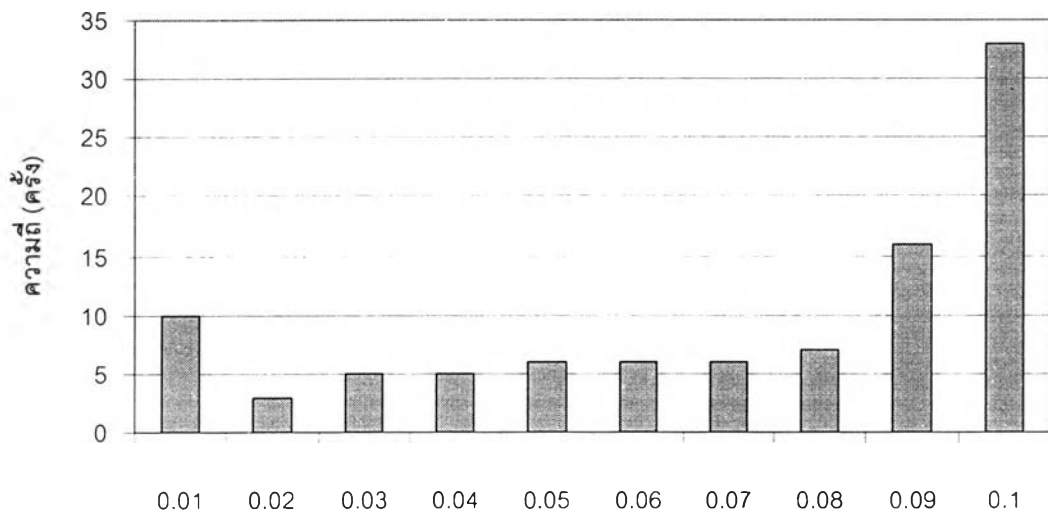
สถานี	ช่วงเวลา (วัน)	Probability of Crossover (Pc) - Training								
		0.1 m ³ /s	0.2 m ³ /s	0.3 m ³ /s	0.4 m ³ /s	0.5 m ³ /s	0.6 m ³ /s	0.7 m ³ /s	0.8 m ³ /s	0.9 m ³ /s
150401	1	0.222	0.221	0.218	0.220	0.227	0.225	0.219	0.218	0.221
	2	0.265	0.266	0.267	0.265	0.270	0.270	0.269	0.266	0.270
	3	0.287	0.292	0.292	0.297	0.292	0.294	0.285	0.293	0.296
	4	0.299	0.299	0.300	0.299	0.300	0.300	0.303	0.301	0.300
	5	0.362	0.360	0.359	0.360	0.360	0.362	0.359	0.360	0.360
	6	0.392	0.395	0.393	0.392	0.393	0.392	0.393	0.392	0.394
	7	0.405	0.406	0.405	0.404	0.406	0.405	0.405	0.406	0.405
KGT.14	1	0.123	0.124	0.124	0.124	0.124	0.123	0.124	0.123	0.124
	2	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137
KGT.15A	1	0.292	0.292	0.292	0.293	0.294	0.293	0.292	0.291	0.284
	2	0.378	0.386	0.381	0.381	0.380	0.379	0.379	0.392	0.382
	3	0.432	0.433	0.431	0.433	0.435	0.434	0.433	0.433	0.433
	4	0.461	0.463	0.462	0.463	0.463	0.462	0.463	0.464	0.462
	5	0.471	0.472	0.473	0.472	0.471	0.473	0.471	0.471	0.472
	6	0.477	0.477	0.477	0.477	0.477	0.477	0.477	0.477	0.479
KGT.10	1	0.759	0.758	0.768	0.763	0.766	0.758	0.768	0.767	0.764
	2	0.995	1.009	0.996	1.003	1.008	1.009	0.998	1.004	1.003
	3	1.139	1.147	1.143	1.146	1.145	1.147	1.148	1.147	1.146
KGT.12	1	0.350	0.350	0.352	0.358	0.354	0.350	0.362	0.353	0.350
	2	0.524	0.524	0.524	0.526	0.525	0.524	0.526	0.524	0.526
	3	0.591	0.592	0.597	0.593	0.595	0.592	0.593	0.592	0.593
	4	0.630	0.630	0.633	0.630	0.632	0.632	0.632	0.631	0.630
	5	0.659	0.660	0.660	0.662	0.661	0.660	0.660	0.660	0.660
	6	0.694	0.694	0.694	0.694	0.694	0.694	0.694	0.694	0.694
	7	0.733	0.735	0.733	0.733	0.733	0.734	0.733	0.731	0.732
Kgl.3	1	1.236	1.549	1.502	1.448	1.453	1.432	1.519	1.516	1.504
	2	1.956	1.914	1.980	1.906	1.879	2.038	1.900	1.877	1.975
	3	2.186	2.227	2.219	2.211	2.210	2.199	2.207	2.240	2.255
	4	2.546	2.564	2.558	2.523	2.553	2.546	2.559	2.546	2.552
	5	2.751	2.751	2.770	2.764	2.766	2.753	2.771	2.764	2.751
	6	2.951	2.950	2.960	2.953	2.936	2.973	2.934	2.963	2.965
	7	3.112	3.121	3.118	3.124	3.127	3.121	3.112	3.108	3.112

ตารางที่ 6-13 ค่า RMSE ของค่า Pc ในฤดูแล้ง (ชุดข้อมูลทดสอบ)

สถานี	ช่วงเวลา	Probability of Crossover (Pc) -Testing								
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
	(วัน)	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
150401	1	0.109	0.105	0.094	0.096	0.116	0.109	0.098	0.097	0.100
	2	0.139	0.142	0.144	0.138	0.148	0.146	0.148	0.141	0.146
	3	0.160	0.171	0.171	0.180	0.173	0.172	0.164	0.169	0.171
	4	0.182	0.182	0.183	0.183	0.183	0.185	0.193	0.185	0.183
	5	0.204	0.204	0.203	0.203	0.203	0.207	0.203	0.202	0.202
	6	0.218	0.227	0.222	0.218	0.220	0.218	0.219	0.219	0.221
	7	0.227	0.225	0.224	0.228	0.225	0.224	0.225	0.229	0.224
KGT.14	1	0.069	0.069	0.068	0.068	0.069	0.068	0.068	0.069	0.068
	2	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091	0.090	0.090	0.090	0.090
KGT.15A	1	0.114	0.114	0.114	0.113	0.113	0.117	0.114	0.114	0.116
	2	0.147	0.150	0.145	0.145	0.146	0.146	0.147	0.154	0.146
	3	0.155	0.155	0.157	0.156	0.158	0.153	0.155	0.154	0.154
	4	0.159	0.161	0.160	0.160	0.160	0.161	0.160	0.160	0.162
	5	0.165	0.169	0.167	0.166	0.166	0.166	0.165	0.165	0.166
	6	0.169	0.169	0.169	0.169	0.169	0.170	0.170	0.169	0.172
KGT.10	1	0.448	0.472	0.460	0.437	0.447	0.452	0.457	0.458	0.451
	2	0.648	0.621	0.648	0.629	0.625	0.619	0.640	0.635	0.626
	3	0.684	0.659	0.672	0.661	0.662	0.654	0.666	0.656	0.659
KGT.12	1	0.126	0.126	0.130	0.129	0.127	0.127	0.127	0.127	0.126
	2	0.182	0.183	0.182	0.183	0.183	0.183	0.183	0.183	0.188
	3	0.217	0.216	0.218	0.216	0.217	0.216	0.216	0.218	0.217
	4	0.239	0.239	0.240	0.239	0.238	0.239	0.239	0.240	0.239
	5	0.259	0.260	0.260	0.259	0.258	0.259	0.259	0.259	0.260
	6	0.277	0.275	0.276	0.276	0.277	0.276	0.276	0.277	0.275
	7	0.286	0.287	0.286	0.287	0.285	0.286	0.289	0.287	0.285
Kgt.3	1	0.963	1.013	1.013	0.998	1.429	1.218	1.027	1.077	1.057
	2	1.346	1.195	1.230	1.326	1.337	1.327	1.143	1.242	1.212
	3	1.460	1.431	1.463	1.450	1.477	1.540	1.431	1.453	1.410
	4	1.651	1.635	1.650	1.670	1.653	1.645	1.653	1.661	1.645
	5	1.662	1.718	1.680	1.669	1.671	1.694	1.678	1.692	1.666
	6	1.733	1.743	1.736	1.735	1.736	1.737	1.739	1.732	1.720
	7	1.805	1.811	1.830	1.808	1.846	1.809	1.806	1.799	1.817

(ค) ผลการคัดเลือกวิธีค่า Pm ในฤดูแล้ง

จากตารางที่ 6-14 และ 6-15 พบว่า ค่า RMSE จากการคัดเลือกค่า Pm ในช่วง 0.01-0.1 มีความแตกต่างกันน้อยมาก และให้ค่า RMSE ที่เท่ากันในหลายครั้งจากการคัดเลือกค่า Pm แต่อย่างไรก็ตามจากรูปที่ 6-14 สรุปได้ว่าค่า Pm ที่เหมาะสมเท่ากับ 0.1 และสอดคล้องกับค่า Pm ในช่วงฤดูฝน



รูปที่ 6-14 แผนภูมิการคัดเลือกค่า Pm ในฤดูแล้ง

ตารางที่ 6-14 ค่า RMSE ในการคัดเลือก Pm ในฤดูแล้ง (ชุดข้อมูลเรียนรู้)

สถานี	ช่วง เวลา (วัน)	Probability of Mutation (Pm) - Training										
		0.01 m ³ /s	0.02 m ³ /s	0.03 m ³ /s	0.04 m ³ /s	0.05 m ³ /s	0.06 m ³ /s	0.07 m ³ /s	0.08 m ³ /s	0.09 m ³ /s	0.10 m ³ /s	
150401	1	0.289	0.273	0.248	0.242	0.232	0.227	0.220	0.221	0.221	0.218	
	2	0.296	0.278	0.275	0.271	0.270	0.273	0.268	0.269	0.271	0.265	
	3	0.321	0.294	0.293	0.297	0.294	0.291	0.297	0.296	0.294	0.285	
	4	0.310	0.308	0.309	0.303	0.304	0.303	0.303	0.303	0.302	0.300	0.299
	5	0.382	0.368	0.369	0.360	0.363	0.360	0.360	0.360	0.360	0.360	0.359
	6	0.420	0.397	0.402	0.398	0.394	0.394	0.396	0.393	0.393	0.392	
	7	0.420	0.412	0.412	0.406	0.407	0.405	0.408	0.406	0.406	0.404	
KGT.14	1	0.125	0.125	0.125	0.124	0.125	0.123	0.124	0.124	0.124	0.123	
	2	0.140	0.138	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	
KGT.15A	1	0.293	0.304	0.302	0.302	0.291	0.292	0.302	0.291	0.309	0.284	
	2	0.404	0.390	0.395	0.389	0.378	0.383	0.381	0.377	0.383	0.378	
	3	0.477	0.441	0.437	0.436	0.437	0.434	0.434	0.433	0.433	0.431	
	4	0.480	0.467	0.464	0.466	0.464	0.461	0.463	0.462	0.462	0.461	
	5	0.492	0.479	0.474	0.475	0.474	0.473	0.470	0.472	0.471	0.471	
	6	0.492	0.480	0.480	0.479	0.479	0.478	0.478	0.478	0.477	0.477	
KGT.10	1	0.838	0.800	0.782	0.761	0.765	0.774	0.763	0.769	0.755	0.758	
	2	1.022	1.023	1.005	1.006	1.007	1.008	1.003	1.009	1.005	0.995	
	3	1.162	1.159	1.148	1.151	1.144	1.144	1.146	1.147	1.137	1.139	
KGT.12	1	0.409	0.382	0.376	0.379	0.354	0.357	0.352	0.358	0.353	0.350	
	2	0.550	0.543	0.528	0.529	0.534	0.534	0.537	0.532	0.524	0.524	
	3	0.611	0.603	0.599	0.599	0.595	0.592	0.595	0.597	0.591	0.591	
	4	0.683	0.639	0.636	0.631	0.633	0.632	0.630	0.630	0.631	0.630	
	5	0.680	0.669	0.664	0.662	0.661	0.661	0.666	0.660	0.660	0.659	
	6	0.712	0.702	0.698	0.698	0.696	0.697	0.695	0.694	0.694	0.694	
	7	0.742	0.738	0.737	0.740	0.734	0.734	0.732	0.732	0.733	0.731	
KGT.3	1	1.537	1.985	1.503	1.604	1.554	1.510	1.512	1.588	1.541	1.236	
	2	2.197	2.213	2.010	1.960	1.987	1.954	1.848	1.977	1.832	1.877	
	3	2.327	2.220	2.207	2.194	2.165	2.190	2.205	2.198	2.259	2.186	
	4	2.617	2.589	2.561	2.549	2.491	2.537	2.518	2.555	2.589	2.523	
	5	2.795	2.911	2.760	2.778	2.795	2.765	2.763	2.764	2.751	2.751	
	6	3.193	3.079	3.052	2.992	2.976	2.938	2.938	2.950	2.922	2.934	
	7	3.428	3.289	3.122	3.198	3.139	3.137	3.136	3.117	3.115	3.108	

ตารางที่ 6-15 ค่า RMSE ในการคัดเลือก Pm ในฤดูแล้ง (ชุดข้อมูลทดสอบ)

สถานี	ช่วง เวลา (วัน)	Probability of Mutation (Pm) - Testing									
		0.01 m ³ /s	0.02 m ³ /s	0.03 m ³ /s	0.04 m ³ /s	0.05 m ³ /s	0.06 m ³ /s	0.07 m ³ /s	0.08 m ³ /s	0.09 m ³ /s	0.10 m ³ /s
150401	1	0.103	0.097	0.100	0.104	0.116	0.100	0.103	0.105	0.096	0.094
	2	0.137	0.142	0.142	0.151	0.141	0.142	0.139	0.145	0.149	0.138
	3	0.165	0.178	0.177	0.177	0.173	0.168	0.180	0.178	0.171	0.164
	4	0.186	0.183	0.184	0.183	0.184	0.182	0.184	0.183	0.184	0.182
	5	0.201	0.208	0.211	0.203	0.207	0.203	0.202	0.202	0.203	0.203
	6	0.220	0.223	0.226	0.229	0.220	0.224	0.226	0.221	0.220	0.218
	7	0.231	0.233	0.241	0.224	0.225	0.224	0.231	0.228	0.225	0.228
KGT.14	1	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.069	0.068	0.068	0.068
	2	0.089	0.090	0.090	0.090	0.091	0.090	0.090	0.090	0.090	0.091
KGT.15A	1	0.121	0.115	0.120	0.121	0.114	0.118	0.120	0.115	0.127	0.116
	2	0.144	0.147	0.144	0.150	0.149	0.145	0.146	0.148	0.145	0.147
	3	0.156	0.159	0.157	0.151	0.158	0.154	0.153	0.154	0.154	0.157
	4	0.160	0.164	0.163	0.164	0.160	0.165	0.160	0.160	0.159	0.159
	5	0.169	0.167	0.166	0.168	0.166	0.166	0.166	0.167	0.165	0.165
	6	0.171	0.173	0.173	0.174	0.174	0.175	0.169	0.170	0.169	0.169
KGT.10	1	0.467	0.472	0.457	0.495	0.459	0.446	0.447	0.451	0.461	0.451
	2	0.623	0.624	0.627	0.630	0.626	0.633	0.638	0.624	0.632	0.648
	3	0.639	0.649	0.651	0.649	0.666	0.672	0.656	0.662	0.695	0.684
KGT.12	1	0.138	0.132	0.135	0.139	0.126	0.127	0.130	0.130	0.129	0.126
	2	0.191	0.190	0.182	0.184	0.188	0.188	0.195	0.189	0.182	0.183
	3	0.303	0.301	0.301	0.303	0.299	0.294	0.300	0.303	0.215	0.294
	4	0.221	0.216	0.218	0.219	0.220	0.219	0.218	0.217	0.217	0.218
	5	0.242	0.240	0.238	0.239	0.240	0.239	0.239	0.240	0.240	0.238
	6	0.262	0.261	0.261	0.259	0.259	0.258	0.259	0.260	0.261	0.259
	7	0.285	0.287	0.288	0.286	0.287	0.286	0.286	0.286	0.287	0.286
KGT.3	1	1.259	1.109	1.197	1.109	0.999	1.000	1.406	0.882	1.013	0.963
	2	1.304	1.309	1.263	1.311	1.259	1.414	1.307	1.271	1.358	0.124
	3	1.552	1.492	1.505	1.480	1.487	1.496	1.457	1.488	1.478	0.146
	4	1.560	1.621	1.664	1.669	1.661	1.645	1.698	1.643	1.664	1.670
	5	1.656	1.600	1.668	1.682	1.683	1.679	1.705	1.680	1.686	1.662
	6	1.680	1.689	1.721	1.733	1.748	1.690	1.718	1.734	1.706	1.739
	7	1.842	1.798	1.822	1.783	1.803	1.805	1.827	1.807	1.817	1.799

(ง) การคัดเลือกจำนวนประชากร

จากผลการคัดเลือกจำนวนประชากรในฤดูแล้ง ดังแสดงในตารางที่ 6-16 แสดงให้เห็นว่า แบบจำลองที่มีโครงข่ายขนาดเล็ก อิทธิพลของจำนวนประชากรไม่มีผลต่อการคำนวณมาก การเลือกใช้จำนวนประชากรที่น้อย คือ จำนวนประชากรเท่ากับ 10 ให้ผลการคำนวณที่ดีและไม่แตกต่างจากจำนวนประชากรที่มีจำนวนมาก เช่น 80 หรือ 100 และการเลือกใช้จำนวนประชากรเท่ากับ 10 จะทำให้ใช้เวลาในการคำนวณที่น้อยลงอย่างมากเมื่อเทียบกับการเลือกใช้จำนวนประชากรที่มาก ดังนั้นสำหรับแบบจำลอง ANN ในฤดูแล้ง จำนวนประชากรที่เหมาะสมจากการศึกษา เท่ากับ 10

(3) สรุปผลการคัดเลือกขั้นตอนและค่าพารามิเตอร์ของ GA

จากผลการศึกษาแบบจำลอง GA+ANN ในการพยากรณ์น้ำท่าในฤดูฝนและฤดูแล้ง จำนวนทั้งสิ้น 53 แบบจำลอง พบว่า ผลการเลือกใช้ขั้นตอนและพารามิเตอร์ของ GA ต่างๆ ในแบบจำลอง GA+ANN ที่พัฒนาขึ้น เพื่อหาค่าถ่วงน้ำหนักที่เหมาะสมที่สุดจากการคำนวณในรอบที่ 10,000 นั้นให้ผลการคำนวณที่มีค่า RMSE แตกต่างกันน้อย โดยเฉพาะผลต่อการคำนวณของแบบจำลองในฤดูแล้ง หรือ กล่าวได้ว่า การเลือกใช้ขั้นตอนและค่าพารามิเตอร์ของ GA สำหรับแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่มีขนาดเล็กมีผลน้อยกว่าแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่มีโครงข่ายขนาดใหญ่ ในการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกใช้ผลการศึกษาขั้นตอนและค่าพารามิเตอร์ GA ที่เหมาะสมในฤดูฝนเป็นผลสรุปในการศึกษา เนื่องจากสามารถเห็นความแตกต่างได้ชัดเจนมากกว่าและสามารถใช้ได้กับแบบจำลองฤดูแล้ง โดยแบ่งออกเป็น แบบจำลอง ANN ที่มีโครงข่ายขนาดใหญ่และโครงข่ายขนาดเล็ก ดังนี้

- แบบจำลอง ANN ที่มีโครงข่ายขนาดใหญ่

วิธีการผสมข้ามพันธุ์ที่เหมาะสม ได้แก่ วิธี 2-point ที่มีค่า P_c เท่ากับ 0.1 และค่า $P_m = 0.1$ จำนวนชุดคำตอบ 80-100

- แบบจำลอง ANN ที่มีโครงข่ายขนาดเล็ก

วิธีการผสมข้ามพันธุ์ที่เหมาะสม ได้แก่ วิธี Heuristic ที่มีค่า P_c เท่ากับ 0.3 และค่า $P_m = 0.1$ จำนวนชุดคำตอบ 10-20

ตารางที่ 6-16 ค่า RMSE ในการคัดเลือกจำนวนประชากรในฤดูแล้ง

สถานี	ช่วงเวลา วัน	ค่าตั้งน้ำ หนักเริ่มต้น ครั้งที่	ช่วงเรียนรู้					ช่วงทดสอบ				
			10	20	50	90	100	10	20	50	80	100
150401	1	1	0.219	0.218	0.215	0.215	0.215	0.100	0.100	0.090	0.090	0.090
		2	0.218	0.218	0.216	0.215	0.215	0.100	0.100	0.090	0.090	0.090
		3	0.219	0.216	0.215	0.215	0.215	0.100	0.100	0.090	0.090	0.090
		ค่าเฉลี่ย	0.219	0.217	0.215	0.215	0.215	0.100	0.100	0.090	0.090	0.090
	2	1	0.268	0.264	0.267	0.267	0.265	0.145	0.137	0.144	0.140	0.137
		2	0.269	0.268	0.265	0.267	0.265	0.146	0.145	0.137	0.138	0.137
		3	0.269	0.267	0.265	0.264	0.264	0.146	0.142	0.136	0.137	0.137
		ค่าเฉลี่ย	0.269	0.266	0.266	0.266	0.265	0.146	0.141	0.139	0.138	0.137
	3	1	0.294	0.294	0.292	0.284	0.292	0.174	0.171	0.171	0.166	0.173
		2	0.294	0.292	0.292	0.291	0.292	0.175	0.172	0.171	0.172	0.171
		3	0.292	0.292	0.292	0.292	0.292	0.172	0.171	0.171	0.171	0.171
		ค่าเฉลี่ย	0.293	0.293	0.292	0.289	0.292	0.174	0.171	0.171	0.170	0.172
	4	1	0.299	0.299	0.299	0.300	0.299	0.183	0.183	0.183	0.184	0.184
		2	0.299	0.302	0.299	0.300	0.300	0.183	0.189	0.183	0.183	0.184
		3	0.303	0.299	0.299	0.299	0.299	0.192	0.184	0.184	0.182	0.185
		ค่าเฉลี่ย	0.300	0.300	0.299	0.299	0.299	0.186	0.185	0.183	0.183	0.184
	5	1	0.361	0.360	0.359	0.359	0.359	0.204	0.204	0.202	0.200	0.201
		2	0.360	0.359	0.359	0.360	0.358	0.202	0.204	0.202	0.201	0.198
		3	0.360	0.360	0.359	0.359	0.359	0.204	0.203	0.202	0.202	0.201
		ค่าเฉลี่ย	0.360	0.359	0.359	0.359	0.358	0.203	0.204	0.202	0.201	0.200
	6	1	0.392	0.392	0.391	0.391	0.390	0.218	0.219	0.218	0.217	0.216
2		0.392	0.391	0.391	0.391	0.391	0.220	0.217	0.216	0.217	0.217	
3		0.392	0.391	0.392	0.391	0.389	0.219	0.218	0.220	0.217	0.215	
ค่าเฉลี่ย		0.392	0.391	0.391	0.391	0.390	0.219	0.218	0.218	0.217	0.216	
7	1	0.403	0.403	0.403	0.403	0.403	0.225	0.224	0.224	0.224	0.224	
	2	0.404	0.405	0.403	0.403	0.403	0.229	0.231	0.224	0.224	0.225	
	3	0.403	0.403	0.404	0.403	0.403	0.225	0.223	0.229	0.224	0.224	
	ค่าเฉลี่ย	0.403	0.404	0.403	0.403	0.403	0.226	0.226	0.226	0.224	0.224	

ตารางที่ 6-16 (ต่อ) ค่า RMSE ในการคัดเลือกจำนวนประชากรในฤดูแล้ง

สถานี	ช่วงเวลา	ค่าถ่วงน้ำหนักเริ่มต้นครั้งที่	ช่วงเรียนรู้					ช่วงทดสอบ					
			10	20	50	30	100	10	20	50	80	100	
Kgl.14	1	1	0.125	0.124	0.123	0.123	0.123	0.069	0.068	0.069	0.069	0.069	
		2	0.124	0.124	0.124	0.123	0.123	0.069	0.068	0.069	0.069	0.068	
		3	0.125	0.125	0.123	0.124	0.124	0.068	0.068	0.069	0.068	0.069	
		ค่าเฉลี่ย	0.125	0.124	0.123	0.123	0.123	0.069	0.068	0.069	0.069	0.069	
	2	1	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.090	0.090	0.091	0.091	0.091	
		2	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.090	0.091	0.091	0.091	0.090	
		3	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.091	0.090	0.090	0.090	0.091	
		ค่าเฉลี่ย	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.090	0.090	0.091	0.090	0.091	
	Kgl.10	1	1	0.774	0.766	0.755	0.763	0.755	0.473	0.441	0.458	0.468	0.456
			2	0.765	0.765	0.764	0.763	0.748	0.450	0.450	0.464	0.457	0.451
			3	0.759	0.765	0.758	0.767	0.762	0.452	0.450	0.438	0.456	0.456
			ค่าเฉลี่ย	0.766	0.765	0.759	0.764	0.755	0.459	0.447	0.453	0.460	0.455
2		1	0.994	0.977	0.975	0.978	0.978	0.640	0.629	0.654	0.637	0.641	
		2	1.000	0.999	0.998	0.998	0.975	0.626	0.622	0.624	0.624	0.638	
		3	0.997	0.998	0.976	0.983	0.971	0.628	0.628	0.653	0.635	0.649	
		ค่าเฉลี่ย	0.997	0.991	0.983	0.986	0.975	0.632	0.626	0.644	0.632	0.642	
3		1	1.131	1.131	1.129	1.129	1.129	0.681	0.684	0.691	0.695	0.688	
		2	1.130	1.130	1.130	1.129	1.130	0.685	0.679	0.685	0.684	0.683	
		3	1.128	1.128	1.129	1.128	1.129	0.689	0.689	0.691	0.700	0.685	
		ค่าเฉลี่ย	1.130	1.129	1.129	1.129	1.129	0.685	0.684	0.689	0.693	0.685	

ตารางที่ 6-16 (ต่อ) ค่า RMSE ในการคัดเลือกจำนวนประชากร ในฤดูแล้ง

สถานี	ช่วงเวลา วัน	ค่าดวงน้ำ หนักเริ่มต้น ครั้งที่	ช่วงเรียนรู้					ช่วงทดสอบ				
			10	20	50	80	100	10	20	50	80	100
Kgl.15A	1	1	0.296	0.292	0.292	0.291	0.291	0.113	0.114	0.113	0.114	0.114
		2	0.293	0.294	0.290	0.291	0.282	0.113	0.113	0.114	0.114	0.115
		3	0.293	0.292	0.282	0.292	0.291	0.114	0.113	0.116	0.113	0.114
		ค่าเฉลี่ย	0.294	0.293	0.288	0.292	0.288	0.113	0.114	0.114	0.114	0.114
	2	1	0.383	0.379	0.379	0.378	0.378	0.144	0.146	0.146	0.147	0.148
		2	0.385	0.379	0.378	0.377	0.377	0.150	0.146	0.146	0.147	0.146
		3	0.382	0.379	0.378	0.378	0.378	0.145	0.146	0.146	0.147	0.146
		ค่าเฉลี่ย	0.383	0.379	0.379	0.378	0.378	0.146	0.146	0.146	0.147	0.147
	3	1	0.440	0.435	0.436	0.433	0.433	0.154	0.154	0.153	0.155	0.154
		2	0.434	0.436	0.433	0.434	0.434	0.156	0.156	0.155	0.154	0.154
		3	0.434	0.436	0.432	0.434	0.433	0.156	0.154	0.155	0.155	0.155
		ค่าเฉลี่ย	0.436	0.435	0.433	0.434	0.433	0.155	0.155	0.155	0.154	0.154
	4	1	0.465	0.466	0.466	0.466	0.466	0.159	0.160	0.160	0.160	0.159
		2	0.467	0.466	0.466	0.465	0.465	0.160	0.160	0.159	0.159	0.160
		3	0.466	0.466	0.464	0.466	0.466	0.160	0.160	0.159	0.159	0.160
		ค่าเฉลี่ย	0.466	0.466	0.465	0.466	0.466	0.160	0.160	0.159	0.159	0.160
	5	1	0.472	0.471	0.471	0.472	0.471	0.166	0.166	0.166	0.165	0.166
		2	0.473	0.471	0.470	0.472	0.470	0.165	0.165	0.166	0.165	0.165
		3	0.472	0.472	0.470	0.472	0.470	0.166	0.165	0.165	0.165	0.165
		ค่าเฉลี่ย	0.472	0.471	0.471	0.472	0.470	0.166	0.165	0.166	0.165	0.165
	6	1	0.481	0.481	0.481	0.481	0.481	0.171	0.169	0.170	0.172	0.169
		2	0.480	0.481	0.481	0.481	0.480	0.170	0.169	0.169	0.171	0.168
		3	0.481	0.480	0.481	0.481	0.480	0.169	0.170	0.169	0.171	0.169
		ค่าเฉลี่ย	0.481	0.481	0.481	0.481	0.480	0.170	0.169	0.169	0.171	0.169

ตารางที่ 6-16 (ต่อ) ค่า RMSE ในการคัดเลือกจำนวนประชากร ในฤดูแล้ง

สถานี	ช่วงเวลา วัน	ค่าถ่วงน้ำหนักเริ่มต้น ครั้งที่	ช่วงเรียนรู้					ช่วงทดสอบ				
			10	20	50	80	100	10	20	50	80	100
Kgt.12	1	1	0.355	0.352	0.349	0.349	0.349	0.126	0.126	0.126	0.127	0.126
		2	0.367	0.355	0.349	0.349	0.351	0.136	0.134	0.126	0.127	0.128
		3	0.353	0.350	0.350	0.349	0.349	0.127	0.127	0.127	0.126	0.126
		ค่าเฉลี่ย	0.358	0.352	0.349	0.349	0.350	0.130	0.129	0.126	0.127	0.127
	2	1	0.524	0.524	0.523	0.523	0.523	0.182	0.183	0.183	0.182	0.183
		2	0.529	0.525	0.524	0.523	0.523	0.187	0.183	0.183	0.183	0.183
		3	0.530	0.525	0.524	0.523	0.523	0.188	0.182	0.182	0.183	0.183
		ค่าเฉลี่ย	0.528	0.525	0.524	0.523	0.523	0.186	0.182	0.183	0.183	0.183
	3	1	0.593	0.591	0.591	0.591	0.591	0.217	0.215	0.215	0.215	0.215
		2	0.597	0.591	0.591	0.593	0.591	0.225	0.215	0.215	0.217	0.215
		3	0.591	0.591	0.593	0.591	0.591	0.215	0.215	0.216	0.215	0.215
		ค่าเฉลี่ย	0.594	0.591	0.592	0.592	0.591	0.219	0.215	0.215	0.215	0.215
	4	1	0.630	0.630	0.630	0.630	0.630	0.238	0.239	0.239	0.239	0.239
		2	0.630	0.630	0.631	0.630	0.630	0.240	0.240	0.241	0.239	0.239
		3	0.631	0.630	0.630	0.630	0.630	0.240	0.239	0.241	0.239	0.239
		ค่าเฉลี่ย	0.630	0.630	0.630	0.630	0.630	0.239	0.239	0.240	0.239	0.239
	5	1	0.662	0.659	0.660	0.659	0.659	0.262	0.257	0.257	0.257	0.257
		2	0.661	0.660	0.659	0.660	0.659	0.258	0.257	0.257	0.257	0.257
		3	0.659	0.660	0.659	0.659	0.660	0.257	0.258	0.256	0.257	0.257
		ค่าเฉลี่ย	0.661	0.660	0.659	0.659	0.660	0.259	0.257	0.257	0.257	0.257
	6	1	0.694	0.694	0.693	0.693	0.693	0.277	0.277	0.276	0.275	0.275
2		0.694	0.694	0.693	0.693	0.693	0.276	0.277	0.276	0.276	0.275	
3		0.694	0.694	0.695	0.693	0.693	0.278	0.275	0.278	0.275	0.275	
ค่าเฉลี่ย		0.694	0.694	0.694	0.693	0.693	0.277	0.276	0.276	0.275	0.275	
7	1	0.735	0.732	0.732	0.732	0.732	0.292	0.286	0.286	0.285	0.285	
	2	0.732	0.732	0.732	0.732	0.732	0.289	0.286	0.286	0.286	0.285	
	3	0.732	0.732	0.733	0.732	0.732	0.287	0.286	0.288	0.285	0.284	
	ค่าเฉลี่ย	0.733	0.732	0.732	0.732	0.732	0.289	0.286	0.287	0.285	0.285	

ตารางที่ 6-16 (ต่อ) ค่า RMSE ในการคัดเลือกจำนวนประชากร ในฤดูแล้ง

สถานี	ช่วงเวลา วัน	ค่าวงน้ำ หนักเริ่มต้น ครั้งที่	ช่วงเรียนรู้					ช่วงทดสอบ				
			10	20	50	80	100	10	20	50	80	100
Kgt.3	1	1	1.460	1.368	1.407	1.410	1.427	0.916	0.957	0.913	0.936	0.992
		2	1.350	1.398	1.356	1.456	1.348	0.986	0.890	0.958	0.947	1.012
		3	1.399	1.396	1.390	1.370	1.352	0.892	0.933	0.923	0.909	0.915
		ค่าเฉลี่ย	1.403	1.388	1.385	1.412	1.375	0.931	0.927	0.931	0.931	0.973
	2	1	1.911	1.892	1.987	1.869	1.974	1.189	1.178	1.365	1.231	1.367
		2	1.998	2.004	1.938	2.012	1.884	1.308	1.190	1.331	1.279	1.166
		3	1.980	1.978	2.020	2.032	1.913	1.270	1.318	1.291	1.290	1.193
		ค่าเฉลี่ย	1.963	1.958	1.982	1.971	1.924	1.255	1.229	1.329	1.267	1.242
	3	1	2.267	2.253	2.268	2.274	2.260	1.473	1.504	1.445	1.476	1.439
		2	2.345	2.256	2.263	2.252	2.200	1.456	1.449	1.498	1.417	1.382
		3	2.290	2.264	2.158	2.274	2.229	1.495	1.494	1.554	1.445	1.504
		ค่าเฉลี่ย	2.300	2.258	2.230	2.267	2.230	1.475	1.483	1.499	1.446	1.442
	4	1	2.528	2.519	2.523	2.523	2.507	1.637	1.666	1.629	1.629	1.629
		2	2.545	2.505	2.518	2.534	2.509	1.654	1.664	1.634	1.615	1.660
		3	2.531	2.511	2.508	2.512	2.526	1.607	1.664	1.662	1.647	1.695
		ค่าเฉลี่ย	2.535	2.512	2.516	2.523	2.514	1.633	1.664	1.642	1.630	1.662
	5	1	2.825	2.817	2.787	2.825	2.807	1.696	1.667	1.680	1.691	1.674
		2	2.824	2.810	2.787	2.775	2.779	1.680	1.653	1.702	1.683	1.722
		3	2.813	2.813	2.756	2.794	2.781	1.671	1.662	1.696	1.683	1.737
		ค่าเฉลี่ย	2.820	2.814	2.777	2.798	2.789	1.682	1.661	1.693	1.686	1.711
	6	1	2.968	2.953	2.966	2.962	2.964	1.715	1.748	1.775	1.728	1.735
		2	2.960	2.974	2.956	2.959	2.955	1.707	1.719	1.763	1.740	1.770
		3	2.971	2.952	2.980	2.960	2.949	1.722	1.744	1.726	1.750	1.772
		ค่าเฉลี่ย	2.966	2.959	2.968	2.960	2.956	1.715	1.737	1.755	1.740	1.759
	7	1	3.108	3.156	3.166	3.144	3.086	1.849	1.852	1.832	1.852	1.858
		2	3.159	3.158	3.159	3.153	3.104	1.864	1.860	1.871	1.891	1.880
		3	3.120	3.176	3.123	3.136	3.162	1.850	1.878	1.855	1.883	1.851
		ค่าเฉลี่ย	3.129	3.163	3.149	3.144	3.117	1.855	1.863	1.853	1.875	1.863

6.3 ผลการพัฒนาโปรแกรม GA+BPNN

โปรแกรม GA+BPNN เป็นการบูรณาการระหว่าง GA ร่วมกับ BPNN เพื่อหาค่าถ่วงน้ำหนักที่เหมาะสม โครงสร้างภายในแบบจำลอง GA+BPNN ประกอบด้วย ชั้นนำเข้า 1 ชั้น ชั้นแอบแฝง 1-2 ชั้นและชั้นผลลัพธ์ 1 ชั้น และมีค่าพารามิเตอร์ของ GA และ BPNN ในการเรียนรู้ได้จากการศึกษาโครงสร้างและพารามิเตอร์ของ BPNN ได้แก่ จำนวนโหนดในชั้นนำเข้า ชั้นแอบแฝง และชั้นผลลัพธ์ ค่าอัตราการเรียนรู้ ค่าอัตราโมเมนตัม โดยกำหนดจำนวนรอบการคำนวณซ้ำของ BP เท่ากับ 2,000 รอบดังตารางที่ 6-1 และ 6-2 และผลการคัดเลือกชั้นตอนและค่าพารามิเตอร์ GAที่เหมาะสม ดังตารางที่ 6-5 ถึง 6-16 โดยกำหนดจำนวนรอบของการคำนวณซ้ำของ GA เท่ากับ 500 รอบ ได้นำกำหนดใช้เป็นโครงสร้างและพารามิเตอร์ของแบบจำลอง GA+BPNN โดยสรุปได้ดังตารางที่ 6-17 และผลการพยากรณ์จะกล่าวในหัวข้อถัดไป

6.4 ผลการพยากรณ์น้ำท่ารายวันในฤดูฝน

จากผลการพัฒนาโปรแกรมทั้ง 3 โปรแกรม ได้แก่ BPNN GA+ANN และ GA+BPNN ได้ใช้ชั้นตอนและค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เหมาะสมที่ได้จากการศึกษาในฤดูฝน มาประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์น้ำท่ารายวันโดยแบ่งออกเป็นกรณีต่างๆ จำนวน 21 กรณีการจำลอง โดยได้ทำการแบ่งแยกตามสถานี 6 สถานีและแบ่งแยกตามช่วงเวลาการพยากรณ์ 1-7 วัน จากผลการศึกษาพบว่า ทั้งแบบจำลอง BPNN, GA+ANN และ GA+BPNN จะมีการสุ่มเริ่มต้นของค่าถ่วงน้ำหนักในการคำนวณแต่ละครั้งที่แตกต่างกันและให้ค่าสุดท้ายที่แตกต่างกันและจะให้ค่าคำนวณผลลัพธ์ที่แตกต่างกันด้วยเช่นกัน แสดงถึงอิทธิพลของค่าสุ่มเริ่มต้นที่มีต่อค่าสุดท้ายของค่าถ่วงน้ำหนักการคำนวณ

ดังนั้นในการศึกษานี้จึงได้มีการศึกษาอิทธิพลของค่าสุ่มเริ่มต้นจากการคำนวณหลายครั้งที่มีผลต่อชุดคำตอบสุดท้าย ผลของการพยากรณ์น้ำท่ารายวันได้แสดงออกมาใน 2 รูปแบบ คือ ค่าสถิติความถูกต้อง เช่น RMSE, EI, MAD และ R^2 เป็นต้น และ ชลภาพน้ำท่ารายวัน (Runoff Hydrograph) เทียบกับข้อมูลจริง (Observed data) ผลการศึกษาทั้งในด้านอิทธิพลของค่าสุ่มเริ่มต้นและผลการพยากรณ์น้ำท่าในฤดูฝนของแบบจำลองต่างๆ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 6-17 โครงสร้างและค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลอง GA+BPNN

สถานี	ช่วงเวลา วัน	แบบจำลองฤดูฝน					แบบจำลองฤดูแล้ง				
		โครงสร้าง	จำนวน ประชากร	วิธีผสม ข้ามพันธุ์	Pc	Pm	โครงสร้าง	จำนวน ประชากร	วิธีผสม ข้ามพันธุ์	Pc	Pm
150401	1	3-3-1	100	average	0.7	0.1	1-2-1	10	average	0.1	0.1
	2	2-2-1	50	heuristic	0.3	0.1	1-2-1	10	average	0.1	0.1
	3	-	-	-	-	-	1-2-1	10	heuristic	0.1	0.1
	4	-	-	-	-	-	1-2-1	10	uniform	0.1	0.1
	5	-	-	-	-	-	1-2-1	10	uniform	0.1	0.1
	6	-	-	-	-	-	1-2-1	10	2-point	0.1	0.1
	7	-	-	-	-	-	1-2-1	10	heuristic	0.1	0.1
Kgt.14	1	2-2-1	100	heuristic	0.3	0.1	1-2-1	10	heuristic	0.1	0.1
	2	-	-	-	-	-	1-2-1	10	heuristic	0.1	0.1
Kgt.15A	1	4-4-1	80	average	0.1	0.1	1-2-1	10	heuristic	0.1	0.1
	2	3-3-1	50	average	0.1	0.07	1-2-1	10	heuristic	0.1	0.1
	3	-	-	-	-	-	1-2-1	10	average	0.1	0.1
	4	-	-	-	-	-	1-2-1	10	1-point	0.1	0.1
	5	-	-	-	-	-	1-2-1	10	average	0.1	0.1
	6	-	-	-	-	-	1-2-1	10	average	0.1	0.1
Kgt.10	1	5-3-2-1	20	2-point	0.2	0.1	5-3-2-1	10	1-point	0.1	0.1
	2	4-4-1	20	uniform	0.5	0.1	4-4-1	10	2-point	0.1	0.1
	3	3-3-1	100	1-point	0.2	0.1	3-3-1	10	2-point	0.1	0.1
Kgt.12	1	8-4-4-1	10	2-point	0.1	0.1	1-2-1	10	uniform	0.1	0.1
	2	7-4-3-1	80	2-point	0.9	0.1	1-2-1	10	uniform	0.1	0.1
	3	6-3-3-1	100	average	0.3	0.05	1-2-1	10	1-point	0.1	0.1
	4	5-3-2-1	10	heuristic	0.2	0.1	1-2-1	10	heuristic	0.1	0.1
	5	4-4-1	100	uniform	0.4	0.1	1-2-1	10	average	0.1	0.1
	6	3-3-1	80	2-point	0.8	0.1	1-2-1	10	average	0.1	0.1
	7	-	-	-	-	-	1-2-1	10	average	0.1	0.1
Kgt.3	1	11-6-5-1	80	1-point	0.8	0.05	7-4-3-1	10	uniform	0.1	0.1
	2	10-5-5-1	80	uniform	0.5	0.02	7-4-3-1	10	average	0.1	0.1
	3	7-4-3-1	80	average	0.6	0.06	7-4-3-1	10	average	0.1	0.1
	4	5-5-1	20	uniform	0.6	0.06	6-3-3-1	10	1-point	0.1	0.1
	5	3-3-1	50	heuristic	0.1	0.1	5-3-2-1	10	average	0.1	0.1
	6	3-3-1	100	2-point	0.1	0.1	5-3-2-1	10	1-point	0.1	0.1
	7	3-3-1	80	average	0.3	0.1	5-3-2-1	10	average	0.1	0.1

6.4.1 อิทธิพลของค่าสุ่มน้ำหนักรเริ่มต้น

ในการศึกษาถึงอิทธิพลของค่าสุ่มเริ่มต้นของค่าถ่วงน้ำหนัก ได้มีการคำนวณหลายครั้งในแต่ละแบบจำลองเฉพาะโปรแกรม BPNN และ GA+ANN เท่านั้น โดยที่โปรแกรม GA+BPNN มีการสุ่มหรือการคำนวณเพียงครั้งเดียวในแต่ละแบบจำลอง ด้วยเหตุผลที่ว่า GA+BPNN มีการคำนวณภายในเป็นจำนวนมากและใช้เวลาในการคำนวณมากเช่นกัน เนื่องจากจำนวนรอบการคำนวณซ้ำของ BPNN ได้มีการวิเคราะห์ในรูปของค่าต่ำสุด สูงสุดค่าเฉลี่ยและจำนวนการคำนวณที่ล้นออก หรือให้ผลการคำนวณที่เป็นลบ และวิเคราะห์ในรูปของช่วงพิสัยค่าเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ย ผลการศึกษามีดังนี้

จากตารางที่ 6-18 ผลการคำนวณของ BPNN พบว่า หลายแบบจำลองมีจำนวนครั้งของการล้นออกอย่างมาก จากแบบจำลองทั้งหมด 21 แบบจำลองมีแบบจำลองที่เกิดการล้นออกของผลการคำนวณ 12 แบบจำลอง จำนวนครั้งการล้นออกมีตั้งแต่ 1 ถึง 5 ครั้งต่อแบบจำลอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบบจำลองที่มีโครงข่ายขนาดใหญ่หรือมีจำนวนข้อมูลนำเข้ามาก ตัวอย่างเช่นแบบจำลองของ สถานี Kgt.3 และ Kgt.12 เป็นต้น แสดงว่า โปรแกรม BPNN ค่อนข้างอ่อนไหวต่อประสิทธิภาพของการคำนวณซึ่งขึ้นอยู่กับค่าสุ่มเริ่มต้น และอาจทำให้เข้าใจผิดว่าแบบจำลองมีปัญหาไม่สามารถใช้ในการศึกษาได้ ทั้งนี้เป็นเพราะว่าปัญหาเกิดจากการสุ่มเริ่มต้น

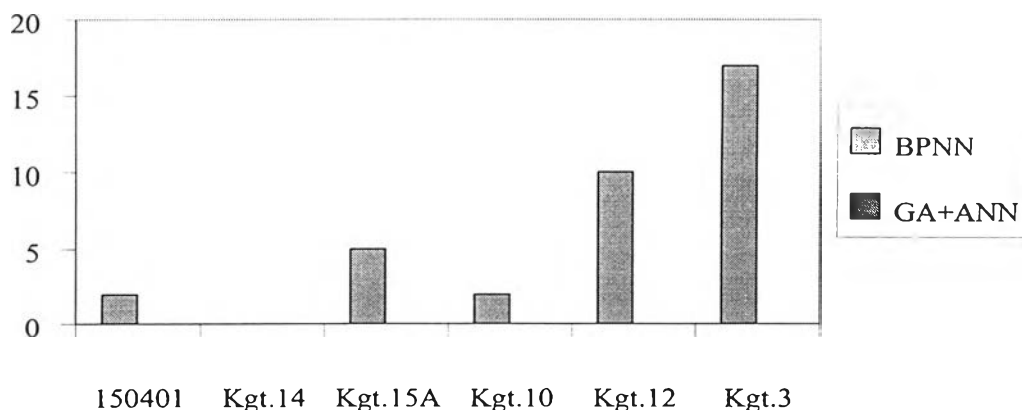
จากตารางที่ 6-19 แสดงผลการคำนวณของโปรแกรม GA+ANN พบว่า ผลการคำนวณหลายครั้งไม่พบปัญหาการล้นออกในทุกแบบจำลอง แสดงว่า โปรแกรม GA+ANN สามารถช่วยลดปัญหาจากอิทธิพลของค่าสุ่มเริ่มต้นของค่าถ่วงน้ำหนักได้ แต่อย่างไรก็ตาม ในการคำนวณหลายครั้งในหนึ่งแบบจำลองยังให้ผลการคำนวณที่มีความแตกต่างกันบ้างในแบบจำลอง ดังจะกล่าวต่อไป และได้แสดงแผนภูมิเปรียบเทียบความถี่ของจำนวนครั้งของการล้นออกจากโปรแกรม BPNN และ GA+ANN ดังแสดงในรูปที่ 6-15 ในส่วนของ BPNN ทั้ง 6 สถานีมีการล้นออกเกือบทุกสถานี ยกเว้น สถานี Kgt.14 ถ้าพิจารณาจากแบบจำลองที่มีโครงข่ายขนาดเล็ก ได้แก่ สถานี 150401 Kgt.14 และ Kgt.15A พบว่า มีการล้นออกทั้งหมดอยู่ในช่วง 2-5 ครั้ง แบบจำลองที่มีโครงข่ายขนาดใหญ่มีการล้นออกทั้งหมดอยู่ในช่วง 2-17 ครั้งต่อสถานี แสดงให้เห็นว่า ผลการคำนวณของกลุ่มน้ำที่มีขนาดใหญ่มีความเสี่ยงต่อการล้นออกมาก ดังนั้นการประยุกต์ใช้ BPNN กับพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีขนาดใหญ่ควรมีการคำนวณหลายครั้งที่แตกต่างกันเพื่อตัดผลการคำนวณที่มีการล้นออกและพิจารณาเฉพาะผลการคำนวณที่มีความถูกต้องเพื่อใช้งานต่อไป

ตารางที่ 6-18 ค่า RMSE จากการสุ่ม 10 ครั้งของโปรแกรม BPNN ในฤดูฝน

สถานี	ช่วงเวลา วัน	โครงสร้าง	RMSE - m ³ /s													จำนวนลู่ออก ครั้ง
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	
150401	1	3-3-1	14.93	14.96	14.8	14.94	15.04	14.80	14.84	ลู่ออก	15.02	ลู่ออก	14.80	15.04	14.90	2
	2	2-2-1	20.65	20.65	20.66	20.65	20.65	20.71	20.65	20.65	20.65	20.65	20.65	20.71	20.66	0
Kgt.14	1	2-2-1	9.04	7.78	7.78	7.78	7.78	7.84	7.78	7.78	7.81	9.02	7.78	9.04	8.02	0
Kgt.15A	1	4-4-1	13.05	ลู่ออก	12.99	14.60	ลู่ออก	13.14	ลู่ออก	14.55	12.86	ลู่ออก	12.86	14.60	13.53	4
	2	3-3-1	20.46	20.43	20.37	20.40	20.71	20.38	20.36	20.54	20.78	ลู่ออก	20.36	20.78	20.49	1
Kgt.10	1	5-3-2-1	20.48	20.45	20.58	34.46	20.41	20.46	20.53	20.46	20.62	20.59	20.41	34.46	21.77	0
	2	4-4-1	32.49	32.63	32.41	32.67	32.56	32.39	32.39	32.39	64.43	ลู่ออก	32.39	64.43	36.04	1
	3	3-3-1	40.51	40.50	40.53	40.61	40.65	40.63	40.56	40.52	40.60	40.37	40.50	40.65	40.54	0

ตารางที่ 6-18 (ต่อ) ค่า RMSE จากการสุ่ม 10 ครั้งของโปรแกรม BPNN ในฤดูฝน

สถานี	ช่วงเวลา วัน	โครงสร้าง	RMSE - m ³ /s													จำนวน ลู่ออก	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย		
Kgt.12	1	8-4-4-1	61.44	5.39	52.86	46.72	17.72	ลู่ออก	ลู่ออก	5.38	ลู่ออก	ลู่ออก	ลู่ออก	5.38	61.44	27.84	4
	2	7-4-3-1	12.88	10.31	15.29	10.06	47.27	ลู่ออก	10.05	10.15	17.90	ลู่ออก	10.05	47.27	16.74	2	
	3	6-3-3-1	14.79	14.40	17.28	14.37	14.37	14.43	14.39	14.33	15.31	14.44	14.33	17.28	14.81	0	
	4	5-3-2-1	40.47	18.41	ลู่ออก	18.40	18.23	18.23	ลู่ออก	18.31	ลู่ออก	ลู่ออก	18.23	40.47	18.86	4	
	5	4-2-2-1	22.92	22.13	22.14	22.11	22.08	22.07	22.11	22.87	22.07	22.12	22.07	22.92	22.26	0	
	6	3-3-1	25.86	25.85	45.84	47.42	25.82	25.81	25.79	26.12	25.84	25.86	25.79	47.42	30.02	0	
Kgt.3	1	11-6-5-1	ลู่ออก	16.84	ลู่ออก	ลู่ออก	ลู่ออก	ลู่ออก	53.72	56.73	15.90	79.97	15.90	79.97	44.63	5	
	2	10-5-5-1	65.56	28.72	ลู่ออก	29.08	28.74	29.20	ลู่ออก	54.89	28.58	ลู่ออก	28.58	65.56	37.82	3	
	3	7-4-3-1	59.18	47.44	ลู่ออก	58.71	90.98	47.18	ลู่ออก	47.29	63.64	57.00	47.18	90.98	58.93	2	
	4	5-5-1	65.49	ลู่ออก	65.61	ลู่ออก	65.62	ลู่ออก	65.51	ลู่ออก	ลู่ออก	ลู่ออก	65.49	65.62	65.56	5	
	5	3-3-1	81.26	81.19	81.21	ลู่ออก	ลู่ออก	81.22	81.17	81.43	ลู่ออก	81.46	81.17	81.46	81.28	2	
	6	3-3-1	95.09	95.06	95.05	95.03	95.06	95.03	95.08	ลู่ออก	95.05	95.02	95.03	95.09	95.05	0	
	7	3-3-1	107.08	107.09	107.07	107.06	107.06	107.06	107.06	107.11	107.07	107.05	107.06	107.11	107.07	0	



รูปที่ 6-15 เปรียบเทียบจำนวนครั้งของการคำนวณที่ลู่ออกระหว่าง BPNN และ GA+ANN

จากรูปที่ 6-16 เป็นกราฟแสดงช่วงพิสัยค่าเบี่ยงเบนจากค่า RMSE เฉลี่ยจากที่ได้จากการคำนวณ 10 ครั้งและตัดผลการคำนวณที่ลู่ออกไปหรือไม่นำมาคิด กราฟดังกล่าวสามารถอธิบายได้ว่า ถ้าแบบจำลองใดมีช่วงพิสัยยิ่งกว้าง แสดงว่า ค่าสุ่มเริ่มต้นมีอิทธิพลอย่างมากต่อค่า RMSE หรือความถูกต้องของผลลัพธ์ ถ้าแบบจำลองใดมีช่วงพิสัยแคบ แสดงว่า การคำนวณค่อนข้างมีประสิทธิภาพมากหรือค่าสุ่มเริ่มต้นจะมีผลต่อผลลัพธ์น้อย ซึ่งจากกราฟแสดงให้เห็นว่า ผลการคำนวณจากโปรแกรม GA+ANN มีช่วงพิสัยที่แคบกว่า BPNN ในหลายแบบจำลอง ดังนั้นโปรแกรม GA+ANN จึงมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าโปรแกรม BPNN และสามารถควบคุมศักยภาพของการคำนวณไม่ให้เกิดการลู่ออกอย่างได้ผล

6.4.2 ค่าถ่วงน้ำหนักสุดท้ายที่เหมาะสม

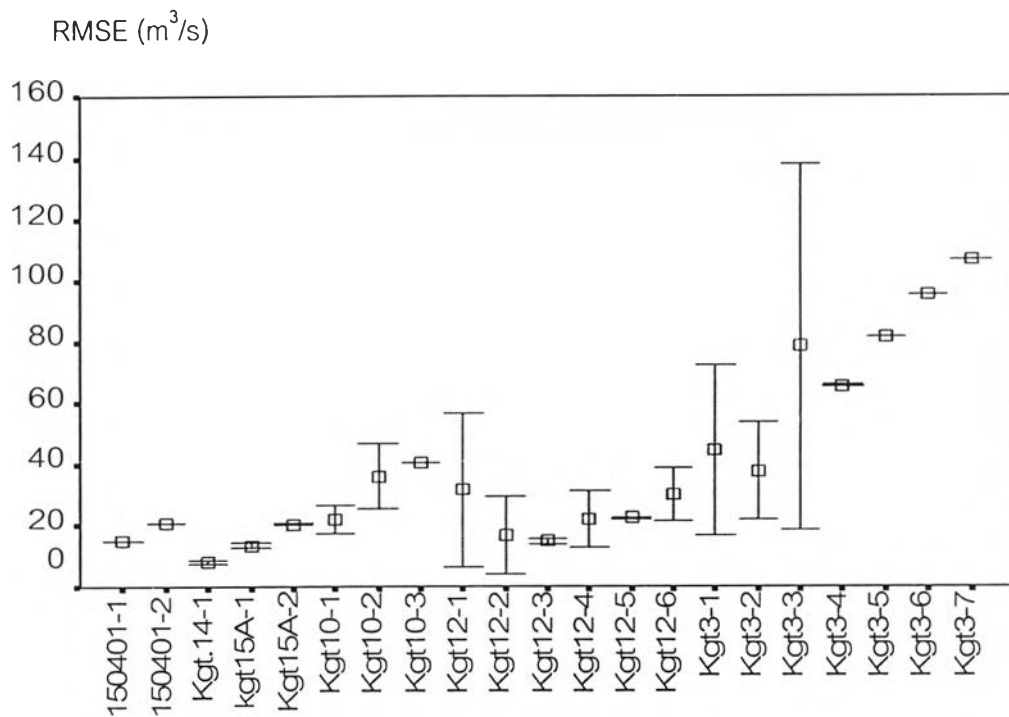
จากการคำนวณหลายครั้งของโปรแกรม BPNN และ GA+ANN ในหัวข้อ 6.4.1 ซึ่งจะได้ค่าถ่วงน้ำหนักสุดท้ายหลายชุด ได้นำค่าถ่วงน้ำหนักสุดท้ายของทุกแบบจำลองมาเปรียบเทียบทั้งขนาดของค่าถ่วงน้ำหนักและตำแหน่งในแต่ละแบบจำลอง พบว่า ค่าถ่วงน้ำหนักเริ่มต้นที่แตกต่างกันจะได้ค่าถ่วงน้ำหนักสุดท้ายที่แตกต่างกัน แต่พบว่าในบางครั้งค่าสุ่มน้ำหนักเริ่มต้นที่แตกต่างกันอาจให้ค่าสุดท้ายที่ใกล้เคียงกันได้ ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ข. จากการสังเกตเปรียบเทียบ จึงสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 6-19 ค่า RMSE จากการสุ่ม 10 ครั้งของโปรแกรม GA+ANN ในฤดูฝน

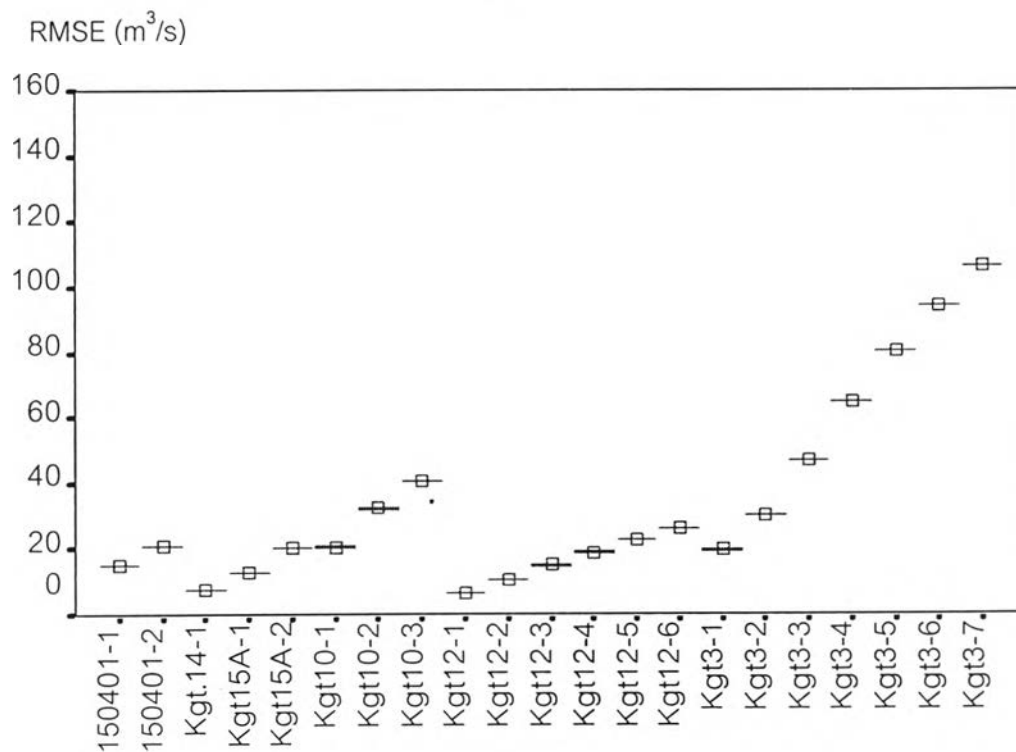
สถานี	ช่วงเวลา วัน	โครงสร้าง	RMSE - m ³ /s													จำนวน ลู่ออก ครั้ง
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	
150401	1	3-3-1	14.79	14.75	14.80	14.85	14.66	14.92	14.82	14.77	14.77	14.80	14.66	14.92	14.79	0
	2	2-2-1	20.58	20.63	20.58	20.58	20.57	20.57	20.65	20.46	20.57	20.58	20.46	20.65	20.58	0
Kgt.14	1	2-2-1	7.74	7.74	7.73	7.74	7.71	7.71	7.71	7.71	7.73	7.74	7.71	7.74	7.73	0
Kgt.15A	1	4-4-1	12.75	12.67	12.69	12.64	12.90	12.63	12.78	12.64	12.88	12.93	12.63	12.93	12.75	0
	2	3-3-1	20.07	20.10	20.12	20.11	20.08	20.14	20.08	20.11	20.09	20.14	20.07	20.14	20.10	0
Kgt.10	1	5-3-2-1	20.49	21.06	20.73	20.56	20.48	20.09	20.52	20.46	20.25	20.26	20.09	21.06	20.49	0
	2	4-4-1	32.16	32.22	31.99	32.09	32.04	32.29	31.89	32.09	32.05	31.94	31.89	32.29	32.07	0
	3	3-3-1	40.11	40.26	40.24	40.17	40.24	40.23	40.23	40.32	40.26	40.17	40.11	40.32	40.22	0

ตารางที่ 6-19 (ต่อ) ค่า RMSE จากการสุ่ม 10 ครั้งของโปรแกรม GA+ANN ในฤดูฝน

สถานี	ช่วงเวลา วัน	โครงสร้าง	RMSE - m ³ /s													จำนวน ครั้ง
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	
Kgt.12	1	8-4-4-1	6.07	6.46	6.69	6.37	6.01	6.25	6.16	5.59	6.17	6.11	5.59	6.69	6.19	0
	2	7-4-3-1	10.77	11.04	10.50	10.61	10.46	10.41	10.77	10.11	10.16	10.25	10.11	11.04	10.51	0
	3	6-3-3-1	14.94	15.01	14.60	14.97	14.80	14.50	14.99	14.55	14.64	14.65	14.50	15.01	14.77	0
	4	5-3-2-1	19.04	18.84	18.78	18.70	18.65	18.75	18.71	18.58	18.67	18.65	18.58	19.04	18.74	0
	5	4-2-2-1	22.33	22.32	22.49	22.35	22.37	22.31	22.34	22.30	22.35	22.31	22.30	22.49	22.35	0
	6	3-3-1	25.99	26.01	26.01	25.90	26.01	26.02	25.95	25.89	26.01	26.01	25.89	26.02	25.98	0
Kgt.3	1	11-6-5-1	19.10	19.12	20.67	19.54	16.67	17.86	20.88	19.51	20.30	20.38	16.67	20.88	19.40	0
	2	10-5-5-1	29.43	29.99	29.59	29.69	29.58	30.65	29.95	29.92	30.61	30.89	29.43	30.89	30.03	0
	3	7-4-3-1	46.53	47.04	47.10	46.79	46.86	46.96	47.22	47.23	47.00	47.04	46.53	47.23	46.98	0
	4	5-5-1	64.59	64.57	64.56	64.62	64.42	64.63	64.68	64.48	64.52	64.54	64.42	64.68	64.56	0
	5	3-3-1	80.07	80.06	80.04	80.19	80.09	80.06	80.08	80.09	80.07	80.07	80.04	80.19	80.08	0
	6	3-3-1	93.97	93.98	93.98	93.98	93.99	93.98	93.99	93.96	93.95	93.97	93.95	93.99	93.97	0
	7	3-3-1	106.26	106.22	106.22	106.33	106.22	106.22	106.21	106.21	106.21	106.21	106.21	106.33	106.23	0



น) BPNN



จ) GA+ANN

รูปที่ 6-16 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนของค่า RMSE ของผลการพยากรณ์ในฤดูฝน

(1) จากการคำนวณซ้ำหลายครั้ง พบว่า ค่าถ่วงน้ำหนักสุดท้ายที่แตกต่างกันเป็นส่วนใหญ่

(2) สำหรับโครงข่ายขนาดเล็ก จะมีโอกาสที่ได้ค่าถ่วงน้ำหนักสุดท้ายที่เหมือนกันหรือใกล้เคียงกันได้ และค่าถ่วงน้ำหนักสุดท้ายสามารถสลับตำแหน่งเชื่อมต่อในชั้นเดียวกันและระหว่างชั้นได้ด้วยอย่างเช่น

แบบจำลองพยากรณ์น้ำท่าล่วงหน้า 1 วัน ณ สถานี Kgt.14 ค่าถ่วงน้ำหนักของ ANN ในช่วงระหว่างชั้นที่เหมือนกัน เช่น ระหว่างชั้นนำเข้ากับชั้นแอบแฝงพบว่า มีการสลับค่าถ่วงน้ำหนักที่มีค่าที่ใกล้เคียงกันไปยังเส้นที่มีตำแหน่งต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 6-20 ค่าถ่วงน้ำหนักของเส้น I1-H1 ของการคำนวณครั้งที่ 2 สลับที่กับเส้นเชื่อม I1-H2 จากการคำนวณครั้งที่ 3 พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นถึงอีกรูปแบบหนึ่งของการปรับค่าถ่วงน้ำหนักโดยมีการสลับค่ากันระหว่างเส้นคู่หนึ่งๆ ที่อยู่ในช่วงระหว่างชั้นเดียวกัน

(3) สำหรับโครงข่ายขนาดใหญ่ โอกาสที่จะได้ค่าถ่วงน้ำหนักสุดท้ายที่เหมือนกันหรือใกล้เคียงกันน้อยกว่าโครงข่ายขนาดเล็ก

(4) การปรับเทียบด้วย BPNN จะให้ค่าถ่วงน้ำหนักสุดท้ายที่ใกล้เคียงกันหรือเป็นการสลับตำแหน่งกันได้มากกว่า GA+ANN ซึ่งมีค่าแตกต่างกันระหว่างการคำนวณในแต่ละครั้ง

(5) ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างชั้นแอบแฝงและชั้นผลลัพธ์ที่มีค่าสูง และค่าปรับแก้ (bias) ของโหนดในชั้นผลลัพธ์ที่มีค่าสูง จะทำให้แบบจำลองมีค่า RMSE ที่สูงและบางครั้งให้ผลการพยากรณ์ที่มีค่าเป็นลบ หรือ ลู่ออก ดังนั้นสามารถใช้ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างชั้นแอบแฝงและชั้นผลลัพธ์เป็นเกณฑ์ที่ใช้ตรวจสอบถึงความถูกต้องและความอ่อนไหวของการคำนวณ

6.4.3 ค่าสถิติความถูกต้องของผลการพยากรณ์

ในหัวข้อที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่า ในการศึกษาได้พิจารณาค่า RMSE เพียงค่าเดียวในการเปรียบเทียบผลการคำนวณของแบบจำลองต่างๆ ที่ได้จากโปรแกรม BPNN และ GA+ANN เนื่องจากเป็นค่าที่นิยมใช้ในการเปรียบเทียบ สำหรับค่าสถิติความถูกต้องอื่นๆ ได้แก่ EI, MAD, AARE และ R^2 ได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ในรูปของตารางแสดงค่าสถิติความถูกต้องต่ำสุด สูงสุดและค่าเฉลี่ย และกราฟแสดงช่วงพิสัยการเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ยของค่าสถิติแต่ละแบบเพิ่มเติมดังแสดงไว้ในภาคผนวก ค. ซึ่งพบว่า ค่าสถิติความถูกต้องอื่นๆ จะมีค่าต่ำสุด สูงสุด ค่าเฉลี่ย และช่วงพิสัยการเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ยที่สอดคล้องกับผลของค่า RMSE คือ โปรแกรม

GA+ANN ให้ผลการคำนวณที่มีความถูกต้องและประสิทธิภาพดีกว่าโปรแกรม BPNN โดยเฉพาะแบบจำลอง ANN ที่มีโครงข่ายขนาดใหญ่ ได้แก่ สถานี Kgt10, Kgt.12 และ Kgt.3

สำหรับเนื้อหาที่จะแสดงต่อไปนี้ได้้นำผลการพยากรณ์ที่ดีที่สุดจากการคำนวณหลายครั้งของโปรแกรม BPNN และ GA+ANN กับผลการคำนวณจากโปรแกรม GA+BPNN ที่คำนวณเพียงหนึ่งครั้ง มาพิจารณาเปรียบเทียบค่าสถิติความถูกต้อง สำหรับผลการเปรียบเทียบสภาพน้ำท่าระหว่างผลการคำนวณกับข้อมูลวัดจริงจะกล่าวไว้ในหัวข้อถัดไป

จากตารางที่ 6-21 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าสถิติความถูกต้อง 5 รูปแบบจากผลการคัดเลือกผลการพยากรณ์ที่ดีที่สุดจากทั้ง 3 โปรแกรมในแต่ละแบบจำลอง จากค่าตัวแปรสถิติทั้งห้า พบว่า ค่า AARE ให้ความแตกต่างในการเปรียบเทียบผลการพยากรณ์จากโปรแกรมทั้งสามได้ชัดเจนที่สุด ส่วนค่าสถิติความถูกต้องอื่นๆ ที่เหลือจะแสดงความแตกต่างของผลการคำนวณน้อยหรือให้ค่าที่ใกล้เคียงกัน

อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่า ค่า AARE ที่ได้จากทุกแบบจำลองมีค่าสูง คือ มีค่าตั้งแต่ 40-400 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งหมายความว่า ผลการพยากรณ์คลาดเคลื่อนไปจากค่าจริงประมาณ 4 เท่า ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ทำการวิเคราะห์ค่าสถิติความถูกต้องจากชุดข้อมูลน้ำท่าที่แบ่งออกเป็น ช่วงน้ำท่าน้อย (low flow) น้ำท่าปานกลาง (medium flow) และ น้ำท่าสูง (high flow) ทั้งนี้ พบว่า เนื่องจากค่านิยามของค่า AARE ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างผลต่างของผลการคำนวณกับข้อมูลวัดจริงเทียบกับค่าวัดจริง ดังแสดงในสมการที่ 3-22 ซึ่งพบว่า น้ำท่าส่วนใหญ่จะมีค่าวัดจริงค่อนข้างน้อยเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งขณะเดียวกัน ผลต่างมีมากกว่าทำให้อัตราส่วนหรือ ค่า AARE มีค่าสูงตามไปด้วย จากการแบ่งช่วงข้อมูลน้ำท่าพบว่า ผลการพยากรณ์ในช่วงน้ำท่าที่มีค่าน้อย (low flow) มีค่า AARE มาก ขณะที่ ผลการพยากรณ์น้ำท่าในช่วงน้ำท่าปานกลาง (medium flow) และ ช่วงน้ำท่าสูง (high flow) จะมีค่าน้อยกว่า ซึ่งได้แสดงผลการคำนวณไว้ในภาคผนวก ง.

จากผลข้างต้นแสดงให้เห็นว่า โครงข่าย ANN ที่มีค่าถ่วงน้ำหนักที่แตกต่างกันและมีวิธีการเรียนรู้ที่แตกต่าง (BPNN, GA+ANN, GA+BPNN) นั้นให้ค่าพยากรณ์น้ำท่าในช่วงน้ำท่าปานกลาง (medium flow) และช่วงน้ำท่าสูง (high flow) ได้ดีและแตกต่างกันน้อย แต่ให้ผลการพยากรณ์น้ำท่าในช่วงน้ำน้อย (low flow) ที่แตกต่างกันมาก อาจเนื่องมาจาก ในช่วงน้ำท่าสูงและปานกลางอิทธิพลของข้อมูลฝนเฉลี่ยในพื้นที่มีผลต่อการคำนวณมาก แต่ในช่วงน้ำท่าน้อย (low flow) จะมีข้อมูลฝนน้อยหรือมีค่าเป็นศูนย์ ทำให้การเรียนรู้ของแบบจำลอง ANN มีความแตกต่างกันมาก ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าสถิติความถูกต้องจากโปรแกรม GA+ANN กับ GA+BPNN เทียบกับโปรแกรม BPNN สรุปแยกตามออกเป็น 6 สถานี มีดังนี้

ตารางที่ 6-20 ค่าถ่วงน้ำหนักสุดท้าย ณ สถานี Kgt.14 จากโปรแกรม BPNN

Forecast ahead (days)	Model	Final Weight									RMSE	
		Input layer (I) - Hidden layer (H)						Hidden layer (H)-Output layer (O)			Train	Test
		I1-H1	I1-H2	I2-H1	I2-H2	bias_H1	bias_H2	H1-O1	H2-O1	bias_O1	m ³ /s	m ³ /s
1	1	-1.207	-3.121	-1.071	-2.097	-5.585	1.224	-3.131	-4.104	0.776	9.04	7.37
	2	-11.216	-0.032	3.093	-4.657	-1.051	2.651	-6.715	-5.066	3.321	7.78	6.42
	3	-0.034	-11.224	-4.655	3.092	2.651	-1.054	-5.066	-6.732	3.322	7.78	6.42
	4	-0.027	-11.189	-4.671	3.085	2.651	-1.067	-5.049	-6.805	3.308	7.78	6.42
	5	-11.248	-0.042	3.107	-4.779	-1.003	2.666	-6.442	-4.891	3.166	7.78	6.43
	6	0.311	-8.941	-4.86	2.704	2.568	-1.061	-4.791	-6.449	3.194	7.84	6.53
	7	-11.603	0.152	3.077	4.623	-1.048	-2.666	-6.805	5.012	-1.758	7.78	6.41
	8	-0.053	-11.29	-4.451	3.083	2.629	-1.072	-5.362	-6.853	3.579	7.78	6.42
	9	0.642	-9.405	-4.863	2.995	2.537	-1.249	-5.259	-7.872	3.616	7.81	6.46
	10	-2.355	-2.641	-0.097	-1.983	-3.167	1.239	-4.184	-4.425	1.192	9.02	7.38

ตารางที่ 6-21 ค่าสถิติความถูกต้องของผลการคำนวณในฤดูฝนจากโปรแกรมทั้งสาม

สถานี	ช่วง เวลา วัน	โปรแกรม	ช่วงเรียนรู้					ช่วงทดสอบ				
			EI	RMSE	MAD	AARE	R ²	EI	RMSE	MAD	AARE	R ²
			%	m ³ /s	m ³ /s	%		%	m ³ /s	m ³ /s	%	
150401	1	BPNN	82.97	14.84	6.17	56.10	0.83	73.31	14.35	6.34	88.38	0.74
		GA+ANN	83.10	14.75	6.11	47.15	0.83	73.25	14.36	6.29	69.35	0.74
		GA+BPNN	83.10	14.76	6.20	60.98	0.83	73.17	14.38	8.96	90.71	0.74
	2	BPNN	66.87	20.65	9.13	63.15	0.67	53.14	18.95	8.99	106.00	0.56
		GA+ANN	67.10	20.58	9.14	60.08	0.67	53.00	19.00	9.00	90.96	0.55
		GA+BPNN	66.95	20.62	9.16	57.84	0.67	53.23	19.00	8.96	89.69	0.55
Kgt.14	1	BPNN	70.29	7.78	3.07	129.38	0.71	68.41	6.43	2.91	111.00	0.69
		GA+ANN	70.59	7.74	3.06	118.36	0.71	69.13	6.35	2.90	118.50	0.70
		GA+BPNN	70.88	7.71	3.16	144.43	0.71	69.41	6.32	2.96	144.20	0.71
Kgt.15A	1	BPNN	81.51	12.86	5.96	178.00	0.81	77.51	14.62	6.28	112.60	0.77
		GA+ANN	81.82	12.75	5.90	125.65	0.81	76.10	15.00	6.28	80.96	0.76
		GA+BPNN	81.97	12.69	5.97	163.76	0.83	76.62	14.91	6.31	94.80	0.77
	2	BPNN	53.62	20.36	9.59	278.36	0.53	51.41	21.49	10.55	184.50	0.51
		GA+ANN	54.93	20.10	9.50	134.40	0.55	51.00	21.60	10.69	95.50	0.50
		GA+BPNN	54.64	20.14	9.52	191.10	0.55	52.19	21.32	10.52	137.25	0.52

ตารางที่ 6-21 (ต่อ) ค่าสถิติความถูกต้องของผลการคำนวณในฤดูฝนจากโปรแกรมทั้งสาม

สถานี	ช่วง เวลา วัน	โปรแกรม	ช่วงเรียนรู้					ช่วงทดสอบ				
			EI	RMSE	MAD	AARE	R ²	EI	RMSE	MAD	AARE	R ²
			%	m ³ /s	m ³ /s	%		%	m ³ /s	m ³ /s	%	
Kgt.10	1	BPNN	91.39	20.41	10.13	70.52	0.92	91.22	14.50	8.47	52.59	0.92
		GA+ANN	91.66	20.10	9.71	53.37	0.92	91.81	14.00	8.00	39.22	0.92
		GA+BPNN	91.56	20.21	9.79	52.89	0.92	91.50	14.27	8.20	39.5	0.92
	2	BPNN	78.31	32.39	17.20	106.78	0.77	75.40	24.27	13.69	72.46	0.76
		GA+ANN	78.98	31.89	16.56	88.51	0.79	75.36	24.29	13.28	53.88	0.76
		GA+BPNN	78.82	32.00	16.75	83.97	0.80	75.69	24.13	13.41	57.05	0.76
	3	BPNN	66.31	40.37	22.16	147.73	0.66	62.61	29.93	16.88	97.79	0.62
		GA+ANN	66.75	40.11	21.80	118.90	0.67	63.66	29.50	16.49	75.91	0.64
		GA+BPNN	66.60	40.20	21.53	104.69	0.67	62.72	29.88	16.65	67.36	0.62
Kgt.12	1	BPNN	98.68	5.38	2.76	115.54	0.99	98.30	4.63	2.55	67.18	0.99
		GA+ANN	98.57	5.59	2.97	148.46	0.98	98.16	4.81	2.73	87.43	0.98
		GA+BPNN	98.52	5.68	3.00	152.76	0.98	98.15	4.82	2.76	85.94	0.98
	2	BPNN	95.38	10.00	5.57	192.13	0.96	93.81	8.82	5.03	110.48	0.94
		GA+ANN	95.28	10.16	5.44	135.42	0.95	93.82	8.81	4.82	82.70	0.94
		GA+BPNN	95.70	9.69	5.25	113.38	0.96	93.74	8.87	4.78	74.25	0.94
	3	BPNN	90.61	14.33	7.93	213.13	0.90	87.28	12.64	6.97	120.72	0.86
		GA+ANN	90.38	14.50	7.93	200.44	0.90	87.77	12.40	6.85	108.57	0.87
		GA+BPNN	90.57	14.36	7.93	242.83	0.90	87.11	12.73	7.00	134.40	0.86
	4	BPNN	84.79	18.23	10.25	245.68	0.84	79.80	15.93	8.93	142.32	0.79
		GA+ANN	84.21	18.58	10.46	308.15	0.85	80.49	15.65	8.85	167.41	0.81
		GA+BPNN	84.67	18.31	10.24	137.99	0.84	79.87	15.90	8.95	129.60	0.79
	5	BPNN	77.71	22.00	12.79	351.43	0.77	71.00	19.05	11.35	191.64	0.70
		GA+ANN	77.15	22.30	12.85	328.35	0.77	72.18	18.69	11.19	182.29	0.72
		GA+BPNN	77.63	22.11	12.77	284.24	0.77	71.43	18.94	11.31	158.84	0.72
	6	BPNN	69.57	25.79	15.11	418.61	0.69	62.74	21.68	13.50	227.05	0.62
		GA+ANN	69.10	26.00	15.10	360.81	0.69	63.90	21.29	13.36	207.87	0.64
		GA+BPNN	69.45	25.84	15.00	342.42	0.69	62.11	21.81	13.63	193.70	0.62

ตารางที่ 6-21 (ต่อ) ค่าสถิติความถูกต้องของผลการคำนวณในฤดูฝนจากโปรแกรมทั้งสาม

สถานี	ช่วง เวลา วัน	โปรแกรม	ช่วงเรียนรู้					ช่วงทดสอบ				
			EI	RMSE	MAD	AARE	R ²	EI	RMSE	MAD	AARE	R ²
			%	m ³ /s	m ³ /s	%		%	m ³ /s	m ³ /s	%	
Kgt.3	1	BPNN	99.36	15.90	10.19	39.78	0.99	99.27	14.48	9.28	20.12	0.99
		GA+ANN	99.29	16.67	10.55	42.90	0.99	99.19	15.25	9.87	22.85	0.99
		GA+BPNN	99.36	15.87	9.87	33.71	0.99	99.30	14.19	9.21	15.46	0.99
	2	BPNN	97.90	28.72	18.79	65.55	0.98	97.31	27.82	17.47	34.21	0.98
		GA+ANN	97.80	29.43	19.00	65.67	0.98	97.22	28.32	17.99	34.62	0.98
		GA+BPNN	97.68	30.20	19.10	62.32	0.98	97.28	27.97	17.70	31.33	0.98
	3	BPNN	94.34	47.18	28.87	75.68	0.94	92.45	46.63	27.72	42.00	0.92
		GA+ANN	94.49	46.53	28.64	73.50	0.94	92.34	56.98	27.47	39.89	0.92
		GA+BPNN	94.17	47.87	29.00	71.60	0.94	92.38	46.86	28.12	43.38	0.92
	4	BPNN	89.10	65.49	38.91	108.10	0.88	87.00	61.19	36.74	52.97	0.86
		GA+ANN	89.44	64.42	38.15	83.68	0.90	87.14	60.86	35.96	42.83	0.88
		GA+BPNN	89.46	64.38	37.82	86.10	0.90	87.48	60.10	35.93	43.38	0.88
	5	BPNN	83.24	81.17	49.00	123.43	0.83	81.27	73.45	45.37	57.69	0.81
		GA+ANN	83.69	80.10	48.13	108.78	0.83	81.82	72.36	44.41	52.00	0.83
		GA+BPNN	83.68	80.10	47.79	115.92	0.83	81.95	72.10	44.10	54.76	0.83
	6	BPNN	77.03	95.03	58.62	155.65	0.77	75.35	68.60	53.91	84.25	0.76
		GA+ANN	77.55	93.95	57.81	145.17	0.77	76.26	64.17	53.00	82.68	0.77
		GA+BPNN	77.48	94.10	57.82	143.52	0.77	75.79	64.63	53.71	83.51	0.77
	7	BPNN	70.84	107.05	67.35	179.51	0.71	70.00	92.86	61.75	78.25	0.71
		GA+ANN	71.30	106.21	66.71	175.00	0.71	71.00	91.30	60.78	76.87	0.71
		GA+BPNN	71.23	106.34	66.77	173.48	0.71	69.55	93.64	62.95	78.00	0.71

(1) สถานี 150401 จากการเปรียบเทียบค่าสถิติทั้ง 5 แบบของโปรแกรมทั้งสามในการพยากรณ์น้ำท่าล่วงหน้าช่วงเวลา 1-2 วัน พบว่า โปรแกรมทั้งสามให้ผลการพยากรณ์ที่แตกต่างกันน้อย โดยที่โปรแกรม GA+ANN จะให้ผลการพยากรณ์ที่ดีกว่าโปรแกรม BPNN และ GA+BPNN เล็กน้อย

(2) สถานี Kgt.14 ผลการพยากรณ์น้ำท่าล่วงหน้า 1 วัน พบว่า โปรแกรมทั้งสามให้ค่าที่แตกต่างกันน้อย โดยที่ GA+ANN จะให้ผลการพยากรณ์ที่ดีกว่าโปรแกรม BPNN และ GA+BPNN เล็กน้อย

(3) สถานี Kgt.15A พบว่า ผลการพยากรณ์น้ำท่าล่วงหน้า 1-2 วัน โปรแกรม GA+ANN และ GA+BPNN ให้ความถูกต้องที่ดีกว่าโปรแกรม BPNN โดยเฉพาะค่า AARE ที่ต่ำกว่า BPNN อย่างเห็นได้ชัด

(4) สถานี Kgt.10 พบว่า ผลการพยากรณ์น้ำท่าล่วงหน้าในช่วงเวลา 1-3 วัน โปรแกรม GA+ANN และ GA+BPNN ให้ผลการพยากรณ์ที่มีความถูกต้องมากกว่า BPNN

(5) สถานี Kgt.12 พบว่า ผลการพยากรณ์น้ำท่าล่วงหน้า 1-6 วัน ทั้งสามโปรแกรมให้ค่าสถิติความถูกต้องที่ใกล้เคียงกัน โดยที่โปรแกรม GA+BPNN ให้ผลการพยากรณ์ที่ดีที่สุด

(6) สถานี Kgt.3 พบว่า ผลการพยากรณ์น้ำท่าล่วงหน้า 1-7 วัน ทั้งสามโปรแกรมให้ค่าสถิติความถูกต้องที่ใกล้เคียงกัน

สรุปได้ว่า ทั้งสามโปรแกรมให้ค่าสถิติความถูกต้องของผลการพยากรณ์ทั้ง 5 แบบที่ใกล้เคียงกัน โดยมีความแตกต่างน้อยมาก ค่าสถิติที่แตกต่างและพอสังเกตเปรียบเทียบได้คือ ค่า AARE ซึ่งถือว่าเป็นค่าสถิติที่มีความอ่อนไหวต่อผลการคำนวณมากกว่าค่าสถิติตัวอื่นๆ และพบว่า โปรแกรม GA+ANN และ GA+BPNN เป็นสองโปรแกรมที่มีความถูกต้องใกล้เคียงและมีความถูกต้องมากกว่า BPNN เล็กน้อย

6.4.4 ชลภาพน้ำท่ารายวัน

ผลการศึกษาได้วิเคราะห์ความถูกต้องในรูปของรูปร่างชลภาพน้ำท่าและความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการพยากรณ์ขนาดและช่วงเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดของแต่ละปี รายละเอียดการศึกษาแสดงไว้ในภาคผนวก จ.

จากตารางที่ 6-22 ที่แสดงถึง ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของผลการพยากรณ์ขนาดน้ำท่าสูงสุดในแต่ละสถานีในช่วงเวลาการพยากรณ์ต่างๆ พบว่า ทั้งสามโปรแกรมให้ร้อยละของผลต่างที่แตกต่างกันน้อย โดยมีช่วงพิสัยความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ขนาดน้ำท่าสูงสุดแยกตามสถานีดังนี้

(1) สถานี 150401 พบว่า ในการพยากรณ์น้ำท่าล่วงหน้า 1 วัน มีความคลาดเคลื่อนของผลการพยากรณ์ขนาดน้ำท่าประมาณ 18.18-26.61 เปอร์เซ็นต์ และช่วงเวลาพยากรณ์ล่วงหน้า 2 วันมีความคลาดเคลื่อนประมาณ 29.15 – 33.0 เปอร์เซ็นต์

(2) สถานี Kgt.14 พบว่า ในการพยากรณ์น้ำท่าล่วงหน้า 1 วัน มีความคลาดเคลื่อนของผลการพยากรณ์ขนาดน้ำท่าประมาณ 28.44-39.23 เปอร์เซ็นต์

(3) สถานี Kgt.15A พบว่า ในการพยากรณ์น้ำท่าล่วงหน้า 1 วัน มีความคลาดเคลื่อนของผลการพยากรณ์ขนาดน้ำท่าประมาณ 9.51-17.95 เปอร์เซ็นต์ และช่วงเวลาพยากรณ์ล่วงหน้า 2 วันมีความคลาดเคลื่อนประมาณ 31.37-37.0 เปอร์เซ็นต์

(4) สถานี Kgt.10 พบว่า ในการพยากรณ์น้ำท่าล่วงหน้า 1 วัน มีความคลาดเคลื่อนของผลการพยากรณ์ขนาดน้ำท่าประมาณ 6.37-12.87 เปอร์เซ็นต์ และช่วงเวลาพยากรณ์ล่วงหน้า 3 วันมีความคลาดเคลื่อนประมาณ 26.59-34.57 เปอร์เซ็นต์

(5) สถานี Kgt.12 พบว่า ในการพยากรณ์น้ำท่าล่วงหน้า 1 วัน มีความคลาดเคลื่อนของผลการพยากรณ์ขนาดน้ำท่าประมาณ 2.67-6.46 เปอร์เซ็นต์ และช่วงเวลาพยากรณ์ล่วงหน้า 6 วันมีความคลาดเคลื่อนประมาณ 9.14-20.85 เปอร์เซ็นต์

(6) สถานี Kgt.3 พบว่า ในการพยากรณ์น้ำท่าล่วงหน้า 1 วัน มีความคลาดเคลื่อนของผลการพยากรณ์ขนาดน้ำท่าประมาณ 2.56-3.73 เปอร์เซ็นต์ และช่วงเวลาพยากรณ์ล่วงหน้า 7 วันมีความคลาดเคลื่อนประมาณ 12.56-22.0 เปอร์เซ็นต์

จากค่าความคลาดเคลื่อนของผลการพยากรณ์ขนาดน้ำท่าด้วยโปรแกรมทั้งสาม แสดงว่า การประยุกต์ใช้แบบจำลอง ANN ในพื้นที่รับน้ำขนาดใหญ่จะมีความถูกต้องในการพยากรณ์ขนาดน้ำท่าได้ดีกว่าพื้นที่รับน้ำขนาดเล็ก

จากตารางที่ 6-23 แสดงความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของผลการพยากรณ์ช่วงเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดจากทั้งสามโปรแกรม พบว่า ในโครงข่ายขนาดเล็ก ทั้งสามโปรแกรมให้ความ

คลาดเคลื่อนเหมือนกันเป็นส่วนใหญ่ ยกเว้น สถานี Kgt.14 ที่ GA ช่วยให้ไม่มีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น นั่นคือ ช่วงเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดของการพยากรณ์เท่ากับข้อมูลจริง สำหรับสถานีที่เหลือมีความคลาดเคลื่อนตั้งแต่ 0 ถึง 2 วัน ในส่วนของโครงข่ายขนาดใหญ่ พบว่า ความคลาดเคลื่อนของเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดจากสามโปรแกรมเหมือนกันเป็นส่วนใหญ่ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 4 วัน

จากรูปที่ 6-17 ถึง 6-28 แสดงการเปรียบเทียบสภาพน้ำท่าระหว่างข้อมูลจริงกับผลการพยากรณ์ ล่วงหน้า 1 วัน พบว่า โปรแกรมทั้งสามให้ผลการพยากรณ์ที่ใกล้เคียงกันและใกล้เคียงกับข้อมูลวัดจริงทั้งในช่วงเรียนรู้และทดสอบ โดยจะเห็นว่า ถ้าเป็นโครงข่ายขนาดเล็ก (สถานี 150401, Kgt.14 และ Kgt.15A) ขนาดน้ำท่าสูงสุดมีความคลาดเคลื่อนมากกว่าโครงข่ายขนาดใหญ่ (สถานี Kgt.10, Kgt.12 และ Kgt.3)

6.4.5 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง ANN

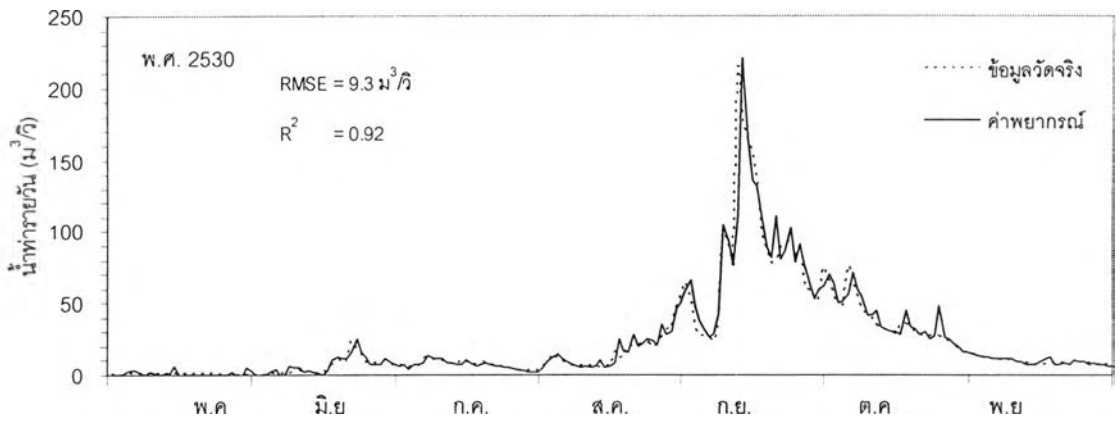
นำแบบจำลอง ANN มาทดสอบกับข้อมูลที่เตรียมไว้สำหรับรับรองผลแบบจำลองด้วยโปรแกรมทั้งสาม คือ ข้อมูลในปี พ.ศ. 2541 และได้แสดงผลการทดสอบดังตารางที่ 6-24 ซึ่งจะเห็นได้ว่า ผลการทดสอบทั้งสามโปรแกรมให้ค่าสถิติความถูกต้องทั้ง 5 แบบที่ใกล้เคียงกัน เช่นเดียวกับผลการเรียนรู้และทดสอบ

ตารางที่ 6-22 ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของผลการพยากรณ์น้ำท่าสูงสุด (Qpeak) ในแต่ละสถานีจากทั้งสามโปรแกรม

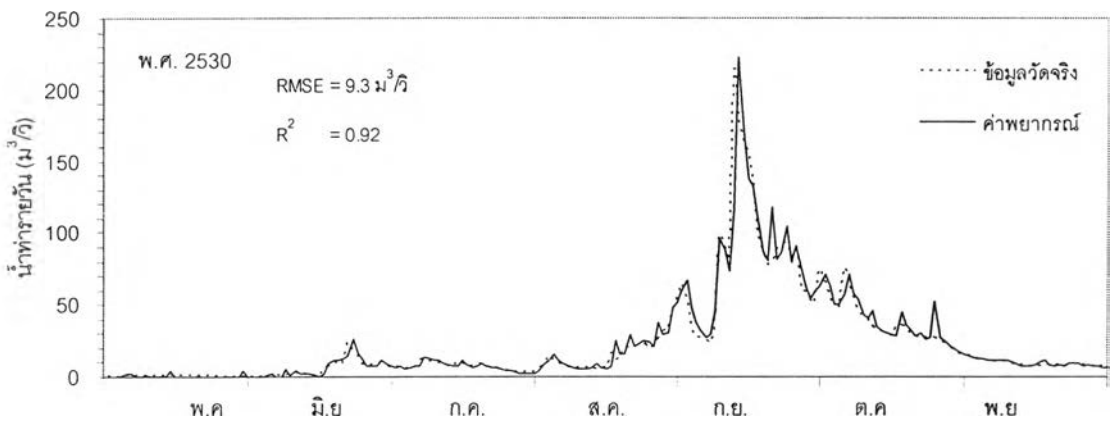
สถานี	ช่วงเวลา วัน	ช่วงเรียนรู้						ช่วงทดสอบ					
		ผลต่าง (m ³ /s)			ร้อยละผลต่าง			ผลต่าง (m ³ /s)			ร้อยละผลต่าง		
		BPNN	GA+ANN	GA+BPNN	BPNN	GA+ANN	GA+BPNN	BPNN	GA+ANN	GA+BPNN	BPNN	GA+ANN	GA+BPNN
150401	1	45.17	42.26	43.99	19.38	18.18	19.03	44.98	44.76	44.80	26.61	26.35	26.61
	2	71.94	68.36	70.78	29.57	29.15	29.24	57.84	46.17	54.79	33.08	25.65	31.15
Kgt.14	1	28.73	32.51	30.65	28.44	31.19	30.52	35.01	37.87	37.14	35.94	39.23	38.11
Kgt.15A	1	35.53	34.15	34.02	17.95	17.50	17.11	23.46	19.24	17.31	12.93	10.12	9.51
	2	67.77	68.80	67.94	31.37	32.25	31.74	66.38	62.51	66.05	37.01	34.38	36.84
Kgt.10	1	49.91	51.16	55.85	11.81	12.16	12.87	13.94	14.73	19.06	6.46	6.37	8.72
	2	97.02	97.31	90.66	22.55	22.22	20.56	50.54	52.49	47.69	23.00	25.04	23.18
	3	118.42	119.20	121.27	26.59	26.71	27.10	79.88	73.73	70.40	34.57	31.68	30.21
Kgt.12	1	13.37	12.43	13.66	6.46	6.04	6.40	4.80	3.50	3.60	3.61	2.67	2.75
	2	24.48	22.84	19.09	11.87	11.15	10.19	10.68	6.83	8.01	5.28	6.10	5.82
	3	30.86	29.24	26.55	15.59	14.80	13.60	11.23	9.45	7.80	8.34	7.99	6.37
	4	34.35	34.18	35.00	17.86	17.54	17.81	10.31	10.63	7.28	8.56	8.97	6.76
	5	35.91	37.29	38.30	18.83	18.90	19.54	8.35	16.62	9.74	7.81	13.93	8.89
	6	35.49	38.14	40.17	18.59	18.97	20.85	9.54	19.78	14.65	9.14	16.24	13.68
Kgt.3	1	19.54	30.26	19.73	2.59	3.73	2.56	14.69	19.62	15.50	2.61	3.45	2.73
	2	33.62	45.03	47.42	4.57	5.33	5.36	22.31	16.01	19.02	3.80	2.69	3.23
	3	68.54	68.84	85.36	9.05	9.09	10.30	47.27	36.59	51.93	8.56	6.38	9.43
	4	89.33	98.89	95.36	10.96	11.55	10.93	68.11	73.51	104.23	12.37	13.36	18.67
	5	103.24	110.73	94.57	12.10	12.42	10.78	82.83	94.63	104.23	14.94	17.06	18.67
	6	122.10	112.72	113.14	13.66	12.06	12.22	101.49	113.85	108.51	18.23	20.31	19.12
	7	126.91	121.28	124.88	13.61	12.56	13.01	115.20	124.36	97.24	20.47	22.00	16.72

ตารางที่ 6-23 ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของผลการพยากรณ์ช่วงเวลาในการเกิดน้ำท่าสูงสุด (Tpeak) ในแต่ละสถานี จากทั้งสามโปรแกรม

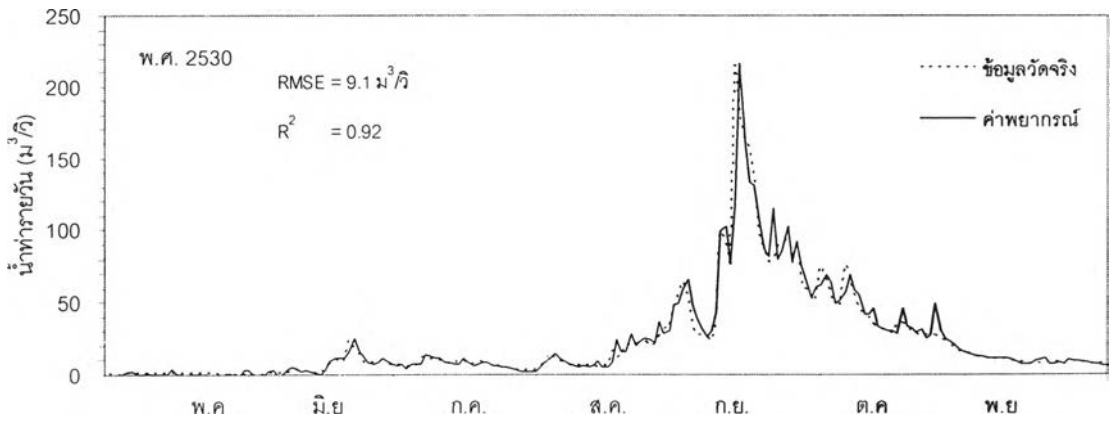
สถานี	ช่วงเวลา วัน	ช่วงเรียนรู้			ช่วงทดสอบ		
		ผลต่าง (วัน)			ผลต่าง (วัน)		
		BPNN	GA+ANN	GA+BPNN	BPNN	GA+ANN	GA+BPNN
150401	1	1	1	1	1	1	1
	2	2	2	2	2	2	2
Kgt.14	1	1	0	0	0	0	0
Kgt.15A	1	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	1	1	1
Kgt.10	1	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	2	2	2
	3	1	1	1	2	2	2
Kgt.12	1	1	0	1	0	0	0
	2	1	1	1	1	1	1
	3	1	1	1	2	2	2
	4	1	1	1	2	2	2
	5	2	2	2	3	3	3
	6	2	2	2	3	3	3
Kgt.3	1	0	0	0	0	0	0
	2	1	1	1	1	1	0
	3	1	1	1	1	1	1
	4	1	1	1	1	1	1
	5	2	2	2	1	2	2
	6	3	3	3	2	3	3
	7	3	3	3	3	3	4



ก) BPNN

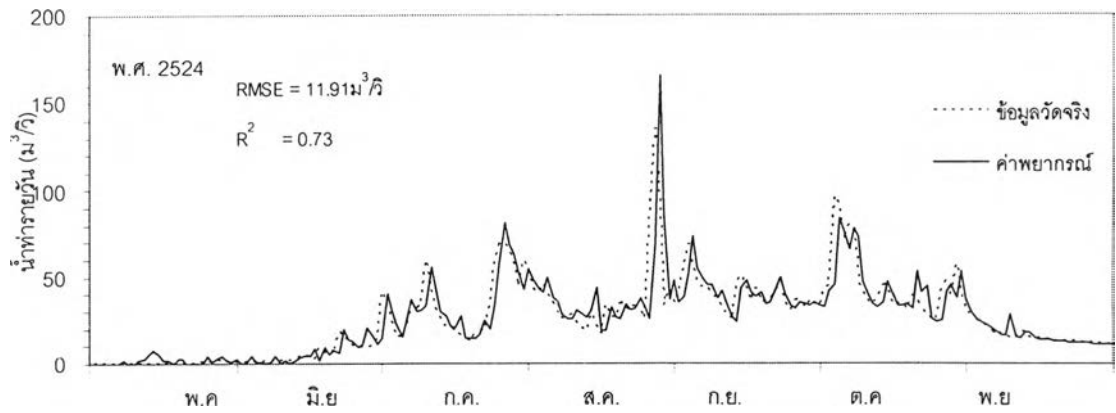


ข) GA+ANN

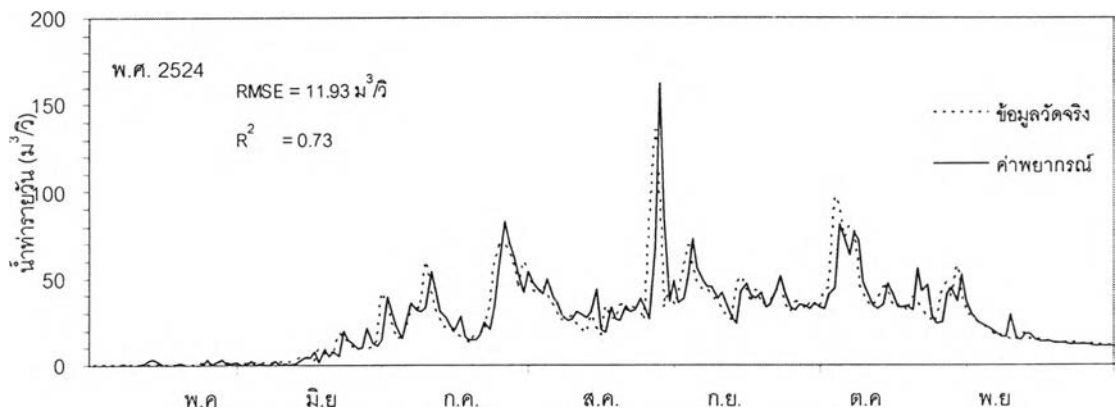


ค) GA+BPNN

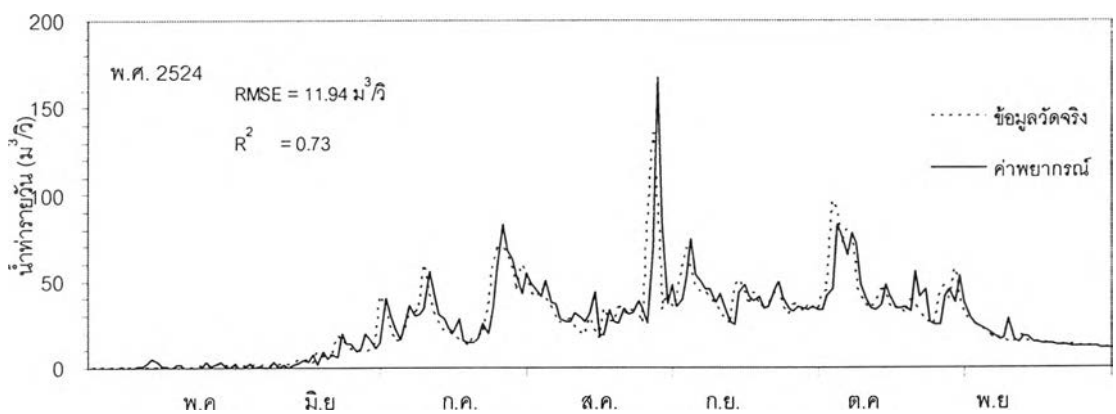
รูปที่ 6-17 ผลภาพน้ำท่าระหว่างข้อมูลจริงกับผลการพยากรณ์ในฤดูฝน ณ สถานี 150401 ล่วงหน้า 1 วัน (ช่วงเรียนรู้)



ก) BPNN

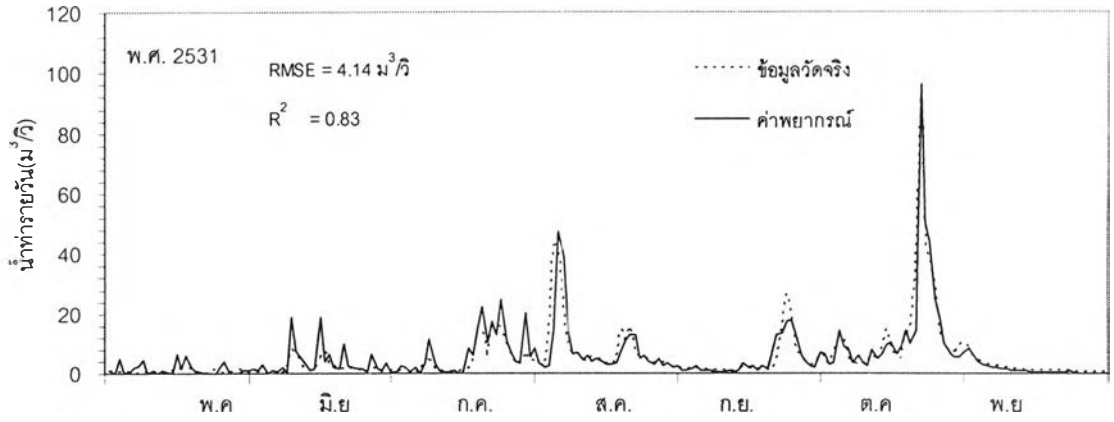


ข) GA+ANN

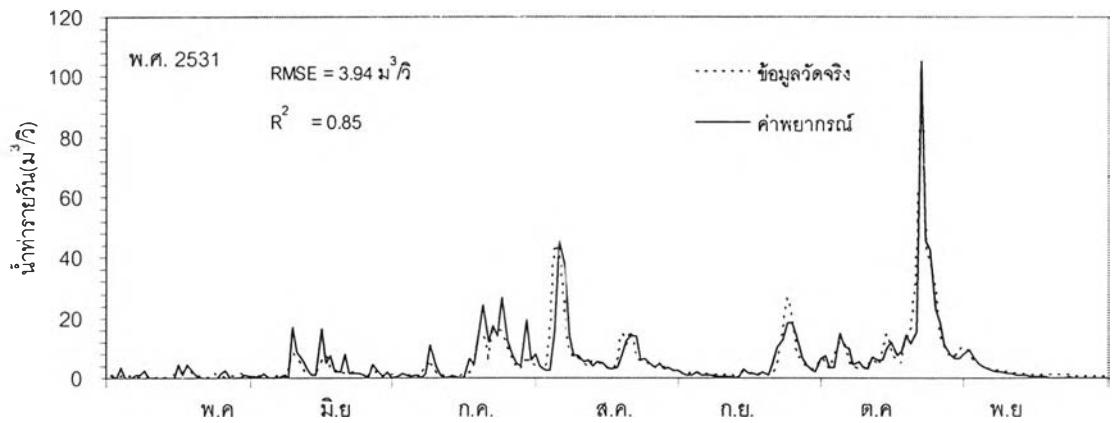


ค) GA+BPNN

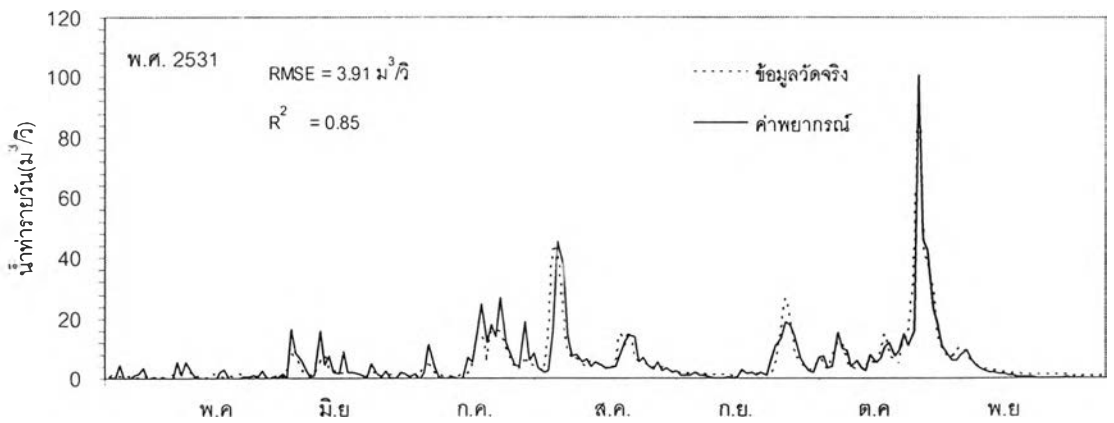
รูปที่ 6-18 ซลภาพน้ำท่าระหว่างข้อมูลจริงกับผลการพยากรณ์ในฤดูฝน ณ สถานี 150401
ล่วงหน้า 1 วัน (ช่วงทดสอบ)



ก) BPNN

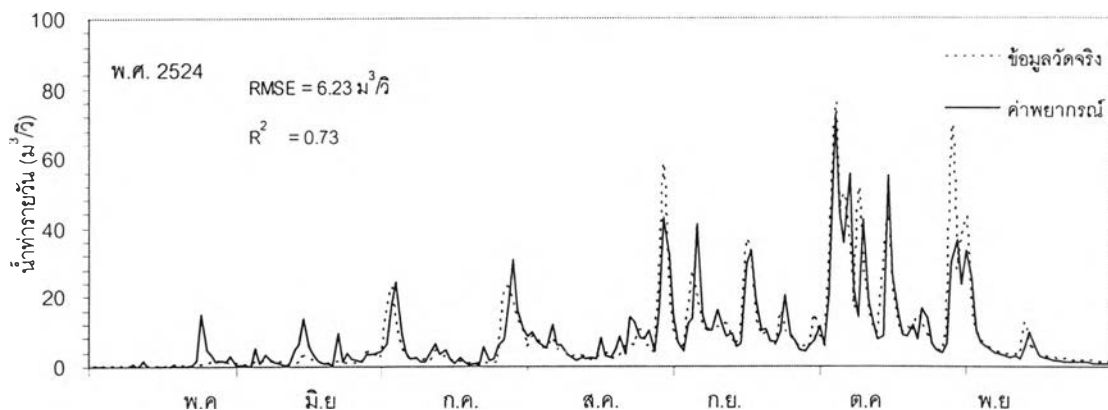


ข) GA+ANN

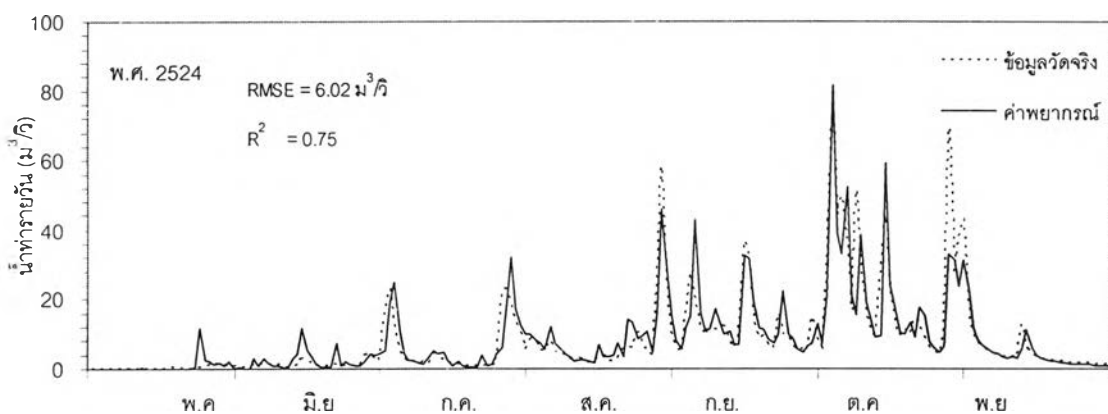


ค) GA+BPNN

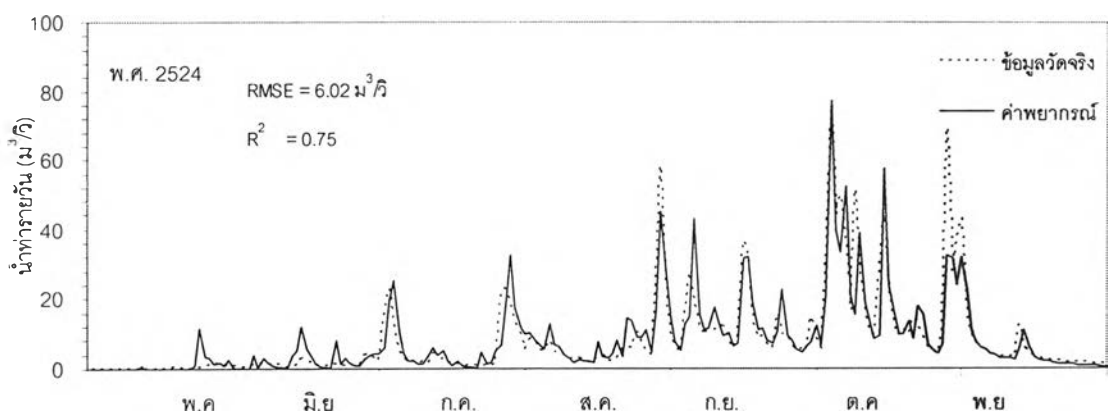
รูปที่ 6-19 ซลภาพน้ำท่าระหว่างข้อมูลจริงกับผลการพยากรณ์ในฤดูฝน ณ สถานี Kgt. 14 ล่วงหน้า 1 วัน (ช่วงเรียนรู้)



ก) BPNN

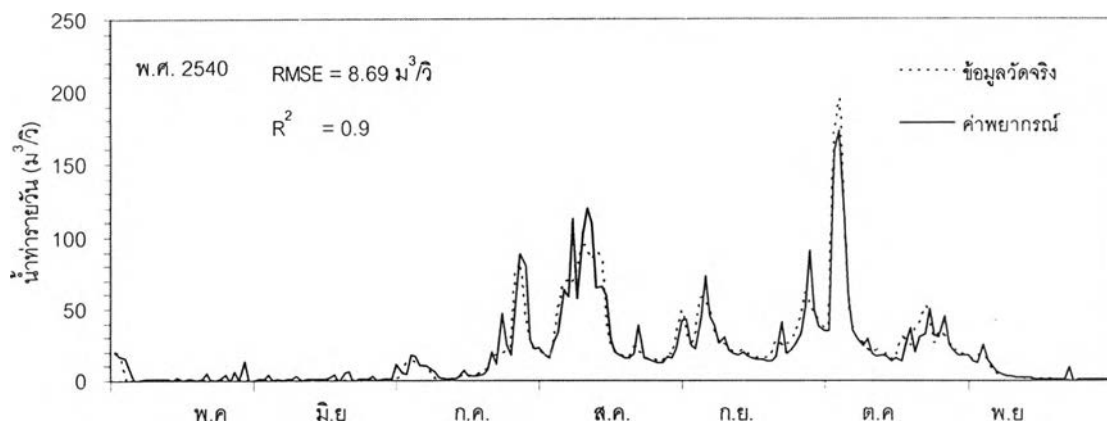


ข) GA+ANN

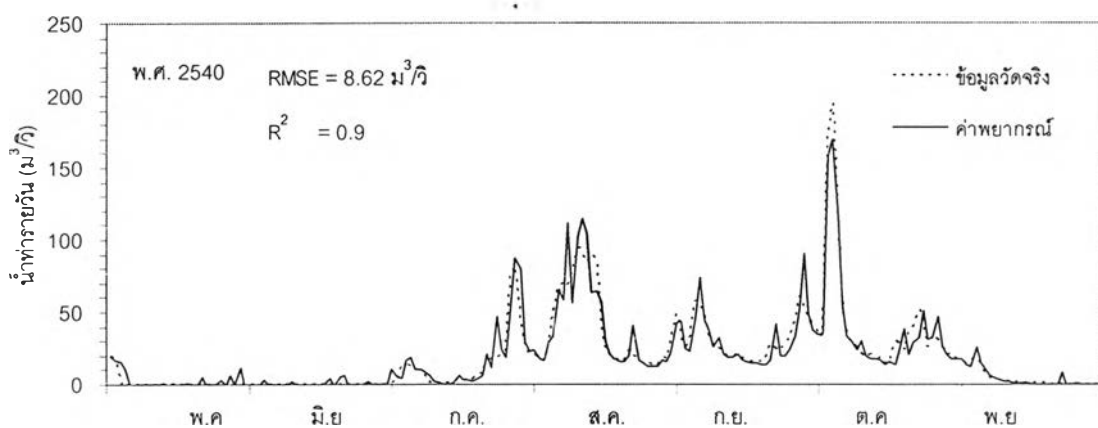


ค) GA+BPNN

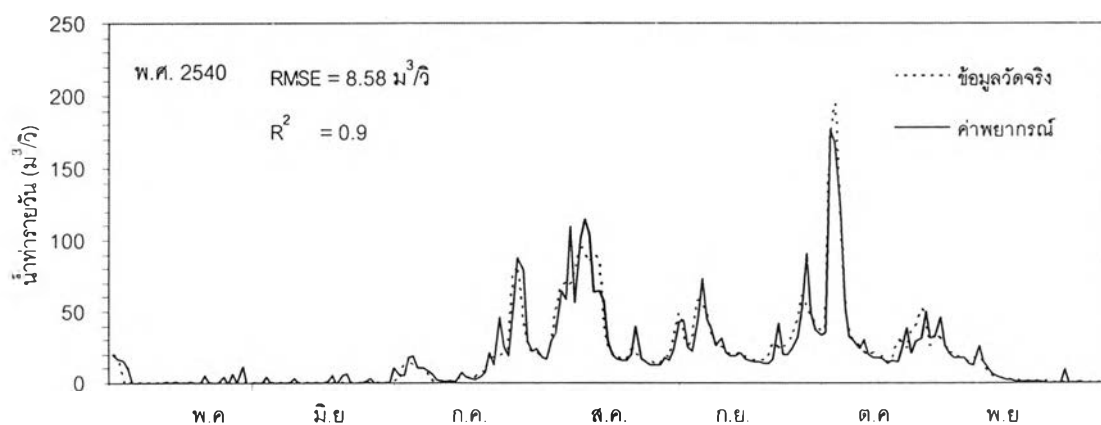
รูปที่ 6-20 ซลภาพน้ำท่าระหว่างข้อมูลจริงกับผลการพยากรณ์ในฤดูฝน ณ สถานี Kgt.14
ล่วงหน้า 1 วัน (ช่วงทดสอบ)



ก) BPNN

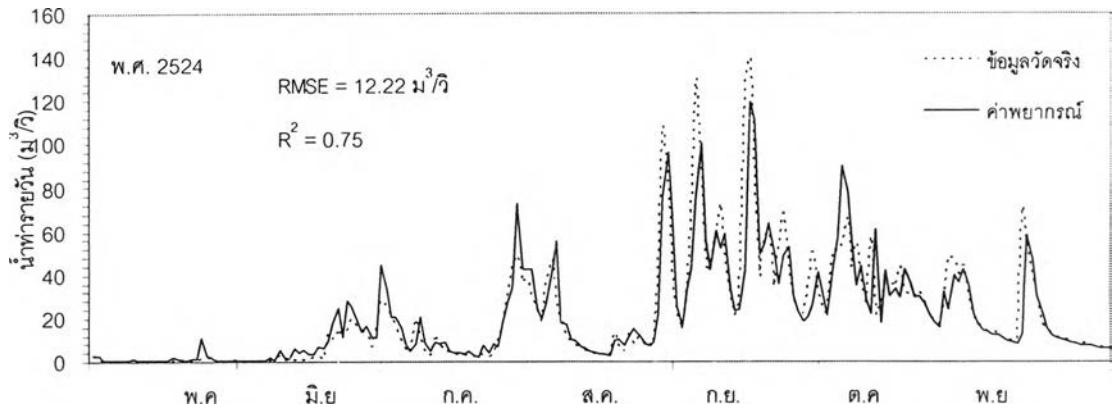


ข) GA+ANN

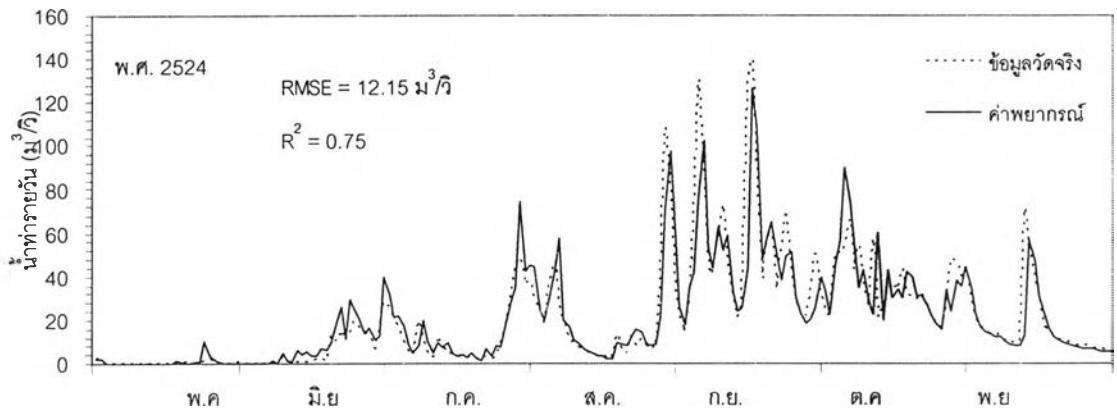


ค) GA+BPNN

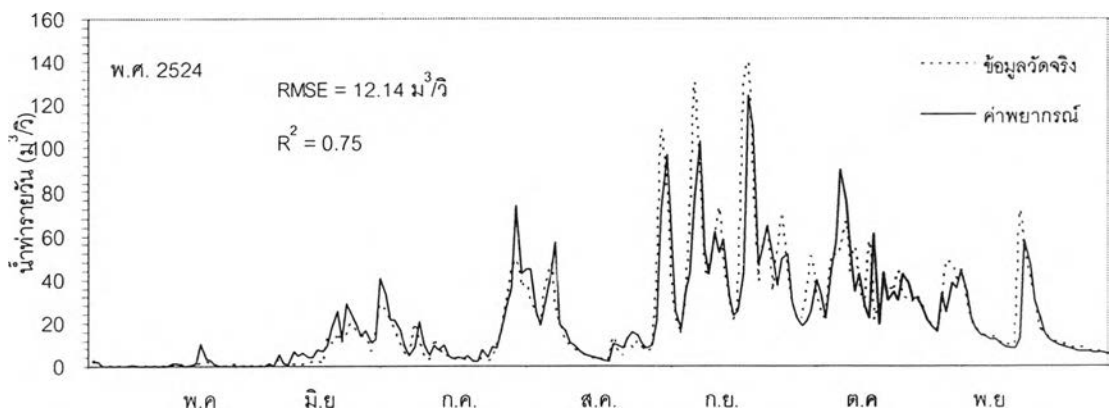
รูปที่ 6-21 ซลภาพน้ำท่าระหว่างข้อมูลจริงกับผลการพยากรณ์ในฤดูฝน ณ สถานี Kgt.15A ล่วงหน้า 1 วัน (ช่วงเรียนรู้)



ก) BPNN

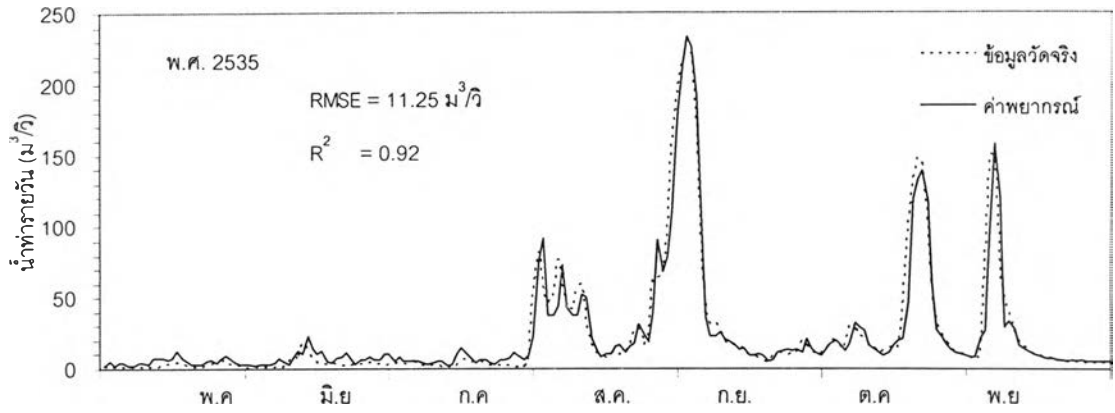


ข) GA+ANN

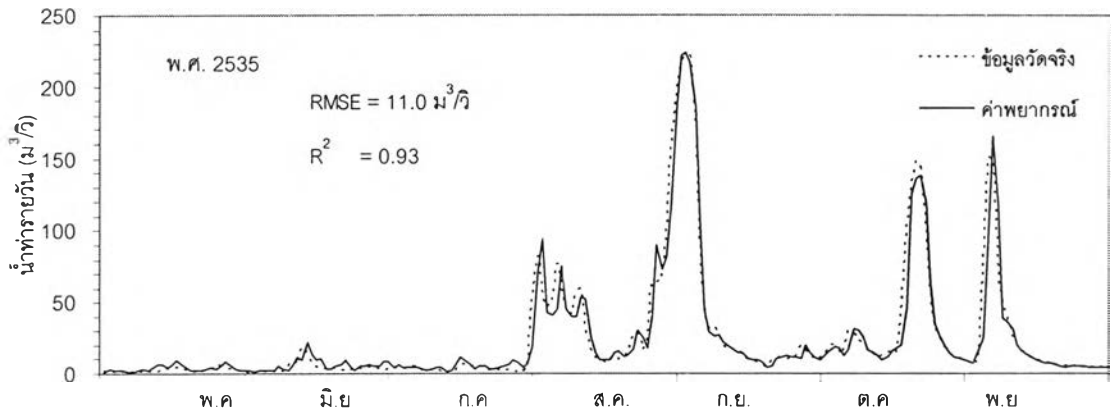


ค) GA+BPNN

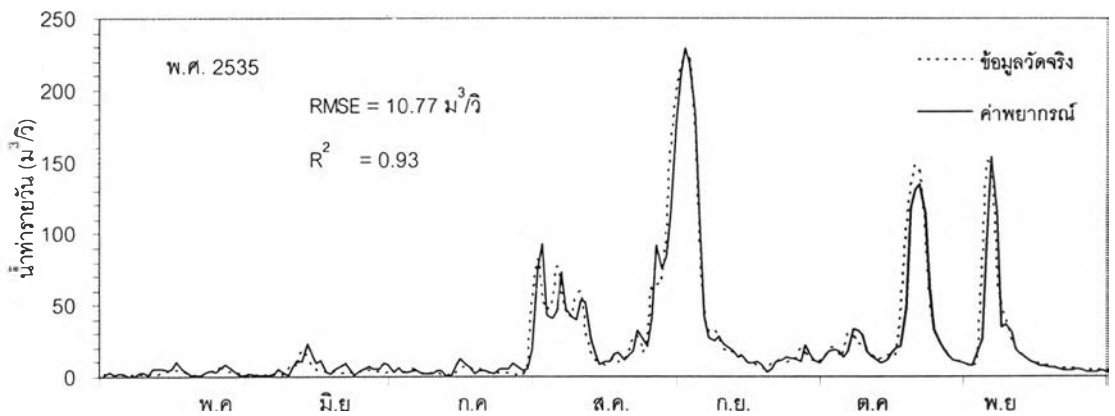
รูปที่ 6-22 ซลภาพน้ำท่าระหว่างข้อมูลจริงกับผลการพยากรณ์ในฤดูฝน ณ สถานี Kgt.15A ล่วงหน้า 1 วัน (ช่วงทดสอบ)



ก) BPNN

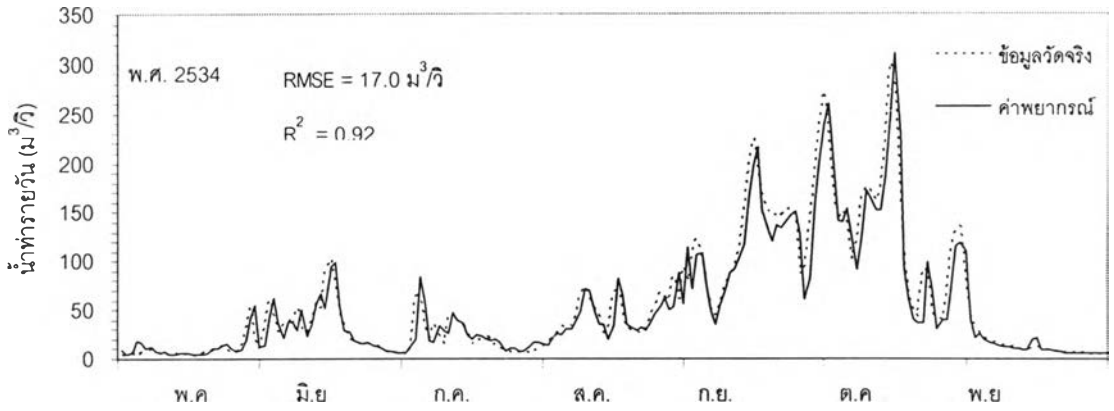


ข) GA+ANN

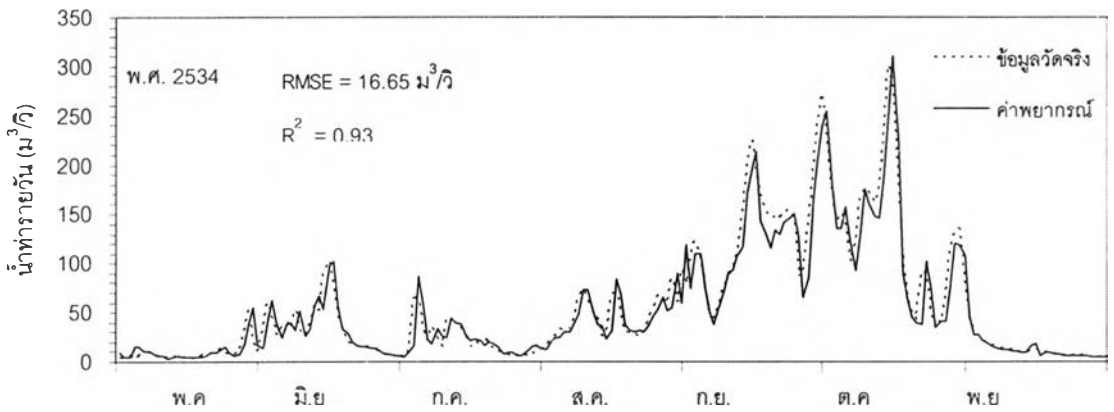


ค) GA+BPNN

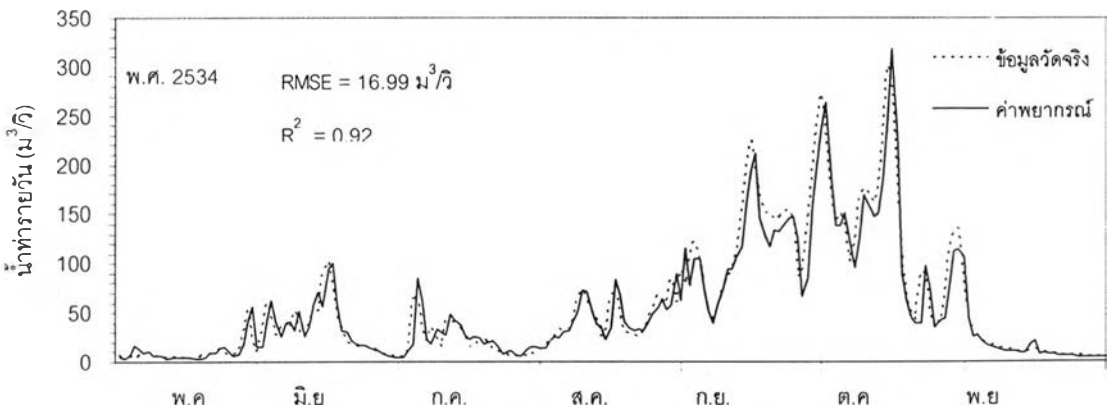
รูปที่ 6-23 ซลภาพน้ำท่าระหว่างข้อมูลจริงกับผลการพยากรณ์ในฤดูฝน ณ สถานี Kgt.10
 ล่วงหน้า 1 วัน (ช่วงเรียนรู้)



ก) BPNN

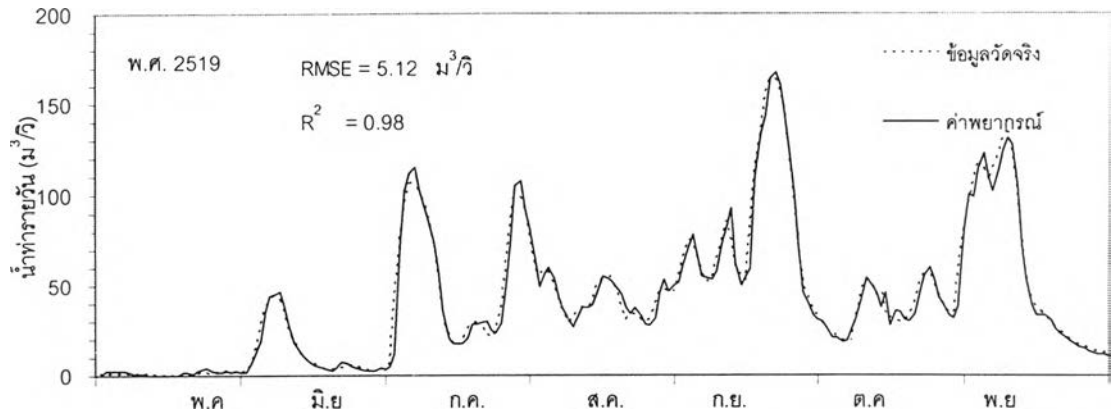


ข) GA+ANN

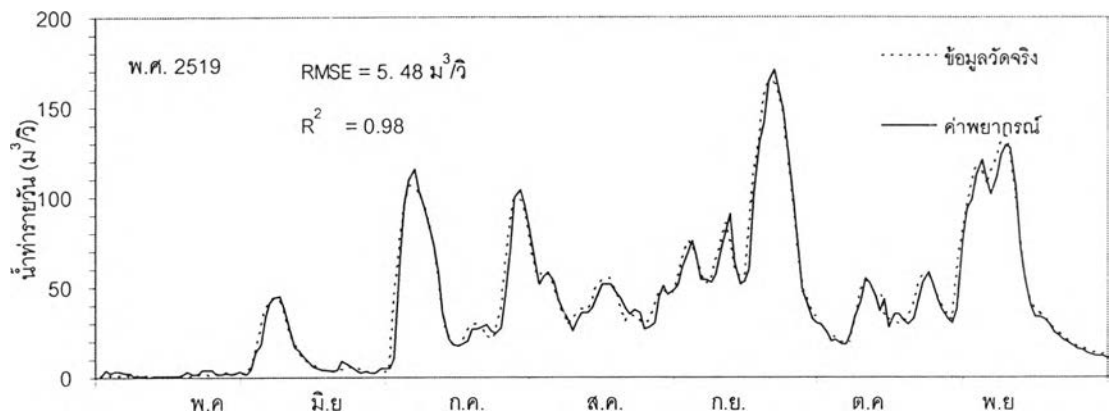


ค) GA+BPNN

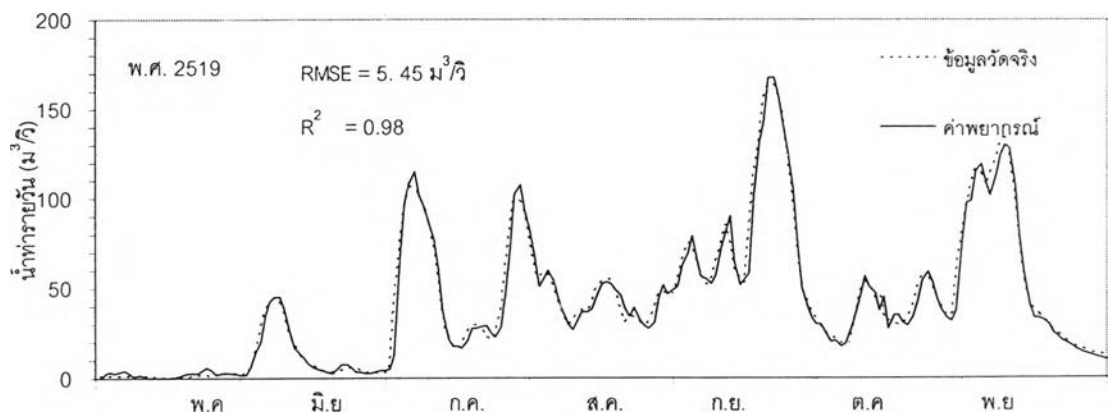
รูปที่ 6-24 ซลภาพน้ำท่าระหว่างข้อมูลจริงกับผลการพยากรณ์ในฤดูฝน ณ สถานี Kgt.10 ล่วงหน้า 1 วัน (ช่วงทดสอบ)



ก) BPNN

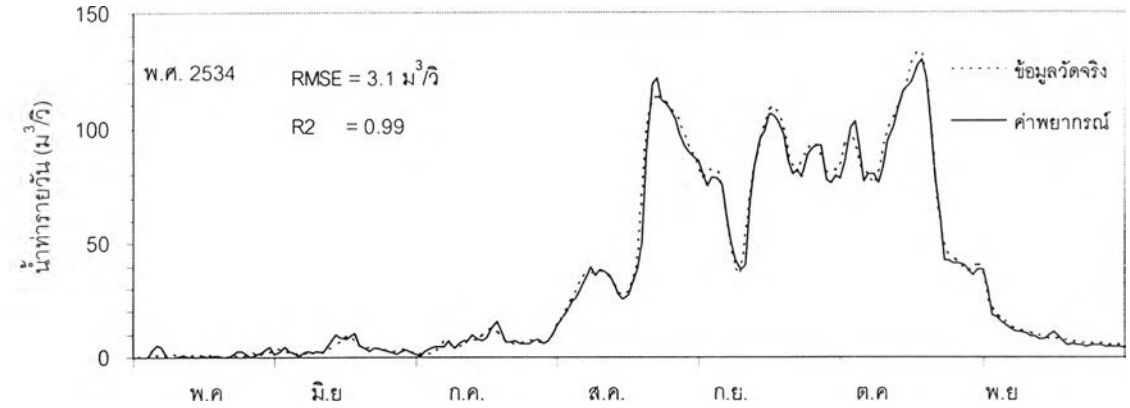


ข) GA+ANN

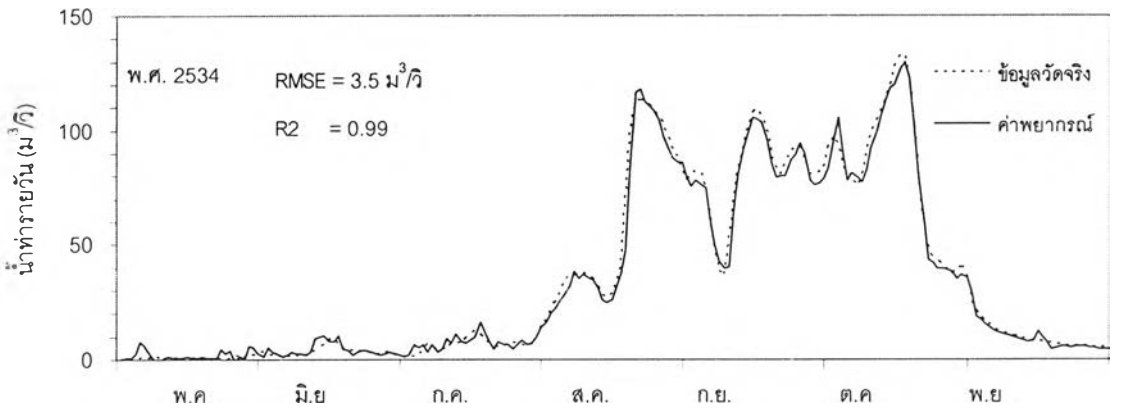


ค) GA+BPNN

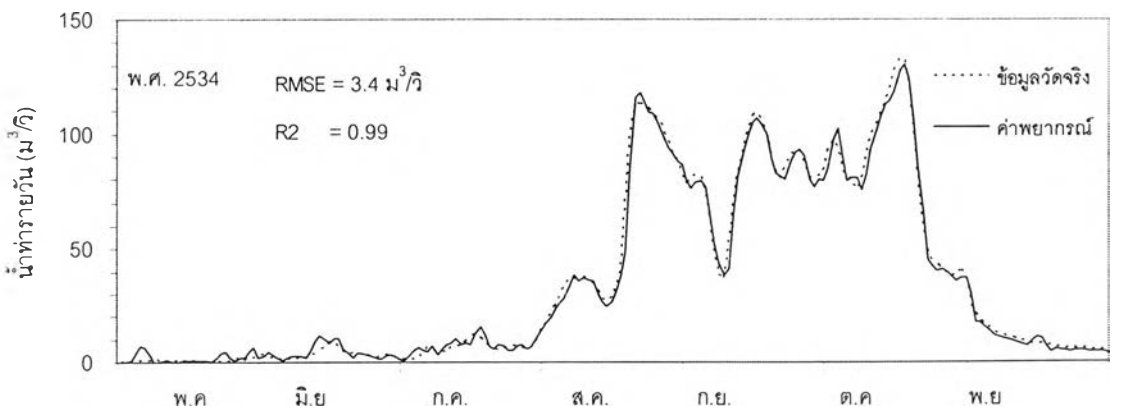
รูปที่ 6-25 ซลภาพน้ำท่าระหว่างข้อมูลจริงกับผลการพยากรณ์ในฤดูฝน ณ สถานี Kgt.12 ล่วงหน้า 1 วัน (ช่วงเรียนรู้)



ก) BPNN

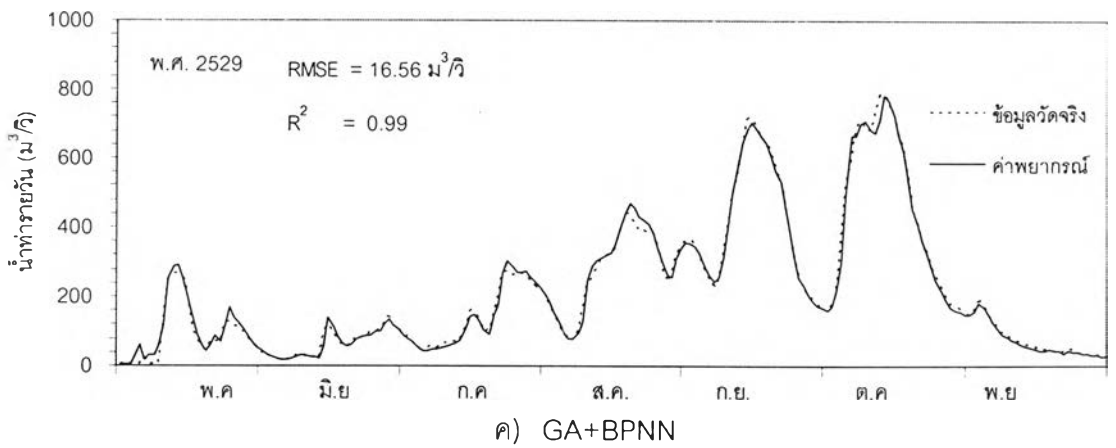
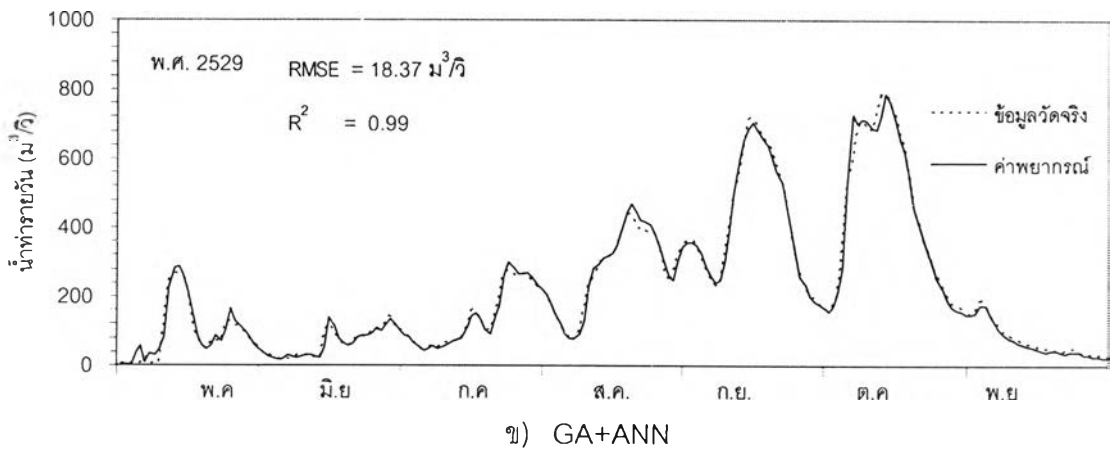
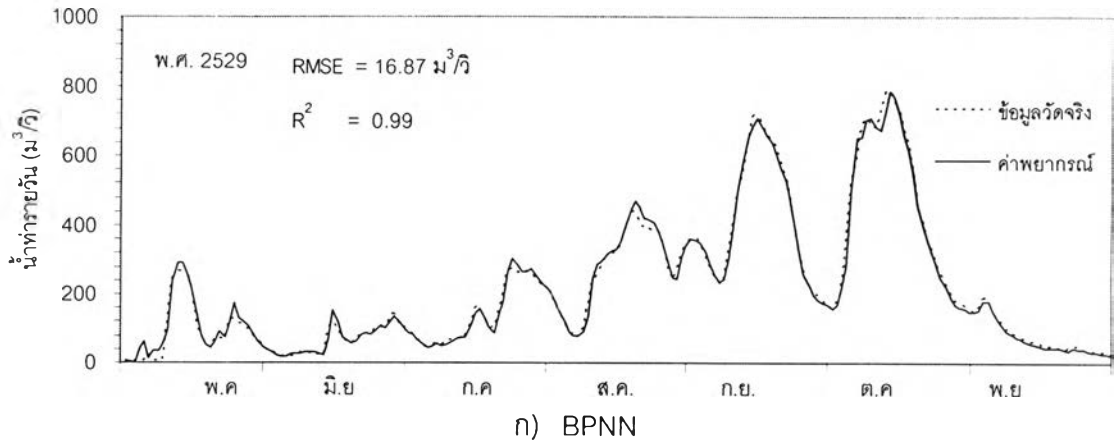


ข) GA+ANN

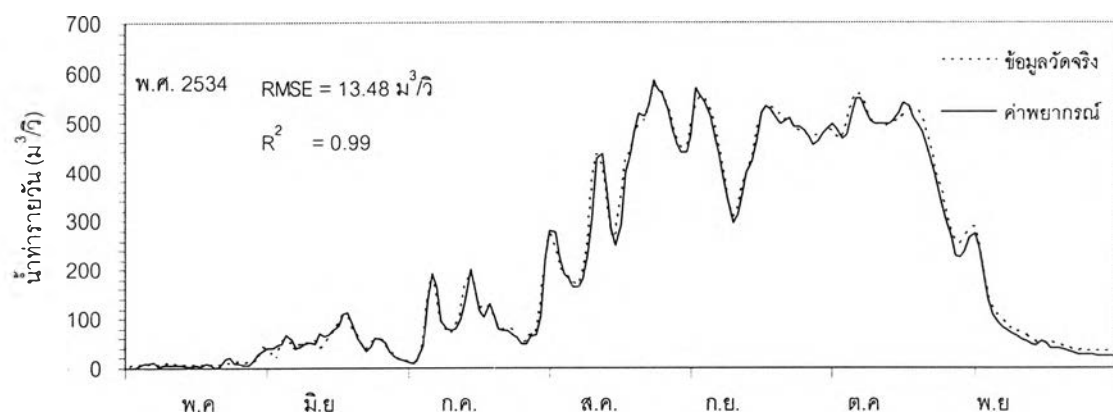


ค) GA+BPNN

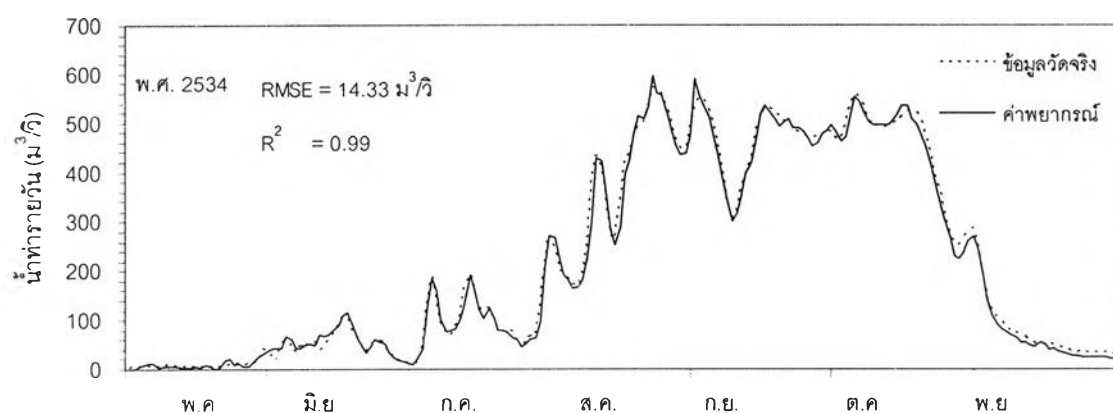
รูปที่ 6-26 ซลภาพน้ำท่าระหว่างข้อมูลจริงกับผลการพยากรณ์ในฤดูฝน ณ สถานี Kgt.12
ล่วงหน้า 1 วัน (ช่วงทดสอบ)



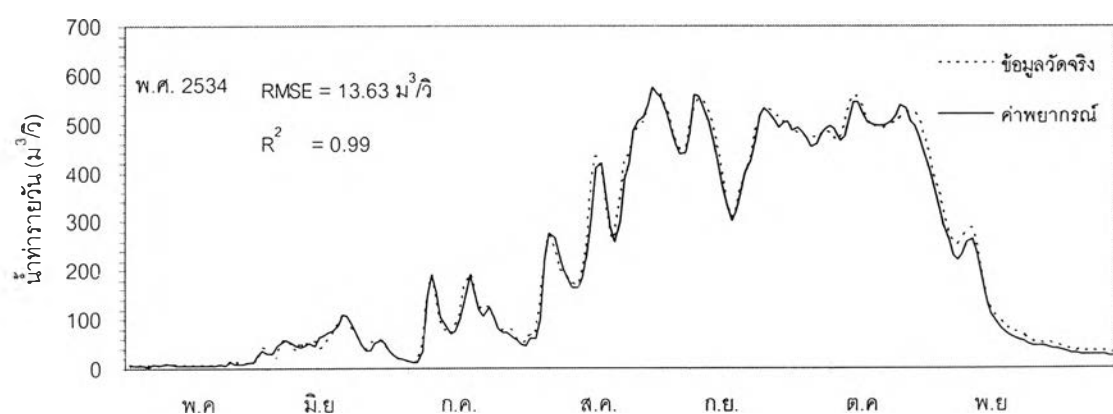
รูปที่ 6-27 ซลภาพน้ำท่าระหว่างข้อมูลจริงกับผลการพยากรณ์ในฤดูฝน ณ สถานี Kgt.3 ล่วงหน้า 1 วัน (ช่วงเรียนรู)



ก) BPNN



ข) GA+ANN



ค) GA+BPNN

รูปที่ 6-28 สภาพน้ำท่าระหว่างข้อมูลจริงกับผลการพยากรณ์ในฤดูฝน ณ สถานี Kgt.3
 ล่วงหน้า 1 วัน (ช่วงทดสอบ)

ตารางที่ 6- 24 ค่าสถิติความถูกต้องในฤดูฝนจากทั้งสามโปรแกรมในช่วงข้อมูลรับรองผล

สถานี	ช่วงเวลา วัน	โปรแกรม	ช่วงรับรองผล				
			EI %	RMSE m ³ /s	MAD m ³ /s	AARE %	R ²
150401	1	BPNN	87.53	4.85	3.11	61.96	0.88
		GA+ANN	89.10	4.84	3.09	61.91	0.89
		GA+BPNN	87.58	5.01	3.21	63.54	0.88
	2	BPNN	56.92	7.04	4.47	60.20	0.79
		GA+ANN	56.68	7.06	4.62	72.18	0.78
		GA+BPNN	57.69	6.98	4.42	53.08	0.79
Kgt.14	1	BPNN	43.84	2.31	1.20	275.29	0.44
		GA+ANN	54.11	1.98	1.06	285.47	0.54
		GA+BPNN	52.31	2.14	1.27	362.88	0.52
Kgt.15A	1	BPNN	63.35	4.96	2.85	68.32	0.63
		GA+ANN	62.53	5.04	2.94	70.06	0.63
		GA+BPNN	63.00	5.03	2.92	69.85	0.63
	2	BPNN	43.00	7.27	4.59	122.24	0.43
		GA+ANN	48.13	7.26	4.33	88.72	0.48
		GA+BPNN	46.58	7.56	4.52	101.66	0.47
Kgt.10	1	BPNN	87.92	14.67	8.10	48.37	0.89
		GA+ANN	87.69	14.82	7.88	44.55	0.89
		GA+BPNN	88.01	14.62	8.00	41.73	0.89
	2	BPNN	65.16	26.90	15.01	81.40	0.65
		GA+ANN	63.95	28.33	16.09	72.23	0.64
		GA+BPNN	63.78	27.29	15.61	72.24	0.64
	3	BPNN	42.02	36.33	20.45	102.51	0.42
		GA+ANN	40.04	38.26	21.87	100.19	0.40
		GA+BPNN	41.37	36.76	21.10	94.23	0.41

ตารางที่ 6- 24(ต่อ) ค่าสถิติความถูกต้องในฤดูฝนจากทั้งสามโปรแกรมในช่วงข้อมูลรับรองผล

สถานี	ช่วงเวลา วัน	แบบจำลอง	ช่วงรับรองผล				
			EI %	RMSE m ³ /s	MAD m ³ /s	AARE %	R ²
Kgt.12	1	BPNN	95.07	3.55	2.37	32.98	0.96
		GA+ANN	93.39	4.12	2.78	39.71	0.94
		GA+BPNN	91.56	4.65	3.11	44.86	0.93
	2	BPNN	83.12	7.57	5.03	66.44	0.83
		GA+ANN	81.13	8.20	4.83	56.10	0.81
		GA+BPNN	89.76	5.98	3.59	37.61	0.90
	3	BPNN	70.1	10.56	6.73	75.44	0.70
		GA+ANN	72.1	10.30	6.34	67.42	0.72
		GA+BPNN	74.8	10.02	6.27	71.02	0.75
	4	BPNN	68.94	11.30	7.17	83.16	0.69
		GA+ANN	69.00	11.31	6.92	82.89	0.69
		GA+BPNN	74.20	10.63	6.57	69.55	0.74
	5	BPNN	44.67	15.28	9.01	86.95	0.45
		GA+ANN	44.62	15.25	9.15	88.05	0.45
		GA+BPNN	45.34	15.17	8.74	80.94	0.45
	6	BPNN	35.94	16.60	9.76	88.38	0.36
		GA+ANN	35.52	16.74	10.38	99.91	0.36
		GA+BPNN	35.5	16.67	10.24	97.93	0.36
Kgt.3	1	BPNN	98.18	14.18	9.25	52.36	0.99
		GA+ANN	98.22	14.02	9.41	54.67	0.99
		GA+BPNN	97.87	15.35	9.81	41.74	0.99
	2	BPNN	96.03	20.95	14.79	102.10	0.96
		GA+ANN	95.84	21.44	15.27	106.15	0.96
		GA+BPNN	96.46	19.77	14.12	99.16	0.97
	3	BPNN	91.90	29.90	21.25	111.47	0.92
		GA+ANN	92.68	28.43	20.10	97.79	0.93
		GA+BPNN	91.96	29.80	21.35	101.93	0.92
	4	BPNN	84.11	41.86	29.08	137.57	0.85
		GA+ANN	82.64	43.76	29.34	106.69	0.83
		GA+BPNN	82.26	44.24	31.15	129.24	0.84
	5	BPNN	72.77	54.77	36.54	146.24	0.75
		GA+ANN	69.64	57.84	38.49	123.79	0.72
		GA+BPNN	70.54	56.98	38.34	134.48	0.73
	6	BPNN	63.88	66.58	45.48	184.45	0.64
		GA+ANN	62.86	68.38	46.57	149.33	0.63
		GA+BPNN	62.92	67.39	46.30	129.64	0.63
	7	BPNN	54.48	76.06	52.60	194.59	0.54
		GA+ANN	53.72	77.31	53.56	173.95	0.54
		GA+BPNN	53.34	76.55	54.20	204.76	0.53

6.5 ผลการพยากรณ์น้ำท่ารายวันในฤดูแล้ง

ผลการพยากรณ์น้ำท่ารายวันในฤดูแล้ง ทั้งหมด 32 กรณีจากทั้งสามโปรแกรม โดยเลือกใช้โครงสร้าง ขั้นตอนและพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของ ได้ศึกษาอิทธิพลของค่าสุ่มเริ่มต้นและค่าสถิติความถูกต้องของผลพยากรณ์ ในรูปแบบเดียวกับผลการพยากรณ์ในฤดูฝน ดังมีรายละเอียดดังนี้

6.5.1 อิทธิพลของค่าถ่วงน้ำหนักเริ่มต้น

จากผลการคำนวณหลายครั้งในแต่ละแบบจำลองเฉพาะโปรแกรม BPNN และ GA+ANN ได้แสดงผลการคำนวณในแต่ละครั้งในรูปของค่า RMSE ดังแสดงในตารางที่ 6-25 และ 6-26 พบว่า ทั้งสองโปรแกรมไม่มีการคำนวณครั้งใดที่ลู่ออก และการคำนวณแต่ละครั้งมีความแตกต่างกันน้อยมาก คือให้ค่า RMSE ที่ใกล้เคียงกันหรือเท่ากันในหลายครั้งของการคำนวณในแต่ละแบบจำลอง ซึ่งมีความแตกต่างกับในแบบจำลองฤดูฝน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก 2 เหตุผล ได้แก่ ขนาดของโครงข่ายที่มีขนาดเล็กเป็นส่วนใหญ่ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับผลการคำนวณในโครงข่ายขนาดเล็กจากผลการพยากรณ์ในฤดูฝน และข้อมูลน้ำท่าในฤดูแล้งมีความผันผวนน้อยกว่าข้อมูลน้ำท่าในฤดูฝนเนื่องจาก น้ำท่าส่วนใหญ่เกิดจากการไหลของน้ำใต้ดิน แสดงให้เห็นว่า ทั้งโปรแกรม BPNN และ GA+ANN มีความอ่อนไหวต่อค่าถ่วงน้ำหนักเริ่มต้นน้อย

6.5.2 ค่าถ่วงน้ำหนักสุดท้ายที่เหมาะสม

ค่าถ่วงน้ำหนักสุดท้ายจากผลการคำนวณหลายครั้ง พบว่าให้ผลที่เหมือนกับผลสรุปของค่าถ่วงน้ำหนักสุดท้ายที่ได้ในฤดูฝน คือ ค่าสุ่มเริ่มต้นที่แตกต่างกันจะให้ค่าถ่วงน้ำหนักสุดท้ายที่แตกต่างกันในแต่ละครั้งเป็นส่วนใหญ่ และในบางครั้งจะให้ชุดค่าถ่วงน้ำหนักสุดท้ายที่ใกล้เคียงกันและสลับตำแหน่งตำแหน่งกันได้ โดย BPNN จะให้ค่าถ่วงน้ำหนักสุดท้ายที่มีความใกล้เคียงในแต่ละครั้งมากกว่า GA+ANN ที่มีความแตกต่างกันจากแต่ละครั้งที่คำนวณ

ตารางที่ 6-25 ค่า RMSE จากการสุ่ม 10 ครั้งของโปรแกรม BPNN ในฤดูแล้ง

สถานี	ช่วงเวลา วัน	โครงสร้าง	RMSE - (m ³ /s)													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	
150401	1	1-2-1	0.216	0.216	0.219	0.216	0.217	0.217	0.216	0.219	0.220	0.216	0.216	0.220	0.217	
	2	1-2-1	0.270	0.269	0.269	0.269	0.268	0.268	0.268	0.268	0.268	0.268	0.268	0.270	0.268	
	3	1-2-1	0.299	0.296	0.300	0.301	0.299	0.300	0.301	0.301	0.301	0.297	0.296	0.301	0.299	
	4	1-2-1	0.317	0.316	0.316	0.316	0.315	0.316	0.316	0.316	0.316	0.314	0.315	0.314	0.317	0.316
	5	1-2-1	0.376	0.375	0.375	0.374	0.371	0.371	0.370	0.369	0.376	0.376	0.369	0.376	0.373	
	6	1-2-1	0.407	0.405	0.404	0.405	0.405	0.405	0.405	0.405	0.405	0.399	0.399	0.407	0.404	
	7	1-2-1	0.418	0.415	0.415	0.419	0.419	0.416	0.419	0.412	0.410	0.419	0.412	0.419	0.416	
Kgt.14	1	1-2-1	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.124	0.125	0.124	0.125	0.124	0.125	0.125	
	2	1-2-1	0.139	0.139	0.139	0.139	0.139	0.139	0.139	0.139	0.139	0.139	0.139	0.139	0.139	

ตารางที่ 6-25 (ต่อ) ค่า RMSE จากการสุ่ม 10 ครั้งของโปรแกรม BPNN ในฤดูแล้ง

สถานี	ช่วงเวลา วัน	โครงสร้าง	RMSE - (m ³ /s)												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย
Kgt.15A	1	1-2-1	0.296	0.297	0.300	0.294	0.301	0.291	0.300	0.292	0.300	0.299	0.291	0.301	0.295
	2	1-2-1	0.394	0.391	0.390	0.392	0.390	0.396	0.389	0.392	0.399	0.400	0.389	0.400	0.393
	3	1-2-1	0.444	0.445	0.446	0.444	0.445	0.446	0.445	0.445	0.445	0.444	0.444	0.446	0.445
	4	1-2-1	0.462	0.462	0.463	0.463	0.462	0.463	0.462	0.463	0.462	0.462	0.462	0.463	0.463
	5	1-2-1	0.474	0.474	0.473	0.474	0.474	0.473	0.474	0.474	0.474	0.474	0.473	0.473	0.474
	6	1-2-1	0.483	0.483	0.483	0.483	0.483	0.483	0.483	0.483	0.484	0.484	0.483	0.483	0.484
Kgt.10	1	5-3-2-1	0.756	0.759	0.752	0.758	0.763	0.756	0.760	0.753	0.758	0.755	0.752	0.763	0.756
	2	4-4-1	1.008	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.002	1.002	1.002	1.001	1.001	1.008	1.002
	3	3-3-1	1.150	1.151	1.150	1.150	1.151	1.151	1.151	1.150	1.151	1.150	1.150	1.151	1.150

ตารางที่ 6-25 (ต่อ) ค่า RMSE จากการสุ่ม 10 ครั้งของโปรแกรม BPNN ในฤดูแล้ง

สถานี	ช่วงเวลา วัน	โครงสร้าง	RMSE - (m ³ /s)													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	
Kgt.12	1	1-2-1	0.348	0.348	0.348	0.349	0.348	0.348	0.348	0.348	0.348	0.348	0.348	0.348	0.349	0.348
	2	1-2-1	0.523	0.523	0.523	0.523	0.524	0.526	0.523	0.531	0.529	0.523	0.523	0.531	0.526	
	3	1-2-1	0.592	0.592	0.593	0.593	0.592	0.592	0.594	0.592	0.596	0.598	0.592	0.598	0.593	
	4	1-2-1	0.632	0.631	0.633	0.632	0.631	0.634	0.632	0.633	0.631	0.633	0.631	0.634	0.632	
	5	1-2-1	0.661	0.663	0.664	0.661	0.661	0.664	0.665	0.661	0.665	0.661	0.661	0.665	0.663	
	6	1-2-1	0.697	0.698	0.695	0.696	0.695	0.695	0.695	0.695	0.694	0.698	0.695	0.694	0.698	0.696
	7	1-2-1	0.736	0.735	0.733	0.734	0.733	0.736	0.734	0.736	0.736	0.736	0.736	0.733	0.736	0.735
Kgt.3	1	7-4-3-1	1.304	1.310	1.313	1.320	1.341	1.340	1.304	1.316	1.301	1.312	1.301	1.341	1.316	
	2	7-4-3-1	1.907	1.909	1.843	1.887	1.904	1.844	1.826	1.851	1.832	1.825	1.826	1.909	1.861	
	3	7-4-3-1	2.166	2.177	2.157	2.166	2.209	2.164	7.662	2.190	2.200	2.211	2.157	7.662	2.174	
	4	6-3-3-1	2.554	2.571	2.575	2.573	2.570	2.574	2.550	2.537	2.568	2.571	2.537	2.575	2.563	
	5	5-3-2-1	2.799	2.808	2.803	2.811	2.809	2.802	2.805	2.806	2.805	2.807	2.799	2.811	2.804	
	6	5-3-2-1	2.965	2.972	2.975	2.967	2.972	2.965	2.963	2.966	2.968	2.972	2.963	2.975	2.968	
	7	5-3-2-1	3.128	3.130	3.122	3.125	3.134	3.118	3.103	3.129	3.116	3.122	3.103	3.134	3.123	

ตารางที่ 6-26 ค่า RMSE จากการสุ่ม 10 ครั้งของโปรแกรม GA+ANN ในฤดูแล้ง

สถานี	ช่วงเวลา วัน	โครงสร้าง	RMSE - (m ³ /s)													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	
150401	1	1-2-1	0.219	0.218	0.218	0.216	0.215	0.216	0.215	0.215	0.215	0.215	0.215	0.219	0.217	
	2	1-2-1	0.265	0.268	0.267	0.268	0.265	0.265	0.267	0.266	0.264	0.265	0.264	0.268	0.266	
	3	1-2-1	0.294	0.293	0.292	0.294	0.292	0.292	0.292	0.292	0.292	0.292	0.284	0.292	0.293	
	4	1-2-1	0.299	0.299	0.303	0.299	0.302	0.299	0.299	0.299	0.299	0.299	0.300	0.299	0.303	0.300
	5	1-2-1	0.360	0.359	0.360	0.359	0.358	0.359	0.359	0.358	0.360	0.359	0.358	0.360	0.359	
	6	1-2-1	0.391	0.391	0.391	0.391	0.392	0.391	0.391	0.391	0.391	0.390	0.389	0.389	0.392	0.391
	7	1-2-1	0.405	0.403	0.403	0.404	0.403	0.403	0.403	0.403	0.403	0.403	0.403	0.403	0.405	0.403
Kgt.14	1	1-2-1	0.124	0.124	0.125	0.123	0.124	0.123	0.123	0.123	0.124	0.123	0.123	0.125	0.124	
	2	1-2-1	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	

ตารางที่ 6-26 (ต่อ) ค่า RMSE จากการสุ่ม 10 ครั้งของโปรแกรม GA+ANN ในฤดูแล้ง

สถานี	ช่วงเวลา วัน	โครงสร้าง	RMSE - (m ³ /s)												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย
Kgt.15A	1	1-2-1	0.296	0.293	0.293	0.292	0.294	0.292	0.292	0.290	0.282	0.291	0.282	0.296	0.292
	2	1-2-1	0.383	0.385	0.382	0.379	0.379	0.379	0.379	0.378	0.378	0.378	0.378	0.378	0.380
	3	1-2-1	0.440	0.434	0.435	0.436	0.436	0.436	0.433	0.432	0.433	0.434	0.432	0.440	0.435
	4	1-2-1	0.465	0.467	0.466	0.466	0.466	0.466	0.466	0.466	0.466	0.464	0.466	0.464	0.466
	5	1-2-1	0.471	0.470	0.470	0.472	0.472	0.472	0.471	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470	0.471
	6	1-2-1	0.481	0.481	0.480	0.481	0.481	0.481	0.481	0.481	0.481	0.481	0.481	0.480	0.481
Kgt.10	1	5-3-2-1	0.755	0.764	0.758	0.763	0.763	0.767	0.755	0.748	0.762	0.765	0.748	0.767	0.759
	2	4-4-1	0.998	0.975	0.998	0.976	0.978	0.998	0.983	0.978	0.975	0.971	0.975	0.998	0.984
	3	3-3-1	1.128	1.129	1.130	1.129	1.129	1.129	1.128	1.129	1.130	1.129	1.128	1.130	1.129

ตารางที่ 6-26 (ต่อ) ค่า RMSE จากการสุ่ม 10 ครั้งของโปรแกรม GA+ANN ในฤดูแล้ง

สถานี	ช่วงเวลา วัน	โครงสร้าง	RMSE - (m ³ /s)													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	
Kgt.12	1	1-2-1	0.355	0.350	0.349	0.349	0.350	0.349	0.349	0.349	0.349	0.349	0.351	0.349	0.355	0.350
	2	1-2-1	0.525	0.523	0.524	0.524	0.523	0.523	0.523	0.523	0.523	0.523	0.523	0.523	0.525	0.524
	3	1-2-1	0.591	0.591	0.591	0.593	0.591	0.593	0.591	0.591	0.591	0.591	0.591	0.591	0.593	0.592
	4	1-2-1	0.630	0.630	0.631	0.630	0.630	0.630	0.630	0.630	0.630	0.630	0.630	0.630	0.631	0.630
	5	1-2-1	0.660	0.660	0.659	0.659	0.659	0.660	0.659	0.659	0.659	0.659	0.660	0.659	0.660	0.660
	6	1-2-1	0.694	0.693	0.693	0.695	0.693	0.693	0.693	0.693	0.693	0.693	0.693	0.693	0.695	0.694
	7	1-2-1	0.732	0.732	0.732	0.732	0.732	0.733	0.732	0.732	0.732	0.732	0.732	0.732	0.733	0.732
Kgt.3	1	7-4-3-1	1.460	1.350	1.399	1.368	1.398	1.396	1.407	1.356	1.390	1.410	1.350	1.460	1.395	
	2	7-4-3-1	1.978	1.987	1.938	2.020	1.869	2.012	2.032	1.974	1.884	1.913	1.869	2.032	1.968	
	3	7-4-3-1	2.264	2.268	2.263	2.158	2.274	2.252	2.274	2.260	2.200	2.229	2.158	2.274	2.233	
	4	6-3-3-1	2.511	2.523	2.518	2.508	2.523	2.534	2.512	2.507	2.509	2.526	2.507	2.534	2.514	
	5	5-3-2-1	2.813	2.787	2.787	2.756	2.825	2.775	2.794	2.807	2.779	2.781	2.756	2.825	2.786	
	6	5-3-2-1	2.952	2.966	2.956	2.980	2.962	2.959	2.960	2.964	2.955	2.949	2.952	2.980	2.961	
	7	5-3-2-1	3.176	3.166	3.159	3.123	3.144	3.153	3.136	3.086	3.104	3.162	3.086	3.176	3.134	

6.5.3 ค่าสถิติความถูกต้องของผลการพยากรณ์

จากตารางที่ 6-27 ได้แสดงการเปรียบเทียบค่าสถิติความถูกต้องของผลการพยากรณ์จากแต่ละโปรแกรมในแต่ละแบบจำลอง พบว่า ค่า AARE จะแสดงให้เห็นความแตกต่างของผลการคำนวณจากแต่ละโปรแกรมได้ชัดเจนและสามารถใช้เปรียบเทียบได้ดี สรุปได้ดังนี้

(1) เมื่อพิจารณาค่า AARE ในแต่ละแบบจำลองจะเห็นว่า ค่า AARE จะมีค่าน้อยกว่าในฤดูฝนที่ข้อมูลน้ำท่าในฤดูแล้งมีค่าน้อยก็ตาม แสดงให้เห็นว่า ความคลาดเคลื่อนของผลการพยากรณ์น้ำท่าในช่วงน้ำน้อย (low flow) มีความใกล้เคียงกับข้อมูลจริงมากกว่า การพยากรณ์น้ำท่าในช่วงน้ำน้อยในฤดูฝน ดังนั้นการพิจารณาแยกแบบจำลองออกเป็นฤดูฝนและฤดูแล้งมีประโยชน์ช่วยให้การพยากรณ์มีความถูกต้องมากขึ้น

(2) จากการวิเคราะห์ค่าสถิติความถูกต้อง 5 แบบ พบว่า ผลการพยากรณ์น้ำท่าล่วงหน้าในฤดูแล้งทั้งสามโปรแกรมให้ค่าสถิติความถูกต้องทั้ง 5 แบบที่ใกล้เคียงกันหรือแตกต่างกันน้อยมาก โดยที่โปรแกรม GA+ANN เป็นโปรแกรมที่มีความถูกต้องมากที่สุด ยกเว้น สถานี Kgt.3 ที่แบบจำลอง GA+BPNN ให้ผลการพยากรณ์ที่ดีที่สุด

6.5.4 ชลภาพน้ำท่ารายวัน

สำหรับการวิเคราะห์ชลภาพน้ำท่าในฤดูแล้งได้ทำการเปรียบเทียบชลภาพน้ำท่าระหว่างข้อมูลจริงกับผลการพยากรณ์ต่างๆ พบว่า โปรแกรมทั้งสามให้ผลการพยากรณ์ที่ใกล้เคียงกันกับข้อมูลจริงทั้งในช่วงการเรียนรู้และทดสอบ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 6-29 ถึง 6-40

6.5.5 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง ANN

นำแบบจำลอง ANN มาทดสอบกับข้อมูลที่เตรียมไว้สำหรับรับรองผลแบบจำลองด้วยโปรแกรมทั้งสาม คือ ข้อมูลในปี พ.ศ. 2541 และได้แสดงผลการทดสอบดังตารางที่ 6-28 ซึ่งจะเห็นได้ว่า ผลการทดสอบทั้งสามโปรแกรมให้ค่าสถิติความถูกต้องทั้ง 5 แบบที่ใกล้เคียงกันเช่นเดียวกับผลการเรียนรู้และทดสอบ

ตารางที่ 6-27 ค่าสถิติความถูกต้องของผลการคำนวณในฤดูแล้งจากโปรแกรมทั้งสาม

สถานี	ช่วงเวลา	โปรแกรม	ช่วงเรียนรู้					ช่วงทดสอบ				
			EI %	RMSE m ³ /s	MAD m ³ /s	AARE %	R ²	EI %	RMSE m ³ /s	MAD m ³ /s	AARE %	R ²
150401	1	BPNN	96.36	0.216	0.060	8.86	0.96	98.76	0.090	0.050	18.93	0.99
		GA+ANN	96.38	0.215	0.060	6.68	0.96	98.77	0.090	0.050	10.52	0.99
		GA+BPNN	96.38	0.215	0.057	7.21	0.96	98.80	0.092	0.048	12.91	0.99
	2	BPNN	93.92	0.268	0.090	15.12	0.94	96.81	0.141	0.090	34.46	0.97
		GA+ANN	94.06	0.265	0.080	11.61	0.94	96.99	0.137	0.080	21.29	0.97
		GA+BPNN	94.05	0.265	0.084	11.31	0.94	96.93	0.139	0.077	20.12	0.97
	3	BPNN	91.97	0.296	0.110	18.72	0.92	94.61	0.173	0.110	42.00	0.95
		GA+ANN	92.22	0.292	0.110	15.53	0.92	94.73	0.171	0.100	30.25	0.95
		GA+BPNN	92.37	0.289	0.110	17.93	0.92	95.16	0.164	0.110	40.41	0.95
	4	BPNN	90.24	0.314	0.130	23.36	0.90	91.99	0.200	0.130	54.67	0.93
		GA+ANN	91.2	0.299	0.120	18.21	0.91	93.24	0.184	0.110	34.58	0.94
		GA+BPNN	90.92	0.303	0.122	19.15	0.90	93.12	0.185	0.120	40.15	0.94
	5	BPNN	85.96	0.369	0.140	24.68	0.86	89.89	0.213	0.140	56.76	0.92
		GA+ANN	86.67	0.364	0.140	21.05	0.87	90.73	0.204	0.130	39.28	0.92
		GA+BPNN	86.51	0.360	0.140	22.64	0.87	90.91	0.200	0.130	49.64	0.92
	6	BPNN	82.64	0.399	0.160	27.44	0.83	87.26	0.230	0.160	64.22	0.90
		GA+ANN	83.27	0.392	0.150	23.87	0.83	88.26	0.220	0.140	46.75	0.90
		GA+BPNN	83.19	0.393	0.150	25.51	0.83	88.37	0.220	0.150	57.62	0.90
	7	BPNN	80.49	0.410	0.160	29.10	0.80	85.66	0.234	0.160	68.10	0.88
		GA+ANN	81.21	0.403	0.160	26.39	0.81	86.83	0.225	0.150	54.56	0.89
		GA+BPNN	80.95	0.405	0.160	27.86	0.81	86.59	0.226	0.160	63.89	0.89
Kgt.14	1	BPNN	83.65	0.125	0.030	13.88	0.84	81.48	0.068	0.020	18.45	0.82
		GA+ANN	83.66	0.125	0.030	14.08	0.84	81.48	0.070	0.020	18.51	0.80
		GA+BPNN	84.15	0.123	0.030	14.78	0.84	81.37	0.068	0.020	18.91	0.81
	2	BPNN	78.37	0.139	0.050	22.96	0.78	67.86	0.090	0.040	23.56	0.69
		GA+ANN	78.89	0.140	0.050	22.92	0.79	67.78	0.090	0.040	23.80	0.69
		GA+BPNN	79.09	0.137	0.047	24.07	0.79	67.35	0.060	0.032	25.22	0.69

ตารางที่ 6-27 (ต่อ) ค่าสถิติความถูกต้องของผลการคำนวณในฤดูแล้งจากโปรแกรมทั้งสาม

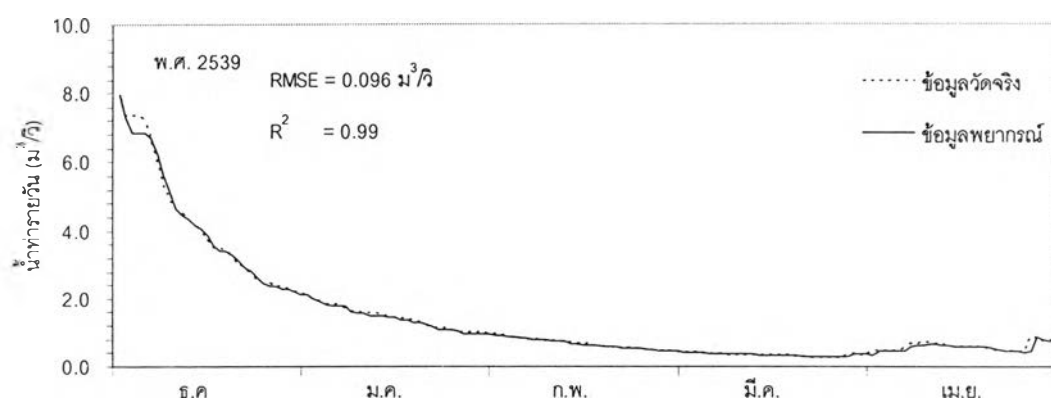
สถานี	ช่วงเวลา	โปรแกรม	ช่วงทดสอบ					ช่วงทดสอบ				
			EI %	RMSE m3/s	MAD m3/s	AARE %	R ²	EI %	RMSE m3/s	MAD m3/s	AARE %	R ²
Kgt.15A	1	BPNN	92.65	0.291	0.070	18.56	0.93	88.75	0.114	0.040	19.76	0.89
		GA+ANN	92.37	0.296	0.070	13.50	0.92	89.05	0.113	0.040	12.15	0.89
		GA+BPNN	92.71	0.289	0.070	16.78	0.92	88.66	0.115	0.035	17.43	0.89
	2	BPNN	85.91	0.389	0.100	27.19	0.86	80.88	0.145	0.050	29.55	0.81
		GA+ANN	86.33	0.383	0.100	23.80	0.86	81.12	0.144	0.050	23.81	0.81
		GA+BPNN	86.08	0.386	0.100	28.18	0.86	80.58	0.146	0.050	31.46	0.80
	3	BPNN	80.39	0.444	0.120	35.62	0.80	77.63	0.153	0.060	42.79	0.78
		GA+ANN	81.23	0.434	0.120	33.23	0.80	77.77	0.153	0.060	38.60	0.78
		GA+BPNN	80.63	0.441	0.125	36.68	0.81	77.11	0.155	0.062	45.16	0.77
	4	BPNN	76.12	0.474	0.140	43.97	0.76	78.88	0.145	0.070	56.46	0.79
		GA+ANN	77.02	0.465	0.130	35.02	0.77	79.01	0.143	0.060	36.00	0.80
		GA+BPNN	76.19	0.473	0.141	43.56	0.76	78.77	0.146	0.067	56.15	0.77
	5	BPNN	73.57	0.480	0.160	53.92	0.74	73.05	0.167	0.080	72.03	0.74
		GA+ANN	73.90	0.470	0.144	40.71	0.74	75.00	0.165	0.070	42.61	0.75
		GA+BPNN	73.58	0.483	0.152	48.76	0.73	73.69	0.166	0.070	65.73	0.74
	6	BPNN	72.92	0.483	0.170	62.93	0.73	65.14	0.179	0.100	92.50	0.66
		GA+ANN	73.29	0.480	0.150	41.67	0.73	68.61	0.170	0.080	43.55	0.69
		GA+BPNN	73.37	0.489	0.151	50.26	0.73	68.25	0.170	0.077	64.42	0.68
Kgt.10	1	BPNN	84.47	0.758	0.250	17.70	0.84	88.12	0.447	0.190	12.56	0.88
		GA+ANN	84.13	0.766	0.250	16.76	0.84	88.42	0.440	0.190	12.10	0.89
		GA+BPNN	85.17	0.740	0.255	20.94	0.84	86.40	0.478	0.200	17.41	0.86
	2	BPNN	72.28	1.000	0.380	31.59	0.72	75.18	0.621	0.300	22.26	0.77
		GA+ANN	72.45	1.000	0.380	31.09	0.72	75.08	0.620	0.300	21.52	0.77
		GA+BPNN	73.82	0.973	0.385	32.73	0.74	69.64	0.687	0.324	24.94	0.74
	3	BPNN	62.47	1.150	0.460	41.63	0.62	71.16	0.645	0.350	28.73	0.74
		GA+ANN	63.79	1.130	0.460	42.89	0.64	67.48	0.680	0.360	29.00	0.72
		GA+BPNN	64.25	1.120	0.454	45.43	0.64	66.25	0.700	0.367	32.40	0.72

ตารางที่ 6-27 (ต่อ) ค่าสถิติความถูกต้องของผลการคำนวณในฤดูแล้งจากโปรแกรมทั้งสาม

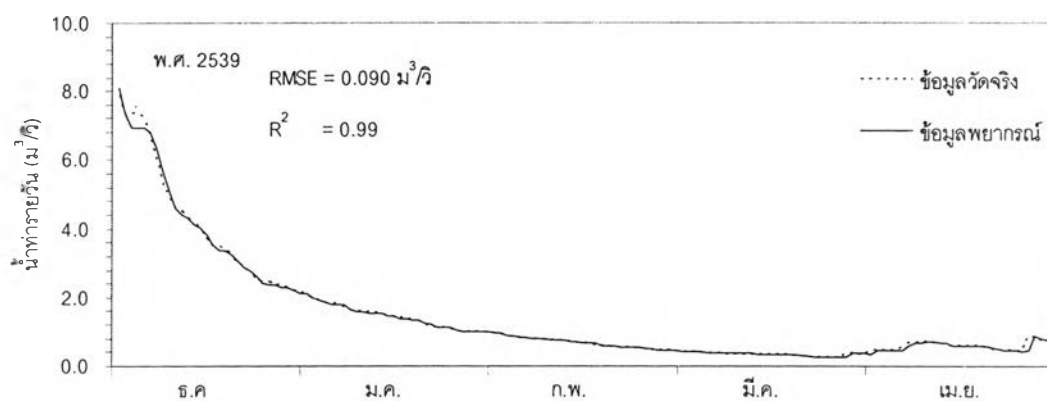
สถานี	ช่วงเวลา	โปรแกรม	ช่วงเรียนรู้					ช่วงทดสอบ				
			EI %	RMSE m ³ /s	MAD m ³ /s	AARE %	R ²	EI %	RMSE m ³ /s	MAD m ³ /s	AARE %	R ²
Kgt.12	1	BPNN	96.12	0.348	0.100	16.19	0.96	98.57	0.126	0.060	19.77	0.99
		GA+ANN	96.20	0.350	0.100	14.25	0.96	98.57	0.130	0.060	15.88	0.99
		GA+BPNN	96.22	0.348	0.103	14.98	0.96	98.57	0.126	0.060	17.45	0.99
	2	BPNN	90.87	0.523	0.170	30.40	0.91	96.71	0.180	0.100	38.45	0.97
		GA+ANN	90.87	0.523	0.170	27.30	0.91	96.71	0.180	0.100	32.70	0.97
		GA+BPNN	90.89	0.523	0.172	28.44	0.91	96.71	0.182	0.103	34.93	0.97
	3	BPNN	87.35	0.598	0.220	36.85	0.88	94.42	0.226	0.130	45.59	0.95
		GA+ANN	87.63	0.590	0.220	37.95	0.88	94.96	0.220	0.130	47.36	0.95
		GA+BPNN	87.64	0.591	0.216	39.18	0.88	94.98	0.215	0.130	49.84	0.96
	4	BPNN	85.13	0.631	0.250	55.37	0.85	92.97	0.241	0.160	74.32	0.94
		GA+ANN	85.20	0.630	0.250	47.64	0.85	93.10	0.240	0.150	60.63	0.94
		GA+BPNN	85.19	0.630	0.250	48.07	0.85	93.10	0.239	0.152	61.29	0.94
	5	BPNN	82.84	0.661	0.280	61.17	0.83	91.00	0.258	0.170	80.37	0.93
		GA+ANN	82.89	0.660	0.280	54.51	0.80	91.00	0.260	0.170	68.16	0.93
		GA+BPNN	82.91	0.659	0.277	55.50	0.83	91.09	0.256	0.169	69.80	0.92
	6	BPNN	80.12	0.695	0.310	70.93	0.80	88.28	0.277	0.190	93.25	0.91
		GA+ANN	80.14	0.690	0.300	61.21	0.80	88.26	0.280	0.190	75.23	0.91
		GA+BPNN	80.20	0.693	0.303	63.33	0.80	88.46	0.275	0.189	79.31	0.91
	7	BPNN	76.94	0.733	0.330	79.83	0.77	85.41	0.288	0.210	106.31	0.90
		GA+ANN	76.99	0.732	0.330	69.94	0.77	85.44	0.287	0.200	88.13	0.90
		GA+BPNN	77.04	0.731	0.328	75.52	0.76	85.43	0.288	0.206	98.51	0.90

ตารางที่ 6-27 (ต่อ) ค่าสถิติความถูกต้องของผลการคำนวณในฤดูแล้งจากโปรแกรมทั้งสาม

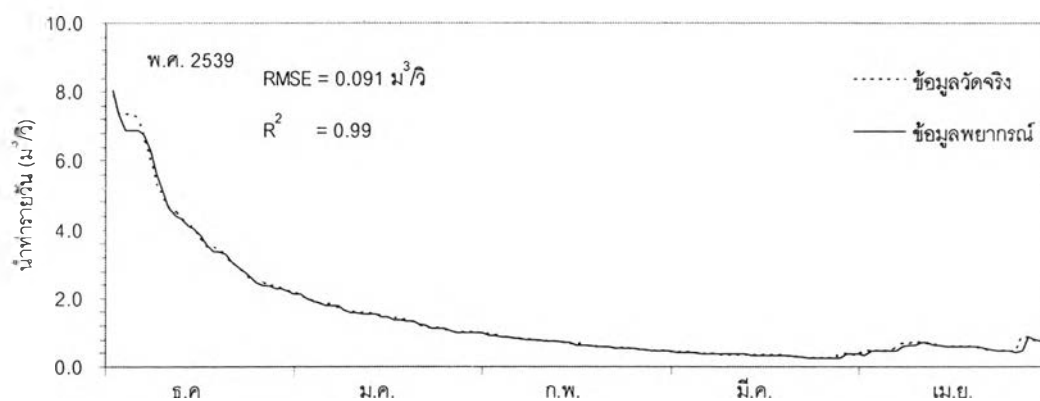
สถานี	ช่วงเวลา	โปรแกรม	ช่วงเรียนรู้					ช่วงทดสอบ				
			EI	RMSE	MAD	AARE	R ²	EI	RMSE	MAD	AARE	R ²
			%	m ³ /s	m ³ /s	%		%	m ³ /s	m ³ /s	%	
Kgl.3	1	BPNN	97.42	1.304	0.460	12.53	0.97	98.19	0.921	0.360	5.91	0.98
		GA+ANN	97.22	1.350	0.476	14.51	0.97	98.21	0.910	0.390	7.22	0.98
		GA+BPNN	97.83	1.195	0.433	12.10	1.00	98.22	0.913	0.361	6.82	0.98
	2	BPNN	94.62	1.825	0.710	20.95	0.95	96.87	1.174	0.610	10.97	0.97
		GA+ANN	93.70	1.970	0.800	23.23	0.94	95.76	1.370	0.720	12.10	0.96
		GA+BPNN	95.02	1.759	0.674	19.33	0.94	96.61	1.223	0.658	12.91	0.96
	3	BPNN	92.01	2.166	0.900	26.13	0.92	95.10	1.416	0.780	15.67	0.96
		GA+ANN	92.07	2.160	0.920	28.25	0.91	94.08	1.550	0.830	15.00	0.94
		GA+BPNN	92.92	2.040	0.856	26.90	0.92	95.08	1.420	0.770	15.72	0.96
	4	BPNN	88.18	2.568	1.100	36.35	0.88	93.67	1.547	0.910	18.95	0.94
		GA+ANN	88.73	2.510	1.110	36.74	0.89	92.39	1.650	0.950	18.37	0.93
		GA+BPNN	90.77	2.269	1.000	32.50	0.89	94.12	1.442	0.885	18.63	0.94
	5	BPNN	85.16	2.807	1.220	41.59	0.85	92.37	1.642	0.990	20.73	0.93
		GA+ANN	85.44	2.780	1.250	42.24	0.85	91.88	1.690	1.020	21.00	0.93
		GA+BPNN	87.59	2.567	1.167	45.37	0.88	93.50	1.570	0.904	21.47	0.94
	6	BPNN	82.16	2.968	1.350	50.70	0.83	90.94	1.740	1.080	23.90	0.92
		GA+ANN	82.82	2.940	1.376	51.60	0.83	90.59	1.770	1.120	26.10	0.93
		GA+BPNN	84.68	2.785	1.265	47.74	0.85	92.35	1.598	1.018	26.28	0.92
	7	BPNN	79.81	3.134	1.460	60.10	0.80	89.32	1.839	1.120	25.39	0.91
		GA+ANN	79.45	2.160	1.470	59.31	0.79	89.19	1.850	1.130	26.74	0.91
		GA+BPNN	81.90	2.968	1.388	57.62	0.81	90.20	1.762	1.157	32.93	0.90



ก) BPNN

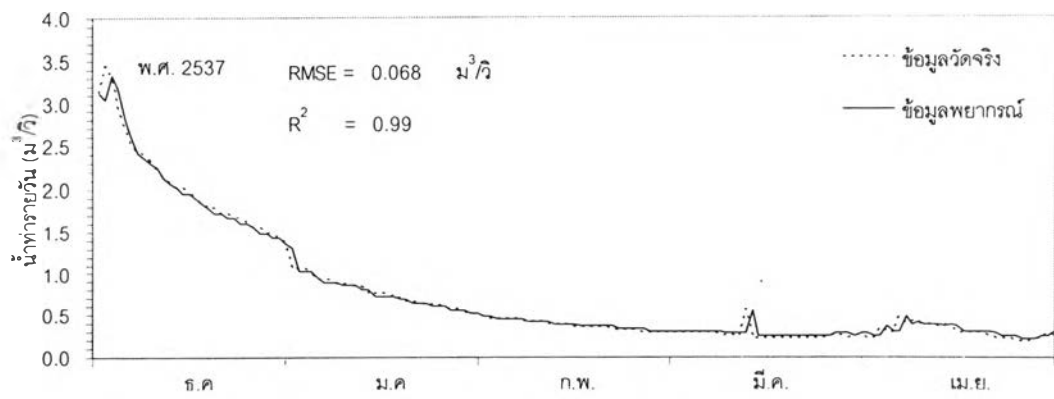


ค) GA+ANN

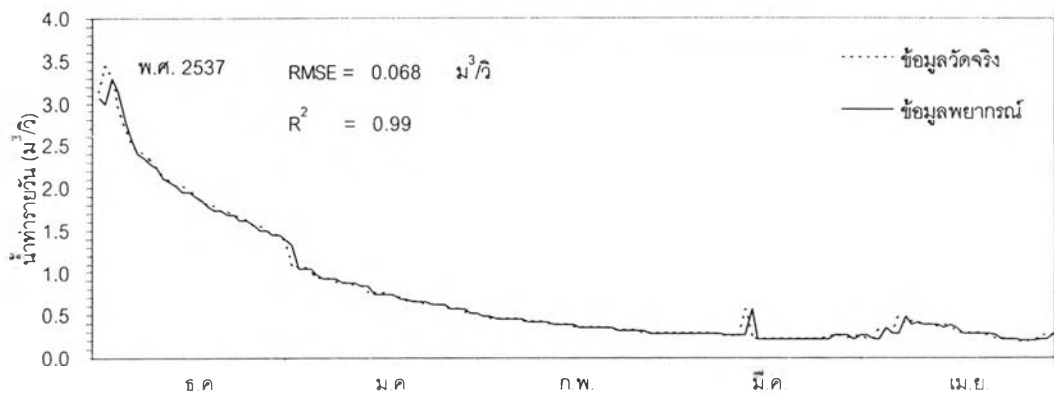


ง) GA+BPNN

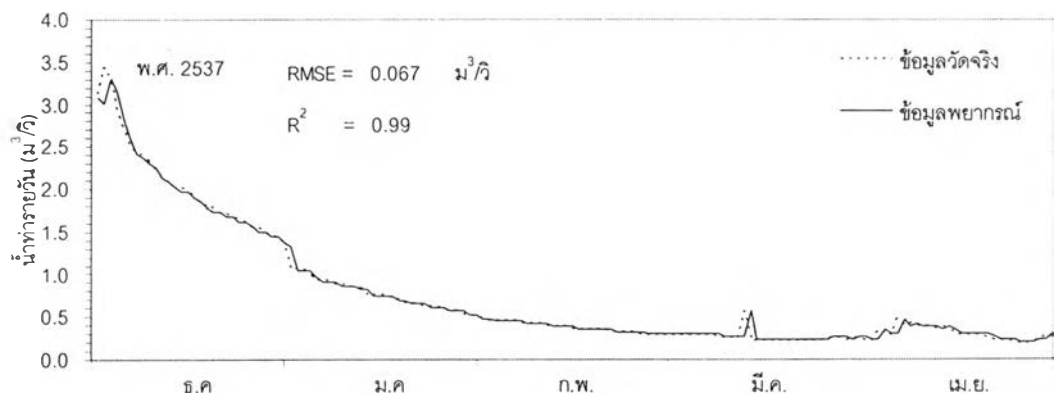
รูปที่ 6-29 ซลภาพน้ำท่าระหว่างข้อมูลจริงกับผลการพยากรณ์ในฤดูแล้ง ณ สถานี 150401
ล่วงหน้า 1 วัน (ช่วงเรียนรู้)



ก) BPNN

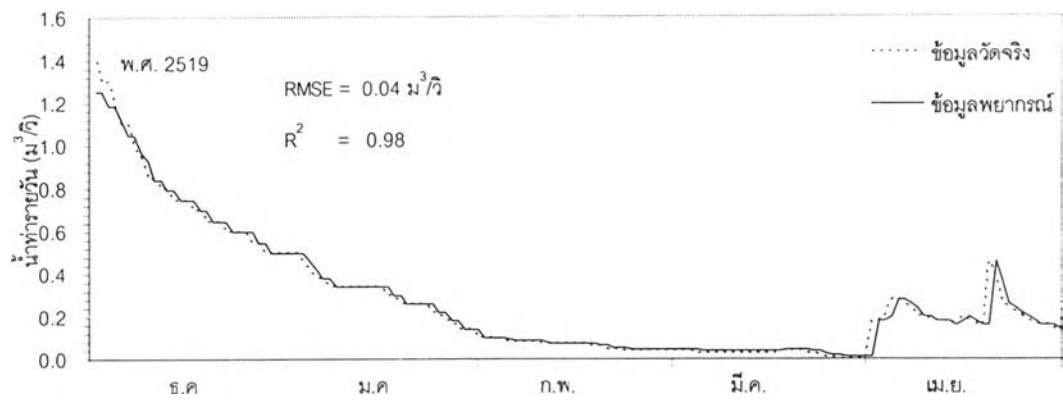


ข) GA+ANN

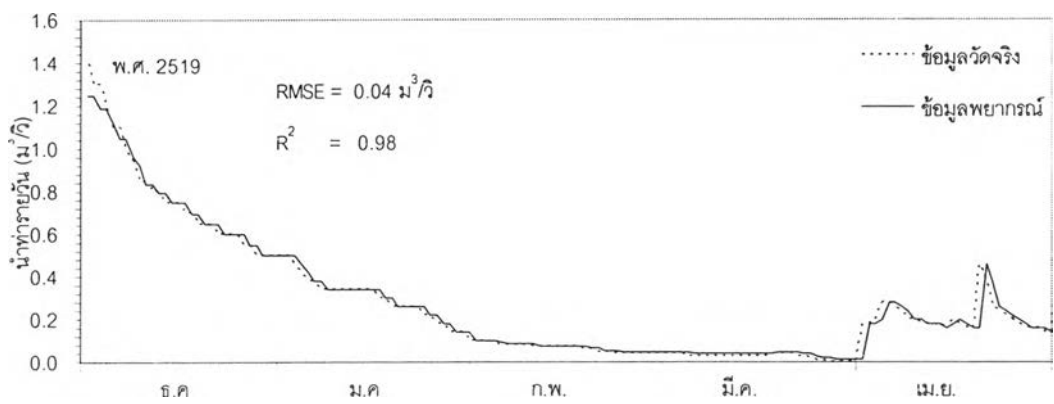


ค) GA+BPNN

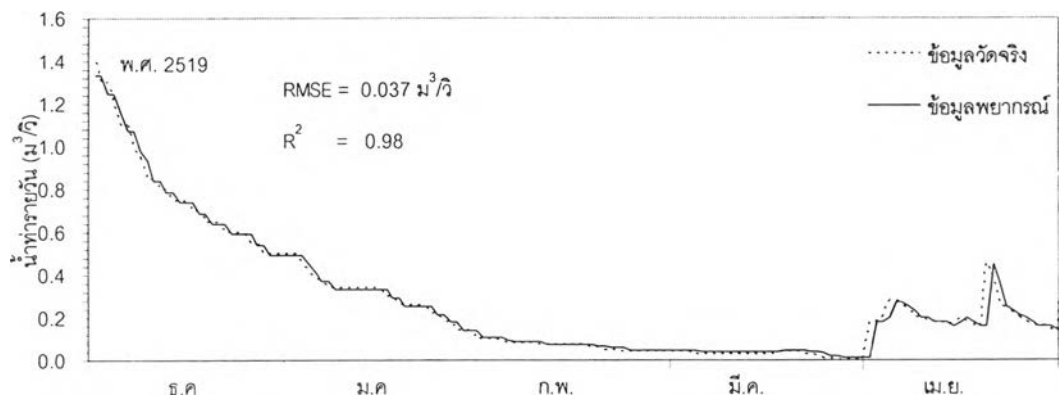
รูปที่ 6-30 ซลภาพน้ำท่าระหว่างข้อมูลจริงกับผลการพยากรณ์ในฤดูแล้ง ณ สถานี 150401
 ล่วงหน้า 1 วัน (ช่วงทดสอบ)



ก) BPNN

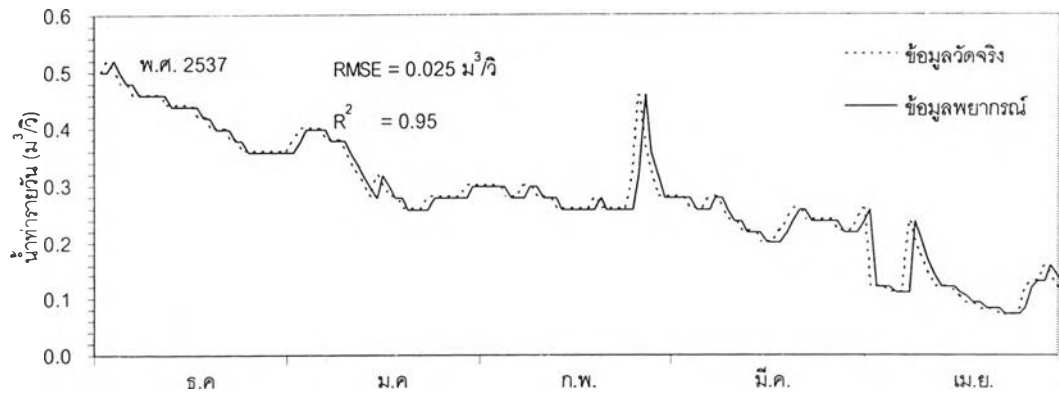


ข) GA+ANN

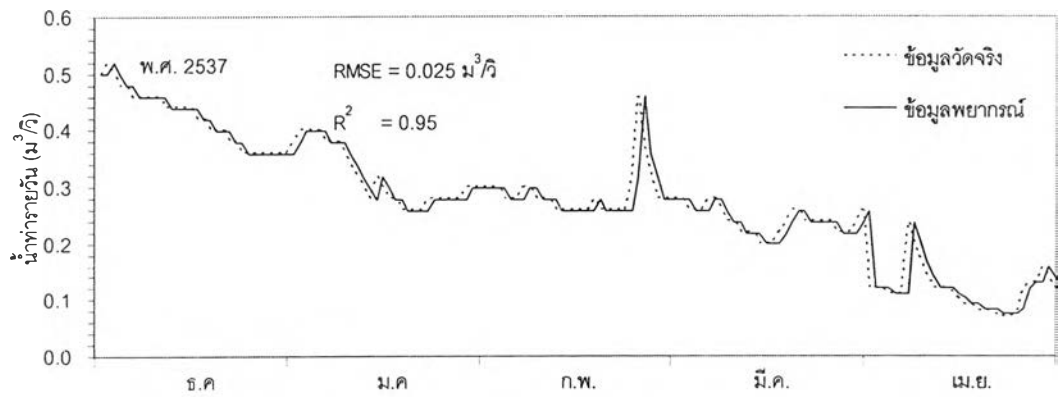


ค) GA+BPNN

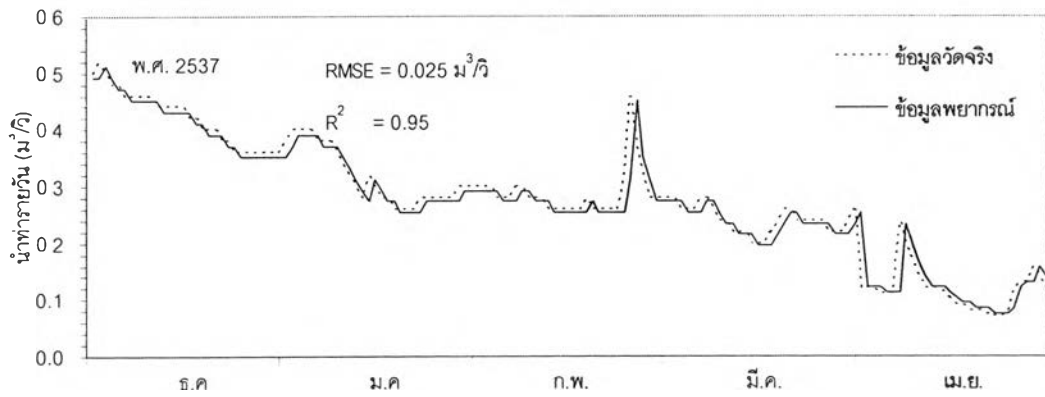
รูปที่ 6-31 ซลภาพน้ำท่าระหว่างข้อมูลจริงกับผลการพยากรณ์ในฤดูแล้ง ณ สถานี Kgt.14 ล่วงหน้า 1 วัน (ช่วงเรียนรู้)



ก) BPNN

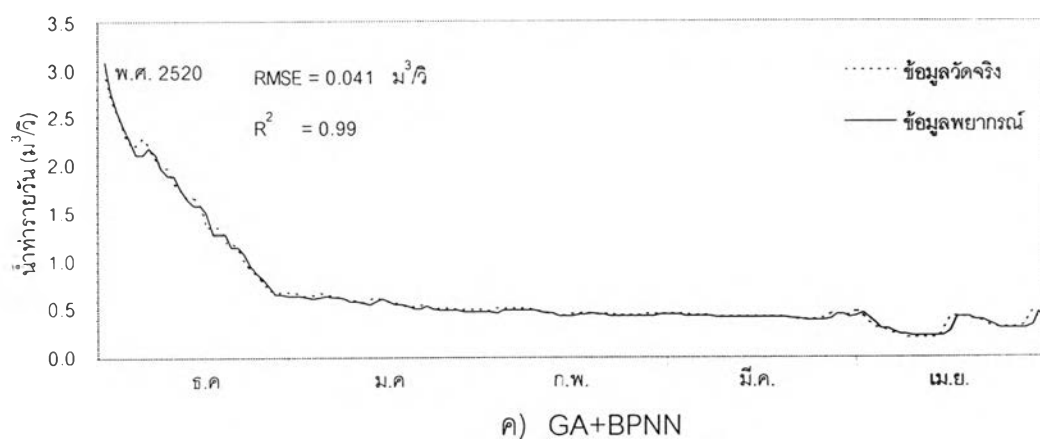
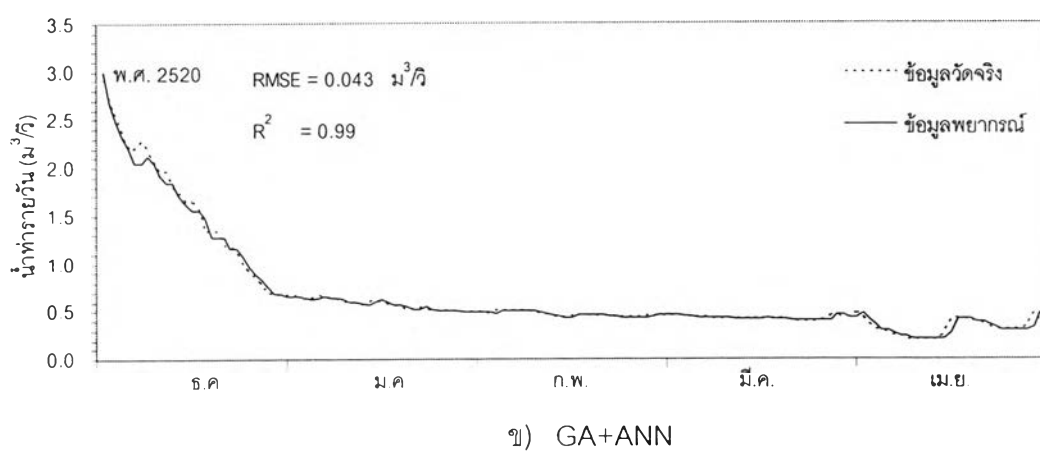
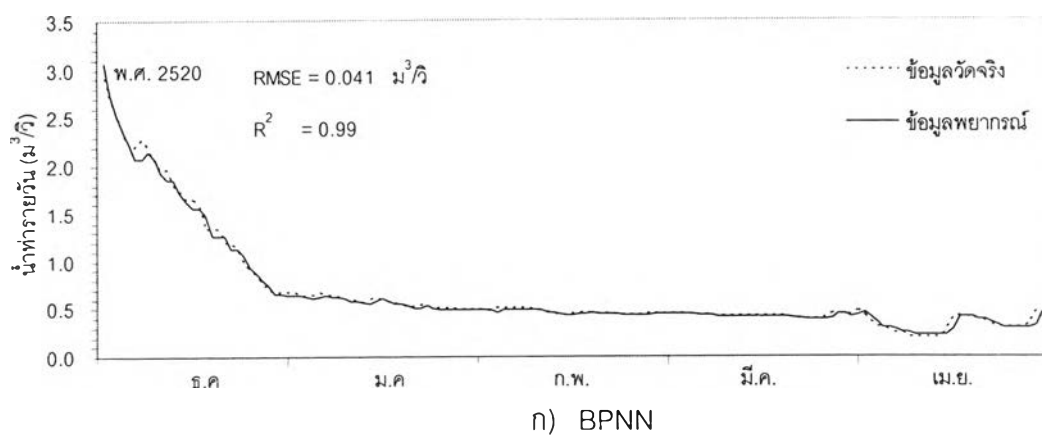


ข) GA+ANN

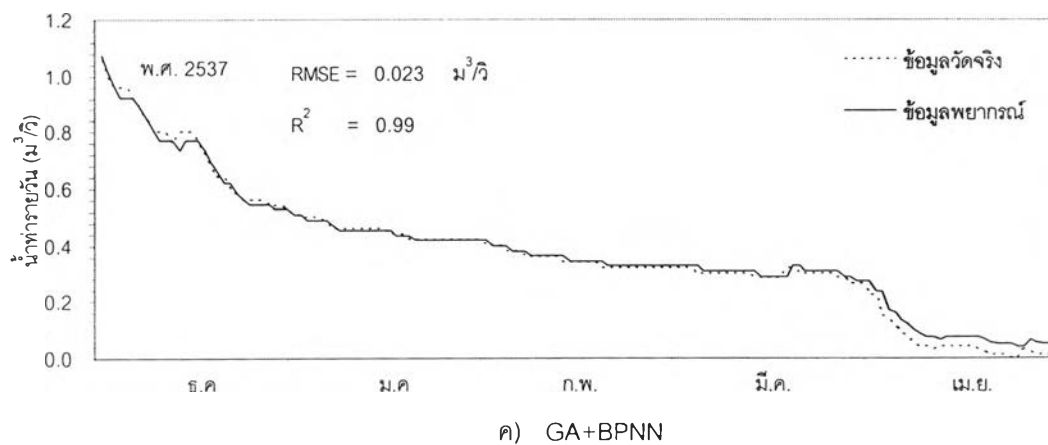
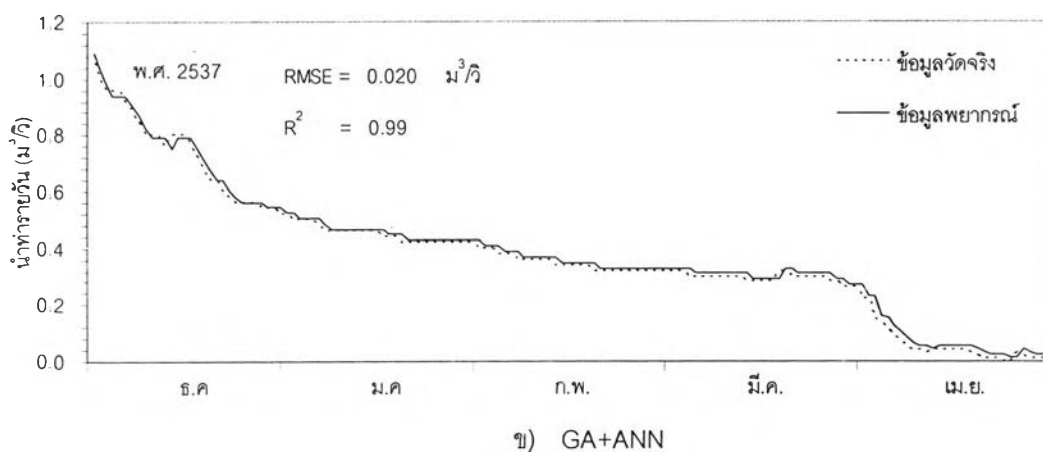
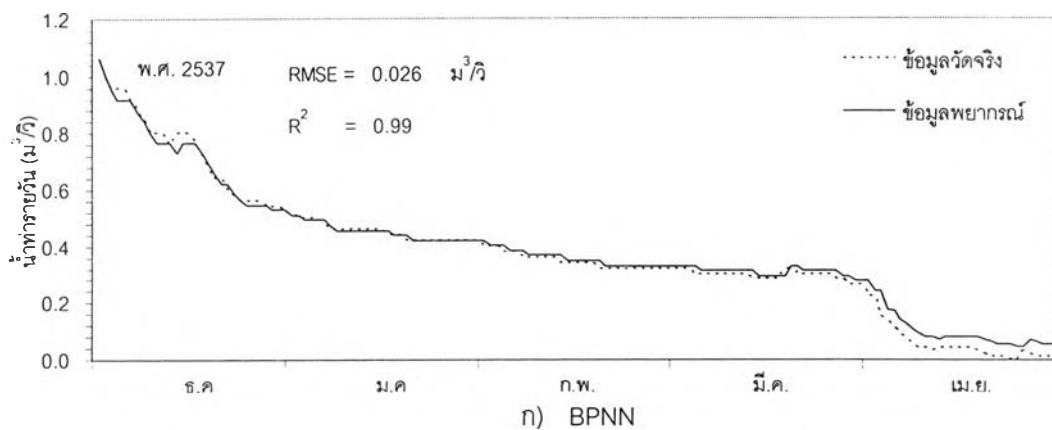


ค) GA+BPNN

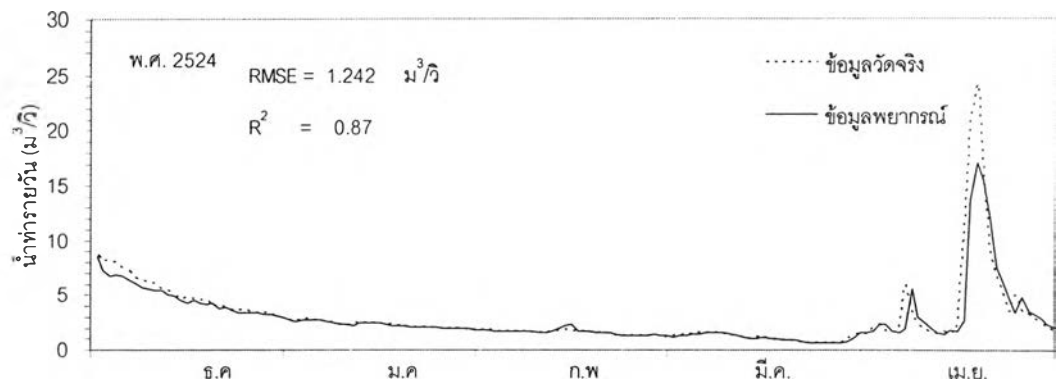
รูปที่ 6-32 ซลภาพน้ำท่าระหว่างข้อมูลจริงกับผลการพยากรณ์ในฤดูแล้ง ณ สถานี Kgt. 14 ล่วงหน้า 1 วัน (ช่วงทดสอบ)



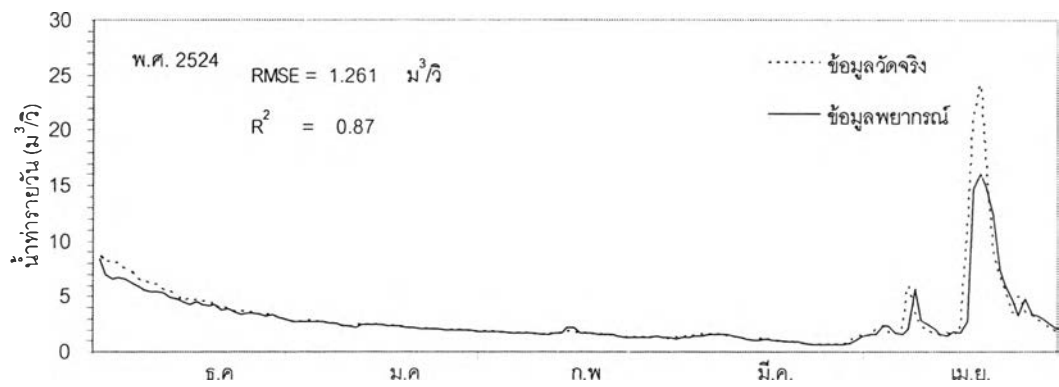
รูปที่ 6-33 ซลภาพน้ำท่าระหว่างข้อมูลจริงกับผลการพยากรณ์ในฤดูแล้ง ณ สถานี Kgt.15A
 ล่วงหน้า 1 วัน (ช่วงเรียนรู้)



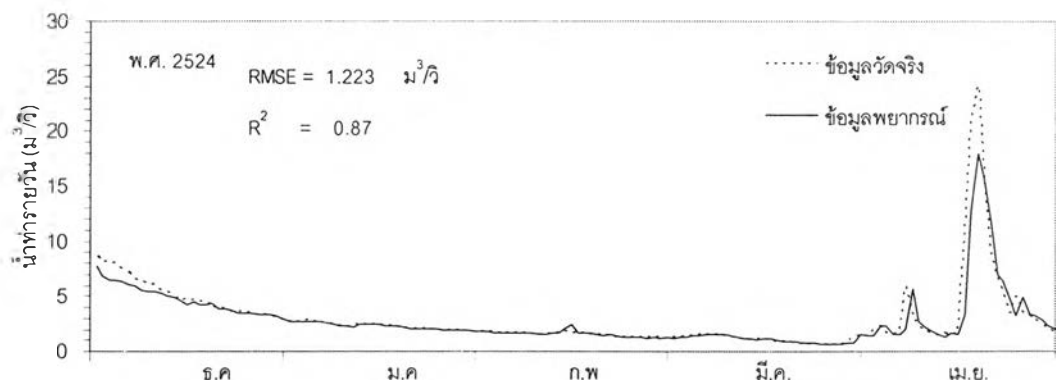
รูปที่ 6-34 ซลภาพน้ำท่าระหว่างข้อมูลจริงกับผลการพยากรณ์ในฤดูแล้ง ณ สถานี Kgt.15A ล่วงหน้า 1 วัน (ช่วงทดสอบ)



น) BPNN

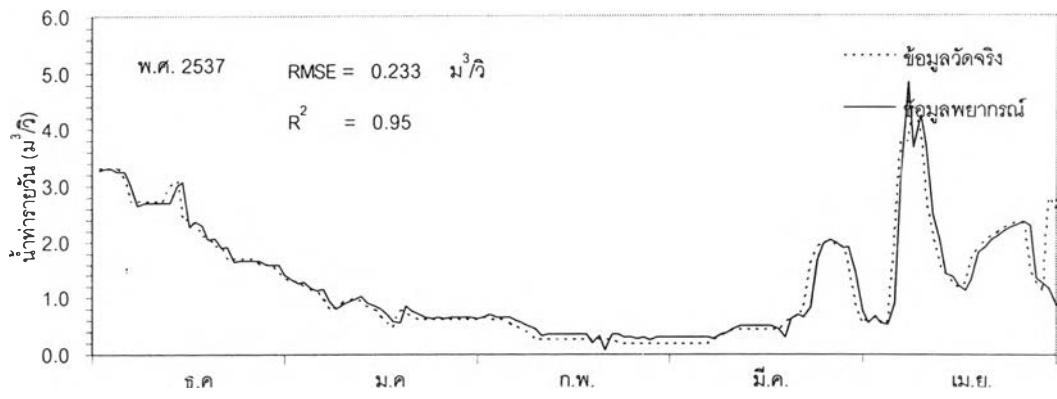


ข) GA+ANN

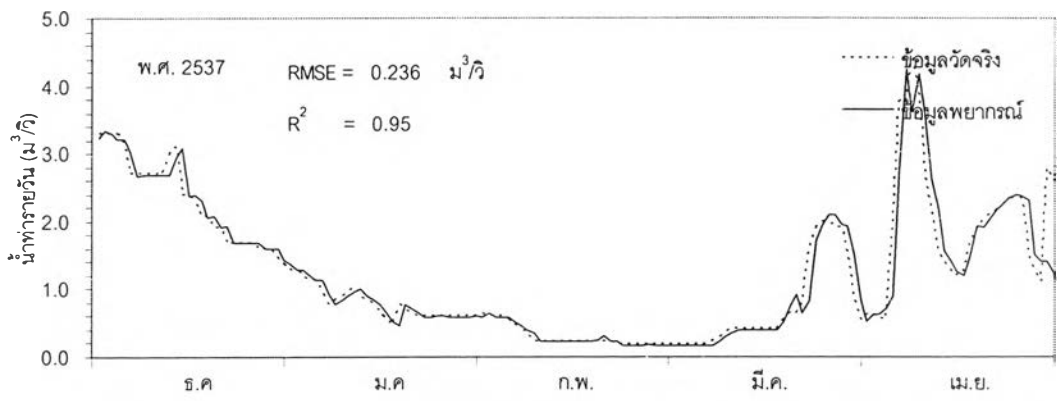


ค) GA+BPNN

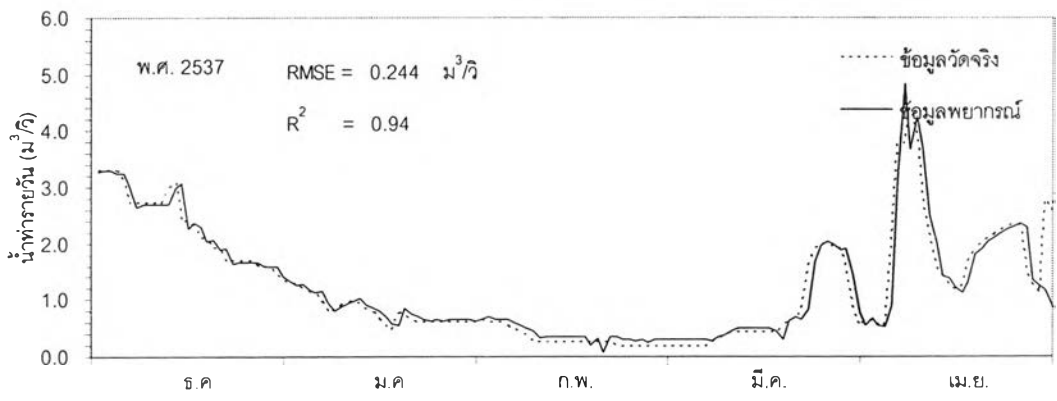
รูปที่ 6-35 ซลภาพน้ำท่าระหว่างข้อมูลจริงกับผลการพยากรณ์ในฤดูแล้ง ณ สถานี Kgt.10
 ล่วงหน้า 1 วัน (ช่วงเรียนรู้)



ก) BPNN

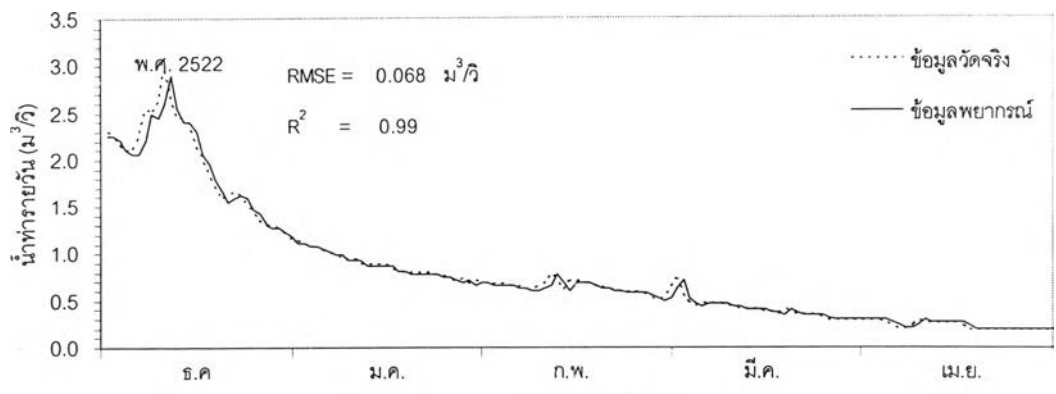


ข) GA+ANN

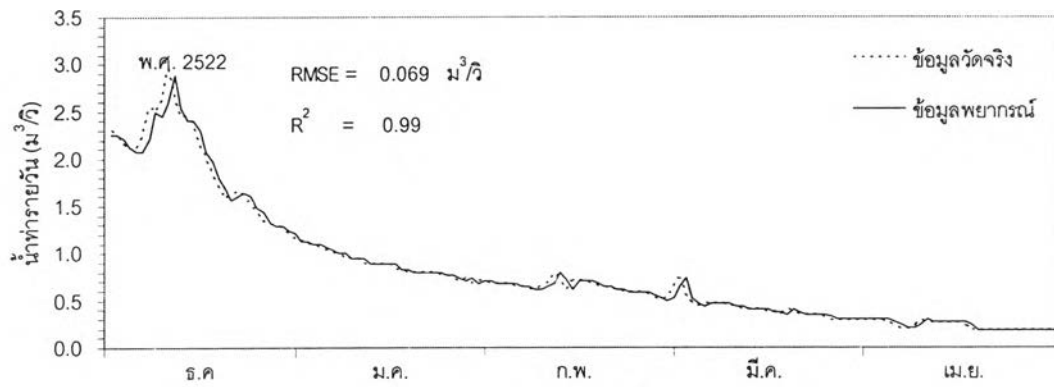


ค) GA+BPNN

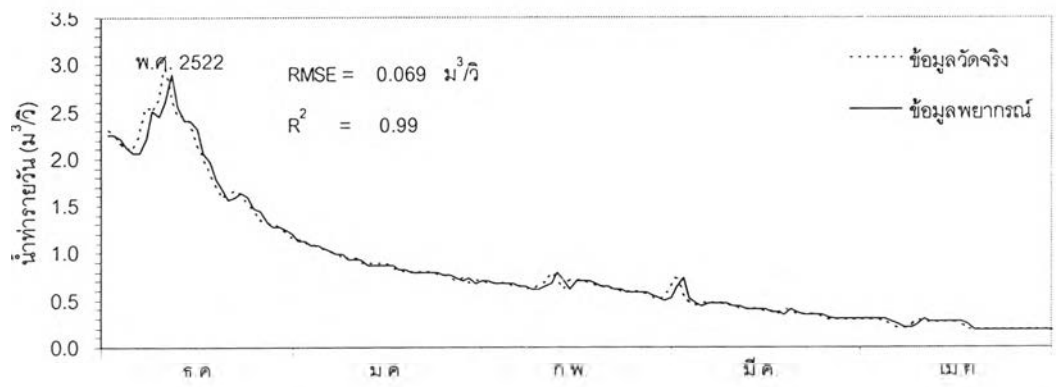
รูปที่ 6-36 ซลภาพน้ำท่าระหว่างข้อมูลจริงกับผลการพยากรณ์ในฤดูแล้ง ณ สถานี Kgt.10 ล่วงหน้า 1 วัน (ช่วงทดสอบ)



ก) BPNN

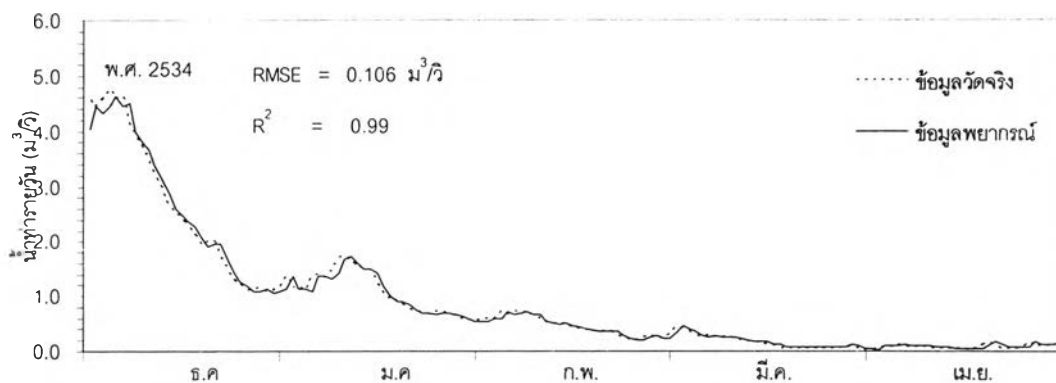


ข) GA+ANN

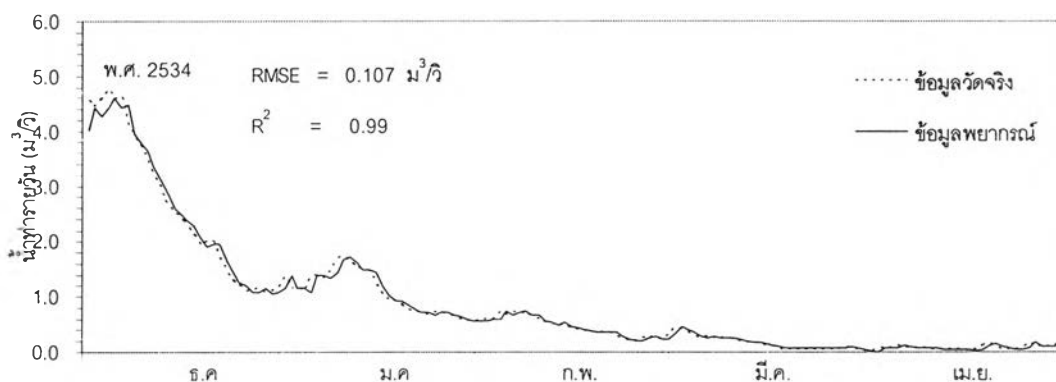


ค) GA+BPNN

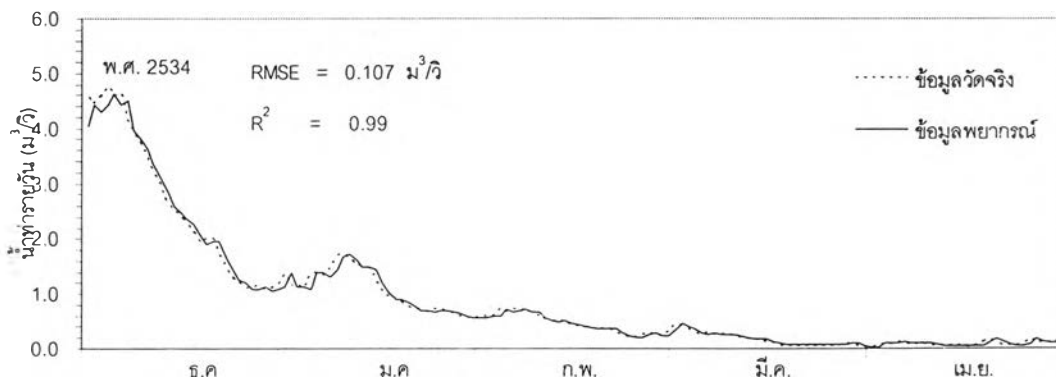
รูปที่ 6-37 ซลภาพน้ำท่าระหว่างข้อมูลจริงกับผลการพยากรณ์ในฤดูแล้ง ณ สถานี Kgt.12 ล่วงหน้า 1 วัน (ช่วงเรียนรู้อู)



ก) BPNN

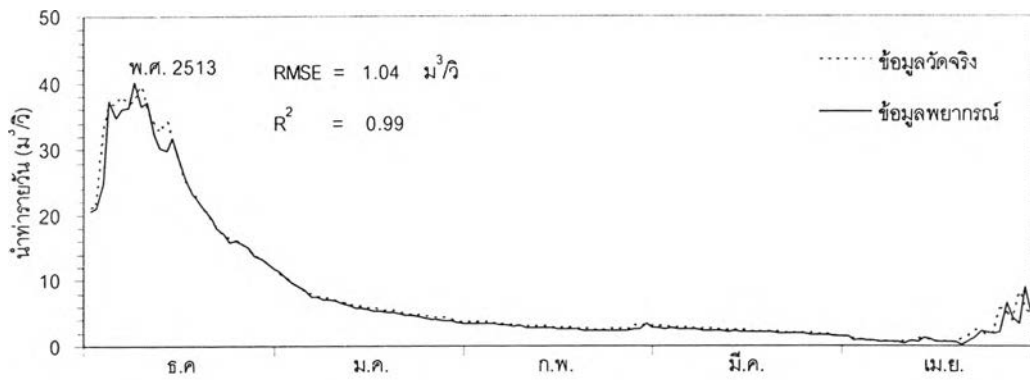


ข) GA+ANN

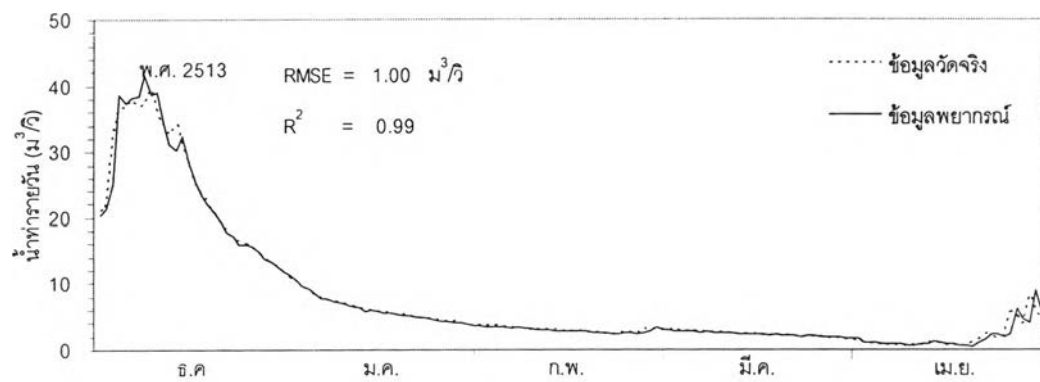


ค) GA+BPNN

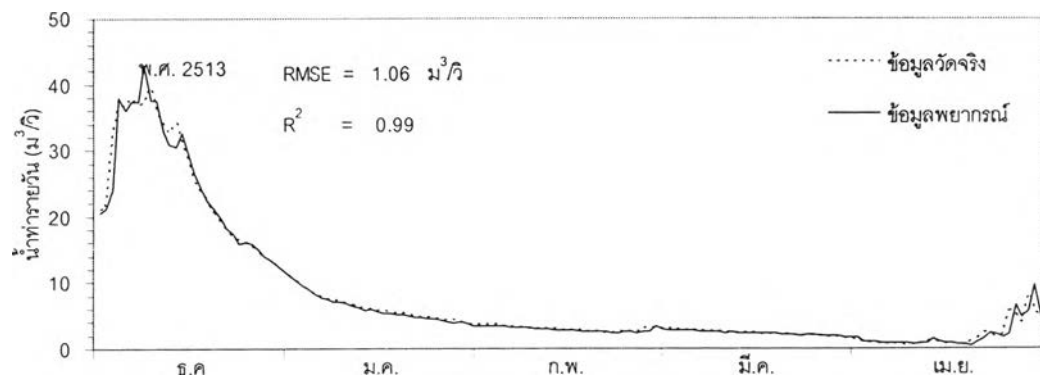
รูปที่ 6-38 ขลภาพน้ำท่าระหว่างข้อมูลจริงกับผลการพยากรณ์ในฤดูแล้ง ณ สถานี Kgt.12 ล่วงหน้า 1 วัน (ช่วงทดสอบ)



น) BPNN

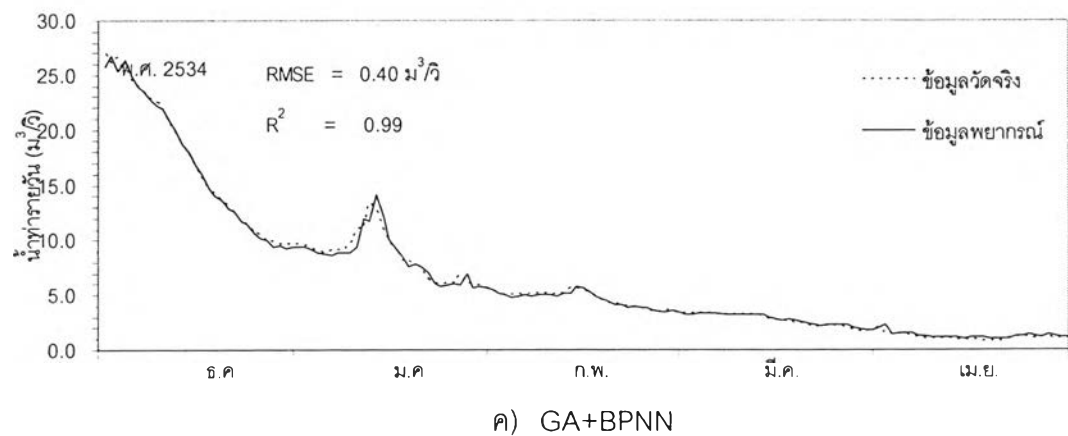
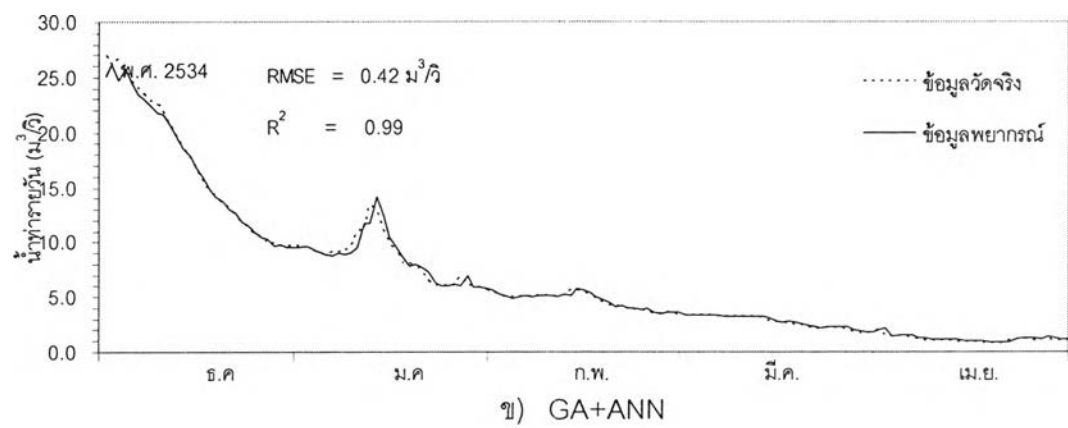
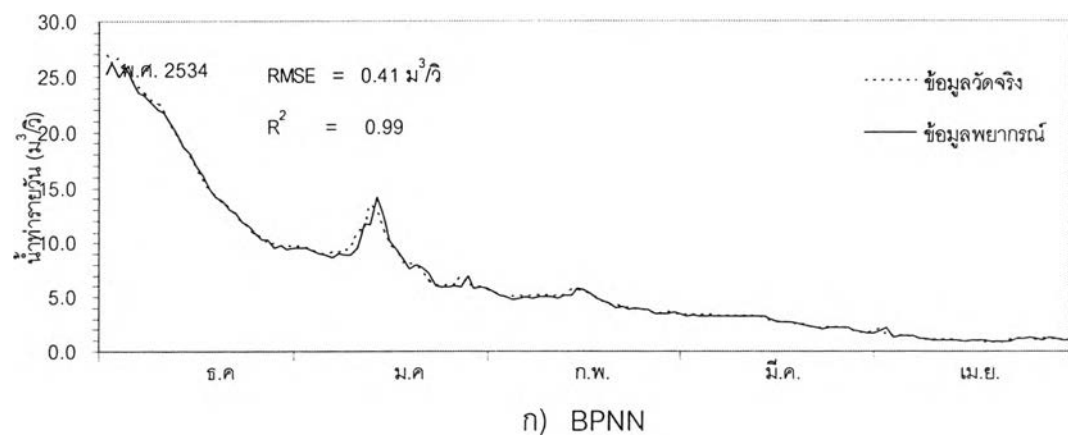


ข) GA+ANN



ค) GA+BPNN

รูปที่ 6-39 ซลภาพน้ำท่าระหว่างข้อมูลจริงกับผลการพยากรณ์ในฤดูแล้ง ณ สถานี Kgt.3
 ล่วงหน้า 1 วัน (ช่วงเรียนรู้)



รูปที่ 6-40 ซลภาพน้ำท่าระหว่างข้อมูลจริงกับผลการพยากรณ์ในฤดูแล้ง ณ สถานี Kgt.3
 ล่วงหน้า 1 วัน (ช่วงทดสอบ)

ตารางที่ 6-28 ค่าสถิติความถูกต้องในฤดูแล้งจากทั้งสามโปรแกรมในช่วงข้อมูลรับรองผล

สถานี	ช่วงเวลา	โปรแกรม	ช่วงรับรองผล				
			EI %	RMSE m ³ /s	MAD m ³ /s	AARE %	R ²
150401	1	BPNN	98.06	0.140	0.049	4.29	0.98
		GA+ANN	98.04	0.141	0.044	3.52	0.98
		GA+BPNN	98.05	0.140	0.045	3.66	0.98
	2	BPNN	97.59	0.143	0.066	6.43	0.99
		GA+ANN	97.84	0.135	0.059	5.39	0.99
		GA+BPNN	97.83	0.135	0.058	5.30	0.99
	3	BPNN	96.24	0.164	0.079	7.80	0.98
		GA+ANN	96.76	0.153	0.070	6.53	0.98
		GA+BPNN	97.07	0.145	0.071	6.85	0.98
	4	BPNN	94.43	0.185	0.092	10.03	0.99
		GA+ANN	96.22	0.152	0.077	7.95	0.99
		GA+BPNN	96.44	0.148	0.074	7.59	0.99
	5	BPNN	93.26	0.190	0.093	10.56	0.97
		GA+ANN	94.38	0.173	0.089	10.01	0.98
		GA+BPNN	95.04	0.163	0.084	9.20	0.98
	6	BPNN	91.13	0.203	0.103	12.33	0.98
		GA+ANN	92.44	0.188	0.099	11.64	0.98
		GA+BPNN	93.47	0.174	0.095	11.05	0.99
	7	BPNN	82.36	0.268	0.132	15.77	0.95
		GA+ANN	90.76	0.194	0.103	12.62	0.97
		GA+BPNN	91.94	0.181	0.100	12.30	0.97
Kgt.14	1	BPNN	89.58	0.010	0.006	8.86	0.91
		GA+ANN	89.18	0.010	0.007	9.42	0.91
		GA+BPNN	87.38	0.011	0.008	11.45	0.91
	2	BPNN	77.77	0.017	0.013	18.51	0.78
		GA+ANN	77.76	0.018	0.014	18.90	0.78
		GA+BPNN	77.71	0.021	0.018	23.32	0.78

ตารางที่ 6-28 (ต่อ) ค่าสถิติความถูกต้องในฤดูแล้งจากทั้งสามโปรแกรมในช่วงข้อมูลรับรองผล

สถานี	ช่วงเวลา	โปรแกรม	ช่วงรับรองผล				
			EI %	RMSE m ³ /s	MAD m ³ /s	AARE %	R ²
Kgt.15A	1	BPNN	98.35	0.089	0.061	16.36	0.99
		GA+ANN	98.45	0.086	0.040	15.87	0.99
		GA+BPNN	98.40	0.087	0.057	15.85	0.99
	2	BPNN	95.38	0.138	0.088	29.01	0.97
		GA+ANN	95.79	0.132	0.075	29.16	0.97
		GA+BPNN	95.02	0.144	0.095	28.79	0.97
	3	BPNN	90.50	0.182	0.125	41.35	0.95
		GA+ANN	90.83	0.179	0.116	41.57	0.95
		GA+BPNN	89.33	0.193	0.134	41.29	0.95
	4	BPNN	82.11	0.230	0.164	54.62	0.93
		GA+ANN	85.01	0.210	0.120	57.43	0.92
		GA+BPNN	80.96	0.237	0.167	54.87	0.93
	5	BPNN	69.83	0.269	0.201	65.90	0.91
		GA+ANN	76.74	0.236	0.133	69.64	0.90
		GA+BPNN	69.80	0.269	0.192	66.79	0.90
	6	BPNN	51.63	0.304	0.240	78.11	0.88
		GA+ANN	67.01	0.251	0.135	83.77	0.87
		GA+BPNN	59.05	0.280	0.189	81.14	0.87
Kgt.10	1	BPNN	97.83	0.401	0.255	12.31	0.99
		GA+ANN	97.46	0.433	0.271	13.09	0.99
		GA+BPNN	97.21	0.455	0.325	12.17	0.99
	2	BPNN	93.70	0.673	0.447	23.62	0.97
		GA+ANN	94.44	0.632	0.416	23.05	0.97
		GA+BPNN	94.28	0.641	0.443	22.91	0.98
	3	BPNN	90.34	0.820	0.569	29.45	0.95
		GA+ANN	89.39	0.859	0.612	30.64	0.95
		GA+BPNN	91.06	0.789	0.595	28.41	0.96

ตารางที่ 6-28 (ต่อ) ค่าสถิติความถูกต้องในฤดูแล้งจากทั้งสามโปรแกรมในช่วงข้อมูลรับรองผล

สถานี	ช่วงเวลา	โปรแกรม	ช่วงรับรองผล				
			EI %	RMSE m ³ /s	MAD m ³ /s	AARE %	R ²
Kgt.12	1	BPNN	99.54	0.150	0.104	6.38	0.996
		GA+ANN	99.51	0.155	0.103	6.69	0.996
		GA+BPNN	99.52	0.153	0.105	6.56	0.996
	2	BPNN	98.60	0.260	0.188	9.58	0.99
		GA+ANN	98.49	0.269	0.188	10.06	0.99
		GA+BPNN	98.58	0.261	0.185	9.76	0.99
	3	BPNN	98.39	0.276	0.190	10.49	0.99
		GA+ANN	97.80	0.322	0.231	11.53	0.99
		GA+BPNN	97.67	0.332	0.242	11.69	0.99
	4	BPNN	96.99	0.375	0.289	14.42	0.99
		GA+ANN	96.57	0.400	0.303	15.86	0.99
		GA+BPNN	96.58	0.400	0.301	15.72	0.99
	5	BPNN	95.47	0.456	0.354	18.24	0.98
		GA+ANN	95.17	0.471	0.366	19.76	0.98
		GA+BPNN	95.18	0.471	0.361	19.37	0.98
	6	BPNN	94.06	0.519	0.410	21.68	0.97
		GA+ANN	93.67	0.535	0.421	23.55	0.97
		GA+BPNN	93.47	0.544	0.423	23.21	0.97
	7	BPNN	92.49	0.577	0.466	25.44	0.97
		GA+ANN	92.19	0.589	0.470	26.96	0.97
		GA+BPNN	92.52	0.576	0.461	25.80	0.97

ตารางที่ 6-28 (ต่อ) ค่าสถิติความถูกต้องในฤดูแล้งจากทั้งสามโปรแกรมในช่วงข้อมูลรับรองผล

สถานี	ช่วงเวลา	โปรแกรม	ช่วงรับรองผล				
			EI %	RMSE m ³ /s	MAD m ³ /s	AARE %	R ²
Kgt.3	1	BPNN	97.77	0.897	0.617	36.12	0.99
		GA+ANN	94.76	1.376	1.043	75.02	0.98
		GA+BPNN	97.50	0.949	0.713	47.83	0.98
	2	BPNN	94.81	1.332	0.957	72.64	0.96
		GA+ANN	87.31	2.084	1.526	121.72	0.94
		GA+BPNN	81.17	2.538	1.964	184.59	0.92
	3	BPNN	83.53	2.294	1.753	161.03	0.92
		GA+ANN	84.55	2.222	1.704	162.65	0.92
		GA+BPNN	79.49	2.560	1.969	173.58	0.90
	4	BPNN	66.44	3.121	2.381	208.33	0.88
		GA+ANN	73.50	2.773	2.166	225.53	0.86
		GA+BPNN	61.38	3.348	2.608	256.63	0.83
	5	BPNN	60.38	3.202	2.498	220.32	0.86
		GA+ANN	69.88	2.792	2.180	200.06	0.86
		GA+BPNN	58.36	3.282	2.637	253.65	0.82
	6	BPNN	50.95	3.381	2.673	239.76	0.91
		GA+ANN	64.04	2.895	2.321	194.17	0.92
		GA+BPNN	49.98	3.415	2.778	282.75	0.89
	7	BPNN	44.86	3.435	2.760	240.13	0.80
		GA+ANN	57.27	3.024	2.460	213.39	0.81
		GA+BPNN	42.66	3.503	2.904	281.16	0.77