



รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. รายงานการศึกษาเรื่องการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเขื่อนป่าสัก.

กองอุตสาหกรรมและอุทกวิทยา ฝ่ายสำรวจ, 2542.

คณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, สำนักงาน. โครงการศึกษาข้อมูลและศักยภาพการพัฒนาลุ่มน้ำป่าสัก. 2537.

ฉัตร นูรณเรืองศักดิ์. การพัฒนาแบบจำลองสำหรับศึกษาการใช้น้ำในลุ่มน้ำอย่างเป็นระบบ. บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2543.

ชลประทาน, กรม. รายงานการศึกษาความเหมาะสมและผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการเขื่อนเก็บกักน้ำแม่ป่าสัก จังหวัดสระบุรี และจังหวัดลพบุรี. 2536.

ชลประทาน, กรม. การศึกษาเกณฑ์การกักเก็บน้ำเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์. กลุ่มงานจัดสรรน้ำ สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ, 2546.

ทรัพยากรน้ำ, กรม. โครงการจัดทำแผนรวมการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก. มีนาคม, 2546.

ธนพล พิमान. การศึกษาความเหมาะสมของโครงข่ายในแบบจำลองไฮดรอสแตติกสำหรับการพยากรณ์น้ำท่ารายวัน ในพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์. การพยากรณ์ระดับน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาโดยใช้โครงข่ายไฮดรอสแตติก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

วราวุธ วุฒิมณีชัย และบัญญัติ ขวัญเย็น. การประยุกต์โปรแกรม HEC ทางวิศวกรรมชลประทาน. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2540.

วราวุธ วุฒิมณีชัย. อุทกวิทยาประยุกต์. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2541.

วิบูลย์ บุญยธโรกุล. หลักการชลประทาน. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2526.

- วีระชัย ชูพิศาลยโรจน์. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝน-น้ำท่าในลุ่มน้ำป่าสักโดยใช้แบบจำลองถึง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2530.
- วุฒิชัย บุญผ่อง. การประยุกต์ใช้ระบบโครงข่ายใยประสาทเทียมในการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่ารายวัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร, 2544.
- เสรี ศุภราทิตย์. คู่มือการพยากรณ์น้ำโดยโครงข่ายใยประสาทเทียม. สถาบันพัฒนาการชลประทาน, 2544.
- เสรี ศุภราทิตย์, ชัยยุทธ ชินนราศรี และทรงพล โนนสว่าง. การพยากรณ์ระดับน้ำที่ขนาดใหญ่โดยโครงข่ายใยประสาทเทียม. เอกสารการประชุมวิชาการวิศวกรรมแหล่งน้ำแห่งชาติ ครั้งที่ 1, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, 2544.
- อารีญา ฤทธิมา. การพัฒนาเกณฑ์ในการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำของโครงการอ่างเก็บน้ำมูลบน-ลำแชะ. บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2545.
- อุตุนิยมวิทยา, กรม. การศึกษาข้อมูลฝนที่ตกในบริเวณพื้นที่ลุ่มแม่น้ำป่าสัก. โครงการพระราชดำริตรวจวัดปริมาณน้ำฝนที่ตกในบริเวณพื้นที่ลุ่มแม่น้ำป่าสัก, 2536.

ภาษาอังกฤษ

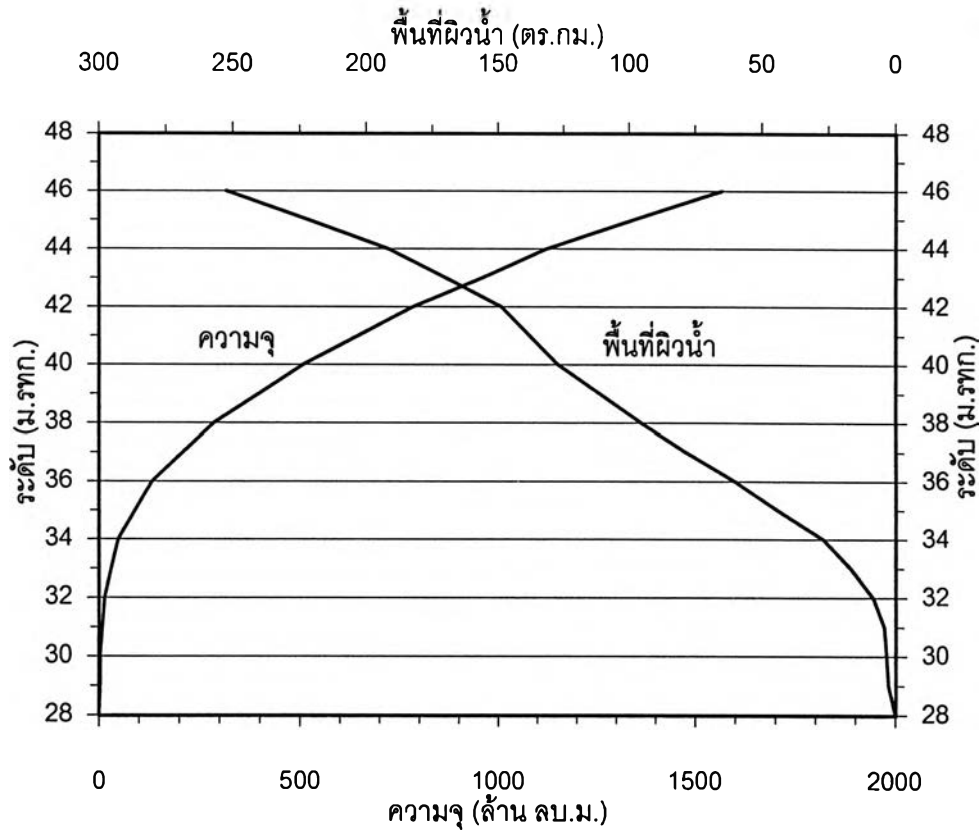
- Alianna J.Maren et al., Handbook of Neural Computing Applications. Academic Press, Inc., 1990.
- ASCE Task Committee on Application of Artificial Neural Networks in hydrology. Artificial neural networks in hydrology. Journal of Hydrologic Engineering. ASCE, 5(2) (2000) : 115-137.
- Dolling, O.R., and Varas, E.A. Artificial Neural Networks for streamflow prediction. Journal of Hydraulic Research. 40 (5) (2002) : 547-554.
- Gautum, M.R. Flood forecasting model for Pasak River Basin, Thailand. M.Eng Thesis, Asian Institute of Technology, Thailand ,1997.
- Jain, S.K., Das, A. and Srivastava, D.K. Application of ANN for reservoir inflow prediction and operation. Journal of Water Resources Planning and Management. ASCE, 125 (5) (1999) : 263-271.

- Kabilling, M.B. A combined deterministic-stochastic model for daily flow forecasting of the Pasak River Basin, Thailand. M.Eng Thesis, Asian Institute of Technology, Thailand, 1989.
- Kitpaisalsakul, T., and Piman, T. Development of daily runoff forecasting model using artificial neural network and multiple linear regression. Proceeding of International Symposium on Lowland Technology. Segu University, (2002): 321-326.
- Kitpaisalsakul, T., and Suttinon, P. Development of artificial neural network and harmonic analysis in forecasting tidal levels. Proceeding of International Symposium on Lowland Technology. Segu University, (2002): 327-332.
- Neelakantan, T.R., and Pundarikanthan, N.V. Neural network-based simulation-optimization model for reservoir operation. Journal of Water Resources Planning and Management. ASCE, 126 (2) (2000) : 57-64.
- Nam, L.H. Simulation and forecasting of monthly streamflows using a backpropagation model a case study : Black River Basin in Vietnam. M.Eng Thesis, Asian Institute of Technology, Thailand ,1998.
- Rumelhart, D.E., G.E. Hinton and R.J.Williams, Learning internal representations by error propagation. in Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructures of Cognition. Vol.1: Foundation, MIT Press, Cambridge, MA., 1986.
- Salas J.D., J.W.Delleur, V.Yevjevich and W.L.Lane, Applied Modeling of Hydrologic Time Series. BookCrafters, Inc., 1980.
- Tingsanchali, T. Back propagation network for flood forecasting, Proceeding of Special Lecture on Application of Artificial Intelligence in Water Resources Engineering. Rangsit University, Thailand, 2001.
- US Army Corps of Engineers The Hydrologic Engineering Center, Users Manual HEC-3 Reservoir System Analysis for Conservation. 1981.
- Xuan Hong, N.T. Operation of Hoa Binh Reservoir (Vietnam) incorporating inflow forecasting. M.Eng Thesis, Asian Institute of Technology, Thailand, 1999.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลอ่างเก็บน้ำป่าสักชลสิทธิ์



ระดับ (ม.รทก.)	พื้นที่ผิวน้ำ (ตร.กม.)	ความจุ (ล้าน ลบ.ม.)	ระดับ (ม.รทก.)	พื้นที่ผิวน้ำ (ตร.กม.)	ความจุ (ล้าน ลบ.ม.)
28	0.00	0.00	38	95.46	287.01
29	2.56	3.00	39	111.20	398.00
30	3.30	3.30	40	127.15	508.86
31	4.16	9.00	41	137.92	647.00
32	8.36	14.57	42	148.75	785.00
33	16.64	31.00	43	169.92	960.00
34	27.00	48.16	44	191.75	1124.08
35	44.00	90.00	45	222.10	1345.48
36	59.96	132.96	46	252.44	1566.88
37	78.40	210.00			

รูป ก-1 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับความจุและพื้นที่ผิวน้ำของอ่างเก็บน้ำป่าสักชลสิทธิ์

ภาคผนวก ข

ข้อมูลที่ใช้คำนวณความต้องการใช้น้ำ

การคำนวณหาความต้องการใช้น้ำเพื่อการชลประทานคำนวณโดยใช้แบบจำลอง Mwusmo5 ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองแสดงไว้ในหัวข้อ 4.1.2 และข้อมูลเพิ่มเติมที่แสดงในภาคผนวก ประกอบด้วย

(1) ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชอ้างอิง K_c (Crop Coefficient) โดยวิธี Modified Penman แสดงในตาราง ข-1

(2) ข้อมูลพื้นที่โครงการ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์การปลูกพืชของโครงการชลประทานเปิดใหม่ 3 โครงการแสดงในตาราง ข-2 ระบบการปลูกพืชของโครงการแก่งคอย-บ้านหมอแสดงในตาราง ข-3 และ ระบบการปลูกพืชของโครงการพัฒนานิคม พัฒนานิคม-แก่งคอยแสดงในตาราง ข-4

(3) สรุปความต้องการน้ำของโครงการอ่างเก็บน้ำป่าสักชลสิทธิ์ในตาราง ข-5

ตาราง ข-1 ค่าสัมประสิทธิ์พืช Kc (Crop Coefficient) โดยวิธี Modified Penman

สัปดาห์ที่	ข้าวพันธุ์ ก.ข. ปักดำ ¹	ถั่วเขียว ¹	ถั่วเหลือง ¹	ข้าวโพด เลี้ยงสัตว์ ¹	กระหล่ำ ตอก ¹	หอมหัว ใหญ่ ¹	ข้าวโพด ฝักอ่อน ²
1	0.92	0.49	0.58	0.52	1.03	0.59	0.30
2	0.94	0.74	0.63	0.59	1.09	0.60	0.50
3	1.00	1.00	0.74	0.70	1.14	0.64	0.70
4	1.13	1.24	0.92	0.91	1.17	0.71	0.80
5	1.23	1.23	1.14	1.14	1.18	0.81	0.90
6	1.29	1.05	1.23	1.28	1.16	0.90	1.00
7	1.32	0.53	1.26	1.35	1.14	0.96	1.10
8	1.30	0.34	1.24	1.37		1.04	
9	1.26	0.30	1.17	1.36		1.07	
10	1.21		1.01	1.32		1.08	
11	1.11		0.79	1.22		1.09	
12	0.95		0.69	1.02		1.07	
13	0.75		0.65	0.79		1.04	
14			0.63	0.60		1.01	
15						0.95	
เฉลี่ย	1.11	0.77	0.91	1.01	1.13	0.90	0.76

ที่มา 1/ งานวางแผนและวิจัยการใช้น้ำชลประทานของพืช สำนักอุทกวิทยาและจัดสรรน้ำ กรมชลประทาน(2533)

2/ ดิเรก ทองอร่าม (โดยวิธี Penman) (2524)

ตาราง ข-2 เปอร์เซนต์การปลูกพืชของโครงการชลประทานเปิดใหม่ 3 โครงการ

ชนิดพืช	พื้นที่ชลประทาน(ไร่)					
	โครงการพัฒนานิคม		โครงการพัฒนานิคม-แก่งคอย		โครงการแก่งคอย-บ้านหม้อ	
	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
พื้นที่รวม						
ข้าว	11,914	-	6,027	-	78,092	-
บ่อปลา	243	243	113	113	1,594	1,594
ข้าวโพดฝักอ่อน	-	3,404	-	1,719	-	11,156
ผัก	-	-	-	-	-	11,156
รวม	12,157	3,647	6,140	1,832	79,686	23,906
ที่ดินพืชไร่						
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	18,270	2,284	6,512	814	2,303	288
ถั่วเหลือง	3,425	3,425	1,221	1,221	432	432
ถั่วเขียว	1,142	571	407	204	144	72
พริก	-	571	-	204	-	72
รวม	22,837	6,851	8,140	2,443	2,879	864
ที่ดินไม่ผล						
ช้อย		130		4,938		-
สวนผลไม้		376		782		3,130
รวม	35,500	11,004	20,000	9,995	85,695	27,900

ที่มา รายงานการศึกษาความเหมาะสมและผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการเขื่อนเก็บกักน้ำในแม่น้ำป่าสัก

กรมชลประทาน (ก.ย.2536)

ตาราง ข-3 ระบบการปลูกพืชของโครงการแก่งคอย-บ้านหมอ




พื้นที่	ฤดูฝน					ฤดูแล้ง						
	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.
ที่ลุ่ม	ข้าวนาปี					พืชอุตสาหกรรม+ผัก						
	บ่อเลี้ยงปลา											
ที่ดอน	ข้าวโพด					ถั่วเหลือง						
	ข้าวโพด					ถั่วเขียว						
	ข้าวโพด					พริก						
	ถั่วเหลือง					ข้าวโพด						
	ถั่วเหลือง					พริก						
	ถั่วเขียว					ข้าวโพด						
	ไม้ผล											
	ไม้ผล											

- สัญลักษณ์
-  เตรียมแปลง
 -  เก็บเกี่ยว
 -  ระยะเวลาที่อาจจะขยายออกไป

ที่มา : รายงานการศึกษาความเหมาะสมและผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการเขื่อนเก็บกักน้ำ
ในแม่น้ำป่าสัก กรมชลประทาน (กันยายน 2536)

ตาราง ข-4 ระบบการปลูกพืชของโครงการพัฒนานิคม พัฒนานิคม-แก่งคอย

พื้นที่	ฤดูฝน						ฤดูแล้ง					
	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.
ที่ลุ่ม	ข้าวนาปี						พืชอุตสาหกรรม+ผัก					
	บ่อเลี้ยงปลา											
ที่ดอน	ข้าวโพด						ถั่วเหลือง					
	ข้าวโพด						ถั่วเขียว					
	ข้าวโพด						พริก					
	ถั่วเหลือง						ข้าวโพด					
	ถั่วเหลือง						พริก					
	ถั่วเขียว						ข้าวโพด					
	อ้อย											
	ไถ่กระทุง											
	ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ (โคนม+โคเนื้อ)											
	ไม้ผล											

- สัญลักษณ์
-  เตรียมแปลง
 -  เก็บเกี่ยว
 -  ระยะเวลาที่อาจจะขยายออกไป

ที่มา : รายงานการศึกษาความเหมาะสมและผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการเขื่อนเก็บกักน้ำ
ในแม่น้ำป่าสัก กรมชลประทาน (กันยายน 2536)

ตาราง ข-5 ความต้องการน้ำเฉลี่ยรายเดือน(พ.ศ.2513-2543)ของโครงการอ่างเก็บน้ำป่าสักฯ

หน่วย : ล้าน ลบ.ม.

ความต้องการน้ำ	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	รายปี
โครงการอุปโภค-บริโภคและอุตสาหกรรม ^{1/}													
เฉลี่ย	2.8	2.9	2.8	2.9	2.9	2.8	2.9	2.8	2.9	2.9	2.6	2.9	34.4
สูงสุด	2.8	2.9	2.8	2.9	2.9	2.8	2.9	2.8	2.9	2.9	2.6	2.9	34.4
ต่ำสุด	2.8	2.9	2.8	2.9	2.9	2.8	2.9	2.8	2.9	2.9	2.6	2.9	34.4
โครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้า จังหวัดลพบุรี ^{1/}													
เฉลี่ย	0.5	0.1	0.1	0.9	0.8	0.4	1.0	1.6	1.8	1.9	2.1	1.4	12.5
สูงสุด	0.9	0.2	0.2	1.5	2.0	1.6	2.1	1.8	1.8	2.0	2.3	1.9	14.1
ต่ำสุด	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.2	0.9	1.5	1.5	1.7	0.7	10.9
โครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้า จังหวัดสระบุรี ^{1/}													
เฉลี่ย	2.0	0.3	0.4	5.3	3.8	2.0	2.1	1.0	1.1	3.7	6.1	5.2	33.1
สูงสุด	3.1	0.8	0.9	8.9	10.3	4.6	4.9	1.4	1.1	3.9	6.6	6.4	43.6
ต่ำสุด	0.1	0.0	0.1	2.1	0.7	0.2	0.3	0.3	0.9	2.8	4.4	3.0	24.4
โครงการคลองเพรียว-เสาไห้ ^{1/}													
เฉลี่ย	2.2	0.2	0.0	7.6	24.3	9.7	29.2	13.3	0.1	1.6	2.9	3.1	94.2
สูงสุด	2.2	0.2	0.0	7.6	24.3	9.7	29.2	13.3	0.1	1.6	2.9	3.1	94.2
ต่ำสุด	2.2	0.2	0.0	7.6	24.3	9.7	29.2	13.3	0.1	1.6	2.9	3.1	94.2
โครงการชลประทานเจ้าพระยาฝั่งตะวันออก(คิดเฉพาะส่วนที่ส่งจากอ่างเก็บน้ำป่าสักฯ) ^{1/}													
เฉลี่ย	181.4	64.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	64.8	64.8	119.2	495.1
สูงสุด	181.4	64.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	64.8	64.8	119.2	495.1
ต่ำสุด	181.4	64.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	64.8	64.8	119.2	495.1
โครงการสูบน้ำพัฒนานิคม ^{2/}													
เฉลี่ย	1.5	0.3	0.0	8.1	5.7	3.7	3.4	2.0	2.4	2.6	2.7	2.9	35.3
สูงสุด	2.1	0.5	0.1	10.9	10.2	12.0	7.6	2.3	2.5	2.7	3.0	3.4	46.6
ต่ำสุด	0.3	0.0	0.0	5.7	2.9	1.1	1.1	0.8	2.2	1.7	2.2	2.1	28.9
โครงการสูบน้ำพัฒนานิคม-แก่งคอย ^{2/}													
เฉลี่ย	1.7	0.7	0.4	4.4	3.0	1.9	2.6	3.0	3.5	2.9	2.6	2.5	29.1
สูงสุด	2.5	1.1	0.9	6.3	5.4	6.5	5.2	3.5	3.6	3.1	2.8	3.2	36.5
ต่ำสุด	0.1	0.0	0.0	2.9	1.5	0.5	1.1	1.7	3.1	1.7	2.0	1.6	23.7
โครงการสูบน้ำแก่งคอย-บ้านหม้อ ^{2/}													
เฉลี่ย	4.0	0.6	0.1	42.7	10.7	2.5	3.9	6.2	7.0	3.9	3.3	7.3	92.2
สูงสุด	5.3	1.4	0.3	53.0	18.5	7.4	8.6	7.5	7.3	4.0	3.7	8.7	107.9
ต่ำสุด	1.3	0.1	0.0	32.6	1.6	0.2	1.4	2.7	5.0	2.3	2.1	4.3	70.8

ที่มา : 1/ รายงานการศึกษาเกณฑ์การเก็บกักน้ำเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ กรมชลประทาน (พฤษภาคม 2546)

2/ จากการศึกษาโดยโปรแกรม Mwsmo5 (Water Uses Study Model Version 5.00 พัฒนาโดย มนัส, จิตร (1999))

ภาคผนวก ค

การสร้างเกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ
โดยวิธี Probability based Rule Curve

ค.1 ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างเกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำโดยวิธี Probability based Rule Curves

การสร้างเกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำโดยวิธี Probability based Rule Curves ใช้ข้อมูลดังนี้ ข้อมูลการระเหยจากสถิติภูมิอากาศที่สถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศ อำเภอบัวชุม จังหวัดลพบุรี ข้อมูลน้ำท่ารายเดือนของอ่างเก็บน้ำป่าสักฯ (จากการสังเคราะห์) ข้อมูลฝนรายเดือนของสถานี 19052 (อ.ชัยบาดาล จ.ลพบุรี) แสดงในตาราง ค-1 ถึง ค-3 และข้อมูลความต้องการใช้น้ำรายเดือนของอ่างเก็บน้ำแสดงในตาราง ค-4 และ ค-5

ตาราง ค-1 ปริมาณน้ำระเหยที่สถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศ อำเภอบัวชุม จังหวัดลพบุรี

เดือน	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
น้ำระเหย(มม./วัน)	4.8	4.0	3.6	3.3	3.0	2.7	2.8	3.2	3.3	3.5	4.2	4.8

ที่มา ข้อมูลภูมิอากาศในคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2514-2543) กรมอุตุนิยมวิทยา

ค.2 การสังเคราะห์ข้อมูลใหม่

การสังเคราะห์ข้อมูลใหม่เพื่อขยายข้อมูลที่มีอยู่เดิมจำนวน 31 ปี (พ.ศ.2513-2543) ให้มากขึ้นโดยข้อมูลใหม่ที่ได้ต้องคงคุณสมบัติทางสถิติของข้อมูลเดิมที่มีอยู่ไว้ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยของข้อมูล (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เป็นต้น ในการศึกษาใช้โปรแกรม HEC-4 ยืดขยายข้อมูลและทำข้อมูลสังเคราะห์ (Synthetic Data) จำนวน 30 ชุดข้อมูล และข้อมูลที่ได้จากการสังเคราะห์ นำมาคำนวณค่าคุณสมบัติทางสถิติได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ค่าความแปรปรวน(Variance) ค่า Coefficient of Variation (CV) ค่าสัมประสิทธิ์ความบิดเบี้ยว (Skewness Coefficient) ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของข้อมูล ดังแสดงในตาราง ค-6 และ ค-7

จากนั้นตรวจสอบผลของข้อมูลที่ได้จากการสังเคราะห์ โดยการทดสอบค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของข้อมูลชุดเดิมกับข้อมูลที่ได้จากการสังเคราะห์ใหม่ว่ามีคุณสมบัติเท่ากันหรือไม่ โดยใช้ ANOVA :Single Factor และ F-Test ช่วยในการวิเคราะห์ตามลำดับ ผลการสังเคราะห์ข้อมูลฝนรายเดือนและปริมาณน้ำท่ารายเดือน ประกอบด้วย

(1) ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยของข้อมูลโดยใช้ ANOVA: Single Factor มาช่วยในการวิเคราะห์ โดยพิจารณาที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงในตาราง ค-8 และ ค-9

(2) ผลการทดสอบค่าความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ F-Test มาช่วยในการวิเคราะห์ แสดงในตาราง ค-10 และ ค-11

ในการทดสอบคุณสมบัติทางสถิติของชุดข้อมูลที่สร้างขึ้นได้เลือกชุดข้อมูลที่สังเคราะห์ที่ยังคงคุณสมบัติทางสถิติเหมือนชุดข้อมูลเดิม คือ ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของข้อมูลที่สังเคราะห์ขึ้นมีค่าไม่แตกต่างจากข้อมูลชุดเดิม ส่วนชุดข้อมูลที่สังเคราะห์ขึ้นที่มีความผิดปกติไม่นำมาใช้ในการศึกษา

ตาราง ค-2 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนเข้าอ่างเก็บน้ำป่าสักชลสิทธิ์

หน่วย ล้าน ลบ.ม.

ปี (พ.ศ.)	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	รวม
2513	29.7	26.9	52.6	149.0	264.1	694.1	401.2	84.1	34.7	26.0	23.3	26.0	1,811.8
2514	25.7	33.3	22.9	33.2	159.8	418.6	301.5	24.2	14.3	20.3	25.4	31.7	1,110.8
2515	34.3	29.0	19.5	23.0	32.6	529.1	567.0	153.8	39.7	33.3	25.4	27.7	1,514.5
2516	16.0	24.6	14.2	21.9	44.0	344.2	460.9	21.9	11.3	6.4	3.7	6.8	975.9
2517	14.4	50.4	19.1	10.7	49.4	201.8	517.6	219.0	47.2	18.3	9.7	12.7	1,170.3
2518	9.7	19.5	64.8	193.2	205.4	986.7	1,200.2	128.0	55.2	27.2	15.9	15.6	2,921.5
2519	15.1	46.0	42.8	63.9	240.4	721.0	991.9	370.6	70.8	34.6	16.6	15.1	2,628.8
2520	18.1	50.3	34.4	15.0	50.3	607.7	409.8	31.2	21.2	16.5	8.7	7.3	1,270.6
2521	15.8	35.9	44.5	396.2	741.1	894.1	2,436.0	95.2	63.8	38.4	22.2	22.0	4,805.3
2522	13.7	65.7	74.6	86.8	94.8	195.9	272.7	22.9	15.8	11.0	6.5	6.4	866.7
2523	12.4	16.5	77.2	199.0	269.6	637.7	1,216.1	120.9	47.7	25.1	11.7	18.1	2,652.2
2524	21.4	45.3	41.9	210.3	633.5	548.2	378.7	157.1	60.3	27.0	13.1	10.7	2,147.5
2525	22.2	41.8	61.9	26.8	39.8	1,062.4	1,094.3	193.1	77.0	36.0	19.8	16.4	2,691.4
2526	12.8	18.7	32.7	37.2	177.6	414.5	1,259.2	299.5	96.7	58.5	33.1	29.0	2,469.3
2527	29.7	36.8	95.8	163.7	145.0	608.5	1,068.0	211.3	75.5	37.8	23.2	26.1	2,521.4
2528	27.0	56.6	71.7	160.4	336.4	975.9	992.0	425.9	99.7	43.3	26.3	22.2	3,237.6
2529	25.7	72.8	80.9	43.3	226.2	311.7	126.7	50.0	36.7	23.2	15.3	15.6	1,028.1
2530	7.8	17.1	40.3	35.2	39.7	1,261.1	1,075.8	155.1	68.1	31.9	21.6	13.8	2,767.6
2531	12.1	207.7	218.3	70.3	146.2	221.4	419.0	278.0	55.0	23.9	12.1	9.9	1,673.9
2532	11.0	15.8	236.7	82.1	140.0	206.2	317.7	141.2	33.0	12.3	4.6	7.7	1,208.4
2533	3.0	18.7	224.7	143.0	184.0	277.6	853.0	198.4	43.7	13.3	6.1	5.3	1,970.8
2534	9.4	18.9	79.0	49.0	293.4	1,178.1	839.8	51.2	31.9	38.3	16.5	10.3	2,615.8
2535	7.1	9.7	38.9	25.6	286.6	208.0	423.3	55.3	31.0	13.7	7.4	6.6	1,113.1
2536	9.7	17.2	27.9	18.0	54.6	266.1	160.5	13.7	9.8	8.3	7.3	12.1	605.3
2537	7.7	39.7	127.2	254.4	301.1	1,030.1	598.4	32.0	33.1	10.6	6.8	5.6	2,446.7
2538	6.6	23.3	27.6	108.5	845.6	1,683.4	766.2	124.8	38.3	14.2	8.6	9.4	3,656.5
2539	13.6	142.8	119.7	121.3	96.9	516.4	1,316.9	420.1	70.7	20.7	12.2	8.9	2,860.2
2540	18.0	20.5	15.9	44.2	168.3	428.4	724.0	118.8	38.6	15.2	10.8	4.6	1,607.4
2541	11.6	18.5	67.6	129.0	148.5	388.4	390.2	67.7	9.6	1.3	1.0	5.3	1,238.5
2542	26.0	232.9	152.9	55.3	147.3	642.7	946.1	330.1	30.1	0.8	0.0	0.0	2,564.3
2543	47.5	294.5	328.9	604.4	782.9	1,723.2	806.2	136.0	31.9	26.2	30.6	21.8	4,834.1
ค่าเฉลี่ย	17.3	56.4	82.5	115.3	236.9	651.1	752.6	152.6	44.9	23.0	14.4	13.9	2,160.8
ค่าสูงสุด	47.5	294.5	328.9	604.4	845.6	1,723.2	2,436.0	425.9	99.7	58.5	33.1	31.7	4,834.1
ค่าต่ำสุด	3.0	9.7	14.2	10.7	32.6	195.9	126.7	13.7	9.6	0.8	0.0	0.0	605.3

ที่มา 1) ข้อมูล พ.ศ.2513-2541 มาจากการประเมินโดยวิธีสัดส่วนพื้นที่ จากข้อมูลสถานีวัดน้ำท่า S2 และ S9

2) ข้อมูล พ.ศ.2542-2543 มาจากการข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำจากโครงการป่าสักฯ

ตาราง ค-3 ปริมาณฝนรายเดือน สถานี 19052 อ.ชัยบาดาล จ.ลพบุรี

หน่วย มิลลิเมตร

ปี (พ.ศ.)	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	รวม
2513	119.5	178.1	137.6	156.0	196.9	238.6	240.2	1.1	14.7	0.8	38.0	6.8	1,328.3
2514	148.0	85.0	227.8	73.2	313.0	194.7	19.4	0.0	0.0	0.0	0.4	31.7	1,093.2
2515	40.2	5.5	237.7	152.2	59.2	410.2	120.0	25.2	0.0	0.0	13.4	70.1	1,133.7
2516	111.8	172.4	65.2	207.6	126.6	213.6	17.0	6.2	0.0	9.5	19.6	16.9	966.4
2517	153.1	73.0	57.6	90.3	149.2	261.3	192.6	39.7	0.0	24.8	7.8	133.8	1,183.2
2518	106.0	336.6	114.5	150.1	142.4	263.9	172.1	2.0	1.8	0.0	2.9	105.7	1,398.0
2519	24.7	246.7	45.4	152.7	203.5	227.6	197.9	0.9	0.0	0.0	0.0	16.1	1,115.5
2520	63.4	258.0	101.0	43.9	246.0	214.9	31.1	0.0	5.1	22.9	12.2	64.4	1,062.9
2521	109.1	114.4	215.3	140.6	151.2	448.5	61.7	13.5	0.0	11.0	23.8	0.0	1,289.1
2522	54.8	93.2	109.5	150.0	91.8	267.9	3.2	0.0	0.0	0.0	127.6	37.5	935.5
2523	30.1	133.5	175.0	83.5	191.3	286.6	155.6	16.8	0.0	0.0	44.6	117.7	1,234.7
2524	79.4	106.5	111.4	119.4	153.0	236.4	210.9	56.1	0.0	0.0	0.0	50.6	1,123.7
2525	38.2	305.3	87.9	48.1	120.0	321.8	31.8	41.2	19.0	0.0	0.0	0.0	1,013.3
2526	0.0	57.9	147.6	66.9	201.5	208.1	225.7	6.6	5.4	0.0	45.7	103.9	1,069.3
2527	90.1	46.2	60.7	147.1	176.5	193.5	111.9	12.3	0.0	39.6	71.9	29.0	978.8
2528	44.7	192.8	106.7	105.7	108.3	278.1	226.8	93.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1,156.2
2529	226.6	182.9	55.6	62.0	420.4	296.5	139.6	0.0	9.1	0.0	17.0	28.8	1,438.5
2530	195.7	49.5	137.3	197.5	155.2	632.1	85.1	0.0	0.0	0.0	25.1	0.0	1,477.5
2531	131.4	414.3	102.0	124.8	69.5	185.0	315.7	0.0	0.0	1.9	0.0	83.9	1,428.5
2532	44.4	288.9	28.9	233.4	521.0	249.0	154.5	33.8	0.0	0.0	0.0	135.7	1,689.6
2533	129.2	269.7	218.7	59.8	56.0	328.2	368.2	4.9	0.0	0.0	0.0	148.6	1,583.3
2534	99.5	191.5	155.3	180.1	419.2	263.3	159.3	0.0	7.3	5.6	0.0	11.0	1,492.1
2535	0.0	124.2	193.6	138.6	270.3	143.7	73.8	0.0	7.7	0.0	0.0	121.6	1,073.5
2536	100.3	186.5	113.9	115.0	257.2	303.9	30.4	0.0	4.8	0.0	0.0	144.6	1,256.6
2537	89.1	363.2	136.5	62.9	241.8	244.5	126.1	0.0	0.0	0.0	0.0	7.6	1,271.7
2538	197.5	207.7	263.3	146.3	330.6	374.7	161.4	0.0	0.0	0.0	47.3	3.8	1,732.6
2539	248.2	283.9	71.7	162.7	307.5	18.1	151.2	190.3	0.0	0.0	17.9	53.6	1,505.1
2540	240.1	140.9	9.7	89.6	308.3	236.4	182.1	1.5	0.0	31.1	55.1	3.1	1,297.9
2541	198.5	322.9	95.2	303.1	265.6	328.2	246.0	44.2	0.0	20.4	21.0	229.1	2,074.2
2542	342.0	386.2	78.5	213.3	70.2	484.7	445.6	22.0	0.7	0.0	31.0	27.4	2,101.6
2543	184.6	139.7	99.2	106.0	279.7	147.3	89.3	0.0	0.0	6.5	15.5	59.2	1,127.0
ค่าเฉลี่ย	117.4	192.2	121.3	131.7	213.0	274.2	153.1	19.7	2.4	5.6	20.6	59.4	1,310.7
ค่าสูงสุด	342.0	414.3	263.3	303.1	521.0	632.1	445.6	190.3	19.0	39.6	127.6	229.1	2,101.6
ค่าต่ำสุด	0.0	5.5	9.7	43.9	56.0	18.1	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	935.5

ที่มา กรมชลประทาน

ตาราง ค-4 ความต้องการน้ำรายเดือนของอ่างเก็บน้ำป่าสักชลสิทธิ์ สภาพการใช้น้ำปัจจุบัน

หน่วย ล้าน ลบ.ม.

ปี (พ.ศ.)	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	รวม
2513	189.4	68.5	3.1	15.6	30.3	13.9	35.5	19.0	5.6	75.2	78.4	131.3	665.7
2514	188.9	68.1	3.0	17.3	29.8	15.8	37.1	18.9	5.9	75.3	79.0	131.0	669.9
2515	187.9	68.9	3.1	18.4	33.9	12.7	35.9	18.3	5.7	75.3	79.0	130.1	669.1
2516	189.9	68.1	3.5	14.8	30.5	15.6	37.1	19.0	5.9	75.1	78.6	131.7	669.8
2517	188.0	68.1	3.7	14.6	31.9	13.5	33.7	18.0	5.8	73.8	78.6	130.7	660.4
2518	189.6	68.2	3.5	15.0	32.0	15.3	36.0	18.5	5.7	75.3	77.8	129.4	666.1
2519	190.2	67.9	3.2	13.4	28.4	13.1	34.2	18.7	5.9	75.2	78.7	130.9	659.7
2520	188.3	68.2	3.5	19.4	32.3	13.3	34.8	19.1	5.6	75.1	76.7	132.0	668.1
2521	189.2	68.2	3.5	13.5	33.7	15.2	34.9	18.9	5.9	74.8	77.8	133.3	668.8
2522	189.2	68.2	3.0	17.3	36.7	17.4	37.6	19.1	5.9	75.3	77.7	132.8	680.2
2523	189.2	68.3	3.4	16.4	29.5	13.3	33.7	18.8	5.9	75.2	77.6	132.2	663.5
2524	188.3	68.0	3.7	15.3	32.2	13.8	35.3	17.5	5.9	75.3	79.1	132.0	666.3
2525	188.5	68.5	3.2	13.7	33.8	14.4	35.0	18.4	5.9	75.2	79.1	133.5	669.3
2526	190.3	68.2	3.2	16.3	28.6	16.1	33.3	18.7	5.6	75.0	76.9	131.5	663.8
2527	189.4	68.4	3.6	20.7	30.8	16.1	34.7	18.9	5.9	73.8	78.6	132.7	673.4
2528	189.0	68.3	3.4	15.2	32.8	14.1	34.7	17.8	5.8	75.3	79.1	133.5	669.0
2529	188.1	68.3	3.8	14.6	30.3	16.7	34.0	18.8	5.7	75.2	78.8	131.6	665.7
2530	189.4	68.3	3.4	20.4	35.1	13.1	35.8	18.4	5.9	75.2	77.7	132.4	674.9
2531	188.0	68.0	3.2	15.6	30.8	18.5	34.6	19.3	5.9	74.3	78.7	131.7	668.6
2532	189.6	68.3	3.4	19.3	31.4	13.8	35.8	18.6	5.9	75.3	79.1	130.9	671.5
2533	189.5	68.1	3.7	19.9	39.1	14.4	33.5	18.8	5.9	75.2	78.7	131.9	678.7
2534	189.6	68.4	3.3	17.3	31.4	16.2	36.4	19.3	5.5	74.8	78.6	133.3	674.1
2535	190.4	68.7	3.5	17.3	32.1	14.1	34.9	19.0	5.6	75.3	79.1	131.6	671.5
2536	188.4	68.2	3.3	16.6	29.2	14.7	37.3	19.2	5.9	75.2	79.1	129.8	666.9
2537	189.1	68.3	3.2	19.5	29.9	15.2	37.0	19.3	5.9	75.1	79.1	132.1	673.6
2538	188.7	68.2	3.3	16.5	28.2	13.1	34.0	18.9	5.9	75.3	77.9	132.7	662.6
2539	188.2	68.1	3.4	18.4	35.6	13.7	34.5	17.8	5.9	75.2	78.7	131.6	671.2
2540	189.4	68.6	4.0	19.8	33.2	16.5	35.5	19.2	5.9	74.9	77.8	133.0	677.9
2541	189.2	68.3	3.5	16.7	29.8	17.5	36.5	18.7	5.9	74.1	78.5	132.5	671.1
2542	186.6	68.0	3.4	14.3	31.1	14.7	34.0	18.5	5.9	75.2	78.7	132.2	662.5
2543	188.5	68.1	3.5	18.2	32.3	17.5	34.2	19.0	5.9	75.0	78.8	130.7	671.6
ค่าเฉลี่ย	189.0	68.3	3.4	16.8	31.8	14.9	35.2	18.7	5.8	75.0	78.4	131.8	669.2
ค่าสูงสุด	190.4	68.9	4.0	20.7	39.1	18.5	37.6	19.3	5.9	75.3	79.1	133.5	680.2
ค่าต่ำสุด	186.6	67.9	3.0	13.4	28.2	12.7	33.3	17.5	5.5	73.8	76.7	129.4	659.7

ที่มา 1.รายงานการศึกษาเกณฑ์การเก็บกักน้ำเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ กรมชลประทาน (พฤษภาคม 2546)

2.จากการคำนวณโดยโปรแกรม MWUSMO5.0

ตาราง ค-5 ความต้องการน้ำรายเดือนของอ่างเก็บน้ำป่าสักชลสิทธิ์ สภาพการใช้น้ำอนาคต

หน่วย ล้าน ลบ.ม.

ปี (พ.ศ.)	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	รวม
2513	195.6	70.5	3.2	61.5	43.9	17.2	47.2	31.5	16.7	84.9	85.7	142.1	799.7
2514	194.3	69.2	3.3	77.2	44.6	24.0	47.9	31.4	18.9	85.0	88.4	142.7	826.8
2515	193.9	71.9	3.2	82.7	58.7	18.7	48.7	24.6	17.4	85.0	88.3	142.9	835.9
2516	198.9	69.4	4.0	62.7	50.2	24.3	51.0	30.3	19.3	84.5	86.7	142.3	823.6
2517	192.3	69.3	4.2	61.4	54.9	20.0	40.0	27.6	18.5	79.4	87.3	141.7	796.7
2518	199.1	70.0	3.9	66.4	51.3	19.3	46.1	27.7	16.6	85.0	87.0	141.3	813.9
2519	198.3	69.0	3.6	57.6	34.8	16.1	40.8	30.7	19.2	84.9	87.8	142.3	785.1
2520	195.8	68.5	4.5	78.3	55.5	17.4	45.4	30.6	17.9	84.3	84.0	146.1	828.5
2521	196.1	70.0	4.1	54.8	60.5	23.8	49.3	32.1	19.3	84.5	86.8	148.3	829.5
2522	198.1	70.1	3.8	67.7	65.1	29.6	58.8	32.4	19.3	85.0	86.9	144.3	861.1
2523	197.5	70.3	4.1	67.0	44.2	19.1	40.2	31.4	19.3	84.9	85.0	145.5	808.4
2524	192.5	68.9	4.2	58.5	53.0	19.5	49.1	23.5	19.0	85.0	88.2	145.8	807.2
2525	194.2	70.5	3.6	65.3	61.6	17.4	44.7	28.3	18.6	84.5	88.4	148.7	825.8
2526	200.1	69.8	3.9	78.9	42.8	27.7	37.2	27.5	17.7	84.1	83.8	141.9	815.3
2527	196.2	70.4	4.4	81.8	45.2	28.8	41.0	29.3	19.3	83.2	87.7	147.6	835.0
2528	195.9	69.4	3.9	68.9	50.3	22.1	42.6	28.0	18.8	85.0	88.4	148.7	821.9
2529	194.0	70.2	4.5	65.2	50.0	30.0	41.6	31.4	17.8	85.0	87.8	144.6	822.0
2530	197.7	70.0	4.1	86.8	61.5	15.2	42.2	27.6	19.3	84.8	86.5	146.3	842.1
2531	195.2	69.4	3.7	78.1	52.0	34.0	43.5	32.3	19.3	84.0	87.7	145.1	844.2
2532	199.6	70.1	4.6	78.8	45.5	21.8	43.1	30.4	19.3	84.1	88.4	144.4	830.1
2533	196.7	68.7	4.5	83.4	71.8	22.3	40.2	29.8	18.9	83.8	87.7	143.5	851.3
2534	198.7	71.0	3.7	75.4	44.4	35.0	44.5	32.6	18.1	83.9	88.1	148.5	843.8
2535	200.4	71.2	4.1	66.4	50.3	21.7	43.2	31.9	18.3	85.0	88.2	143.0	823.6
2536	194.3	69.9	4.1	73.6	45.3	20.1	48.8	32.1	19.0	84.9	88.0	140.5	820.6
2537	197.4	69.1	3.2	82.3	46.0	21.6	47.5	31.5	19.3	84.7	88.4	144.3	835.2
2538	195.0	69.8	3.9	74.5	37.2	15.3	43.1	31.1	19.3	85.0	85.3	146.7	806.2
2539	193.0	69.1	3.5	79.8	57.6	15.5	44.8	28.0	19.3	84.9	86.4	143.9	825.8
2540	197.9	70.9	4.9	82.2	59.1	21.2	45.8	31.7	19.3	84.6	86.3	147.0	850.8
2541	197.5	70.5	4.4	69.9	44.5	30.5	47.7	27.8	18.7	83.2	87.1	144.6	826.4
2542	189.2	68.5	4.0	67.6	50.2	21.2	40.9	29.8	19.3	84.6	87.8	146.8	810.0
2543	195.8	68.8	3.7	77.9	52.8	43.4	50.7	31.8	19.3	83.7	87.2	138.8	853.8
ค่าเฉลี่ย	196.2	69.8	4.0	72.0	51.1	23.0	45.1	29.9	18.7	84.4	87.1	144.5	825.8
ค่าสูงสุด	200.4	71.9	4.9	86.8	71.8	43.4	58.8	32.6	19.3	85.0	88.4	148.7	861.1
ค่าต่ำสุด	189.2	68.5	3.2	54.8	34.8	15.2	37.2	23.5	16.6	79.4	83.8	138.8	785.1

ที่มา 1.รายงานการศึกษาเกณฑ์การเก็บกักน้ำเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ กรมชลประทาน (พฤษภาคม 2546)

2.จากการคำนวณโดยโปรแกรม MWUSMO5.0

ตาราง ค-6 คุณสมบัติทางสถิติของข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายเดือนของอ่างเก็บน้ำป่าสักชลสิทธิ์
ที่ได้จากโปรแกรม HEC-4

ชุดข้อมูล	คุณสมบัติทางสถิติ					
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ค่าสัมประสิทธิ์ ความแปรปรวน	ค่าสัมประสิทธิ์ ความบิดเบี้ยว	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด
ข้อมูลชุดเดิม	180.07	313.50	1.74	3.03	2436.04	0.00
ข้อมูลสังเคราะห์						
ชุดที่ 1	182.43	330.78	1.81	3.38	2273.71	0.15
ชุดที่ 2	182.04	310.14	1.70	2.66	1961.83	0.25
ชุดที่ 3	181.49	317.97	1.75	2.84	1900.22	1.53
ชุดที่ 4	180.61	315.51	1.75	3.02	2044.63	0.12
ชุดที่ 5	183.95	321.44	1.75	2.79	2139.10	0.00
ชุดที่ 6	179.58	321.12	1.79	3.49	2709.29	0.00
ชุดที่ 7	182.05	319.58	1.76	2.82	1826.54	0.57
ชุดที่ 8	182.12	328.78	1.81	3.49	2662.38	0.00
ชุดที่ 9	183.09	317.29	1.73	2.74	2040.47	0.00
ชุดที่ 10	180.35	311.30	1.73	2.80	2007.73	0.16
ชุดที่ 11	180.90	312.50	1.73	2.71	1881.93	0.39
ชุดที่ 12	184.12	339.71	1.85	3.69	3158.12	0.12
ชุดที่ 13	181.08	316.39	1.75	2.89	2016.64	0.01
ชุดที่ 14	180.33	322.60	1.79	3.61	2664.46	0.95
ชุดที่ 15	182.58	323.40	1.77	2.99	1980.89	0.00
ชุดที่ 16	179.25	297.95	1.66	2.56	1755.62	0.00
ชุดที่ 17	184.60	338.79	1.84	3.46	2603.41	0.00
ชุดที่ 18	182.71	332.32	1.82	3.18	2256.68	0.21
ชุดที่ 19	181.92	322.08	1.77	2.99	2190.52	0.04
ชุดที่ 20	179.60	307.19	1.71	2.73	1650.81	0.46
ชุดที่ 21	180.86	313.51	1.73	2.79	1866.51	0.00
ชุดที่ 22	180.44	312.22	1.73	2.91	2069.71	0.00
ชุดที่ 23	180.25	314.01	1.74	2.85	1856.66	0.22
ชุดที่ 24	181.09	314.72	1.74	2.76	1896.97	0.33
ชุดที่ 25	180.85	324.61	1.79	3.36	2493.93	0.10
ชุดที่ 26	179.54	307.77	1.71	2.79	1755.56	0.02
ชุดที่ 27	182.00	323.93	1.78	3.33	2510.15	1.22
ชุดที่ 28	179.61	312.69	1.74	3.08	2381.53	0.00
ชุดที่ 29	180.45	308.51	1.71	2.65	1859.33	0.14
ชุดที่ 30	182.15	312.53	1.72	2.57	1679.82	0.00

ตาราง ค-7 คุณสมบัติทางสถิติของข้อมูลปริมาณฝนรายเดือนของอ่างเก็บน้ำป่าสักชลสิทธิ์
ที่ได้จากโปรแกรม HEC-4

ชุดข้อมูล	คุณสมบัติทางสถิติ					
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ค่าสัมประสิทธิ์ ความแปรปรวน	ค่าสัมประสิทธิ์ ความบิดเบี้ยว	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด
ข้อมูลชุดเดิม	109.22	113.54	1.04	1.19	632.10	0.00
ข้อมูลสังเคราะห์						
ชุดที่ 1	110.97	116.43	1.05	0.99	506.00	0.00
ชุดที่ 2	113.86	119.42	1.05	1.07	598.00	0.00
ชุดที่ 3	112.00	116.94	1.04	1.13	678.00	0.00
ชุดที่ 4	112.13	116.34	1.04	0.90	511.00	0.00
ชุดที่ 5	112.46	117.70	1.05	0.96	536.00	0.00
ชุดที่ 6	111.73	113.45	1.02	0.78	428.00	0.00
ชุดที่ 7	112.01	117.75	1.05	1.04	647.00	0.00
ชุดที่ 8	113.43	120.25	1.06	1.07	584.00	0.00
ชุดที่ 9	112.85	115.60	1.02	0.97	679.00	0.00
ชุดที่ 10	112.62	116.82	1.04	0.91	492.00	0.00
ชุดที่ 11	113.91	118.46	1.04	0.86	519.00	0.00
ชุดที่ 12	113.01	119.48	1.06	1.09	654.00	0.00
ชุดที่ 13	111.71	113.82	1.02	0.84	476.00	0.00
ชุดที่ 14	113.47	120.81	1.06	1.05	553.00	0.00
ชุดที่ 15	110.70	114.11	1.03	0.93	521.00	0.00
ชุดที่ 16	111.88	116.87	1.04	1.04	569.00	0.00
ชุดที่ 17	110.26	114.06	1.03	0.97	476.00	0.00
ชุดที่ 18	111.89	115.86	1.04	0.97	550.00	0.00
ชุดที่ 19	113.66	119.80	1.05	1.05	625.00	0.00
ชุดที่ 20	111.82	115.50	1.03	0.91	527.00	0.00
ชุดที่ 21	113.98	120.54	1.06	1.09	658.00	0.00
ชุดที่ 22	111.98	116.60	1.04	0.96	544.00	0.00
ชุดที่ 23	112.52	117.16	1.04	0.93	486.00	0.00
ชุดที่ 24	113.15	116.85	1.03	1.01	567.00	0.00
ชุดที่ 25	111.87	116.39	1.04	0.97	693.00	0.00
ชุดที่ 26	111.77	117.35	1.05	1.01	582.00	0.00
ชุดที่ 27	111.15	117.75	1.06	1.11	611.00	0.00
ชุดที่ 28	112.11	116.54	1.04	1.09	715.00	0.00
ชุดที่ 29	112.07	114.70	1.02	0.92	547.00	0.00
ชุดที่ 30	111.00	114.96	1.04	0.94	508.00	0.00

ตาราง ค-8 ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายเดือนของอ่างเก็บน้ำป่าสักชลสิทธิ์
ที่ได้จากโปรแกรม HEC-4 ด้วย ANOVA : Single Factor

ชุดข้อมูล	จำนวน	ผลรวม	ค่าเฉลี่ย	ความแปรปรวน
ข้อมูลชุดเดิม	372	66986.34	180.07	98280.25
ข้อมูลสังเคราะห์				
ชุดที่ 1	372	67862.43	182.43	109417.83
ชุดที่ 2	372	67718.59	182.04	96185.79
ชุดที่ 3	372	67515.14	181.49	101104.64
ชุดที่ 4	372	67188.07	180.61	99549.08
ชุดที่ 5	372	68428.47	183.95	103325.06
ชุดที่ 6	372	66803.04	179.58	103117.61
ชุดที่ 7	372	67721.55	182.05	102129.10
ชุดที่ 8	372	67749.74	182.12	108094.07
ชุดที่ 9	372	68108.76	183.09	100672.83
ชุดที่ 10	372	67089.85	180.35	96907.28
ชุดที่ 11	372	67293.76	180.90	97653.36
ชุดที่ 12	372	68492.69	184.12	115400.79
ชุดที่ 13	372	67361.11	181.08	100105.18
ชุดที่ 14	372	67082.73	180.33	104070.02
ชุดที่ 15	372	67919.69	182.58	104588.52
ชุดที่ 16	372	66682.69	179.25	88772.42
ชุดที่ 17	372	68671.40	184.60	114780.83
ชุดที่ 18	372	67968.48	182.71	110434.61
ชุดที่ 19	372	67675.46	181.92	103733.26
ชุดที่ 20	372	66811.21	179.60	94363.05
ชุดที่ 21	372	67280.82	180.86	98288.67
ชุดที่ 22	372	67124.96	180.44	97478.45
ชุดที่ 23	372	67053.64	180.25	98600.74
ชุดที่ 24	372	67365.79	181.09	99046.43
ชุดที่ 25	372	67277.46	180.85	105368.55
ชุดที่ 26	372	66787.06	179.54	94724.89
ชุดที่ 27	372	67704.91	182.00	104932.46
ชุดที่ 28	372	66816.17	179.61	97772.61
ชุดที่ 29	372	67126.66	180.45	95175.48
ชุดที่ 30	372	67761.32	182.15	97672.61

ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยของข้อมูลโดยใช้ ANOVA: Single Factor

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F critical
Between Groups	22432.97	30	747.77	0.0074	1	1.4601
Within Groups	1.166E+09	11501	101346.66			
Total	1.166E+09	11531				Accept H0

ตาราง ค-9 ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณฝนรายเดือนของอ่างเก็บน้ำป่าสักชลสิทธิ์
ที่ได้จากโปรแกรม HEC-4 ด้วย ANOVA : Single Factor

ชุดข้อมูล	จำนวน	ผลรวม	ค่าเฉลี่ย	ความแปรปรวน
ข้อมูลชุดเดิม	372	40631.54	109.22	12890.87
ข้อมูลสังเคราะห์				
ชุดที่ 1	372	41280.00	110.97	13556.74
ชุดที่ 2	372	42356.00	113.86	14261.13
ชุดที่ 3	372	41664.00	112.00	13674.16
ชุดที่ 4	372	41712.00	112.13	13533.88
ชุดที่ 5	372	41834.00	112.46	13853.01
ชุดที่ 6	372	41563.00	111.73	12870.21
ชุดที่ 7	372	41666.00	112.01	13865.32
ชุดที่ 8	372	42197.00	113.43	14458.97
ชุดที่ 9	372	41981.00	112.85	13363.38
ชุดที่ 10	372	41894.00	112.62	13646.88
ชุดที่ 11	372	42373.00	113.91	14032.21
ชุดที่ 12	372	42039.00	113.01	14274.65
ชุดที่ 13	372	41557.00	111.71	12956.09
ชุดที่ 14	372	42212.00	113.47	14594.63
ชุดที่ 15	372	41181.00	110.70	13021.12
ชุดที่ 16	372	41619.00	111.88	13657.54
ชุดที่ 17	372	41015.00	110.26	13009.50
ชุดที่ 18	372	41622.00	111.89	13423.57
ชุดที่ 19	372	42283.00	113.66	14351.19
ชุดที่ 20	372	41597.00	111.82	13340.34
ชุดที่ 21	372	42401.00	113.98	14529.43
ชุดที่ 22	372	41658.00	111.98	13595.29
ชุดที่ 23	372	41857.00	112.52	13727.43
ชุดที่ 24	372	42093.00	113.15	13653.63
ชุดที่ 25	372	41614.00	111.87	13546.10
ชุดที่ 26	372	41577.00	111.77	13771.84
ชุดที่ 27	372	41346.00	111.15	13865.83
ชุดที่ 28	372	41706.00	112.11	13582.07
ชุดที่ 29	372	41691.00	112.07	13155.13
ชุดที่ 30	372	41293.00	111.00	13216.56

ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยของข้อมูลโดยใช้ ANOVA: Single Factor

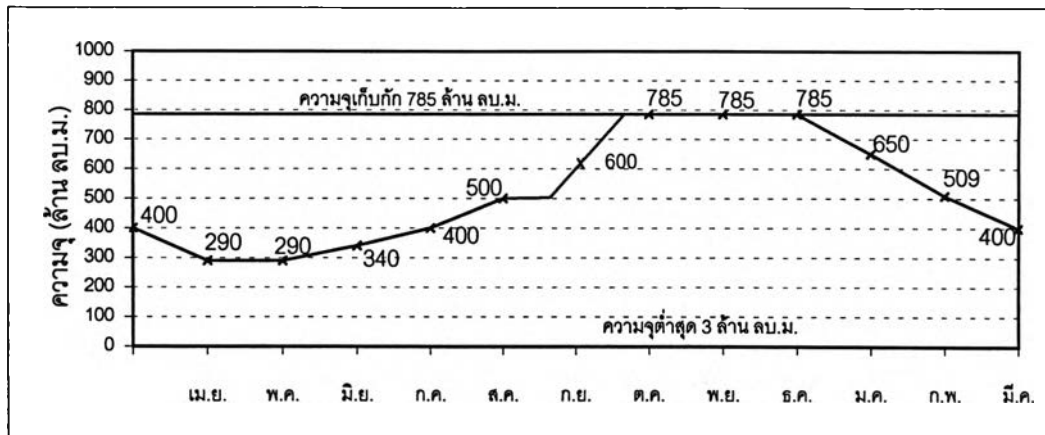
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	13623.69	30	454.12	0.0333	1	1.4601
Within Groups	157036398	11501	13654.15			
Total	157050022	11531				Accept H_0

ตาราง ค-10 ผลการทดสอบค่าความแปรปรวนของข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายเดือนของอ่างเก็บน้ำ
ป่าสักชลสิทธิ์ ที่ได้จากโปรแกรม HEC-4 ด้วย F-Test

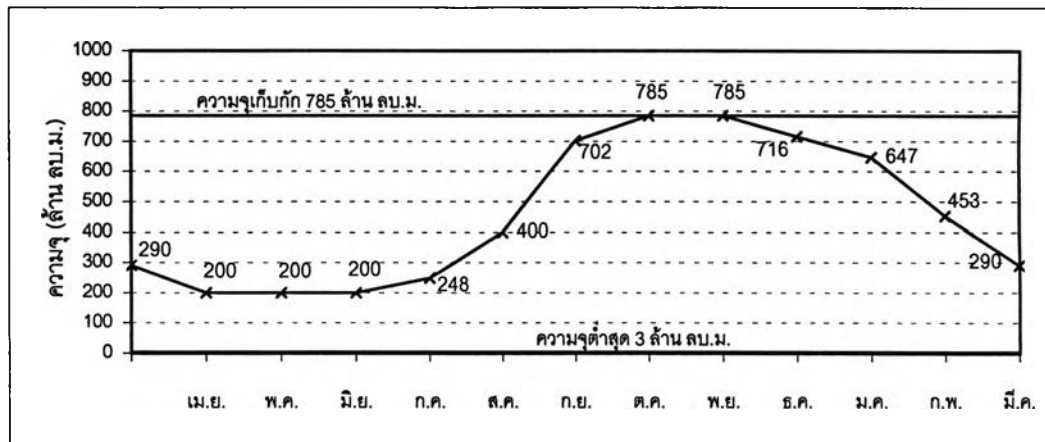
ชุดข้อมูล	ความแปรปรวน		F-Statistic	F-Critical		Result
	ข้อมูลเดิม	ข้อมูลสังเคราะห์		Lower	Upper	
ชุดที่ 1	98280.25	109417.83	1.11	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 2	98280.25	96185.79	0.98	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 3	98280.25	101104.64	1.03	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 4	98280.25	99549.08	1.01	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 5	98280.25	103325.06	1.05	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 6	98280.25	103117.61	1.05	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 7	98280.25	102129.10	1.04	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 8	98280.25	108094.07	1.10	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 9	98280.25	100672.83	1.02	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 10	98280.25	96907.28	0.99	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 11	98280.25	97653.36	0.99	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 12	98280.25	115400.79	1.17	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 13	98280.25	100105.18	1.02	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 14	98280.25	104070.02	1.06	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 15	98280.25	104588.52	1.06	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 16	98280.25	88772.42	0.90	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 17	98280.25	114780.83	1.17	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 18	98280.25	110434.61	1.12	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 19	98280.25	103733.26	1.06	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 20	98280.25	94363.05	0.96	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 21	98280.25	98288.67	1.00	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 22	98280.25	97478.45	0.99	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 23	98280.25	98600.74	1.00	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 24	98280.25	99046.43	1.01	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 25	98280.25	105368.55	1.07	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 26	98280.25	94724.89	0.96	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 27	98280.25	104932.46	1.07	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 28	98280.25	97772.61	0.99	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 29	98280.25	95175.48	0.97	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 30	98280.25	97672.61	0.99	0.84	1.19	Accept H_0

ตาราง ค-11 ผลการทดสอบค่าความแปรปรวนของข้อมูลปริมาณฝนรายเดือนของอ่างเก็บน้ำ
ป่าสักชลสิทธิ์ ที่ได้จากโปรแกรม HEC-4 ด้วย F-Test

ชุดข้อมูล	ความแปรปรวน		F-Statistic	F-Critical		Result
	ข้อมูลเดิม	ข้อมูลสังเคราะห์		Lower	Upper	
ชุดที่ 1	12890.87	13556.74	1.05	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 2	12890.87	14261.13	1.11	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 3	12890.87	13674.16	1.06	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 4	12890.87	13533.88	1.05	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 5	12890.87	13853.01	1.07	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 6	12890.87	12870.21	1.00	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 7	12890.87	13865.32	1.08	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 8	12890.87	14458.97	1.12	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 9	12890.87	13363.38	1.04	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 10	12890.87	13646.88	1.06	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 11	12890.87	14032.21	1.09	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 12	12890.87	14274.65	1.11	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 13	12890.87	12956.09	1.01	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 14	12890.87	14594.63	1.13	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 15	12890.87	13021.12	1.01	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 16	12890.87	13657.54	1.06	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 17	12890.87	13009.50	1.01	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 18	12890.87	13423.57	1.04	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 19	12890.87	14351.19	1.11	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 20	12890.87	13340.34	1.03	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 21	12890.87	14529.43	1.13	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 22	12890.87	13595.29	1.05	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 23	12890.87	13727.43	1.06	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 24	12890.87	13653.63	1.06	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 25	12890.87	13546.10	1.05	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 26	12890.87	13771.84	1.07	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 27	12890.87	13865.83	1.08	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 28	12890.87	13582.07	1.05	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 29	12890.87	13155.13	1.02	0.84	1.19	Accept H_0
ชุดที่ 30	12890.87	13216.56	1.03	0.84	1.19	Accept H_0



รูป ค-1 เถนซ์การปฏิบัติงานแบบ RC42



รูป ค-2 เถนซ์การปฏิบัติงานแบบ RC46

ตาราง ค-12 เกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำป่าสัก กรณีสภาพปัจจุบัน

หน่วย : ล้าน ลบ.ม.

เดือน	RC46	RCP0.02M(P)		RCP0.03M(P)		RCP0.04M(P)		RCP0.05M(P)		RCP0.10M(P)	
		URC	LRC	URC	LRC	URC	LRC	URC	LRC	URC	LRC
เม.ย.	290	622	491	644	420	660	369	672	331	712	205
พ.ค.	200	490	403	517	341	537	296	551	263	600	152
มิ.ย.	200	343	321	386	279	417	248	440	225	516	149
ก.ค.	200	467	69	392	69	339	105	144	144	277	166
ส.ค.	248	579	69	436	69	334	69	258	258	74	74
ก.ย.	400	548	69	401	69	295	69	217	217	69	69
ต.ค.	702	785	313	785	356	785	388	785	411	613	488
พ.ย.	785	785	698	785	706	785	712	785	716	731	658
ธ.ค.	785	785	785	785	785	785	785	785	785	785	674
ม.ค.	716	785	785	785	785	785	770	785	732	785	603
ก.พ.	647	785	785	785	741	785	689	785	651	785	522
มี.ค.	453	785	680	785	607	785	556	785	517	785	389

ตาราง ค-13 เกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำป่าสัก กรณีสภาพอนาคต

หน่วย : ล้าน ลบ.ม.

เดือน	RC42	RCP0.02M(F)		RCP0.03M(F)		RCP0.04M(F)		RCP0.05M(F)		RCP0.10M(F)	
		URC	LRC	URC	LRC	URC	LRC	URC	LRC	URC	LRC
เม.ย.	290	623	548	646	477	662	426	673	388	713	261
พ.ค.	290	491	458	518	396	537	351	552	318	600	207
มิ.ย.	340	395	377	438	333	469	302	492	280	569	203
ก.ค.	400	486	69	411	70	358	123	318	163	295	185
ส.ค.	500	587	69	444	69	341	69	266	69	75	69
ก.ย.	600	558	69	410	69	304	69	226	69	69	69
ต.ค.	785	785	324	785	367	785	398	785	421	729	499
พ.ย.	785	785	710	785	718	785	724	785	729	764	743
ธ.ค.	785	785	785	785	785	785	785	785	785	785	767
ม.ค.	650	785	785	785	785	785	785	785	785	785	687
ก.พ.	509	785	785	785	785	785	765	785	727	785	598
มี.ค.	400	785	744	785	672	785	620	785	581	785	452

ภาคผนวก ง

การพัฒนาแบบจำลอง ANN

ง1 ข้อมูลที่ใช้พัฒนาแบบจำลอง

(1) ค่า Time of Concentration (T_c) ของลุ่มน้ำย่อยซึ่งเป็นระยะเวลาที่น้ำฝนจากจุดไกลสุดของลุ่มน้ำเคลื่อนที่มาถึงจุดวัดน้ำท่าเป็นตัวชี้ถึงจำนวนวันที่ฝนมีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำท่าที่ไหลบนผิวดิน (Direct runoff) มาถึงสถานีวัดน้ำท่า หาได้จากกราฟน้ำฝน-น้ำท่าโดยเริ่มวัดจากเวลาที่ฝนหยุดตกไปถึงจุดเปลี่ยนโค้ง (Point of inflection) บนโค้งการลดลงของกราฟน้ำท่าซึ่งเลือกมาจากเหตุการณ์ในอดีตของแต่ละสถานีและเป็นเหตุการณ์ที่มีลักษณะเป็นพายุฝนลูกเดียว แสดงในรูป ง-1

(2) การแบ่งช่วงข้อมูล

(2.1) การพิจารณารูปแบบการพยากรณ์ แบ่งช่วงข้อมูลของแบบจำลองที่สถานีวัดน้ำท่า SM3 โดยวิธีแจกแจงความถี่แบบ Weibull แสดงในตาราง ง-1

(2.2) การพัฒนาแบบจำลอง ANN ฤดูฝน แบ่งช่วงข้อมูลของแบบจำลอง (ที่อ่างเก็บน้ำป่าสักฯ) โดยวิธีแจกแจงความถี่แบบ Weibull ดังแสดงในตาราง ง-2

(2.3) การพัฒนาแบบจำลอง ANN ฤดูแล้ง แบ่งช่วงข้อมูลของแบบจำลอง (ที่อ่างเก็บน้ำป่าสักฯ) โดยวิธีแจกแจงความถี่แบบ Weibull ดังแสดงในตาราง ง-3

ง2 การพัฒนาแบบจำลอง ANN ฤดูฝน

(1) การทดสอบชุดตัวแปรนำเข้าที่มีนัยสำคัญ

การทดสอบชุดตัวแปรนำเข้าที่มีนัยสำคัญได้นำตัวแปรที่ผ่านการคัดเลือกเบื้องต้นมาทดสอบเพื่อพิจารณาว่าตัวแปรที่คัดเลือกมีนัยสำคัญเพียงพอต่อการนำไปพยากรณ์หรือไม่ โดยใช้ข้อมูลเรียนรู้จำนวน 2,392 ชุด และข้อมูลทดสอบจำนวน 552 ชุดการทดสอบชุดตัวแปรนำเข้าที่มีนัยสำคัญแบ่งเป็น 2 ชนิดตัวแปร คือ ตัวแปรอัตราการไหล และ ตัวแปรปริมาณฝนเฉลี่ยพื้นที่

(1.1) การคัดเลือกตัวแปรอัตราการไหลจากสถานีวัดน้ำท่าทดสอบ 5 ชุดตัวแปร ได้แก่ อัตราการไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ (Qres) อัตราการไหลที่สถานีวัดน้ำท่า SM3 (Qsm3) อัตราการไหลที่สถานีวัดน้ำท่า SM2 (Qsm2) อัตราการไหลที่สถานีวัดน้ำท่า S4B (Qs4b) และ อัตราการไหลที่สถานีวัดน้ำท่า SM1 (Qsm1) ผลการทดสอบชุดตัวแปรอัตราการไหลเพื่อนำเข้าแบบจำลอง ANN ในฤดูฝนแสดงในตาราง ง-4 โดยการคัดเลือกตัวแปรได้พิจารณาผลการเพิ่มตัวแปรที่มีต่อประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ทำให้ค่าประสิทธิภาพของแบบจำลองดีขึ้น

(1.2) การคัดเลือกตัวแปรปริมาณฝนเฉลี่ยพื้นที่ทดสอบโดยใช้ตัวแปร Qsm3 เป็นตัวแปรหลัก และเพิ่มตัวแปรปริมาณน้ำฝนเข้าไปทดสอบ แบ่งเป็น 4 ชุดตัวแปร ได้แก่ ตัวแปร R5 R4 R3 และ R2 ผลการทดสอบชุดตัวแปรปริมาณฝนเฉลี่ยพื้นที่ในฤดูฝนแสดงในตาราง ง-5 โดยการคัดเลือกตัวแปรได้พิจารณาผลการเพิ่มตัวแปรที่มีต่อประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ทำให้ค่าประสิทธิภาพของแบบจำลองดีขึ้น

(2) ผลของแบบจำลอง ANN ฤดูฝน

การพยากรณ์อัตราการไหลรายวันในฤดูฝนได้คัดเลือกชุดตัวแปรที่มีผลต่อการพยากรณ์มาใส่ในแบบจำลองแต่ละชุด โดยเริ่มจากข้อมูลสถานีวัดน้ำท่าเหนืออ่างเก็บน้ำ SM3 และฝนในพื้นที่ R5 จากนั้นได้เพิ่มชุดตัวแปรประกอบด้วย ข้อมูลสถานีวัดน้ำท่า SM2 และฝนในพื้นที่ R4 ข้อมูลสถานีวัดน้ำท่า S4B และฝนในพื้นที่ R3 ข้อมูลสถานีวัดน้ำท่า SM1 และฝนในพื้นที่ R2 ผลการพยากรณ์อัตราการไหลรายวันล่วงหน้า 1 ถึง 7 วันในฤดูฝนแสดงในตาราง ง-6 ถึง ง-12

ง3 การพัฒนาแบบจำลอง ANN ฤดูแล้ง

(1) การทดสอบชุดตัวแปรนำเข้าที่มีนัยสำคัญ

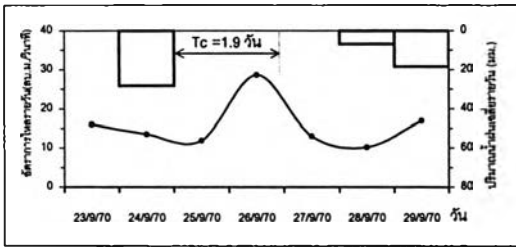
การทดสอบชุดตัวแปรนำเข้าที่มีนัยสำคัญได้นำตัวแปรที่ผ่านการคัดเลือกเบื้องต้นมาทดสอบเพื่อพิจารณาว่าตัวแปรที่คัดเลือกมีนัยสำคัญเพียงพอต่อการนำไปพยากรณ์หรือไม่ โดยใช้ข้อมูลเรียนรู้จำนวน 2,346 ชุด และข้อมูลทดสอบจำนวน 545 ชุด การทดสอบชุดตัวแปรนำเข้าที่มีนัยสำคัญแบ่งเป็น 2 ชนิดตัวแปร คือ ตัวแปรอัตราการไหล และ ตัวแปรปริมาณฝนเฉลี่ยพื้นที่

(1.1) การคัดเลือกตัวแปรอัตราการไหลจากสถานีวัดน้ำท่าทดสอบ 5 ชุดตัวแปร ได้แก่ อัตราการไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ (Qres) อัตราการไหลที่สถานีวัดน้ำท่า SM3 (Qsm3) อัตราการไหลที่สถานีวัดน้ำท่า SM2 (Qsm2) อัตราการไหลที่สถานีวัดน้ำท่า S4B (Qs4b) และ อัตราการไหลที่สถานีวัดน้ำท่า SM1 (Qsm1) ผลการทดสอบชุดตัวแปรอัตราการไหลเพื่อนำเข้าแบบจำลอง ANN ในฤดูแล้งแสดงในตาราง ง-13 โดยการคัดเลือกตัวแปรได้พิจารณาผลการเพิ่มตัวแปรที่มีต่อประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ทำให้ค่าประสิทธิภาพของแบบจำลองดีขึ้น

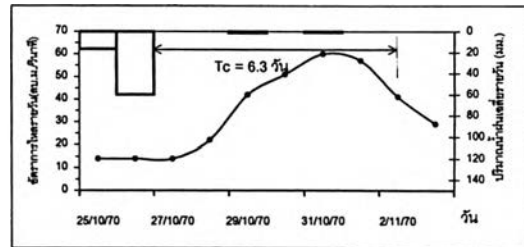
(1.2) การคัดเลือกตัวแปรปริมาณฝนเฉลี่ยพื้นที่ทดสอบโดยใช้ตัวแปร Qsm3 เป็นตัวแปรหลัก และเพิ่มตัวแปรปริมาณน้ำฝนเข้าไปทดสอบ โดยได้ทดสอบตัวแปร R5 และ R4 ผลการทดสอบชุดตัวแปรปริมาณฝนเฉลี่ยพื้นที่ในฤดูแล้งแสดงในตาราง ง-14 โดยการคัดเลือกตัวแปรได้พิจารณาผลการเพิ่มตัวแปรที่มีต่อประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ทำให้ค่าประสิทธิภาพของแบบจำลองดีขึ้น

(2) ผลของแบบจำลอง ANN ฤดูแล้ง

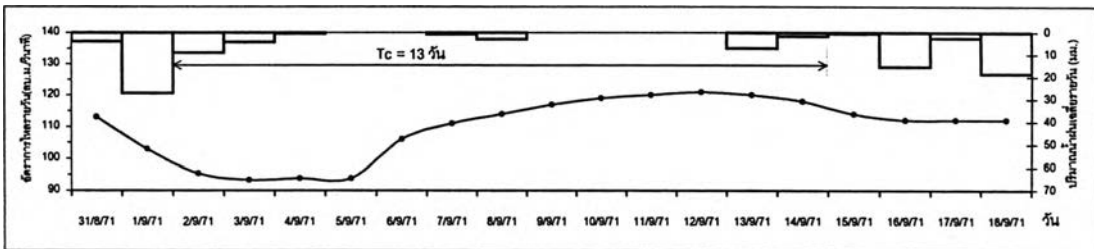
การพยากรณ์อัตราการไหลรายวันในฤดูแล้งได้นำตัวแปรที่คัดเลือกไว้มาใช้ในแบบจำลอง โดยได้เพิ่มชุดตัวแปรที่ละชุดเข้าไปในแบบจำลอง จากนั้นจึงคัดเลือกแบบจำลองที่ให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีทั้งชุดข้อมูลเรียนรู้และชุดข้อมูลทดสอบ รวมทั้งพิจารณาจากอัตราการเปลี่ยนแปลงค่าประสิทธิภาพ ผลการพยากรณ์อัตราการไหลรายวันล่วงหน้า 1 ถึง 7 วันในฤดูแล้งแสดงในตาราง ง-15 ถึง ง-21



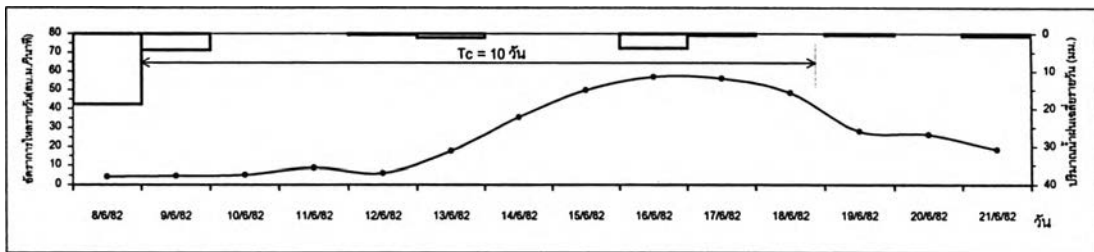
ก. กราฟน้ำฝน-น้ำท่า ของลุ่มน้ำย่อย 1



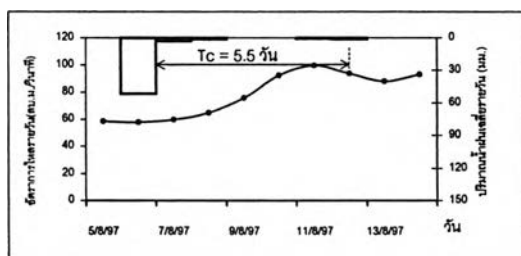
ข. กราฟน้ำฝน-น้ำท่า ของลุ่มน้ำย่อย 2



ค. กราฟน้ำฝน-น้ำท่า ของลุ่มน้ำย่อย 3



ง. กราฟน้ำฝน-น้ำท่า ของลุ่มน้ำย่อย 4



จ. กราฟน้ำฝน-น้ำท่า ของลุ่มน้ำย่อย 5

รูป ง-1 ค่า Tme of Concentration (Tc) ของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย

ตาราง ง-1 การแบ่งช่วงข้อมูลของแบบจำลอง ANN ที่สถานีวัดน้ำท่า SM3 โดยวิธีแจกแจง
ความถี่แบบ Weibull

ลำดับ	ความถี่ การเกิดซ้ำ(%)	ปี (พ.ศ.)	ปริมาณน้ำท่า เฉลี่ยฤดูฝน(mcm)	ปีที่จัดเรียง (พ.ศ.)	การจัดเรียงข้อมูล ตามขนาด	หมายเหตุ
1	5.88	2513	1,837.91	2543	3,992.62	ข้อมูลเรียนรู้
2	11.76	2514	765.13	2521	2,847.90	ข้อมูลเรียนรู้
3	17.65	2515	574.35	2538	2,477.89	ข้อมูลทดสอบ
4	23.53	2516	600.30	2525	2,370.40	ข้อมูลเรียนรู้
5	29.41	2517	719.29	2518	2,062.26	ข้อมูลเรียนรู้
6	35.29	2518	2,062.26	2523	2,206.98	ข้อมูลเรียนรู้
7	41.18	2521	2,847.90	2539	1,972.55	ข้อมูลเรียนรู้
8	47.06	2522	569.17	2513	1,837.91	ข้อมูลเรียนรู้
9	52.94	2523	2,206.98	2524	1,559.20	ข้อมูลทดสอบ
10	58.82	2524	1,559.20	2526	1,486.61	ข้อมูลเรียนรู้
11	64.71	2525	2,370.40	2540	1,272.11	ข้อมูลเรียนรู้
12	70.59	2526	1,486.61	2514	765.13	ข้อมูลเรียนรู้
13	76.47	2538	2,477.89	2517	719.29	ข้อมูลเรียนรู้
14	82.35	2539	1,972.55	2516	600.30	ข้อมูลทดสอบ
15	88.24	2540	1,272.11	2515	574.35	ข้อมูลเรียนรู้
16	94.12	2543	3,992.62	2522	569.17	ข้อมูลเรียนรู้
-	-	2541	1,142.12	-	-	ข้อมูลรับรองผล
-	-	2542	2,177.29	-	-	ข้อมูลรับรองผล

ตาราง ง-2 การแบ่งช่วงข้อมูลของแบบจำลอง ANN ณ อ่างเก็บน้ำป่าสักฯ ในฤดูฝน
โดยวิธีแจกแจงความถี่แบบ Weibull

ลำดับ	ความถี่ การเกิดซ้ำ(%)	ปี (พ.ศ.)	ปริมาณน้ำท่า เฉลี่ยฤดูฝน(mcm)	ปีที่จัดเรียง (พ.ศ.)	การจัดเรียงข้อมูล ตามขนาด	หมายเหตุ
1	5.88	2513	1,587.92	2521	4,547.84	ข้อมูลเรียนรู้
2	11.76	2514	969.21	2543	4,540.09	ข้อมูลเรียนรู้
3	17.65	2515	1,200.20	2538	3,454.65	ข้อมูลทดสอบ
4	23.53	2516	909.72	2518	2,669.86	ข้อมูลเรียนรู้
5	29.41	2517	849.07	2523	2,416.19	ข้อมูลเรียนรู้
6	35.29	2518	2,669.86	2525	2,326.96	ข้อมูลเรียนรู้
7	41.18	2521	4,547.84	2539	2,313.94	ข้อมูลเรียนรู้
8	47.06	2522	790.52	2526	1,939.80	ข้อมูลเรียนรู้
9	52.94	2523	2,416.19	2524	1,857.94	ข้อมูลทดสอบ
10	58.82	2524	1,857.94	2513	1,587.92	ข้อมูลเรียนรู้
11	64.71	2525	2,326.96	2540	1,401.35	ข้อมูลเรียนรู้
12	70.59	2526	1,939.80	2515	1,200.20	ข้อมูลเรียนรู้
13	76.47	2538	3,454.65	2514	969.21	ข้อมูลเรียนรู้
14	82.35	2539	2,313.94	2516	909.72	ข้อมูลทดสอบ
15	88.24	2540	1,401.35	2517	849.07	ข้อมูลเรียนรู้
16	94.12	2543	4,540.09	2522	790.52	ข้อมูลเรียนรู้
-	-	2541	1,142.12	-	-	ข้อมูลรับรองผล
-	-	2542	2,177.29	-	-	ข้อมูลรับรองผล

ตาราง ง-3 การแบ่งช่วงข้อมูลของแบบจำลอง ANN ณ อ่างเก็บน้ำป่าสักฯในฤดูแล้ง
โดยวิธีแจกแจงความถี่แบบ Weibull

ลำดับ	ความถี่ การเกิดซ้ำ(%)	ปี (พ.ศ.)	ปริมาณน้ำท่า เฉลี่ยฤดูแล้ง(mcm)	ปีที่จัดเรียง (พ.ศ.)	การจัดเรียงข้อมูล ตามขนาด	หมายเหตุ
1	5.88	2513	223.87	2539	546.23	ข้อมูลเรียนรู้
2	11.76	2514	141.59	2526	529.47	ข้อมูลเรียนรู้
3	17.65	2515	314.27	2525	364.49	ข้อมูลทดสอบ
4	23.53	2516	66.17	2517	321.24	ข้อมูลเรียนรู้
5	29.41	2517	321.24	2515	314.27	ข้อมูลเรียนรู้
6	35.29	2518	251.67	2543	293.97	ข้อมูลเรียนรู้
7	41.18	2521	257.50	2524	289.55	ข้อมูลเรียนรู้
8	47.06	2522	76.21	2521	257.50	ข้อมูลเรียนรู้
9	52.94	2523	236.01	2518	251.67	ข้อมูลทดสอบ
10	58.82	2524	289.55	2523	236.01	ข้อมูลเรียนรู้
11	64.71	2525	364.49	2513	223.87	ข้อมูลเรียนรู้
12	70.59	2526	529.47	2540	206.06	ข้อมูลเรียนรู้
13	76.47	2538	201.87	2538	201.87	ข้อมูลเรียนรู้
14	82.35	2539	546.23	2514	141.59	ข้อมูลทดสอบ
15	88.24	2540	206.06	2522	76.21	ข้อมูลเรียนรู้
16	94.12	2543	293.97	2516	66.17	ข้อมูลเรียนรู้
-	-	2541	96.43	-	-	ข้อมูลรับรองผล
-	-	2542	386.99	-	-	ข้อมูลรับรองผล

ตาราง ง-4 ผลการทดสอบตัวแปรอัตราการใช้เพื่อนำเข้าแบบจำลอง ANN ในฤดูฝน (ต่อ)

กรณี	สถานี	ชุดตัวแปร นำเข้า	ข้อมูลเรียนรู้				ข้อมูลทดสอบ				โครงสร้าง	เปรียบ เทียบกับ กรณี
			EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)	EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)		
Q35	SM3	Q_j	79.76	19.84	95.63	36.12	86.20	9.60	66.73	29.06	2-2-1	Q4
	SM1	Q_{j-10}										
Q36	SM3	Q_j	79.57	19.07	96.09	36.05	86.05	8.60	67.09	28.36	2-2-1	Q4
	SM1	Q_{j-11}										
Q37	SM3	Q_j	79.14	17.40	97.07	36.38	85.73	6.49	67.86	28.26	2-2-1	Q4
	SM1	Q_{j-12}										
Q38	SM3	Q_j	77.99	12.82	99.73	36.75	85.96	8.00	67.31	28.01	2-2-1	Q4
	SM1	Q_{j-13}										

สรุป $Q_{sm1,j-6}$, $Q_{sm1,j-7}$, $Q_{sm1,j-8}$, $Q_{sm1,j-9}$, $Q_{sm1,j-10}$, $Q_{sm1,j-11}$, $Q_{sm1,j-12}$ จำนวน 7 ตัวแปร

หมายเหตุ	$Q1$	คือ	แบบจำลองอัตราการใช้กรณีที่ 1
	$Q2$	คือ	แบบจำลองอัตราการใช้กรณีที่ 2 (เลือกนำไปใช้ในการพัฒนาต่อไป)
	$Q_{res,j}$	คือ	อัตราการใช้เข้าอ่างเก็บน้ำในวันที่ j
	$Q_{sm3,j}$	คือ	อัตราการใช้ที่สถานีวัดน้ำท่า SM3 ในวันที่ j
	$Q_{sm2,j-1}$	คือ	อัตราการใช้ที่สถานีวัดน้ำท่า SM2 ในวันที่ $j-1$
	$Q_{s4b,j-1}$	คือ	อัตราการใช้ที่สถานีวัดน้ำท่า S4B ในวันที่ $j-1$
	$Q_{sm1,j-1}$	คือ	อัตราการใช้ที่สถานีวัดน้ำท่า SM1 ในวันที่ $j-1$

ตาราง ง-5 ผลการทดสอบตัวแปรปริมาณน้ำฝนเพื่อนำเข้าแบบจำลอง ANN ในฤดูฝน(ต่อ)

กรณี	สถานี	ชุดตัวแปร นำเข้า	ข้อมูลเรียนรู้				ข้อมูลทดสอบ				โครงสร้าง	เปรียบเทียบ กับกรณี
			EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)	EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)		
R48	SM3	Q_j	75.47	75.47	105.28	37.89	84.91	84.91	69.79	31.68	2-2-1	Q4
	R2	R_{j-12}										
R49	SM3	Q_j	75.68	75.68	104.83	38.02	84.93	84.93	69.74	31.11	2-2-1	Q4
	R2	R_{j-13}										
R50	SM3	Q_j	75.60	75.60	105.00	37.77	84.89	84.89	69.84	30.71	2-2-1	Q4
	R2	R_{j-14}										
สรุป			$R2_{j-9}, R2_{j-10}, R2_{j-11}, R2_{j-12}, R2_{j-13}, R2_{j-14}$ จำนวน 6 ตัวแปร									

หมายเหตุ	R1	คือ	แบบจำลองอัตราการไหลกรณีที่ 1
	R2	คือ	แบบจำลองอัตราการไหลกรณีที่ 2 (เลือกนำไปใช้ในการพัฒนาต่อไป)
	$R5_j$	คือ	ปริมาณฝนเฉลี่ยพื้นที่รายวันของกลุ่มน้ำย่อย 5 ในวันที่ j
	$R4_j$	คือ	ปริมาณฝนเฉลี่ยพื้นที่รายวันของกลุ่มน้ำย่อย 4 ในวันที่ j
	$R3_j$	คือ	ปริมาณฝนเฉลี่ยพื้นที่รายวันของกลุ่มน้ำย่อย 3 ในวันที่ j
	$R2_j$	คือ	ปริมาณฝนเฉลี่ยพื้นที่รายวันของกลุ่มน้ำย่อย 2 ในวันที่ j

ตาราง ง-6 ตัวแปรนำเข้าและผลการพยากรณ์จากแบบจำลอง ANN ในฤดูฝน ล่วงหน้า 1 วัน

กรณี	สถานี	ชุดตัวแปรนำเข้า	ข้อมูลเรียนรู้				ข้อมูลทดสอบ				โครงสร้าง	เปรียบเทียบกับกรณี
			EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)	EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)		
w-1d-1	RES	Q_j, Q_{j-1}	98.70	-	24.23	10.53	99.22	-	15.91	7.97	10-5-1	
	SM3	Q_j, Q_{j-1}										
	R5	$R_j, R_{j-1}, \dots, R_{j-5}$										
w-1d-2	RES	Q_j, Q_{j-1}	98.88	13.95	22.83	11.27	98.86	-45.36	19.66	10.15	25-7-6-1	w-1d-1
	SM3	Q_j, Q_{j-1}										
	SM2	$Q_{j-1}, Q_{j-2}, \dots, Q_{j-5}$										
	R5	$R_j, R_{j-1}, \dots, R_{j-5}$										
	R4	$R_{j-2}, R_{j-3}, \dots, R_{j-5},$ $R_{j-10}, R_{j-11}, \dots, R_{j-14}$										
w-1d-3	RES	Q_j, Q_{j-1}	98.96	42.84	22.03	11.24	98.88	-129.60	19.50	11.01	41-11-10-1	w-1d-1
	SM3	Q_j, Q_{j-1}										
	SM2	$Q_{j-1}, Q_{j-2}, \dots, Q_{j-5}$										
	S4B	$Q_{j-4}, Q_{j-5}, \dots, Q_{j-11}$										
	R5	$R_j, R_{j-1}, \dots, R_{j-5}$										
	R4	$R_{j-2}, R_{j-3}, \dots, R_{j-5},$ $R_{j-10}, R_{j-11}, \dots, R_{j-14}$										
	R3	$R_{j-2}, R_{j-3}, \dots, R_{j-5},$ $R_{j-9}, R_{j-10}, \dots, R_{j-13}$										

ตาราง ง-6 ตัวแปรนำเข้าและผลการพยากรณ์จากแบบจำลอง ANN ในฤดูฝน ล่วงหน้า 1 วัน(ต่อ)

กรณี	สถานี	ชุดตัวแปรนำเข้า	ข้อมูลเรียนรู้				ข้อมูลทดสอบ				โครงสร้าง	เปรียบเทียบ กับกรณี
			EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)	EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)		
w-1d-4	RES	Q_j, Q_{j-1}	98.98	43.89	21.49	10.52	98.74	-157.96	20.16	10.50	37-10-9-1	w-1d-1
	SM3	Q_j, Q_{j-1}										
	S4B	$Q_{j-4}, Q_{j-5}, \dots, Q_{j-11}$										
	R5	$R_j, R_{j-1}, \dots, R_{j-5}$										
	R4	$R_{j-2}, R_{j-3}, \dots, R_{j-5}$										
		$R_{j-10}, R_{j-11}, \dots, R_{j-14}$										
	R3	$R_{j-2}, R_{j-3}, \dots, R_{j-5}$										
		$R_{j-9}, R_{j-10}, \dots, R_{j-13}$										
w-1d-5	RES	Q_j, Q_{j-1}	98.97	43.56	21.55	10.69	98.92	-121.85	18.69	10.46	49-13-12-1	w-1d-1
	SM3	Q_j, Q_{j-1}										
	S4B	$Q_{j-4}, Q_{j-5}, \dots, Q_{j-11}$										
	SM1	$Q_{j-6}, Q_{j-7}, \dots, Q_{j-12}$										
	R5	$R_j, R_{j-1}, \dots, R_{j-5}$										
	R4	$R_{j-2}, R_{j-3}, \dots, R_{j-5}$										
		$R_{j-10}, R_{j-11}, \dots, R_{j-14}$										
	R3	$R_{j-2}, R_{j-3}, \dots, R_{j-5}$										
		$R_{j-9}, R_{j-10}, \dots, R_{j-13}$										
	R2	$R_{j-9}, R_{j-10}, \dots, R_{j-14}$										

ตาราง ง-7 ตัวแปรนำเข้าและผลการพยากรณ์จากแบบจำลอง ANN ในฤดูฝน ล่วงหน้า 2 วัน

กรณี	สถานี	ชุดตัวแปรนำเข้า	ข้อมูลเรียนรู้				ข้อมูลทดสอบ				โครงสร้าง	เปรียบเทียบ กับกรณี
			EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)	EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)		
w-2d-1	RES	Q_j	96.76	-	38.22	17.35	97.00	-	31.11	14.95	8-4-1	-
	SM3	Q_j										
	R5	$R_{j-1}, R_{j-2}, \dots, R_{j-4}$										
	FC RES	Q_{j+1}										
w-2d-2	RES	Q_j	97.97	37.43	30.23	15.57	97.07	9.46	30.73	16.11	34-9-8-1	w-2d-1
	SM3	Q_j										
	S4B	$Q_{j-3}, Q_{j-4}, \dots, Q_{j-10}$										
	R5	$R_{j-1}, R_{j-2}, \dots, R_{j-4}$										
	R4	$R_{j-1}, R_{j-2}, \dots, R_{j-4}$										
		$R_{j-9}, R_{j-10}, \dots, R_{j-13}$										
	R3	$R_{j-1}, R_{j-2}, \dots, R_{j-4}$										
		$R_{j-8}, R_{j-9}, \dots, R_{j-12}$										
	FC RES	Q_{j+1}										
w-2d-3	RES	Q_j	98.10	41.23	29.30	15.34	96.30	-14.24	34.52	16.93	47-12-12-1	w-2d-1
	SM3	Q_j										
	S4B	$Q_{j-3}, Q_{j-4}, \dots, Q_{j-10}$										
	SM1	$Q_{j-5}, Q_{j-6}, \dots, Q_{j-11}$										
	R5	$R_{j-1}, R_{j-2}, \dots, R_{j-4}$										
	R4	$R_{j-1}, R_{j-2}, \dots, R_{j-4}$										
		$R_{j-9}, R_{j-10}, \dots, R_{j-13}$										

ตาราง ง-7 ตัวแปรนำเข้าและผลการพยากรณ์จากแบบจำลอง ANN ในฤดูฝน ล่วงหน้า 2 วัน (ต่อ)

กรณี	สถานี	ชุดตัวแปรนำเข้า	ข้อมูลเรียนรู้				ข้อมูลทดสอบ				โครงสร้าง	เปรียบเทียบ กับกรณี
			EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)	EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)		
	R3	$R_{j-1}, R_{j-2}, \dots, R_{j-4}$										
		$R_{j-8}, R_{j-9}, \dots, R_{j-12}$										
	R2	$R_{j-8}, R_{j-9}, \dots, R_{j-13}$										
	FC RES	Q_{j+1}										

หมายเหตุ FC RES คือ ผลการพยากรณ์จากแบบจำลองก่อนหน้า

ตาราง ง-8 ตัวแปรนำเข้าและผลการพยากรณ์จากแบบจำลอง ANN ในฤดูฝน ล่วงหน้า 3 วัน

กรณี	สถานี	ชุดตัวแปรนำเข้า	ข้อมูลเรียนรู้				ข้อมูลทดสอบ				โครงสร้าง	เปรียบเทียบ กับกรณี
			EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)	EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)		
w-3d-1	R5	$R_j, R_{j-1}, \dots, R_{j-3}$	95.99	-	42.49	22.35	94.01	-	43.88	24.47	6-3-1	
	FC RES	Q_{j+1}, Q_{j+2}										
w-3d-2	S4B	$Q_{j-2}, Q_{j-3}, \dots, Q_{j-9}$	96.62	15.59	39.04	21.32	92.65	-22.86	48.64	24.90	32-8-8-1	w-3d-1
	R5	$R_j, R_{j-1}, \dots, R_{j-3}$										
	R4	$R_j, R_{j-1}, \dots, R_{j-3}$										
		$R_{j-8}, R_{j-9}, \dots, R_{j-12}$										
	R3	$R_j, R_{j-1}, \dots, R_{j-3}$										
		$R_{j-7}, R_{j-8}, \dots, R_{j-11}$										
	FC RES	Q_{j+1}, Q_{j+2}										

ตาราง ง-8 ตัวแปรนำเข้าและผลการพยากรณ์จากแบบจำลอง ANN ในฤดูฝน ล่วงหน้า 3 วัน (ต่อ)

กรณี	สถานี	ชุดตัวแปรนำเข้า	ข้อมูลเรียนรู้				ข้อมูลทดสอบ				โครงสร้าง	เปรียบเทียบ กับกรณี
			EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)	EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)		
w-3d-3	S4B	$Q_{j-2}, Q_{j-3}, \dots, Q_{j-9}$	97.13	28.31	35.98	19.70	92.99	-17.06	47.48	23.48	45-12-11-1	w-3d-1
	SM1	$Q_{j-4}, Q_{j-5}, \dots, Q_{j-10}$										
	R5	$R_j, R_{j-1}, \dots, R_{j-3}$										
	R4	$R_j, R_{j-1}, \dots, R_{j-3}$										
		$R_{j-8}, R_{j-9}, \dots, R_{j-12}$										
	R3	$R_j, R_{j-1}, \dots, R_{j-3}$										
		$R_{j-7}, R_{j-8}, \dots, R_{j-11}$										
	R2	$R_{j-7}, R_{j-8}, \dots, R_{j-12}$										
	FC RES	Q_{j+1}, Q_{j+2}										

ตาราง ง-9 ตัวแปรนำเข้าและผลการพยากรณ์จากแบบจำลอง ANN ในฤดูฝน ล่วงหน้า 4 วัน

กรณี	สถานี	ชุดตัวแปรนำเข้า	ข้อมูลเรียนรู้				ข้อมูลทดสอบ				โครงสร้าง	เปรียบเทียบ กับกรณี
			EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)	EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)		
w-4d-1	S4B	$Q_{j-1}, Q_{j-2}, \dots, Q_{j-8}$	96.12	-	41.80	24.49	88.10	-	61.82	29.85	42-11-11-1	-
	SM1	$Q_{j-3}, Q_{j-4}, \dots, Q_{j-9}$										
	R5	R_j, R_{j-1}, R_{j-2}										
	R4	R_j, R_{j-1}, R_{j-2}										
		$R_{j-7}, R_{j-8}, \dots, R_{j-11}$										



ตาราง ง-9 ตัวแปรนำเข้าและผลการพยากรณ์จากแบบจำลอง ANN ในฤดูฝน ล่วงหน้า 4 วัน (ต่อ)

กรณี	สถานี	ชุดตัวแปรนำเข้า	ข้อมูลเรียนรู้				ข้อมูลทดสอบ				โครงสร้าง	เปรียบเทียบ กับกรณี
			EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)	EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)		
	R3	$R_j, R_{j-1}, R_{j-2},$ $R_{j-6}, R_{j-7}, \dots, R_{j-10}$										
	R2	$R_{j-6}, R_{j-7}, \dots, R_{j-11}$										
	FC RES	Q_{j+2}, Q_{j+3}										

ตาราง ง-10 ตัวแปรนำเข้าและผลการพยากรณ์จากแบบจำลอง ANN ในฤดูฝน ล่วงหน้า 5 วัน

กรณี	สถานี	ชุดตัวแปรนำเข้า	ข้อมูลเรียนรู้				ข้อมูลทดสอบ				โครงสร้าง	เปรียบเทียบ กับกรณี
			EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)	EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)		
w-5d-1	S4B	$Q_j, Q_{j-1}, \dots, Q_{j-7}$	94.55	-	49.50	29.25	85.57	-	68.07	34.88	39-10-10-1	-
	SM1	$Q_{j-2}, Q_{j-3}, \dots, Q_{j-8}$										
	R5	R_j, R_{j-1}										
	R4	$R_j, R_{j-1},$ $R_{j-6}, R_{j-7}, \dots, R_{j-10}$										
	R3	$R_j, R_{j-1},$ $R_{j-5}, R_{j-6}, \dots, R_{j-9}$										
	R2	$R_{j-5}, R_{j-6}, \dots, R_{j-10}$										
	FC RES	Q_{j+3}, Q_{j+4}										

ตาราง ง-11 ตัวแปรนำเข้าและผลการพยากรณ์จากแบบจำลอง ANN ในฤดูฝน ล่วงหน้า 6 วัน

กรณี	สถานี	ชุดตัวแปรนำเข้า	ข้อมูลเรียนรู้				ข้อมูลทดสอบ				โครงสร้าง	เปรียบเทียบ กับกรณี
			EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)	EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)		
w-6d-1	S4B	$Q_j, Q_{j-1}, \dots, Q_{j-6}$	93.28	-	54.91	32.99	81.04	-	77.99	40.20	35-9-9-1	-
	SM1	$Q_{j-1}, Q_{j-2}, \dots, Q_{j-7}$										
	R5	R_j										
	R4	R_j										
		$R_{j-5}, R_{j-6}, \dots, R_{j-9}$										
	R3	R_j										
		$R_{j-4}, R_{j-5}, \dots, R_{j-8}$										
	R2	$R_{j-4}, R_{j-5}, \dots, R_{j-9}$										
	FC RES	Q_{j+4}, Q_{j+5}										

ตาราง ง-12 ตัวแปรนำเข้าและผลการพยากรณ์จากแบบจำลอง ANN ในฤดูฝน ล่วงหน้า 7 วัน

กรณี	สถานี	ชุดตัวแปรนำเข้า	ข้อมูลเรียนรู้				ข้อมูลทดสอบ				โครงสร้าง	เปรียบเทียบ กับกรณี
			EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)	EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)		
w-7d-1	S4B	$Q_j, Q_{j-1}, \dots, Q_{j-5}$	91.50	-	61.75	36.84	70.88	-	96.59	46.02	31-8-8-1	-
	SM1	$Q_j, Q_{j-1}, \dots, Q_{j-6}$										
	R4	$R_{j-4}, R_{j-5}, \dots, R_{j-8}$										
	R3	$R_{j-3}, R_{j-4}, \dots, R_{j-7}$										
	R2	$R_{j-3}, R_{j-4}, \dots, R_{j-8}$										
	FC RES	Q_{j+5}, Q_{j+6}										

ตาราง ง-13 ผลการทดสอบตัวแปรอัตราการใช้เพื่อนำเข้าแบบจำลอง ANN ในฤดูแล้ง

กรณี	สถานี	ชุดตัวแปรนำเข้า	ข้อมูลเรียนรู้				ข้อมูลทดสอบ				โครงสร้าง	เปรียบเทียบ กับกรณี
			EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)	EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)		
ทดสอบตัวแปร Qres												
Q1	RES	Q _i	92.31	-	7.77	3.06	99.07	-	1.89	1.30	1-2-1	
Q2	RES	Q _i , Q _{i-1}	94.60	29.73	6.52	2.52	99.16	9.14	1.81	1.15	2-2-1	Q1
Q3	RES	Q _i , Q _{i-1} , Q _{i-2}	94.69	1.68	6.46	2.48	99.18	2.41	1.78	1.12	3-3-1	Q1
สรุป Qres_i และ Qres_{i-1} จำนวน 2 ตัวแปร												
ทดสอบตัวแปร Qsm3												
Q4	SM3	Q _i	62.61	-	17.16	9.07	77.13	-	9.40	4.69	1-2-1	
Q5	SM3	Q _i , Q _{i-1}	63.71	2.94	16.91	8.86	78.06	4.07	9.20	4.56	2-2-1	Q4
Q6	SM3	Q _i , Q _{i-2}	64.07	3.91	16.83	8.76	78.75	7.06	9.06	4.54	2-2-1	Q4
Q7	SM3	Q _i , Q _{i-3}	64.78	5.79	16.67	8.70	78.93	7.85	9.02	4.56	2-2-1	Q4
Q8	SM3	Q _i , Q _{i-4}	65.61	8.01	16.47	8.67	79.09	8.56	8.99	4.59	2-2-1	Q4
Q9	SM3	Q _i , Q _{i-5}	68.31	15.24	15.82	9.34	75.30	-7.99	9.77	6.17	2-2-1	Q4
สรุป Qsm3, Qsm3_{i-1}, Qsm3_{i-2}, Qsm3_{i-3} และ Qsm3_{i-4} จำนวน 5 ตัวแปร												
ทดสอบตัวแปร Qsm2												
Q10	SM3	Q _i	80.31	47.35	9.52	5.51	93.85	73.10	5.48	4.07	2-2-1	Q10
Q11	SM2	Q _i	72.56	26.61	11.26	7.58	73.72	-14.90	11.31	6.79	2-2-1	Q10
	SM3	Q _i										
Q12	SM2	Q _{i-1}	73.92	30.24	11.00	7.49	77.37	1.06	10.47	6.56	2-2-1	Q10
	SM3	Q _i										
Q13	SM2	Q _{i-2}	82.25	52.52	9.10	5.33	91.81	64.18	6.29	4.35	2-2-1	Q10
	SM3	Q _i										
Q14	SM2	Q _{i-3}	76.06	35.97	10.64	7.30	81.50	19.10	9.34	6.42	2-2-1	Q10
	SM3	Q _i										
Q15	SM2	Q _{i-4}	78.97	43.75	10.11	6.05	91.28	61.87	6.46	4.25	2-2-1	Q10
	SM3	Q _i										
สรุป Qsm2_{i-3}, Qsm2_{i-4}, Qsm2_{i-5} จำนวน 3 ตัวแปร												
ทดสอบตัวแปร Qs4b												
Q16	SM3	Q _i	88.40	68.98	9.56	5.15	75.57	-6.82	9.97	4.25	2-2-1	Q4
Q17	S4B	Q _i	88.66	69.67	9.45	5.10	77.94	3.53	9.48	4.12	2-2-1	Q4
	SM3	Q _i										
Q18	S4B	Q _{i-1}	87.52	66.61	9.92	5.32	79.43	10.03	9.15	4.28	2-2-1	Q4
	SM3	Q _i										
Q19	S4B	Q _{i-2}	85.88	62.24	10.56	5.41	82.96	25.50	8.33	4.10	2-2-1	Q4
	SM3	Q _i										
สรุป Qs4b												

ตาราง ง-13 ผลการทดสอบตัวแปรอัตราการใช้เพื่อนำเข้าแบบจำลอง ANN ในฤดูแล้ง (ต่อ)

กรณี	สถานี	ชุดตัวแปร นำเข้า	ข้อมูลเรียนรู้				ข้อมูลทดสอบ				โครงสร้าง	เปรียบเทียบ กับกรณี
			EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)	EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)		
Q37	SM3	Q_j	63.59	2.62	17.24	8.94	72.72	-19.30	10.27	4.87	2-2-1	Q4
	SM1	Q_{j-9}										
Q38	SM3	Q_j	63.39	2.07	17.28	8.96	74.92	-9.68	9.84	4.79	2-2-1	Q4
	SM1	Q_{j-10}										
Q39	SM3	Q_j	63.49	2.35	17.26	8.94	74.61	-11.00	9.90	4.77	2-2-1	Q4
สรุป	-	Q_{j-11}										

หมายเหตุ	Q1	คือ	แบบจำลองอัตราการไหลกรณีที่ 1
	Q2	คือ	แบบจำลองอัตราการไหลกรณีที่ 2 (เลือกนำไปใช้ในการพัฒนาต่อไป)
	Q_{res_j}	คือ	อัตราการไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในวันที่ j
	Q_{sm3_j}	คือ	อัตราการไหลที่สถานีวัดน้ำท่า SM3 ในวันที่ j
	$Q_{sm2_{j-1}}$	คือ	อัตราการไหลที่สถานีวัดน้ำท่า SM2 ในวันที่ j
	$Q_{s4b_{j-1}}$	คือ	อัตราการไหลที่สถานีวัดน้ำท่า S4B ในวันที่ j
	$Q_{sm1_{j-1}}$	คือ	อัตราการไหลที่สถานีวัดน้ำท่า SM1 ในวันที่ j

ตาราง ง-14 ผลการทดสอบตัวแปรปริมาณน้ำฝนเพื่อนำเข้าแบบจำลอง ANN ในฤดูแล้ง(ต่อ)

กรณี	สถานี	จุดตัวแปร นำเข้า	ข้อมูลเรียนรู้				ข้อมูลทดสอบ				โครงสร้าง	เปรียบเทียบ กับกรณี
			EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)	EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)		
R17	SM3	Q _j	52.12	52.12	19.42	11.18	65.04	65.04	11.62	6.64	2-2-1	Q4
	R4	R _{j-10}										
R18	SM3	Q _j	62.65	62.65	17.15	9.06	76.57	76.57	9.51	4.71	2-2-1	Q4
	R4	R _{j-11}										
R19	SM3	Q _j	62.58	62.58	17.17	9.08	77.32	77.32	9.36	4.67	2-2-1	Q4
	R4	R _{j-12}										
R20	SM3	Q _j	62.59	62.59	17.17	9.07	77.63	77.63	9.30	4.65	2-2-1	Q4
	R4	R _{j-13}										
R21	SM3	Q _j	62.78	62.78	17.13	9.05	77.54	77.54	9.31	4.65	2-2-1	Q4
	R4	R _{j-14}										
สรุป	-											

หมายเหตุ R1 คือ แบบจำลองอัตราการไหลกรณีที่ 1
R2 คือ แบบจำลองอัตราการไหลกรณีที่ 2 (เลือกนำไปใช้ในการพัฒนาต่อไป)
R5_j คือ ปริมาณฝนเฉลี่ยพื้นที่รายวันของกลุ่มน้ำย่อย 5 ในวันที่ j
R4_j คือ ปริมาณฝนเฉลี่ยพื้นที่รายวันของกลุ่มน้ำย่อย 4 ในวันที่ j
R3_j คือ ปริมาณฝนเฉลี่ยพื้นที่รายวันของกลุ่มน้ำย่อย 3 ในวันที่ j
R2_j คือ ปริมาณฝนเฉลี่ยพื้นที่รายวันของกลุ่มน้ำย่อย 2 ในวันที่ j

ตาราง ง-15 ผลการพยากรณ์อัตราการไหลรายวันเข้าอ่างเก็บน้ำล่องหน้า 1 วัน ในฤดูแล้ง

กรณี	สถานี	ชุดตัวแปรนำเข้า	ข้อมูลเรียนรู้				ข้อมูลทดสอบ				โครงสร้าง	เปรียบเทียบ กับกรณี
			EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)	EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)		
d-1d-1	RES	Q_j, Q_{j-1}	95.84	-	5.72	2.26	99.06	-	1.91	1.13	10-5-1	
	SM3	$Q_j, Q_{j-1}, \dots, Q_{j-4}$										
	R5	R_j, R_{j-1}, R_{j-2}										
d-1d-2	RES	Q_j, Q_{j-1}	93.37	-59.20	5.54	2.08	99.07	1.11	2.12	1.25	13-4-3-1	d-1d-1
	SM3	$Q_j, Q_{j-1}, \dots, Q_{j-4}$										
	SM2	$Q_{j-3}, Q_{j-4}, Q_{j-5}$										
	R5	R_j, R_{j-1}, R_{j-2}										
d-1d-3	RES	Q_j, Q_{j-1}	93.96	-45.03	5.30	2.27	97.26	-190.82	3.77	1.77	17-5-4-1	d-1d-1
	SM3	$Q_j, Q_{j-1}, \dots, Q_{j-4}$										
	SM2	$Q_{j-3}, Q_{j-4}, Q_{j-5}$										
	S4B	$Q_{j-7}, Q_{j-8}, \dots, Q_{j-10}$										
	R5	R_j, R_{j-1}, R_{j-2}										

ตาราง ง-16 ผลการพยากรณ์อัตราการไหลรายวันเข้าอ่างเก็บน้ำล่งหน้า 2 วัน ในฤดูแล้ง

กรณี	สถานี	ชุดตัวแปรนำเข้า	ข้อมูลเรียนรู้				ข้อมูลทดสอบ				โครงสร้าง	เปรียบเทียบ กับกรณี	
			EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)	EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)			
d-2d-1	RES	Q_j	95.22	-	5.95	2.46	98.58	-	2.17	1.33	8-4-1		
	SM3	$Q_j, Q_{j-1}, \dots, Q_{j-3}$											
	R5	R_j, R_{j-1}											
	FC RES	Q_{j+1}											
d-2d-2	RES	Q_j	92.44	-58.09	5.59	2.42	97.71	-61.03	3.08	1.75	11-3-3-1	d-2d-1	
	SM3	$Q_j, Q_{j-1}, \dots, Q_{j-3}$											
	SM2	$Q_{j-2}, Q_{j-3}, Q_{j-4}$											
	R5	R_j, R_{j-1}											
	FC RES	Q_{j+1}											
d-2d-3	RES	Q_j	92.80	-50.45	5.46	2.51	97.97	-42.56	3.00	1.87	15-4-4-1	d-2d-1	
	SM3	$Q_j, Q_{j-1}, \dots, Q_{j-3}$											
	SM2	$Q_{j-2}, Q_{j-3}, Q_{j-4}$											
	S4B	$Q_{j-6}, Q_{j-7}, \dots, Q_{j-9}$											
	R5	R_j, R_{j-1}											
	FC RES	Q_{j+1}											

ตาราง ง-17 ผลการพยากรณ์อัตราการไหลรายวันเข้าอ่างเก็บน้ำล่งหน้า 3 วัน ในฤดูแล้ง

กรณี	สถานี	ชุดตัวแปรนำเข้า	ข้อมูลเรียนรู้				ข้อมูลทดสอบ				โครงสร้าง	เปรียบเทียบ กับกรณี
			EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)	EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)		
d-3d-1	SM3	Q_j, Q_{j-1}, Q_{j-2}	93.60		6.70	2.89	97.72	-	2.54	1.62	6-3-1	
	R5	R_j										
	FC RES	Q_{j+1}, Q_{j+2}										
d-3d-2	SM3	Q_j, Q_{j-1}, Q_{j-2}	90.94	-41.51	5.81	2.67	98.10	16.53	2.60	1.75	9-5-1	d-3d-1
	SM2	$Q_{j-1}, Q_{j-2}, Q_{j-3}$										
	R5	R_j										
	FC RES	Q_{j+1}, Q_{j+2}										
d-3d-3	SM3	Q_j, Q_{j-1}, Q_{j-2}	91.56	-31.96	5.61	2.61	97.38	-14.97	3.16	2.14	13-4-3-1	d-3d-1
	SM2	$Q_{j-1}, Q_{j-2}, Q_{j-3}$										
	S4B	$Q_{j-5}, Q_{j-6}, \dots, Q_{j-8}$										
	R5	R_j										
	FC RES	Q_{j+1}, Q_{j+2}										

ตาราง ง-18 ผลการพยากรณ์อัตราการไหลรายวันเข้าอ่างเก็บน้ำล่งหน้า 4 วัน ในฤดูแล้ง

กรณี	สถานี	ชุดตัวแปรนำเข้า	ข้อมูลเรียนรู้				ข้อมูลทดสอบ				โครงสร้าง	เปรียบเทียบ กับกรณี
			EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)	EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)		
d-4d-1	SM3	Q_j, Q_{j-1}	91.45	-	7.60	3.00	97.13	-	2.65	1.63	4-2-1	
	FC RES	Q_{j+2}, Q_{j+3}										
d-4d-2	SM3	Q_j, Q_{j-1}	89.67	-20.85	5.96	2.74	97.48	12.28	2.78	1.84	7-4-1	d-4d-1
	SM2	Q_j, Q_{j-1}, Q_{j-2}										
	FC RES	Q_{j+2}, Q_{j+3}										
d-4d-3	SM3	Q_j, Q_{j-1}	90.08	-16.09	5.85	2.74	97.43	10.44	2.91	2.07	11-6-1	d-4d-1
	SM2	Q_j, Q_{j-1}, Q_{j-2}										
	S4B	$Q_{j-4}, Q_{j-5}, \dots, Q_{j-7}$										
	FC RES	Q_{j+2}, Q_{j+3}										

ตาราง ง-19 ผลการพยากรณ์อัตราการไหลรายวันเข้าอ่างเก็บน้ำล่งหน้า 5 วัน ในฤดูแล้ง

กรณี	สถานี	ชุดตัวแปรนำเข้า	ข้อมูลเรียนรู้				ข้อมูลทดสอบ				โครงสร้าง	เปรียบเทียบ กับกรณี	
			EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)	EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)			
d-5d-1	SM3	Q_j	88.23	-	8.75	3.35	96.08	-	2.87	1.75	3-3-1		
	FC RES	Q_{j+3}, Q_{j+4}											
d-5d-2	SM3	Q_j	86.99	-14.14	6.48	2.95	96.79	18.18	2.91	1.95	5-3-1	d-5d-1	
	SM2	Q_j, Q_{j-1}											
	FC RES	Q_{j+3}, Q_{j+4}											
d-5d-3	SM3	Q_j	87.87	-6.43	6.26	2.98	96.11	0.65	3.31	2.27	9-5-1	d-5d-1	
	SM2	Q_j, Q_{j-1}		6.76				-21.43					d-5d-2
	S4B	$Q_{j-3}, Q_{j-4}, \dots, Q_{j-6}$											
	FC RES	Q_{j+3}, Q_{j+4}											

ตาราง ง-20 ผลการพยากรณ์อัตราการไหลรายวันเข้าอ่างเก็บน้ำล่งหน้า 6 วัน ในฤดูแล้ง

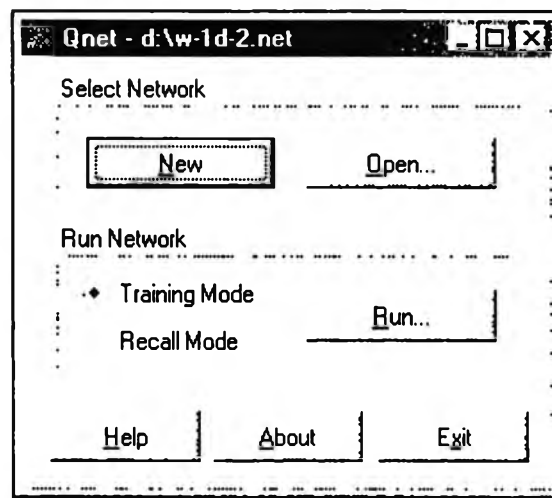
กรณี	สถานี	ชุดตัวแปรนำเข้า	ข้อมูลเรียนรู้				ข้อมูลทดสอบ				โครงสร้าง	เปรียบเทียบ กับกรณี
			EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)	EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)		
d-6d-1	FC RES	Q_{j+4}, Q_{j+5}	84.98	-	9.63	3.69	95.02	-	3.02	1.87	2-2-1	
d-6d-2	SM2	Q_j	84.05	-6.20	6.94	3.23	95.69	13.44	3.13	2.14	3-3-1	d-6d-1
	FC RES	Q_{j+4}, Q_{j+5}										
d-6d-3	SM2	Q_j	84.72	-1.74	6.79	3.15	94.97	-0.96	3.50	2.41	7-4-1	d-6d-1
	S4B	$Q_{j-2}, Q_{j-3}, \dots, Q_{j-5}$										
	FC RES	Q_{j+4}, Q_{j+5}										

ตาราง ง-21 ผลการพยากรณ์อัตราการไหลรายวันเข้าอ่างเก็บน้ำล่งหน้า 7 วัน ในฤดูแล้ง

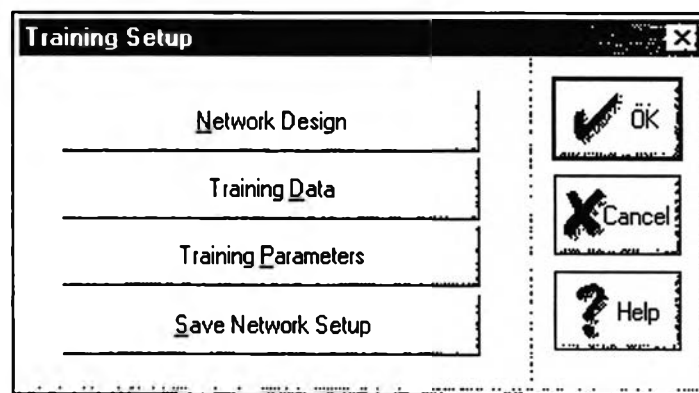
กรณี	สถานี	ชุดตัวแปรนำเข้า	ข้อมูลเรียนรู้				ข้อมูลทดสอบ				โครงสร้าง	เปรียบเทียบกับกรณี
			EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)	EI (%)	Rate of Improvement (%)	RMSE (cms)	MAD (cms)		
d-7d-1	FC RES	Q_{j+5}, Q_{j+6}	82.06	-	10.17	3.94	94.30	-	3.03	1.92	2-2-1	
d-7d-2	S4B	$Q_{j-1}, Q_{j-2}, \dots, Q_{j-4}$	82.78	4.03	9.98	3.77	93.87	-7.55	3.22	2.15	6-3-1	d-7d-1
	FC RES	Q_{j+5}, Q_{j+6}										

ง4 โปรแกรม Qnet2000

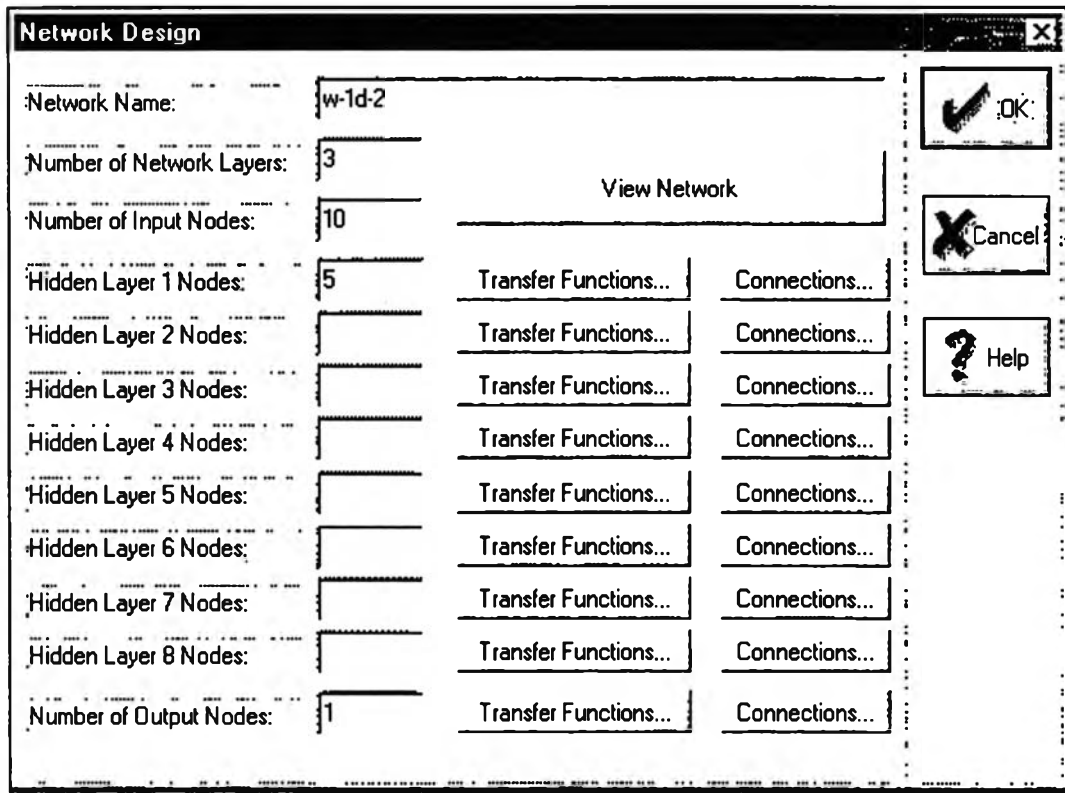
การพัฒนาแบบจำลอง ANN เพื่อพยากรณ์อัตราการไหลเข้าอ่างเก็บน้ำโดยพิจารณาค่าเป็นรายวันแล้วนำผลการพยากรณ์ที่ได้ไปใช้เป็นข้อมูลในการบริหารอ่างเก็บน้ำ แบบจำลองที่นำมาใช้ในการศึกษานี้เป็นแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นโดยอาศัยโปรแกรมสำเร็จรูป Qnet รุ่น 2000 (Qnet2000) ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย Vesta Services, Inc. ประเทศสหรัฐอเมริกา



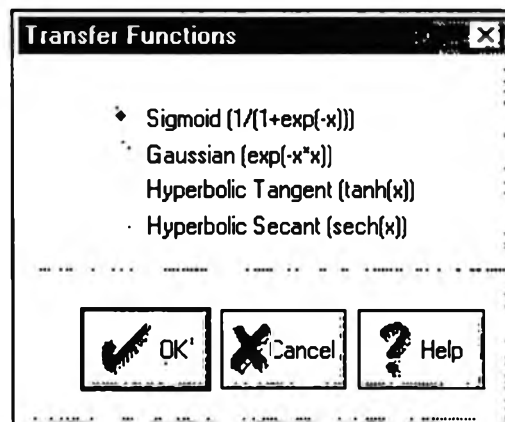
รูป ง-2 หน้าต่างเริ่มต้นการทำงานของโปรแกรม Qnet2000



รูป ง-3 หน้าต่างกำหนดลักษณะการคำนวณและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ



รูป ง-4 หน้าต่างกำหนดโครงสร้างของการคำนวณ



รูป ง-5 หน้าต่างกำหนดฟังก์ชันการกระตุ้น

Training/Test Data

Input Node Data File: D:\w-1d-2.txt

Input Node Data File: Normalize Inputs

Target Data File: D:\w-1d-2.txt

Target Node Data File: Normalize Targets

Number of Test Cases:

Targets include case weightings in first column

Inclusion Method

- Random
- Beginning
- End
- None

DataPro

OK

Cancel

Help

รูป ง-6 หน้าต่างแสดงแหล่งของข้อมูลนำเข้าและออก

Training Parameters

Max Iterations:

Learn Rate Control Start Iteration:

AutoSave Rate:

Screen Update Rate:

Learn Rate (ETA):

Learn Rate Minimum (Learn Control):

Learn Rate Maximum (Learn Control):

Momentum (ALPHA):

FAST-Prop Coefficient:

Training Patterns used per Weight Update:

Tolerance:

Quit at Training RMS Error:

Reset/Initialize Network Weights

OK

Cancel

Help

รูป ง-7 หน้าต่างกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณ

Qnet - d:\w-1d-2.net

File Options NetGraph Info Training Help

Network Definition		Training Controls	
w-1d-2		Max Iterations:	5000
Network Layers:	3	Learn Control Start:	10001
Input Nodes:	10	Learn Rate:	0.010000
Output Nodes:	1	Learn Rate Max:	0.030000
Hidden Nodes:	5	Learn Rate Min:	0.001000
Transfer Functions:	Sigmoid	Momentum:	0.950
Connections:	55	Patterns per Update:	2392
Training Patterns:	2392	FAST-Prop:	0.000
Test Patterns:	552	Screen Update:	5
Network Size (Bytes):	272494	AutoSave Rate:	500
Training Mode:	standard	Tolerance:	0.00000
Net Training/Total:	1/1	Quit at RMS Error:	0.00000
Training Results			
Iteration:	10	Training Speed (CPS):	3656K
Percent Complete:	0.2%	Time Remaining:	0:6:53
	RMS Error	Correlation	Tol. Correct
Training Set:	0.005809	0.993487	
Test Set:	0.003815	0.996113	

NOTICE!

รูป ง-8 หน้าต่างแสดงสถานะการคำนวณของโปรแกรม

ภาคผนวก จ

การประยุกต์แบบจำลอง ANN กับการบริหารอ่างเก็บน้ำ

การประยุกต์แบบจำลอง ANN กับการบริหารอ่างเก็บน้ำได้นำผลการพัฒนาเกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำกับแบบจำลอง ANN สำหรับพยากรณ์อัตราการไหลเข้าอ่างเก็บน้ำรายวันมาใช้ร่วมกัน ผลการประยุกต์แบบจำลอง ANN กับการบริหารอ่างเก็บน้ำเพื่อปรับปรุงการบริหารอ่างเก็บน้ำให้ดียิ่งขึ้นโดยเฉพาะในปีที่เกิดเหตุการณ์วิกฤต คือ สภาวะการไหลล้นอ่าง และสภาวะขาดแคลนน้ำ โดยมีรายละเอียดดังนี้

- สภาวะการไหลล้นอ่าง คือ สภาวะที่อัตราการไหลที่ปล่อยจากอ่างเก็บน้ำมีค่าสูงกว่า 600 ลบ.ม./วินาที และควบคุมความจุอ่างเก็บน้ำไม่เกิน 785 ล้าน ลบ.ม. โดยประยุกต์ใช้แบบจำลอง ANN พยากรณ์ล่วงหน้า 1 วัน ถึง 7 วัน กับการบริหารอ่างเก็บน้ำเมื่อผลรวมสะสมของอัตราการไหลจากการพยากรณ์ในวันปัจจุบันถึงวันที่พยากรณ์มีค่าเท่ากับ 600 1,200 1,800 2,400 3,000 3,600 และ 4,200 ลบ.ม./วินาที ตามลำดับ โดยค่าอัตราการไหลเริ่มต้นที่ใช้เป็นเกณฑ์ คือ 600 ลบ.ม./วินาที เป็นค่าอัตราการไหลสูงสุดที่ไม่ทำให้ด้านท้ายน้ำเกิดน้ำท่วม

- สภาวะขาดแคลนน้ำ คือ สภาวะที่ปริมาณน้ำที่ปล่อยจากอ่างเก็บน้ำไม่เพียงพอกับการใช้น้ำด้านต่าง ๆ ทั้งนี้ได้ควบคุมความจุไม่ให้ต่ำกว่าความจุต่ำสุด (3 ล้าน ลบ.ม.) โดยเริ่มประยุกต์ใช้แบบจำลอง ANN พยากรณ์ล่วงหน้า 1 ถึง 7 วัน เมื่อความจุของอ่างเก็บน้ำต่ำกว่าความจุที่ระดับสันอาคารระบายน้ำล้นคือ 69 ล้าน ลบ.ม. เนื่องจากหากความจุต่ำกว่าระดับนี้จะส่งผลกระทบต่อสัตว์น้ำภายในอ่างเก็บน้ำ

การประยุกต์แบ่งเป็นสภาพการใช้น้ำปัจจุบันและสภาพการใช้น้ำอนาคต

จ1 สภาพการใช้น้ำปัจจุบัน

ประยุกต์แบบจำลอง ANN กับการบริหารอ่างเก็บน้ำด้วยเกณฑ์ RC46 และ RCP0.04M (P) ที่พัฒนาขึ้น ในช่วงเหตุการณ์วิกฤต

(1) *สภาวะการไหลล้นอ่าง* การประยุกต์แบบจำลอง ANN กับการบริหารอ่างเก็บน้ำ ในสภาวะการไหลล้นอ่าง (สภาพการใช้น้ำปัจจุบัน) มี 2 เหตุการณ์ คือ

(1.1) การประยุกต์แบบจำลอง ANN กับการบริหารอ่างเก็บน้ำด้วยเกณฑ์ RC46 ปี พ.ศ.2521 (แสดงในตาราง จ-1) เมื่อประยุกต์ใช้แบบจำลอง ANN วิธี FC1 ถึง FC7 พบว่า

- ความถี่การไหลล้นอ่างมีค่าใกล้เคียงกับไม่ใช้ ANN (13 วัน) ยกเว้น FC6 มีค่าสูงกว่า คือ 17 วัน

- ค่าผลรวมของการล้นซึ่งอธิบายในรูปของเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างเทียบกับไม่ใช้ ANN และความรุนแรงของการล้นในรูป Max. Spill และ $\sum(\text{Spill})^2$ ของ FC1 มีค่าเพิ่มขึ้น ค่าผลรวมของการล้นเมื่อเทียบกับไม่ใช้ ANN และความรุนแรงของการล้นในรูป Max. Spill และ $\sum(\text{Spill})^2$ ของ FC2 ถึง FC7 มีค่าลดลง

- ค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการประยุกต์ใช้แบบจำลอง ANN ภายใต้ต้นนโยบายการปล่อยน้ำที่กำหนด ที่ทำให้ความจุอ่างเก็บน้ำสูงกว่าความจุเก็บกัก (785 ล้าน ลบ.ม.) เทียบกับการไม่ใช้แบบจำลอง ANN อยู่ระหว่าง 1.0-9.2% ของปริมาณน้ำล้นกรณีไม่ใช้ ANN จากผลที่ได้พบว่า การใช้แบบจำลอง ANN พยากรณ์ล่วงหน้า 7 วัน (FC7)ทำให้ผลรวมของการล้นและความรุนแรงของการล้นมีค่าน้อยที่สุด คือ สามารถลดการล้นลงได้ 3.9% ทั้งนี้ต้องคำนึงความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นภายใต้ต้นนโยบายการปล่อยน้ำที่กำหนดด้วยคิดเป็น 9.2% ของผลรวมของการล้นกรณีไม่ใช้ ANN

ตาราง จ-1 ผลการประยุกต์แบบจำลอง ANN กับการบริหารอ่างเก็บน้ำด้วยเกณฑ์ RC46 ปี พ.ศ. 2521

วิธี	Spill (days)	Max. Spill (mcm)	$\Sigma(\text{Spill})$ (mcm)	ความแตกต่างเทียบกับ w/o ANN(%)	$\Sigma(\text{Spill})^2$ (mcm)	ปริมาณน้ำที่เกินความจุเก็บกัก(mcm)	ความคลาดเคลื่อนเทียบกับ w/o ANN(%)
w/o ANN	13	196.0	941.0		1,294,645		
FC1	13	197.2	943.9	0.3	1,307,985	9.7	1.0
FC2	13	185.8	940.4	-0.1	1,283,461	28.7	3.1
FC3	13	187.8	936.6	-0.5	1,282,434	22.6	2.4
FC4	14	162.5	920.0	-2.2	1,194,589	44.3	4.7
FC5	14	164.9	939.6	-0.2	1,179,513	65.3	6.9
FC6	17	164.9	919.9	-2.2	1,104,879	77.1	8.2
FC7	13	164.9	904.3	-3.9	1,044,440	86.9	9.2

หมายเหตุ

w/o ANN	=	การบริหารอ่างเก็บน้ำโดยไม่ใช้ ANN พยากรณ์
FC1	=	การบริหารอ่างเก็บน้ำโดยใช้ ANN พยากรณ์ล่วงหน้า 1 วัน
FC2	=	การบริหารอ่างเก็บน้ำโดยใช้ ANN พยากรณ์ล่วงหน้า 2 วัน
FC3	=	การบริหารอ่างเก็บน้ำโดยใช้ ANN พยากรณ์ล่วงหน้า 3 วัน
FC4	=	การบริหารอ่างเก็บน้ำโดยใช้ ANN พยากรณ์ล่วงหน้า 4 วัน
FC5	=	การบริหารอ่างเก็บน้ำโดยใช้ ANN พยากรณ์ล่วงหน้า 5 วัน
FC6	=	การบริหารอ่างเก็บน้ำโดยใช้ ANN พยากรณ์ล่วงหน้า 6 วัน
FC7	=	การบริหารอ่างเก็บน้ำโดยใช้ ANN พยากรณ์ล่วงหน้า 7 วัน

(1.2) ผลการประยุกต์แบบจำลอง ANN กับการบริหารอ่างเก็บน้ำด้วยเกณฑ์ RCP0.04M(P) ปี พ.ศ.2521 (แสดงในตาราง จ-2) เมื่อประยุกต์ใช้แบบจำลอง ANN วิธี FC1 ถึง FC7 พบว่า

- ความถี่การไหลล้นอ่างมีค่าใกล้เคียงกับไม่ใช้ ANN (13 วัน) ยกเว้น FC6 มีค่า 17 วัน

- ผลรวมของการผันและความรุนแรงของการผันเทียบกับไม่ใช้ ANN ของวิธี FC1- FC3 ทำให้ผลรวมของการผันและความรุนแรงของการผันมีค่ามากขึ้น FC4 ทำให้ผลรวมของการผันและความรุนแรงของการผันในรูป Max. Spill มีค่าลดลง แต่ความรุนแรงของการผันในรูป $\Sigma(\text{Spill})^2$ มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย FC5 ทำให้ผลรวมของการผันและความรุนแรงของการผันในรูป Max. Spill มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนค่าความรุนแรงของการผันในรูป $\Sigma(\text{Spill})^2$ มีค่าลดลง FC6 และ FC7 ทำให้ผลรวมของการผันและความรุนแรงของการผันในรูป $\Sigma(\text{Spill})^2$ มีค่าลดลงโดยค่าความรุนแรงของการผันในรูป Max. Spill มีค่าสูงขึ้นเล็กน้อย

- ค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการประยุกต์ใช้แบบจำลอง ANN ภายใต้นโยบายการปล่อยน้ำที่กำหนด ที่ทำให้ความจุอ่างเก็บน้ำสูงกว่าความจุเก็บกัก (785 ล้าน ลบ.ม.) เทียบกับการไม่ใช้แบบจำลอง ANN อยู่ระหว่าง 1.1-10.3% ของปริมาณน้ำล้นกรณีไม่ใช้ ANN

จากผลที่ได้พบว่า การใช้แบบจำลอง ANN พยากรณ์ล่วงหน้า 7 วัน (FC7) ทำให้ผลรวมของการผันและความรุนแรงของการผันมีค่าน้อยที่สุด คือ สามารถลดการผันลงได้ 1.3% ทั้งนี้ต้องคำนึงความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นภายใต้นโยบายการปล่อยน้ำที่กำหนดด้วย คือ 10.3% ของผลรวมของการผันกรณีไม่ใช้ ANN

(2) *สภาวะการขาดแคลนน้ำ* การประยุกต์แบบจำลอง ANN กับการบริหารอ่างเก็บน้ำ ในสภาวะการขาดแคลนน้ำ สภาพการใช้น้ำปัจจุบัน มี 2 เหตุการณ์ คือ

(2.1) ผลการประยุกต์แบบจำลอง ANN กับการบริหารอ่างเก็บน้ำด้วยเกณฑ์ RC46 ปี พ.ศ.2523 (แสดงในตาราง จ-3) เมื่อประยุกต์ใช้แบบจำลอง ANN วิธี FC1 ถึง FC7 พบว่า

- ความถี่การขาดน้ำมีค่าใกล้เคียงกับไม่ใช้ ANN (35 วัน) โดยเพิ่มขึ้นหรือลดลงไม่เกิน 2 วัน

ตาราง จ-2 ผลการประยุกต์แบบจำลอง ANN กับการบริหารอ่างเก็บน้ำด้วยเกณฑ์ RCP0.04M
(P) ปี พ.ศ.2521

วิธี	Spill (days)	Max. Spill (mcm)	$\Sigma(\text{Spill})$ (mcm)	ความแตกต่าง เทียบกับ w/o ANN(%)	$\Sigma(\text{Spill})^2$ (mcm)	ปริมาณน้ำที่ เกินความจุ เก็บกัก(mcm)	ความคลาดเคลื่อน เทียบกับ w/o ANN(%)
w/o ANN	13	163.8	848.6		974,220		
FC1	13	168.4	851.4	0.3	984,963	9.7	1.1
FC2	13	185.8	854.4	0.7	1,026,601	28.7	3.4
FC3	13	187.7	850.6	0.2	1,029,435	22.6	2.7
FC4	14	162.5	840.4	-1.0	985,641	44.3	5.2
FC5	14	164.9	860.0	1.4	966,967	65.3	7.7
FC6	17	164.9	846.7	-0.2	940,174	77.1	9.1
FC7	13	164.9	837.5	-1.3	924,998	86.9	10.3

ตาราง จ-3 ผลการประยุกต์แบบจำลอง ANN กับการบริหารอ่างเก็บน้ำด้วยเกณฑ์ RC46 ปี
พ.ศ.2523

วิธี	Shortage (days)	Max.Shortage (mcm)	$\Sigma(\text{Shortage})$ (mcm)	ความแตกต่าง เทียบกับ w/o ANN(%)	$\Sigma(\text{Shortage})^2$ (mcm)	ปริมาณน้ำที่ปล่อย ต่ำกว่าความจุ ต่ำสุด(mcm)	ความคลาดเคลื่อน เทียบกับ w/o ANN (%)
w/o ANN	35	5.3	62.7		1,520		
FC1	35	5.0	62.3	-0.6	1,613	3.9	6.3
FC2	34	5.1	62.2	-0.7	1,633	7.5	11.9
FC3	35	5.3	62.6	-0.2	1,671	13.0	20.7
FC4	35	5.4	62.2	-0.9	1,630	15.7	25.0
FC5	33	5.4	62.0	-1.1	1,734	14.6	23.3
FC6	36	6.3	62.6	-0.2	1,704	18.4	29.4
FC7	37	5.4	64.9	3.5	1,701	25.9	41.3

- ผลรวมของการขาดน้ำเมื่อใช้ FC1 ถึง FC6 มีค่าลดลงอยู่ระหว่าง 0.2 ถึง 1.1% แต่เมื่อใช้ FC7 มีค่าเพิ่มขึ้น 3.5% ค่าความรุนแรงของการขาดน้ำในรูป Max. Shortage เมื่อใช้ FC1 และ FC2 มีค่าลดลง แต่เมื่อใช้ FC3 ถึง FC7 มีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความรุนแรงของการขาดน้ำในรูปของ $\Sigma(\text{Shortage})^2$ มีค่าสูงขึ้นทั้ง 7 แบบ

- ค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการประยุกต์ใช้แบบจำลอง ANN ภายใต้นโยบายการปล่อยน้ำที่กำหนดเทียบกับการไม่ใช้แบบจำลอง ANN ที่ทำให้ความจุอ่างเก็บน้ำต่ำกว่าความจุต่ำสุด (3 ล้าน ลบ.ม.) โดยเทียบกับผลรวมของการขาดน้ำเมื่อไม่ใช้ ANN อยู่ระหว่าง 6.3-41.3%

(2.2) ผลการประยุกต์แบบจำลอง ANN กับการบริหารอ่างเก็บน้ำด้วยเกณฑ์ RCP0.04M(P) ปี พ.ศ.2523 (แสดงในตาราง จ-4) เมื่อประยุกต์ใช้แบบจำลอง ANN วิธี FC1 ถึง FC7 พบว่า

- ความถี่การขาดน้ำมีค่าใกล้เคียงกับไม่ใช้ ANN (42 วัน) โดยเพิ่มขึ้นหรือลดลงไม่เกิน 2 วัน

- ผลรวมของการขาดน้ำเมื่อใช้ FC1-FC5 มีค่าลดลงอยู่ระหว่าง 0.1 ถึง 0.5% แต่เมื่อใช้ FC6 และ FC7 มีค่าเพิ่มขึ้นอยู่ระหว่าง 0.3 ถึง 2.1% ค่าความรุนแรงของการขาดน้ำในรูป Max. Shortage และ $\Sigma(\text{Shortage})^2$ มีค่าสูงขึ้นทั้ง 7 แบบ

- ค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการประยุกต์ใช้แบบจำลอง ANN ภายใต้นโยบายการปล่อยน้ำที่กำหนดเทียบกับการไม่ใช้แบบจำลอง ANN ที่ทำให้ความจุอ่างเก็บน้ำต่ำกว่าความจุต่ำสุด (3 ล้าน ลบ.ม.) โดยเทียบกับผลรวมของการขาดน้ำเมื่อไม่ใช้ ANN อยู่ระหว่าง 5.4-42.8%

ตาราง ๑-4 ผลการประยุกต์แบบจำลอง ANN กับการบริหารอ่างเก็บน้ำด้วยเกณฑ์ RCP0.04M
(P) ปี พ.ศ.2523

วิธี	Shortage (days)	Max.Shortage (mcm)	$\Sigma(\text{Shortage})$ (mcm)	ความแตกต่าง เทียบกับ w/o ANN(%)	$\Sigma(\text{Shortage})^2$ (mcm)	ปริมาณน้ำที่ปล่อย ต่ำกว่าความจุ ต่ำสุด(mcm)	ความคลาดเคลื่อน เทียบกับ w/o ANN (%)
w/o ANN	42	6.1	102.8		4,289		
FC1	42	6.3	102.4	-0.4	4,435	5.5	5.4
FC2	41	6.3	102.4	-0.5	4,451	9.7	9.5
FC3	41	6.3	102.7	-0.1	4,487	15.6	15.1
FC4	40	6.3	102.4	-0.4	4,608	18.6	18.1
FC5	41	6.3	102.3	-0.5	4,511	25.6	24.9
FC6	41	6.3	103.2	0.3	4,601	38.9	37.8
FC7	44	6.3	105.0	2.1	4,545	44.1	42.8

๑.2. สภาพการใช้น้ำอนาคต

ประยุกต์แบบจำลอง ANN กับการบริหารอ่างเก็บน้ำด้วยเกณฑ์ RC42 และ RCP0.03M (F) ที่พัฒนาขึ้น ในช่วงเหตุการณ์วิกฤต

(1) สภาพการไหลล้นอ่าง การประยุกต์แบบจำลอง ANN กับการบริหารอ่างเก็บน้ำ ในสภาพการไหลล้นอ่าง สภาพการใช้น้ำอนาคต มี 3 เหตุการณ์ คือ

(1.1) ผลการประยุกต์แบบจำลอง ANN กับการบริหารอ่างเก็บน้ำด้วยเกณฑ์ RC42 ปี พ.ศ.2521 (แสดงในตาราง ๑-5) เมื่อประยุกต์ใช้แบบจำลอง ANN วิธี FC1 ถึง FC7 พบว่า

- ความถี่การไหลล้นอ่างมีค่าใกล้เคียงกับไม่ใช้ ANN (14 วัน) ยกเว้น FC6 มีค่า 18 วัน

- ค่าผลรวมของการล้นเทียบกับไม่ใช้ ANN และความรุนแรงของการล้น ในรูป Max.Spill และ $\Sigma(\text{Spill})^2$ ของ FC1 มีค่าเพิ่มขึ้น ค่าผลรวมของการล้นและความรุนแรงของการล้นในรูป Max.Spill และ $\Sigma(\text{Spill})^2$ ของ FC2 ถึง FC7 มีค่าลดลง

- ค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการประยุกต์ใช้แบบจำลอง ANN ภายใต้นโยบายการปล่อยน้ำที่กำหนด ที่ทำให้ความจุอ่างเก็บน้ำสูงกว่าความจุเก็บกัก (785 ล้าน ลบ.ม.) เทียบกับการไม่ใช้แบบจำลอง ANN อยู่ระหว่าง 1.9-8.9% ของปริมาณน้ำล้นกรณีไม่ใช้ ANN

จากผลที่ได้พบว่า การใช้แบบจำลอง ANN พยากรณ์ล่วงหน้า 7 วัน (FC7) ทำให้ผลรวมของการล้นและความรุนแรงของการล้นมีค่าน้อยที่สุด คือ สามารถลดการล้นลงได้ 4.0% ทั้งนี้ต้องคำนึงความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นภายใต้นโยบายการปล่อยน้ำที่กำหนดด้วย คือ 8.9% ของผลรวมของการล้นกรณีไม่ใช้ ANN

(1.2) ผลการประยุกต์แบบจำลอง ANN กับการบริหารอ่างเก็บน้ำด้วยเกณฑ์ RCP0.03M(F) ปี พ.ศ.2521 (แสดงในตาราง ๑-6) เมื่อประยุกต์ใช้แบบจำลอง ANN วิธี FC1 ถึง FC7 พบว่า

- ความถี่การไหลล้นอ่างมีค่าใกล้เคียงกับไม่ใช้ ANN (14 วัน) ยกเว้น FC6 มีค่า 17 วัน

- เมื่อเปรียบเทียบผลรวมของการล้นและความรุนแรงของการล้นเทียบกับไม่ใช้ ANN ได้ผลดังนี้ FC1 ถึง FC3 ทำให้ผลรวมของการล้นและความรุนแรงของการล้นในรูป $\sum(\text{Spill})^2$ มีค่ามากขึ้น FC4 ทำให้ผลรวมของการล้นและความรุนแรงของการล้นในรูป Max. Spill มีค่าลดลง แต่ความรุนแรงของการล้นในรูป $\sum(\text{Spill})^2$ มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย FC5 ทำให้ผลรวมของการล้นและความรุนแรงของการล้นในรูป Max. Spill มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนค่าความรุนแรงของการล้นในรูป $\sum(\text{Spill})^2$ มีค่าลดลง FC6 และ FC7 ทำให้ผลรวมของการล้นและความรุนแรงของการล้นมีค่าลดลง

- ค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการประยุกต์ใช้แบบจำลอง ANN ภายใต้นโยบายการปล่อยน้ำที่กำหนด ที่ทำให้ความจุอ่างเก็บน้ำสูงกว่าความจุเก็บกัก (785 ล้าน ลบ.ม.) เทียบกับการไม่ใช้แบบจำลอง ANN อยู่ระหว่าง 2.2-9.0% ของปริมาณน้ำล้นกรณีไม่ใช้ ANN

ตาราง จ-5 ผลการประยุกต์แบบจำลอง ANN กับการบริหารอ่างเก็บน้ำด้วยเกณฑ์ RC42
ปี พ.ศ. 2521

วิธี	Spill (days)	Max. Spill (mcm)	$\Sigma(\text{Spill})$ (mcm)	ความแตกต่าง เทียบกับ w/o ANN(%)	$\Sigma(\text{Spill})^2$ (mcm)	ปริมาณน้ำที่ เกินความจุ เก็บกัก(mcm)	ความคลาดเคลื่อน เทียบกับ w/o ANN(%)
w/o ANN	14	199.7	1,106.3		1,614,010		
FC1	14	211.8	1,109.3	0.3	1,640,256	21.0	1.9
FC2	14	194.4	1,105.7	-0.1	1,613,868	40.1	3.6
FC3	14	196.0	1,100.0	-0.6	1,610,885	37.5	3.4
FC4	15	196.0	1,081.3	-2.3	1,530,229	59.2	5.4
FC5	15	194.4	1,101.0	-0.5	1,510,810	76.6	6.9
FC6	18	194.4	1,079.3	-2.5	1,447,881	88.5	8.0
FC7	14	194.4	1,061.6	-4.0	1,402,754	98.3	8.9

ตาราง จ-6 ผลการประยุกต์แบบจำลอง ANN กับการบริหารอ่างเก็บน้ำด้วยเกณฑ์ RCP0.03M
(F) ปี พ.ศ. 2521

วิธี	Spill (days)	Max. Spill (mcm)	$\Sigma(\text{Spill})$ (mcm)	ความแตกต่าง เทียบกับ w/o ANN(%)	$\Sigma(\text{Spill})^2$ (mcm)	ปริมาณน้ำที่ เกินความจุ เก็บกัก(mcm)	ความคลาดเคลื่อน เทียบกับ w/o ANN(%)
w/o ANN	14	199.7	963.6		1,315,700		
FC1	14	211.8	966.4	0.3	1,377,947	21.0	2.2
FC2	14	194.4	969.1	0.6	1,378,932	40.1	4.2
FC3	14	196.0	965.3	0.2	1,392,523	37.5	3.9
FC4	14	188.1	954.8	-0.9	1,332,201	51.2	5.3
FC5	14	190.0	974.5	1.1	1,318,718	72.2	7.5
FC6	17	174.8	960.9	-0.3	1,251,279	77.1	8.0
FC7	13	164.9	951.4	-1.3	1,190,844	86.9	9.0

จากผลที่ได้พบว่า การใช้แบบจำลอง ANN พยากรณ์ล่วงหน้า 7 วัน (FC7) ทำให้ผลรวมของการล้นและความรุนแรงของการล้นมีค่าน้อยที่สุด คือ สามารถลดการล้นลงได้ 1.3% ทั้งนี้ต้องคำนึงความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นภายใต้นโยบายการปล่อยน้ำที่กำหนดด้วย คือ 9.0% ของผลรวมของการล้นกรณีไม่ใช้ ANN

(1.3) ผลการประยุกต์แบบจำลอง ANN กับการบริหารอ่างเก็บน้ำด้วยเกณฑ์ RC42 ปี พ.ศ.2538 (แสดงในตาราง ๑-7) เมื่อประยุกต์ใช้แบบจำลอง ANN วิธี FC1 ถึง FC7 พบว่า

- ความถี่การไหลล้นอ่างมีค่าลดลงมากกว่าไม่ใช้ ANN (5 วัน)
- ค่าผลรวมของการล้นเทียบกับไม่ใช้ ANN และความรุนแรงของการล้นในรูป Max. Spill และ $\sum(\text{Spill})^2$ ของ FC1 มีค่าเพิ่มขึ้น ค่าผลรวมของการล้นเมื่อเทียบกับไม่ใช้ ANN และความรุนแรงของการล้นในรูป Max.Spill และ $\sum(\text{Spill})^2$ ของ FC2 ถึง FC5 มีค่าลดลง โดย FC6 และ FC7 ทำให้ไม่เกิดการล้น
- ไม่เกิดค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการประยุกต์ใช้แบบจำลอง ANN

จากผลที่ได้พบว่า การใช้แบบจำลอง ANN พยากรณ์ล่วงหน้า 6 และ 7 วัน (FC6 และ FC7) กับการบริหารอ่างเก็บน้ำทำให้ไม่เกิดการล้นรวมทั้งไม่มีความคลาดเคลื่อนจากการประยุกต์ใช้ผลพยากรณ์ล่วงหน้า

(2) สภาวะการขาดแคลนน้ำ การประยุกต์แบบจำลอง ANN กับการบริหารอ่างเก็บน้ำ ในสภาวะการขาดแคลนน้ำ สภาพการใช้น้ำอนาคต มี 3 เหตุการณ์ คือ

(2.1) ผลการประยุกต์แบบจำลอง ANN กับการบริหารอ่างเก็บน้ำด้วยเกณฑ์ RCP0.03M(F) ปี พ.ศ.2515 (แสดงในตาราง ๑-8) เมื่อประยุกต์ใช้แบบจำลอง ANN วิธี FC1 ถึง FC7 พบว่า

- ความถี่การขาดน้ำมีค่าน้อยกว่าไม่ใช้ ANN (29 วัน)
- ค่าผลรวมของการขาดน้ำเมื่อใช้ FC1 ถึง FC5 มีค่าลดลงอยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 6.9% แต่เมื่อใช้ FC6 ถึง FC7 มีค่าเพิ่มขึ้นอยู่ระหว่าง 2.6 ถึง 7.3% ค่าความรุนแรงของการขาดน้ำในรูป Max. Shortage และ $\sum(\text{Shortage})^2$ มีค่าสูงขึ้นทั้ง 7 แบบ

ตาราง ๑-7 ผลการประยุกต์แบบจำลอง ANN กับการบริหารอ่างเก็บน้ำด้วยเกณฑ์ RC42
ปี พ.ศ. 2538

วิธี	Spill (days)	Max. Spill (mcm)	$\Sigma(\text{Spill})$ (mcm)	ความแตกต่าง เทียบกับ w/o ANN(%)	$\Sigma(\text{Spill})^2$ (mcm)	ปริมาณน้ำที่ เกินความจุ เก็บกัก(mcm)	ความคลาดเคลื่อน เทียบกับ w/o ANN(%)
w/o ANN	5	17.8	39.9		5,743		
FC1	5	18.8	42.6	6.6	6,391	0.0	0.0
FC2	4	13.4	37.4	-6.4	4,912	0.0	0.0
FC3	4	12.8	33.4	-16.5	3,793	0.0	0.0
FC4	2	12.8	28.7	-28.2	3,459	0.0	0.0
FC5	4	10.8	22.0	-44.8	1,861	0.0	0.0
FC6	0	0.0	0.0	-100.0	0	0.0	0.0
FC7	0	0.0	0.0	-100.0	0	0.0	0.0

ตาราง ๑-8 ผลการประยุกต์แบบจำลอง ANN กับการบริหารอ่างเก็บน้ำด้วยเกณฑ์ RCP0.03M
(F) ปี พ.ศ.2515

วิธี	Shortage (days)	Max.Shortage (mcm)	$\Sigma(\text{Shortage})$ (mcm)	ความแตกต่าง เทียบกับ w/o ANN(%)	$\Sigma(\text{Shortage})^2$ (mcm)	ปริมาณน้ำที่ปล่อย ต่ำกว่าความจุ ต่ำสุด(mcm)	ความคลาด เคลื่อนเทียบกับ w/o ANN (%)
W/o ANN	29	1.5	21.4		205		
FC1	24	1.7	21.0	-1.8	324	1.2	5.6
FC2	20	1.7	21.3	-0.5	333	3.3	15.4
FC3	23	1.7	20.5	-4.2	303	7.0	32.8
FC4	21	1.7	20.5	-4.3	323	10.7	49.9
FC5	19	1.7	19.9	-6.9	304	14.7	68.7
FC6	24	1.7	22.0	2.6	334	20.0	93.6
FC7	19	1.7	23.0	7.3	378	27.5	128.3

- ค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการประยุกต์ใช้แบบจำลอง ANN ภายใต้นโยบายการปล่อยน้ำที่กำหนดเทียบกับการไม่ใช้แบบจำลอง ANN ที่ทำให้ความจุอ่างเก็บน้ำต่ำกว่าความจุต่ำสุด (3 ล้าน ลบ.ม.) โดยเทียบกับผลรวมของการขาดน้ำเมื่อไม่ใช้ ANN อยู่ระหว่าง 5.6-128.3%

(2.2) ผลการประยุกต์แบบจำลอง ANN กับการบริหารอ่างเก็บน้ำด้วยเกณฑ์ RCP0.03M(F) ปี พ.ศ.2517 (แสดงในตาราง จ-9) เมื่อประยุกต์ใช้แบบจำลอง ANN วิธี FC1 ถึง FC7 พบว่า

- ค่าความถี่การขาดน้ำมีค่าไม่เกินความถี่ของไม่ใช้ ANN (18 วัน)

- ค่าผลรวมของการขาดน้ำเมื่อใช้ FC1 ถึง FC6 มีค่าลดลงอยู่ระหว่าง 0.9 ถึง 4.9% แต่เมื่อใช้ FC7 มีค่าเพิ่มขึ้น 6.3% ค่าความรุนแรงของการขาดน้ำในรูป Max. Shortage และ $\sum(\text{Shortage})^2$ มีค่าสูงขึ้นทั้ง 7 แบบ

- ค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการประยุกต์ใช้แบบจำลอง ANN ภายใต้นโยบายการปล่อยน้ำที่กำหนดเทียบกับการไม่ใช้แบบจำลอง ANN ที่ทำให้ความจุอ่างเก็บน้ำต่ำกว่าความจุต่ำสุด (3 ล้าน ลบ.ม.) โดยเทียบกับผลรวมของการขาดน้ำเมื่อไม่ใช้ ANN อยู่ระหว่าง 7.5-97.0%

(2.3) ผลการประยุกต์แบบจำลอง ANN กับการบริหารอ่างเก็บน้ำด้วยเกณฑ์ RCP0.03M(F) ปี พ.ศ.2523 (แสดงในตาราง จ-10) เมื่อประยุกต์ใช้แบบจำลอง ANN วิธี FC1 ถึง FC7 พบว่า

- ค่าความถี่การขาดน้ำมีค่าใกล้เคียงกับไม่ใช้ ANN (38 วัน)

- ค่าผลรวมของการขาดน้ำเมื่อใช้ FC1 ถึง FC5 มีค่าลดลงอยู่ระหว่าง 0.1 ถึง 1.3% แต่เมื่อใช้ FC6 และ FC7 มีค่าเพิ่มขึ้น 0.5% ถึง 4.6% ค่าความรุนแรงของการขาดน้ำในรูป Max. Shortage และ $\sum(\text{Shortage})^2$ มีค่าสูงขึ้นทั้ง 7 แบบ

- ค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการประยุกต์ใช้แบบจำลอง ANN ภายใต้นโยบายการปล่อยน้ำที่กำหนดเทียบกับการไม่ใช้แบบจำลอง ANN ที่ทำให้ความจุอ่างเก็บน้ำต่ำกว่าความจุต่ำสุด (3 ล้าน ลบ.ม.) โดยเทียบกับผลรวมของการขาดน้ำเมื่อไม่ใช้ ANN อยู่ระหว่าง 5.7-121.5%

ตาราง ๑-9 ผลการประยุกต์แบบจำลอง ANN กับการบริหารอ่างเก็บน้ำด้วยเกณฑ์ RCP0.03M (F) ปี พ.ศ.2517

วิธี	Shortage (days)	Max.Shortage (mcm)	$\Sigma(\text{Shortage})$ (mcm)	ความแตกต่างเทียบกับ w/o ANN (%)	$\Sigma(\text{Shortage})^2$ (mcm)	ปริมาณน้ำที่ปล่อยต่ำกว่าความจุต่ำสุด(mcm)	ความคลาดเคลื่อนเทียบกับ w/o ANN (%)
w/o ANN	18	2.1	23.3		446		
FC1	15	2.3	22.2	-4.8	487	1.7	7.5
FC2	16	2.3	22.3	-4.1	473	3.7	15.8
FC3	17	2.3	23.1	-0.9	475	5.4	23.3
FC4	15	2.3	22.4	-3.6	482	6.3	27.2
FC5	18	2.3	22.1	-4.9	441	7.8	33.5
FC6	15	2.3	22.4	-3.7	486	19.4	83.3
FC7	18	2.3	24.7	6.3	544	22.6	97.0

ตาราง ๑-10 ผลการประยุกต์แบบจำลอง ANN กับการบริหารอ่างเก็บน้ำด้วย RCP0.03M(F) ปี พ.ศ.2523

วิธี	Shortage (days)	Max.Shortage (mcm)	$\Sigma(\text{Shortage})$ (mcm)	ความแตกต่างเทียบกับ w/o ANN (%)	$\Sigma(\text{Shortage})^2$ (mcm)	ปริมาณน้ำที่ปล่อยต่ำกว่าความจุต่ำสุด(mcm)	ความคลาดเคลื่อนเทียบกับ w/o ANN (%)
w/o ANN	38	6.3	79.9		2,735		
FC1	38	6.5	79.6	-0.4	2,890	4.5	5.7
FC2	37	6.5	79.8	-0.1	3,040	11.2	14.0
FC3	37	6.5	79.0	-1.1	3,056	19.6	24.6
FC4	37	6.5	78.9	-1.2	3,027	28.2	35.3
FC5	34	6.5	78.9	-1.3	3,077	35.0	43.9
FC6	37	6.5	80.3	0.5	3,103	50.1	62.7
FC7	39	6.5	83.5	4.6	3,063	97.1	121.5

ภาคผนวก ฉ

ผลการสำรวจ และตรวจสอบสภาพพื้นที่โครงการ

ครั้งที่ 1(ระหว่างวันที่ 25-26 ตุลาคม พ.ศ. 2545)

วัตถุประสงค์

เพื่อรวบรวมและสอบถามข้อมูลจากโครงการเขื่อนป่าสักฯและตรวจสอบพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก

ผลการออกภาคสนามครั้งที่ 1 สามารถสรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

(1) ข้อมูลพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก

(1.1) ลำนํ้าป่าสักมีความลาดชันมากลำนํ้าเล็กทำให้เวลาลำนํ้าหลากลำนํ้าจึงมาเร็ว

(1.2) ปริมาณฝนจะมีมากทางด้านน้ำคือจากทาง อ.หล่มสัก อ.วิเชียรบุรี ส่วนใหญ่ฝนตกลงมาจากด้านต้นน้ำมาทางด้านล่างของลุ่มน้ำรวมทั้งช่วงเดือนสิงหาคมและกันยายนอาจมีพายุที่เข้ามาจากทะเลจีนใต้ด้วย

(2) การบริหารอ่างเก็บน้ำ

(2.1) เกณฑ์การปฏิบัติงานที่ใช้อยู่จัดทำโดยกรมชลประทาน เมื่อ ปี พ.ศ.2542 และทางกรมชลประทานกำลังดำเนินการปรับปรุงเกณฑ์การปฏิบัติงานใหม่ ในปี พ.ศ.2546

(2.2) การบริหารอ่างเก็บน้ำในช่วงที่ผ่านมาได้ควบคุมระดับน้ำในอ่างให้ต่ำกว่า Rule Curve

(2.3) การบริหารอ่างเก็บน้ำใช้แบบจำลองพยากรณ์น้ำช่วยในการบริหาร คือ MIKE11 ซึ่งจากที่ผ่านมาทางโครงการฯ พบว่า ผลการพยากรณ์มีความคลาดเคลื่อนสูง เช่น การพยากรณ์ล่วงหน้า 3 วัน วันแรกให้ผลการพยากรณ์ที่ดี คือ ถูกต้อง 80-90 % แต่เมื่อพยากรณ์ 3 วัน จะผิดพลาดประมาณ 50-60 % ทางโครงการเคยใช้พยากรณ์ในช่วงปีแรก (พ.ศ.2542) ที่เปิดดำเนินการ แต่ขณะนี้ (พ.ศ.2546) กำลังนำโปรแกรมไปปรับแก้เนื่องจากช่วงน้ำท่วมทำให้ข้อมูลจากระบบโทรมาตรผิดพลาดและส่งผลให้ต้องมีการปรับค่าในโปรแกรมใหม่

(2.4) อ่างเก็บน้ำมีความจุเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมีค่าน้อยเกินไปและด้านท้ายน้ำสามารถรับน้ำได้น้อย

(2.5) การคำนวณสมดุลน้ำในอ่างเก็บน้ำ ประกอบด้วย ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่าง(คิดจากสมดุลน้ำ) ปริมาณน้ำไหลออกจากอ่าง ปริมาณน้ำในอ่าง และการระเหยของอ่าง โดยรวบรวมไว้ตั้งแต่ปี พ.ศ.2542 - 2545

(3) ระบบโทรมาตรของโครงการ

(3.1) ระบบโทรมาตรของโครงการฯ ช่วยให้ทางโครงการฯทราบสถานการณ์ภาพของแม่น้ำป่าสักตามจุดที่ตั้งสถานีโทรมาตรในสนามไว้ และนำผลที่ได้จากระบบโทรมาตร (ปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำท่า) มาใช้ในการพยากรณ์น้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำล่วงหน้า 1-3 วัน โดยแบบจำลองพยากรณ์น้ำ คือ MIKE11

(3.2) ระยะเวลาการเดินทางของน้ำจากสถานีโทรมาตร TS1(อ.หล่มสัก) ถึงอ่างเก็บน้ำป่าสักฯ ปกติใช้เวลาเดินทางประมาณ 10-15 วัน กรณีน้ำหลากใช้เวลาประมาณ 7-10 วัน และหากมีฝนตกทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำ จะใช้เวลา 5-7 วัน

(3.3) ปัญหาที่พบในปัจจุบันของระบบโทรมาตร ได้แก่ เมื่อน้ำท่วมล้นตลิ่งแล้วระบบจะไม่บอกข้อมูล สถานีโทรมาตรส่วนใหญ่ตั้งอยู่ริมแม่น้ำเมื่อเกิดน้ำท่วมไม่สามารถเข้าไปถึงสถานีได้ รวมทั้งเมื่อปริมาณน้ำสูงๆ ระบบมีโอกาสผิดพลาดสูง

ครั้งที่ 2 (ระหว่างวันที่ 22 มกราคม พ.ศ. 2546)

วัตถุประสงค์

เพื่อรวบรวมและสอบถามข้อมูลเรื่องการจัดสรรน้ำเพิ่มเติมจากโครงการเขื่อนป่าสักฯ

ผลการออกภาคสนามครั้งที่ 2 สามารถสรุปสาระสำคัญเรื่องการบริหารอ่างเก็บน้ำป่าสักฯของโครงการฯได้ดังนี้

(1) พื้นที่ชลประทานเปิดใหม่ 3 แห่งซึ่งเป็นพื้นที่ชลประทานของอ่างเก็บน้ำป่าสักฯ คาดว่าจะแล้วเสร็จ ปี 2548 ประกอบด้วย

(1.1) โครงการสูบน้ำพัฒนานิคม 29,300 ไร่ (กรมชลประทานดำเนินการเอง)

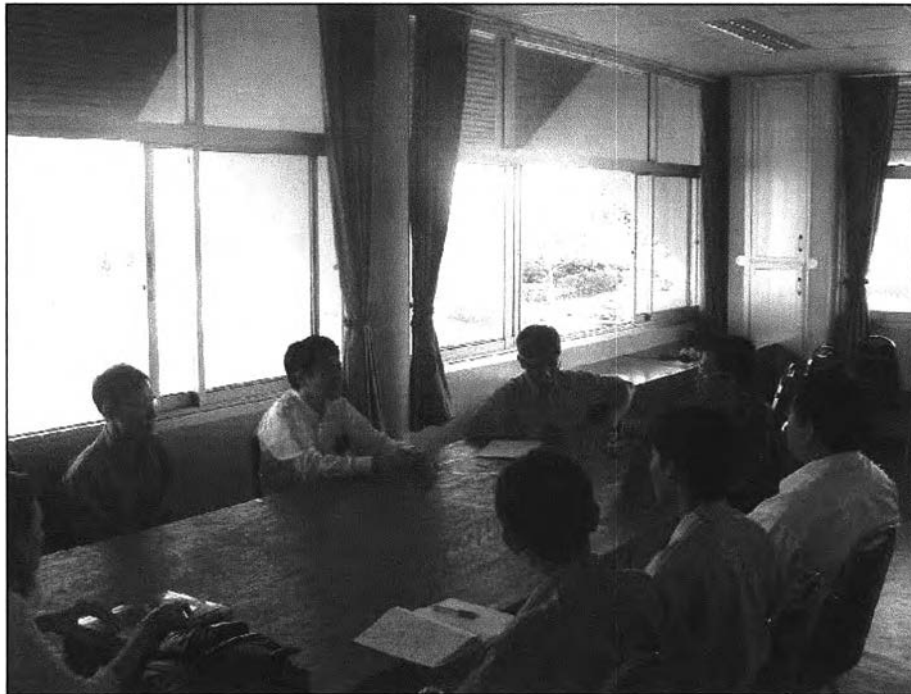
(1.2) โครงการสูบน้ำพัฒนานิคม-แก่งคอย 28,500 ไร่ (กรมชลประทานดำเนินการเอง)

(1.3) โครงการสูบน้ำแก่งคอย-บ้านหมอ 86,700 ไร่ (งานจ้างเหมา)

เมื่อโครงการทั้งสามแห่งเปิดดำเนินการแล้วจะไม่มีผลกระทบต่อการใช้น้ำในปัจจุบันที่ต้องส่งให้กับโครงการเจ้าพระยาฝั่งตะวันออก(ประมาณ 500 ล้าน ลบ.ม.) เนื่องจากได้สำรองปริมาณน้ำส่วนนี้ไว้แล้ว แต่เมื่อเปิดดำเนินการเต็มที่ กิจกรรมอื่นๆนอกเหนือที่กำหนดไว้จะขอใช้ไม่ได้อีก

(2) การบริหารอ่างเก็บน้ำในอนาคตเมื่อโครงการเปิดพื้นที่เต็มแล้วจะเพิ่มระดับเก็บกักเนื่องจากปัจจุบันเก็บน้ำที่ระดับ +38.00 ม.รทก. นอกจากนี้ยังลดระดับน้ำลงได้ถึงระดับเก็บกักต่ำสุด คือ +34.00 ม.รทก. (ถ้าลดต่ำกว่านี้จะส่งผลกระทบต่อสัตว์น้ำ)

(3) น้ำรักษาระบบนิเวศ (ในฤดูแล้ง) ทางโครงการฯปล่อยประมาณ 10-15 ลบ.ม./วินาที



รูป ฉ-1 การสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่โครงการอ่างเก็บน้ำป่าสักฯ



รูป ฉ-2 ห้องควบคุม(Control room) ของโครงการอ่างเก็บน้ำป่าสักฯ



รูป ฉ-3 เขื่อนพระรามหกทดน้ำเข้าพื้นที่โครงการเจ้าพระยาฝั่งตะวันออกตอนล่าง



รูป ฉ-4 ปตร.พระนารายณ์รับน้ำเข้าสู่คลองระพีพัฒน์เพื่อส่งให้พื้นที่โครงการ
เจ้าพระยาฝั่งตะวันออกตอนล่าง



รูป ฉ-5 สภาพลำน้ำป่าสักบริเวณสถานีโทรมาตร TS-1 อำเภอหล่มสัก



รูป ฉ-6 สภาพลำน้ำป่าสักบริเวณสถานีโทรมาตร TS-6 อำเภอวิเชียรบุรี



รูป ฉ-7 สภาพลำน้ำป่าสักบริเวณสถานีโทรมาตร TS-6 อำเภอชัยบาดาล

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ นางสาวอรอนงค์ วรรณราช

เกิด วันที่ 30 สิงหาคม พ.ศ.2519 จังหวัดฉะเชิงเทรา



การศึกษา

- พ.ศ. 2541 สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมชลประทาน)
ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม
- พ.ศ. 2546 สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมแหล่งน้ำ)
ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประสบการณ์ทำงาน

- พ.ศ.2541-2543 วิศวกรชลประทาน
บริษัท ริชชอสส์ เอนจิเนียริง คอนซัลแตนท์ จำกัด
- พ.ศ.2545 ผู้ช่วยนักวิจัย โครงการศึกษาเพื่อจัดทำแผนปฏิบัติการแก้ไขผล
กระทบด้านชลศาสตร์และการกัดเซาะตลิ่งอันเนื่องมาจากเขื่อนทดน้ำ
บางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา
กรมชลประทาน
- พ.ศ.2546 ผู้ช่วยนักวิจัย โครงการประเมินผลโครงการเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์
สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมา
จากพระราชดำริ