

การสังเคราะห์ข้อมูลน้ำท่าโดยใช้โปรแกรม HEC-4 (Runoff Generation by HEC-4)

วิเชียร ปลื้มกมล

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทคัดย่อ

โปรแกรม HEC-4 เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการสังเคราะห์ข้อมูลเท่ายรายเดือน เพื่อต่อขยายข้อมูลน้ำท่าให้ได้ตามช่วงระยะเวลาที่ต้องการ ซึ่งจะมีประโยชน์มากในกรณีที่บริเวณพื้นที่ศึกษามีสถิติข้อมูลการบันทึกปริมาณน้ำที่สั้นเกินไป โปรแกรมจะใช้หลักการทางสถิติในการวิเคราะห์ โดยใช้สัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ร่วม ค่าเบี่ยงเบนปรกติ รวมทั้งค่าการสุ่มในการสังเคราะห์ข้อมูล

จากกรณีศึกษาในลำน้ำชี ทำการสังเคราะห์ข้อมูลน้ำท่าที่สถานีวัดน้ำท่าบ้านท่าแสง โดยเลือกสถานีร่วม 5 สถานี พบว่าค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการสังเคราะห์ และจากที่วัดจริงต่างกันเพียง 3% และ 2.4% ตามลำดับ

ABSTRACT

HEC-4 is the computer program which used for monthly runoff generation. The generated runoff data will be used to extend the record to the desired period, which is very useful for the studied area which has too short record. This program use the statistical principle - i.e. simple correlation coefficient, normal deviates and random to generate the data

For the case study at Chi river, the monthly runoff was generated at Ban Thasabeang station by using 5 stations. The results indicated that the difference between the mean and standard deviation of the observed runoff and generated runoff were 3% and 2.4% respectively

1. บทนำ

ในงานทางด้านอุทกวิทยาหรืองานทางด้านการจัดการทรัพยากรแหล่งน้ำ ข้อมูลน้ำท้านับว่าเป็นข้อมูลที่จำเป็นและสำคัญอย่างยิ่งที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ งานสร้างเขื่อนหรืองานสร้างอ่างเก็บน้ำจะต้องทราบว่าคุณจุดที่ตั้งโครงการนั้น มีปริมาณน้ำท่าเท่าไรมีค่าอัตราการไหลสูงสุดต่ำสุดเท่าไรและเกิดขึ้น ณ ช่วงเวลาไหน ปริมาณน้ำท่าที่คาบการกลับต่าง ๆ มีค่าเท่าไร ซึ่งโดยปกติแล้วในบ้านเรา ข้อมูลน้ำท่าเหล่านี้ได้มาจากการเก็บบันทึกโดย กรมชลประทาน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตหรือสำนักงานพลังงานแห่งชาติ แต่ถ้าในกรณีที่บริเวณที่ตั้งโครงการหรือบริเวณที่ต้องการศึกษาไม่มีการบันทึกข้อมูลเหล่านี้เราจะทำอย่างไร [1] ได้แบ่งสถานการณ์ของข้อมูลน้ำท่าที่ผู้ออกแบบจะพบได้ออกเป็น 5 กรณีคือ

- กรณีที่ 1 - มีข้อมูลการบันทึกปริมาณน้ำท่าที่ยาวและน่าเชื่อถืออยู่ที่หรือใกล้กับบริเวณที่ทำการศึกษ
ในลำน้ำนั้น
- กรณีที่ 2 - มีข้อมูลการบันทึกปริมาณน้ำท่าที่ยาวและน่าเชื่อถืออยู่ในลำน้ำที่ทำการศึกษาแต่อยู่ไกลจาก
บริเวณที่ศึกษามาก
- กรณีที่ 3 - มีข้อมูลการบันทึกปริมาณน้ำท่าที่สั้นอยู่ในลำน้ำที่ศึกษานั้น
- กรณีที่ 4 - ไม่มีข้อมูลการบันทึกปริมาณน้ำท่าในลำน้ำที่ศึกษาแต่มีข้อมูลการบันทึกปริมาณน้ำท่าในลำ
น้ำใกล้เคียง
- กรณีที่ 5 - ไม่มีข้อมูลการบันทึกปริมาณน้ำท่าทั้งบริเวณที่ทำการศึกษาและบริเวณใกล้เคียง

ในที่นี้จะขออธิบายเฉพาะกรณีที่ 3 เท่านั้น ทั้งนี้เพราะว่าบ้านเรามีกรณีนี้มาก คือมีข้อมูลอยู่ในลำน้ำที่
ศึกษาแต่มีการบันทึกข้อมูลเพียงระยะเวลาสั้นคือสั้นกว่า 10 ปี ในกรณีที่ต้องการจะได้มาซึ่งข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่
ยาวและน่าเชื่อถือนั้น จะอาศัยแบบจำลองประมาณค่าสัมประสิทธิ์สำเร็จ (empirical coefficient) เพื่อนำไปต่อ
ขยายข้อมูลปริมาณน้ำท่าตามช่วงความยาวที่ต้องการ แบบจำลองจะอาศัยหลักสถิติเข้ามาช่วย โดยมีวิธีการทาง
สถิติหลายวิธีการที่ใช้ในการสังเคราะห์ข้อมูลที่เป็นลำดับต่อเนื่อง (sequential generation of synthetic
records) จากข้อมูลปริมาณน้ำท่าหรือฝนที่มีการเก็บบันทึกข้อมูลในช่วงระยะเวลาสั้น ข้อมูลปริมาณน้ำท่าหรือฝน
ที่ได้จากการสังเคราะห์นี้ จะมีลักษณะและพารามิเตอร์ทางสถิติเหมือนกับข้อมูลที่เก็บบันทึกนั้นแต่อาจจะมีค่าข้อ
มูลที่สูงหรือต่ำมากกว่าข้อมูลที่เก็บบันทึกได้ โดยปกติแล้วช่วงเวลาของข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ จะเป็นช่วงราย
เดือน[2]

2. โปรแกรม HEC-4

Hydrologic Engineering Center หรือ HEC ได้พัฒนาแบบจำลองทางระบบทรัพยากรแหล่งน้ำ
หลายอย่างด้วยกันซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 สาขาหลักได้แก่ ปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำ, ชลศาสตร์ลำน้ำ และ
การดำเนิน การ อ่าง เก็บ น้ำ (reservoir operation) ซึ่ง ทั้ง 3 สาขาหลัก นี้ HEC ได้ พัฒนา โปรแกรม
คอมพิวเตอร์มาช่วยในการวิเคราะห์โดยมีโปรแกรมตั้งแต่ HEC-1 จนถึง HEC-6 [3]

โปรแกรม HEC-4 Monthly Streamflow Simulation [4] เป็นโปรแกรมหนึ่งของ HEC ที่ใช้หลัก
การทางสถิติในการวิเคราะห์โดยสามารถวิเคราะห์ทั้งแบบที่มีสถานีวัดน้ำเพียงสถานีเดียวหรือมีหลาย ๆ สถานีร่วม
กันในพื้นที่ลุ่มน้ำเดียวกัน ในกรณีที่มีมากกว่า 1 สถานีวัดน้ำท่า โปรแกรมจะสังเคราะห์ข้อมูลที่ขาดหายไปหรือไม่
สมบูรณ์ของสถานีวัดน้ำที่กำลังพิจารณานบนพื้นฐานของทั้งข้อมูลน้ำท่าในเดือนที่กำลังพิจารณาในขณะนั้นของสถานี
อื่น และความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างสถานีวัดน้ำท่าที่ใช้วิเคราะห์ นอกจากนั้นแล้วปริมาณน้ำท่าที่สังเคราะห์
อาจได้จากการกำหนดลักษณะทางสถิติ (statistic characteristics) เลยกก็ได้

โปรแกรม HEC-4 จะคำนวณหาค่าเฉลี่ย ความเบี่ยงเบนมาตรฐานและ skew coefficient ของค่า
ลือกของปริมาณน้ำท่าในแต่ละเดือนและแต่ละสถานีวัดน้ำท่า โดยจะเพิ่มค่าปริมาณน้ำท่าเข้าไปอีก 1% ของค่า
ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย เพื่อป้องกันไม่ให้ค่าลือกติดลบสมการที่ใช้มีดังนี้

$$X_{i,m} = \log(Q_{i,m} + q_i) \quad (1)$$

$$\bar{X}_i = \sum_{m=1}^N X_{i,m}/N \quad (2)$$

$$S_i = \sum_{m=1}^N (X_{i,m} - \bar{X}_i)^2 / (N-1) \quad (3)$$

$$g_i = N \sum_{m=1}^N (X_{i,m} - \bar{X}_i)^3 / [(N-1)(N-2)S_i^3] \quad (4)$$

โดยที่

X = ค่าลือกของปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่รวมค่าบวกเพิ่ม

Q = ปริมาณน้ำท่ารายเดือน

q = ปริมาณน้ำท่าที่บวกเพิ่มเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดลือกติดลบ

X = ค่าเฉลี่ยของค่าลือกของปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่รวมค่าบวกเพิ่ม

N = จำนวนปีของข้อมูล

S = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

g = skew coefficient

i = เดือนที่ i

m = ปีที่ m

ปริมาณน้ำท่าที่บวกเพิ่มนี้จะลบออกภายหลัง ค่าต่ำสุดและสูงสุดของปริมาณน้ำท่าจะถูกคำนวณทุกเดือน และทุกสถานีวัดน้ำท่า ถ้าสถานีวัดน้ำท่าใดมีข้อมูลไม่สมบูรณ์หรือขาดหายไป โปรแกรมจะสำรวจหาสถานีวัดน้ำท่าที่มีข้อมูลการบันทึกที่ยาวที่สุดเพื่อที่จะเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับสถานีวัดน้ำท่าที่มีข้อมูลไม่สมบูรณ์นั้น โดยค่าเฉลี่ย ความเบี่ยงเบนมาตรฐานจะถูกปรับค่าบนพื้นฐานทางสถิติของสถานีวัดน้ำท่าที่มีข้อมูลการบันทึกที่ยาวกว่า

ความเบี่ยงเบนมาตรฐานปกติ (normal standard deviates) ของแต่ละปริมาณน้ำท่าจะคำนวณโดยใช้การประมาณจากการกระจาย Pearson Type III [5] ดังสมการต่อไปนี้

$$t_{i,m} = (X_{i,m} - \bar{X}_i) / S_i \quad (5)$$

$$K_{i,m} = \frac{6[(g_i t_{i,m} / 2 + 1)^{1/3} - 1] + g_i}{6} \quad (6)$$

โดยที่

$t_{i,m}$ = Pearson Type III standard deviate สำหรับเดือนที่ i ปีที่ m

$X_{i,m}$ = ปริมาณน้ำท่าของเดือนที่ i ปีที่ m

X_i = ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยของเดือนที่ i

S_i = ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

g_i = skew coefficient

$K_{i,m}$ = ความผันแปรมาตรฐานปกติ

หลังจากแปลงค่าปริมาณน้ำท่าแต่ละเดือนและแต่ละสถานี ไปอยู่ในรูปของตัวแปรมาตรฐานปกติ (normalized standard variate) แล้วสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ร่วม (simple correlation coefficient) จะถูกคำนวณระหว่างคู่ของสถานีวัดน้ำท่าทั้งหมด สำหรับเดือนที่กำลังวิเคราะห์กับเดือนก่อนหน้านั้น ดังสมการ

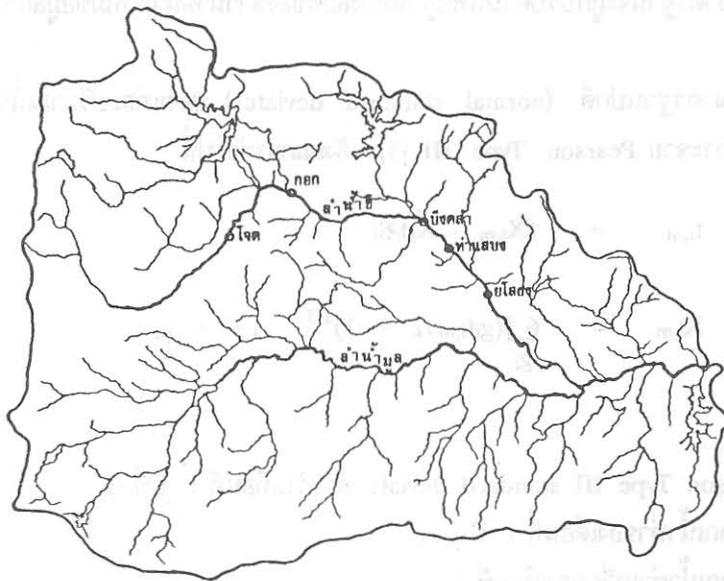
$$R_i = \{1 - [1 - (\sum_{m=1}^N x_{i,m} x_{i-1,m})^2 / (\sum_{m=1}^N x_{i,m}^2 \sum_{m=1}^N x_{i-1,m}^2)](N-1)(N-2)\}^{1/2} \quad (7)$$

โดยที่ $x = X - \bar{X}$ (8)

ข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ไม่สมบูรณ์ของสถานีวัดน้ำท่าที่กำลังพิจารณาจะถูกประมาณค่าโดยใช้สัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ร่วมและค่าเบี่ยงเบนปกติ (normal deviates) พร้อมกับบวกเพิ่มค่าการสุ่ม (random) เข้าไปเพื่อขจัดความผิดพลาด (error) ที่อธิบายไม่ได้ นอกจากนั้นสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ร่วม (correlation coefficient) ระหว่างปริมาณน้ำท่าทั้งหมดจะถูกตรวจสอบเพื่อความคงตัว (consistency) ของข้อมูล

การสร้างค่าสังเคราะห์ของปริมาณน้ำท่ารายเดือน HEC-4 ใช้ Lag-one Markov process โดยปริมาณน้ำท่าของแต่ละสถานีจะถูกสังเคราะห์ทีละเดือน กระบวนการสังเคราะห์ข้อมูลน้ำท่าจะเริ่มด้วยการใช้ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำท่ารายเดือนของทุกสถานีวัดน้ำท่าในเดือนแรกและ 2 ปีแรกของการสังเคราะห์ข้อมูลน้ำท่าจะถูกตัดออก ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการสังเคราะห์จะคำนวณมาจากความสัมพันธ์ถดถอย (regression relationship) ของเดือนที่กำลังพิจารณาที่สถานีอื่นทั้งหมด, ความเบี่ยงเบนจากเดือนที่แล้วที่สถานีอื่นทั้งหมดและส่วนที่สุ่มตามสัดส่วนค่าผันแปรที่ไม่สามารถอธิบายได้ ค่าเบี่ยงเบน (deviates) ที่คำนวณได้นี้จะถูกแปลงไปเป็นปริมาณน้ำท่า ส่วนค่าทางสถิติต่าง ๆ นั้น จะคำนวณตามช่วงเวลาที่ใช้กำหนด

3. กรณีศึกษา



รูปที่ 1 ที่ตั้งสถานีวัดน้ำท่าที่ศึกษา

รูปที่ 1 เป็นตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำชีและลุ่มน้ำมูล ในกรณีศึกษานี้ได้เลือกเอาสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำชีจำนวน 5 สถานี [6] คือ สถานีวัดน้ำท่าที่บ้านใจดี บ้านกอกบ้านบึงคล้า บ้านท่าแสวงและโสร โดยสถิติข้อมูลน้ำท่าของแต่ละสถานีมีดังนี้

- สถานีวัดน้ำท่าบ้านโจด จำนวนปีที่มีการบันทึก 13 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ.2518-2530
- สถานีวัดน้ำท่าบ้านกอก จำนวนปีที่มีการบันทึก 23 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ.2508-2530
- สถานีวัดน้ำท่าบ้านบึงคล้า จำนวนปีที่มีการบันทึก 11 ปีตั้งแต่ปี พ.ศ.2520-2530
- สถานีวัดน้ำท่าบ้านท่าแสบง จำนวนปีที่มีการบันทึก 9 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ.2522-2530
- สถานีวัดน้ำท่ายโสธร จำนวนปีที่มีการบันทึก 26 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ.2505-2530

บริเวณที่ทำการศึกษายูโกลกับบริเวณที่ตั้งของสถานีวัดน้ำท่าบ้านท่าแสบง โดยต้องการวิเคราะห์ความถี่ของน้ำป่า (flood frequency analysis) ในบริเวณนี้ ดังนั้นจึงเลือกเอาสถานีวัดน้ำท่าบ้านท่าแสบงเป็นสถานีหลักในการใช้โปรแกรม HEC-4 มาต่อขยายข้อมูลปริมาณน้ำท่าโดยทำการต่อขยายข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2505 ถึงปี พ.ศ. 2535 สำหรับสถานีวัดน้ำที่เหลือนั้นจะใช้เป็นสถานีร่วมในการสังเคราะห์ข้อมูล ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลที่ใช้ในการสังเคราะห์ข้อมูลน้ำท่าตามรูปแบบ (format) ของโปรแกรม HEC-4 รูปที่ 2 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำท่าของสถานีวัดน้ำท่าบ้านท่าแสบง ระหว่างปริมาณน้ำท่าที่วัดจริงกับปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการสังเคราะห์ โดยมีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐานดังนี้

	ค่าเฉลี่ย (ลบ.ม./วินาที)	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ลบ.ม./วินาที)
ข้อมูลน้ำท่าที่วัดจริง	216.68	245.88
ข้อมูลน้ำท่าที่สังเคราะห์	210.23	251.81

ตารางที่ 1

ข้อมูลที่ใช้ในการสังเคราะห์ข้อมูลน้ำท่าตามรูปแบบของโปรแกรม HEC-4

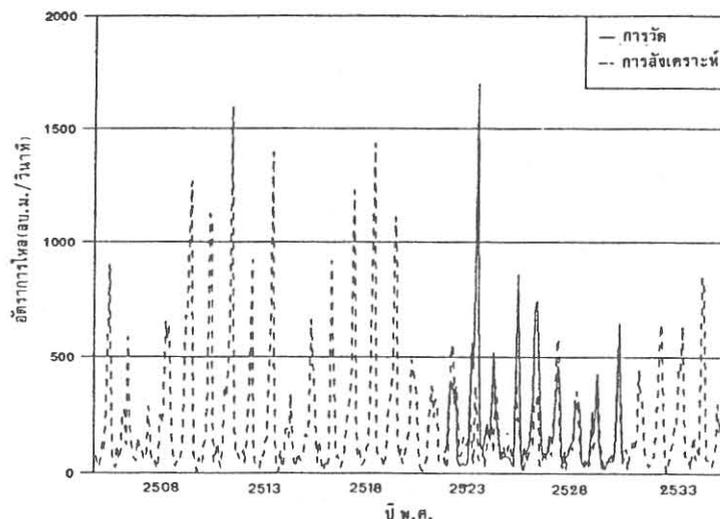
MONTHLY STREAMFLOW SIMULATION - NOV 1982
AT BAN THA SA BAENG STATION
unit: m³/min

A	B	1982	4	1	31	1						
C	1											
D	5	000	050	060	010	002						
E	5	1.	1.	1.	1.	1.						
H0001975	282	328.2	1446	1685	1140	6780	14580	4710	738			
H0001976	98.4	1140	304.8	318	2250	6930	18780	22380	2082	274.2	189	109.2
H0001977	74.4	798	980	249.6	774	10500	10500	984	414	510	184.2	118.2
H0001978	25.8	798	488.4	1320	13080	16300	32700	2640	758	192	64.8	25.8
H0001979	69.6	591.6	2250	894	870	3798	8700	889.8	274.8	298.8	111	102.6
H0001980	43.8	93	8202	6000	5430	12180	42360	8280	1218	131.4	43.2	32.4
H0001981	109.8	915.6	507.6	1128	3144	1908	3930	1728	412.2	537	217.8	144
H0001982	123	108.8	642	147.6	348.2	12080	28220	9060	1800	170.4	76.8	14.4
H0001983	48.8	81	972	2310	8780	9720	10620	8400	1158	541.8	301	92.4
H0001984	85.2	135	810	786	444	3192	9420	4422	688	448.8	251.4	121.2
H0001985	68.2	265.8	1080	2082	2484	4650	10800	7740	1208	236.8	145.2	73.2
H0001986	100.2	2370	1888	447.6	1328	2028	768	823.8	124.8	314.4	135	61.2
H0001987	45	118.8	1080	210	840	4240	12880	3072	1890	41.4	25.2	26.4
H0501985									648			
H0501986	1896	4080	9780	4896	7880	28880	21720	7020	3548	294	181.8	418.4
H0501987	3192	3732	4080	3548	3036	14680	22380	4122	3180	2340	786	2922
H0501988	3072	4290	5814	3828	4488	4728	4590	2316	1932	3084	3174	2904
H0501989	4980	8004	4654	12090	6240	29340	34380	11820	4026	2430	3114	4086
H0501990	2058	4884	4026	5856	7800	24540	20100	9840	4314	2670	3920	1686
H0501991	3830	6120	6800	12840	13140	19980	28840	6180	4374	3630	3312	8886
H0501992	2298	3546	3444	3846	3576	4082	11280	3058	1380	3804	3228	2004
H0501993	482.8	266.4	1350	1704	2040	6480	13740	1938	840	912	774	486.6
H0501994	2884	5168	6080	3042	2840	4842	7740	4164	1344	816	2084	3012
H0501995	2118	2004	4980	5406	3432	14780	38460	12720	3774	882	1104	1410
H0501996	6720	6420	4320	3378	4014	9180	28040	38240	7680	2984	2910	3024
H0501997	5190	6580	5484	3486	4880	23780	16820	4494	2804	3912	3072	3942
H0501998	3414	4584	5202	20940	38240	38980	58600	10380	5292	3098	2418	2016
H0501999	3330	4806	14840	16140	17340	12180	12840	1824	1844	3174	3156	9318
H0501980	792	1776	14340	25860	21900	36040	85320	16980	4680	425.4	316.2	780
H0501981	11280	8802	4974	6980	6880	4098	5442	3414	1284	3384	4182	6900
H0501982	648	882	1332	1332	1170	18720	31500	12060	2790	702	702	954
H0501983	3080	4248	7380	6120	28820	27080	24480	11100	3036	1656	2852	2358
H0501984	4512	5244	3768	3842	6060	9480	13800	14240	1404	1614	3186	2982
H0501985	1110	1880	1808	3428	4826	7320	10440	10080	1382	810	624	1188
H0501986	744	4872	7380	3076	4800	5886	2226	1674	371.4	587.4	642	630
H0501987	532.8	756	1872	846	3744	7880	22200	6238	1734	349.2	344.4	354.6
H0501978	4320	4880	8100	26520	38880	88340	69000	28860	8400	5310	3480	3288
H0501979	8088	7080	19320	23440	22020	16740	19880	3012	1626	5772	5838	5886
H0501980	2442	3282	18200	33720	25860	57980	84800	38280	7280	2892	2476	1980
H0501981	13080	9120	9300	18000	28880	16440	11580	7680	2784	6800	7140	9360
H0501982	3980	3884	3222	1878	1716	27900	43740	21380	4866	2882	3878	3894
H0501983	5780	6540	10820	18880	36780	38040	30080	16880	6800	2186	4680	4446
H0501984	6882	8280	6480	6420	11940	19020	24800	19500	3618	3912	3822	3234
H0501985	4026	5094	5676	6300	6840	13020	14820	11760	2368	1982	2882	3058
H0501986	1982	5880	12120	8100	12420	19140	7080	3342	1182	1890	2736	2412
H0501987	2898	2514	2388	2840	7740	22500	31920	10320	2882	1320	1896	2356
H0101979	5334	7500	19440	32880	22320	17520	20620	3658	1716			6592
H0101980	2136	3828	17220	33880	28840	61800	10200	41580	7680	2886	2650	1682
H0101981	12880	9420	9800	10800	31280	17280	12180	8100	3732	6880	7080	9360
H0101982	4820	4848	3822	2070	1734	31280	51420	24180	8844	3824	4584	4302
H0101983	6360	7320	11880	19440	41940	44840	34080	18660	7890	2664	6480	4824
H0101984	6880	9780	8040	7800	14820	22280	27480	21900	8124	5028	4170	4032
H0101985	4794	6080	8040	8880	16380	16880	18420	14880	3084	2826	3822	4380
H0101986	2286	7140	15720	9720	18060	23500	8840	4382	1382	1872	3372	2916
H0101987	3078	3198	2898	3714	9720	30800	35100	13820	3488	1212	1188	2910
H021982	310.2	3842	11040	23700	33420	61000	91800	45360	3488	894	454.8	342
H021983	491.4	708	4272	7880	43560	40740	44880	48360	8880	1088	636	518.4
H021984	581.4	3246	13080	6840	7980	36780	70800	56100	8580	1808	774	514.8
H021985	654	1608	18120	6080	13860	38000	17780	2700	702	1686	980	684
H021986	1722	9120	32040	11700	11700	67800	38840	10680	4382	303	188.4	230.4
H021987	3012	3648	4104	4728	5168	21680	36380	4988	3132	2328	2346	2574
H021988	3048	4014	6800	3680	9180	35160	11220	4110	3098	2844	3006	2832
H021989	4416	4932	9180	28840	28840	40880	53480	24540	4032	2202	2496	3516
H021970	4914	8232	11840	21980	28340	81120	47780	17040	8840	2436	2188	3510
H021971	5400	7800	9540	34500	33780	44040	41340	17840	7800	5616	4388	4686
H021972	3570	5580	9420	10820	32100	16080	29880	11100	2384	8880	4880	3516
H021973	1088	894.6	4452	13020	16880	16880	21540	5488	1680	1386	954	744
H021974	3782	6800	8040	6780	27180	44820	22500	11820	3798	1434	3300	4548
H021975	4888	5742	13740	18120	17700	43560	56620	35180	7440	1956	3240	2880
H021976	8700	9880	7320	6800	21180	27360	40880	34800	16140	4440	4860	5706
H021977	6420	10020	9180	5412	13020	58940	28440	7140	3836	8894	3884	4308
H021978	4380	6880	9480	41100	53340	68800	90800	37880	9180	4182	3546	3648
H021979	5514	9000	24180	38160	34580	23160	31620	4116	1758	6000	5772	5882
H021980	1982	3312	20640	42960	33120	68000	74400	47040	6180	2186	2484	1800
H021981	13200	10800	14100	35760	49980	26560	19140	9540	2874	6380	6800	9480
H021982	4194	4542	5544	2334	2884	44820	67800	36000	7200	2888	3894	3308
H021983	5076	7020	11820	29700	43880	48840	37800	19140	8040	1960	3894	4388
H021984	5070	8840	8340	10200	21900	30880	30840	23880	5480	4388	3380	3806
H021985	4200	5822	9540	12120	30180	23220	20100	15800	3258	2010	2582	2882
H021986	2180	7580	17520	10880	20880	34880	8060	4722	876	1382	2884	2880
H021987	2820	3180	3546	5886	12720	36800	38980	13880	3788	1382	1104	2884

ซึ่งจะเห็นว่า ค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการสังเคราะห์และจากที่วัดจริงมีค่าใกล้เคียงกันมาก โดยค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการสังเคราะห์ต่างจากที่วัดจริงประมาณ 3% และ 2.4% ตามลำดับ

4. สรุปและวิจารณ์

โปรแกรม HEC-4 มีประโยชน์มากในงานการพัฒนาแหล่งน้ำ โดยเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการสังเคราะห์ข้อมูลน้ำท่ารายเดือน ในบริเวณที่มีการเก็บบันทึกข้อมูลในช่วงระยะเวลาสั้น เราสามารถที่จะต่อขยายข้อมูลได้ตามความยาวที่ต้องการ ซึ่งจะช่วยให้เราสามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างน่าเชื่อถือ แต่ข้อจำกัดของโปรแกรมนี้ก็คือ การกระจายของข้อมูลน้ำท่านั้นจะต้องเป็นการกระจายแบบ Log Pearson Type III จึงจะให้ค่าที่น่าเชื่อถือ



รูปที่ 2 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนของสถานีวัดน้ำท่าบ้านท่าแสง

เอกสารอ้างอิง

1. Barfield B. J., R. C. Warner and C. T. Haan (1981). *Applied Hydrology and Sedimentology for Disturbed Areas*. Oklahoma Technical Press, U.S.A.
2. Williams G. R. (1977). *Hydrologic Studies*. In Handbook of Dam Engineering. Van Nostrand Reinhold Company, New York, U.S.A
3. Feldman A. D. (1981). *HEC Models for Water Resources System Simulation: Theory and Experience*. In Advances in Hydrosience, Vol. 12. Academic Press, Inc., U.S.A.
4. Hydrologic Engineering Center(1971). *HEC-4 Monthly Streamflow Simulation. Program Users Manual*. U.S. Army Corps of Engineers, California, U.S.A.
5. Viessman Jr., J. W. Knapp, G. L. Lewis and T. E. Haarbbaaugh (1977). *Introduction to Hydrology*. Harper & Row, Publishers, New York, U.S.A.
6. สำนักงานพลังงานแห่งชาติ. *สถิติอุทกวิทยา*. สำนักงานพลังงานแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน