การประเมินน้ำท่าด้วยแบบจำลอง HEC-4 [1/]

(Monthly Streamflow Simulation)

การพัฒนาแหล่งน้ำ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ มีวัตถุประสงค์ที่จะนำน้ำจากแม่น้ำลำธารมาใช้ประโยชน์ โดยการเก็บกักน้ำเป็นต้นทุนไว้ใช้ในหน้าแล้ง การทดน้ำในแม่น้ำให้มีระดับสูงขึ้นสามารถไหลเข้าพื้นที่เพาะปลูกได้ หรือกักตุนน้ำไว้เพื่อสูบน้ำไปใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ เป็นต้น การเก็บกักน้ำ การทดน้ำ เหล่านี้จำเป็นจะต้องศึกษาปริมาณน้ำท่าที่ไหลมาตามธรรมชาติ จากข้อมูลปริมาณน้ำท่าในอดีตที่จดบันทึกไว้เป็นเวลานานพอ เพื่อที่จะคาดคะเนว่าปริมาณน้ำในอนาคตจะมีเพียงพอ มากเกิน หรือน้อยเกินไปในช่วงเวลาใดบ้าง แต่ปัญหาที่พบเสมอก็คือ โครงการพัฒนาแหล่งน้ำมักจะเป็นพื้นที่ห่างไกล การคมนาคมไม่สดวก ข้อมูลการวัดปริมาณน้ำอาจไม่เคยมีเลย หรือมีแต่ระยะสั้น ดังนั้นจึงจำมีการประเมินปริมาณน้ำท่าด้วยวิธีใดวิธีหนึ่ง

4.1 วิธีการประเมินน้ำท่า

การประเมินน้ำท่าแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

(1) แบบกายภาพ (Physical Model) ได้แก่ แบบจำลอง ฝน-น้ำท่า (Rainfall-Runoff Models or Watershed Models) เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยป้อนใส่ข้อมูลฝน พารามิเตอร์และสัมประสิทธิ์อื่น ๆ เข้าไปในคอมพิวเตอร์ที่มีโปรแกรม ฝน-น้ำท่า และให้เครื่องคอมพิวเตอร์คำนวณปริมาณน้ำท่าออกมา มีผู้คิดสร้างโปรแกรมขึ้นหลายชื่อ เช่น

Tank model
Stanford Watershed model (1986)
USDA-HL model (1970)
SCS model (Soil Conservation Service, 1957)
NAN model (Nedbor-Afstromnings model)
SACRAMENTO Watershed model (1985)
SSARR model (Stream Flow Synthesis and River Regulation, 1972)

1/ คัดลอกและดัดแปลงจากบทความ รศ.ดร.วีระพล แต้สมบัติ ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มก.

(2) แบบจำลองทางสถิติ (Statistic Models) เป็นแบบจำลองถดถอยเชิงซ้อน (Multiple Regression Models)

แบบจำลองตามหลักสถิติ HEC-4 (Monthly Streamflow Simulation) สร้างขึ้นโดย US. Army Corps of Engineers, The Hydrologic Engineering Center, Feb.(1971) ต่อมาแบบจำลองนี้ใช้กันแพร่หลายและได้ผลดี นอกจากนี้ยังมีโปรแกรมอื่นที่อยู่ในตระกูลเดียวกันนี้ คือ

HEC-1 Flood Hydrograph Package

HEC-2 Water Surface Profiles

HEC-3 Reservoir System Analysis for Conservation

HEC-4 Monthly Streamflow Simulation

HEC-5 Reservoir Simulation of Flood Control and Conservation

HEC-6 Scour and Deposition in Rivers and Reservoirs

4.2 ประโยชน์ของโปรแกรม HEC-4

การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ทางสถิติของปริมาณน้ำท่ารายเดือนของสถานีต่าง ๆ ด้วยแบบจำลอง HEC-4 จะสามารถสร้างข้อมูลน้ำท่ารายเดือนต่อเนื่องยาวเท่าที่ต้องการตามความสัมพันธ์ทางสถิติดังกล่าว นอกจากนี้ยังสามารถเติมข้อมูลที่ขาดหายไป (Filling Missing Data) โดยการคำนวณจากปริมาณน้ำท่าของสถานีอื่นในช่วงเวลาเดียวกัน (Concurrent Flows) และจะคำนวณค่าสูงสุดและต่ำสุดแต่ละเดือนให้ จากข้อมูลที่วัดไว้ (Recorded) และข้อมูลต่อเติม (Reconstituted) ตลอดจนข้อมูลที่สร้างขึ้นมาใหม่ (Generated)

อนึ่ง แบบจำลอง HEC-4 มีหลายทางเลือก (Option) เพื่อนำไปใช้ในแต่ละกรณี นอกจากนี้แล้ว HEC-4 ยังใช้ได้กับตัวแปรอื่น เช่น ปริมาณฝน ปริมาณการระเหย อุณหภูมิ ปริมาณน้ำที่ต้องการ ทั้งที่ใช้ตัวแปรเดียวหรือมีตัวแปรหลายตัวร่วมกัน

4.3 หลักสำคัญในการวิเคราะห์

(1) ส่วนของการวิเคราะห์เชิงสถิติของโปรแกรมนี้ ปริมาณน้ำท่าแต่ละเดือนของสถานีต่าง ๆ จะบวกด้วยปริมาณ q_i ซึ่งจะมีค่าประมาณ 1 เปอร์เซนต์ของปริมาณน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ย

เพื่อป้องกันไม่ให้มีการ take log ของค่าศูนย์ (Infinite Negative Logarithms) ปริมาณ q_i ที่เพิ่มนี้จะถูกหักออกจากค่าปริมาณน้ำท่าภายหลัง ในขั้นตอนสุดท้าย ค่าตัวแปรซึ่งเป็นปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่บวกด้วย q_i จะเปลี่ยนให้อยู่ในรูป Logarithms ดังนี้

$$X_{i,m} = \log (Q_{i,m} + q_i) \quad \text{.......... (4.1)}$$

$X_{i,m}$ = log ของปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่บวกด้วย q แล้วของเดือน i ปีที่ m

$Q_{i,m}$ = ปริมาณน้ำท่ารายเดือนของข้อมูลเดิมของเดือน i ปีที่ m

q_i = ค่าที่ใส่ไว้ป้องกัน Infinite Logarithms ในเดือน i

i = เดือนที่ i

m = ปีที่ m

การคำนวณค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน (Standard Deviation) และสัมประสิทธิ์ความบิดเบี้ยว (Skew Coefficient) ของแต่ละเดือนของสถานีต่าง ๆ คำนวณได้ตามสูตรต่อไปนี้

$$\overline{X}_i = \sum_{m=1}^{N} X_{i,m} / N \quad \text{.......... (4.2)}$$

$$S_i = \sqrt{\sum_{m=1}^{N} (X_{i,m} - \overline{X}_i)^2 / (N-1)} \quad \text{.......... (4.3)}$$

$$g_i = N \sum_{m=1}^{N} (X_{i,m} - \overline{X}_i)^3 / [(N-1)(N-2)S_i^3] \quad \text{....... (4.4)}$$

$\overline{X}_i$ = ค่าเฉลี่ยของ X ในเดือน i

S_i = ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานของ X ในเดือน i

g_i = ค่าสัมประสิทธิ์ความบิดเบี้ยวของ X ในเดือน i

N = จำนวนปีของข้อมูล

(2) แต่ละสถานีหากข้อมูลเดือนใดหายไป โปรแกรมจะค้นหาข้อมูลจากสถานีอื่น ๆ ที่มีสถิติยาวกว่า มาใช้ปรับแก้ค่าสถิติ(Statistics)ต่างๆ ที่คำนวณมาจากข้อมูลที่ไม่ครบสมบูรณ์ให้เชื่อถือยิ่งขึ้น จากนั้นจึงปรับแก้ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่คำนวณได้

สมการ (4.5) ใช้ในการคำนวณจำนวนข้อมูลเทียบเท่า N' ซึ่งจะเป็นพื้นฐานการเลือกข้อมูลที่ดีที่สุดที่จะนำไปใช้ในการปรับแก้

$$N' = \frac{N}{1 - \frac{N'_2 - N_1}{N'_2} R^2} \quad \text{.......} \quad (4.5)$$

หรือ $$R^2 = \frac{N'_2 (N'_1 - N_1)}{N'_1 (N'_2 - N_1)}$$

สมการที่ใช้ปรับแก้ค่าเฉลี่ย $$\bar{X}'_1 - \bar{X}_1 = (\bar{X}'_2 - \bar{X}_2) R S_1 / S_2 \quad \text{.......} \quad (4.6)$$

สมการที่ใช้ปรับค่าเบี่ยงเบน $$S'_1 - S_1 = (S'_2 - S_2) R^2 S_1 / S_2 \quad \text{.......} \quad (4.7)$$

เครื่องหมายขีดบน (Prime) เป็นข้อมูลของปีที่มีข้อมูลนาน ส่วนที่ไม่มีเครื่องหมายขีดบนนั้นเป็นข้อมูลของสถานีที่มีข้อมูลสั้นของสถานีหมายเลข 1 และหมายเลข 2

N = จำนวนปีของข้อมูล (Length of Record)

R = Linear Correlation Coefficient

(3) เปลี่ยนค่าตัวแปร $X_{i,m}$ (Individual Flow) ให้เป็นตัวแปรมาตราฐานโดยใช้ Pearson Type III Probability Distribution ดังต่อไปนี้

$$t_{i,m} = (X_{i,m} - \bar{X}_i) / S_i \quad \text{.......} \quad (4.8)$$

$$K_{i,m} = (6 / g_i)\left[((g_i t_{i,m} / 2) + 1)^{1/3} - 1\right] + g_i / 6 \quad (4.9)$$

$t_{i,m}$ = Pearson Type III Standard Deviate

$K_{i,m}$ = Normal Standard Deviate

(4) หลังจากเปลี่ยนค่าปริมาณน้ำท่ารายเดือนของทุกสถานี และทุกเดือนให้เป็นค่าตัวแปรปกติมาตรฐาน($K_{i,m}$)ขั้นต่อไป โปรแกรมจะทำการวิเคราะห์สมการถดถอยเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์สหพันธ์ R ระหว่างแต่ละคู่ของสถานีสำหรับเดือนเดียวกัน (Concurrent month) และกับเดือนก่อน (Preceding month) จากสมการต่อไปนี้

$$R_{i,j-1} = \{1 - \left[1 - (\sum_{m=1}^{N} x_{i,m} x_{i-1,m})^2 / (\sum_{m=1}^{N} x_{i,m}^2 \sum_{m=1}^{N} x_{i-1,m}^2)\right](N-1)/(N-2)\}^{\frac{1}{2}} \quad (4.10)$$

เมื่อ $x = X - \overline{X}$

(5) ถ้าหากค่าตัวแปรปริมาณน้ำท่าแต่ละคู่ของสถานีมีน้อยไม่เพียงพอจะนำมาคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ได้ (จำนวนปีของเดือนนั้นน้อยกว่า 3) ก็จำเป็นต้องประมาณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเดือนนั้นทางอ้อม ค่าที่หายไปสามารถคำนวณได้จากค่าสัมประสิทธิ์สหพันธ์ระหว่างแต่ละตัวแปรของคู่ตัวแปรที่หายไป (i และ j) กับตัวแปรอื่น (k) ใด ๆ ตามสมการต่อไปนี้

$$R_{i,j} = R_{k,i} R_{k,j} \sqrt{(1 - R_{k,i}^2)(1 - R_{k,j}^2)} \quad (4.11)$$

จากการคำนวณค่า $R_{i,j}$ ได้หลาย ๆ ค่าซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนตัวแปรอื่น (k) ต่าง ๆ ที่นำมาทำการคำนวณตามลำดับ ขีดจำกัดบนของค่า $R_{i,j}$ จะกำหนดให้เท่ากับค่าต่ำสุดของค่า Upper Limits (คำนวณโดยใช้เครื่องหมาย +) ต่าง ๆ ที่คำนวณได้จากสมการที่ (4.11) และขีดจำกัดล่างของ $R_{i,j}$ จะกำหนดให้เท่ากับค่าสูงสุดของ Lower Limits (คำนวณโดยใช้เครื่องหมาย-) ต่าง ๆ ที่คำนวณ

ได้จากสมการที่ (4.11) เช่นเดียวกัน และค่าเฉลี่ยของขีดจำกัดบนและขีดจำกัดล่างจะกำหนดให้เป็นค่าของ $R_{i,j}$ ที่ขาดหายไป

(6) ปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่ขาดหายไปไม่ว่าจะเป็นสถานีใด โปรแกรมจะทำการคำนวณค่าที่ขาดหายไปเหล่านี้ทุกเดือนและทุกสถานี และเพื่อที่จะสร้างข้อมูลเพิ่มเติม (Reconstitute) ในช่วงที่ขาดหายไปดังกล่าว จำเป็นต้องคำนวณสมการถดถอย (Regression Equation) ในเทอมของตัวแปรปกติมาตรฐานด้วยการเลือกค่าสัมประสิทธิ์ที่ต้องการจาก Correlation Matrix ที่สมบูรณ์สำหรับเดือนนั้น และแก้สมการด้วยวิธี Crout ค่าที่ขาดหายไป (ในเทอมของตัวแปรปกติมาตรฐาน) จะคำนวณจากสมการถดถอยที่คำนวณได้นี้ ซึ่งรายละเอียดจะได้กล่าวในขั้นตอนที่ (8) เกี่ยวกับวิธีการสร้างข้อมูลใหม่ (Streanflow Generation)

(7) ในขั้นตอนนี้จะเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนค่าตัวแปรปกติมาตรฐานกลับไปเป็นปริมาณน้ำท่ารายเดือนด้วยการใช้สมการต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

$$t_{i,m} = \{[(g_i / 6)(K'_{i,m} - g_i / 6) + 1]^3 - 1\}(2 / g_i) \quad (4.12)$$

$$X_{i,m} = \overline{X}_i + t_{i,m} S_i \quad (4.13)$$

$$Q_{i,m} = \text{Antilog } X_{i,m} - q_i \quad (4.14)$$

$$Q_{i,m} \geq 0 \quad (4.15)$$

สำหรับค่าปริมาณน้ำท่ารายเดือน $Q_{i,m}$ ที่คำนวณได้นี้จะต้องมีค่ามากกว่า หรือเท่ากับศูนย์ ถ้าหากว่ามีค่าเป็นลบจะกำหนดให้เท่ากับศูนย์

(8) ในการสร้างข้อมูลใหม่ (Streamflow Generation) โปรแกรมจะทำการคำนวณสมการถดถอยจาก Correlation Matrix ด้วยวิธี Crout สำหรับแต่ละสถานีและแต่ละเดือน จากนั้นทำการคำนวณปริมาณน้ำท่าของแต่ละสถานีโดยคำนวณแต่ละเดือนติดต่อกันไป ด้วยการใช้สมการที่ (4.16) โดยจะเริ่มจากค่าเฉลี่ยของทุกสถานีในเดือนแรก และคำนวณเดือนต่อ ๆ ไป จากนั้นจะตัดค่าปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่สร้างขึ้นมาใหม่ในช่วง 2 ปีแรกทิ้งไป

$$K'_{i,j} = \beta_1 K'_{i,1} + \beta_2 K'_{i,2} + ... + \beta_{j-1} K'_{i,j-1} + \beta_j K'_{i-1,j} + \beta_{j+1} K'_{i-1,j+1} + ... +$$

$$\beta_n K'_{i-1,n} + \sqrt{1 - R^2_{i,j}}\ Z_{i,j} \qquad .... (4.16)$$

$K'_{i,j}$	=	ค่า Monthly Flow Logarithm ซึ่งแสดงในค่าของตัวแปรปกติมาตรฐาน ของเดือน i สถานี j
βj	=	สัมประสิทธิ์เบต้าคำนวณจาก Correlation Matrix ของสถานี j
n	=	จำนวนสถานีที่มีสหสัมพันธ์กัน
$R_{i,j}$	=	สัมประสิทธิ์สหพันธ์เชิงซ้อน (Multiple Regression Coefficient) ของเดือน i สถานี j
$Z_{i,j}$	=	จำนวนเลขสุ่ม (Random Number) ของเดือน i สถานี j
i	=	เดือนที่ i
j	=	สถานีที่ j

สำหรับรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับวิธีการคำนวณที่ใช้ในแบบจำลอง HEC-4 ทำได้จากคู่มือของแบบจำลอง HEC-4 (Monthly Streamflow Simulation)

4.4 ข้อมูลที่ต้องการ (Input Data)

แบบจำลอง HEC-4 สามารถทำงานได้หลายทางเลือก (Options) ซึ่งสรุปได้ดังนี้

- Standard Analysis and Generation
- Multi-pass Reconstitution and Generation
- Flow Projections
- Compute and Use Generalized Statistics
- Statistics Furnished
- Generalized Statistics Furnished

ดังนั้น ข้อมูลที่ต้องการจึงมีจำนวนมากมาย โปรแกรมเดิมเขียนเป็นภาษา FORTRAN IV การป้อนข้อมูลมีลักษณะเป็นบัตรคอมพิวเตอร์ (Data Cards) ดังแสดงในภาคผนวกที่ 4.1 สำหรับแบบจำลองที่ใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์แบบ PC การป้อนข้อมูลจะนับเป็นบรรทัด (line) สำหรับคอลัมน์แรกของแต่ละบรรทัดจะสงวนไว้สำหรับใส่ Identifications ซึ่งเป็นตัวอักษร A ถึง R อย่างไรก็ตามการป้อนข้อมูล ไม่จำเป็นต้องมีครบทุกบัตร (บรรทัด) การใช้บัตร (Card Identification) ชุดใดขึ้นอยู่กับทางเลือกที่จะ run โปรแกรม

จากประสบการณ์พบว่าเฉพาะทางเลือกที่ 1 คือ Standard Analysis and Generation ก็สามารถใช้งานในการประเมินน้ำท่าได้เป็นอย่างดี ตัวอย่างการป้อนข้อมูลสำหรับทางเลือกดังกล่าวนี้แสดงไว้ในตารางที่ 1 ซึ่งจะเห็นว่ามี Card Identification อยู่ 7 อักษรด้วยกันคือ A.B, C, D, E, H และ I

เมื่อต้องการบอก HEC-4 ให้หยุดทำงาน กระทำได้โดยใช้บัตรที่คอลัมน์แรกมีอักษร A และตามด้วย Blank Cards อีก 4 ใบ (หรือบัตรที่มีเฉพาะอักษร A ในคอลัมน์แรกเท่านั้นจำนวน 5 ใบ)

4.5 ผลลัพธ์จากการ RUN HEC-4 (Output Data)

แบบจำลอง HEC-4 จะทำการเก็บผลลัพธ์ (OUTPUT) ไว้ในไฟล์ที่เราต้องการ ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลที่ป้อนให้ HEC-4 และผลลัพธ์ทั้งหมดที่คำนวณได้ สำหรับ Input Data ที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 จะได้ Output Data ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.2

4.6 แนวทางการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า

ในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสำหรับจุดที่ตั้งอาคารแหล่งน้ำที่ไม่มีสถานีวัดน้ำท่านั้น จำเป็นต้องศึกษาข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากสถานีต่าง ๆ ที่ตั้งอยู่บริเวณข้างเคียง และนำผลมาวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า ณ จุดที่ตั้งอาคารแหล่งน้ำที่ต้องการ ตามขั้นตอนหลักดังต่อไปนี้

(1) ศึกษารูปแบบการแพร่กระจายของปริมาณฝนรายปีเฉลี่ย ตลอดทั้งลุ่มน้ำที่ศึกษาและบริเวณข้างเคียง โดยอาศัยข้อมูลจากสถานีวัดน้ำฝนต่าง ๆ หรือศึกษาจากแผนที่แสดงชั้นปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย

(2) ศึกษาปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ของแม่น้ำและลำน้ำสาขาจากสถิติข้อมูลปริมาณน้ำท่าของสถานีต่าง ๆ ที่อยู่ใกล้เคียง

(3) ทำการจัดกลุ่มสถานีวัดน้ำท่า หรือทำการเลือกกลุ่มสถานีวัดน้ำท่า โดยพิจารณาค่าปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ และปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยเป็นหลัก

(4) สำหรับกลุ่มสถานีวัดน้ำท่าที่ทำการเลือก ทำการต่อขยายปริมาณน้ำท่า รายเดือนของแต่ละสถานี ให้มีสถิติยาวตามต้องการ ด้วยการใช้แบบจำลอง HEC-4 ถ้าหากว่าไม่มีสถานีใดที่มีข้อมูลยาวพอเพียง ก็จะสามารถพิจารณาข้อมูลปริมาณฝนรายเดือนของสถานีที่ตั้งอยู่ในบริเวณใกล้เคียงได้

(5) ทำการเลือกสถานีวัดน้ำท่าเป็นสถานีดรรชนี (Index Station) ซึ่งได้ทำการต่อขยายข้อมูลไว้แล้ว จากนั้นคำนวณปริมาณน้ำท่ารายเดือน ณ จุดที่ตั้งแหล่งน้ำที่ต้องการ จากข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายเดือนของสถานีดรรชนีด้วยการควบคุมด้วยแฟกเตอร์ ซึ่งหามาจากอัตราส่วนพื้นที่รับน้ำฝน หรือจากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยและพื้นที่ลุ่มน้ำ

4.7 เอกสารอ้างอิง

(1) วีระพล แต้สมบัติ. การประเมินน้ำท่าและแบบจำลอง HEC-4. ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ธันวาคม 1993.

(2) Hydrologic Engineering Center. HEC-4 (Monthly Streamflow Simulation), US. Army Corps of Engineers. ___________.

ตารางที่ 4.1 ตัวอย่าง Input Data ของ HEC-4

```
A                    TEST DATA - 723-X6-L2340                            11
A             MONTHLY STREAMFLOW SIMULATION - NOV 1970
A                 STANDARD ANALYSIS AND GENERATION
B   1904      10       1       5     200       5       1
C      1
D      3     107     110     111
E      3      1.      1.      1.
H1071905 4.64   2.24   3.74   9.72 30.2   36.5   13.8   14.8    4.36   1.48    .553   .085
H1071906  .372 1.35   2.25  33.2   16.7   84.2   33.1   18.3   10.7    3.24   1.09    .400
H1071907  .867 1.98  31.4   72.6   32.5  121.    32.4   12.2    6.49   2.80   1.19   1.15
H1101904  2.72  4.08   3.38   3.65 13.2   46.7   62.5  141.     70.2   14.1    6.76   7.14
H1101905 33.5   6.49   5.50   6.89 14.0   34.4   47.5   88.5   82.7   18.4    4.52   2.61
H1101906  2.59  3.31   5.04  48.9  23.1  152.   110.   200.   288.   216.     42.6   12.3
H1101907  6.40  6.07  14.1   25.6  33.4   64.0  118.   122.   124.     64.6   16.1    5.60
H1101908  7.07  6.37  12.3   12.8  18.8   37.1   48.0   55.5   36.2   11.4    5.44   5.01
H1111904  12.4  13.9  13.1   12.5  37.4  134.   212.   590.   431.   123.     65.2   42.7
H1111905 119.   37.7  22.6   28.1  50.8  116.   165.   366.   386.   116.     28.3   12.6
H1111906  11.2  12.1  16.3  146.   68.3  330.   287.   682.  1010.  1000.   270.     67.2
H1111907  31.4  23.4  43.0   87.9 101.   248.   403.   563.   625.   454.   121.     32.5
I
A                    TEST DATA - 723-X6-L2340                            11
A             MONTHLY STREAMFLOW SIMULATION - NOV 1970
A             MULTI-PASS RECONSTITUTION AND GENERATION
B   1904      10       1       5      10       5       2
C
H1071905 4.64   2.24   3.74   9.72 30.2   36.5   13.8   14.8    4.36   1.48    .553   .085
H1071906  .372 1.35   2.25  33.2   16.7   84.2   33.1   18.3   10.7    3.24   1.09    .400
H1071907  .867 1.98  31.4   72.6   32.5  121.    32.4   12.2    6.49   2.80   1.19   1.15
H1101904  2.72  4.08   3.38   3.65 13.2   46.7   62.5  141.     70.2   14.1    6.76   7.14
H1101905 33.5   6.49   5.50   6.89 14.0   34.4   47.5   88.5   82.7   18.4    4.52   2.61
H1101906  2.59  3.31   5.04  48.9  23.1  152.   110.   200.   288.   216.     42.6   12.3
H1101907  6.40  6.07  14.1   25.6  33.4   64.0  118.   122.   124.     64.6   16.1    5.60
H1101908  7.07  6.37  12.3   12.8  18.8   37.1   48.0   55.5   36.2   11.4    5.44   5.01
I
J                              1     110
H1111904  12.4  13.9  13.1   12.5  37.4  134.   212.   590.   431.   123.     65.2   42.7
H1111905 119.   37.7  22.6   28.1  50.8  116.   165.   366.   386.   116.     28.3   12.6
H1111906  11.2  12.1  16.3  146.   68.3  330.   287.   682.  1010.  1000.   270.     67.2
H1111907  31.4  23.4  43.0   87.9 101.   248.   403.   563.   625.   454.   121.     32.5
I
A                    TEST DATA - 723-X6-L2340                            11
A             MONTHLY STREAMFLOW SIMULATION - NOV 1970
A                         FLOW PROJECTIONS
B   1904      10       1       5               5       1
C                                     10    1909      10    1999
H1101904  2.72  4.08   3.38   3.65 13.2   46.7   62.5  141.     70.2   14.1    6.76   7.14
H1101905 33.5   6.49   5.50   6.89 14.0   34.4   47.5   88.5   82.7   18.4    4.52   2.61
H1101906  2.59  3.31   5.04  48.9  23.1  152.   110.   200.   288.   216.     42.6   12.3
H1101907  6.40  6.07  14.1   25.6  33.4   64.0  118.   122.   124.     64.6   16.1    5.60
H1101908  7.07  6.37  12.3   12.8  18.8   37.1   48.0   55.5   36.2   11.4    5.44   5.01
H1111904  12.4  13.9  13.1   12.5  37.4  134.   212.   590.   431.   123.     65.2   42.7
H1111905 119.   37.7  22.6   28.1  50.8  116.   165.   366.   386.   116.     28.3   12.6
H1111906  11.2  12.1  16.3  146.   68.3  330.   287.   682.  1010.  1000.   270.     67.2
H1111907  31.4  23.4  43.0   87.9 101.   248.   403.   563.   625.   454.   121.     -1
I
```

ตารางที่ 4.1(ต่อ) ตัวอย่าง Input Data ของ HEC-4

```
I
A                        Test Data - 723-X6-L2340                             11
A           Hec-4: MONTHLY STREAMFLOW SIMULATION - NOV 1970
A                COMPUTE AND USE GENERALIZED STATISTICS
B   1904      10       1       5      10      10       1
C                              2
H1101904  2.72  4.08  3.38  3.65 13.2  46.7  62.5 141.   70.2  14.1   6.76  7.14
H1101905 33.5   6.49  5.50  6.89 14.0  34.4  47.5  88.5  82.7  18.4   4.52  2.61
H1101906  2.59  3.31  5.04 48.9  23.1 152.  110.  200.  288.  216.   42.6  12.3
H1101907  6.40  6.07 14.1  25.6  33.4  64.0 118.  122.  124.   64.6  16.1   5.60
H1101908  7.07  6.37 12.3  12.8  18.8  37.1  48.0  55.5  36.2  11.4   5.44  5.01
H1111904  12.4  13.9  13.1  12.5  37.4 134.  212.  590.  431.  123.   65.2  42.7
H1111905 119.   37.7  22.6  28.1  50.8 116.  165.  366.  386.  116.   28.3  12.6
H1111906  11.2  12.1  16.3 146.   68.3 330.  287.  682. 1010. 1000.  270.   67.2
H1111907  31.4  23.4  43.0  87.9 101.  248.  403.  563.  625.  454.  121.   32.5
I
A                       TEST DATA - 723-X6-L2340                              11
A               MONTHLY STREAMFLOW SIMULATION - NOV 1970
A                         STATISTICS FURNISHED
B             10                      10      10                               3
C
 107 107  .864  .949  .521  .402  .000  .000  .916  .000  .000  .947  .880  .897
 107 110  .390  .951  .532  .407  .000  .999  .867  .000  .998  .936  .850  .754
 107 111  .390  .956  .510  .392 0.     .967  .946 0.     .926  .955  .863  .769
 110 107  .998  .979  .988  .793  .000  .770  .992  .000  .988  .965  .822  .596
 110 107  .866  .928  .518  .317  .999  .000  .923  .833  .000  .983  .963  .729
 110 110  .391  .930  .529  .321  .793  .757  .860  .826  .986  .971  .959  .833
 110 111  .391  .936  .507  .309  .789  .733  .938  .763  .915  .975  .974  .850
 111 107  .992  .979  .968  .784  .000  .866  .917  .000  .992  .980  .858  .591
 111 110  .994  .957  .963  .995  .967  .917  .924  .924  .980  .985  .980  .998
 111 107  .861  .970  .538  .315  .968  .000  .999  .906  .000  .968  .974  .728
 111 110  .389  .971  .550  .319  .767  .826  .795  .899  .990  .956  .940  .832
 111 111  .388  .977  .526  .307  .763  .799  .867  .831  .918  .974  .955  .849
     107  .123  .277  .917 1.378 1.449 1.851 1.393 1.156  .778  .327 -.079 -.529
     107  .509  .100  .651  .339  .151  .196  .154  .076  .176  .152  .138  .412
     107  .015 -.027  .157 -.211 -.750 -.829 -.658 -.164 -.098 -.643 -.793 -.253
     107    .0    .0    .1    .5    .3   1.0    .3    .2    .1    .0    .0    .0
     110  .817  .712  .849 1.132 1.291 1.760 1.859 2.052 1.983 1.538 1.021  .768
     110  .443  .131  .263  .437  .164  .259  .189  .208  .327  .528  .399  .241
     110  .220 -.036 -.048  .150  .418  .586  .262 -.006  .236  .550  .464  .307
     110    .1    .1    .1    .2    .2    .8    .9   1.5   1.4    .8    .2    .1
     111 1.529 1.332 1.401 1.637 1.798 2.281 2.407 2.707 2.712 2.345 1.878 1.574
     111  .451  .207  .242  .416  .160  .184  .143  .118  .195  .469  .391  .283
     111  .289  .505  .359  .118  .073  .144 -.099 -.253  .125  .274 -.074 -.115
     111    .5    .3    .3    .8    .8   2.5   3.2   6.6   7.4   5.1   1.5    .5
I
A                       TEST DATA - 723-X6-L2340                              11
A               MONTHLY STREAMFLOW SIMULATION - NOV 1970
A                   GENERALIZED STATISTICS FURNISHED
B             10                      10      10                               3
C                              1
 107 107  .531
 110 107  .741
 110 110  .763
 111 107  .744
 111 110  .965
 111 111  .763
     107 1.494 -.189  .290    4.   10.
     110 1.965  .766  .299    6.   11.
     111 2.611 1.427  .269    6.   12.
A
A
A
A
A
```

ตารางที่ 4.2 ตัวอย่าง Output Data ของ HEC-4

(สำหรับกรณี Standard Analysis and Generation)

Test Dat -723-x6-L2340
Monthly Streamflow Simulation - Nov 1970
Standard Analysis and Generation

IYRA	IMNTH	IANAL	MXRCS	NYRG	NYMXG	NPASS	IPCHQ	IPCHS	NSTA	NCOMB	NTNDM	NCSTY	IGNRL	NPROJ	IYRPJ	MTHPJ	LYRPJ
1904	10	1	5	10	5	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
COMB	1	STA	3	107	110	111											
RATIO	1	1	1														

Maximum Volumes od Recorded Flows

STA	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1-MO	6-MO	54-MO	AV MO
107	5	2	31	73	33	121	33	18	11	3	1	1	121	302	-99999	18
110	34	6	14	49	33	152	118	200	288	216	43	12	288	1009	2656	45
111	119	38	43	146	101	330	403	682	1010	1000	270	67	1010	3579	-99999	204
996	157	46	89	228	167	566	553	900	1309	1219	314	80	1309	4738	-99999	299

Manimum Volumes od Recorded Flows

STA	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1-MO	6-MO	54-MO	AV MO
107	0	1	2	10	17	37	14	12	4	1	1	0	0	6	99999	
110	3	3	3	4	13	34	48	56	36	11	5	3	3	36	2519	
111	11	12	13	13	37	116	165	366	386	116	28	13	11	196	99999	
996	14	17	24	45	95	187	226	469	473	136	33	15	14	239	99999	

Frequency Statistics

STA	ITEM	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
107	MEAN	0.112	0.283	0.82	1.465	1.41	1.862	1.395	1.177	0.834	0.395	0	-0.312
	SD	0.513	0.108	0.597	0.433	0.157	0.263	0.214	0.087	0.192	0.173	0.162	0.415
	SKEW	1.041	-1.308	1.491	-0.627	-1.653	-1.073	-1.728	0.142	0.348	-1.489	-1.641	-0.122
	INCRMT	0.1	0.1	0.12	0.39	0.26	0.81	0.26	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1

	YEARS	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
110	MEAN	0.815	0.715	0.849	1.13	1.29	1.758	1.858	2.051	1.982	1.536	1.02	0.77
	SD	0.444	0.13	0.262	0.439	0.164	0.259	0.19	0.208	0.328	0.53	0.4	0.24
	SKEW	1.211	-0.835	0.22	0.071	0.625	1.454	0.371	-0.453	0.485	1.041	1.085	-0.121
	INCRMT	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.67	0.77	1.21	1.2	0.65	0.15	0.1
	YEARS	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
111	MEAN	1.439	1.298	1.335	1.673	1.784	2.281	2.407	2.734	2.76	2.462	1.953	1.524
	SD	0.469	0.223	0.223	0.473	0.182	0.213	0.166	0.115	0.187	0.449	0.408	0.302
	SKEW	1.117	0.62	1.004	-0.243	0.258	0.21	0.279	-1.435	0.891	0.472	-0.019	-0.939
	INCRMT	0.43	0.22	0.24	0.69	0.64	2.07	2.67	5.5	6.13	4.23	1.21	0.39
	YEARS	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Frequencu Statistics After Adjustments

STA	ITEM	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
107	MEAN	0.012	0.283	0.769	1.403	1.41	1.826	1.321	1.177	0.71	0.316	-0.033	-0.312
	SD	0.409	0.089	0.637	0.363	0.157	0.227	0.187	0.087	0.228	0.166	0.133	0.415
	SKEW	1.041	-1.308	1.491	-0.627	-1.653	-1.073	-1.728	0.142	0.348	-1.489	-1.641	-0.122
	INCRMT	0.1	0.1	0.12	0.39	0.26	0.81	0.26	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1
110	MEAN	0.815	0.715	0.849	1.13	1.29	1.758	1.858	2.051	1.982	1.536	1.02	0.77
	SD	0.444	0.13	0.262	0.439	0.164	0.259	0.19	0.208	0.328	0.53	0.4	0.24
	SKEW	1.211	-0.835	0.22	0.071	0.625	1.454	0.371	-0.453	0.485	1.041	1.085	-0.121
	INCRMT	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.67	0.77	1.21	1.2	0.65	0.15	0.1
111	MEAN	1.448	1.334	1.385	1.669	1.782	2.25	2.372	2.681	2.693	2.368	1.89	1.507
	SD	0.407	0.209	0.224	0.409	0.158	0.198	0.163	0.153	0.22	0.441	0.38	0.265
	SKEW	1.117	0.62	1.004	-0.243	0.258	0.21	0.279	-1.435	0.891	0.472	-0.019	-0.939
	INCRMT	0.43	0.22	0.24	0.69	0.64	2.07	2.67	5.5	6.13	4.23	1.21	0.39

Raw Correlation Coefficients for Month 10

STA	107	110	111
	With Current Month		
107	1	0.998	0.987
110	0.998	1	0.997
111	0.987	0.997	1
	With Preceding Month at Above Station		
107	-4	0.534	0.526
110	0.905	0.588	0.578
111	-4	0.663	0.656

Raw Correlation Coefficients for Month 11

STA	107	110	111
107	1	0.97	1
110	0.97	1	0.974
111	1	0.974	1
107	0.964	0.98	0.994
110	0.87	0.881	0.944
111	0.964	0.982	0.994

……………………………………….Raw Correlation Coefficients for Month 12-9 ……………………is not shown here.

RECORDED AND RECONSTITUTED FLOWS

STA	YEAR	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	TOTAL
107	1904	0E	2E	1E	18E	35E	71E	21E	13E	5E	2E	1E	0E	169
107	1905	5	2	4	10	30	37	14	15	4	1	1	0	123
107	1906	0	1	2	33	17	84	33	18	11	3	1	0	203
107	1907	1	2	31	73	33	121	32	12	6	3	1	1	316
107	1908	1E	2E	11E	17E	18E	63E	19E	12E	3E	1E	1E	0E	148

STA	YEAR	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	TOTAL
110	1904	3	4	3	4	13	47	63	141	70	14	7	7	376
110	1905	34	6	5	7	14	34	48	89	83	18	5	3	346
110	1906	3	3	5	49	23	152	110	200	288	216	43	12	1104
110	1907	6	6	14	26	33	64	118	122	124	65	16	6	600
110	1908	7	6	12	13	19	37	48	56	36	11	5	5	255

STA	YEAR	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	TOTAL
111	1904	12	14	13	12	37	134	212	590	431	123	65	43	1686
111	1905	119	38	23	28	51	116	165	366	386	116	28	13	1449
111	1906	11	12	16	146	68	330	287	682	1010	1000	270	67	3899
111	1907	31	23	43	88	101	248	403	563	625	454	121	32	2732
111	1908	32E	22E	33E	47E	55E	137E	157E	301E	258E	54E	36E	29E	1161

ADJUSTED FREQUENCY STATISTICS

STA	ITEM	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
107	MEAN	0.014	0.275	0.725	1.377	1.405	1.85	1.359	1.145	0.73	0.295	-0.026	-0.369
STD	DEV	0.405	0.084	0.551	0.329	0.153	0.188	0.159	0.077	0.223	0.195	0.125	0.317
SKEW	1.37	-0.483	0.564	0.722	-0.525	-0.494	-0.177	1.251	0.007	0.045	-0.257	0.56	
INCRMT	0.1	0.1	0.12	0.39	0.26	0.81	0.26	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	
110	MEAN	0.815	0.715	0.849	1.13	1.29	1.758	1.858	2.051	1.982	1.536	1.02	0.77
STD	DEV	0.444	0.13	0.262	0.439	0.164	0.259	0.19	0.208	0.328	0.53	0.4	0.24
SKEW	1.211	-0.835	0.22	0.071	0.625	1.454	0.371	-0.453	0.485	1.041	1.085	-0.121	
INCRMT	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.67	0.77	1.21	1.2	0.65	0.15	0.1	
111	MEAN	1.452	1.306	1.371	1.675	1.776	2.254	2.366	2.685	2.693	2.323	1.876	1.512
STD	DEV	0.407	0.194	0.209	0.409	0.159	0.195	0.17	0.149	0.221	0.498	0.393	0.263
SKEW	0.906	0.387	0.149	-0.256	0.489	0.736	0.672	-0.589	0.439	0.525	0.59	-0.663	
INCRMT	0.43	0.22	0.24	0.69	0.64	2.07	2.67	5.5	6.13	4.23	1.21	0.39	

CONSISTENT CORRELATION MATRIX FOR MONTH 10

STA	107	110	111			
WITH	CURRENT		MONTH			
107	1	0.997	0.989			
110	0.997	1	0.997			
111	0.989	0.997	1			
WITH	PRECEDING		MONTH	AT	ABOVE	STATION
107	0.438	0.533	0.524			
110	0.486	0.588	0.578			
111	0.529	0.657	0.648			

CONSISTENT CORRELATION MATRIX FOR MONTH 11

STA	107	110	111			
WITH	CURRENT		MONTH			
107	1	0.936	1			
110	0.936	1	0.932			
111	1	0.932	1			
WITH	PRECEDING		MONTH	AT	ABOVE	STATION
107	0.968	0.98	0.992			
110	0.848	0.881	0.912			
111	0.97	0.982	0.994			

…………………………………… CONSISTENT CORRELATION MATRIX FOR MONTH 12-9 …. Is nor shown here.

MAXIMUM VOLUMES FOR PERIOD 1 OF 5 YEARS OF RECORDED AND RECONSTITUTED FLOWS

STA	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1-MO	6-MO	54-MO	AV MO
107	5	2	31	73	35	121	33	18	11	3	1	1	121	302	954	16
110	34	6	14	49	33	152	118	200	288	216	43	12	288	1009	2656	45
111	119	38	43	146	101	330	403	682	1010	1000	270	67	1010	3579	10812	182
996	157	46	89	228	167	566	553	900	1309	1219	314	80	1309	4738	14405	243

MINIMUM VOLUMES

STA	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1-MO	6-MO	54-MO	AV	MO
107	0	1	1	10	17	37	14	12	3	1	1	0	0	6	831		
110	3	3	3	4	13	34	48	56	36	11	5	3	3	36	2564		
111	11	12	13	12	37	116	157	301	258	54	28	13	11	196	10238		
996	14	17	18	34	86	187	224	368	297	67	33	15	14	239	13744		

INCONSISTENT CORREL MATRIX FOR I= 1 K= 2 DTRMS= 1

INCONSISTENT CORREL MATRIX ADJUSTED 0 1 3 1

GENERATED FLOWS FOR PERIOD 1

STA	YEAR	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	TOTAL
107	1	0	1	3	32	35	83	23	12	5	2	1	0	197
107	2	2	2	9	19	29	58	27	14	7	2	1	0	170
107	3	15	3	4	10	24	73	18	12	5	2	1	1	168
107	4	1	2	6	36	32	100	40	13	9	3	1	0	243
107	5	1	2	22	15	14	54	20	14	6	2	1	0	151

STA	YEAR	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	TOTAL
110	1	2	5	6	14	17	53	74	136	70	26	12	8	423
110	2	12	6	8	9	16	80	71	134	131	64	12	7	550
110	3	105	7	6	6	17	30	56	96	84	50	15	10	482
110	4	5	6	9	28	27	201	147	209	183	90	27	17	949
110	5	8	7	14	22	20	39	48	131	100	33	14	6	442

STA	YEAR	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	TOTAL
111	1	10	13	18	47	53	166	233	559	430	164	93	48	1834
111	2	53	27	29	33	55	241	195	532	579	335	93	41	2213
111	3	293	54	25	25	50	117	197	470	465	236	113	54	2099
111	4	24	19	27	89	88	438	441	776	827	651	236	87	3703
111	5	40	26	42	85	66	157	147	544	523	234	77	33	1974

MAXIMUM VOLUMES FOR PERIOD 1 OF 5 YEARS OF SYNTHETIC FLOWS

STA	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1-MO	6-MO	54-MO	AV	MO
107	15	3	22	36	35	100	40	14	9	3	1	1	100	231	925	16	
110	105	7	14	28	27	201	147	209	183	90	27	17	209	856	2796	47	
111	293	54	42	89	88	438	441	776	827	651	236	87	827	3370	11650	197	
996	413	63	78	152	148	739	628	998	1019	744	264	104	1019	4392	15318	260	

MINIMUM VOLUMES

STA	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1-MO	6-MO	54-MO	AV	MO
107	0	1	3	10	14	54	18	12	5	2	1	0	0	11	778		
110	2	5	6	6	16	30	48	96	70	26	12	6	2	56	2557		
111	10	13	18	25	50	117	147	470	430	164	77	33	10	246	10403		
996	13	19	27	41	91	221	215	578	505	192	92	39	13	366	13871		

GENERATED FLOWS FOR PERIOD 2

STA	YEAR	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	TOTAL
107	6	0	1	2	26	28	92	38	18	15	4	1	0	225
107	7	3	2	74	19	25	38	19	14	7	2	1	0	204
107	8	9	2	7	6	28	45	12	12	2	1	1	0	125
107	9	1	2	5	29	45	83	33	14	6	2	1	0	221
107	10	4	2	2	9	21	22	8	14	2	1	1	0	86

STA	YEAR	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	TOTAL
110	6	2	4	4	22	22	200	135	225	614	494	67	16	1805
110	7	29	8	28	13	17	41	46	122	135	65	30	12	546
110	8	65	8	9	3	12	27	38	47	27	6	3	4	249
110	9	7	5	6	6	17	102	121	120	117	49	9	7	566
110	10	24	6	4	6	11	26	24	47	34	9	4	3	198

STA	YEAR	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	TOTAL
111	6	10	13	15	77	72	382	360	760	1524	2341	320	83	5957
111	7	131	43	64	53	72	153	136	517	596	333	273	70	2441
111	8	213	48	32	10	37	90	145	291	205	29	23	21	1144

111	9	31	21	23	23	54	281	384	532	508	258	79	42	2236
111	10	85	32	18	26	38	80	98	226	232	45	31	18	929

MAXIMUM VOLUMES FOR PERIOD 2 OF 5 YEARS OF SYNTHETIC FLOWS

STA	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1-MO	6-MO	54-MO	AV	MO
107	9	2	74	29	45	92	38	18	15	4	1	0	92	218	858	14	
110	65	8	28	22	22	200	135	225	614	494	67	16	614	1735	3340	56	
111	213	48	64	77	72	382	384	760	1524	2341	320	83	2341	5687	12574	212	
996	286	58	166	125	122	675	538	1003	2153	2840	389	99	2840	7592	16772	282	

MINIMUM VOLUMES

STA	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1-MO	6-MO	54-MO	AV	MO
107	0	1	2	6	21	22	8	12	2	1	1	0	0	6	715		
110	2	4	4	3	11	26	24	47	27	6	3	3	2	31	3112		
111	10	13	15	10	37	80	98	226	205	29	23	18	10	143	12136		
996	13	18	21	18	70	127	130	287	234	36	26	22	13	189	15962		

วิธีการป้อนข้อมูล HEC-4

1. นิยามศัพท์

Recorded Flows	=	ข้อมูลเดิม
Reconstituted Flows	=	ข้อมูลที่ต่อขยาย
Hypothetical Flows หรือ Generated Flows	=	ข้อมูลที่สังเคราะห์ใหม่
Flow Projection	=	การสังเคราะห์ข้อมูลอนาคต
Generalized Statistics	=	ค่าสถิติที่ถูกปรับเป็นค่าทั่วไป

2. สรุป Records ที่ต้องการสำหรับการรัน HEC-4

- (Format : 10 fields at 8 column each)

A
A Title
A

B

C

D
E มีจำนวนเท่ากับค่า NCOMB Sets

F {Tandem Situation}

G {Consistency Test}

H
: ใส่ข้อมูลเดิม (Recorded Flows) ใช้ Format 6 columns/field
H

I (Blank record to end data)

J
H กรณี Multi-Pass Reconstitution and Generation มีจำนวนเท่ากับ (NPASS-1) Sets
I

K
L Correlation
M Coefficients
N (ค่าสถิติ)

ใช้กรณีที่ไม่ได้ใช้ข้อมูลดิบ (Record H)

O
P ค่าสถิติ
Q
R

A
A
A The End of Input Data
A
A

----

3. การจัด Records สำหรับการรัน HEC-4 กรณีต่าง ๆ

3.1 Standard Analysis and Generation

A

A

A

B

C

D
E

H
.
.
H

I

A

A

A

A

A

3.2 Multi-Pass Reconstitution and Generation

A

A

A

B

C

H
.
.
H

I

J
H = (NPASS-1) ชุด
I

A

A

A

A

A

3.3 Flow Projections / Compute and Use Generalized Statistics

A

A

A

B

C

H
.
.
H

I

A

A

A

A

A

3.4 Statistics Furnished

A
A
A
B
C
K
L
M
O
P
Q
R
A ไม่ต้องใส่ตัวอักษรใน Column ที่ 1 ก็ได้
A

1.529

A
A
A

K107	107	.864
K107	110	.390
K107	111	.390
L110	107	.998
M110	107	.866
M110	110	.391
M110	111	.391
L111	107	.992
L111	110	.994
M111	107	.861
M111	110	.389
M111	111	.388

ค่ารายเดือน

0	107	.123
P	107	.509
Q	107	.015
R	107	.0
O	110	.817
P	110	.443
Q	110	.220
R	110	.1
O	111	
P	111	.451
Q	111	.289
R	111	.5

3.5 Generalized Statistics Furnished

A
A
A
B
C ไม่ต้องใส่ตัวอักษรใน Column ที่ 1 ก็ได้

K	K107	107	.531				
L	L110	107	.741				
M	M110	110	.763				
N	L111	107	.744				
A	L111	110	.965				
A	M111	111	.763				
A	N	107	1.494	-.189	.290	4.	10.
A	N	107	1.965	.766	.299	6.	11.
A	N	111	2.611	1.427	.269	6.	12.

4. คำอธิบายวิธีการป้อนข้อมูลของแต่ละ Records

(ตัวแปรที่ขึ้นต้นด้วย I, J, K, L, M ต้องป้อนตัวเลขที่เป็นเลขจำนวนเต็ม, Integer)

Record	Variable	Comments
A A A		Title (สำหรับใส่ข้อความใด ๆ)
B	1. IYRA	ปีแรกที่สุดของข้อมูลของทุกสถานี (เช่น 1904 หรือ 2447)
	2. IMNTH	เดือนแรกของปีน้ำ (Water Year) เช่น (4 เมษายน)
	3. IANAL	ถ้ากรอกตัวเลข > 0 (เช่น 1) แสดงว่าจะป้อนข้อมูลรายเดือนด้วย Record H และต้องการให้วิเคราะห์ค่าสถิติ (Mean, Standard Deviation, Skewness Coefficient) ของข้อมูลใน Record H
	4. MXRCS	จำนวนช่วงปี (เช่น 10 ปี) ของข้อมูลเดิมและข้อมูลที่ต่อขยาย (Recorded and Constituted Flows) ที่ต้องการหาค่า Max และ Min กำหนดไว้ไม่เกิน 100 ปี
	5. NYRG	จำนวนปี (เช่น 10 ปี) ของข้อมูลที่สังเคราะห์ใหม่ (Generated Flows)
	6. NYMXG	จำนวนช่วงปี (เช่น 10 ปี) ของข้อมูลที่สังเคราะห์ใหม่ที่ต้องการหาค่า Max และ Min กำหนดไว้ไม่เกิน 100 ปี

Record	Variable	Comments
	7. NPASS	จำนวน Consecutive Passes ถ้ามากกว่า 1 (เช่น 2, 3,..., 20) แสดงว่าจะมีสถานีชุดใหม่ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับสถานีชุดแรก และจะมี Record J, H, I เพิ่มเท่ากับ (NPASS-1)
	8. IPCHQ	ถ้า > 0 (เช่น 1) แสดงว่าต้องการให้พิมพ์ข้อมูลเดิม ข้อมูลที่ต่อขยาย และข้อมูลที่สังเคราะห์ใหม่บน เทป 7
	9. IPCHS	ถ้า > 0 (เช่น 1) แสดงว่าต้องการให้พิมพ์ค่าสถิติที่คำนวณได้บนเทป 7
	10. NSTA	จำนวนสถานีที่ต้องการสังเคราะห์ข้อมูลใหม่ (มากที่สุดเท่ากับ 10) ปกติไม่ต้องกรอกถ้าป้อนข้อมูลเดิมด้วย Record H จะใช้กรณีที่สังเคราะห์ข้อมูลใหม่จากค่า Correlation Coefficients (Record K, L, M) และค่าสถิติ (Record N, O, P, Q, R)
C	1. NCOMB	จำนวนกลุ่มสถานี (No. of combination of stations) ที่ต้องการวิเคราะห์ (1 หรือ 2 กลุ่ม) ถ้าใส่ 1 ต้องตามด้วย Record D, E 1 ชุด ถ้าใส่ 2 ต้องมี Record D, E 2 ชุด
	2. NTNDM	No. of tandem situations จำนวนสถานีที่ต้องการตรวจสอบเปรียบเทียบผลรวมของค่าปริมาณการไหลรายเดือนของสถานีเหนือน้ำและสถานท้ายน้ำ (ค่ามากที่สุด = 10) กรณีป้อนค่านี้ต้องตามด้วย Record F
	3. NCSTY	No. of consistency tests เพื่อปรับค่า Standard Deviation ของ Dependent Station ตามค่าของIndependent Station (ค่ามากที่สุด = 10) กรณีป้อนค่านี้ต้องตามด้วย Record G
	4. IGNRL	1 = อ่านค่า Generalized Statistics จากข้อมูลเดิม และใช้สำหรับการสังเคราะห์ข้อมูลใหม่ (K, L, M, N) 2 = คำนวณ Generalized Statistics และใช้สำหรับการสังเคราะห์ข้อมูลใหม่
	5. NPROJ	จำนวนชุดของการสังเคราะห์ข้อมูลอนาคต (Future Flow Projection) ปกติ = 0 ใช้กรณี Flow Projection

Record	Variable	Comments
	6. IYRPJ 7. MTHPJ 8. LYRPJ	ปีที่เริ่มการสังเคราะห์ข้อมูลอนาคต เช่น 1904 เดือนที่เริ่มการสังเคราะห์ข้อมูลอนาคต เช่น 4 ปีสุดท้ายของการสังเคราะห์ข้อมูลอนาคต (Recorded and Reconstituted Years + Projected Years $\leq$ 100 ปี)
D	 1. NSTAC 2. ISTAC	Identification of Combination [=NCOMB (C-1) Sets] จำนวนสถานีในกลุ่ม (มากที่สุด = 10) ชื่อสถานี เป็นตัวเลข 3 ตำแหน่ง เช่น 107, 110,............ มีจำนวนเท่ากับค่า NSTAC
E	 1. NSTAC 2. CSTAC	Station Coefficients (= NCOMB (C-1) Sets) จำนวนสถานีในกลุ่ม (มากที่สุด = 10) เหมือน field (D-1) ค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้คูณค่าข้อมูลเดิมของสถานีใน field (D-2, D-3,....) ก่อนนำไปวิเคราะห์ ปกติเท่ากับ 1.00
F	 1. ISTN 2. NSMX 3. ISTT	Identification of tandem situation, NTNDM (C-2) หมายเลขสถานีท้ายน้ำ จำนวนสถานีเหนือน้ำ (ค่ามากที่สุด = 10) หมายเลขสถานีเหนือน้ำตามจำนวน NSMX
G	 1. ISTX 2. ISTY	Identification of consistency tests, NCSTY (C-3) หมายเลขของ Independent Station หมายเลขของ Dependent Station
H	 1. Cols 2-4 2. Cols 4-8 3. Cols 9-14, 15-20,......	Flow data กรณี IANAL (B-3) มีค่าเป็นบวก (ปิดท้ายชุด Record H ด้วย Record I) หมายเลขสถานี (เลข 3 ตัว) ปี เช่น 1904 หรือ 2447 ข้อมูลเดิม ป้อน 6 columns/field หน่วยอะไรก็ได้ แต่เลขต้องไม่เกิน 6 ตัว ถ้าไม่มีข้อมูล (Missing Data) เดือนไหนใส่ -1 ถ้าไม่มีข้อมูลทั้งปี ไม่ต้องป้อนข้อมูลปีนั้น
I		Blank หลัง Column 1 แสดงว่าสิ้นสุดชุดข้อมูลดิบ ถ้า IANAL (B-3) เป็นลบ ไม่ต้องมี I
J		Identification of NPASS กรณี NPASS (B-7) > 1

Record	Variable	Comments
	1. NSTX	จำนวนสถานีใน Previous Passes ซึ่งจะวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลของสถานีใหม่ (จำนวนสถานีใน Previous Passes รวมกับจำนวนสถานีใหม่ ≤ 10)
	2. ISTA	หมายเลขสถานีของ Previous Passes ตามจำนวน NSTX
K		*K, L, M, N, O, P, Q, R จะใช้กรณีที่ไม่ใช้ข้อมูลเดิม (Record H) Proceeding month correlation coefficients ของสถานีแรก
	1. ISTA (K)	Cols 2-4 : หมายเลขสถานีที่ 1 (K=1)
	2. ISTA (L)	Cols 5-8 : หมายเลขสถานี L = 1, 2,......., NSTA (B-10) ใน Record ถัดไปตามลำดับ * ถ้า IGNRL (C-4) = 1 (Generalized Statistics) Cols 5-8 ป้อนเฉพาะหมายเลขสถานีที่ 1 เท่านั้น
	3. RA (I,K,L) Cols. 9-14 15-20, ...	Correlation Coefficients ของ Q(K, I) กับ Q (L, I-1) เมื่อ I = month * ถ้า IGNRL (C-4) = 1 จะป้อนเฉพาะ Generalized Coefficient ใน Cols 9-14 เท่านั้น
L		Current month correlation coefficients ของ (NSTA-1) ชุดของ Record L และ M
	1. ISTA (K)	Cols 2-4 : หมายเลขสถานี เริ่มจาก K=2 ถึง NSTA (B-10) K = 3, 4,............จะเริ่มชุด Record L, M ใหม่
	2. ISTA (L)	Cols 5-8 : หมายเลขสถานี L=1 ถึง K-1
	3. RA (I, K, L) cols 9-14, 15-20,....	Correlation Coefficients ของ Q(K,I) กับ Q(L,I) * ถ้า IGNRL (C-4) = 1 จะป้อนเฉพาะ Generalized Coefficients ใน Column 9-14 เท่านั้น
M		Proceeding month correlation coefficients ของสถานีที่เหลือป้อนเป็นชุดกับ Record L
	1. ISTA (K)	Cols 2-4 : หมายเลขสถานี K เหมือนใน Record L
	2. ISTA (L)	Cols 5-8 : หมายเลขสถานี L=1 ถึง NSTA (B-10)

Record	Variable	Comments
	3. RA (I, K, L) Cols 9-14, 15-20, ...	* ถ้า IGNRL (C-4) = 1, L=K Correlation Coefficients ของ Q (K,I) กับ Q (L,I-1) * ถ้า IGNRL (C-4) = 1 จะป้อนเฉพาะ Generalized Coefficients ใน Column 9-14 เท่านั้น
N	1. ISTA (K) 2. AVMX (K) 3. AVMN (K) 4. SDAV (K) 5. MOMX (K) 6. MOMN (K)	Generalized Statistics กรณี IGNRL (C-4)=1 Cols 2-8 : หมายเลขสถานีตามลำดับจาก K=1 1ถึง NSTA (B-10) Cols 9-14 : Average mean logarithm ของฤดูฝน (3 เดือน) Cols15-20 : Average mean logarithm ของฤดูแล้ง (3เดือน) Cols21-26 : Average standard deviation ของ 12 เดือน หมายเลขเดือนสุดท้ายของฤดูฝน หมายเลขเดือนสุดท้ายของฤดูแล้ง
O	1. ISTA (K) 2. AV (I, K) Cols 9-14, 15-20, ...	Mean logarithm กรณี IGNRL ≠1 ประกอบด้วยชุด Record O, P, Q, R หมายเลขสถานี K=1 ถึง NSTA (B-10) เหมือน M-2 Mean logarithm ของเดือนต่าง ๆ
P	1. ISTA (K) 2. SD (I, K) Cols 9-14, 15-20, ...	Standard Deviation หมายเลขสถานีเหมือน 0-1 Standard Deviation ของเดือนต่าง ๆ
Q	1. ISTA (K) 2. SKEW (I, K) Cols 9-14, 15-20, ...	Skewness Coefficients หมายเลขสถานีเหมือน 0-1 Skewness Coefficients ของเดือนต่าง ๆ
R	1. ISTA (K)	Flow Increments หมายเลขสถานี เหมือน 0-1

Record	Variable	Comments
	2. DQ (I, K) Cols 9-14, 15-20, ...	Flow Increments ของเดือนต่าง ๆ ซึ่งนำไปบวกค่า Q(I, K) เพื่อป้องกันการ take log ของค่า 0

5. การอ่านผลลัพธ์ของ HEC-4

5.1 ผลลัพธ์ของ Standard Analysis and Generation

(1) แสดงข้อมูลที่ป้อนเข้า HEC-4

(2) -Maximum Minimum Volumes of Recorded Flow

- Frequency Statistics (Mean, Std. Dev., Skew, Incrmt) ก่อนและหลังปรับค่า

(3) Raw Correlation Coefficients ของเดือนต่าง ๆ

(4) Recorded and Reconstituted Flows

HEC-4 จะต่อข้อมูลสถานีที่ข้อมูลขาดหายไปให้เท่ากับสถานีที่มีข้อมูลยาวนานที่สุดในกลุ่ม ข้อมูลที่ต่อขยายจะมีอักษร E ท้ายตัวเลข

(5) - Adjusted Frequency Statistics

- Consistent Correlation Matrix ของเดือนต่าง ๆ (หลังการต่อขยายข้อมูล)

(6) Maximum/Minimum Volumes ของ Recorded and Reconstituted Flows

(7) Generated Flows (ข้อมูลที่สังเคราะห์ใหม่)

(8) Maximum/Minimum ของข้อมูลที่สังเคราะห์ใหม่ดูตัวอย่าง