

ภาคผนวก ง

ซอฟต์แวร์ ISPUD และตัวอย่างผลการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือ

ซอฟต์แวร์ ISPUD ที่วิเคราะห์ความน่าเชื่อถือ (Bourgund และ Bucher, 1986)

1. ทัวไป

ซอฟต์แวร์ ISPUD (Importance Sampling Procedure Using Design Point) นี้เป็นโปรแกรมที่ใช้วิเคราะห์ความน่าเชื่อถือ โดยมีพื้นฐานหลักจากทฤษฎีความน่าเชื่อถือต่างๆ ที่ได้มีการพัฒนาขึ้น โดยที่ ISPUD นี้สามารถประมวลผลได้รวดเร็วกับปัญหาเฉพาะด้าน และสามารถอินทิเกรตในโครงสร้างแบบต่างๆ ได้ เช่น การวิเคราะห์โครงสร้างเฟรม ซอฟต์แวร์ ISPUD นี้เขียนขึ้นโดยใช้รูปแบบมาตรฐานของฟอร์แทน 77 สามารถที่จะไม่ขึ้นกับลักษณะเฉพาะของเครื่องเพื่อที่จะเน้นความง่ายในการใช้หลากหลายวัตถุประสงค์

2. วิธีดำเนินการ

โดยทั่วไปมักใช้วิธีแม่นยำตรงในการแก้ปัญหาคำนวณความน่าเชื่อถือ โดยคำนวณการอินทิเกรตในหลายมิติ สำหรับกรณี 2 มิติดังสมการ

$$P_f = \iint_{\Omega} f_{X_1 X_2}(X_1, X_2) dx_1 dx_2 \quad (71)$$

โดย Ω คือขอบเขตของการวิบัติ และ X_1, X_2 เป็นตัวแปรพื้นฐานของปัญหา

ลักษณะของ ISPUD นี้สามารถหาความน่าจะเป็นของการวิบัติ, P_f ได้โดยไม่ต้องหาค่าของอินทิกรัล (สมการ 71) และสามารถจัดปัญหาเกี่ยวกับเวลาที่ใช้มากในการคำนวณของคอมพิวเตอร์เมื่อมีพารามิเตอร์เพิ่มขึ้น สำหรับกรณี 2 มิติ สามารถพลอตฟังก์ชันความหนาแน่นน่าจะเป็นร่วม (joint - PDF) ได้ และเงื่อนไขการวิบัติจะเรียกว่า “ฟังก์ชันสถานะขีดจำกัด” (Limit State Function, XLIMIT)

ความน่าจะเป็นของการวิบัติมีค่าเท่ากับปริมาตรภายใต้ฟังก์ชันความหนาแน่นน่าจะเป็นร่วม $f_{X_1 X_2}(x_1, x_2)$ ซึ่งภายในเส้นขอบเขต Ω (Domain Ω) โดยมีความสอดคล้องกับค่าลบของฟังก์ชันสถานะขีดจำกัด ดังนั้นค่านี้สามารถคำนวณได้โดยใช้วิธีดำเนินการทดลองเชิงสุ่มตัวอย่างขั้นสูงซึ่งเรียกว่า “การสุ่มตัวอย่างสำคัญ” (Importance Sampling) วิธีนี้รับประกันในการหาค่าที่แม่นยำตรงของความน่าจะเป็นของการวิบัติ แม้แต่กรณีที่ฟังก์ชันสถานะขีดจำกัดจะเป็นแบบไม่เชิงเส้น หรือตัวแปรมูลฐานไม่เป็นการแจกแจงแบบปกติ สำหรับกรณีดังกล่าว วิธีโดยประมาณ (Approximate Methods) อาจจะทำให้ผลลัพธ์ (ความน่าจะเป็นของการวิบัติ) ต่างไปด้วยค่าผิดพลาดน้อยสำคัญ โดยที่บางครั้งอาจขึ้นไปถึงระดับอันดับขนาด (order of magnitude)

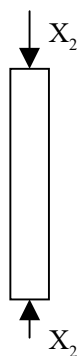
3. การใช้ประโยชน์ของ ISPUD

การประยุกต์ใช้ ISPUD จะแสดงเป็นตัวอย่างดังนี้

ตัวอย่างที่ 1 เสาที่มีแรงกระทำตามแนวแกน

พิจารณาจากภาพผนวกที่ 28 กรณีเสารับแรงตามแนวแกน คุณสมบัติของวัสดุของเสาอาจแทนด้วยค่าเฉลี่ย และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของกำลังรับแรงอัด แรงที่กระทำอาจจะเป็นค่าต่างๆ ที่สอดคล้องกับฟังก์ชันความหนาแน่นน่าจะเป็น สำหรับความหนาแน่นจะเป็นของตัวแปรสุ่มมูลฐานอาจสมมติเป็นดังนี้

1. กำลังรับแรงอัด (X_1) มีลักษณะการแจกแจงเป็น Lognormal
2. ผลของแรงที่กระทำ (X_2) มีลักษณะการแจกแจงเป็น Gumbel



ภาพผนวกที่ 28 เสาที่มีแรงกระทำตามแนวแกน

ที่มา: Bourgund และ Bucher, (1986)

ในกรณีเงื่อนไขของการวิบัติจะแสดงลักษณะโดยกำลังของวัสดุที่มีค่าเกินผลของแรงที่กระทำ ดังนั้นการแทนค่าทางคณิตศาสตร์ของฟังก์ชันสภาวะขีดจำกัดสามารถแสดงในรูปของ

$$Z = XLIMIT = X_1 - X_2 \quad (72)$$

ซึ่ง X_1 แสดงลักษณะของกำลังวัสดุ และ X_2 แทนแรงที่กระทำ ดังนั้นถ้า $Z = 0$ นั่นคือผลของแรงที่กระทำเกินกว่าความต้านทาน และความวิบัติก็จะเกิดขึ้น ใน ISPUD นั้นแต่ละฟังก์ชันสภาวะขีดจำกัดจะเป็นฟังก์ชันภายนอก (external function) XLIMIT จะถูกใช้ในโปรแกรมหลัก MAIN รายละเอียดของฟังก์ชัน XLIMIT ซึ่งรวมฟังก์ชันสภาวะขีดจำกัดของตัวอย่างที่ 1 นี้ไว้ด้วย หลังจาก compiling ฟังก์ชัน XLIMIT และ link โปรแกรม MAIN ด้วย XLIMIT จากนั้นซอฟต์แวร์ ISPUD ที่ประมวลผลเรียบร้อยแล้วจะคำนวณค่า P_r สำหรับแต่ละปัญหาได้ ก่อนที่โปรแกรมจะสามารถเริ่มได้จะต้องมีข้อมูลเข้าของกำลังต้านทานโครงสร้างและผลของแรงที่กระทำ โดยที่จะต้องทำเก็บไว้ในแฟ้มข้อมูลเข้า (input file)

เพิ่มข้อมูลเข้า ประกอบด้วยรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

แถวที่ 1 MODE : (integer variable) ค่านี้จะแสดงลักษณะของวิธีการคำนวณ

0

แถวที่ 2 NVAR : (integer variable) แสดงจำนวนของตัวแปรสุ่มที่เกี่ยวข้องกับฟังก์ชัน
สถานะที่จำกัดสำหรับตัวอย่างนี้มี X_1 และ X_2 ดังนั้น

2

สำหรับแถว NVAR นี้จะเพิ่มขึ้น ซึ่งในกรณีนี้จะมี 2 แถว โดยแสดง
ลักษณะคุณสมบัติทางสถิติของ NVAR ตัวแปรจะเริ่มจาก X_1 ถึง

X_{NVAR}

แถวที่ 3 TYPE, MEAN, SIG, XLOW :

TYPE (integer variable) แสดงลักษณะชนิดของฟังก์ชันความหนา
แน่นน่าจะเป็นของแต่ละพารามิเตอร์ ในกรณีนี้สำหรับ X_1 : TYPE
= 7 (ซึ่งสอดคล้องกับการแจกแจงแบบล็อกปกติ) ชนิดการแจกแจงทั้ง
หมดที่น่าสนใจซึ่งอยู่ใน ISPUD (ดูตารางผนวกที่ 3)

MEAN (real variable) เป็นค่าเฉลี่ยของแต่ละตัวแปร ในกรณีนี้สำหรับ
 X_1 : MEAN = 7.0

SIG (real variable) เป็นค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละตัวแปร
ในกรณีนี้สำหรับ X_2 : SIG = 0.95

XLOW (real variable) มีการนิยามเฉพาะในกรณี TYPE = 10

(Weibull distribution, type III - smallest) ซึ่งค่านี้แสดงลักษณะ
ขอบเขตล่างของแต่ละตัวแปร ในกรณีอื่นทั้งหมดไม่จำเป็นต้องนิยาม
ค่าสำหรับ XLOW

7,7.0,0.95

แถวที่ 4 TYPE, MEAN, SIG, XLOW :

ชุดของพารามิเตอร์เหมือนกับที่ได้นิยามข้างต้นแล้ว ในกรณีนี้สำหรับ

X_2 : TYPE = 5

5,4.5,0.2

แถวที่ 5 ICOR : (integer variable) พารามิเตอร์นี้แสดงลักษณะความหนาแน่นน่าจะเป็น
เป็นรวมของตัวแปรที่เกี่ยวข้องทั้งที่เป็นแบบไม่มีสหสัมพันธ์กัน ICOR
= 0 หรือ มีสหสัมพันธ์กัน ICOR = 1 สำหรับกรณีนี้เป็น 0

ดังนั้นเพิ่มข้อมูลเข้าจะมีรูปแบบดังนี้

แถวที่	1	MODE	0
แถวที่	2	NVAR	2
แถวที่	3	TYPE,MEAN,SIG(for X1)	7,7.0,0.95
แถวที่	4	TYPE,MEAN,SIG(for X2)	5,4.5,0.2
แถวที่	5	ICOR	0

ตารางผนวกที่ 3 ชนิดของลักษณะการแจกแจง

Code	Type of Distribution
1	Normal
2	Uniform
3	Exponential (Shifted)
4	Rayleigh (shifted)
5	Gumbel (Type I - largest)
6	Gumble (Type II - smallest)
7	Lognormal
8	Gamma
9	Frechet (Type II - largest)
10	Weibull (Type III - smallest)

ที่มา : Bourgund และ Bucher, (1986)

เมื่อโปรแกรมประมวลผลเรียบร้อยแล้วจะมีผลลัพธ์ดังตารางผนวกที่ 5 ซึ่งจะเห็นว่าผลลัพธ์ที่ได้จะมีส่วนต่างๆ ของข้อมูลเข้าอยู่ด้วย โดยอยู่ในส่วน ISPUD - INPUT - ECHO และผลที่ได้จากการวิเคราะห์จะอยู่ในส่วนของ ISPUD - RESULTS

ตัวอย่างเพิ่มข้อมูลออกที่ได้จากการวิเคราะห์

```

=====
PROGRAM STRUCTURAL RELIABILITY
UNIV. INNSBRUCK, INSTITUT FUER MECHANIK
UB/CGB/WO/WK VS. 3.0 SEPTEMBER 1989
RELEASE DATE 18-JUN-94
=====

I S P U D - I N P U T - E C H O
-----
CALCULATION MODE          0
CODE FOR THIS MODE      IPSAP+DESPO/AUTO
RESTART DISABLED
NUMBER OF VARIABLES      2
INTERVAL SIZE FOR NUM. DIFF. 0.100000E-04
PRINT MODE INTERMEDIATE RESULTS  0
FINAL ACCURACY FOR OPTIMIZ. 0.100000E-03
VARIABLE  TYPE      MEAN      ST. DEV.  LOWER BOUND
1 LOG-NORMAL    7.0000    0.95000
2 T1-L-GUMBEL   4.5000    0.20000
CORRELATED VARIABLES (0/1)      0
SIMULAT. WITH NORMAL DISTRIB., ISTDY =  0
FACTOR FOR I.S. ST.DEV.
1.300  1.300  1.300
START VALUES FOR OPTIMIZATION
1      2
7.000  4.500
%DESPO-I-SUCCOM, optimization successfully completed.
-----

R E S U L T S
-----
CALCULATION MODE          0
CODE FOR THIS MODE      IPSAP+DESPO/AUTO
SIMULAT. WITH NORMAL DISTRIB., ISTDY =  0
BOUNDS USED FOR CALCULATIONS
VARIABLE  LOWER BOUND  UPPER BOUND
1          0.79364E-36  40.457
2          3.7168      17.695
VARIABLE  DES. POINT COORD.  SENS. FACTOR  DELTA PARAM.  DELNO. PARAM.
1          4.74955          -0.772578      -2.36889      -0.884767
2          4.74955          0.406940      1.24777      0.466034
FINAL VALUE OF LIMIT STATE FUNCTION  0.339949E-07
FIRST ORDER APPROXIMATION OF PROB. FAILURE 0.108400E-02
RESULTING PROBABILITIES OF FAILURE AND STATISTICAL ERRORS
RUN NO.    PF          STAT. ERROR  PERCENT S.E.
3          0.128295E-02  0.721807E-04  5.6
TIME REQUIRED FOR THIS STEP:  1.00 SECONDS.
TOTAL CPU TIME UP TO NOW:  1.00 SECONDS.

```

การเตรียมข้อมูลเข้า

โดยปกติแล้วข้อมูลเข้าจะมีข้อจำกัดในรูปแบบ แต่ใน ISPUD นี้มีทางเลือกต่างๆ ในการคำนวณ และมีการเตรียมข้อมูลเข้าที่แตกต่างกันด้วย ทางเลือกเหล่านี้จะแบ่งเป็นโหมด (MODE) ต่างๆ ซึ่งมีอยู่ทั้งหมด 9 โหมดดังนี้

- MODE = 0 โหมดนี้เป็นการคำนวณที่ง่ายที่สุด สำหรับการประยุกต์ใช้ในกรณีเริ่มแรก เมื่อใช้ซอฟต์แวร์ ISPUD
- MODE = 1 โหมดนี้ทำการคำนวณจุดออกแบบ และทำการสุ่มตัวอย่างสำคัญด้วย ผลลัพธ์ที่ได้สามารถเก็บไว้ในแฟ้มข้อมูลสำรอง
- MODE = 2 โหมดนี้จะคำนวณเฉพาะจุดออกแบบ ซึ่งอาจใช้ประโยชน์ได้ในบางกรณีผลลัพธ์ที่ได้สามารถเก็บไว้ในแฟ้มข้อมูลสำรอง
- MODE = 3 โหมดนี้จะทำการสุ่มตัวอย่างสำคัญ ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณจุดออกแบบได้จากไฟล์สำรอง
- MODE = 4 โหมดนี้จะทำการสุ่มตัวอย่างสำคัญ ข้อมูลที่จำเป็นทั้งหมด รวมถึงจุดออกแบบจะอ่านจากแฟ้มข้อมูลเข้า
- MODE = 5 โหมดนี้คำนวณโดยใช้ข้อมูลของการรันครั้งที่ผ่านมาเพื่อปรับรูปร่างของฟังก์ชัน โดยฟังก์ชันเริ่มแรกจะต้องเลือกโดยผู้ใช้
- MODE = 6 โหมดนี้จะคำนวณจุดออกแบบโดยใช้ข้อมูลการประมาณการเบื้องต้นของฟังก์ชัน ซึ่งคล้ายกับโหมด 5
- MODE = 7 โหมดนี้คำนวณโดยใช้วิธี adaptive numerical integration โดยการสุ่มตัวอย่างสำคัญทำที่จุดออกแบบที่คำนวณได้
- MODE = 8 โหมดนี้ฟังก์ชันของการสุ่มตัวอย่างสำคัญถูกคำนวณโดยอัตโนมัติโดยใช้วิธีการสุ่มแบบเดียวกันกับโหมด 6 และจำนวนการสุ่มเพียงเล็กน้อย
- MODE = 9 โหมดนี้ฟังก์ชันของการสุ่มตัวอย่างสำคัญจะถูกเลือกโดยผู้ใช้

รายละเอียดของโหมดต่างๆ รวมทั้งคำย่อและคำอธิบายของแต่ละโหมดแสดงดังตารางผนวกที่ 4 และ 5 ส่วนการนำเข้าข้อมูลที่เป็นในแต่ละโหมดแสดงดังตารางผนวกที่ 6

ตารางผนวกที่ 4 Short code สำหรับการคำนวณใน ISPUD เวอร์ชัน 3.0

mode	Code
0	ISAP+DESPO/AUTO
1	ISAP+DESPO
2	DESPO
3	ISAP/BAK
4	ISAP
5	ADSAP
6	ADSAP+START
7	ANIPIS+DESPO
8	ANIPIS+ADSAP
9	ANIPIS

ที่มา : Bourgund และ Bucher, (1986)

ตารางผนวกที่ 5 คำอธิบายสำหรับ Short Code

code	Explanation
IPSAP	<u>Im</u> Portance <u>SA</u> mpling <u>P</u> rocedure
ADSAP	<u>AD</u> aptive <u>SA</u> mpling <u>P</u> rocedure
ANIPIS	<u>AD</u> aptive <u>N</u> umerical <u>I</u> ntegration <u>P</u> rocedure using Importance Sampling
DESPO	<u>DE</u> Sign <u>PO</u> int calculation
START	<u>STA</u> RTing procedure for adaptive sampling
AUTO	Parameters are <u>AUTO</u> matically assigned
BAK	<u>BAK</u> up file is utilized

ที่มา : Bourgund และ Bucher, (1986)

ในการศึกษานี้พิจารณาการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือเฉพาะวิธีโหมด 0,1,5,6 สำหรับโหมดอื่นๆ สามารถศึกษารายละเอียดได้ใน ISPUD User's Manual (Bourgund และ Bucher ,1986)

ตารางผนวกที่ 6 การนำเข้าข้อมูลที่จำเป็นในแต่ละโหมด

Data set	Parameter name	Type\Mode	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	MODE	INTEGER	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
2	NVAR	INTEGER	/	/	/	x	/	/	/	/	/	/
3	NRUN	INTEGER	x	/	x	/	/	/	/	/	/	/
4	IBAC	INTEGER	x	/	/	x	x	x	x	x	x	x
5	EPS	REAL	x	/	/	x	x	x	x	/	x	x
	IPRINT ¹	INTEGER	x	/	/	x	x	x	x	/	/	/
	ACCX	REAL	x	/	/	x	x	x	x	/	x	x
6	ITYP	INTEGER	/	/	/	x	/	/	/	/	/	/
	MEAN	REAL	/	/	/	x	/	/	/	/	/	/
	SIG	REAL	/	/	/	x	/	/	/	/	/	/
	XLOW ²	REAL	/	/	/	x	/	/	/	/	/	/
(this data set should be repeated for each variable i.e. listed in additional lines)												
7	ICOR	INTEGER	/	/	/	x	/	/	/	/	/	/
8	RHO(I,J) ³	REAL	/	/	/	x	/	/	/	/	/	/
9	NSIM ⁵ or MAXPTS ⁶	INTEGER	x	5	x	5	5	5	5	6	6	6
	NSTY ⁴ or NSIM ⁷	INTEGER	x	4	x	4	4	x	7	x	7	x
10	FAC (NRUN)	REAL	x	/	x	/	/	/	/	/	/	/
11	XSTART (NVAR)	REAL	x	/	/	x	/	/	/	/	/	/

หมายเหตุ:

/ ต้องการพารามิเตอร์

x ไม่ต้องการพารามิเตอร์

1. ค่า IPRINT =0, 1 หรือ 2 และ 3 สำหรับโหมด 8 และ 9
2. XLOW ต้องการสำหรับการแจกแจงแบบ Weibull เท่านั้น
3. RHO(I,J) ต้องการเมื่อ ICOR เท่ากับ 1 เท่านั้น
4. NSTY รูปแบบของ simulation function
5. NSIM จำนวนของการ simulation
6. MAXPTS ค่าสูงสุดของการประมาณค่าฟังก์ชัน
7. NSIM จำนวนของการ simulation สำหรับการดำเนินการเบื้องต้น

ตัวอย่าง ฟังก์ชัน XLIMIT ที่ใช้ในการคำนวณ

FUNCTION XLIMIT(X, NVAR, KOUT)

IMPLICIT DOUBLE PRECISION (A-H, O-Z)

```

C
C-----
C   IFM UNIV IBK
C   UPDATE NONE
C-----
C   PURPOSE:VALUE OF THE LIMIT STATE FUNCTION
C-----
C   PARAMETERS
C   X(NVAR)      VALUES OF VARIABLES
C                UNCHANGED ON EXIT
C   NVAR         NUMBER OF VARIABLES
C                UNCHANGED ON EXIT
C   KOUT         LOGICAL UNIT NUMBER FOR OUTPUT FILES
C                UNCHANGED ON EXIT
C-----
C   COMMON BLOCKS
C   NONE
C-----
C   SUBROUTINES AND FUNCTIONS
C   NONE
C-----
C                DIMENSION X(NVAR)
C-----
C   RADIAL GATE
C-----

C1 = 3.46364277294221E-09
C2 = -3.33581560511993E-10
C3 = 5.16611485242617E-05
C4 = -8.77100346668785E-07
C5 = -2.40210832653154E-03
C6 = -2.91365840374965E-03
C7 = 1.20522069747778E-13
C8 = 4.09694610788513E-09
C9 = 2.28254923239109E-10
C10 = 1.68995999792476E-07
C11 = -1.67152033098030E-13
C-----

```

```

D1 = C1*X(1)*X(2)
D2 = C2*X(1)*X(3)
D3 = C3*X(1)*X(4)
D4 = C4*X(2)*X(3)
D5 = C5*X(2)*X(4)
D6 = C6*X(3)*X(4)
D7 = C7*X(1)*X(2)*X(3)
D8 = C8*X(1)*X(2)*X(4)
D9 = C9*X(1)*X(3)*X(4)
D10 = C10*X(2)*X(3)*X(4)
D11 = C11*X(1)*X(2)*X(3)*X(4)
C-----
XLIMIT = 24.99421-(D1+D2+D3+D4+D5+D6+D7+D8+D9+D10+D11)
C-----
RETURN
END

```

ตัวอย่าง แฝ้มข้อมูลนำเข้าไปในโหมด 0

```

0
4
7,430488,129146
1,3520,183.8
1,21000,210
1,0.8,0.0024
0

```

ตัวอย่าง แฝ้มข้อมูลนำเข้าไปในโหมด 1

```

1
4
3
0
1.D-5,0,1.D-7
7,430488,129146
1,3520,183.8
1,21000,210
1,0.8,0.0024
0
12400,0,

```

1,1,1,

430488,3520,21000,0.8,

ตัวอย่าง เพิ่มข้อมูลนำเข้าในโหมด 5

5

4

3

7,430488,129146

1,3520,183.8

1,21000,210

1,0.8,0.0024

0

12400,

10,10,10,

430488,3520,21000,0.8,

ตัวอย่าง เพิ่มข้อมูลนำเข้าในโหมด 6

6

4

3

7,430488,129146

1,3520,183.8

1,21000,210

1,0.8,0.0024

0

12400,12400,

10,10,10

430488,3520,21000,0.8,

ตัวอย่าง เพิ่มข้อมูลออกของโหมด 0

```
=====
PROGRAM STRUCTURAL RELIABILITY
UNIV. INNSBRUCK, INSTITUT FUER MECHANIK
UB/CGB/WO/WK  VS. 3.0  SEPTEMBER 1989
RELEASE DATE 18-JUN-94
=====
```

```
-----
ISPUD - INPUT - ECHO
-----
```

```
CALCULATION MODE          0
CODE FOR THIS MODE      IPSAP+DESPO/AUTO
RESTART DISABLED
NUMBER OF VARIABLES      4
INTERVAL SIZE FOR NUM. DIFF. 0.100000E-04
PRINT MODE INTERMEDIATE RESULTS    0
FINAL ACCURACY FOR OPTIMIZ. 0.100000E-03
VARIABLE  TYPE      MEAN      ST. DEV.   LOWER BOUND
```

```
1  LOG-NORMAL  0.43049E+06  0.12915E+06
2   NORMAL    3520.0      183.80
3   NORMAL    21000.      210.00
4   NORMAL    0.80000     0.24000E-02
```

```
CORRELATED VARIABLES (0/1)      0
SIMULAT. WITH NORMAL DISTRIB., ISTDY = 0
FACTOR FOR I.S. ST.DEV.
1.300    1.300    1.300
```

START VALUES FOR OPTIMIZATION

```
1          2          3          4
0.4305E+06 3520.    0.2100E+05 0.8000
```

%DESPO-I-SUCCOM, optimization successfully completed.

1

 RESULTS

CALCULATION MODE 0
 CODE FOR THIS MODE IPSAP+DESPO/AUTO
 SIMULAT. WITH NORMAL DISTRIB., ISTDY = 0
 BOUNDS USED FOR CALCULATIONS
 VARIABLE LOWER BOUND UPPER BOUND

1	0.41233E-31	0.19030E+08
2	1120.8	5919.2
3	18259.	23741.
4	0.76867	0.83133

VARIABLE	DES. POINT COORD.	SENS. FACTOR	DELTA PARAM.	DELNO. PARAM.
1	0.222148E+07	2.41611	13.8679	0.999912
2	3505.04	-0.141810E-01	-0.813958E-01	-0.586883E-02
3	20965.7	-0.284623E-01	-0.163367	-0.117792E-01
4	0.800060	0.438832E-02	0.251880E-01	0.181611E-02

FINAL VALUE OF LIMIT STATE FUNCTION 0.180050E-05

FIRST ORDER APPROXIMATION OF PROB. FAILURE 0.475429E-08

RESULTING PROBABILITIES OF FAILURE AND STATISTICAL ERRORS

RUN NO.	PF	STAT. ERROR	PERCENT S.E.
3	0.473266E-08	0.119483E-09	2.5

TIME REQUIRED FOR THIS STEP: 1.00 SECONDS.

TOTAL CPU TIME UP TO NOW: 1.00 SECONDS.

ตัวอย่าง เพิ่มข้อมูลออกของโหมด 1

```

=====
PROGRAM STRUCTURAL RELIABILITY
UNIV. INNSBRUCK, INSTITUT FUER MECHANIK
UB/CGB/WO/WK VS. 3.0 SEPTEMBER 1989
RELEASE DATE 18-JUN-94
=====

-----
I S P U D - I N P U T - E C H O
-----

CALCULATION MODE          1
CODE FOR THIS MODE        IPSAP+DESPO
RESTART DISABLED
NUMBER OF VARIABLES       4
INTERVAL SIZE FOR NUM. DIFF. 0.100000E-04
PRINT MODE INTERMEDIATE RESULTS    0
FINAL ACCURACY FOR OPTIMIZ. 0.100000E-06

VARIABLE  TYPE      MEAN      ST. DEV.   LOWER BOUND

1  LOG-NORMAL  0.43049E+06  0.12915E+06
2   NORMAL    3520.0      183.80
3   NORMAL    21000.     210.00
4   NORMAL     0.80000    0.24000E-02
CORRELATED VARIABLES (0/1)          0
NUMBER OF DIFFERENT RUNS              3
NUMBER OF SIMULATIONS                12400
SIMULAT. WITH NORMAL DISTRIB., ISTDY = 0
FACTOR FOR I.S. ST.DEV.

1.000    1.000    1.000    1.000    1.000    1.000

START VALUES FOR OPTIMIZATION

1          2          3          4

0.4305E+06  3520.    0.2100E+05  0.8000

%DESPO-I-SUCCOM, optimization successfully completed.

```

1

 RESULTS

CALCULATION MODE 1
 CODE FOR THIS MODE IPSAP+DESPO
 SIMULAT. WITH NORMAL DISTRIB., ISTDY = 0
 BOUNDS USED FOR CALCULATIONS
 VARIABLE LOWER BOUND UPPER BOUND

1	0.41233E-31	0.19030E+08
2	1120.8	5919.2
3	18259.	23741.
4	0.76867	0.83133

VARIABLE	DES. POINT COORD.	SENS. FACTOR	DELTA PARAM.	DELNO. PARAM.
1	0.222147E+07	2.41610	13.8679	0.999911
2	3504.78	-0.144286E-01	-0.828168E-01	-0.597132E-02
3	20965.8	-0.284144E-01	-0.163092	-0.117594E-01
4	0.800061	0.440911E-02	0.253073E-01	0.182472E-02

FINAL VALUE OF LIMIT STATE FUNCTION -0.236708E-10

FIRST ORDER APPROXIMATION OF PROB. FAILURE 0.475429E-08

RESULTING PROBABILITIES OF FAILURE AND STATISTICAL ERRORS

RUN NO.	PF	STAT. ERROR	PERCENT S.E.
1	0.474891E-08	0.633604E-10	1.3
2	0.475524E-08	0.768223E-10	1.6
3	0.470323E-08	0.662745E-10	1.4

TIME REQUIRED FOR THIS STEP: 18.00 SECONDS.

TOTAL CPU TIME UP TO NOW: 18.00 SECONDS.

ตัวอย่าง เพิ่มข้อมูลออกของโหมด 5

```
=====
PROGRAM STRUCTURAL RELIABILITY
UNIV. INNSBRUCK, INSTITUT FUER MECHANIK
UB/CGB/VO/WK  VS. 3.0  SEPTEMBER 1989
RELEASE DATE 18-JUN-94
=====
```

----- I S P U D - I N P U T - E C H O -----

```
CALCULATION MODE           5
CODE FOR THIS MODE         ADSAP
RESTART DISABLED
NUMBER OF VARIABLES        4
VARIABLE  TYPE      MEAN      ST. DEV.    LOWER BOUND

1  LOG-NORMAL    0.43049E+06  0.12915E+06
2   NORMAL        3520.0      183.80
3   NORMAL        21000.      210.00
4   NORMAL         0.80000      0.24000E-02
```

```
CORRELATED VARIABLES (0/1)      0
NUMBER OF DIFFERENT RUNS         6
NUMBER OF SIMULATIONS           12400
SIMULAT. WITH NORMAL DISTRIB., ISTY =  0
FACTOR FOR I.S. ST.DEV.
10.00
```

STARTING VALUES FOR ADAPTIVE SAMPLING

```
      1      2      3      4
0.4305E+06  3520.    0.2100E+05  0.8000
```

1

----- R E S U L T S -----

CALCULATION MODE 5
 CODE FOR THIS MODE ADSAP
 SIMULAT. WITH NORMAL DISTRIB., ISTDY = 0
 BOUNDS USED FOR CALCULATIONS
 VARIABLE LOWER BOUND UPPER BOUND

1	0.41233E-31	0.19030E+08
2	1120.8	5919.2
3	18259.	23741.
4	0.76867	0.83133

VARIABLE IFM POINT COORD.

1	0.233012E+07
2	3502.37
3	20966.4
4	0.800049

RESULTING PROBABILITIES OF FAILURE AND STATISTICAL ERRORS

RUN NO.	PF	STAT. ERROR	PERCENT S.E.
1	0.476276E-08	0.467165E-10	1.0
2	0.470519E-08	0.411071E-10	0.9
3	0.478620E-08	0.617761E-10	1.3

TIME REQUIRED FOR THIS STEP: 21.00 SECONDS.

TOTAL CPU TIME UP TO NOW: 21.00 SECONDS.

ตัวอย่าง เพิ่มข้อมูลออกของโหมด 6

```
=====
PROGRAM STRUCTURAL RELIABILITY
UNIV. INNSBRUCK, INSTITUT FUER MECHANIK
UB/CGB/WO/WK  VS. 3.0  SEPTEMBER 1989
RELEASE DATE 18-JUN-94
=====
```

```
-----
ISPUD - INPUT - ECHO
-----
```

```
CALCULATION MODE          6
CODE FOR THIS MODE        ADSAP+START
RESTART DISABLED
NUMBER OF VARIABLES       4
VARIABLE  TYPE      MEAN    ST. DEV.   LOWER BOUND
1  LOG-NORMAL    0.43049E+06  0.12915E+06
2   NORMAL        3520.0    183.80
3   NORMAL        21000.    210.00
4   NORMAL         0.80000    0.24000E-02
CORRELATED VARIABLES (0/1)      0
NUMBER OF DIFFERENT RUNS         3
NUMBER OF SIMULATIONS          12400
NUMBER OF SIMULATIONS FOR STARTING 12400
SIMULAT. WITH NORMAL DISTRIB., ISTDY = 0
FACTOR FOR I.S. ST.DEV.
10.00
STARTING VALUES FOR ADAPTIVE SAMPLING
```

```
      1      2      3      4
0.4305E+06  3520.    0.2100E+05  0.8000
```

```
1
-----
```

```
RESULTS
-----
```

CALCULATION MODE 6
 CODE FOR THIS MODE ADSAP+START
 SIMULAT. WITH NORMAL DISTRIB., ISTY = 0
 BOUNDS USED FOR CALCULATIONS
 VARIABLE LOWER BOUND UPPER BOUND

1	0.41233E-31	0.19030E+08
2	1120.8	5919.2
3	18259.	23741.
4	0.76867	0.83133

VARIABLE IFM POINT COORD.

1	0.234920E+07
2	3507.49
3	20973.1
4	0.799972

RESULTING PROBABILITIES OF FAILURE AND STATISTICAL ERRORS

RUN NO.	PF	STAT. ERROR	PERCENT S.E.
1	0.472477E-08	0.545587E-10	1.2
2	0.479364E-08	0.544459E-10	1.1
3	0.488535E-08	0.104919E-09	2.1

TIME REQUIRED FOR THIS STEP: 20.00 SECONDS.

TOTAL CPU TIME UP TO NOW: 20.00 SECONDS.