คู่มือโปรแกรมสำเร็จรูป LINDO

Y

LINEAR PROGRAMMING

OBJECTIVE FUNCTION

MAXIMUM–MINIMUM

SENSITIVITY ANALYSIS

SIMPLEX METHOD

DUAL PROBLEM

X

ดำรงค์ ทิพย์โยธา

คู่มือ

โปรแกรมสำเร็จรูป LINDO

รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทิพย์โยธา
ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำนำ

โปรแกรมสำเร็จรูป LINDO เป็นโปรแกรมที่ช่วยในการหาผลเฉลยของปัญหากำหนดการเชิงเส้น ซึ่งปัญหากำหนดการเชิงเส้นนั้นเป็นการหาค่าสูงสุดหรือค่าต่ำสุดภายใต้เงื่อนไขบังคับที่กำหนดให้ ความสามารถของโปรแกรม LINDO นอกจากจะหาผลเฉลยได้อย่างรวดเร็วแล้ว ยังสามารถทำการวิเคราะห์ความไว แก้ปัญหาคู่ควบ และคำนวณทีละขั้นตอนตามหลักวิธีของซิมเพลกซ์ นอกจากนั้นยังแสดงผลในรูปแบบของตารางซิมเพลกซ์ได้อีกด้วย

ความสามารถอื่นๆ ที่ทำให้โปรแกรมสำเร็จรูป LINDO น่านำมาใช้งานก็คือ การที่เราสามารถบันทึกกำหนดการเชิงเส้นหรือผลลัพธ์ของการแก้ปัญหาเก็บไว้เป็นแฟ้มข้อมูลในแผ่น diskette หรือ harddisk ได้ ซึ่งเราสามารถนำแฟ้มข้อมูลกำหนดการเชิงเส้นนั้นกลับมาแก้ไขดัดแปลงให้ถูกต้องตามค่าปัจจุบันที่เปลี่ยนแปลงไปแล้วจึงทำการคำนวณหาผลเฉลยใหม่ต่อไป

ในปัจจุบันนี้ปัญหากำหนดการเชิงเส้นได้มีการเรียนการสอนทั้งในระดับอุดมศึกษาและระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย นอกจากนั้นในระดับการใช้งานจริงทั้งทางธุรกิจและอุตสาหกรรมก็มีการแก้ปัญหาเกี่ยวกับกำหนดการเชิงเส้น LINDO สามารถเข้าไปช่วยหาผลเฉลยได้

สุดท้ายนี้ผมหวังว่า คู่มือโปรแกรมสำเร็จรูป LINDO นี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่าน และผู้ที่ต้องแก้ปัญหากำหนดการเชิงเส้นทุกท่าน

สวัสดีครับ

ดำรงค์ ทิพย์โยธา

ดำรงค์ ทิพย์โยธา

คู่มือโปรแกรมสำเร็จรูป LINDO/ ดำรงค์ ทิพย์โยธา,

1. การหาผลเฉลยของกำหนดการเชิงเส้น

ISBN 974-584-754-2

พิมพ์ครั้งที่ 1 จำนวน 2000 เล่ม พ.ศ. 2538

จัดจำหน่ายโดยศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โทร. 2183980, 2187000 โทรสาร 2554441

พิมพ์ที่โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โทร. 2153612, 2153626

สารบัญ

	หน้า
1. โปรแกรมสำเร็จรูป LINDO	1
2. การเข้าสู่ระบบการทำงานของ LINDO	11
3. การนำกำหนดการเชิงเส้นเข้าสู่ LINDO	13
4. โครงสร้างของกำหนดการเชิงเส้นใน LINDO	19
5. การแก้ไขกำหนดการเชิงเส้น	21
6. การคำนวณผลเฉลยของกำหนดการเชิงเส้น	37
7. การหาผลเฉลยโดยวิธีซิมเพลกซ์	45
8. ปัญหาคู่ควบ	85
9. การวิเคราะห์ความไว	95
10. การใช้งานคำสั่งบางคำสั่งใน LINDO	107
11. รูปแบบและหน้าที่ของคำสั่ง	125
12. ดัชนีคำสั่ง	183
บรรณานุกรม	184
ดัชนี	185

1. โปรแกรมสำเร็จรูป LINDO

LINDO (Linear INteractive Discrete Optimizer) เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้ในการแก้ปัญหากำหนดการเชิงเส้น (linear programming) ตัวอย่างเช่น

ตัวอย่างที่ 1.1 จงหาค่าสูงสุดของ $P = 8x+10y$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$2x+y \leqslant 50$$

$$x+2y \leqslant 70$$

$$x \geqslant 0$$

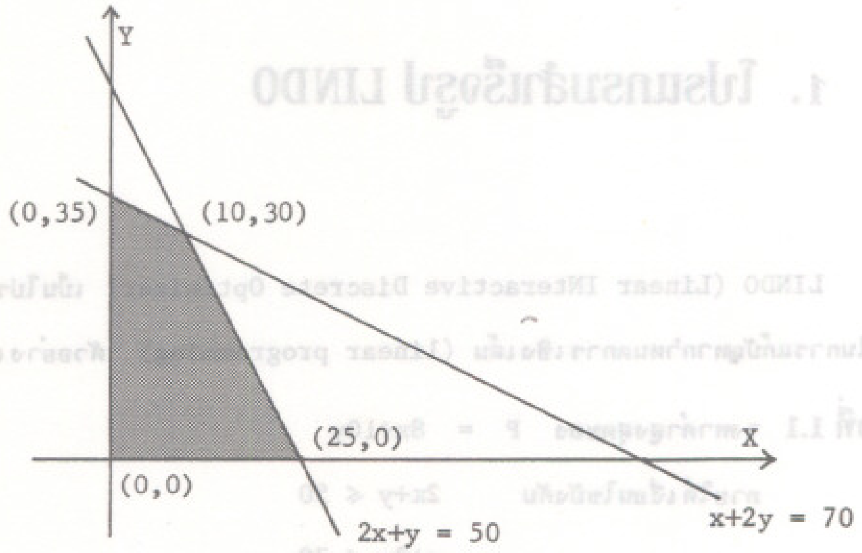
$$y \geqslant 0$$

การหาผลเฉลยโดยใช้โปรแกรม LINDO เป็นดังนี้

```
: MAX 8X+10Y
? SUBJECT TO
? 2X+Y<=50
? X+2Y<=70
? X>=0
? Y>=0
? END

: GO
    LP OPTIMUM FOUND   AT STEP      2

          OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)            380.000000

VARIABLE              VALUE          REDUCED COST
        X           10.000000             .000000
        Y           30.000000             .000000
```

ผลการคำนวณสรุปว่า $P = 8x+10y$ มีค่าสูงสุดเท่ากับ 380 เมื่อ $x = 10$ และ $y = 30$

เปรียบเทียบการหาผลเฉลยโดยใช้กราฟ



จุดมุมคือ (0,0),(25,0),(10,30) และ (0,35)

จุดมุม	P
(0,0)	0
(25,0)	200
(10,30)	380
(0,35)	350

ซึ่งจะได้คำตอบว่า $P = 380$ เป็นค่าสูงสุดเมื่อ $x = 10$ และ $y = 30$ เหมือนกัน

ตัวอย่างที่ 1.2 จงหาค่าต่ำสุดของ $P = 9x+7y$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$20x + 15y \geqslant 1250$$

$$10x + 10y \geqslant 700$$

$$x \geqslant 0$$

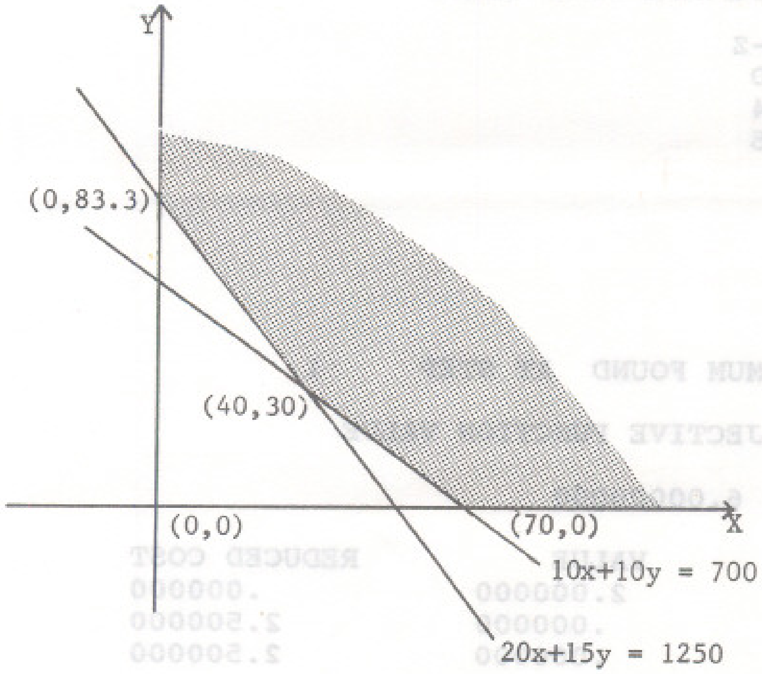
$$y \geqslant 0$$

การหาผลเฉลยโดยใช้โปรแกรม LINDO เป็นดังนี้

```
: MIN 9X+7Y
? SUBJECT TO
? 20X+15Y>=1250
? 10X+10Y>=700
? X>=0
? Y>=0
? END

: GO
   LP OPTIMUM FOUND   AT STEP    2

         OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)          570.000000

VARIABLE          VALUE              REDUCED COST
       X          40.000000               .000000
       Y          30.000000               .000000
```

จากการคำนวณด้วย LINDO สรุปว่า P มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 570 เมื่อ x = 40 และ y = 30

โดยการใช้กราฟ



จุดมุมคือ (0,83.3), (40,30) และ (70,0)

จุดมุม	P
(0,83.3)	583.3
(40,30)	570
(70,0)	630

ซึ่งได้คำตอบ P = 570 เป็นค่าต่ำสุด เมื่อ x = 40 และ y = 30

ตัวอย่างที่ 1.3 จงหาค่าสูงสุดของ $P = 3x+2y-z$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ $2x+3y+z \leqslant 4$

$x+2y+3z \leqslant 5$

$x \geqslant 0$

$y \geqslant 0$

$z \geqslant 0$

การหาผลเฉลยด้วยโปรแกรม LINDO เป็นดังนี้

```
: MAX 3X+2Y-Z
? SUBJECT TO
? 2X+3Y+Z<=4
? X+2Y+3Z<=5
? X>=0
? Y>=0
? Z>=0
? END

: GO
   LP OPTIMUM FOUND   AT STEP      1

        OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)          6.00000000

VARIABLE        VALUE           REDUCED COST
       X      2.000000              .000000
       Y       .000000             2.500000
       Z       .000000             2.500000
```

นั่นคือ P มีค่าสูงสุดเท่ากับ 6 เมื่อ x = 2 , y = 0 และ z = 0

กำหนดการเชิงเส้นเป็นปัญหาและระเบียบวิธีในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เพื่อช่วยในการตัดสินใจดำเนินการทางด้านต่างๆ ให้มีประสิทธิภาพดีที่สุด หลักการและวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้กำหนดการเชิงเส้นได้มีการนำไปประยุกต์ใช้กับปัญหาเช่น ด้านการตลาด ด้านการวางแผนการผลิต ด้านการขนส่ง ด้านการเกษตร ด้านการศึกษา และอื่นๆ อีกมาก ลักษณะทั่วไปของปัญหากำหนดการเชิงเส้นเช่น

ตัวอย่างที่ 1.4 โรงงานผลิตขนมชอกโกแลตแห่งหนึ่งมีวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตคือ เชอรี 130 กิโลกรัม และมินท์ 170 กิโลกรัม ในแผนงานของการผลิตขนมชอกโกแลตผสมเชอรีและมินท์อยู่ 2 สูตร โดยมีสูตรการผสมและราคาขายดังนี้

สูตรที่ 1 สัดส่วนโดยน้ำหนักเชอรี : มินท์ = 1 : 1 ราคาขายกิโลกรัมละ 2 พันบาท

สูตรที่ 2 สัดส่วนโดยน้ำหนักเชอรี : มินท์ = 1 : 2 ราคาขายกิโลกรัมละ 1.25 พันบาท

อยากทราบว่าโรงงานควรจะผลิตชอกโกแลตแต่ละสูตรอย่างละกี่กิโลกรัมจึงจะได้กำไรสูงสุด

วิธีทำ ให้ P = กำไรที่ได้จากการขายชอกโกแลต

x_1 = จำนวนชอกโกแลตสูตรที่ 1 (หน่วยเป็นกิโลกรัม)

x_2 = จำนวนชอกโกแลตสูตรที่ 2 (หน่วยเป็นกิโลกรัม)

ดังนั้น $P = 2x_1 + 1.25x_2$ และ $x_1 \geq 0$, $x_2 \geq 0$

การพิจารณาเงื่อนไขของตัวแปร x_1 และ x_2 เป็นดังนี้

เพราะว่าแต่ละกิโลกรัมของสูตรที่ 1 ประกอบด้วย เชอรี $\frac{1}{2}$ กิโลกรัม และแต่ละกิโลกรัมของสูตรที่ 2 ประกอบด้วย เชอรี $\frac{1}{3}$ กิโลกรัม เพราะฉะนั้นจำนวนเชอรีที่ใช้เท่ากับ $\frac{1}{2}x_1 + \frac{1}{3}x_2$

เพราะว่าแต่ละกิโลกรัมของสูตรที่ 1 ประกอบด้วย มินท์ $\frac{1}{2}$ กิโลกรัม และแต่ละกิโลกรัมของสูตรที่ 2 ประกอบด้วย มินท์ $\frac{2}{3}$ กิโลกรัม เพราะฉะนั้นจำนวนมินท์ที่ใช้เท่ากับ $\frac{1}{2}x_1 + \frac{2}{3}x_2$

เพราะว่าโรงงานมีเชอรี 130 กิโลกรัม และมีมินท์ 170 กิโลกรัม

เพราะฉะนั้น
$$\frac{1}{2}x_1 + \frac{1}{3}x_2 \leq 130$$
$$\frac{1}{2}x_1 + \frac{2}{3}x_2 \leq 170$$

สรุปปัญหากำหนดการเชิงเส้นคือ

หาค่าสูงสุดของ $P = 2.00x_1 + 1.25x_2$

โดยมีเงื่อนไขบังคับ

$$\frac{1}{2}x_1 + \frac{1}{3}x_2 \leqslant 130 \quad \text{หรือ} \quad 3x_1 + 2x_2 \leqslant 780$$

$$\frac{1}{2}x_1 + \frac{2}{3}x_2 \leqslant 170 \quad \text{หรือ} \quad 3x_1 + 4x_2 \leqslant 1020$$

$$x_1 \geqslant 0 \;,\; x_2 \geqslant 0$$

เมื่อคำนวณด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป LINDO จะได้ผลดังนี้

```
: MAX 2X1+1.25X2
? SUBJECT TO
? 3X1+2X2<=780
? 3X1+4X2<=1020
? X1>=0
? X2>=0
? END

: GO
     LP OPTIMUM FOUND   AT STEP      1

           OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)          520.000000

VARIABLE          VALUE          REDUCED COST
      X1       260.000000            .000000
      X2          .000000            .083333
```

นั่นคือ P มีค่าสูงสุดเท่ากับ 520 เมื่อ $x_1 = 260$ และ $x_2 = 0$

ตัวอย่างที่ 1.5 ในการลงทุนเพื่อทำการค้าด้วยเงิน 10 ล้านบาทของนายเอก มีกิจการให้ทำใน 2 บริษัทคือ บริษัท A และบริษัท B โดยมีแนวทางและผลตอบแทนในการลงทุนดังนี้

(1) ลงทุนกับบริษัท A ต้องมากกว่าหรือเท่ากับ เงินที่ลงทุนในบริษัท B

(2) ลงทุนกับบริษัท A ได้ไม่เกิน 6 ล้านบาท

(3) ลงทุนกับบริษัท B ต้องไม่น้อยกว่า 2 ล้านบาท

(4) ผลตอบแทนจากบริษัท A เป็นร้อยละ 10 ของเงินลงทุน

(5) ผลตอบแทนจากบริษัท B เป็นร้อยละ 7 ของเงินลงทุน

อยากทราบว่านายเอกควรจะลงทุนในแต่ละบริษัทเป็นเงินเท่าไรจึงจะได้ผลตอบแทนสูงสุด

วิธีทำ ให้ P = ผลตอบแทนที่ได้รับจากบริษัท A และบริษัท B

x_1 = จำนวนเงินที่ลงทุนกับบริษัท A

x_2 = จำนวนเงินที่ลงทุนกับบริษัท B

ดังนั้น $P = 0.10x_1 + 0.07x_2$ และ $x_1 \geqslant 0$, $x_2 \geqslant 0$

การพิจารณาเงื่อนไขของตัวแปร x_1 และ x_2 เป็นดังนี้

เพราะว่านายเอกมีเงินทั้งหมด 10 ล้านบาท เพราะฉะนั้น $x_1 + x_2 \leqslant 10$

จากเงื่อนไข (1) ; $x_1 \geqslant x_2$ หรือ $x_1 - x_2 \geqslant 0$

จากเงื่อนไข (2) ; $x_1 \leqslant 6$

จากเงื่อนไข (3) ; $x_2 \geqslant 2$

สรุปปัญหากำหนดการเชิงเส้นคือ หาค่าสูงสุดของ $P = (0.10)x_1 + (0.07)x_2$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$x_1 + x_2 \leqslant 10$$
$$x_1 - x_2 \geqslant 0$$
$$x_1 \leqslant 6$$
$$x_2 \geqslant 2$$
$$x_1 \geqslant 0$$

เมื่อคำนวณด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป LINDO จะได้ผลดังนี้

```
: MAX 0.01X1+0.07X2
? SUBJECT TO
? X1+X2<=10
? X1-X2>=0
? X1<=6
? X2>=2
? X1>=0
? END
```

```
: GO
   LP OPTIMUM FOUND  AT STEP     3

         OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)          .400000000

VARIABLE           VALUE          REDUCED COST
       X1          5.000000           .000000
       X2          5.000000           .000000
```

นั่นคือ P มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.4 เมื่อ $x_1 = 5$ และ $x_2 = 5$

ตัวอย่างที่ 1.6 โรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์มีหน่วยการผลิต 3 แผนกคือ แผนกช่างไม้ แผนกประกอบ และแผนกทาสี โรงงานแห่งนี้ผลิตสินค้า 3 ชนิดคือ ตู้ โต๊ะ และเก้าอี้ จำนวนวัตถุดิบทั้งหมดที่มีใช้อยู่ในช่วงเวลานี้สำหรับแต่ละแผนกและผลกำไรต่อหน่วยการผลิต แสดงดังตาราง

แผนกการผลิต	ผลิตภัณฑ์ (หน่วยลูกบาศก์เมตร)			จำนวนวัตถุดิบ
	ตู้	โต๊ะ	เก้าอี้	
ช่างไม้	10	6	2	2500
ประกอบ	5	10	5	2000
ทาสี	1	2	2	500
กำไร (บาท/หน่วย)	23	32	18	

โรงงานแห่งนี้ควรจะผลิต ตู้ โต๊ะ และเก้าอี้ อย่างละเท่าไรจึงจะได้กำไรมากที่สุด

วิธีทำ ให้ P = กำไรที่ได้จากการผลิต ตู้ โต๊ะ และเก้าอี้

x_1 = จำนวนตู้

x_2 = จำนวนโต๊ะ

x_3 = จำนวนเก้าอี้

เพราะฉะนั้น $P = 23x_1 + 32x_2 + 18x_3$ และ $x_1 \geqslant 0, x_2 \geqslant 0, x_3 \geqslant 0$

จากเงื่อนไขของแรงงานและวัตถุดิบจากตารางจะได้ว่า

$$10x_1 + 6x_2 + 2x_3 \leqslant 2500$$

$$5x_1 + 10x_2 + 5x_3 \leqslant 2000$$

$$x_1 + 2x_2 + 2x_3 \leqslant 500$$

สรุปกำหนดการเชิงเส้นคือ

หาค่าสูงสุดของ $P = 23x_1 + 32x_2 + 18x_3$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$10x_1 + 6x_2 + 2x_3 \leqslant 2500$$

$$5x_1 + 10x_2 + 5x_3 \leqslant 2000$$

$$x_1 + 2x_2 + 2x_3 \leqslant 500$$

$$x_1, x_2, x_3 \geqslant 0$$

เมื่อคำนวณด้วยโปรแกรม LINDO จะได้ผลดังนี้

```
: MAX 23X1+32X2+18X3
? SUBJECT TO
? 10X1+6X2+2X3<=2500
? 5X1+10X2+5X3<=2000
? X1+2X2+2X3<=500
? X1>=0
? X2>=0
? X3>=0
? END
: LOOK ALL

MAX      23 X1 + 32 X2 + 18 X3
SUBJECT TO
       2)    10 X1 + 6 X2 + 2 X3 <=   2500
       3)    5 X1 + 10 X2 + 5 X3 <=   2000
       4)    X1 + 2 X2 + 2 X3 <=   500
       5)    X1 >=   0
```

```
        6)    X2 >=    0
        7)    X3 >=    0
 END

 : GO
    LP OPTIMUM FOUND  AT STEP      3

         OBJECTIVE FUNCTION VALUE

  1)          8000.00000

 VARIABLE         VALUE          REDUCED COST
        X1      200.000000           .000000
        X2       50.000000           .000000
        X3      100.000000           .000000


    ROW       SLACK OR SURPLUS     DUAL PRICES
        2)           .000000          1.000000
        3)           .000000          2.000000
        4)           .000000          3.000000
        5)        200.000000           .000000
        6)         50.000000           .000000
        7)        100.000000           .000000

 NO. ITERATIONS=         3

  DO RANGE(SENSITIVITY) ANALYSIS?
 ? NO
```

นั่นคือ P มีค่าสูงสุดเท่ากับ 8000 เมื่อ $x_1 = 200$, $x_2 = 50$ และ $x_3 = 100$

2. การเข้าสู่ระบบการทำงานของ LINDO

1. เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์รอจนจอภาพขึ้น A>

2. นำแผ่น diskette ที่มีโปรแกรม LINDO ใส่ใน drive A:

3. พิมพ์ LINDO แล้วกด ENTER รอจนจอภาพขึ้นข้อความ

```
LINDO/PC
Copyright(C) 1983
- by -
Linus Schrage
```

press any key to continue . . .

ต่อไปกด ENTER จอภาพจะปรากฏข้อความดังนี้

```
LINDO/PC (UC   1 JUN 84)

COPYRIGHT(C) 1983 LINUS SCHRAGE
COPYING EXCEPT AS AUTHORIZED IN
LICENSE AGREEMENT IS PROHIBITED

:
```

สัญลักษณ์ : เรียกว่า LINDO PROMPT ซึ่งเป็นสัญลักษณ์แสดงว่า LINDO พร้อมที่จะทำงานต่างๆ ตามที่เราสั่ง เช่น

MAX หาค่าสูงสุด

MIN หาค่าต่ำสุด

GO ทำการคำนวณ

QUIT ออกจากระบบของโปรแกรม LINDO ไปสู่ DOS

ต่อไปทดลองออกจากระบบ LINDO ด้วยคำสั่ง QUIT

: QUIT

จอภาพจะบอกว่า

Stop - Program terminated.

A >

ที่นี้ลองกลับเข้าสู่ระบบ LINDO ใหม่

A >LINDO

จนเข้าสู่ระบบ LINDO และ LINDO PROMPT ขึ้นบนจอภาพ

3. การนำกำหนดการเชิงเส้นเข้าสู่ LINDO

จากปัญหากำหนดการเชิงเส้น

จงหาค่าสูงสุดของ $P = 8x + 10y$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ $2x + y \leqslant 50$

$x + 2y \leqslant 70$

$x \geqslant 0$

$y \geqslant 0$

เราสามารถนำปัญหานี้เข้าสู่การทำงานของโปรแกรม LINDO ด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

1. เริ่มต้นพิมพ์คำสั่งหลังสัญลักษณ์ LINDO PROMPT (:)

2. การหาค่าสูงสุดของฟังก์ชันจุดประสงค์ $P = 8x + 10y$ ให้พิมพ์

:MAX 8X+10Y

หมายเหตุ 8X ในความหมายของสมการคือ 8 คูณ X ในการพิมพ์ให้พิมพ์ 8 กับ X ติดกัน โดยไม่ต้องมีสัญลักษณ์คูณ

แต่ X8 โปรแกรม LINDO จะตีความหมายเป็นตัวแปร X8.

3. หลังจากพิมพ์ MAX 8X+10Y และกด ENTER แล้วจอภาพจะขึ้นเครื่องหมาย ? ให้พิมพ์ SUBJECT TO แล้วกด ENTER

? SUBJECT TO

4. ต่อไปให้พิมพ์เงื่อนไขบังคับทีละเงื่อนไขแล้วกด ENTER

? 2X+Y <= 50

? X+2Y <= 70

? X >= 0

? Y >= 0

5. เมื่อพิมพ์เงื่อนไขบังคับครบแล้ว ให้พิมพ์ END แล้วกด ENTER

? END

การทำงานจากข้อ 1 ถึงข้อ 5 จะได้ผลบนจอภาพดังนี้

```
: MAX 8X+10Y
? SUBJECT TO
? 2X+Y<=50
? X+2Y<=70
? X>=0
? Y>=0
? END
```

ความหมายที่ควรทราบ

MAX เป็นคำสั่งที่บอกให้ LINDO รู้ว่าปัญหาที่จะทำต่อไปนี้ เป็นปัญหากำหนดการเชิงเส้น เพื่อหาค่าสูงสุด

SUBJECT TO เป็นคำสั่งที่บอกให้ LINDO รู้ว่าสิ่งที่จะพิมพ์ต่อไปคือเงื่อนไขบังคับของกำหนดการเชิงเส้น

END เป็นคำสั่งที่บอกให้ LINDO รู้ว่าจบเงื่อนไขบังคับแล้ว

ต่อไป เราสามารถทบทวนและตรวจสอบ ปัญหากำหนดการเชิงเส้นที่มีอยู่ในคอมพิวเตอร์ โดยใช้คำสั่ง LOOK ALL

```
: LOOK ALL
```

ผลบนจอภาพคือ

```
MAX      8 X + 10 Y
SUBJECT TO
       2)    2 X + Y <=    50
       3)    X + 2 Y <=    70
       4)    X >=    0
       5)    Y >=    0
END
```

กำหนดการเชิงเส้นนี้เราสามารถบันทึกไว้ในแผ่น diskette โดยใช้คำสั่ง SAVE

ตัวอย่างเช่น กำหนดการเชิงเส้นนี้เราต้องการบันทึกไว้ด้วยชื่อ LINEARA.LPG

ต้องใช้คำสั่งดังนี้

```
: SAVE LINEARA.LPG
```

ต่อไปทดลองออกจากระบบ LINDO ด้วยคำสั่ง QUIT

```
: QUIT
```

จอภาพจะบอกว่า

```
Stop - Program terminated.

A>
```

แสดงว่าออกจากระบบของการใช้งานโปรแกรม LINDO แล้ว

ที่นี้ลองกลับเข้าสู่ระบบ LINDO ใหม่

```
A>LINDO
```

จนเข้าสู่ระบบ LINDO และ LINDO PROMPT ขึ้นบนจอภาพ

คำสั่งที่จะนำกำหนดการเชิงเส้นที่บันทึกไว้ในแผ่น diskette เข้ามาคือคำสั่ง RETR

แล้วตามด้วยชื่อแฟ้มข้อมูลของกำหนดการเชิงเส้นที่ต้องการ เช่น

```
: RETR LINEARA.LPG
```

ต่อไปลองใช้คำสั่ง LOOK ALL จะได้กำหนดการเชิงเส้นที่เราบันทึกไว้

```
: LOOK ALL

MAX      8 X + 10 Y
SUBJECT TO
        2)    2 X + Y <=    50
        3)    X + 2 Y <=    70
        4)    X >=    0
        5)    Y >=    0
END
```

ต่อไปลองสั่งให้คำนวณโดยใช้คำสั่ง GO

```
: GO
   LP OPTIMUM FOUND  AT STEP      2

        OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)           380.000000

VARIABLE          VALUE          REDUCED COST
       X        10.000000           .000000
       Y        30.000000           .000000


   ROW        SLACK OR SURPLUS      DUAL PRICES
       2)           .000000          2.000000
       3)           .000000          4.000000
       4)         10.000000           .000000
       5)         30.000000           .000000

NO. ITERATIONS=         2

 DO RANGE(SENSITIVITY) ANALYSIS?
?
```

ขณะนี้เราได้ผลลัพธ์แล้วว่าค่าสูงสุดคือ 380 เมื่อ x = 10 , y = 30

บนจอภาพ LINDO กำลังถามเราว่าต้องการวิเคราะห์ความไวหรือไม่ โดยให้ตอบว่า YES หรือ NO

ถ้าเราตอบ NO การคำนวณก็จะหยุดและขึ้นสัญลักษณ์ :

ถ้าเราตอบ YES จะได้ผลต่อดังนี้

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED

OBJ COEFFICIENT RANGES

VARIABLE	CURRENT COEF	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
X	8.000000	12.000000	3.000000
Y	10.000000	6.000000	6.000000

RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	50.000000	90.000000	15.000000
3	70.000000	30.000000	45.000000
4	.000000	10.000000	INFINITY
5	.000000	30.000000	INFINITY

ขณะนี้จะขอข้ามการแปลความหมายส่วนนี้ไปก่อน เก็บไว้อธิบายในหัวข้อหลังๆ

แบบฝึกหัด 3.

จงพิมพ์กำหนดการเชิงเส้นเข้าสู่ LINDO

1. การหาค่าสูงสุดของ $P = 3x + 4y$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$2x + y \leqslant 1200$$
$$x + 4y \leqslant 1250$$
$$x \geqslant 0 \text{ และ } y \geqslant 0$$

เมื่อพิมพ์เสร็จแล้วให้บันทึกลงแผ่น diskette ด้วยคำสั่ง SAVE EXAM31.LIN

2. การหาค่าต่ำสุดของ $P = A + 3B + 4C$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$A + B + C \geqslant 40$$
$$2A + B \geqslant 24$$
$$B + 3C \geqslant 20$$
$$A \geqslant 0,\ B \geqslant 0,\ C \geqslant 0$$

เสร็จแล้วลอง LOOK ALL ดูความถูกต้องของการพิมพ์

ต่อไปบันทึกลงแผ่น diskette ไว้ที่ชื่อ EXAM32.LIN

3. จงหาค่าสูงสุดของ $P = x_1 + 2x_2 + 4x_3 + x_4$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \leqslant 500$$
$$2x_2 + x_3 + x_4 \leqslant 480$$
$$2x_1 + x_2 + x_3 + 4x_4 \leqslant 600$$
$$x_1,\ x_2,\ x_3,\ x_4 \geqslant 0$$

พิมพ์เสร็จแล้วตรวจสอบความถูกต้องด้วยคำสั่ง LOOK ALL

ต่อไปให้บันทึกลงแผ่น diskette ไว้ที่ชื่อ EXAM33.LIN

4. โครงสร้างของกำหนดการเชิงเส้นใน LINDO

จากปัญหากำหนดการเชิงเส้นหาค่าสูงสุดของ $P = 23x_1 + 32x_2$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$\begin{aligned} 10x_1 + 6x_2 &\leqslant 2500 \\ 5x_1 + 10x_2 &\leqslant 2000 \\ x_1 + x_2 &\leqslant 500 \\ x_1 &\geqslant 0 \\ x_2 &\geqslant 0 \end{aligned}$$

เราต้องพิมพ์เข้าสู่ LINDO ดังนี้

```
: MAX 23X1+32X2
? SUBJECT TO
? 10X1+6X2<=2500
? 5X1+10X2<=2000
? X1+X2<=500
? X1>=0
? X2>=0
? END
```

เมื่อใช้คำสั่ง LOOK ALL จะได้ผลดังนี้

```
: LOOK ALL

MAX      23 X1 + 32 X2
SUBJECT TO
       2)    10 X1 + 6 X2 <=   2500
       3)    5 X1 + 10 X2 <=   2000
       4)    X1 + X2 <=   500
       5)    X1 >=   0
       6)    X2 >=   0
END
```

โครงสร้างของกำหนดการเชิงเส้นในปัญหาตัวอย่างนี้จำแนกได้เป็น 6 แถว และ 4 หลัก ดังนี้

หลักที่

		1	2	3	4
		ตัวแปร x_1	ตัวแปร x_2	เครื่องหมาย	ค่าคงตัว
แถวที่ 1	MAX	23	32		
แถวที่ 2		10	6	<=	2500
3		5	10	<=	2000
4		1	1	<=	500
5		1	0	>=	0
6		0	1	>=	0

แถวที่ 1 เก็บสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในฟังก์ชันจุดประสงค์และชนิดของปัญหาว่าเป็น MAX หรือ MIN

แถวที่ 2,3,... ใน LINDO เก็บสัมประสิทธิ์ของตัวแปร x_1,x_2, เครื่องหมาย อสมการ และค่าคงตัวของเงื่อนไขบังคับ

5. การแก้ไขกำหนดการเชิงเส้น

เราสามารถเปลี่ยนแปลงและแก้ไขกำหนดการเชิงเส้นใน LINDO เช่น

1. เปลี่ยนสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในฟังก์ชันจุดประสงค์และเงื่อนไขบังคับ
2. เปลี่ยนสัญลักษณ์ของอสมการ เช่น >=, <=, =, >
3. เปลี่ยนค่าคงตัวทางด้านขวามือ
4. เปลี่ยนทิศทางของปัญหาจาก MAX เป็น MIN หรือ MIN เป็น MAX
5. เพิ่มเงื่อนไขบังคับ
6. ลดเงื่อนไขบังคับ
7. เพิ่มตัวแปรใหม่ในกำหนดการเชิงเส้นเดิม
8. กำหนดขอบเขตบนของตัวแปร

ขอให้ศึกษาตามตัวอย่างต่อไปนี้ จากปัญหาเดิมคือ

```
MAX        23 X1 + 32 X2
SUBJECT TO
        2)    10 X1 + 6 X2 <=   2500
        3)    5 X1 + 10 X2 <=   2000
        4)    X1 + X2 <=  500
        5)    X1 >=   0
        6)    X2 >=   0
END
```

เราต้องการเปลี่ยนสัมประสิทธิ์ x_1 ในฟังก์ชันจุดประสงค์ จาก 23 เป็น 11 ทำได้ดังนี้

```
: ALT 1
```

เพื่อบอก LINDO ว่าต้องการเปลี่ยนแปลงแถวที่ 1 ซึ่งหมายถึงฟังก์ชันจุดประสงค์

จอภาพจะขึ้นคำถามว่า ตัวแปรอะไรที่ต้องการเปลี่ยนสัมประสิทธิ์

```
VAR:
```

ให้พิมพ์ X1 แล้วกด ENTER ต่อไป LINDO จะถามว่าค่าใหม่ของสัมประสิทธิ์ตัวแปร X1 มีค่าเท่าใด

NEW COEFFICIENT:

? ให้พิมพ์ 11 แล้วกด ENTER

ลอง LOOK ALL ดูใหม่

```
: LOOK ALL

MAX     11 X1 + 32 X2
SUBJECT TO
       2)    10 X1 + 6 X2 <=   2500
       3)    5 X1 + 10 X2 <=   2000
       4)    X1 + X2 <=   500
       5)    X1 >=   0
       6)    X2 >=   0
END
```

ต่อไปเป็นตัวอย่างการเปลี่ยนสัมประสิทธิ์ x_1 เป็น 10

```
: ALT 1
VAR:
X1
NEW COEFFICIENT:
? 10
:
:
: LOOK ALL

MAX     10 X1 + 32 X2
SUBJECT TO
       2)    10 X1 + 6 X2 <=   2500
       3)    5 X1 + 10 X2 <=   2000
       4)    X1 + X2 <=   500
       5)    X1 >=   0
       6)    X2 >=   0
END
```

จากปัญหาขณะนี้ เราต้องการเปลี่ยนเงื่อนไขบังคับ

จาก $10x_1 + 6x_2 \leqslant 2500$

เป็น $10x_1 + 6x_2 = 2500$

นั่นคือการเปลี่ยนจาก < เป็น = ในบรรทัดที่ 2 ของกำหนดการเชิงเส้น

ต่อไปใช้คำสั่ง ALT

```
: ALT
```

ขอให้สังเกตว่าขณะนี้เราพิมพ์ ALT โดยไม่ระบุเลขบรรทัด ดังนั้น LINDO จึงถามว่า

จะแก้ไขบรรทัดใด

```
ROW:
```

ดังนั้นเราจึงต้องตอบ 2 แล้วกด ENTER

ต่อไป LINDO จะถามว่าจะแก้ไขตัวแปรที่เท่าไร แต่ในที่นี้เราต้องการเปลี่ยน $\leqslant$ เป็น =

นั่นคือเปลี่ยนทิศทางของอสมการ จึงต้องพิมพ์ DIR แล้วกด ENTER

```
VAR:

DIR
```

ต่อไป LINDO จะถามว่า ทิศทางใหม่ของเงื่อนไขบังคับคืออะไร ให้ตอบ = แล้วกด ENTER

```
NEW DIRECTION:
? =
```

ต่อไปใช้ LOOK ALL ดูผล

```
: LOOK ALL

MAX      10 X1 + 32 X2
SUBJECT TO
       2)    10 X1 + 6 X2 =     2500
       3)    5 X1 + 10 X2 <=    2000
       4)    X1 + X2 <=    500
       5)    X1 >=    0
       6)    X2 >=    0
END
```

สำหรับการเปลี่ยนเงื่อนไขบังคับ

จาก $5x_1 + 10x_2 \leqslant 2000$

เป็น $5x_1 + 10x_2 \leqslant 2500$

เป็นการเปลี่ยนแปลงในบรรทัดที่ 3 จึงต้องสั่ง LINDO ดังนี้

: ALT

บนจอภาพจะถามว่าแถวที่เท่าไร

ROW:

ให้ตอบ 3 แล้วกด ENTER

บนจอภาพจะถามว่าตัวแปรชื่ออะไร

VAR:

เนื่องจากเป็นการเปลี่ยนค่าคงตัวทางขวามือเราต้องตอบว่า RHS แล้วกด ENTER

ต่อไปบนจอภาพจะมีคำถามว่าค่าคงตัวใหม่เท่ากับเท่าใด ให้ตอบ 2500 แล้วกด ENTER

```
NEW COEFFICIENT:
? 2500
```

LOOK ALL ดูผลลัพธ์อีกที

```
: LOOK ALL

MAX      10 X1 + 32 X2
SUBJECT TO
       2)    10 X1 + 6 X2 =     2500
       3)    5 X1 + 10 X2 <=    2500
       4)    X1 + X2 <=    500
       5)    X1 >=    0
       6)    X2 >=    0

END
```

ต่อไปเป็นการเปลี่ยนเงื่อนไขบังคับ

จาก $5x_1 + 10x_2 \leqslant 2500$

เป็นอย่างเก่า $5x_1 + 10x_2 \leqslant 2000$

```
: ALT
ROW:
3
```

```
VAR:
RHS
NEW COEFFICIENT:
? 2000

: LOOK ALL

MAX     10 X1 + 32 X2
SUBJECT TO
       2)    10 X1 + 6 X2 =    2500
       3)    5 X1 + 10 X2 <=   2000
       4)    X1 + X2 <=   500
       5)    X1 >=   0
       6)    X2 >=   0
END
```

ต่อไป เป็นการ เปลี่ยนปัญหาจากหาค่าสูงสุดเป็นการหาค่าต่ำสุด ซึ่งเป็นการ เปลี่ยนแปลงที่บรรทัด

ที่ 1 ดังนั้นเราใช้

```
: ALT 1
```

บนจอภาพจะถามว่าแก้ไขตัวแปรอะไร

```
VAR:
```

ให้ตอบ DIR แล้วกด ENTER

คอมพิวเตอร์จะขึ้นคำถามว่า

```
NEW DIRECTION:

?
```

ให้ตอบว่า MIN แล้วกด ENTER

ต่อไป LOOK ALL ดูผล

```
: LOOK ALL

MIN     10 X1 + 32 X2
SUBJECT TO
       2)    10 X1 + 6 X2 =    2500
       3)    5 X1 + 10 X2 <=   2000
       4)    X1 + X2 <=   500
       5)    X1 >=   0
       6)    X2 >=   0
END
```

ต่อไปขอให้เปลี่ยน MIN กลับเป็น MAX ตามเดิม

```
: ALT 1
VAR:
DIR
NEW DIRECTION:
? MAX


: LOOK ALL

MAX      10 X1 + 32 X2
SUBJECT TO
        2)    10 X1 + 6 X2 =     2500
        3)    5 X1 + 10 X2 <=    2000
        4)    X1 + X2 <=    500
        5)    X1 >=    0
        6)    X2 >=    0
END
```

ต่อไปเรามีความต้องการเพิ่มเงื่อนไขบังคับอีก 2 เงื่อนไขคือ

$$2x_1 + 5x_2 \leqslant 1500$$

$$4x_1 + 7x_2 \leqslant 1200$$

การเพิ่มเงื่อนไขบังคับ ต้องใช้คำสั่ง EXT ดังนี้

```
: EXT
```

เนื่องจากกำหนดการเชิงเส้นเดิม LINDO ถือว่ามีบรรทัดทั้งหมด 6 บรรทัด

จึงมีคำบรรยายออกมาที่จอภาพเพื่อบอกว่า

```
BEGIN EXTEND WITH ROW    7
```

ให้พิมพ์เงื่อนไขไปได้เลย และเมื่อหมดเงื่อนไขแล้วให้พิมพ์ END แล้วกด ENTER

```
? 2X1+5X2<=1500
? 4X1+7X2<=1200
? END
```

ต่อไป LOOK ALL ดูกัน

```
: LOOK ALL

MAX      10 X1 + 32 X2
SUBJECT TO
       2)    10 X1 + 6 X2 =    2500
       3)    5 X1 + 10 X2 <=   2000
       4)    X1 + X2 <=   500
       5)    X1 >=   0
       6)    X2 >=   0
       7)    2 X1 + 5 X2 <=   1500
       8)    4 X1 + 7 X2 <=   1200
END
```

การลบเงื่อนไขบังคับออกจากกำหนดการเชิงเส้นใน LINDO ใช้คำสั่ง DEL เช่น

เราต้องการลบเงื่อนไข $10x_1 + 6x_2 = 2500$ ออกให้ทำดังนี้

```
: DEL
```

บนจอภาพจะถามว่า ROW ที่เท่าไร ให้ตอบ 2 แล้วกด ENTER

LOOK ALL ดูผลที่เหลือ

```
: LOOK ALL

MAX      10 X1 + 32 X2
SUBJECT TO
       2)    5 X1 + 10 X2 <=   2000
       3)    X1 + X2 <=   500
       4)    X1 >=   0
       5)    X2 >=   0
       6)    2 X1 + 5 X2 <=   1500
       7)    4 X1 + 7 X2 <=   1200
END
```

ในขณะนี้ขอให้สังเกตว่า หมายเลข ROW เปลี่ยนแปลงแล้ว

ต่อไปเราต้องการลบเงื่อนไข $4x_1 + 7x_2 \leqslant 1200$ ทิ้ง

ซึ่งเป็นบรรทัดที่ 7 เราสามารถ DEL 7 แล้วกด ENTER

บรรทัดที่ 7 ในปัญหาก็จะถูกลบทิ้งไป

```
: DEL 7
```

```
: LOOK ALL

MAX      10 X1 + 32 X2
SUBJECT TO
        2)    5 X1 + 10 X2 <=   2000
        3)    X1 + X2 <=   500
        4)    X1 >=    0
        5)    X2 >=    0
        6)    2 X1 + 5 X2 <=   1500
END
```

ต่อไปเป็นการลบบรรทัด 6 ทิ้ง

```
: DEL 6
: LOOK ALL

MAX      10 X1 + 32 X2
SUBJECT TO
        2)    5 X1 + 10 X2 <=   2000
        3)    X1 + X2 <=   500
        4)    X1 >=    0
        5)    X2 >=    0
END
```

ลองคำนวณดูผลเฉลยบ้าง

```
: GO
    LP OPTIMUM FOUND  AT STEP      1

          OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)          6400.00000

VARIABLE          VALUE          REDUCED COST
       X1          .000000          6.000000
       X2       200.000000           .000000


   ROW       SLACK OR SURPLUS     DUAL PRICES
       2)          .000000          3.200000
       3)       300.000000           .000000
       4)          .000000           .000000
       5)       200.000000           .000000

NO. ITERATIONS=        1

 DO RANGE(SENSITIVITY) ANALYSIS?
? NO
```

ในโปรแกรม LINDO เราสามารถใช้เงื่อนไขบังคับในการกำหนดขอบเขตบนและขอบเขตล่างของตัวแปร เช่น

$$x_2 <= 100$$

$$x_2 >= 20$$

LINDO ยังมีคำสั่งที่ใช้กำหนดขอบเขตบนของตัวแปรได้ คำสั่งนั้นคือ SUB

ในที่นี้เราต้องการกำหนดขอบเขตบนของ x_2 เป็น 150

```
: SUB
```

จอภาพจะถามว่าตัวแปรอะไร

```
VARIABLE:
```

ให้ตอบว่า X2 แล้วกด ENTER

บนจอภาพจะถามว่าค่าขอบเขตบนของ X2 คืออะไร

```
UB=
```

ให้ตอบว่า 150 แล้วกด ENTER

การทำงานอย่างต่อเนื่องบนจอภาพเป็นดังนี้

```
: SUB
VARIABLE:
X2
UB=
150
```

LOOK ALL ดูอีก

```
: LOOK ALL

MAX      10 X1 + 32 X2
SUBJECT TO
       2)   5 X1 + 10 X2 <=   2000
       3)   X1 + X2 <=   500
       4)   X1 >=   0
       5)   X2 >=   0
END
SUB        X2        150.00
```

หลังจากกำหนดขอบเขตบนของ x_2 แล้วลองคำนวณดูผลใหม่

```
: GO
    LP OPTIMUM FOUND  AT STEP      1

          OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)          5800.00000

VARIABLE         VALUE          REDUCED COST
      X1        100.000000          .000000
      X2        150.000000       -12.000000


   ROW       SLACK OR SURPLUS     DUAL PRICES
       2)          .000000          2.000000
       3)       250.000000           .000000
       4)       100.000000           .000000
       5)       150.000000           .000000

NO. ITERATIONS=        1

 DO RANGE(SENSITIVITY) ANALYSIS?
? NO
```

ขอให้สังเกตดูจะพบว่า ค่าสูงสุดเปลี่ยนเป็น 5800 เมื่อ x_1 = 100 และ x_2 = 150

การเพิ่มตัวแปรตัวใหม่เข้าสู่กำหนดการเชิงเส้นเดิมใช้คำสั่ง APPC

จากปัญหาขณะนี้ ให้ LOOK ALL ขึ้นมาดูก่อน

```
: LOOK ALL

MAX      10 X1 + 32 X2
SUBJECT TO
       2)    5 X1 + 10 X2 <=   2000
       3)    X1 + X2 <=   500
       4)    X1 >=    0
       5)    X2 >=    0
END
SUB        X2       150.00
```

เราต้องการเพิ่มตัวแปร x_3 ในกำหนดการเชิงเส้นเพื่อให้เป็น

การหาค่าสูงสุดของ $10x_1 + 32x_2 + 20x_3$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับที่มีตัวแปร x_3 ด้วยดังนี้

$$\begin{aligned} 5x_1 + 10x_2 + 8x_3 &\leqslant 2000 \\ x_1 + x_2 + 2x_3 &\leqslant 500 \\ x_1 &\geqslant 0 \\ x_2 &\geqslant 0 \end{aligned}$$

ขั้นตอนในการเพิ่มเติมมีดังนี้

: APPC

เป็นการบอก LINDO ให้รู้ว่าจะมีการเพิ่มตัวแปรซึ่งหลังจาก ENTER แล้ว

บนจอภาพจะถามว่า ตัวแปรที่เพิ่มชื่ออะไร

NAME=

ให้ตอบว่า X3 แล้วกด ENTER ซึ่งหลังจาก ENTER แล้วบนจอภาพจะมี ? เพื่อถามว่า

ในบรรทัดใดของกำหนดการเชิงเส้นเดิมจะมีการเพิ่มพจน์ของ x_3

เพราะว่ามี $20x_3$ อยู่ในบรรทัดที่ ๑

เพราะฉะนั้นให้ตอบ 1 แล้วกด ENTER

หลังจากกด ENTER แล้ว จอภาพจะถามว่าสัมประสิทธิ์ของ x_3 เท่าไร

ให้ตอบ 20 แล้วกด ENTER บนจอภาพก็จะมี ? อีก

เพราะว่ามี $8x_3$ อยู่ในบรรทัดที่ ๒

เพราะฉะนั้นให้ตอบ 2 แล้วกด ENTER

ต่อไปให้พิมพ์ 8 แล้วกด ENTER

สำหรับ $2x_3$ ในบรรทัดที่ 3 ก็ทำในแบบเดียวกัน

เมื่อหมดการเพิ่มพจน์ของ x_3 แล้วให้พิมพ์ END

ผลที่เราพิมพ์บนจอภาพเป็นดังนี้

```
: APPC
NAME=
X3
? 1
COEF
20
? 2
COEF
8
? 3
COEF
2
? END

: LOOK ALL

MAX     10 X1 + 32 X2 + 20 X3
SUBJECT TO
       2)   5 X1 + 10 X2 + 8 X3 <=   2000
       3)   X1 + X2 + 2 X3 <=   500
       4)   X1 >=   0
       5)   X2 >=   0
END
SUB       X2      150.00
```

แบบฝึกหัด 5.

1. จงหาค่าสูงสุดของ $P = 4x + 5y$

   ภายใต้เงื่อนไขบังคับ $x + 2y \leqslant 15$

   $2x + 3y \leqslant 20$

   $x \geqslant 0,\ y \geqslant 0$

   1.1 พิมพ์ปัญหาเข้าสู่ LINDO

   1.2 แสดงกำหนดการเชิงเส้นด้วยคำสั่ง LOOK ALL

   1.3 หาผลเฉลยด้วยการใช้คำสั่ง GO

   1.4 แก้ไขฟังก์ชันจุดประสงค์เป็น $P = 14x + 25y$

   1.5 สั่ง LOOK ALL เพื่อดูการเปลี่ยนแปลง

   1.6 ให้ LINDO คำนวณผลเฉลยด้วยคำสั่ง GO

   1.7 แก้ไขเงื่อนไขบังคับที่ (1)

   จาก $x + 2y \leqslant 15$

   เป็น $4x + 7y \leqslant 150$

   แก้ไขเงื่อนไขบังคับที่ (2)

   จาก $2x + 3y \leqslant 20$

   เป็น $12x + 25y \leqslant 240$

   1.8 สั่งแสดงผลด้วยคำสั่ง LOOK ALL

   1.9 คำนวณผลเฉลยใหม่ด้วย GO

   1.10 เพิ่มเงื่อนไขบังคับอีก 1 เงื่อนไขคือ

   $14x + 10y \leqslant 255$

   1.11 สั่งแสดงผลด้วยคำสั่ง LOOK ALL

   1.12 สั่งคำนวณผลเฉลยด้วยคำสั่ง GO

2. จงหาค่าสูงสุดของ $P = x_1 + x_2 + 4x_3$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$x_1 + 4x_2 + x_3 \leqslant 12$$
$$2x_1 + x_2 + 5x_3 \leqslant 15$$
$$x_1 + 5x_2 + 6x_3 \leqslant 21$$
$$x_1, x_2, x_3 \geqslant 0$$

2.1 พิมพ์ปัญหากำหนดการเชิงเส้นเข้า LINDO

2.2 แสดงผลด้วยคำสั่ง LOOK ALL

2.3 คำนวณผลเฉลยด้วยคำสั่ง GO

2.4 เปลี่ยนปัญหากำหนดการเชิงเส้นเป็น

การหาค่าต่ำสุดของ $P = x_1 + x_2 + 4x_2$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$x_1 + 4x_2 + x_3 \geqslant 12$$
$$2x_1 + x_2 + 5x_3 \geqslant 15$$
$$x_1 + 5x_2 + 6x_3 \geqslant 21$$

2.5 แสดงผลด้วยคำสั่ง LINDO

2.6 คำนวณผลเฉลยด้วยคำสั่ง GO

2.7 เปลี่ยนฟังก์ชันจุดประสงค์เป็น $P = 5x_1 + 4x_2 + 3x_3$

2.8 แสดงผลด้วยคำสั่ง LOOK ALL

2.9 คำนวณผลเฉลยอีกทีด้วยคำสั่ง GO

2.10 เพิ่มเงื่อนไขบังคับ

$$4x_1 + x_2 + x_3 \geqslant 40$$

2.11 คำนวณผลเฉลยใหม่ด้วยคำสั่ง GO

3. จงหาค่าสูงสุดของ $P = 4x + 5y$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$2x + 3y \leqslant 100$$

$$x + 4y \leqslant 210$$

$$x \geqslant 0,\ y \geqslant 0$$

3.1 จงพิมพ์กำหนดการเชิงเส้นเข้าสู่ LINDO

3.2 แสดงผลด้วยคำสั่ง LOOK ALL

3.3 สั่งคำนวณด้วยคำสั่ง GO

3.4 ทำการเพิ่มตัวแปรเพื่อเปลี่ยนกำหนดการเชิงเส้นเป็น

จงหาค่าสูงสุดของ $P = 4x + 5y + 6z$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$2x + 3y + 4z \leqslant 100$$

$$x + 4y + z \leqslant 210$$

3.5 แสดงผลด้วย LOOK ALL

3.6 คำนวณผลเฉลยด้วยคำสั่ง GO

3.7 กำหนดขอบเขตบนของ x, y และ z เป็น 2, 4, 5 ตามลำดับ

3.8 แสดงผลด้วยคำสั่ง LOOK ALL

3.9 คำนวณผลเฉลยด้วยคำสั่ง GO

3.10 ลบเงื่อนไข $x + 4y + z \leqslant 210$ ทิ้ง

3.11 เพิ่มเงื่อนไขอีก 2 เงื่อนไขคือ

$$3x + 4y + 5z \leqslant 200$$

$$5x + y + 2z \leqslant 150$$

3.12 คำนวณผลเฉลยใหม่ด้วยคำสั่ง GO

4. จงหาค่าต่ำสุดของ $P = 4x_1 + x_2 + 4x_3 + 3x_4$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$\begin{aligned} x_1 + x_2 + x_3 + x_4 &\geqslant 1200 \\ x_1 + x_2 + 4x_4 &\geqslant 2400 \\ x_2 + 4x_3 + x_4 &\geqslant 1500 \\ x_1 + 4x_2 + x_3 &\geqslant 1750 \\ x_1, x_2, x_3, x_4 &\geqslant 0 \end{aligned}$$

4.1 พิมพ์กำหนดการเชิงเส้นเข้าสู่ LINDO

4.2 ตรวจสอบความถูกต้องด้วยคำสั่ง LOOK ALL

4.3 สั่งคำนวณด้วยคำสั่ง GO

4.4 เปลี่ยนฟังก์ชันจุดประสงค์เป็น

$P = x_1 + 4x_2 + 4x_3 + x_4$

4.5 คำนวณหาผลเฉลยใหม่ด้วยคำสั่ง GO

4.6 ลบเงื่อนไข $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \geqslant 1200$

4.7 เพิ่มเงื่อนไข $2x_1 + x_2 + x_3 + 4x_4 \geqslant 2300$

4.8 คำนวณผลเฉลยใหม่ด้วยคำสั่ง GO

6. การคำนวณผลเฉลยของกำหนดการเชิงเส้น

เมื่อเราพิมพ์ปัญหากำหนดการเชิงเส้นเข้าสู่ LINDO แล้วในขั้นตอนการคำนวณหาผลเฉลยนั้น LINDO มีทางเลือกให้เรา 2 แบบ

1. ใช้คำสั่ง GO ครั้งเดียวได้ผลลัพธ์เป็นคำตอบที่ต้องการ
2. ใช้คำสั่ง PIV ซึ่งคำสั่งนี้ LINDO จะทำการคำนวณทีละขั้นตอนแล้วแสดงผลออกมาให้เราดู เมื่อต้องการดูขั้นตอนต่อไปก็ต้องใช้คำสั่ง PIV อีก ทำแบบนี้เรื่อยๆ จนได้ผลลัพธ์สุดท้าย

ตัวอย่างเช่น

```
: MAX 5X1+6X2
? SUBJECT TO
? 4X1+7X2<=56
? 14X1+8X2<=130
? X1>=0
? X2>=0
? END
: LOOK ALL
MAX      5 X1 + 6 X2
SUBJECT TO
       2)     4 X1 + 7 X2 <=    56
       3)     14 X1 + 8 X2 <=    130
       4)     X1 >=    0
       5)     X2 >=    0
END
: GO
  LP OPTIMUM FOUND  AT STEP       2

        OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)          59.0000000
```

```
VARIABLE          VALUE          REDUCED COST
      X1          7.000000           .000000
      X2          4.000000           .000000

   ROW      SLACK OR SURPLUS      DUAL PRICES
      2)          .000000            .666667
      3)          .000000            .166667
      4)         7.000000            .000000
      5)         4.000000            .000000

NO. ITERATIONS=        2

 DO RANGE(SENSITIVITY) ANALYSIS?
```

ขณะนี้ LINDO ถามเราว่าจะทำการวิเคราะห์ความไวต่ออีกหรือไม่   ในที่นี้ลองตอบ YES ก่อน จะได้เห็นผลลัพธ์กันว่าได้อะไรเพิ่มขึ้น

```
? YES

   RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED

                          OBJ COEFFICIENT RANGES
VARIABLE         CURRENT        ALLOWABLE          ALLOWABLE
                  COEF          INCREASE           DECREASE
     X1          5.000000        5.500000           1.571428
     X2          6.000000        2.749999           3.142857

                          RIGHTHAND SIDE RANGES
   ROW           CURRENT        ALLOWABLE          ALLOWABLE
                   RHS          INCREASE           DECREASE
     2          56.000000       57.750000          18.857140
     3         130.000000       66.000000          66.000000
     4            .000000        7.000000          INFINITY
     5            .000000        4.000000          INFINITY
```

ในขณะนี้ขอข้ามการแปลผลของการวิเคราะห์ความไวไปก่อน   เพราะว่าเราต้องการเน้นข้อแตกต่างระหว่าง GO กับ PIV

ตัวอย่างการใช้งานของคำสั่ง PIV จากปัญหาเดียวกัน

หมายเหตุ การใช้คำสั่ง PIV ไม่ควรใช้หลังจากคำสั่ง GO เพราะว่าจะทำให้เราไม่เห็นการคำนวณเป็นขั้นตอน เนื่องจากมีการเปลี่ยนค่าต่างๆ ของตัวแปรอันเป็นผลเนื่องมาจากคำสั่ง GO ดังนั้นเพื่อให้เห็นข้อแตกต่างอย่างชัดเจนระหว่างคำสั่ง GO กับ PIV เราจึงควรที่จะทำดังนี้

1. พิมพ์กำหนดการเชิงเส้นเข้าไปใหม่

หรือ 2. บันทึกกำหนดการเชิงเส้นที่มีอยู่นี้ลงแผ่น diskette ก่อนด้วยคำสั่ง SAVE เช่น

SAVE X1.LIN

แล้ว RETR X1.LIN ขึ้นมาใหม่

ก่อนอื่นลอง LOOK ALL ดูก่อน

```
: LOOK ALL

MAX      5 X1 + 6 X2
SUBJECT TO
        2)    4 X1 + 7 X2 <=    56
        3)   14 X1 + 8 X2 <=   130
        4)    X1 >=    0
        5)    X2 >=    0
END
```

เมื่อเรามีกำหนดการเชิงเส้นที่เพิ่งเข้ามาสู่ LINDO ใหม่ๆ เราสามารถทำการคำนวณทีละขั้นตอนด้วยคำสั่ง PIV ดังนี้

```
: PIV
   X2 ENTERS AT VALUE   8.0000  IN ROW 2 OBJ. VALUE=  48.000
```

ความหมายของผลที่ได้บรรทัดนี้ เกี่ยวข้องกับการหาผลเฉลยโดยวิธีซิมเพลกซ์ที่จะกล่าวต่อไป ขณะนี้ขอให้ดูแค่ผลการคำนวณก่อน ต่อไปเราสั่ง PIV ทีละครั้ง จะได้ผลดังนี้

```
: PIV
  X1 ENTERS AT VALUE   7.0000  IN ROW 3 OBJ. VALUE=  59.000

: PIV
   LP OPTIMUM FOUND  AT STEP     2
        OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)        59.0000000

VARIABLE        VALUE          REDUCED COST
      X1        7.000000          .000000
      X2        4.000000          .000000

   ROW     SLACK OR SURPLUS     DUAL PRICES
      2)         .000000          .666667
      3)         .000000          .166667
      4)        7.000000          .000000
      5)        4.000000          .000000

NO. ITERATIONS=       2

 DO RANGE(SENSITIVITY) ANALYSIS?
? YES

  RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED

                           OBJ COEFFICIENT RANGES
VARIABLE         CURRENT       ALLOWABLE       ALLOWABLE
                  COEF         INCREASE        DECREASE
      X1        5.000000        5.500000        1.571428
      X2        6.000000        2.749999        3.142857

                           RIGHTHAND SIDE RANGES
   ROW           CURRENT       ALLOWABLE       ALLOWABLE
                   RHS         INCREASE        DECREASE
      2        56.000000       57.750000       18.857140
      3       130.000000       66.000000       66.000000
      4          .000000        7.000000        INFINITY
      5          .000000        4.000000        INFINITY
```

ขณะนี้จะเห็นได้ว่า GO และ PIV จะได้ผลลัพธ์สุดท้าย เหมือนกัน

เพื่อประโยชน์ในการใช้งานโปรแกรม LINDO อย่างมีประสิทธิภาพ เราจำเป็นต้อง เข้าใจความหมายของผลลัพธ์จาก PIV กับหลักการหาผลเฉลยโดยวิธีซิมเพลกซ์ ซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อต่อไป

แบบฝึกหัด 6.

1. จงหาค่าสูงสุดของ $P = 2x + y + 3z$

   ภายใต้เงื่อนไขบังคับ $x + y + z \leqslant 10$

   $2y + z \leqslant 12$

   $x \geqslant 0,\ y \geqslant 0,\ z \geqslant 0$

2. จงหาค่าสูงสุดของ $P = x + 2y$

   ภายใต้เงื่อนไขบังคับ $2x + 3y \leqslant 12$

   $5x + 2y \leqslant 15$

   $x \geqslant 0,\ y \geqslant 0$

3. จงหาค่าสูงสุดของ $P = 3x + 5y$

   ภายใต้เงื่อนไขบังคับ $2x + 6y \leqslant 60$

   $5x + 3y \leqslant 60$

   $3x + 3y \leqslant 42$

   $x \geqslant 0,\ y \geqslant 0$

4. จงหาค่าต่ำสุดของ $P = 4x + 5y$

   ภายใต้เงื่อนไขบังคับ $2x + 5y \geqslant 10$

   $3x + y \geqslant 6$

   $x \geqslant 0,\ y \geqslant 0$

5. จงหาค่าสูงสุดของ $P = 5x + 8y + 6z$

   ภายใต้เงื่อนไขบังคับ $4x + 8y + z \leqslant 16$

   $4x + 5y + 4z \leqslant 20$

   $14x + 5y + 10z \leqslant 70$

   $x \geqslant 0,\ y \geqslant 0,\ z \geqslant 0$

6. จงหาค่าต่ำสุดของ $P = 2x_1 + 3x_2$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ $x_1 + x_2 \geqslant 5$

$7x_1 + x_2 \geqslant 21$

$x_1 \geqslant 0,\ x_2 \geqslant 0$

7. จงหาค่าสูงสุดของ $P = 6x_1 - 2x_2 + 3x_3$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ $2x_1 - x_2 + 2x_3 \leqslant 2$

$x_1 + 4x_3 \leqslant 4$

$x_1 \geqslant 0,\ x_2 \geqslant 0,\ x_3 \geqslant 0$

8. จงหาค่าสูงสุดของ $P = 2x_1 + x_2 + 2x_3$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ $4x_1 + 3x_2 + 8x_3 \leqslant 12$

$4x_1 + x_2 + 12x_3 \leqslant 8$

$4x_1 - x_2 + 3x_3 \leqslant 8$

$x_1,\ x_2,\ x_3 \geqslant 0$

9. จงหาค่าต่ำสุดของ $P = 2x_1 + x_2$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ $3x_1 + x_2 = 3$

$4x_1 + 3x_2 \geqslant 6$

$x_1 + 2x_2 \leqslant 3$

$x_1,\ x_2 \geqslant 0$

10. จงหาค่าต่ำสุดของ $P = 4x_1 + 2x_2 + 6x_3$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ $4x_1 - x_2 \leqslant 9$

$-x_1 + x_2 + 2x_3 \leqslant 8$

$-3x_1 + x_2 + 4x_3 \leqslant 12$

$x_1,\ x_2,\ x_3 \geqslant 0$

11. จงหาค่าสูงสุดของ $P = x_1 + 3x_2 + 5x_3 + 2x_4$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$
\begin{aligned}
2x_1 + x_2 &\leqslant 9 \\
5x_1 + 3x_2 + 4x_3 &\geqslant 10 \\
x_1 + 4x_2 &\leqslant 8 \\
x_3 - 5x_4 &\leqslant 4 \\
x_3 + x_4 &\leqslant 10 \\
x_1, x_2, x_3, x_4 &\geqslant 0
\end{aligned}
$$

12. จงหาค่าต่ำสุดของ $P = 5x_1 + 3x_2 + 8x_3 - 5x_4$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$
\begin{aligned}
x_1 + x_2 + x_3 + x_4 &\geqslant 25 \\
5x_1 + x_2 &\leqslant 20 \\
5x_1 - x_2 &\geqslant 5 \\
x_3 + x_4 &= 20 \\
x_1, x_2, x_3, x_4 &\geqslant 0
\end{aligned}
$$

13. จงหาค่าสูงสุดของ $P = 6x_1 + 7x_2 + 3x_3 + 5x_4 + x_5 + x_6$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$
\begin{aligned}
x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 &\leqslant 50 \\
x_1 + x_2 &\leqslant 10 \\
x_2 &\leqslant 8 \\
5x_3 + x_4 &\leqslant 12 \\
x_5 + x_6 &\geqslant 5 \\
x_5 + 5x_6 &\leqslant 50 \\
x_1, x_2, \ldots, x_6 &\geqslant 0
\end{aligned}
$$

14. จงหาค่าต่ำสุดของ $P = 10y_1 + 2y_2 + 4y_3 + 8y_4 + y_5$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$
\begin{aligned}
y_1 + 4y_2 - y_3 &\geq 8 \\
2y_1 + y_2 + y_3 &\geq 2 \\
3y_1 + y_4 + y_5 &\geq 4 \\
y_1 + 2y_4 - y_5 &\geq 10 \\
y_1, y_2, y_3, y_4, y_5 &\geq 0
\end{aligned}
$$

15. จงหาค่าต่ำสุดของ $P = 6y_1 + 7y_2 + 3y_2 + 5y_4$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$
\begin{aligned}
5y_1 + 6y_2 - 3y_3 + 4y_4 &\geq 12 \\
y_2 - 5y_3 - 6y_4 &\geq 10 \\
2y_1 + 5y_2 + y_3 + y_4 &\geq 8 \\
y_1, y_2, y_3, y_4 &\geq 0
\end{aligned}
$$

16. จงหาค่าต่ำสุดของ $P = a + 2b + 3c + 4d + 5e$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$
\begin{aligned}
a + b + c &\geq 100 \\
b + c + d &\geq 200 \\
a + c + e &\geq 150 \\
a + b + e &\geq 300 \\
a + b + c + d &\geq 400 \\
a, b, c, d, e &\geq 0
\end{aligned}
$$

7. การหาผลเฉลยโดยวิธีซิมเพลกซ์

การหาผลเฉลยโดยวิธีซิมเพลกซ์เราควรจัดรูปแบบให้อยู่ในรูปกำหนดการเชิงเส้น ซึ่งมีลักษณะเป็น

(1) ฟังก์ชันจุดประสงค์เป็นการหาค่าสูงสุด

(2) ตัวแปรทุกตัวต้องมากกว่าหรือเท่ากับศูนย์

(3) เงื่อนไขบังคับทุกตัวต้องอยู่ในรูปน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าคงตัวซึ่งมีค่าไม่เป็นลบ

กำหนดการเชิงเส้น การหาค่าสูงสุด $P = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$
\begin{aligned}
a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n &\leqslant b_1 \\
a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n &\leqslant b_2 \\
&\vdots \\
a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n &\leqslant b_m
\end{aligned}
$$

$b_i \geqslant 0$ ทุกค่า $i = 1,2,\dots,m$

ตัวแปร $S_1,S_2,\dots,S_m$ ที่มีค่าไม่เป็นศูนย์ ที่เราเพิ่มเข้าไปในเงื่อนไขบังคับเพื่อทำให้

$$
\begin{aligned}
a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n + S_1 &= b_1 \\
a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n + S_2 &= b_2 \\
&\vdots \\
a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n + S_m &= b_m
\end{aligned}
$$

เราเรียกตัวแปร S_i , $i = 1,2,\dots,m$ ว่า<u>ตัวแปรแสลค</u> (slack variable)

ตัวอย่างที่ 7.1 จงหาค่าสูงสุดของ $P = 45x_1 + 50x_2$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$2x_1 + x_2 \leqslant 800$$
$$2x_1 + 3x_2 \leqslant 1500$$
$$x_1 \geqslant 0 , x_2 \geqslant 0$$

วิธีทำ โดยการเพิ่มตัวแปรแสลค S_1, S_2 จะได้ว่า

$$-45x_1 - 50x_2 + P = 0$$
$$2x_1 + x_2 + S_1 = 800$$
$$2x_1 + 3x_2 + S_2 = 1500$$
$$x_1 \geqslant 0,\ x_2 \geqslant 0,\ S_1 \geqslant 0 \text{ และ } S_2 \geqslant 0$$

ตัวอย่างที่ 7.2 จงหาค่าสูงสุดของ $P = 3x_1 + 9x_2 + 12x_3 - 5x_4$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$x_1 + x_2 \leqslant 40$$
$$x_3 + x_4 \leqslant 45$$
$$x_1 + x_3 \leqslant 30$$
$$x_2 + x_4 \leqslant 35$$
$$x_1 \geqslant 0,\ x_2 \geqslant 0,\ x_3 \geqslant 0,\ x_4 \geqslant 0$$

วิธีทำ โดยการเพิ่มตัวแปรแสลค S_1, S_2, S_3 และ S_4 จะได้

$$-3x_1 - 9x_2 - 12x_3 + 5x_4 + P = 0$$
$$x_1 + x_2 + S_1 = 40$$
$$x_3 + x_4 + S_2 = 45$$
$$x_1 + x_3 + S_3 = 30$$
$$x_2 + x_4 + S_4 = 35$$
$$x_1 \geqslant 0 ,\ x_2 \geqslant 0 ,\ x_3 \geqslant 0 ,\ x_4 \geqslant 0$$
$$S_1 \geqslant 0 ,\ S_2 \geqslant 0 ,\ S_3 \geqslant 0 ,\ S_4 \geqslant 0$$

เพื่อสะดวกต่อการเข้าใจหลักการหาค่าสูงสุดโดยวิธีซิมเพลกซ์ เราควรศึกษาการหาผลเฉลยเหมาะที่สุดโดยวิธีพีชคณิตก่อนดังนี้

<u>การหาผลเฉลยโดยวิธีพีชคณิต</u> เป็นวิธีการหาผลเฉลยเหมาะที่สุดวิธีหนึ่งของปัญหากำหนดการเชิงเส้นโดยการพิจารณาค่าจากผลเฉลยมูลฐานที่เป็นไปได้ ตัวอย่าง เช่น

จงหาค่าสูงสุดของ $P = 5x_1 + 6x_2$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ $4x_1 + 7x_2 \leqslant 56$

$$14x_1 + 8x_2 \leqslant 130$$

$$x_1 \geqslant 0 \ , \ x_2 \geqslant 0$$

โดยการเพิ่มตัวแปรแสลค S_1, S_2 จะได้กำหนดการเชิงเส้นใหม่เป็น

จงหาค่าสูงสุดของ $P = 5x_1 + 6x_2 + 0S_1 + 0S_2$ _______________________*

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ $4x_1 + 7x_2 + S_1 = 56$

$$14x_1 + 8x_2 + S_2 = 130$$

$$x_1 \geqslant 0 \ , \ x_2 \geqslant 0 \ , \ S_1 \geqslant 0 \ , \ S_2 \geqslant 0$$

หมายเหตุ * การที่เขียนพจน์ของ S_i ที่มีสัมประสิทธิ์เป็นศูนย์เพื่อจะได้สอดคล้องกับลักษณะของตารางซิมเพลกซ์

ผลเฉลยมูลฐานที่เป็นไปได้คือ $(x_1, x_2, S_1, S_2) = (0, 0, 56, 130)$

โดยมี x_1, x_2 เป็นตัวแปรไม่มูลฐาน และ S_1, S_2 เป็นตัวแปรมูลฐาน

โดยการพิจารณาว่า $P = 5x_1 + 6x_2 + 0S_1 + 0S_2$ __________________ (1)

$S_1 = 56 - 4x_1 - 7x_2$ __________________ (2)

$S_2 = 130 - 14x_1 - 8x_2$ __________________ (3)

จาก (1) พบว่า x_1 เพิ่มขึ้น 1 หน่วย จะทำให้ P เพิ่มค่า 5 หน่วย

x_2 เพิ่มขึ้น 1 หน่วย จะทำให้ P เพิ่มค่า 6 หน่วย

ดังนั้นเราจึงเลือกเพิ่มค่า x_2 นั่นคือเลือกให้ x_2 เป็นตัวแปรมูลฐาน และ $x_1 = 0$

ต่อไปเราต้องเลือก S_1 หรือ S_2 ให้เป็นตัวแปรไม่มูลฐานเราพิจารณาดังนี้

จาก (2) ; $S_1 = 56 - 7x_2 \geqslant 0$ จะได้ $x_2 \leqslant 8$

จาก (3) ; $S_2 = 130 - 8x_2 \geqslant 0$ จะได้ $x_2 \leqslant \frac{130}{8}$

ดังนั้นเราเลือกให้ $x_2 = 8$ และ S_1 เป็นตัวแปรไม่มูลฐาน

จาก (2) ; $x_2 = 8 - \frac{4}{7}x_1 - \frac{1}{7}S_1$

จาก (3) ;
$$\begin{aligned} S_2 &= 130 - 14x_1 - 8x_2 \\ &= 130 - 14x_1 - 8(8 - \frac{4}{7}x_1 - \frac{1}{7}S_1) \\ &= 66 - \frac{66}{7}x_1 + \frac{8}{7}S_1 \end{aligned}$$

จาก (1) ;
$$\begin{aligned} P &= 5x_1 + 6x_2 + 0S_1 + 0S_2 \\ &= 5x_1 + 6(8 - \frac{4}{7}x_1 - \frac{1}{7}S_1) \\ &= 48 + \frac{11}{7}x_1 - \frac{6}{7}S_1 \end{aligned}$$

ขณะนี้เรามีกำหนดการเชิงเส้นเป็น หาค่าสูงสุดของ

$$P = 48 + \frac{11}{7}x_1 - \frac{6}{7}S_1 \qquad (4)$$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$x_2 = 8 - \frac{4}{7}x_1 - \frac{1}{7}S_1 \qquad (5)$$

$$S_2 = 66 - \frac{66}{7}x_1 + \frac{8}{7}S_1 \qquad (6)$$

ซึ่งมีผลเฉลยมูลฐานเป็น $(x_1, x_2, S_1, S_2) = (8,0,0,66)$

จาก (4) เรายังสามารถเพิ่มค่าให้ P ได้อีกโดยเพิ่มค่าที่ตัวแปร x_1 นั่นคือเลือกให้ x_1 เป็นตัวแปรมูลฐาน แต่ x_1 จะเพิ่มได้มากเท่าไรนั้นต้องพิจารณาดังนี้ ให้ $S_1 = 0$ และ

จาก (5) ; $\quad x_2 = 8 - \frac{4}{7}x_1 \geq 0$ ดังนั้น $x_1 \leq 14$

จาก (6) ; $\quad S_2 = 66 - \frac{66}{7}x_1 \geq 0$ ดังนั้น $x_1 \leq 7$

ดังนั้นเราเลือกให้ $x_1 = 7$ และ S_2 เป็นตัวแปรไม่มูลฐาน

จาก (6) ; $\quad x_1 = 7 + \frac{4}{33}S_1 - \frac{7}{66}S_2$

จาก (5) ; $\quad x_2 = 8 - \frac{4}{7}\left(7 + \frac{4}{33}S_1 - \frac{7}{66}S_2\right) - \frac{1}{7}S_1$

$$= 4 - \frac{7}{33}S_1 + \frac{2}{33}S_2$$

จาก (4) ; $\quad P = 48 + \frac{11}{7}x_1 - \frac{6}{7}S_1$

$$= 48 + \frac{11}{7}\left(7 + \frac{4}{33}S_1 - \frac{7}{66}S_2\right) - \frac{6}{7}S_1$$

$$= 59 - \frac{2}{3}S_1 - \frac{1}{6}S_2$$

ขณะนี้กำหนดการเชิงเส้นคือ หาค่าสูงสุด

$$P = 59 - \frac{2}{3}S_1 - \frac{1}{6}S_2$$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$x_1 = 7 + \frac{4}{33}S_1 - \frac{7}{66}S_2$$

$$x_2 = 4 - \frac{7}{33}S_1 + \frac{2}{33}S_2$$

มีผลเฉลยมูลฐาน $(x_1, x_2, S_1, S_2) = (7,4,0,0)$

เป็นผลเฉลยเหมาะที่สุด และ P มีค่าสูงสุดเท่ากับ 59

ในกรณีที่กำหนดการเชิงเส้นมีตัวแปร ๓ ตัวแปร เรายังสามารถพิจารณาหาผลเฉลยเหมาะที่สุดโดยวิธีพีชคณิตได้เช่น

การหาค่าสูงสุดของ $P = 3x_1 + 4x_2 + 2x_3$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ $3x_1 + 2x_2 + 4x_3 \leqslant 15$

$$x_1 + 2x_2 + 3x_3 \leqslant 7$$

$$2x_1 + x_2 + x_3 \leqslant 6$$

$$x_1 \geqslant 0,\ x_2 \geqslant 0,\ x_3 \geqslant 0$$

โดยการเพิ่มตัวแปรแสลค S_1, S_2 และ S_3 จะได้กำหนดการเชิงเส้นเป็น

$$P = 3x_1 + 4x_2 + 2x_3 + 0S_1 + 0S_2 + 0S_3 \qquad (7)$$

$$3x_1 + 2x_2 + 4x_3 + S_1 = 15 \qquad (8)$$

$$x_1 + 2x_2 + 3x_3 + S_2 = 7 \qquad (9)$$

$$2x_1 + x_2 + x_3 + S_3 = 6 \qquad (10)$$

ในขณะนี้เราจะได้ว่าผลเฉลยมูลฐานที่เป็นไปได้คือ

$$(x_1, x_2, x_3, S_1, S_2, S_3) = (0,0,0,15,7,6)$$

x_1, x_2, x_3 เป็นตัวแปรไม่มูลฐาน S_1, S_2, S_3 เป็นตัวแปรมูลฐาน

ต่อไปเราพิจารณาสับเปลี่ยนตัวแปรมูลฐานและตัวแปรไม่มูลฐานเพื่อให้ P มีค่าเพิ่มขึ้นโดยพิจารณาดังนี้

จาก (8) ; $S_1 = 15 - 3x_1 - 2x_2 - 4x_3$ (11)

จาก (9) ; $S_2 = 7 - x_1 - 2x_2 - 3x_3$ (12)

จาก (10) ; $S_3 = 6 - 2x_1 - x_2 - x_3$ (13)

จาก (7) พบว่า การเพิ่มค่าของ x_1 1 หน่วย จะทำให้ P เพิ่ม 3 หน่วย

x_2 เพิ่มค่า 1 หน่วย P เพิ่ม 4 หน่วย

x_3 เพิ่มค่า 1 หน่วย P เพิ่ม 2 หน่วย

ดังนั้นเราเลือกที่จะทำให้ x_2 มีค่าเพิ่มขึ้นนั่นคือทำให้ x_2 เป็นตัวแปรมูลฐาน

เนื่องจากเมื่อ $x_1 = x_3 = 0$ จะได้ว่า

(11) ; $\quad S_1 = 15 - 2x_2 \geqslant 0$ จะได้ $x_2 \leqslant \frac{15}{2}$

(12) ; $\quad S_2 = 7 - 2x_2 \geqslant 0$ จะได้ $x_2 \leqslant \frac{7}{2}$

(13) ; $\quad S_3 = 6 - x_2 \geqslant 0$ จะได้ $x_2 \leqslant 6$

ดังนั้นเราเลือกให้ $x_2 = \frac{7}{2}$ และ $S_2 = 0$ และพิจารณาสมการ (11),(12),(13) เป็นดังนี้

จาก (12) ; $\quad x_2 = \frac{7}{2} - \frac{1}{2}x_1 - \frac{3}{2}x_3 - \frac{1}{2}S_2$

จาก (11) ; $\quad S_1 = 15 - 3x_1 - 2(\frac{7}{2} - \frac{1}{2}x_1 - \frac{3}{2}x_3 - \frac{1}{2}S_2) - 4x_3$

$$S_1 = 8 - 2x_1 - x_3 + S_2$$

จาก (13) ; $\quad S_3 = 6 - 2x_1 - (\frac{7}{2} - \frac{1}{2}x_1 - \frac{3}{2}x_3 - \frac{1}{2}S_2) - x_3$

$$S_3 = \frac{5}{2} - \frac{3}{2}x_1 + \frac{1}{2}x_3 + \frac{1}{2}S_2$$

และ (7) ; $\quad P = 3x_1 + 4(\frac{7}{2} - \frac{1}{2}x_1 - \frac{3}{2}x_3 - \frac{1}{2}S_2) + 2x_3 - 0S_1 + 0S_3$

$$P = 14 + x_1 - 4x_3 + 0S_1 - 2S_2 + 0S_3$$

ขณะนี้กำหนดการเชิงเส้นคือ

หาค่าสูงสุดของ $\quad P = 14 + x_1 - 4x_3 - 2S_2$ ____________ (14)

$S_1 = 8 - 2x_1 + x_3 + S_2$ ____________ (15)

$x_2 = \frac{7}{2} - \frac{1}{2}x_1 - \frac{3}{2}x_3 - \frac{S_2}{2}$ ____________ (16)

$S_3 = \frac{5}{2} - \frac{3}{2}x_1 + \frac{1}{2}x_3 + \frac{S_2}{2}$ ____________ (17)

ในทำนองเดียวกัน จาก (14) พบว่าเราสามารถเพิ่มค่าขึ้นได้อีกโดยเลือก x_1 เป็นตัวแปรมูลฐาน และ $S_2 = 0$ แต่ในการเพิ่มค่า x_1 นั้นต้องพิจารณาว่าจากสมการ

จาก (15) ; $S_1 = 8 - 2x_1 \geqslant 0$ จะได้ $x_1 \leqslant 4$

จาก (16) ; $x_2 = \frac{7}{2} - \frac{1}{2}x_1 \geqslant 0$ จะได้ $x_1 \leqslant 7$

จาก (17) ; $S_3 = \frac{5}{2} - \frac{3}{2}x_1 \geqslant 0$ จะได้ $x_1 \leqslant \frac{5}{3}$

ดังนั้นเลือก $x_1 = \frac{5}{3}$ และ $S_1 = 0$

จาก (17) ; $x_1 = \frac{5}{3} + \frac{1}{3}x_3 + \frac{1}{3}S_2 - \frac{2}{3}S_3$ ______________(18)

จาก (16) ; $x_2 = \frac{7}{2} - \frac{1}{2}x_1 - \frac{3}{2}x_3 - \frac{S_2}{2}$

$$x_2 = \frac{7}{2} - \frac{1}{2}\left(\frac{5}{3} + \frac{1}{3}x_3 + \frac{1}{3}S_2 - \frac{2}{3}S_3\right) - \frac{3}{2}x_3 - \frac{S_2}{2}$$

$$x_2 = \frac{8}{3} - \frac{5}{3}x_3 - \frac{2}{3}S_2 + \frac{1}{3}S_3 \qquad \text{______________(19)}$$

จาก (15) ; $S_1 = 8 - 2x_1 + x_3 + S_2$

$$S_1 = 8 - 2\left(\frac{5}{3} + \frac{1}{3}x_3 + \frac{1}{3}S_2 - \frac{2}{3}S_3\right) + x_3 + S_2$$

$$S_1 = \frac{14}{3} + \frac{1}{3}x_3 + \frac{1}{3}S_2 + \frac{4}{3}S_3 \qquad \text{______________(20)}$$

และจาก (14); $P = 14 + x_1 - 4x_3 + 0S_1 - 2S_2 + 0S_3$

$$= 14 + \left(\frac{5}{3} + \frac{1}{3}x_3 + \frac{1}{3}S_2 - \frac{2}{3}S_3\right) - 4x_3 + 0S_1 - 2S_2 + 0S_3$$

$$= \frac{47}{3} - \frac{11}{3}x_3 + 0S_1 - \frac{5}{3}S_2 - \frac{2}{3}S_3 \qquad \text{______________(21)}$$

ขณะนี้กำหนดการเชิงเส้นคือ การหาค่าสูงสุดของ

$$P = \frac{47}{3} - \frac{11}{3}x_3 + 0S_1 - \frac{5}{3}S_2 - \frac{2}{3}S_3$$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$x_1 = \frac{5}{3} + \frac{1}{3}x_3 + \frac{1}{3}S_2 - \frac{2}{3}S_3$$

$$x_2 = \frac{8}{3} - \frac{5}{3}x_3 - \frac{2}{3}S_2 + \frac{1}{3}S_3$$

$$S_1 = \frac{14}{3} + \frac{1}{3}x_3 + \frac{1}{3}S_2 + \frac{4}{3}S_3$$

มีผลเฉลยเหมาะที่สุด $\left(\frac{5}{3}, \frac{8}{3}, 0, 0, 0, 0\right)$

เพราะฉะนั้นค่า P สูงที่สุดเมื่อ $x_1 = \frac{5}{3}$, $x_2 = \frac{8}{3}$ และ $x_3 = 0$

ตารางซิมเพลกซ์หมายถึงตารางที่อยู่ในรูปแบบ

			หลักที่ 1	2	...	n					
	ตัวแปรมูลฐาน	P	x_1	x_2	...	x_n	S_1	S_2	...	S_m	ผลเฉลย
	P	1	$-c_1$	$-c_2$	...	$-c_n$	0	0		0	0
แถวที่ 1	S_1	0	a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}	1	0		0	b_1
2	S_2	0	a_{21}	a_{22}	...	a_{2n}	0	1		0	b_2
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$					$\vdots$	$\vdots$		$\vdots$	$\vdots$
m	S_m	0	a_{m1}	a_{m2}	...	a_{mn}	0	0		1	b_m

เมื่อกำหนดการเชิงเส้นนั้นจัดอยู่ในรูปแบบ

$$
\begin{aligned}
-c_1x_1 - c_2x_2 - c_3x_3 - \dots - c_nx_n + P &= 0 \\
a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n + S_1 &= b_1 \\
a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n + S_2 &= b_2 \\
&\vdots \\
a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n + S_m &= b_m
\end{aligned}
$$

โดยเราจะพิจารณาส่วนของตัวเลขในตารางซิมเพลกซ์เป็นเมตริกซ์ เพื่อที่จะทำการดำเนินการเปลี่ยนแถวเชิงธาตุมูลได้ โดยหลักที่ 1 หมายถึงหลักที่ตรงกับตัวแปร x_1 และแถวที่ 1 หมายถึงแถวที่ตรงกับเงื่อนไขบังคับที่ 1

จากตัวอย่างที่ 7.1 ตารางซิมเพลกซ์คือ

ตาราง 7.1

ตัวแปรมูลฐาน	P	x_1	x_2	S_1	S_2	ผลเฉลย
P	1	-45	-50	0	0	0
S_1	0	2	1	1	0	800
S_2	0	2	3	0	1	1500

จากตัวอย่างที่ 7.2 ตารางซิมเพลกซ์คือ

ตาราง 7.2

ตัวแปรมูลฐาน	P	x_1	x_2	x_3	x_4	S_1	S_2	S_3	S_4	ผลเฉลย
P	1	-3	-9	-12	5	0	0	0	0	0
S_1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	40
S_2	0	0	0	1	1	0	1	0	0	45
S_3	0	1	0	1	0	0	0	1	0	30
S_4	0	0	1	0	1	0	0	0	1	35

จากตารางนี้จะสังเกตได้ว่าผลเฉลย $(x_1,x_2,x_3,x_4,S_1,S_2,S_3,S_4)$ เท่ากับ $(0,0,0,0,40,45,30,35)$ เป็นผลเฉลยมูลฐานตัวหนึ่ง โดยมีตัวแปรมูลฐานเป็น S_1,S_2,S_3,S_4 และตัวแปรไม่มูลฐานเป็น x_1,x_2,x_3,x_4 แต่ทำให้ค่า P เป็นศูนย์ ต่อไปเราจะพิจารณาหาผลเฉลยมูลฐานตัวอื่นที่ทำให้ค่า P สูงขึ้นจนกระทั่งพบผลเฉลยเหมาะที่สุด นั่นคือได้ค่า P สูงที่สุด นั่นคือเราเริ่มพิจารณาจากผลเฉลยมูลฐานที่ $S_i = b_i$ เป็นตัวแปรมูลฐาน $i = 1,2,...,m$ และ $x_i = 0$, $i = 1,2,...,n$ เป็นตัวแปรไม่มูลฐาน แล้วจึงค่อยๆ เปลี่ยนไปหาผลเฉลยมูลฐานตัวอื่นต่อไปดังนี้

การหาผลเฉลยเหมาะที่สุดโดยวิธีซิมเพลกซ์กระทำโดย พิจารณาในส่วนของ เมตริกซ์ของสัมประสิทธิ์ของตัวแปร x_i , $i = 1,2,\ldots,n$ โดยทำตามขั้นตอน

(1) หาหลักนำ (pivot column) โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ที่มีค่า เป็นลบมากที่สุดที่บรรทัดแรกของตารางซิมเพลกซ์ตรงส่วนของสัมประสิทธิ์ของตัวแปร x_i ตัวแปรที่ตรงกับตำแหน่งหลักนำเรียกว่า ตัวแปรเข้า (entering variable)

(2) หาแถวนำ (pivot row) ซึ่งเป็นแถวที่พิจารณาจากแถวซึ่งค่าของตัวเลขที่ได้จากหลักสุดท้ายของตารางซิมเพลกซ์หารด้วยตัวเลขในหลักนำที่อยู่แถวเดียวกัน มีค่าเป็นบวกเล็กที่สุด ตัวแปรที่มีตำแหน่งตรงกับแถวนำในตารางซิมเพลกซ์เรียกว่า ตัวแปรออก (departing variable)

(3) สมาชิกนำ (pivot element) คือตัวเลขที่ตำแหน่งหลักนำและแถวนำ

(4) ทำการดำเนินการแปลงแถวเชิงธาตุมูล เพื่อให้สมาชิกนำมีค่าเป็น 1 และตัวเลขอื่นๆ ในหลักเดียวกันให้เป็นศูนย์

เสร็จแล้วย้อนกลับไปทำขั้นตอน (1) ใหม่ จนกระทั่งตัวเลขในส่วนของสัมประสิทธิ์ x_i ที่บรรทัดแรกของตารางซิมเพลกซ์เป็นบวกทุกตัว

จากตัวอย่างที่ 7.1 จะได้ตารางซิมเพลกซ์เป็นดังนี้

ตาราง 7.3

ตัวแปรมูลฐาน	P	x_1	x_2	S_1	S_2	ผลเฉลย
P	1	-45	-50	0	0	0
S_1	0	2	1	1	0	800
S_2	0	2	3	0	1	1500

เลือกหลักที่ 2 เป็นหลักนำ

แถว	ค่าสัดส่วน
1	$\frac{800}{1} = 800$
2	$\frac{1500}{3} = 500$

เลือกแถว 2 เป็นแถวนำ

ดังนั้นเราจะได้ 3 เป็นสมาชิกนำ

ให้ x_2 เป็นตัวแปรเข้า และ S_2 เป็นตัวแปรออก โดยการดำเนินการเปลี่ยนแถวเชิงธาตุมูลเพื่อให้สมาชิกนำเป็น 1 และสมาชิกตัวอื่นในหลักนำเป็น 0 ซึ่งจะได้ตารางซิมเพลกซ์ใหม่ดังนี้

ตาราง 7.4

ตัวแปรมูลฐาน	P	x_1	x_2	S_1	S_2	ผลเฉลย
P	1	-11.667	0	0	16.667	25000
S_1	0	1.333	0	1	-0.333	300
x_2	0	0.667	1	0	0.333	500

เลือกหลักที่ 1 เป็นหลักนำ

แถว	ค่าสัดส่วน
1	$\frac{300}{1.333} = 225$
2	$\frac{500}{0.667} = 749.6$

เลือกแถว 1 เป็นแถวนำ

สมาชิกนำคือ 1.333

ตัวแปรเข้าคือ x_1 ตัวแปรออกคือ S_1

ทำการดำเนินการเปลี่ยนแถวเชิงธาตุมูลจะได้ตารางซิมเพลกซ์เป็น

ตาราง 7.5

ตัวแปรมูลฐาน	P	x_1	x_2	S_1	S_2	ผลเฉลย
P	1	0	0	8.75	13.75	27625
x_1	0	1	0	0.75	-0.25	225
x_2	0	0	1	-0.5	0.5	350

เพราะว่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร x_i เป็นศูนย์ทุกตัวแล้ว

เพราะฉะนั้น $P = 27625$ เป็นค่าสูงสุด เมื่อ $x_1 = 225$ และ $x_2 = 350$

ปัญหาตามตัวอย่างที่ 7.1 เมื่ออยู่ใน LINDO คือ

```
MAX      45 X1 + 50 X2
SUBJECT TO
        2)    2 X1 + X2 <=    800
        3)    2 X1 + 3 X2 <=    1500
END
```

มีตารางซิมเพลกซ์ใน LINDO เป็นดังนี้

```
: TABL

THE TABLEAU
     ROW   (BASIS)          X1         X2   SLK    2  SLK    3

       1 ART           -45.000    -50.000      .000      .000      .000

       2 SLK    2        2.000      1.000     1.000      .000   800.000

       3 SLK    3        2.000      3.000      .000     1.000  1500.000

ART      ART           -45.000    -50.000      .000      .000      .000
```

เมื่อคำนวณตามวิธีซิมเพลกซ์ขั้นตอนที่ 1

```
: PIV
      X2 ENTERS AT VALUE   500.00     IN ROW    3 OBJ. VALUE=  25000.
```

ตัวแปรเข้าคือ x_2 ตัวแปรออกคือ S_2

ค่าสูงสุดขณะนี้คือ 25000

ตารางซิมเพลกซ์ของขั้นตอนนี้คือ

```
: TABL
THE TABLEAU
     ROW   (BASIS)          X1          X2  SLK     2  SLK     3
       1 ART            -11.667        .000        .000    16.667 25000.000
       2 SLK     2        1.333        .000       1.000     -.333   300.000
       3        X2         .667       1.000        .000      .333   500.000
```

คำนวณต่อไป

```
: PIV
      X1 ENTERS AT VALUE   225.00     IN ROW    2 OBJ. VALUE=  27625.
```

ตัวแปรเข้าคือ x_1 ตัวแปรออกคือ S_1

ค่าสูงสุดขณะนี้คือ 27625

ตารางซิมเพลกซ์ที่ได้ในขั้นตอนนี้คือ

```
: TABL
THE TABLEAU
     ROW   (BASIS)          X1          X2  SLK     2  SLK     3
       1 ART               .000        .000       8.750    13.750 27625.000
       2        X1        1.000        .000        .750     -.250   225.000
       3        X2         .000       1.000       -.500      .500   350.000
```

เมื่อคำนวณต่อจะได้ผลสรุปสุดท้ายเป็น

```
: PIV
   LP OPTIMUM FOUND  AT STEP      2

        OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)         27625.0000

VARIABLE        VALUE          REDUCED COST
      X1        225.000000           .000000
      X2        350.000000           .000000


   ROW       SLACK OR SURPLUS      DUAL PRICES
      2)          .000000            8.750000
      3)          .000000           13.750000

NO. ITERATIONS=      2

 DO RANGE(SENSITIVITY) ANALYSIS?
? YES


   RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED

                                OBJ COEFFICIENT RANGES
VARIABLE          CURRENT         ALLOWABLE          ALLOWABLE
                   COEF           INCREASE           DECREASE
      X1         45.000000        55.000000         11.666670
      X2         50.000000        17.500000         27.500000

                                RIGHTHAND SIDE RANGES
    ROW           CURRENT         ALLOWABLE          ALLOWABLE
                   RHS            INCREASE           DECREASE
       2         800.000000       700.000000        300.000000
       3        1500.000000       900.000000        700.000000
```

เพราะฉะนั้นค่าสูงสุดเท่ากับ 27625 เมื่อ $x_1 = 225$ และ $x_2 = 350$

ตัวอย่างที่ 7.3 จงหาค่าสูงสุดของ $P = 5x_1 + 6x_2$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$4x_1 + 7x_2 \leqslant 56$$

$$14x_1 + 8x_2 \leqslant 130$$

$$x_1 \geqslant 0 \ , \ x_2 \geqslant 0$$

วิธีทำ โดยการเพิ่มตัวแปรแสลค S_1, S_2 และจัดรูปกำหนดการเชิงเส้นเป็น

$$-5x_1 - 6x_2 + P = 0$$

$$4x_1 + 7x_2 + S_1 = 56$$

$$14x_1 + 8x_2 + S_2 = 130$$

เขียนเป็นตารางซิมเพลกซ์ดังนี้

ตาราง 7.6

ตัวแปรมูลฐาน	P	x_1	x_2	S_1	S_2	ผลเฉลย
P	1	-5	-6	0	0	0
S_1	0	4	7	1	0	56
S_2	0	14	8	0	1	130

เลือกหลักที่ 2 เป็นหลักนำ

แถว	ค่าสัดส่วน
1	$\frac{56}{7}$
2	$\frac{130}{8}$

เลือกแถวที่ 1 เป็นแถวนำ

จะได้สมาชิกนำเท่ากับ 7

ให้ x_2 เป็นตัวแปรเข้า S_1 เป็นตัวแปรออก

ตารางซิมเพลกซ์ต่อไปคือ

ตาราง 7.7

ตัวแปรมูลฐาน	P	x_1	x_2	S_1	S_2	ผลเฉลย
P	1	$\frac{11}{7}$	0	$\frac{6}{7}$	0	48
x_2	0	$\frac{4}{7}$	1	$\frac{1}{7}$	0	8
S_2	0	$\frac{66}{7}$	0	$-\frac{8}{7}$	1	66

เลือกหลัก 1 เป็นหลักนำ

แถว	ค่าสัดส่วน
1	$\frac{7}{2}$
2	7

เลือกแถว 2 เป็นแถวนำ

จะได้สมาชิกนำเท่ากับ $\frac{66}{7}$

ให้ x_1 เป็นตัวแปรเข้า S_2 เป็นตัวแปรออก จะได้ตารางซิมเพลกซ์ต่อไปนี้

ตาราง 7.8

ตัวแปรมูลฐาน	P	x_1	x_2	S_1	S_2	ผลเฉลย
P	1	0	0	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{6}$	59
x_2	0	0	1	$\frac{7}{33}$	$\frac{-2}{33}$	4
x_1	0	1	0	$\frac{-4}{33}$	$\frac{7}{66}$	7

สรุปค่าสูงสุด P เท่ากับ 59 เมื่อ $x_1 = 7$ และ $x_2 = 4$

จากปัญหากำหนดการเชิงเส้นของตัวอย่างที่ 7.3 ที่พิมพ์เข้าสู่ LINDO แล้ว จะได้รูปแบบใน LINDO ดังนี้

```
MAX      5 X1 + 6 X2
SUBJECT TO
        2)   4 X1 + 7 X2 <=   56
        3)  14 X1 + 8 X2 <=  130
END
```

ลองดูตารางซิมเพลกซ์ด้วยคำสั่ง TABL แล้วเปรียบเทียบกับตาราง 7.6

```
: TABL

THE TABLEAU
   ROW   (BASIS)          X1          X2   SLK     2   SLK     3

     1 ART            -5.000      -6.000      .000       .000       .000

     2 SLK     2       4.000       7.000     1.000       .000     56.000

     3 SLK     3      14.000       8.000      .000      1.000    130.000

ART      ART          -5.000      -6.000      .000       .000       .000
```

ต่อไปทำการคำนวณโดยวิธีซิมเพลกซ์ 1 ขั้นตอนด้วยคำสั่ง PIV

```
: PIV
      X2 ENTERS AT VALUE    8.0000       IN ROW     2 OBJ. VALUE=   48.000
```

จะได้ X_2 เป็นตัวแปรเข้า S_1 เป็นตัวแปรออก และ P มีค่าเท่ากับ 48

ใช้คำสั่ง TABL เพื่อเปรียบเทียบตารางซิมเพลกซ์ของ LINDO กับตาราง 7.7

```
: TABL

THE TABLEAU
   ROW   (BASIS)          X1          X2   SLK     2   SLK     3

     1 ART            -1.571        .000      .857       .000     48.000

     2          X2      .571       1.000      .143       .000      8.000

     3 SLK     3       9.429        .000    -1.143      1.000     66.000
```

ต่อไปคำนวณอีก 1 ขั้นตอน

```
: PIV
      X1 ENTERS AT VALUE    7.0000       IN ROW     3 OBJ. VALUE=   59.000
```

ตัวแปรเข้าคือ X_1 ตัวแปรออกคือ S_2 ตารางซิมเพลกซ์ที่ได้ใน LINDO คือ

```
: TABL

THE TABLEAU
   ROW   (BASIS)          X1          X2   SLK     2   SLK     3

     1 ART              .000        .000      .667       .167     59.000

     2          X2      .000       1.000      .212      -.061      4.000

     3          X1     1.000        .000     -.121       .106      7.000
```

ขอให้เปรียบเทียบกับตาราง 7.8 เมื่อคำนวณต่อไปจะได้ผลเฉลยที่เป็นค่าที่ต้องการ

```
: PIV
    LP OPTIMUM FOUND  AT STEP      2

         OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)          59.0000000

VARIABLE         VALUE           REDUCED COST
       X1          7.000000           .000000
       X2          4.000000           .000000

   ROW        SLACK OR SURPLUS     DUAL PRICES
       2)          .000000          .666667
       3)          .000000          .166667

NO. ITERATIONS=         2

 DO RANGE(SENSITIVITY) ANALYSIS?
? NO
```

ตัวอย่างที่ 7.4 จงหาค่าสูงสุดของ $P = 7x_1 + 12x_2$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ $2x_1 + 5x_2 \leq 25$

$6x_1 + 5x_2 \leq 45$

$x_1 \geq 0 \, , \, x_2 \geq 0$

วิธีทำ โดยการเพิ่มตัวแปรแสลค S_1, S_2 และจัดรูปเป็น

$$-7x_1 - 12x_2 + P = 0$$

$$2x_1 + 5x_2 + S_1 = 25$$

$$6x_1 + 5x_2 + S_2 = 45$$

เขียนเป็นตารางซิมเพลกซ์ได้ดังนี้

ตาราง 7.9

ตัวแปรมูลฐาน	P	x_1	x_2	S_1	S_2	ผลเฉลย
P	1	-7	-12	0	0	0
S_1	0	2	5	1	0	25
S_2	0	6	5	0	1	45

↓ เลือกหลัก 2 เป็นหลักนำ

แถว	ค่าสัดส่วน
1	$\frac{25}{5}$
2	$\frac{45}{5}$

เลือกแถว 1 เป็นแถวนำ

สมาชิกนำเท่ากับ 5 ตัวแปรเข้าคือ x_2 ตัวแปรออกคือ S_1

ได้ตารางซิมเพลกซ์ต่อไปเป็น

ตาราง 7.10

ตัวแปรมูลฐาน	P	x_1	x_2	S_1	S_2	ผลเฉลย
P	1	-2.2	0	2.4	0	60
x_2	0	0.4	1	0.2	0	5
S_2	0	4	0	-1	1	20

↓ เลือกหลัก 1 เป็นหลักนำ

แถว	ค่าสัดส่วน
1	$\frac{5}{0.4} = 12.5$
2	$\frac{20}{4} = 5$

เลือกแถว 2 เป็นแถวนำ

สมาชิกนำเท่ากับ 4 ตัวแปรเข้าคือ x_1 ตัวแปรออกคือ S_2

ได้ตารางซิมเพลกซ์ต่อไปเป็น

ตาราง 7.11

ตัวแปรมูลฐาน	P	x_1	x_2	S_1	S_2	ผลเฉลย
P	1	0	0	1.85	0.55	71
x_2	0	0	1	0.3	-0.1	3
x_1	0	1	0	-0.25	0.25	5

สรุปค่าสูงสุดของ P คือ 71 เมื่อ $x_1 = 5$, $x_2 = 3$

ปัญหากำหนดการเชิงเส้นของตัวอย่างที่ 7.4 เมื่อพิมพ์เข้าสู่ LINDO แล้วจะได้ดังนี้

```
MAX      7 X1 + 12 X2
SUBJECT TO
          2)   2 X1 + 5 X2 <=   25
          3)   6 X1 + 5 X2 <=   45
END
```

ลองดูตารางซิมเพลกซ์ใน LINDO เพื่อเปรียบเทียบกับตาราง 7.9

```
: TABL

THE TABLEAU
      ROW  (BASIS)         X1          X2   SLK    2  SLK    3

        1 ART          -7.000     -12.000      .000       .000      .000

        2 SLK     2     2.000       5.000     1.000       .000    25.000

        3 SLK     3     6.000       5.000      .000      1.000    45.000

ART       ART          -7.000     -12.000      .000       .000      .000
```

ต่อไปสั่งให้ LINDO คำนวณตามวิธีซิมเพลกซ์ 1 ขั้นตอน

```
: PIV
       X2 ENTERS AT VALUE   5.0000     IN ROW    2 OBJ. VALUE=  60.000
```

ตัวแปรเข้าคือ X_2 ตัวแปรออกคือ S_1

ตารางซิมเพลกซ์ใหม่ที่ได้ใน LINDO คือ

```
: TABL

THE TABLEAU
   ROW  (BASIS)        X1        X2  SLK    2   SLK    3
     1 ART           -2.200     .000    2.400      .000    60.000
     2        X2   .400    1.000      .200      .000     5.000
     3 SLK    3       4.000     .000   -1.000     1.000    20.000
```

ขอให้เปรียบเทียบตารางที่ได้นี้กับตาราง 7.10

```
: PIV
     X1 ENTERS AT VALUE   5.0000     IN ROW    3 OBJ. VALUE=  71.000
```

ตัวแปรเข้าคือ X_1 ตัวแปรออกคือ S_2

ตารางซิมเพลกซ์ที่ได้ในขั้นตอนนี้คือ

```
: TABL

THE TABLEAU
   ROW  (BASIS)        X1        X2  SLK    2   SLK    3
     1 ART            .000      .000    1.850      .550    71.000
     2        X2     .000     1.000     .300     -.100     3.000
     3        X1    1.000      .000    -.250      .250     5.000
```

ซึ่งเทียบได้กับตาราง 7.11

เมื่อคำนวณขั้นตอนต่อไปจะได้ผลลัพธ์สุดท้ายดังนี้

```
: PIV
  LP OPTIMUM FOUND  AT STEP      2

        OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1)          71.0000000
```

```
VARIABLE          VALUE          REDUCED COST
      X1          5.000000          .000000
      X2          3.000000          .000000

   ROW      SLACK OR SURPLUS     DUAL PRICES
      2)          .000000          1.850000
      3)          .000000           .550000

NO. ITERATIONS=        2

 DO RANGE(SENSITIVITY) ANALYSIS?
? YES

   RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED

                            OBJ COEFFICIENT RANGES
VARIABLE          CURRENT        ALLOWABLE          ALLOWABLE
                   COEF          INCREASE           DECREASE
     X1           7.000000       7.400000            2.200000
     X2          12.000000       5.500000            6.166667

                            RIGHTHAND SIDE RANGES
    ROW           CURRENT        ALLOWABLE          ALLOWABLE
                    RHS          INCREASE           DECREASE
      2          25.000000       20.000000          10.000000
      3          45.000000       30.000000          20.000000
```

ตัวอย่างที่ 7.5 จงหาค่าสูงสุดของ $P = 3x_1 - x_2 + 4x_3$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$2x_1 - x_2 + 3x_3 \leqslant 5$$

$$x_1 + 4x_2 - 2x_3 \leqslant 1$$

$$3x_1 + 6x_3 \leqslant 4$$

$$x_1 \geqslant 0,\ x_2 \geqslant 0,\ x_3 \geqslant 0$$

วิธีทำ โดยการเพิ่มตัวแปรแสลค S_1, S_2, S_3 เข้าไปจะได้

$$-3x_1 + x_2 - 4x_3 + P = 0$$

$$2x_1 - x_2 + 3x_3 + S_1 = 5$$

$$x_1 + 4x_2 - 2x_3 + S_2 = 1$$

$$3x_1 + 6x_3 + S_3 = 4$$

ได้ตารางซิมเพลกซ์เป็น

ตาราง 7.12

ตัวแปรมูลฐาน	P	x_1	x_2	x_3	S_1	S_2	S_3	ผลเฉลย
P	1	-3	1	-4	0	0	0	0
S_1	0	2	-1	3	1	0	0	5
S_2	0	1	4	-2	0	1	0	1
S_3	0	3	0	6	0	0	1	4

เลือกหลัก 3 เป็นหลักนำ

แถว	ค่าสัดส่วน
1	$\frac{5}{3} = 1.67$
2	$-\frac{1}{2} = -0.5$
3	$\frac{4}{6} = 0.67$

เลือกแถว 3 เป็นแถวนำ

สมาชิกนำเท่ากับ 6 ตัวแปรเข้าคือ x_3 ตัวแปรออกคือ S_3

ได้ตารางซิมเพลกซ์เป็น

ตาราง 7.13

ตัวแปรมูลฐาน	P	x_1	x_2	x_3	S_1	S_2	S_3	ผลเฉลย
P	1	-1	0	0	0	0	$\frac{2}{3}$	$\frac{8}{3}$
S_1	0	$\frac{1}{2}$	-1	0	1	0	$-\frac{1}{2}$	3
S_2	0	2	4	0	0	1	$\frac{1}{3}$	$\frac{7}{3}$
x_3	0	$\frac{1}{2}$	0	1	0	0	$\frac{1}{6}$	$\frac{2}{3}$

เลือกหลัก 1 เป็นหลักนำ

แถว	ค่าสัดส่วน
1	6
2	$\frac{7}{6} = 1.167$
3	$\frac{4}{3} = 1.33$

เลือกแถว 2 เป็นแถวนำ

สมาชิกนำเท่ากับ 2 ตัวแปรเข้าคือ x_1 ตัวแปรออกคือ S_2

ได้ตารางซิมเพลกซ์เป็น

ตาราง 7.14

ตัวแปรมูลฐาน	P	x_1	x_2	x_3	S_1	S_2	S_3	ผลเฉลย
P	1	0	2	0	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{6}$	$\frac{23}{6}$
S_1	0	0	-2	0	1	$-\frac{1}{4}$	$-\frac{7}{12}$	$\frac{29}{12}$
x_1	0	1	2	0	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{7}{6}$
x_3	0	0	-1	1	0	$-\frac{1}{4}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{12}$

สรุปค่าสูงสุดของ $P = \frac{23}{6}$ เมื่อ $x_1 = \frac{7}{6}$, $x_2 = 0$ และ $x_3 = \frac{1}{12}$

กำหนดการเชิงเส้นของตัวอย่างที่ 7.5 ใน LINDO คือ

```
MAX      3 X1 - X2 + 4 X3
SUBJECT TO
        2)    2 X1 - X2 + 3 X3 <=    5
        3)    X1 + 4 X2 - 2 X3 <=    1
        4)    3 X1 + 6 X3 <=    4
END
```

ตารางซิมเพลกซ์ภายใน LINDO เป็นดังนี้

```
: TABL
THE TABLEAU
     ROW   (BASIS)        X1         X2        X3   SLK     2  SLK     3
       1 ART          -3.000      1.000    -4.000      .000      .000
       2 SLK    2      2.000     -1.000     3.000     1.000      .000
       3 SLK    3      1.000      4.000    -2.000      .000     1.000
       4 SLK    4      3.000       .000     6.000      .000      .000
ART      ART          -3.000      1.000    -4.000      .000      .000

     ROW   SLK    4
       1      .000      .000
       2      .000     5.000
       3      .000     1.000
       4     1.000     4.000
```

ขอให้เปรียบเทียบกับตาราง 7.12

ต่อไปสั่งให้ LINDO คำนวณโดยวิธีซิมเพลกซ์

```
: PIV
      X3 ENTERS AT VALUE   .66667     IN ROW    4 OBJ. VALUE=  2.6667
```

ตัวแปรเข้าคือ X_3

ตัวแปรออกคือ S_3

ตารางซิมเพลกซ์ใหม่ที่ได้ใน LINDO คือ

```
: TABL
THE TABLEAU
     ROW   (BASIS)        X1         X2        X3   SLK     2  SLK     3
       1 ART          -1.000      1.000      .000      .000      .000
       2 SLK    2       .500     -1.000      .000     1.000      .000
       3 SLK    3      2.000      4.000      .000      .000     1.000
       4        X3      .500       .000     1.000      .000      .000
```

ROW	SLK 4	
1	.667	2.667
2	-.500	3.000
3	.333	2.333
4	.167	.667

ขอให้เปรียบเทียบกับตาราง 7.13

ต่อไปคำนวณโดยวิธีซิมเพลกซ์

```
: PIV
    X1 ENTERS AT VALUE    1.1667     IN ROW    3 OBJ. VALUE=  3.8333
```

ตารางซิมเพลกซ์ของ LINDO ที่ได้ใหม่คือ

: TABL

THE TABLEAU

ROW	(BASIS)	X1	X2	X3	SLK 2	SLK 3
1	ART	.000	3.000	.000	.000	.500
2	SLK 2	.000	-2.000	.000	1.000	-.250
3	X1	1.000	2.000	.000	.000	.500
4	X3	.000	-1.000	1.000	.000	-.250

ROW	SLK 4	
1	.833	3.833
2	-.583	2.417
3	.167	1.167
4	.083	.083

ตารางที่ได้นี้เทียบได้กับตาราง 7.14

เมื่อใช้ PIV อีกจะได้ผลดังนี้

```
: PIV
   LP OPTIMUM FOUND  AT STEP      2

        OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)         3.83333300

VARIABLE          VALUE          REDUCED COST
       X1          1.166667          .000000
       X2           .000000         3.000000
       X3           .083333          .000000

   ROW         SLACK OR SURPLUS     DUAL PRICES
       2)          2.416667          .000000
       3)           .000000          .500000
       4)           .000000          .833333

NO. ITERATIONS=        2

 DO RANGE(SENSITIVITY) ANALYSIS?
? YES

   RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED

                          OBJ COEFFICIENT RANGES
VARIABLE         CURRENT        ALLOWABLE         ALLOWABLE
                  COEF          INCREASE          DECREASE
      X1        3.000000        INFINITY          1.000000
      X2       -1.000000        3.000000          INFINITY
      X3        4.000000        2.000000          9.999999

                          RIGHTHAND SIDE RANGES
     ROW         CURRENT        ALLOWABLE         ALLOWABLE
                   RHS          INCREASE          DECREASE
       2        5.000000        INFINITY          2.416667
       3        1.000000         .333333          2.333333
       4        4.000000        4.142858          1.000000
```

สรุปค่าสูงสุดเท่ากับ 3.833

เมื่อ $x_1 = 1.166667$

$x_2 = 0$

$x_3 = 0.83333$

ตัวอย่างที่ 7.6 จงหาค่าสูงสุดของ $P = 3x_1 + 4x_2 + 2x_3$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$3x_1 + 2x_2 + 4x_3 \leq 15$$
$$x_1 + 2x_2 + 3x_3 \leq 7$$
$$2x_1 + x_2 + x_3 \leq 6$$
$$x_1 \geq 0,\ x_2 \geq 0,\ x_3 \geq 0$$

วิธีทำ โดยการเพิ่มตัวแปรแสลค S_1, S_2, S_3 จะได้

$$-3x_1 - 4x_2 - 2x_3 + P = 0$$
$$3x_1 + 2x_2 + 4x_3 + S_1 = 15$$
$$x_1 + 2x_2 + 3x_3 + S_2 = 7$$
$$2x_1 + x_2 + x_3 + S_3 = 6$$

และได้ตารางซิมเพลกซ์เป็น

ตาราง 7.15

ตัวแปรมูลฐาน	P	x_1	x_2	x_3	S_1	S_2	S_3	ผลเฉลย
P	1	-3	-4	-2	0	0	0	0
S_1	0	3	2	4	1	0	0	15
S_2	0	1	2	3	0	1	0	7
S_3	0	2	1	1	0	0	1	6

เลือกหลัก 2 เป็นหลักนำ

แถว	ค่าสัดส่วน
1	$\frac{15}{2} = 7.5$
2	$\frac{7}{2} = 3.5$
3	6

เลือกแถว 2 เป็นแถวนำ

สมาชิกนำ เท่ากับ 2 ตัวแปร เข้าคือ x_2 ตัวแปรออกคือ S_2

ได้ตารางซิมเพลกซ์ต่อไป เป็น ตาราง 7.16

ตัวแปรมูลฐาน	P	x_1	x_2	x_3	S_1	S_2	S_3	ผลเฉลย
P	1	−1	0	4	0	2	0	14
S_1	0	2	0	1	1	−1	0	8
x_2	0	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{3}{2}$	0	$\frac{1}{2}$	0	$\frac{7}{2}$
S_3	0	$\frac{3}{2}$	0	$-\frac{1}{2}$	0	$-\frac{1}{2}$	1	$\frac{5}{2}$

เลือกหลัก 1 เป็นหลักนำ

แถว	ค่าสัดส่วน
1	4
2	7
3	$\frac{5}{3}$

เลือกแถว 3 เป็นแถวนำ

สมาชิกนำ เท่ากับ $\frac{3}{2}$ ตัวแปร เข้าคือ x_1 ตัวแปรออกคือ S_3

ได้ตารางซิมเพลกซ์ต่อไป เป็น ตาราง 7.17

ตัวแปรมูลฐาน	P	x_1	x_2	x_3	S_1	S_2	S_3	ผลเฉลย
P	1	0	0	$\frac{11}{3}$	0	$\frac{5}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{47}{3}$
S_1	0	0	0	$\frac{5}{3}$	1	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{4}{3}$	$\frac{14}{3}$
x_2	0	0	1	$\frac{5}{3}$	0	$\frac{2}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$\frac{8}{3}$
x_1	0	1	0	$-\frac{1}{3}$	0	$-\frac{1}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{5}{3}$

สรุปค่าสูงสุดของ P คือ $\frac{47}{3}$ เมื่อ $x_1 = \frac{5}{3}$, $x_2 = \frac{8}{3}$ และ $x_3 = 0$

จากโจทย์ในตัวอย่างที่ 7.6 เปลี่ยนเป็นกำหนดการเชิงเส้นใน LINDO ได้ดังนี้

```
MAX      3 X1 + 4 X2 + 2 X3
SUBJECT TO
       2)    3 X1 + 2 X2 + 4 X3 <=   15
       3)    X1 + 2 X2 + 3 X3 <=    7
       4)    2 X1 + X2 + X3 <=    6
END
```

ตารางซิมเพลกซ์ของปัญหานี้ใน LINDO คือ

```
: TABL

THE TABLEAU
    ROW  (BASIS)         X1         X2         X3    SLK    2   SLK    3

      1 ART           -3.000     -4.000     -2.000      .000       .000

      2 SLK    2       3.000      2.000      4.000     1.000       .000

      3 SLK    3       1.000      2.000      3.000      .000      1.000

      4 SLK    4       2.000      1.000      1.000      .000       .000
ART      ART          -3.000     -4.000     -2.000      .000       .000


    ROW    SLK    4

      1       .000      .000
      2       .000    15.000
      3       .000     7.000
      4      1.000     6.000
```

ซึ่งเหมือนกับตาราง 7.15

ต่อไปสั่งคำนวณครั้งแรก

```
: PIV
     X2 ENTERS AT VALUE    3.5000      IN ROW    3 OBJ. VALUE=  14.000
```

ตัวแปรเข้าคือ X_2 ตัวแปรออกคือ S_2 ค่าสูงสุดขณะนี้เท่ากับ 14

ผลของตารางซิมเพลกซ์ที่ได้คือ

```
: TABL

THE TABLEAU
   ROW   (BASIS)            X1          X2          X3  SLK    2  SLK    3

     1 ART              -1.000        .000       4.000      .000     2.000

     2 SLK     2         2.000        .000       1.000     1.000    -1.000

     3        X2          .500       1.000       1.500      .000      .500

     4 SLK     4         1.500        .000       -.500      .000     -.500


   ROW    SLK     4

     1        .000     14.000

     2        .000      8.000

     3        .000      3.500

     4       1.000      2.500
```

เทียบดูแล้วจะเหมือนตาราง 7.16 ต่อไปคำนวณอีก 1 ขั้นตอน

```
: PIV
    X1 ENTERS AT VALUE    1.6667      IN ROW    4 OBJ. VALUE=   15.667
```

ตัวแปรเข้าคือ X_1 ตัวแปรออกคือ S_3 ค่าสูงสุดที่ได้ขณะนี้คือ 15.667

ตารางซิมเพลกซ์ที่ได้ในขั้นตอนนี้คือ

```
: TABL

THE TABLEAU
   ROW   (BASIS)            X1          X2          X3  SLK    2  SLK    3

     1 ART                .000        .000       3.667      .000     1.667

     2 SLK     2          .000        .000       1.667     1.000     -.333

     3        X2          .000       1.000       1.667      .000      .667

     4        X1         1.000        .000       -.333      .000     -.333


   ROW    SLK     4

     1        .667     15.667

     2      -1.333      4.667

     3       -.333      2.667

     4        .667      1.667
```

ซึ่งตรงกับตาราง 7.17

เมื่อสั่งให้คำนวณต่อไป LINDO จะให้ผลเฉลยที่เป็นค่าสูงสุดดังนี้

```
: PIV
   LP OPTIMUM FOUND  AT STEP      2

         OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)          15.6666700

VARIABLE          VALUE          REDUCED COST
       X1        1.666667           .000000
       X2        2.666667           .000000
       X3         .000000          3.666667

   ROW      SLACK OR SURPLUS     DUAL PRICES
        2)       4.666667           .000000
        3)        .000000          1.666667
        4)        .000000           .666667

NO. ITERATIONS=       2

 DO RANGE(SENSITIVITY) ANALYSIS?
? YES

   RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED

                              OBJ COEFFICIENT RANGES
VARIABLE          CURRENT        ALLOWABLE         ALLOWABLE
                   COEF          INCREASE          DECREASE
     X1          3.000000        5.000000          1.000000
     X2          4.000000        2.000000          2.200000
     X3          2.000000        3.666667          INFINITY

                              RIGHTHAND SIDE RANGES
   ROW            CURRENT        ALLOWABLE         ALLOWABLE
                   RHS           INCREASE          DECREASE
      2          15.000000        INFINITY          4.666667
      3           7.000000        5.000000          4.000000
      4           6.000000        3.500000          2.500000
```

สรุปค่าสูงสุดเท่ากับ 15.666667

เมื่อ $x_1 = 1.666667$

$x_2 = 2.666667$

และ $x_3 = 0$

ตัวอย่างที่ 7.7 จงหาค่าสูงสุดของ $P = 3x_1 + 9x_2 + 12x_3 - 5x_4$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$x_1 + x_2 \leqslant 40$$
$$x_3 + x_4 \leqslant 45$$
$$x_1 + x_3 \leqslant 30$$
$$x_2 + x_4 \leqslant 35$$
$$x_1 \geqslant 0,\ x_2 \geqslant 0,\ x_3 \geqslant 0,\ x_4 \geqslant 0$$

วิธีทำ โดยการเพิ่มตัวแปรแสลค S_1, S_2, S_3, S_4 จะได้

$$-3x_1 - 9x_2 - 12x_3 + 5x_4 + P = 0$$
$$x_1 + x_2 + S_1 = 40$$
$$x_3 + x_4 + S_2 = 45$$
$$x_1 + x_3 + S_3 = 30$$
$$x_2 + x_4 + S_4 = 35$$

ตารางซิมเพลกซ์คือ

ตาราง 7.18

ตัวแปรบูลฐาน	P	x_1	x_2	x_3	x_4	S_1	S_2	S_3	S_4	ผลเฉลย
P	1	-3	-9	-12	5	0	0	0	0	0
S_1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	40
S_2	0	0	0	1	1	0	1	0	0	45
S_3	0	0	1	1	0	0	0	1	0	30
S_4	0	0	1	0	1	0	0	0	1	35

เลือกหลัก 3 เป็นหลักนำ

แถว	ค่าสัดส่วน
1	หาค่าไม่ได้
2	45
3	30
4	หาค่าไม่ได้

เลือกแถว 3 เป็นแถวนำ

สมาชิกนำเท่ากับ 1 ตัวแปรเข้าคือ x_3 ตัวแปรออกคือ S_3

ตารางซิมเพลกซ์ต่อไปคือ

ตาราง 7.19

ตัวแปรมูลฐาน	P	x_1	x_2	x_3	x_4	S_1	S_2	S_3	S_4	ผลเฉลย
P	1	9	-9	0	5	0	0	12	0	360
S_1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	40
S_2	0	-1	0	0	1	0	1	-1	0	15
x_3	0	1	0	1	0	0	0	1	0	30
S_4	0	0	1	0	1	0	0	0	1	35

เลือกหลัก 2 เป็นหลักนำ

แถว	ค่าสัดส่วน
1	40
2	หาค่าไม่ได้
3	หาค่าไม่ได้
4	35

เลือกแถว 4 เป็นแถวนำ

สมาชิกนำเท่ากับ 1 ตัวแปรเข้าคือ x_2 ตัวแปรออกคือ S_4

ตารางซิมเพลกซ์ต่อไปคือ

ตาราง 7.20

ตัวแปรมูลฐาน	P	x_1	x_2	x_3	x_4	S_1	S_2	S_3	S_4	ผลเฉลย
P	1	9	0	0	14	0	0	12	9	675
S_1	0	1	0	0	-1	1	0	0	-1	5
S_2	0	-1	0	0	1	0	1	-1	0	15
x_3	0	1	0	1	0	0	0	1	0	30
x_2	0	0	1	0	1	0	0	0	1	35

สรุปค่าสูงสุดของ P เท่ากับ 675 เมื่อ $x_1 = 0$, $x_2 = 35$, $x_3 = 3$ และ $x_4 = 0$

การทำงานต่างๆ ใน LINDO เป็นดังนี้

```
MAX      3 X1 + 9 X2 + 12 X3 - 5 X4
SUBJECT TO
        2)    X1 + X2 <=   40
        3)    X3 + X4 <=   45
        4)    X1 + X3 <=   30
        5)    X2 + X4 <=   35
END
```

ตารางซิมเพลกซ์ที่เทียบได้กับตาราง 7.18 คือ

```
: TABL
THE TABLEAU
   ROW  (BASIS)        X1        X2        X3        X4   SLK     2
     1 ART          -3.000    -9.000   -12.000     5.000      .000
     2 SLK      2    1.000     1.000      .000      .000     1.000
     3 SLK      3     .000      .000     1.000     1.000      .000
     4 SLK      4    1.000      .000     1.000      .000      .000
     5 SLK      5     .000     1.000      .000     1.000      .000
ART      ART        -3.000    -9.000   -12.000     5.000      .000
```

ROW	SLK 3	SLK 4	SLK 5	
1	.000	.000	.000	.000
2	.000	.000	.000	40.000
3	1.000	.000	.000	45.000
4	.000	1.000	.000	30.000
5	.000	.000	1.000	35.000

การคำนวณตามขั้นตอนที่หนึ่งด้วยวิธีซิมเพลกซ์

: PIV

X3 ENTERS AT VALUE 30.000 IN ROW 4 OBJ. VALUE= 360.00

ตัวแปรเข้าคือ X_3

ตัวแปรออกคือ S_3

ค่าสูงสุดที่ได้ขณะนี้คือ 360

ตารางซิมเพลกซ์ที่ได้ในขั้นตอนนี้คือ

: TABL

THE TABLEAU

ROW	(BASIS)	X1	X2	X3	X4	SLK 2
1	ART	9.000	-9.000	.000	5.000	.000
2	SLK 2	1.000	1.000	.000	.000	1.000
3	SLK 3	-1.000	.000	.000	1.000	.000
4	X3	1.000	.000	1.000	.000	.000
5	SLK 5	.000	1.000	.000	1.000	.000

ROW	SLK 3	SLK 4	SLK 5	
1	.000	12.000	.000	360.000
2	.000	.000	.000	40.000
3	1.000	-1.000	.000	15.000
4	.000	1.000	.000	30.000
5	.000	.000	1.000	35.000

เปรียบเทียบได้กับตาราง 7.19

คำนวณโดยวิธีซิมเพลกซ์ต่อ

```
: PIV
    X2 ENTERS AT VALUE   35.000      IN ROW    5 OBJ. VALUE=  675.00
```

ตัวแปรเข้าคือ X_2

ตัวแปรออกคือ S_4

ค่าสูงสุดที่ได้ขณะนี้คือ 675

ตารางซิมเพลกซ์ในขั้นตอนนี้คือ

```
: TABL
THE TABLEAU
    ROW   (BASIS)          X1          X2          X3          X4   SLK     2

      1 ART             9.000        .000        .000      14.000       .000

      2 SLK      2      1.000        .000        .000      -1.000      1.000

      3 SLK      3     -1.000        .000        .000       1.000       .000

      4         X3      1.000        .000       1.000        .000       .000

      5         X2       .000       1.000        .000       1.000       .000

    ROW    SLK     3   SLK     4   SLK     5

      1        .000      12.000       9.000     675.000

      2        .000        .000      -1.000       5.000

      3       1.000      -1.000        .000      15.000

      4        .000       1.000        .000      30.000

      5        .000        .000       1.000      35.000
```

ตารางนี้จะเปรียบเทียบได้กับตาราง 7.20

เมื่อคำนวณต่อก็จะได้ผลลัพธ์สุดท้ายเหมือนกัน

```
: PIV

    LP OPTIMUM FOUND  AT STEP      2

         OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)          675.000000

VARIABLE          VALUE          REDUCED COST
       X1           .000000          9.000000
       X2         35.000000           .000000
       X3         30.000000           .000000
       X4           .000000         14.000000

   ROW       SLACK OR SURPLUS      DUAL PRICES
       2)          5.000000           .000000
       3)         15.000000           .000000
       4)           .000000         12.000000
       5)           .000000          9.000000

NO. ITERATIONS=        2

 DO RANGE(SENSITIVITY) ANALYSIS?
? YES

   RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED

                             OBJ COEFFICIENT RANGES
VARIABLE          CURRENT        ALLOWABLE          ALLOWABLE
                   COEF          INCREASE           DECREASE
      X1          3.000000        9.000000          INFINITY
      X2          9.000000        INFINITY            9.000000
      X3         12.000000        INFINITY            9.000000
      X4         -5.000000       14.000000          INFINITY

                             RIGHTHAND SIDE RANGES
    ROW           CURRENT        ALLOWABLE          ALLOWABLE
                    RHS          INCREASE           DECREASE
       2         40.000000        INFINITY            5.000000
       3         45.000000        INFINITY           15.000000
       4         30.000000       15.000000           30.000000
       5         35.000000        5.000000           35.000000
```

สรุปค่าสูงสุดเท่ากับ 675

เมื่อ $x_1 = 0$, $x_2 = 35$, $x_3 = 30$ และ $x_4 = 0$

แบบฝึกหัด 7.

จงหาผลเฉลยของปัญหากำหนดการเชิงเส้นต่อไปนี้โดยวิธีซิมเพลกซ์

1. จงหาค่าสูงสุดของ $P = 10x_1 + 25x_2$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ
$$3x_1 + 4x_2 \leqslant 480$$
$$2x_1 + 6x_2 \leqslant 540$$
$$x_1, x_2 \geqslant 0$$

2. จงหาค่าสูงสุดของ $P = 8x_1 + 6x_2$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ
$$3x_1 + x_2 \leqslant 2$$
$$2x_1 + 4x_2 \leqslant 5$$
$$x_1, x_2 \geqslant 0$$

3. จงหาค่าสูงสุดของ $P = x_1 + 5x_2 + 4x_3$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ
$$x_1 + 2x_2 + 2x_3 \leqslant 1200$$
$$2x_1 + x_2 + 3x_3 \leqslant 1500$$
$$3x_1 + 4x_2 + x_3 \leqslant 1800$$
$$x_1, x_2, x_3 \geqslant 0$$

8. ปัญหาคู่ควบ

กำหนดการเชิงเส้นอีกรูปแบบหนึ่งที่พบกันคือ $P = c_1x_1 + c_2x_2 + \ldots + c_nx_n$
ภายใต้เงื่อนไขบังคับ $Ax \geqslant b$ ตัวอย่างเช่น

การหาค่าต่ำสุดของ $P = 2x_1 + 5x_2$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ $3x_1 + 5x_2 \geqslant 10$

$$3x_1 + 2x_2 \geqslant 6$$

$$x_1 \geqslant 0 , x_2 \geqslant 0$$

กำหนดให้ x เป็นเมตริกซ์ตัวแปร $x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}$

c เป็นเมตริกซ์ค่าคงตัว $c = \begin{bmatrix} c_1 & c_2 & \ldots & c_n \end{bmatrix}$

b เป็นเมตริกซ์ค่าคงตัว $b = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_m \end{bmatrix}$

A เป็นเมตริกซ์มิติ $m \times n$

y เป็นเมตริกซ์ของตัวแปร $y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_m \end{bmatrix}$

เราเรียกกำหนดการเชิงเส้น การหาค่าต่ำสุดของ $P = cx$
ภายใต้เงื่อนไขบังคับ $Ax \geqslant b$ และ $x \geqslant 0$ ——— (1)

ว่า <u>ปัญหาปฐมภูมิ</u> (primal problem)

และเรียกกำหนดการเชิงเส้น การหาค่าสูงสุดของ $P' = b^T y$
ภายใต้เงื่อนไขบังคับ $A^T y \leqslant c^T$ และ $y \geqslant 0$ ——— (2)

ว่า <u>ปัญหาคู่ควบ</u> (dual problem) ของปัญหาปฐมภูมิ

และในทางกลับกันเราเรียกปัญหา (1) ว่าเป็นปัญหาคู่ควบของ (2)

โดยทฤษฎีของวอน นอยมาน (Von Neumann's Duality principle) ถ้าค่าสูงสุดของปัญหาคู่ควบหาได้ แล้วจะได้ว่าค่านั้นคือค่าต่ำสุดของปัญหาปฐมภูมิ

ตัวอย่างที่ 8.1 จงหาปัญหาคู่ควบของกำหนดการเชิงเส้น

การหาค่าต่ำสุดของ $P = 50x_1 + 60x_2$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$7x_1 + 2x_2 \geqslant 14$$
$$3x_1 + 5x_2 \geqslant 20$$
$$6x_1 + 10x_2 \geqslant 30$$
$$x_1 \geqslant 0 \text{ และ } x_2 \geqslant 0$$

วิธีทำ

$$A = \begin{bmatrix} 7 & 2 \\ 3 & 5 \\ 6 & 10 \end{bmatrix}, \quad c = \begin{bmatrix} 50 & 60 \end{bmatrix}, \quad b = \begin{bmatrix} 14 \\ 20 \\ 30 \end{bmatrix}$$

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{bmatrix}$$

$$P' = b^T y = 14y_1 + 20y_2 + 30y_3$$

เพราะฉะนั้นปัญหาคู่ควบคือ

การหาค่าสูงสุดของ $P' = 14y_1 + 20y_2 + 30y_3$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ $7y_1 + 3y_2 + 6y_3 \leqslant 50$

$2y_1 + 5y_2 + 10y_3 \leqslant 60$

$y_1 \geqslant 0 , y_2 \geqslant 0 , y_3 \geqslant 0$

ซึ่งมีค่าสูงสุด $P' = 254.48$

เพราะฉะนั้นค่าต่ำสุดของ $P = 254.48$

เปรียบเทียบผลเฉลยของปัญหาคู่ควบของการหาค่าต่ำสุด

```
MIN      50 X1 + 60 X2
SUBJECT TO
        2)    7 X1 + 2 X2 >=    14
        3)    3 X1 + 5 X2 >=    20
        4)    6 X1 + 10 X2 >=    30
        5)    X1 >=    0
        6)    X2 >=    0
END

: GO
    LP OPTIMUM FOUND  AT STEP     3

         OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)          254.482800

VARIABLE          VALUE          REDUCED COST
       X1          1.034483           .000000
       X2          3.379310           .000000


   ROW       SLACK OR SURPLUS      DUAL PRICES
       2)          .000000         -2.413793
       3)          .000000        -11.034480
       4)        10.000000           .000000
       5)         1.034483           .000000
       6)         3.379310           .000000

NO. ITERATIONS=        3
```

```
 DO RANGE(SENSITIVITY) ANALYSIS?
? YES


   RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED

                             OBJ COEFFICIENT RANGES
VARIABLE         CURRENT        ALLOWABLE        ALLOWABLE
                  COEF          INCREASE         DECREASE
      X1       50.000000      160.000000        14.000000
      X2       60.000000       23.333330        45.714290

                             RIGHTHAND SIDE RANGES
     ROW         CURRENT        ALLOWABLE        ALLOWABLE
                   RHS          INCREASE         DECREASE
       2       14.000000       32.666660         6.000000
       3       20.000000       15.000000         5.000000
       4       30.000000       10.000000         INFINITY
       5         .000000        1.034483         INFINITY
       6         .000000        3.379310         INFINITY
```

กับปัญหาการหาค่าสูงสุด

```
MAX     14 Y1 + 20 Y2 + 30 Y3
SUBJECT TO
       2)   7 Y1 + 3 Y2 + 6 Y3 <=   50
       3)   2 Y1 + 5 Y2 + 10 Y3 <=   60
       4)   Y1 >=    0
       5)   Y2 >=    0
       6)   Y3 >=    0
END

: GO
    LP OPTIMUM FOUND  AT STEP      3

        OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)         254.482800

VARIABLE        VALUE          REDUCED COST
       Y1        2.413793           .000000
       Y2       11.034480           .000000
       Y3         .000000          9.999998
```

```
   ROW        SLACK OR SURPLUS      DUAL PRICES
       2)          .000000            1.034483
       3)          .000000            3.379310
       4)         2.413793             .000000
       5)        11.034480             .000000
       6)          .000000             .000000

NO. ITERATIONS=        3

 DO RANGE(SENSITIVITY) ANALYSIS?
? YES

   RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED

                              OBJ COEFFICIENT RANGES
VARIABLE          CURRENT         ALLOWABLE          ALLOWABLE
                   COEF            INCREASE           DECREASE
      Y1         14.000000        32.666660           6.000000
      Y2         20.000000        15.000000           4.999999
      Y3         30.000000         9.999998           INFINITY

                              RIGHTHAND SIDE RANGES
    ROW           CURRENT         ALLOWABLE          ALLOWABLE
                    RHS            INCREASE           DECREASE
       2         50.000000       160.000000          14.000000
       3         60.000000        23.333330          45.714280
       4           .000000         2.413793          INFINITY
       5           .000000        11.034480          INFINITY
       6           .000000          .000000          INFINITY
```

ค่าที่ต้องการหาจะเท่ากันคือ 254.4828

ตัวอย่างที่ 8.2 จงหาปัญหาคู่ควบของกำหนดการเชิงเส้น

จงหาค่าต่ำสุดของ $P = 15x_1 + 20x_2$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ $3x_1 + x_2 \geqslant 6$

$7x_1 - 2x_2 \geqslant 1$

$x_1 + 3x_2 \geqslant 4$

$x_1 \geqslant 0$ และ $x_2 \geqslant 0$

วิธีทำ $A = \begin{bmatrix} 3 & 1 \\ 7 & -2 \\ 1 & 3 \end{bmatrix}$, $c = \begin{bmatrix} 15 & 20 \end{bmatrix}$, $b = \begin{bmatrix} 6 \\ 1 \\ 4 \end{bmatrix}$

ให้ $y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{bmatrix}$

จะได้ปัญหาคู่ควบคือ

การหาค่าสูงสุดของ $P' = 6y_1 + 1y_2 + 4y_3$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ $3y_1 + 7y_2 + y_3 \leqslant 15$

$y_1 - 2y_2 + 3y_3 \leqslant 20$

$y_1 \geqslant 0\ ,\ y_2 \geqslant 0$

ปัญหาคู่ควบของ

```
MIN     15 X1 + 20 X2
SUBJECT TO
        2)    3 X1 + X2 >=    6
        3)    7 X1 - 2 X2 >=    1
        4)    X1 + 3 X2 >=    4
        5)    X1 >=    0
        6)    X2 >=    0
END
```

```
: GO
    LP OPTIMUM FOUND   AT STEP      3

         OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)          41.2500000

VARIABLE          VALUE          REDUCED COST
       X1          1.750000           .000000
       X2           .750000           .000000
```

```
ROW        SLACK OR SURPLUS       DUAL PRICES
     2)            .000000          -3.125000
     3)           9.749999            .000000
     4)            .000000          -5.625000
     5)           1.750000            .000000
     6)            .750000            .000000

NO. ITERATIONS=        3

 DO RANGE(SENSITIVITY) ANALYSIS?
? YES

   RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED

                           OBJ COEFFICIENT RANGES
VARIABLE          CURRENT          ALLOWABLE         ALLOWABLE
                   COEF            INCREASE          DECREASE
     X1          15.000000         45.000000          8.333333
     X2          20.000000         25.000000         15.000000

                           RIGHTHAND SIDE RANGES
  ROW             CURRENT          ALLOWABLE         ALLOWABLE
                    RHS            INCREASE          DECREASE
      2           6.000000          6.000000          3.391304
      3           1.000000          9.749999          INFINITY
      4           4.000000          6.000000          2.000000
      5            .000000          1.750000          INFINITY
      6            .000000           .750000          INFINITY
```

ศือกำหนดการเชิงเส้น

```
MAX     6 Y1 + Y2 + 4 Y3
SUBJECT TO
       2)   3 Y1 + 7 Y2 + Y3 <=   15
       3)   Y1 - 2 Y2 + 3 Y3 <=   20
       4)   Y1 >=   0
       5)   Y2 >=   0
END

: GO
   LP OPTIMUM FOUND  AT STEP      2

        OBJECTIVE FUNCTION VALUE

  1)        41.2500000
```

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
Y1	3.125000	.000000
Y2	.000000	9.749999
Y3	5.625000	.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	.000000	1.750000
3)	.000000	.750000
4)	3.125000	.000000
5)	.000000	.000000

NO. ITERATIONS= 2

DO RANGE(SENSITIVITY) ANALYSIS?
? YES

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED

OBJ COEFFICIENT RANGES

VARIABLE	CURRENT COEF	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
Y1	6.000000	6.000000	3.391304
Y2	1.000000	9.749999	INFINITY
Y3	4.000000	6.000000	2.000000

RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	15.000000	45.000000	8.333333
3	20.000000	25.000000	15.000000
4	.000000	3.125000	INFINITY
5	.000000	.000000	INFINITY

จะได้ค่าตอบที่ต้องการเป็น 41.25 เหมือนกัน

แบบฝึกหัด 8.

จงหาปัญหาคู่ควบของปัญหาต่อไปนี้ และทำการหาผลเฉลย

1. จงหาค่าสูงสุดของ $P = 5x_1 + 12x_2 + 4x_3$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$\begin{aligned} x_1 + 2x_2 + x_3 &\leq 5 \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 &\leq 2 \\ x_1, x_2, x_3 &\geq 0 \end{aligned}$$

2. จงหาค่าสูงสุดของ $P = 5x_1 + 6x_2$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$\begin{aligned} x_1 + 2x_2 &\leq 5 \\ x_1 + 5x_2 &\leq 3 \\ x_1, x_2 &\geq 0 \end{aligned}$$

3. จงหาค่าสูงสุดของ $P = 3x_1 + 2x_2 + 5x_3$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$\begin{aligned} x_1 + 2x_2 + x_3 &\leq 500 \\ 3x_1 \qquad + 2x_3 &\leq 460 \\ x_1 + 4x_2 \qquad &\leq 420 \\ x_1, x_2, x_3 &> 0 \end{aligned}$$

4. จงหาค่าสูงสุดของ $P = x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 4x_4$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$\begin{aligned} x_1 + x_2 + x_3 + 3x_4 &\leq 500 \\ 6x_1 + 7x_2 + 3x_3 + 5x_4 &\leq 560 \\ 12x_1 + 9x_2 + 9x_3 + 9x_4 &\leq 550 \\ x_1, x_2, x_3, x_4 &\geq 0 \end{aligned}$$

5. จงหาค่าต่ำสุดของ $P = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$
\begin{aligned}
x_1 & \geq 4 \\
x_1 + x_2 & \geq 8 \\
x_2 + x_3 & \geq 10 \\
x_3 + x_4 & \geq 7 \\
x_4 + x_5 & \geq 12 \\
x_5 + x_6 & \geq 4 \\
x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6 & \geq 0
\end{aligned}
$$

6. จงหาค่าต่ำสุดของ $P = 5x_1 + 6x_2 + 3x_3$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$
\begin{aligned}
5x_1 + 5x_2 + 3x_3 & \geq 50 \\
x_1 + x_2 - x_3 & \geq 20 \\
2x_1 + 4x_2 - 15x_3 & \geq 10 \\
12x_1 + 10x_2 & \geq 90 \\
x_2 - 10x_3 & \geq 20 \\
7x_1 + 6x_2 - 9x_3 & \geq 30 \\
5x_1 + 5x_2 + 5x_3 & \geq 50 \\
x_1, x_2, x_3 & \geq 0
\end{aligned}
$$

7. จงหาค่าสูงสุดของ $P = 2x_1 + x_2 + 5x_3 + 6x_4$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$
\begin{aligned}
2x_1 + x_3 + x_4 & \leq 8 \\
2x_1 + 2x_2 + x_3 + 2x_4 & \leq 12 \\
x_1, x_2, x_3, x_4 & \geq 0
\end{aligned}
$$

9. การวิเคราะห์ความไว

การวิเคราะห์ความไวในส่วนของ OBJ COEFFICIENT RANGES เป็นการวิเคราะห์เกี่ยวกับเงื่อนไขขอบเขตบนและขอบเขตล่างของสัมประสิทธิ์ $c_1, c_2, \ldots, c_n$ จากฟังก์ชันจุดประสงค์

$$P = c_1x_1 + c_2x_2 + \ldots + c_nx_n$$

เพื่อวิเคราะห์ดูว่า $c_1, c_2, \ldots, c_n$ สามารถเปลี่ยนแปลงค่าอยู่ในช่วงเท่าใดได้บ้าง โดยที่จุดที่ให้ค่าต่ำสุดหรือสูงสุดของฟังก์ชันจุดประสงค์เป็นจุดเดิม เช่นจากตัวอย่างที่ ๙.1

ตัวอย่างที่ 9.1

ปัญหากำหนดการเชิงเส้นและผลเฉลย

```
MIN    10 X1 + 12 X2
SUBJECT TO
       2)   X1 + X2 >=   3
       3)   X1 + 2 X2 >=   4
       4)   X1 >=   0
       5)   X2 >=   0
END

: GO
    LP OPTIMUM FOUND  AT STEP      2

         OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)          32.0000000

VARIABLE          VALUE          REDUCED COST
       X1          2.000000           .000000
       X2          1.000000           .000000
```

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	.000000	-8.000000
3)	.000000	-2.000000
4)	2.000000	.000000
5)	1.000000	.000000

NO. ITERATIONS= 2

DO RANGE(SENSITIVITY) ANALYSIS?
? YES

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED

		OBJ COEFFICIENT RANGES	
VARIABLE	CURRENT COEF	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
X1	10.000000	2.000000	4.000000
X2	12.000000	8.000000	2.000000

		RIGHTHAND SIDE RANGES	
ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	3.000000	1.000000	1.000000
3	4.000000	2.000000	1.000000
4	.000000	2.000000	INFINITY
5	.000000	1.000000	INFINITY

สรุป $P = 10x_1 + 12x_2$ มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 32 เมื่อ $x_1 = 2$ และ $x_2 = 1$

ความหมายของ OBJ COEFFICIENT RANGES เป็นดังนี้

ผลจากการวิเคราะห์ความไวจาก 1 สรุปได้ว่า เมื่อ

ฟังก์ชันจุดประสงค์ $P = 10x_1 + 12x_2$

เมื่อพิจารณา $P = c_1x_1 + c_2x_2$

จะได้ว่า

ทุกค่า c_1 ที่ $c_1 \in [10-4, 10+2] = [6,12]$

ทุกค่า c_2 ที่ $c_2 \in [12-2, 12+8] = [10,20]$

ฟังก์ชันจุดประสงค์ $P = c_1x_1 + c_2x_2$ จะมีค่าต่ำสุดที่จุด (2,1)

ตัวอย่างที่ 9.2 จากปัญหาในตัวอย่างที่ 9.1 เราเปลี่ยนฟังก์ชันจุดประสงค์เป็น

$P = 12x_1 + 15x_2$ ดังนี้

```
: ALT 1
VAR:
X1
NEW COEFFICIENT:
? 12
: ALT 1
VAR:
X2
NEW COEFFICIENT:
? 15
: LOOK ALL

MIN      12 X1 + 15 X2
SUBJECT TO
        2)    X1 + X2 >=    3
        3)    X1 + 2 X2 >=    4
        4)    X1 >=    0
        5)    X2 >=    0
END

: GO
    LP OPTIMUM FOUND  AT STEP      0

           OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)          39.0000000

VARIABLE          VALUE          REDUCED COST
       X1          2.000000           .000000
       X2          1.000000           .000000

   ROW      SLACK OR SURPLUS      DUAL PRICES
       2)           .000000        -9.000000
       3)           .000000        -3.000000
       4)          2.000000          .000000
       5)          1.000000          .000000

NO. ITERATIONS=       0

 DO RANGE(SENSITIVITY) ANALYSIS?
? YES
```

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED

OBJ COEFFICIENT RANGES

VARIABLE	CURRENT COEF	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
X1	12.000000	3.000000	4.500000
X2	15.000000	9.000000	3.000000

RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	3.000000	1.000000	1.000000
3	4.000000	2.000000	1.000000
4	.000000	2.000000	INFINITY
5	.000000	1.000000	INFINITY

จะเห็นได้ว่า $P = 10x_1 + 12x_2$ จากตัวอย่างที่ 9.1

และ $P = 12x_1 + 15x_2$

มีค่าต่ำสุดที่จุด $x_1 = 2$ และ $x_2 = 1$ เหมือนกัน

ตัวอย่างที่ 9.3 จากปัญหาในตัวอย่างที่ 9.1 เราเปลี่ยนฟังก์ชันจุดประสงค์เป็น

การหาค่าต่ำสุดของ $P = 7x_1 + 11x_2$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับคงเดิมจะได้ผลดังนี้

```
MIN      7 X1 + 11 X2
SUBJECT TO
       2)    X1 + X2 >=    3
       3)    X1 + 2 X2 >=    4
       4)    X1 >=    0
       5)    X2 >=    0
END

: GO
    LP OPTIMUM FOUND   AT STEP     2

        OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)          25.0000000

VARIABLE          VALUE          REDUCED COST
      X1         2.000000            .000000
      X2         1.000000            .000000
```

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	.000000	-3.000000
3)	.000000	-4.000000
4)	2.000000	.000000
5)	1.000000	.000000

NO. ITERATIONS= 2

DO RANGE(SENSITIVITY) ANALYSIS?
? YES

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED

OBJ COEFFICIENT RANGES

VARIABLE	CURRENT COEF	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
X1	7.000000	4.000000	1.500000
X2	11.000000	3.000000	4.000000

RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	3.000000	1.000000	1.000000
3	4.000000	2.000000	1.000000
4	.000000	2.000000	INFINITY
5	.000000	1.000000	INFINITY

จากตัวอย่างที่ 9.1 - 9.3 จะเห็นได้ว่า

$P = 10x_1 + 12x_2$ มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 32

$P = 12x_1 + 15x_2$ มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 39

และ $P = 7x_1 + 11x_2$ มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 25

ณ จุดที่ค่าตัวแปร $x_1 = 2$ และ $x_2 = 1$ เหมือนกัน

การวิเคราะห์ความไวในส่วนของ RIGHTHAND SIDE RANGE เป็นการวิเคราะห์เกี่ยวกับ เงื่อนไขขอบเขตบนและขอบเขตล่างของค่าคงตัวทางด้านขวามือของเงื่อนไขบังคับ ซึ่งจะมีความหมายคล้ายกับการวิเคราะห์ความไวแบบ OBJ COEFFICIENT RANGES ของปัญหาคู่ควบ กับปัญหากำหนดการเชิงเส้นที่เราทำการวิเคราะห์ขณะนั้น

ต่อไปเพื่อให้เข้าใจความหมายของ RIGHTHAND SIDE RANGES ขอให้พิจารณาจากตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 9.4

```
MIN      16 X1 + 14 X2
SUBJECT TO
        2)    10 X1 + 4 X2 >=   124
        3)    3 X1 + 5 X2 >=   60
        4)    X1 >=    0
        5)    X2 >=    0
END

: SAVE LP94
: GO
    LP OPTIMUM FOUND  AT STEP    2

         OBJECTIVE FUNCTION VALUE

  1)         244.000000

VARIABLE          VALUE            REDUCED COST
       X1         10.000000              .000000
       X2          6.000000              .000000

    ROW        SLACK OR SURPLUS      DUAL PRICES
       2)            .000000          -1.000000
       3)            .000000          -2.000000
       4)          10.000000            .000000
       5)           6.000000            .000000

NO. ITERATIONS=      2

 DO RANGE(SENSITIVITY) ANALYSIS?
? YES

   RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED

                              OBJ COEFFICIENT RANGES
VARIABLE          CURRENT          ALLOWABLE         ALLOWABLE
                   COEF            INCREASE          DECREASE
      X1         16.000000         19.000000          7.600000
      X2         14.000000         12.666670          7.600000
```

RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	124.000000	75.999990	76.000000
3	60.000000	95.000000	22.800000
4	.000000	10.000000	INFINITY
5	.000000	6.000000	INFINITY

ตัวอย่างที่ 9.5

```
MAX      124 Y1 + 60 Y2
SUBJECT TO
        2)    10 Y1 + 3 Y2 <=    16
        3)    4 Y1 + 5 Y2 <=    14
        4)    Y1 >=    0
        5)    Y2 >=    0
END


: GO
   LP OPTIMUM FOUND  AT STEP      2

          OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)          244.000000

VARIABLE          VALUE           REDUCED COST
       Y1          1.000000            .000000
       Y2          2.000000            .000000


   ROW       SLACK OR SURPLUS     DUAL PRICES
       2)          .000000          10.000000
       3)          .000000           6.000000
       4)         1.000000            .000000
       5)         2.000000            .000000

NO. ITERATIONS=       2

 DO RANGE(SENSITIVITY) ANALYSIS?
? YES


   RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED
```

OBJ COEFFICIENT RANGES

VARIABLE	CURRENT COEF	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
Y1	124.000000	75.999990	76.000000
Y2	60.000000	95.000000	22.800000

RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	16.000000	19.000000	7.600000
3	14.000000	12.666670	7.600000
4	.000000	1.000000	INFINITY
5	.000000	2.000000	INFINITY

ปัญหากำหนดการเชิงเส้นในตัวอย่างที่ 9.4 และ 9.5 เป็นปัญหาคู่ควบซึ่งกันและกัน จะเห็นได้ว่า ข้อสรุปของ OBJ COEFFICIENT RANGES จากตัวอย่างที่ 9.4 เหมือนกับการสรุปผลของ RIGHTHAND SIDE RANGES ของตัวอย่างที่ 9.5 นั่นคือหากเราทำการหาผลเฉลยเฉพาะปัญหาตัวอย่างที่ 9.4 ก็จะสรุปผลของปัญหาคู่ควบ

```
MAX      124 Y1 + 60 Y2
SUBJECT TO
        2)    10 Y1 + 3 Y2 <=    16
        3)    4 Y1 + 5 Y2 <=    14
        4)    Y1 >=    0
        5)    Y2 >=    0
END
```

ได้

นั่นคือ $b_1y_1 + b_2y_2$ จะมีค่าสูงสุดที่จุดเดียวกัน เมื่อ

$$b_1 \in [124-76, 124+76] = [48, 200]$$

หรือ $$b_2 \in [60-22.8, 60+95] = [37.2, 155]$$

แบบฝึกหัด 9.

จงทำการวิเคราะห์ความไวของปัญหากำหนดการเชิงเส้นต่อไปนี้

1. จงหาค่าสูงสุดของ $P = 55x + 50y$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$\begin{aligned} x + 2y &\leqslant 84 \\ x + y &\leqslant 50 \\ 3x + y &\leqslant 120 \\ x \geqslant 0,\ y &\geqslant 0 \end{aligned}$$

2. จงหาค่าต่ำสุดของ $P = 14x + 15y$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$\begin{aligned} 6x + 5y &\geqslant 80 \\ 32x + 36y &\geqslant 500 \\ x \geqslant 0,\ y &\geqslant 0 \end{aligned}$$

3. จงหาค่าสูงสุดของ $P = 2x_1 + 3x_2 + x_3$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$\begin{aligned} x_1 + 4x_2 + 3x_3 &\leqslant 2 \\ 2x_1 + 5x_2 + 4x_3 &\leqslant 6 \\ x_1, x_2, x_3 &\geqslant 0 \end{aligned}$$

4. จงหาค่าสูงสุดของ $P = 3x_1 + 4x_2 + 5x_3$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$\begin{aligned} 8x_1 + 9x_2 + 14x_3 &\leqslant 156 \\ 32x_1 + 29x_2 + 14x_3 &\leqslant 372 \\ x_1 + 2x_2 &\leqslant 16 \\ x_1, x_2, x_3 &\geqslant 0 \end{aligned}$$

5. จงหาค่าสูงสุดของ $P = x_1 + 2x_2 + 3x_3$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$\begin{aligned} x_1 + x_2 + x_3 &\leqslant 5 \\ x_2 + 2x_3 &\leqslant 6 \\ 4x_1 + x_2 + 6x_3 &\leqslant 18 \\ 5x_1 + 3x_2 + 4x_3 &\leqslant 19 \\ x_1, x_2, x_3 &\geqslant 0 \end{aligned}$$

6. จงหาค่าสูงสุดของ $P = x_1 + x_2 + 3x \ + x_4$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$\begin{aligned} x_1 + 2x_2 + x_3 &\leqslant 1000 \\ x_2 + x_3 + 2x_4 &\leqslant 1200 \\ x_3 + 4x_4 &\leqslant 1500 \\ x_1, x_2, x_3, x_4 &\geqslant 0 \end{aligned}$$

7. จงหาค่าต่ำสุดของ $P = x_1 + x_2 + 4x_3$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$\begin{aligned} x_1 + x_2 &\geqslant 120 \\ 4x_2 + x_3 &\geqslant 150 \\ x_1 + 4x_3 &\geqslant 100 \\ x_1, x_2, x_3 &\geqslant 0 \end{aligned}$$

8. จงหาค่าต่ำสุดของ $P = 60x_1 + 55x_2 + 40x_3$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$\begin{aligned} x_1 + x_2 + 4x_3 &\geqslant 2400 \\ 3x_1 + 4x_2 + x_3 &\geqslant 4800 \\ x_1 + 6x_2 + 5x_3 &\geqslant 5600 \\ x_1, x_2, x_3 &\geqslant 0 \end{aligned}$$

จงหาปัญหาคู่ควบและทำการวิเคราะห์ความไวของปัญหา

๙. การหาค่าสูงสุดของ $P = 4x + 5y$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$
\begin{aligned}
x + 12y &\leqslant 125 \\
3x + 4y &\leqslant 245 \\
x + 3y &\leqslant 100 \\
x \geqslant 0,\ y &\geqslant 0
\end{aligned}
$$

10. จงหาค่าสูงสุดของ $P = x_1 + 4x_2 + 5x_3$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$
\begin{aligned}
4x_1 + 5x_2 + x_3 &\leqslant 2500 \\
x_1 + 4x_2 + 5x_3 &\leqslant 1250 \\
3x_1 + x_2 + x_3 &\leqslant 1000 \\
x_1, x_2, x_3 &\geqslant 0
\end{aligned}
$$

11. จงหาค่าสูงสุดของ $P = x_1 + 2x_2 + 2x_3 + x_4$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$
\begin{aligned}
x_1 + x_2 + x_3 &\leqslant 1000 \\
x_1 + 2x_3 + x_4 &\leqslant 1200 \\
x_1 + 4x_3 + 4x_4 &\leqslant 1500 \\
2x_1 + 2x_2 + 3x_3 + x_4 &\leqslant 2000 \\
x_1, x_2, x_3, x_4 &\geqslant 0
\end{aligned}
$$

12. จงหาค่าสูงสุดของ $P = 3x_1 + 4x_2 + x_3 + 4x_4 + 2x_5$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$
\begin{aligned}
x_1 + 2x_2 + x_3 \qquad\qquad &\leqslant 100 \\
x_2 + 4x_3 + x_4 \qquad &\leqslant 150 \\
x_3 + x_4 + 4x_5 &\leqslant 200 \\
x_1 + 4x_2 \qquad\qquad + x_5 &\leqslant 300 \\
x_2 + \quad + 4x_4 + x_5 &\leqslant 250 \\
x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 &\geqslant 0
\end{aligned}
$$

13. จงหาค่าสูงสุดของ $P = x + 4y + 3z + w$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$
\begin{aligned}
4x + 3y + z \qquad\qquad &\leqslant 150 \\
x + 2y + 4z \qquad\qquad &\leqslant 420 \\
y + 4z + 3w &\leqslant 650 \\
x + y + 3z + 12w &\leqslant 400 \\
x, y, z, w &\geqslant 0
\end{aligned}
$$

10. การใช้งานคำสั่งบางคำสั่งใน LINDO

ในโปรแกรม LINDO มีคำสั่งอื่นๆ อีกมากมายที่เตรียมไว้ให้เราใช้งานเพื่อสอดคล้องและเหมาะสม เช่น ใช้ LINDO เพื่อหาคำตอบค่าสูงสุด, ต่ำสุด อย่างเดียวเท่านั้น หรือสนใจการคิดคำนวณในรูปแบบของตารางซิมเพลกซ์, ... เราสามารถดูหมวดหมู่ของคำสั่งใน LINDO โดยใช้คำสั่ง CAT

```
: CAT
```

จะได้ผลดังนี้

```
LINDO COMMANDS BY CATEGORY.  FOR INFORMATION
 ON A SPECIFIC COMMAND,  TYPE:  HELP  FOLLOWED BY
 THE COMMAND NAME.

  1)INFORMATION

  2)INPUT

  3)DISPLAY

  4)FILE OUTPUT

  5)SOLUTION

  6)PROBLEM EDITTING

  7)QUIT

  8)INTEGER, QUADRATIC,  AND PARAMETRIC PROGRAMS

  9)CONVERSATIONAL PARAMETERS

 10)USER SUPPLIED ROUTINES

 11)MISCELLANEOUS
WHICH CATEGORY IS OF INTEREST(1 TO 11)?
```

ขณะนี้ LINDO ถามเราว่าสนใจหมวดใดให้ตอบเป็นตัวเลข เช่น

```
? 1
THE COMMANDS IN THIS CATEGORY ARE:
     HELP    COM     CAT
WHICH CATEGORY IS OF INTEREST(1 TO 11)?
? 2
THE COMMANDS IN THIS CATEGORY ARE:
     MAX     MIN     RETR    TAKE    LEAV
WHICH CATEGORY IS OF INTEREST(1 TO 11)?
? END
```

เมื่อไม่ต้องการดูต่อให้ตอบ END แล้วกด ENTER

ใน LINDO ยังมีคำสั่ง COM ที่บอกกลุ่มคำสั่งแบบเดียวกับ CAT นอกจากนั้นยังบอกด้วยว่าในกลุ่มคำสั่งนั้นมีคำสั่งย่อยอะไรบ้าง

```
: COM
```

ผลบนจอภาพคือ

```
LINDO COMMANDS BY CATEGORY.  FOR INFORMATION
 ON A SPECIFIC COMMAND,  TYPE:  HELP  FOLLOWED BY
 THE COMMAND NAME.

  1)INFORMATION
     HELP    COM     CAT

  2)INPUT
     MAX     MIN     RETR    TAKE    LEAV

  3)DISPLAY
     PIC     TABL    LOOK    NONZ    SHOC    SOLU    RANGE  BPIC

  4)FILE OUTPUT
     SAVE    DIVE    RVRT    SDBC

  5)SOLUTION
     GO      PIV

  6)PROBLEM EDITTING

     ALT     EXT     DEL     SUB     APPC
```

7) QUIT
   QUIT

8) INTEGER, QUADRATIC, AND PARAMETRIC PROGRAMS
   INT PARA BIP

9) CONVERSATIONAL PARAMETERS
   WIDTH TERS VERB BAT PAGE

10) USER SUPPLIED ROUTINES

11) MISCELLANEOUS
   INV STAT

คำสั่งที่บอกหน้าที่ของคำสั่งใน LINDO เช่น MAX, GO, ... คือคำสั่ง HELP นั่นคือเมื่อเราสนใจรายละเอียดของคำสั่งให้พิมพ์ HELP แล้วตามด้วยชื่อคำสั่งนั้นตัวอย่างเช่น

```
: HELP MAX
MAX/MIN COMMANDS
SYNTAX:  ENTER "MAX" OR "MIN" FOLLOWED BY THE FIRST ROW (OBJECTIVE
         FUNCTION) IN NATURAL FORMAT.
         THEN ENTER "SUBJECT TO" (ABBR: "ST") FOLLOWED BY ALL
         THE OTHER ROWS(CONSTRAINTS).
         THEN ENTER "END" TO RETURN TO COMMAND MODE.

USE:  TO CREATE A COMPLETE PROBLEM FORMULATION CONSISTING OF AN
      OBJECTIVE FUNCTION THAT WILL BE MAX- OR MIN-IMIZED SUBJECT
       TO THE LIST OF CONSTRAINTS.

NOTES:  VARIABLE NAMES MAY BE FROM 1 TO  8 ALPHANUMERIC CHARACTERS, AND MUST
          BEGIN WITH A LETTER.
        COEFFICIENTS MAY NOT BE IN EXPONENTIAL FORM.  I.E.,
          COEFFICIENTS LIKE .258E+29 ARE NOT ALLOWED.
        THE SIGNIFICANT DIGITS IN ANY COEFFICIENT IS APPROX. 6.5 DIGITS.
        BLANKS:  THE KEYWORDS ("MAX","ST","END"...) AND THE ROWS MUST
                   ALL BE SEPARATED BY ONE OR MORE BLANKS.
                 BLANKS MAY BE INCLUDED WITHIN A ROW, BUT MAY NOT BE
                   IMBEDDED IN VARIABLE NAMES OR COEFFICIENTS.
                 A CARRIAGE RETURN IS EQUIVALENT TO A BLANK.

FOLLOWING ARE TWO LEGITIMATE WAYS OF ENTERING THE SAME PROBLEM:

1)  MIN    2X+3Y    SUBJECT TO -5X-2Z<=10
    +10X - Y >5   END

2)  MIN   2X + 3 Y
    ST  -5X-2Z
        < 10
        10X -Y>+5
    END

: HELP QUIT
QUIT COMMAND
USE:  TO LEAVE THE LINDO PACKAGE.  ANY UNSAVED FORMULATION
      WILL BE LOST.
```

ในการศึกษาคำสั่งต่อไปขอให้บันทึกกำหนดการเชิงเส้นนี้ไว้ในแผ่น diskette โดยให้ชื่อว่า EXAM1.LIN ตัวอย่างกำหนดการเชิงเส้นที่ใช้ คือ

จงหาค่าสูงสุดของ $P = 5x_1 + 6x_2$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$4x_1 + 7x_2 \leqslant 56$$
$$14x_1 + 8x_2 \leqslant 130$$
$$x_1 \geqslant 0$$
$$x_2 \geqslant 0$$

หมายเหตุ $x_1 \geqslant 0$ และ $x_2 \geqslant 0$ ไม่ต้องพิมพ์เข้าสู่ระบบ LINDO เพราะว่าสำหรับตัวแปรใด ถ้าไม่มีกำหนดค่าต่ำสุดไว้ LINDO จะกำหนดให้มากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ให้

ต่อไปเราจะเริ่มจากนำกำหนดการเชิงเส้น EXAM1.LIN จากแผ่น diskette เข้าสู่ระบบ LINDO

```
: RETR EXAM1.LIN
: LOOK ALL

MAX      5 X1 + 6 X2
SUBJECT TO
        2)    4 X1 + 7 X2 <=     56
        3)    14 X1 + 8 X2 <=    130
END
```

วิเคราะห์หาผลเฉลยกันอีกที

```
: GO
   LP OPTIMUM FOUND  AT STEP      2

         OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)          59.0000000

VARIABLE          VALUE          REDUCED COST
       X1          7.000000             .000000
       X2          4.000000             .000000
```

```
  ROW        SLACK OR SURPLUS       DUAL PRICES
       2)              .000000           .666667
       3)              .000000           .166667

NO. ITERATIONS=        2

 DO RANGE(SENSITIVITY) ANALYSIS?
? NO
```

สำหรับกำหนดการเชิงเส้นที่มีผลเฉลยจากคำสั่ง GO หากเราต้องการดูผลเฉลยอีกโดยไม่ต้องให้ LINDO คำนวณให้ใหม่ต้องใช้คำสั่ง SOLU

```
: SOLU

          OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)           59.0000000

VARIABLE          VALUE          REDUCED COST
       X1          7.000000           .000000
       X2          4.000000           .000000

  ROW        SLACK OR SURPLUS       DUAL PRICES
       2)              .000000           .666667
       3)              .000000           .166667

NO. ITERATIONS=        2
```

ใน LINDO มีชุดคำสั่งที่เป็นโปรแกรมอยู่ 2 แบบคือ

1. ชุดคำสั่งที่เป็นกำหนดการเชิงเส้น
2. ชุดคำสั่งที่เป็นการนำคำสั่งของ LINDO มาทำงานต่อเนื่องกัน

ตัวอย่างเช่น

RETR EXAM1.LIN	(นำโปรแกรมเข้า)
LOOK ALL	(แสดงกำหนดการเชิงเส้น)
TABL	(แสดงผลเป็นตาราง)
LEAV	(เป็นคำสั่งแสดงว่าจบการทำงาน)

การสร้างโปรแกรม 4 บรรทัด สามารถสร้างในระบบ DOS ด้วยโปรแกรมอีดิเตอร์อื่นๆ หรือจะใช้ COPY ก็ได้ เช่น

```
A > COPY CON PROGRAM1.PRG ↵
RETR EXAM1.LIN ↵
LOOK ALL ↵
TABL ↵
LEAV ↵
```

ต่อไปให้กด [F6] แล้วกด ENTER

ขณะนี้เราได้โปรแกรมชุดคำสั่งของ LINDO แล้วมีชื่อว่า PROGRAM1.PRG ชุดคำสั่งของ LINDO แบบนี้เราจะสั่งให้ทำงานในระบบ LINDO ต้องใช้คำสั่ง TAKE แล้วตามด้วยชื่อดังนี้

```
: TAKE PROGRAM1.PRG

MAX      5 X1 + 6 X2
SUBJECT TO
       2)    4 X1 + 7 X2 <=   56
       3)    14 X1 + 8 X2 <=   130
END

THE TABLEAU
    ROW   (BASIS)         X1         X2   SLK    2  SLK    3

      1 ART           -5.000     -6.000      .000      .000      .000

      2 SLK     2      4.000      7.000     1.000      .000    56.000

      3 SLK     3     14.000      8.000      .000     1.000   130.000

ART     ART           -5.000     -6.000      .000      .000      .000
```

จากผลบนจอภาพจะเห็นได้ว่า LINDO ได้นำแฟ้มโปรแกรม PROGRAM1.PRG ขึ้นมาจากแผ่น diskette แล้วทำงานตามคำสั่ง RETR, LOOK และ TABL ต่อเนื่องกันไป

หมายเหตุ ถ้าเราต้องการให้ LINDO แสดงคำสั่งที่ทำงานทุกครั้ง ต้องใช้คำสั่ง BAT

: BAT ↵

ผลของคำสั่งจะทำให้ LINDO มีการแสดงคำสั่งทุกครั้งก่อนลงมือทำงานจริง

กำหนดการเชิงเส้นใน LINDO มีโครงสร้างเป็นแถวและหลัก ดังนั้นจึงมีคำสั่งให้แสดงผลเป็นหลักได้ คำสั่งนั้นคือ SHOC

ก่อนอื่นเอากำหนดการ EXAM1.LIN ขึ้นมาจากแผ่น diskette

```
: RETR EXAM1.LIN
: LOOK ALL

MAX      5 X1 + 6 X2
SUBJECT TO
       2)    4 X1 + 7 X2 <=    56
       3)    14 X1 + 8 X2 <=    130
END
```

ลองมาดูผลของ SHOC 1 กัน

```
: SHOC 1
      ROW       COEF.          DUAL-PRICE
        1        5.00000          1.00000
        2        4.00000          4.00000
        3        14.0000          14.0000
```

เพราะว่าหลักที่ 1 ตรงกับตัวแปร x_1 ดังนั้น LINDO จึงแสดงผลของสัมประสิทธิ์ของ x_1 ในแถวต่างๆ มาให้

ต่อไปเราจะดูว่าผลของ SHOW 1 หลังจากคำนวณเสร็จแล้ว

```
: GO
    LP OPTIMUM FOUND   AT STEP      2

         OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)          59.0000000
```

```
VARIABLE          VALUE          REDUCED COST
      X1        7.000000            .000000
      X2        4.000000            .000000

   ROW      SLACK OR SURPLUS     DUAL PRICES
      2)         .000000            .666667
      3)         .000000            .166667

NO. ITERATIONS=        2

 DO RANGE(SENSITIVITY) ANALYSIS?
? NO
```

ทีนี้ลอง SHOC 1 ใหม่

```
: SHOC 1
     ROW      COEF.          DUAL-PRICE
      1      5.00000          1.00000
      2      4.00000           .666667
      3      14.0000           .166667

VALUE=   7.00000     REDUCED COST=   .000000
```

จะเห็นว่า เมื่อกำหนดการเชิงเส้นนั้นมีคำตอบแล้ว จะแสดงค่าของ x_1 ที่เป็นคำตอบที่ต้องการด้วย ต่อไปลอง SHOC 2 จะได้ผลดังนี้

```
: SHOC 2
     ROW      COEF.          DUAL-PRICE
      1      6.00000          1.00000
      2      7.00000           .666667
      3      8.00000           .166667

VALUE=   4.00000     REDUCED COST=   .000000
```

ถ้าเราสนใจในการแก้ปัญหากำหนดการเชิงเส้นของ LINDO ว่ามีการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรเข้า ตัวแปรออก มูลฐานที่ใช้คำนวณเราสามารถตรวจสอบได้โดยใช้คำสั่ง BPIC ในที่นี้ขอให้นำปัญหา EXAM1.LIN ขึ้นมาใหม่แล้วลองใช้คำสั่ง

```
: RETR EXAM1.LIN
: BPIC

COLUMN                       ROW
         123
ART      :
ART      :
```

เนื่องจากยังไม่มีการคำนวณ ผลของคำสั่ง BPIC จึงยังไม่บอกผลของการเปลี่ยนแปลง

ต่อไปลองสั่งคำนวณด้วย GO แล้วจึง BPIC ใหม่

```
: GO
    LP OPTIMUM FOUND  AT STEP      2

         OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)          59.0000000

VARIABLE            VALUE           REDUCED COST
       X1          7.000000             .000000
       X2          4.000000             .000000


   ROW       SLACK OR SURPLUS      DUAL PRICES
    2)            .000000             .666667
    3)            .000000             .166667

NO. ITERATIONS=          2

 DO RANGE(SENSITIVITY) ANALYSIS?
? NO
```

ผลของคำสั่ง BPIC นี้จะบอกถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างคำนวณ

```
: BPIC

COLUMN                       ROW
         123
      X2:-++
      X1:-++
```

ต่อไปลองดูความหมายของ BPIC ใน LINDO ด้วย HELP BPIC บ้าง

```
: HELP BPIC
BPICTURE COMMAND
  PRINTS LOGICAL PICTURE OF CURRENT BASIS USING ROW ORDER OF
  LAST INVERT/TRIANGULARIZATION.
```

การแสดงโครงสร้างของกำหนดการเชิงเส้นใน LINDO นอกจาก LOOK, TABL ยังมีคำสั่ง

PIC แต่ผลของคำสั่งนี้เป็นการแสดงรูปแบบอย่างย่อเช่น

```
: RETR EXAM1.LIN
: LOOK ALL

MAX      5 X1 + 6 X2
SUBJECT TO
       2)    4 X1 + 7 X2 <=   56
       3)   14 X1 + 8 X2 <=   130
END
```

ลองให้แสดงผลอย่างย่อด้วย PIC

```
: PIC
          X X
          1 2

       1: 5 6 MAX
       2: 4 7 < B
       3: B 8'< C
```

ในที่นี้จะเห็นว่าย่อลงโดยนำเฉพาะสัมประสิทธิ์มาแสดง นอกจากนั้นตัวเลขบางตัวเช่น 56

ก็ถูกย่อเป็น B

ถ้าอยากรู้ความหมายของตัว C หรือตัวอื่นๆ ที่มีใน LINDO ต้องใช้คำสั่ง HELP PIC

```
: HELP PIC
PICTURE COMMAND
 AN ABBREVIATED PICTURE OF THE COEFFICIENTS OF
 THE LP ARE PRINTED IN MATRIX FORM.  IT IS USEFUL
 FOR DEBUGGING A FORMULATION.  THE FOLLOWING LETTER CODE
 IS USED TO REPRESENT NUMBERS:
Z       .000000 THRU          .000001
Y       .000001 THRU          .000009
X       .000010 THRU          .000099
W       .000100 THRU          .000999
V       .001000 THRU          .009999
U       .010000 THRU          .099999
T       .100000 THRU          .999999
A      1.000001 THRU        10.000000
B     10.000001 THRU       100.000000
C    100.000001 THRU      1000.000000
D   1000.000001 THRU     10000.000000
E  10000.000001 THRU    100000.000000
F 100000.000001 THRU   1000000.000000
G                    > 1000000
```

การทำงานกับโปรแกรม LINDO เรานำผลการคำนวณต่างๆ ที่ปรากฏบนจอภาพ บันทึกลงสู่แฟ้มข้อมูลในแผ่น diskette ได้ทันที โดยใช้คำสั่ง DIVE

ตัวอย่างเช่น เราต้องการบันทึกผลการคำนวณลงแฟ้ม REPORT1.TXT ในแผ่น diskette ต้องสั่ง

```
: DIVE REPORT1.TXT

: LOOK ALL
```

พอ ENTER แล้วจอภาพจะขึ้น LINDO PROMPT (:) ทันที เนื่องจากผลที่เคยพิมพ์บนจอภาพกลายเป็นพิมพ์ลงแผ่น diskette แล้ว

ต่อไปลองคำสั่ง GO และวิเคราะห์ความไวด้วย

```
: GO
  LP OPTIMUM FOUND   AT STEP      2

         OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)           59.0000000

 DO RANGE(SENSITIVITY) ANALYSIS?
? YES
```

จะเห็นได้ว่าผลลัพธ์ต่างๆ ที่เคยพิมพ์ออกมาบนจอภาพน้อยลงไป ซึ่งความจริงแล้วผลลัพธ์จากคำสั่ง GO ถูกพิมพ์ในแฟ้ม REPORT1.TXT แล้ว

ต่อไปลอง TABL บ้าง

```
: TABL
```

พอ ENTER ก็ขึ้น : อีก

การยกเลิกผลของคำสั่ง DIVE เราต้องใช้คำสั่ง RVRT

```
: RVRT
```

ลองออกจากระบบ LINDO เพื่อไปดูผลในแฟ้ม

```
: QUIT
```

เมื่อเข้าสู่ระบบ DOS แล้วการดูข้อความในแฟ้ม REPORT1.TXT ทำได้ดังนี้

```
A>TYPE REPORT1.TXT

MAX      5 X1 + 6 X2
SUBJECT TO
       2)    4 X1 + 7 X2 <=    56
       3)    14 X1 + 8 X2 <=   130
END

    LP OPTIMUM FOUND  AT STEP      2

         OBJECTIVE FUNCTION VALUE
 1)          59.0000000

VARIABLE           VALUE          REDUCED COST
      X1          7.000000           .000000
      X2          4.000000           .000000


   ROW       SLACK OR SURPLUS     DUAL PRICES
      2)          .000000           .666667
      3)          .000000           .166667

NO. ITERATIONS=        2

   RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED

                         OBJ COEFFICIENT RANGES
VARIABLE          CURRENT        ALLOWABLE        ALLOWABLE
                    COEF         INCREASE         DECREASE
     X1          5.000000          5.500000          1.571428
     X2          6.000000          2.749999          3.142857

                         RIGHTHAND SIDE RANGES
    ROW           CURRENT        ALLOWABLE        ALLOWABLE
                    RHS          INCREASE         DECREASE
      2          56.000000        57.750000         18.857140
      3         130.000000        66.000000         66.000000

THE TABLEAU
     ROW   (BASIS)          X1          X2    SLK     2    SLK     3

       1 ART               .000        .000        .667        .167      59.000

       2         X1       1.000        .000       -.121        .106       7.000

       3         X2        .000       1.000        .212       -.061       4.000
```

A   เป็นผลจากคำสั่ง   LOOK ALL

B   เป็นผลจากคำสั่ง   GO

C   เป็นผลจากคำสั่ง   TABL

ต่อไปขอให้กลับเข้าสู่ LINDO อีก

หมายเหตุ ประโยชน์ที่ได้จากคำสั่ง DIVE คือขณะที่ทำงานโดยไม่มีเครื่องพิมพ์ก็สามารถเก็บผลจาก LINDO ลงแฟ้มใน diskette ไว้ก่อน แล้วจึงนำออกมาพิมพ์ลงสู่กระดาษด้วยคำสั่ง เช่น

A> COPY REPORT.TXT >PRN

การบันทึกผลการคำนวณโดยย่อจาก LINDO สู่แผ่น diskette สามารถทำได้โดยใช้คำสั่ง SDBC

ก่อนอื่นต้องนำปัญหาเข้ามาใน LINDO แล้วสั่งคำนวณ

```
: RETR EXAM1.LIN
: GO
   LP OPTIMUM FOUND  AT STEP      2

        OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)          59.0000000

VARIABLE          VALUE              REDUCED COST
      X1           7.000000               .000000
      X2           4.000000               .000000

   ROW        SLACK OR SURPLUS      DUAL PRICES
      2)            .000000              .666667
      3)            .000000              .166667

NO. ITERATIONS=          2

 DO RANGE(SENSITIVITY) ANALYSIS?
? YES

   RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED

                          OBJ COEFFICIENT RANGES
VARIABLE          CURRENT        ALLOWABLE          ALLOWABLE
                    COEF          INCREASE           DECREASE
     X1           5.000000         5.500000          1.571429
     X2           6.000000         2.750000          3.142857
```

```
                         RIGHTHAND SIDE RANGES
ROW          CURRENT            ALLOWABLE          ALLOWABLE
               RHS              INCREASE           DECREASE
  2         56.000000           57.750000          18.857140
  3        130.000000           66.000000          66.000000
```

ต่อไปเราจะทำการบันทึกผลลัพธ์โดยย่อลงใน diskette ที่แฟ้มข้อมูลชื่อ EXAM1.ANS ต้องสั่งดังนี้

```
: SDBC EXAM1.ANS
```

ต่อไป

```
: QUIT
Stop - Program terminated.
```

เพื่อออกไปดูผลที่แฟ้ม EXAM1.ANS โดยใช้คำสั่ง TYPE ใน DOS

```
A>TYPE EXAM1.ANS
```

จะได้ผลดังนี้

ค่าฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการ

```
     59.0000        1.00000     F   .100000E+31
X1   7.00000         .000000    C   .100000E+31
X2   4.00000         .000000    C   .100000E+31
```

ค่าขอบเขตบนของตัวแปร

ชนิดของตัวแปร

REDUCED COST

ค่าของตัวแปร

ชื่อตัวแปร

การแสดงผลบนจอภาพอย่างย่อสามารถสั่งได้โดยใช้คำสั่ง TERS เช่น

```
: TERS
: RETR EXAM1.LIN
: GO
   LP OPTIMUM FOUND  AT STEP     2
  OBJ VALUE =    59.0000000
```

จะเห็นได้ว่า ผลของคำสั่ง GO ที่เคยมีหลายบรรทัดเหลือเพียง 2 บรรทัดเท่านั้น

หากต้องการยกเลิกผลของคำสั่ง TERS ต้องใช้คำสั่ง VERB

```
: VERB
```

STAT เป็นคำสั่งของ LINDO ที่บอกสภาพโครงสร้างเกี่ยวกับกำหนดการเชิงเส้นที่มีอยู่ใน LINDO ขณะนั้น ขอให้พิมพ์ LOOK ALL และสั่ง STAT ต่อเนื่องกัน

```
: LOOK ALL

MAX      5 X1 + 6 X2
SUBJECT TO
       2)    4 X1 + 7 X2 <=    56
       3)    14 X1 + 8 X2 <=    130
END


: STAT

ROWS=        3 VARS=        2 NO. INTEGER VARS=       0
NONZEROES=       8 CONSTRAINT NONZ=      4(      0 ARE +- 1) DENSITY= .889
SMALLEST AND LARGEST ELEMENTS IN ABSOLUTE VALUE=      4.00000          130.000
NO. < :    2 NO. =:    0 NO. > :    0, OBJ=MAX, GUBS <=    1
SINGLE COLS=     0
```

คำสั่งอื่นๆ ที่เหลือของ LINDO ขอให้ดูในหัวข้อต่อไป

แบบฝึกหัด 10.

1. เข้าสู่การทำงานของโปรแกรมสำเร็จรูป LINDO และทดลองทำงานตามคำสั่งต่อไปนี้

   1.1 CAT

   1.2 COM

   1.3 HELP MAX

   1.4 HELP GO

   1.5 HELP PIV

   1.6 HELP SOLU

2. พิมพ์กำหนดการเชิงเส้น

   จงหาค่าสูงสุดของ $P = 5x + 12y$

   ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

   $$3x + 4y \leqslant 120$$

   $$x + 2y \leqslant 150$$

   $$x \geqslant 0 \ , \ y \geqslant 0$$

   พิมพ์เสร็จแล้วบันทึกลงแผ่น diskette ไว้ที่ชื่อ EXAM10A.LIN

   ต่อไปให้ออกจากระบบการทำงานของ LINDO ด้วยคำสั่ง QUIT

   เมื่อออกจาก LINDO แล้วทำการสร้างแฟ้มข้อมูลด้วยคำสั่ง COPY ดังนี้

```
A> COPY CON LPFILE.PRG
RETR EXAM10A.LIN
LOOK ALL
GO
```

   $\boxed{\text{CTRL}}$ + $\boxed{\text{Z}}$

   เข้าสู่ระบบ LINDO ใหม่ แล้วลองสั่ง TAKE LPFILE.PRG เพื่อดูผลการทำงาน

3. จงพิมพ์กำหนดการเชิงเส้นนี้เข้าสู่คอมพิวเตอร์

จงหาค่าต่ำสุดของ $P = 10x + 7y$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ $3x + 5y \geqslant 150$

$$x + 2y \geqslant 120$$

$$x \geqslant 0 , y \geqslant 0$$

3.1 ใช้คำสั่ง LOOK ALL เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง

3.2 สั่ง GO เพื่อคำนวณผลเฉลย

3.3 สั่ง SOLU เพื่อดูผลเฉลยที่คำนวณแล้วอีกครั้ง

3.4 สั่ง SHOC 1 และ SHOC 2 เพื่อดูผลเฉลย

4. จงพิมพ์กำหนดการเชิงเส้นต่อไปนี้เข้าสู่การทำงานของ LINDO

การหาค่าสูงสุดของ $P = 3x + 2y + 4z$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$x + y + 2z \leqslant 120$$

$$x + 3y + 4z \leqslant 150$$

$$3x + y + 3z \leqslant 140$$

$$x \geqslant 0, y \geqslant 0, z \geqslant 0$$

4.1 สั่ง LOOK ALL เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง

4.2 สั่ง DIVE REPORTA.TXT เพื่อให้ผลการทำงานทุกอย่างบันทึกลงแฟ้ม

4.3 สั่ง GO, SOLU, LOOK ALL

4.4 บันทึกกำหนดการเชิงเส้นนี้ไว้ที่ชื่อ EXAM104.LIN

4.5 กลับสู่ระบบ DOS เพื่อดูผลในแฟ้ม REPORTA.TXT ด้วยคำสั่ง

A > TYPE REPORTA.TXT

5. พิมพ์กำหนดการเชิงเส้นเข้าสู่ LINDO

จงหาค่าสูงสุดของ $P = 4x + 3y$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ $5x + 3y \leqslant 30$

$2x + 3y \leqslant 21$

$x \geqslant 0, y \geqslant 0$

5.1 สั่ง LOOK ALL เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง

5.2 สั่ง GO เพื่อคำนวณผลเฉลย

5.3 บันทึกเฉพาะคำตอบลงแฟ้มข้อมูลด้วยคำสั่ง SDBC SOLUTION.ANS

5.4 สั่งให้ LINDO แสดงผลโดยย่อด้วยคำสั่ง TERS

แล้วลองสั่ง GO, SOLU, RANGE

5.5 บันทึกกำหนดการเชิงเส้นนี้ไว้ที่ชื่อ EXAM105.LIN

5.6 ออกจาก LINDO กลับสู่ DOS

5.7 ดูผลลัพธ์ในแฟ้ม SOLUTION.ANS ด้วยคำสั่ง

A> TYPE SOLUTION.ANS

6. พิมพ์กำหนดการเชิงเส้นเข้าสู่ LINDO

จงหาค่าสูงสุดของ $P = 30x + 18y$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ $x + y \leqslant 5$

$3x + 2y \leqslant 7$

$x \geqslant 0, y \geqslant 0$

6.1 สั่ง LOOK ALL ตรวจสอบความถูกต้อง

6.2 สั่ง STAT เพื่อดูสภาพข้อมูลของกำหนดการเชิงเส้น

6.3 สั่ง TERS เพื่อดูการแสดงผลแบบย่อ

6.4 สั่ง GO

6.5 สั่ง VERB เพื่อยกเลิกคำสั่ง TERS

11. รูปแบบและหน้าที่ของคำสั่ง

ใน LINDO มีคำสั่งอื่นๆ อีกหลายคำสั่งที่เพิ่มความสะดวกและเหมาะสมกับการประยุกต์ใช้งาน เช่น กำหนดจำนวนบรรทัดในการพิมพ์ กำหนดจำนวนตัวอักษรในการพิมพ์ต่อหนึ่งบรรทัด คำสั่งขอความช่วยเหลือเพื่อดูรูปแบบการทำงานของคำสั่งอื่นๆ ซึ่งคำสั่งทั้งหมดใน LINDO มี

ALT	**APPC**	**BAT**	**BIP**
BPIC	**CAT**	**COM**	**DEL**
DIVE	**EXT**	**GO**	**HELP**
INT	**INV**	**LEAV**	**LOOK**
MAX\MIN	**NONZ**	**PAGE**	**PARA**
PIC	**PIV**	**QUIT**	**RANGE**
RETR	**RVRT**	**SAVE**	**SDBC**
SHOC	**SOLU**	**STAT**	**SUB**
TABL	**TAKE**	**TERS**	**VERB**
WIDTH			

สำหรับรูปแบบ หน้าที่ และตัวอย่างการทำงานของแต่ละคำสั่งมีดังนี้

ALT

รูปแบบ ALT หมายเลขบรรทัด

หน้าที่ ช่วยในการเปลี่ยนแปลงแก้ไขเกี่ยวกับ

1. เปลี่ยน MAX เป็น MIN หรือเปลี่ยน MIN เป็น MAX
2. แก้ไขสัมประสิทธิ์และค่าคงตัวต่างๆ ในกำหนดการเชิงเส้น
3. เปลี่ยนเครื่องหมายของอสมการ

ตัวอย่างการทำงาน

```
: RETR EXAM1.LIN
: LOOK ALL

MAX      5 X1 + 6 X2
SUBJECT TO
        2)    4 X1 + 7 X2 <=    56
        3)    14 X1 + 8 X2 <=    130
END
```

ถ้าต้องการแก้ปัญหาจาก MAX เป็น MIN ให้ทำดังนี้

: ALT	(พิมพ์ ALT แล้วกด ENTER)
ROW:	(จอภาพจะถามว่าแถวใด)
1	(ตอบ 1 แล้วกด ENTER)
VAR:	(จอภาพจะถามว่าตัวแปรใด)
DIR	(ให้พิมพ์ DIR แล้ว ENTER)
NEW DIRECTION:	(จอภาพจะถามว่าทิศทางใหม่คืออะไร)
? MIN	(ให้ตอบ MIN แล้วกด ENTER)

ลอง LOOK ALL ดูผล

```
: LOOK ALL

MIN      5 X1 + 6 X2
SUBJECT TO
        2)    4 X1 + 7 X2 <=    56
        3)    14 X1 + 8 X2 <=    130
END
```

ต่อไปเราต้องการเปลี่ยนสัมประสิทธิ์ของ x_1 ในเงื่อนไขแรก จาก 4 เป็น 14 ทำดังนี้

: ALT 2	(พิมพ์ ALT 2 แล้วกด ENTER)
VAR:	(จอภาพจะถามว่าตัวแปรใด)
X1	(ให้ตอบ X1 แล้วกด ENTER)
NEW COEFFICIENT:	(จอภาพถามว่าค่าใหม่เท่าไร)
? 14	(ให้ตอบ 14 แล้วกด ENTER)

```
: LOOK ALL

MIN      5 X1 + 6 X2
SUBJECT TO
        2)    14 X1 + 7 X2 <=   56
        3)    14 X1 + 8 X2 <=   130
END
```

ต่อไปเราต้องการเปลี่ยนค่าคงตัวทางด้านขวามือจาก 130 เป็น 150 ทำตามขั้นตอนต่อไปนี้

: ALT 3	(พิมพ์ ALT 3 แล้วกด ENTER)
VAR:	(จอภาพจะถามว่าตัวแปรใด)
RHS	(ให้พิมพ์ RHS แล้วกด ENTER)
NEW COEFFICIENT:	(จอภาพถามว่าค่าใหม่เป็นเท่าใด)
? 150	(ให้ตอบ 150 แล้วกด ENTER)

```
: LOOK ALL

MIN      5 X1 + 6 X2
SUBJECT TO
        2)    14 X1 + 7 X2 <=   56
        3)    14 X1 + 8 X2 <=   150
END
```

ในการ เปลี่ยนอสมการ $\leq$ ในเงื่อนไขแรกเป็น $\geq$ เราทำดังนี้

: ALT 2	(พิมพ์ ALT 2 แล้วกด ENTER)
VAR:	(จอภาพจะถามว่าตัวแปรใด)
DIR	(ให้ตอบว่า DIR แล้วกด ENTER)
NEW DIRECTION:	(จอภาพจะถามว่า ทิศทางใหม่เป็นอะไร)
? >=	(ให้ตอบ >= แล้วกด ENTER)

```
: LOOK ALL

MIN      5 X1 + 6 X2
SUBJECT TO
        2)    14 X1 + 7 X2 >=    56
        3)    14 X1 + 8 X2 <=    150
END
```

```
: HELP ALT

ALTER COMMAND
SYNTAX: PROMPT                EXPECTED RESPONSE
        ROW:                  ID OF THE ROW YOU WANT TO MAKE CHANGE IN
        VARIABLE:             NAME OF VARIABLE WHOSE COEFFICIENT YOU
                                  WANT TO CHANGE
                              OR "RHS" TO CHANGE THE RIGHT HAND SIDE OF A ROW
                              OR "DIR" TO CHANGE THE DIRECTION OF A ROW
        NEW COEFFICIENT:      NEW VALUE FOR THE COEFFICIENT          NEW DIRECTION
                             "<" OR "=" OR ">" FOR ANY OTHER ROW

NOTES:  TYPE "END" AS RESPONSE TO ANY PROMPT TO ABORT AND RETURN TO COMMAND
          MODE.
        DO NOT DELETE ALL VARIABLES FROM ANY ROW, OR ENTIRE FORMULATION WILL
          BE DESTROYED.  SEE "DELETE" TO DELETE A ROW.
```

APPC

รูปแบบ APPC

หน้าที่ เพิ่มตัวแปรใหม่เข้าไปในกำหนดการเชิงเส้นเดิม

ตัวอย่างการทำงาน

```
: RETR EXAM1.LIN
: LOOK ALL

MAX      5 X1 + 6 X2
SUBJECT TO
        2)    4 X1 + 7 X2 <=   56
        3)    14 X1 + 8 X2 <=   130
END
```

จากปัญหากำหนดการเชิงเส้นเดิมขณะนี้ ถ้าเราต้องการเพิ่มเติมตัวแปรให้ใหม่ คือ x_3 และปัญหาใหม่เป็น

$$P = 5x_1 + 6x_2 + 7x_3$$

$$4x_1 + 7x_2 + 5x_3 \leqslant 56$$

$$14x_1 + 8x_2 + 7x_3 \leqslant 130$$

ให้ทำดังนี้

: APPC	(พิมพ์ APPC แล้วกด ENTER)
NAME=	(จอภาพจะถามว่าตัวแปรที่เพิ่มชื่ออะไร)
X3	(ให้ตอบ X3 แล้วกด ENTER)
? 1	(เมื่อมีเครื่องหมาย ? แสดงว่าจอภาพกำลังถามคำถามเราว่า ในบรรทัดใดที่มี X3 เพิ่ม ให้ตอบ 1 แล้วกด ENTER)
COEF	(จอภาพถามว่า สัมประสิทธิ์ของ X3 ในบรรทัดนี้มีค่าเท่าใด
7	(ให้พิมพ์ 7 แล้วกด ENTER)
? 2	(ให้พิมพ์ 2 แล้วกด ENTER)

COEF (จอภาพถามว่า สัมประสิทธิ์ของ X3 ในบรรทัดนี้เท่ากับเท่าไร)

5 (ให้ตอบ 5 แล้วกด ENTER)

? 3 (ให้พิมพ์ 3 แล้วกด ENTER)

COEF (จอภาพถามว่า สัมประสิทธิ์คืออะไร)

7 (ตอบ 7 แล้วกด ENTER)

? END (เมื่อหมดแล้วให้พิมพ์ END แล้วกด ENTER)

```
: LOOK ALL

MAX      5 X1 + 6 X2 + 7 X3
SUBJECT TO
       2)    4 X1 + 7 X2 + 5 X3 <=   56
       3)    14 X1 + 8 X2 + 7 X3 <=   130
END
```

```
: HELP APPC
APPEND COLUMN COMMAND
  NAME OF NEW COLUMN OR VARIABLE IS ENTERED AFTER APPC.
  FOLLOW THIS WITH THE ROW/VALUE PAIRS FOR THE COLUMN.
  ONE PAIR PER LINE; ROW AND VALUE SEPARATED BY A SPACE.
  END BY ENTERING A 0 FOR THE ROW.
  A COLUMN NAME OF RHS WILL CAUSE THE INPUT TO BE
  INTERPRETED AS A NEW RHS.
```

BAT

รูปแบบ BAT

หน้าที่ สั่งให้ LINDO ทำการแสดงข้อความของคำสั่งทุกครั้งก่อนทำงานจริง

ตัวอย่างการทำงาน

```
: BAT
: RETR EXAM1.LIN
:RETR EXAM1.LIN


: LOOK ALL
:LOOK ALL

MAX      5 X1 + 6 X2
SUBJECT TO
       2)    4 X1 + 7 X2 <=    56
       3)    14 X1 + 8 X2 <=    130
END
```

จากตัวอย่างข้างต้นจะเห็นได้ว่า มีการทวนคำสั่งในการทำงานทุกครั้ง ซึ่งการทวนคำสั่งนี้จะเป็นประโยชน์ในการทำงาน เพราะว่าเราจะได้รู้ว่าผลที่ได้เป็นผลมาจากคำสั่งใด

```
: HELP BAT

BATCH COMMAND
  SETS CONVERSATIONAL MODE TO BATCH.  IF YOU ARE RUNNING
  THE JOB IN BATCH IT MAKES THE OUTPUT MORE READABLE AND
  WILL STOP THE RUN AT THE FIRST MAJOR ERROR.
```

BIP

รูปแบบ BIP

หน้าที่ กำหนดขอบเขตบนของตัวแปรจำนวนเต็มของปัญหากำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม

ตัวอย่างการทำงาน

```
: RETR EXAM1.LIN
: LOOK ALL

MAX      5 X1 + 6 X2
SUBJECT TO
        2)    4 X1 + 7 X2 <=   56
        3)    14 X1 + 8 X2 <=   130
END


: INT 1
: INT 2
: LOOK ALL

MAX      5 X1 + 6 X2
SUBJECT TO
        2)    4 X1 + 7 X2 <=   56
        3)    14 X1 + 8 X2 <=   130
END
INTEGER-VARIABLES=         2

: BIP
BND=
8
: GO
    LP OPTIMUM FOUND  AT STEP      2

          OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)          11.0000000

VARIABLE          VALUE          REDUCED COST
       X1          1.000000         -5.000000
       X2          1.000000         -6.000000


   ROW     SLACK OR SURPLUS      DUAL PRICES
       2)          45.000000          .000000
       3)         108.000000          .000000
```

```
NO. ITERATIONS=        2
 BRANCHES=    0 DETERM.=  1.000E  0

LP OPTIMUM IS IP OPTIMUM

NEW INTEGER SOLUTION OF   11.0000     AT BRANCH  0 PIVOT 2

        OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)          11.0000000

VARIABLE           VALUE          REDUCED COST
      X1          1.000000          -5.000000
      X2          1.000000          -6.000000


   ROW      SLACK OR SURPLUS     DUAL PRICES
      2)         45.000000          .000000
      3)        108.000000          .000000

NO. ITERATIONS=        2
 BRANCHES=    0 DETERM.=  1.000E  0
 BOUND ON OPTIMUM:  11.00000
   ENUMERATION COMPLETE. BRANCHES=     0  PIVOTS=     2

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND
 RE-INSTALLING BEST SOLUTION...
```

```
: HELP BIP
BIP COMMAND
  PERMITS USER TO SPECIFY A BOUND ON THE WORST IP SOLUTION,
  E.G., BASED ON A KNOWN FEASIBLE SOLUTION, THAT WILL BE
  CONSIDERED IN THE B AND B SEARCH FOR THE IP OPTIMUM.
```

BPIC

รูปแบบ BPIC

หน้าที่ แสดงลำดับการเปลี่ยนแปลงของการคำนวณ การเปลี่ยนมูลฐาน การเปลี่ยนตัวแปรเข้า และตัวแปรออก ของการคำนวณกำหนดการเชิงเส้นใน LINDO

ตัวอย่างการทำงาน

```
: RETR EXAM1.LIN
: TABL

THE TABLEAU
    ROW  (BASIS)          X1         X2   SLK    2  SLK    3

      1 ART           -5.000     -6.000     .000      .000       .000

      2 SLK     2      4.000      7.000    1.000      .000     56.000

      3 SLK     3     14.000      8.000     .000     1.000    130.000

ART       ART         -5.000     -6.000     .000      .000       .000
```

จากตารางซิมเพลกซ์เมื่อเริ่มต้นเราใช้คำสั่ง

```
: PIV
  X2 ENTERS AT VALUE 8.0000   IN ROW  2 OBJ. VALUE=  48.000
```

จะได้ว่า ตัวแปรเข้าคือ x_2 เข้ามาแทนตัวแปร S_2 ในแถวที่ 2

ผลของคำสั่ง BPIC ดูได้ดังนี้

```
: BPIC

COLUMN                    ROW
         123
SLK    3:  +
      X2:-++
```

ต่อไปเปรียบเทียบผลของ BPIC กับตารางซิมเพลกซ์

```
: TABL

THE TABLEAU
    ROW   (BASIS)          X1         X2  SLK     2  SLK     3
      1 ART           -1.571        .000       .857       .000    48.000

      2         X2      .571       1.000       .143       .000     8.000

      3 SLK      3     9.429        .000     -1.143      1.000    66.000
```

```
: HELP BPIC
BPICTURE COMMAND
  PRINTS LOGICAL PICTURE OF CURRENT BASIS USING ROW ORDER OF
  LAST INVERT/TRIANGULARIZATION.
```

CAT

รูปแบบ CAT

หน้าที่ แสดงคำสั่งใน LINDO จำแนกตามกลุ่มหน้าที่

ตัวอย่างการทำงาน

```
: CAT

LINDO COMMANDS BY CATEGORY.  FOR INFORMATION
 ON A SPECIFIC COMMAND,  TYPE:  HELP  FOLLOWED BY
 THE COMMAND NAME.

  1)INFORMATION

  2)INPUT

  3)DISPLAY

  4)FILE OUTPUT

  5)SOLUTION

  6)PROBLEM EDITTING

  7)QUIT

  8)INTEGER, QUADRATIC,  AND PARAMETRIC PROGRAMS

  9)CONVERSATIONAL PARAMETERS

 10)USER SUPPLIED ROUTINES

 11)MISCELLANEOUS
WHICH CATEGORY IS OF INTEREST(1 TO 11)?
```

ขณะนี้เป็นคำถามว่า เราสนใจคำสั่งในกลุ่มใด ให้พิมพ์หมายเลขกลุ่มแล้วกด ENTER เลย เช่น

```
? 1
THE COMMANDS IN THIS CATEGORY ARE:
     HELP     COM     CAT
```

สนใจกลุ่มที่ 2 ก็ให้พิมพ์ 2 แล้วกด ENTER

```
WHICH CATEGORY IS OF INTEREST(1 TO 11)?
? 2
THE COMMANDS IN THIS CATEGORY ARE:
     MAX      MIN      RETR     TAKE     LEAV
```

หากไม่ต้องการหัวข้อใดแล้วให้พิมพ์ END แล้วกด ENTER

```
WHICH CATEGORY IS OF INTEREST(1 TO 11)?
? END
```

```
: HELP CAT

 CAT COMMAND
   LISTS THE CATEGORIES OF COMMANDS
   AND OPTIONALLY THE COMMANDS IN SELECTED CATEGORIES
```

COM

รูปแบบ COM

หน้าที่ แสดงคำสั่งทั้งหมดใน LINDO

ตัวอย่างการทำงาน

```
: COM

LINDO COMMANDS BY CATEGORY.  FOR INFORMATION
 ON A SPECIFIC COMMAND,  TYPE:  HELP  FOLLOWED BY
 THE COMMAND NAME.

  1)INFORMATION
     HELP    COM     CAT

  2)INPUT
     MAX     MIN     RETR    TAKE    LEAV

  3)DISPLAY
     PIC     TABL    LOOK    NONZ    SHOC  SOLU  RANGE  BPIC

  4)FILE OUTPUT
     SAVE    DIVE    RVRT    SDBC

  5)SOLUTION
     GO      PIV

  6)PROBLEM EDITTING
     ALT     EXT     DEL     SUB     APPC

  7)QUIT
     QUIT

  8)INTEGER, QUADRATIC,  AND PARAMETRIC PROGRAMS
     INT     PARA    BIP

  9)CONVERSATIONAL PARAMETERS
     WIDTH   TERS    VERB    BAT     PAGE

 10)USER SUPPLIED ROUTINES

 11)MISCELLANEOUS
     INV     STAT

: HELP COM
COMMAND COMMAND
USE:  TO LIST ALL LINDO COMMANDS.
```

DEL

รูปแบบ DEL <หมายเลขบรรทัด>

หน้าที่ ลบบรรทัดของเงื่อนไขบังคับออกจากกำหนดการเชิงเส้น

ตัวอย่างการทำงาน

```
: RETR EXAM1.LIN
: LOOK ALL

MAX      5 X1 + 6 X2
SUBJECT TO
       2)    4 X1 + 7 X2 <=   56
       3)    14 X1 + 8 X2 <=   130
END
```

ถ้าต้องการลบบรรทัด 2 ทิ้งให้ทำดังนี้

```
: DEL              (พิมพ์ DEL แล้วกด ENTER)
ROW:               (จอภาจะถามว่า แถวใด)
2                  (ให้ตอบ 2 แล้วกด ENTER)

: LOOK ALL

MAX      5 X1 + 6 X2
SUBJECT TO
       2)    14 X1 + 8 X2 <=   130
END
```

จะเห็นได้ว่าลำดับหมายเลขบรรทัดของเงื่อนไขจะเปลี่ยนไป

หากต้องการลบบรรทัด 2 ทิ้ง เราจะพิมพ์ DEL 2 แล้วกด ENTER จะได้ผลเหมือนกัน

```
: DEL 2
: LOOK ALL

MAX      5 X1 + 6 X2
END
```

```
DELETE COMMAND
SYNTAX: PROMPT              EXPECTED RESPONSE
        ROW:                NUMBER OF ROW TO BE DELETED FROM FORMULATION

USE:  TO DELETE AN ENTIRE ROW FROM THE CURRENT FORMULATION
NOTES:  TYPE "END" AS RESPONSE TO PROMPT TO PREVENT DELETION AND  RETURN TO
          COMMAND MODE.
        THE ROW NUMBERS OF ALL SUCCEEDING ROWS WILL BE DECREASED BY 1 AS A
          RESULT HEREOF.
        YOU CANNOT DELETE ROW 1.
```

DIVE

รูปแบบ DIVE ชื่อแฟ้มข้อมูล

หน้าที่ นำผลลัพธ์ต่างๆ ที่ LINDO จะต้องพิมพ์ออกมาทางจอภาพ ไปพิมพ์ลงในแฟ้มข้อมูลตามชื่อแฟ้มข้อมูลที่กำหนดหลังคำสั่ง DIVE

ตัวอย่างการทำงาน

```
: RETR EXAM1.LIN
: LOOK ALL

MAX      5 X1 + 6 X2
SUBJECT TO
        2)    4 X1 + 7 X2 <=   56
        3)    14 X1 + 8 X2 <=   130
END
```

ต่อไปเราจะบังคับให้ LINDO นำผลที่จะแสดงบนจอภาพไปพิมพ์ลงแฟ้ม REPORT.TXT ด้วยคำสั่ง

```
: DIVE REPORT.TXT
```

ต่อไปลอง

```
: LOOK ALL
```

เมื่อ ENTER แล้วจอภาพจะขึ้น : ทันที เพราะว่าผลที่เคยพิมพ์ได้ถูกพิมพ์ลงแฟ้ม REPORT.TXT ไปแล้ว ออกไปที่ DOS แล้วลองใช้คำสั่ง TYPE REPORT.TXT จะได้ผลดังนี้

```
A:\LINDO>TYPE REPORT.TXT

 MAX      5 X1 + 6 X2
 SUBJECT TO
        2)    4 X1 + 7 X2 <=   56
        3)    14 X1 + 8 X2 <=   130
 END

: HELP DIVE
DIVERT COMMAND
  YOU WILL BE ASKED FOR A FILE.  ALL SUBSEQUENT HI-VOLUME
  OUTPUT, E.G. SOLUTION REPORTS,  WILL BE DIVERTED TO THIS
  FILE UNTIL A RVRT (REVERT) COMMAND IS GIVEN.
```

EXT

รูปแบบ EXT

หน้าที่ เพิ่มเงื่อนไขบังคับให้กับปัญหากำหนดการเชิงเส้นขณะนั้น

ตัวอย่างการทำงาน

```
: RETR EXAM1.LIN
: LOOK ALL

MAX      5 X1 + 6 X2
SUBJECT TO
        2)    4 X1 + 7 X2 <=   56
        3)    14 X1 + 8 X2 <=   130
END
```

จากปัญหากำหนดการเชิงเส้นนี้เราต้องการเพิ่มเงื่อนไข $x_1 + 2x_2 \leqslant 100$

$x_1 + 5x_2 \leqslant 50$

`: EXT` (พิมพ์ EXT แล้วกด ENTER)

`BEGIN EXTEND WITH ROW 4` (จอภาพจะบอกว่า เงื่อนไขที่จะเติมต่อไปตรงกับบรรทัดที่ 4 ของกำหนดการเชิงเส้นนั้น)

เมื่อจอภาพขึ้น ? ให้พิมพ์เงื่อนไขที่จะเติมได้ และเมื่อหมดเงื่อนไขแล้วให้พิมพ์ END แล้วกด ENTER

```
? X1+2X2<=100
? X1+5X2<=50
? END
: LOOK ALL

MAX      5 X1 + 6 X2
SUBJECT TO
        2)    4 X1 + 7 X2 <=   56
        3)    14 X1 + 8 X2 <=   130
        4)    X1 + 2 X2 <=   100
        5)    X1 + 5 X2 <=   50
END
```

```
EXTEND COMMAND
SYNTAX:  PROMPT:   EXTEND YOUR INPUT, BEGINNING WITH ROW "N"
         RESPONSE:   ENTER NEW ROWS EXACTLY AS YOU WOULD FOR MAX/MIN.  INDICATE
                     END OF EXTENSIONS BY TYPING "END".

USE:  PERMITS YOU TO ADD CONSTRAINT ROWS TO A PREVIOUSLY DEFINED FORMULATION

NOTE: DO NOT TYPE THE KEYWORDS "MAX", "MIN", OR "SUBJECT TO".
```

GO

รูปแบบ GO

หน้าที่ สั่งให้ LINDO ทำการคำนวณผลเฉลยของกำหนดการเชิงเส้น

ตัวอย่างการทำงาน

```
RETR EXAM1.LIN
: LOOK ALL

MAX      5 X1 + 6 X2
SUBJECT TO
        2)    4 X1 + 7 X2 <=    56
        3)    14 X1 + 8 X2 <=   130
END

: GO
    LP OPTIMUM FOUND  AT STEP      2

         OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)           59.0000000

VARIABLE         VALUE          REDUCED COST
       X1         7.000000          .000000
       X2         4.000000          .000000


   ROW       SLACK OR SURPLUS      DUAL PRICES
       2)          .000000          .666667
       3)          .000000          .166667

NO. ITERATIONS=         2

 DO RANGE(SENSITIVITY) ANALYSIS?
? YES


   RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED

                           OBJ COEFFICIENT RANGES
VARIABLE          CURRENT        ALLOWABLE          ALLOWABLE
                   COEF          INCREASE           DECREASE
      X1         5.000000        5.500000           1.571429
      X2         6.000000        2.750000           3.142857
```

```
                          RIGHTHAND SIDE RANGES
 ROW          CURRENT          ALLOWABLE          ALLOWABLE
                RHS            INCREASE           DECREASE
   2         56.000000         57.750000          18.857140
   3        130.000000         66.000000          66.000000

: MAX 2X1+1.25X2
? SUBJECT TO
? 3X1+2X2<=780
? 3X1+4X2<=1020
? END
: LOOK ALL

MAX      2 X1 + 1.25 X2
SUBJECT TO
        2)   3 X1 + 2 X2 <=   780
        3)   3 X1 + 4 X2 <=   1020
END

: GO
    LP OPTIMUM FOUND  AT STEP      1

         OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)          520.000000

VARIABLE           VALUE          REDUCED COST
      X1        260.000000            .000000
      X2           .000000            .083333


   ROW       SLACK OR SURPLUS      DUAL PRICES
       2)          .000000            .666667
       3)       240.000000            .000000

: HELP GO
GO COMMAND
  SOLVES THE CURRENT FORMULATION.  THE FORMULATION REMAINS
  INTACT THROUGH THE SOLUTION PROCESS.  A POSITIVE INTEGER
  TYPED AFTER GO IS INTERPRETED AS AN UPPER LIMIT ON THE
  NUMBER OF ITERATIONS.
```

HELP

รูปแบบ HELP <ชื่อคำสั่งที่ต้องการดูความหมาย>

หน้าที่ อธิบายความหมายและหน้าที่ของคำสั่ง

ตัวอย่างการทำงาน

```
: HELP
THIS IS LINDO(LINEAR, INTERACTIVE, DISCRETE OPTIMIZER).
 IT SOLVES LINEAR, INTEGER, AND QUADRATIC PROGRAMS
 ENTERED IN NATURAL FORM.

 THE FOLLOWING WOULD BE VALID INPUT:
  MAX 2X + 3Y
  ST
  4X + 5Y < 9
  7X + 6Y < 13
  END
  GO

 TO LEARN THE AVAILABLE COMMANDS TYPE:  COMMANDS

 TO GET HELP FOR A PARTICULAR COMMAND, TYPE: HELP NAME

 WHERE "NAME" IS THE COMMAND NAME.

FOR MORE HELP ON ENTERING A FORMULATION, TYPE:
 HELP MAX

SOME GENERAL INFORMATION ON THIS PACKAGE:
MAXIMUM SIZE OF INPUT MATRIX IS   119 COLUMNS (VARIABLES) BY
  59 ROWS (OBJECTIVE FN. PLUS CONSTRAINTS).
    (LARGER LINDO"S ARE AVAILABLE)
VARIABLE NAMES CAN HAVE UP TO  8 CHARACTERS,  THE FIRST
    OF WHICH MUST BE A LETTER,  THE REST MAY BE NUMBERS
    OR LETTERS.
TO GET OUT OF A COMMAND WHICH IS PROMPTING FOR INPUT,
    TYPE EITHER "END" OR SIMPLY A CARRIAGE RETURN.
YOU WILL RETURN TO COMMAND MODE.  SEE SPECIFIC COMMANDS
    FOR THE EFFECT IF ANY, ON PROCESSING DONE BY THAT COMMAND.
```

ถ้าเราสนใจความหมายของคำสั่ง CAT ให้ใช้คำสั่ง HELP CAT ดังนี้

```
: HELP CAT
CAT COMMAND
  LISTS THE CATEGORIES OF COMMANDS
  AND OPTIONALLY THE COMMANDS IN SELECTED CATEGORIES
```

หรือจะดูความหมายของคำสั่ง COM ดังนี้

```
: HELP COM
COMMAND COMMAND
USE:  TO LIST ALL LINDO COMMANDS.

: HELP HELP
HELP COMMAND
SYNTAX:  ENTER:  HELP
         RESULTS:  LISTS GENERAL INFORMATION ABOUT LINDO;
         ALL COMMANDS ARE DESCRIBED BRIEFLY
         ENTER:  HELP COMMAND NAME
         RESULTS:  LISTS INFORMATION ON ACCESS TO,
                   AND OPERATIONS PERFORMED BY THAT COMMAND
```

INT

รูปแบบ INT <หมายเลขตัวแปร>

หน้าที่ กำหนดค่าตัวแปรให้เป็น 0 หรือ 1

ตัวอย่างการทำงาน

```
: RETR EXAM1.LIN
: LOOK ALL

MAX      5 X1 + 6 X2
SUBJECT TO
       2)    4 X1 + 7 X2 <=    56
       3)    14 X1 + 8 X2 <=    130
END


: INT 1

: LOOK ALL

MAX      5 X1 + 6 X2
SUBJECT TO
       2)    4 X1 + 7 X2 <=    56
       3)    14 X1 + 8 X2 <=    130
END
INTEGER-VARIABLES=        1

: GO
    LP OPTIMUM FOUND  AT STEP      2

        OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)          49.5714300

VARIABLE          VALUE           REDUCED COST
       X1          1.000000          -1.571429
       X2          7.428571            .000000


   ROW       SLACK OR SURPLUS      DUAL PRICES
       2)           .000000           .857143
       3)         56.571430           .000000

NO. ITERATIONS=         2
 BRANCHES=     0 DETERM.=  7.000E  0
```

```
LP OPTIMUM IS IP OPTIMUM

NEW INTEGER SOLUTION OF    49.5714     AT BRANCH   0 PIVOT  2

        OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)          49.5714300

VARIABLE          VALUE           REDUCED COST
      X1          1.000000            -1.571429
      X2          7.428571              .000000


   ROW       SLACK OR SURPLUS     DUAL PRICES
      2)            .000000          .857143
      3)          56.571430          .000000

NO. ITERATIONS=         2
 BRANCHES=     0 DETERM.=  7.000E  0
 BOUND ON OPTIMUM:  49.57143
    ENUMERATION COMPLETE. BRANCHES=     0  PIVOTS=     2

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND
 RE-INSTALLING BEST SOLUTION...
```

```
: HELP INT
 THE INTEGER COMMAND IDENTIFIES THE VARIABLES
WHICH ARE TO BE 0/1 IN THE FORMULATION. THE 1ST FORM IS:
     INTEGER N
WHERE N IS THE NUMBER OF INTEGER VARIABLES.  LINDO
REQUIRES THAT THESE VARIABLES APPEAR FIRST IN THE FORMULATION.
  THE 2ND FORM IS:
     INTEGER VNAME
WHERE VNAME IS THE NAME OF A VARIABLE.
 WHEN THE  GO  COMMAND IS GIVEN THE LP SOLUTION IS PRINTED
 FIRST FOLLOWED BY EACH BETTER IP SOLUTION AS IT IS FOUND.
```

INV

รูปแบบ INV

หน้าที่ วิเคราะห์ปัญหาจากการเปลี่ยนแปลงมูลฐาน

ตัวอย่างการทำงาน

```
: RETR EXAM1.LIN

: LOOK ALL

MAX      5 X1 + 6 X2
SUBJECT TO
        2)    4 X1 + 7 X2 <=    56
        3)    14 X1 + 8 X2 <=    130
END

: PIV
     X2 ENTERS AT VALUE    8.0000       IN ROW     2 OBJ. VALUE=  48.000

: INV

INVERT AT STEP       1 CAUSE= 1 STATUS= 3 Z=  48.000
OLD INV: COLS=      0 ELEMENTS=      0
BASIS:   COLS=      2 ELEMENTS=      4 +SLACKS=      1
NEW INV: COLS=      1 ELEMENTS=      3 BUMP=      0 SPIKES=      0
SINGLE ROWS=    0 PREBUMP=     0 BABY BUMPS=     0 DETERM=    7.00E      0
```

```
: HELP INV
INVERT COMMAND
   INVERTS THE CURRENT BASIS.  RESULTS TEND TO BE A BIT
   MORE ACCURATE.
```

LEAV

รูปแบบ LEAV

หน้าที่ ใช้เป็นคำสั่งสุดท้ายของแฟ้มคำสั่งใน LINDO

ตัวอย่างการทำงาน

แฟ้มคำสั่งใน LINDO ชื่อ PROGRAM1.PRG ประกอบด้วย

```
RETR EXAM1.LIN

LOOK ALL

LEAV
```

แฟ้มของชุดคำสั่งที่ประกอบด้วยคำสั่งใน LINDO ต้องลงท้ายด้วย LEAV

```
: HELP LEAV

LEAVE COMMAND
  IS THE LAST COMMAND IN A TAKE COMMAND FILE.
```

LOOK

รูปแบบ LOOK หมายเลขบรรทัด

LOOK ALL

หน้าที่ พิมพ์กำหนดการเชิงเส้นที่มีใน LINDO ขณะนั้นออกมาทางจอภาพ

ตัวอย่างการทำงาน

```
: RETR EXAM1.LIN
: LOOK ALL

MAX     5 X1 + 6 X2
SUBJECT TO
       2)    4 X1 + 7 X2 <=    56
       3)    14 X1 + 8 X2 <=    130
END
```

หากต้องการดูแถว 1 ให้ทำดังนี้

พิมพ์ LOOK แล้วกด ENTER บนจอภาพจะถามว่า แถวที่เท่าไร ให้ตอบ 1 แล้วกด ENTER

```
: LOOK
ROW:
1

MAX     5 X1 + 6 X2
```

ถ้าเจาะจงหมายเลขบรรทัดให้ใช้ LOOK ตามด้วยเลขบรรทัด

```
: LOOK 1

MAX     5 X1 + 6 X2
```

```
LOOK COMMAND
SYNTAX: PROMPT EXPECTED RESPONSE
        ROW:   SINGLE ROW NUMBER OR
               RANGE OF ROWS, SPECIFIED AS ROW1,ROW2 OR
               "ALL" MEANING THE ENTIRE FORMULATION
USE:  TO EXAMINE ALL OR PART OF THE CURRENT FORMULATION.
NOTES:
REPLY "END" TO PROMPT TO ABORT AND RETURN TO COMMAND MODE.
ALL COEFFICIENTS WILL BE ROUNDED OFF TO 5 DECIMAL PLACES.
THERE IS A LIMIT OF 9 DIGITS PRINTED IN THE INTEGRAL PART OF A
   COEFFICIENT.  ANYTHING LARGER WILL BE PRINTED AS *****.
```

MAX/MIN

รูปแบบ MAX (หรือ MIN) ฟังก์ชันจุดประสงค์

SUBJECT TO

เงื่อนไขบังคับ (1)

เงื่อนไขบังคับ (2)

⋮

เงื่อนไขบังคับ (n)

END

หน้าที่ นำปัญหากำหนดการเชิงเส้นเข้าสู่ระบบ LINDO โดยมีลำดับขั้นตอนดังนี้

1. เริ่มต้นที่ LINDO PROMPT (:)
2. พิมพ์ MAX (หรือ MIN) ตามด้วยฟังก์ชันจุดประสงค์ แล้วกด ENTER
3. พิมพ์ SUBJECT TO แล้วกด ENTER
4. พิมพ์เงื่อนไขบังคับ (1) แล้วกด ENTER

   เงื่อนไขบังคับ (2) แล้วกด ENTER

   ⋮

   เงื่อนไขบังคับ (n) แล้วกด ENTER
5. เมื่อหมดเงื่อนไขบังคับแล้วให้พิมพ์ END แล้วกด ENTER จอภาพจะเขียน (:) แสดงว่าจบขั้นตอนนำกำหนดการเชิงเส้นเข้าสู่ LINDO

ข้อสังเกต

1. MAX ใช้หาค่าสูงสุด
2. MIN ใช้หาค่าต่ำสุด
3. แต่ละขั้นตอนของข้อที่ 3 เป็นต้นมา จะมี ? ขึ้นมาถามบนจอภาพ

ตัวอย่างการทำงาน

เมื่อเราต้องการนำปัญหากำหนดการเชิงเส้น

การหาค่าต่ำสุดของ $P = 9x + 7y$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$20x + 15y \geqslant 1250$$

$$10x + 10y \geqslant 700$$

$$x \geqslant 0$$

$$y \geqslant 0$$

เราพิมพ์ปัญหาเข้าสู่ LINDO ดังนี้

```
: MIN 9X+7Y
? SUBJECT TO
? 20X+15Y>=1250
? 10X+10Y>=700
? X>=0
? Y>=0
? END
```

หมายเหตุ 20X, 15Y, 10X และ 10Y พิมพ์ติดกันโดยไม่ต้องมีสัญลักษณ์แสดงการคูณ เพราะว่า LINDO จะรู้เองว่าตัวเลขกับตัวแปร

ลองดูผลบนจอภาพหลังจากพิมพ์เสร็จแล้วด้วยคำสั่ง LOOK ALL

```
: LOOK ALL

MIN       9 X + 7 Y
SUBJECT TO
        2)    20 X + 15 Y >=   1250
        3)    10 X + 10 Y >=   700
        4)    X >=   0
        5)    Y >=   0
END
```

ปัญหากำหนดการเชิงเส้น การหาค่าสูงสุดของ $P = 5x_1 + 6x_2$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$4x_1 + 7x_2 \leqslant 56$$

$$14x_1 + 8x_2 \leqslant 130$$

หมายเหตุ 1. ตัวแปร x_1 ให้พิมพ์เป็น X1

2. เงื่อนไข $x_1 \geqslant 0$ หรือ $x_2 \geqslant 0$ ไม่ต้องมีก็ได้

ดังนั้นลำดับการพิมพ์กำหนดการเชิงเส้นเข้าสู่ LINDO ทำได้ดังนี้

```
: MAX 5X1+6X2
? SUBJECT TO
? 4X1+7X2<=56
? 14X1+8X2<=130
? END

: LOOK ALL

MAX       5 X1 + 6 X2
SUBJECT TO
       2)    4 X1 + 7 X2 <=    56
       3)    14 X1 + 8 X2 <=    130
END
```

ปัญหาการหาค่าสูงสุดของ $P = 23x_1 + 32x_2 + 18x_3$

ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$10x_1 + 6x_2 + 2x_3 \leqslant 2500$$

$$5x_1 + 10x_2 + 5x_3 \leqslant 2000$$

$$x_1 + 2x_2 + 2x_3 \leqslant 500$$

$$x_1 \geqslant 0$$

$$x_2 \geqslant 0$$

$$x_3 \geqslant 0$$

การพิมพ์เข้าสู่ LINDO ทำตามขั้นตอนดังนี้

```
: MAX 23X1+32X2+18X3
? SUBJECT TO
? 10X1+6X2+2X3<=2500
? 5X1+10X2+5X3<=2000
? X1+2X2+2X3<=500
? END
```

ต่อไปลองดูรูปแบบที่อยู่ใน LINDO โดยคำสั่ง

```
: LOOK ALL

MAX      23 X1 + 32 X2 + 18 X3
SUBJECT TO
        2)    10 X1 + 6 X2 + 2 X3 <=   2500
        3)    5 X1 + 10 X2 + 5 X3 <=   2000
        4)    X1 + 2 X2 + 2 X3 <=    500
END
```

ความหมายของคำสั่ง MAX และ MIN ที่ได้จากคำสั่ง HELP MAX เป็นดังนี้

```
MAX/MIN COMMANDS
SYNTAX:  ENTER "MAX" OR "MIN" FOLLOWED BY THE FIRST ROW (OBJECTIVE
         FUNCTION) IN NATURAL FORMAT.
         THEN ENTER "SUBJECT TO" (ABBR: "ST") FOLLOWED BY ALL
         THE OTHER ROWS(CONSTRAINTS).
         THEN ENTER "END" TO RETURN TO COMMAND MODE.

USE:  TO CREATE A COMPLETE PROBLEM FORMULATION CONSISTING OF AN
      OBJECTIVE FUNCTION THAT WILL BE MAX- OR MIN-IMIZED SUBJECT
       TO THE LIST OF CONSTRAINTS.

NOTES:  VARIABLE NAMES MAY BE FROM 1 TO  8 ALPHANUMERIC CHARACTERS, AND MUST
          BEGIN WITH A LETTER.
        COEFFICIENTS MAY NOT BE IN EXPONENTIAL FORM.  I.E.,
          COEFFICIENTS LIKE .258E+29 ARE NOT ALLOWED.
        THE SIGNIFICANT DIGITS IN ANY COEFFICIENT IS APPROX. 6.5 DIGITS.
        BLANKS:  THE KEYWORDS ("MAX","ST","END"...) AND THE ROWS MUST
                  ALL BE SEPARATED BY ONE OR MORE BLANKS.
                 BLANKS MAY BE INCLUDED WITHIN A ROW, BUT MAY NOT BE
                  IMBEDDED IN VARIABLE NAMES OR COEFFICIENTS.
                 A CARRIAGE RETURN IS EQUIVALENT TO A BLANK.

FOLLOWING ARE TWO LEGITIMATE WAYS OF ENTERING THE SAME PROBLEM:

1)  MIN    2X+3Y     SUBJECT TO -5X-2Z<=10
    +10X - Y >5    END

2)  MIN   2X + 3 Y
    ST  -5X-2Z
        < 10
        10X -Y>+5
    END
```

NONZ

รูปแบบ NONZ

หน้าที่ แสดงผลเฉลยของกำหนดการเชิงเส้นเฉพาะค่าตัวแปรที่ไม่เป็นศูนย์

ตัวอย่างการทำงาน

```
: RETR EXAM1.LIN

: LOOK ALL

MAX      5 X1 + 6 X2
SUBJECT TO
       2)    4 X1 + 7 X2 <=    56
       3)    14 X1 + 8 X2 <=    130
END

: GO
   LP OPTIMUM FOUND   AT STEP      2

        OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)          59.0000000

VARIABLE          VALUE          REDUCED COST
       X1          7.000000           .000000
       X2          4.000000           .000000


   ROW        SLACK OR SURPLUS      DUAL PRICES
       2)            .000000           .666667
       3)            .000000           .166667

NO. ITERATIONS=        2

 DO RANGE(SENSITIVITY) ANALYSIS?
? NO
```

หมายเหตุ การใช้คำสั่ง NONZ ควรทำหลังจาก LINDO คำนวณค่าต่างๆ เสร็จแล้วด้วยคำสั่ง GO หรือ PIV

```
: NONZ

        OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)         59.0000000

VARIABLE          VALUE           REDUCED COST
     X1          7.000000           .000000
     X2          4.000000           .000000


  ROW       SLACK OR SURPLUS      DUAL PRICES
     2)           .000000           .666667
     3)           .000000           .166667

NO. ITERATIONS=        2
```

```
: HELP NONZ
NONZEROES COMMAND
  PRINTS AN ABBREVIATED SOLUTION REPORT COVERING ONLY
  THE VARIABLES WHICH ARE NONZERO IN THE SOLUTION.
  NOTE: NONZ DOES NOT SOLVE THE  PROBLEM SO YOU MUST FIRST
  USE THE  GO  COMMAND.  THE USE OF NONZ MAKES SENSE
  ONLY IF YOU HAVE SET THE CONVERSATIONAL STYLE TO TERSE.
```

PAGE

รูปแบบ PAGE n

หน้าที่ กำหนดจำนวนบรรทัดต่อจอภาพ

ตัวอย่างการทำงาน

```
: PAGE 5
```

ผลของคำสั่ง PAGE 5 จะทำให้จอภาพจะหยุดทุกครั้งเมื่อจอภาพพิมพ์ครบ 5 บรรทัด เมื่อต้องการให้เลื่อนต่อต้องกด ENTER

```
: PAGE 0
```

ผลของคำสั่งนี้จอภาพจะพิมพ์ต่อเนื่องไปเรื่อยๆ โดยไม่หยุดรอถึงแม้ว่าจอภาพจะเต็ม

```
: HELP PAGE
PAGE COMMAND
 SETS PAGE OR SCREEN SIZE IN LINES.  E.G., PAGE 24 WILL
 CAUSE A PAUSE BEFORE PRINTING THE 24TH LINE OF A REPORT.
 HITTING A CR WILL CAUSE THE NEXT BATCH OF LINES TO BE
 PRINTED.  PAGE 0  SETS THE SIZE TO INFINITY AND IS
 APPROPRIATE FOR HARDCOPY TERMINALS.
```

PARA

รูปแบบ PARA

หน้าที่ ทำการวิเคราะห์ปัญหากำหนดการเชิงเส้น เมื่อค่าคงตัวทางด้านขวามือของเงื่อนไขบังคับบางเงื่อนไขเปลี่ยนแปลง

ตัวอย่างการทำงาน

```
: RETR EXAM1.LIN
: LOOK ALL
MAX     5 X1 + 6 X2
SUBJECT TO
       2)    4 X1 + 7 X2 <=    56
       3)    14 X1 + 8 X2 <=    130
END

: GO
    LP OPTIMUM FOUND  AT STEP   2

         OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)          59.0000000

VARIABLE          VALUE          REDUCED COST
       X1          7.000000           .000000
       X2          4.000000           .000000


   ROW       SLACK OR SURPLUS     DUAL PRICES
       2)           .000000          .666667
       3)           .000000          .166667

NO. ITERATIONS=       2

 DO RANGE(SENSITIVITY) ANALYSIS?
? YES


   RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED

                           OBJ COEFFICIENT RANGES
VARIABLE         CURRENT        ALLOWABLE        ALLOWABLE
                  COEF          INCREASE         DECREASE
      X1        5.000000        5.500000         1.571429
      X2        6.000000        2.750000         3.142857
```

RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	56.000000	57.750000	18.857140
3	130.000000	66.000000	66.000000

หมายเหตุ การใช้คำสั่ง PARA ต้องสั่งหลังจากปัญหากำหนดการเชิงเส้นหาค่าสูงสุดหรือค่าต่ำสุดพบแล้ว

ถ้าเราต้องการเปลี่ยนค่าคงตัวในเงื่อนไขแรก จาก 56 เป็น 80 ให้ทำดังนี้

: PARA	(พิมพ์ PARA แล้วกด ENTER)
ROW:	(จอภาพถามว่าแถวที่เท่าใด)
2	(ตอบ 2 แล้วกด ENTER)
NEW RHS VAL=	(ค่าใหม่เป็นเท่าใด)
80	(ตอบ 80 แล้วกด ENTER)

VAR OUT	VAR IN	PIVOT ROW	RHS VAL	DUAL VARIABLE	OBJ VAL
X1	SLK 2	3	113.750	.666667	97.5000

ลองเปรียบเทียบผลการคำนวณด้วยตารางซิมเพลกซ์

: TABL

THE TABLEAU

ROW (BASIS)		X1	X2	SLK 2	SLK 3	
1 ART		5.500	.000	.000	.750	97.500
2	X2	1.750	1.000	.000	.125	16.250
3 SLK	2	-8.250	.000	1.000	-.875	.000
ART	ART	5.500	.000	.000	.750	.000

: HELP PARA

```
PARA COMMAND
  DOES PARAMETRIC RHS ANALYSIS.  YOU SPECIFY A ROW AND A NEW VALUE
  FOR ITS RHS.  PARA VARIES THE RHS OF THIS ROW FROM ITS CURRENT
  VALUE TO THE NEW VALUE, DISPLAYING THE OPTIMAL OBJECTIVE VALUE
  AT EACH BASIS CHANGE ALONG THE WAY.
  THE PROBLEM MUST BE OPTIMIZED BEFORE CALLING PARA.
```

PIC

รูปแบบ PIC

หน้าที่ แสดงกำหนดการเชิงเส้นในระบบของ LINDO ขณะนั้นด้วยรูปแบบอย่างย่อ

ตัวอย่างการทำงาน

```
: RETR EXAM1.LIN
: LOOK ALL

MAX      5 X1 + 6 X2
SUBJECT TO
        2)    4 X1 + 7 X2 <=    56
        3)    14 X1 + 8 X2 <=    130
END
```

ขอให้เปรียบเทียบกับ

```
: PIC
             X X
             1 2

          1: 5 6 MAX
          2: 4 7 < B
          3: B 8 < C
```

ความหมายของสัญลักษณ์ที่แสดงโดยย่อดูได้จาก HELP PIC ดังนี้

```
: HELP PIC
PICTURE COMMAND
 AN ABBREVIATED PICTURE OF THE COEFFICIENTS OF
 THE LP ARE PRINTED IN MATRIX FORM.  IT IS USEFUL
 FOR DEBUGGING A FORMULATION.  THE FOLLOWING LETTER CODE
 IS USED TO REPRESENT NUMBERS:
Z         .000000 THRU          .000001
Y         .000001 THRU          .000009
X         .000010 THRU          .000099
W         .000100 THRU          .000999
V         .001000 THRU          .009999
U         .010000 THRU          .099999
T         .100000 THRU          .999999
A        1.000001 THRU        10.000000
B       10.000001 THRU       100.000000
C      100.000001 THRU      1000.000000
D     1000.000001 THRU     10000.000000
E    10000.000001 THRU    100000.000000
F   100000.000001 THRU   1000000.000000
G                    > 1000000
```

PIV

รูปแบบ PIV

หน้าที่ สั่งให้ LINDO คำนวณกำหนดการเชิงเส้นที่มีอยู่ขณะนั้นทีละขั้นตอน

หมายเหตุ
1. ไม่ควรใช้ PIV หลังคำสั่ง GO เพราะว่าโครงสร้างตารางซิมเพลกซ์ที่ใช้ในการคำนวณจะเกิดการเปลี่ยนแปลงไปแล้ว
2. ควรใช้ PIV หลังจากพิมพ์กำหนดการเชิงเส้นนั้นเสร็จใหม่ๆ หรือหลังจากนำกำหนดการเชิงเส้นนั้นเข้ามาใหม่ๆ ด้วยคำสั่ง RETR
3. ควรใช้ PIV ควบคู่กับ TABL เพื่อประโยชน์ในการศึกษาการหาผลเฉลยด้วยวิธีซิมเพลกซ์

ตัวอย่างการทำงาน

```
: RETR EXAM1.LIN
: LOOK ALL

MAX      5 X1 + 6 X2
SUBJECT TO
      2)    4 X1 + 7 X2 <=   56
      3)    14 X1 + 8 X2 <=   130
END
```

ดูตารางซิมเพลกซ์ของกำหนดการเชิงเส้นนี้ด้วยคำสั่ง TABL

```
: TABL

THE TABLEAU
   ROW  (BASIS)          X1        X2   SLK   2  SLK    3
     1 ART           -5.000    -6.000     .000     .000      .000
     2 SLK     2      4.000     7.000    1.000     .000    56.000
     3 SLK     3     14.000     8.000     .000    1.000   130.000
ART      ART         -5.000    -6.000     .000     .000      .000
```

ต่อไปใช้คำสั่ง PIV และ TABL เพื่อดูผลการคำนวณ

```
: PIV
    X2 ENTERS AT VALUE   8.0000     IN ROW    2 OBJ. VALUE=  48.000

: TABL

THE TABLEAU
    ROW  (BASIS)          X1         X2  SLK    2  SLK    3

      1 ART          -1.571       .000       .857     .000     48.000

      2         X2     .571      1.000       .143     .000      8.000

      3 SLK     3     9.429       .000     -1.143    1.000     66.000
```

จะเห็นได้ว่า ตัวแปรเข้าและตัวแปรออกที่เป็นผลจากการคำนวณด้วยวิธีซิมเพลกซ์ที่แสดงโดยคำสั่ง PIV และตารางซิมเพลกซ์ที่ได้จากคำสั่ง TABL มีความสัมพันธ์กัน

ลองคำนวณต่อไปอีก

```
: PIV
    X1 ENTERS AT VALUE   7.0000     IN ROW    3 OBJ. VALUE=  59.000
: TABL
THE TABLEAU
    ROW  (BASIS)          X1         X2  SLK    2  SLK    3

      1 ART            .000       .000       .667     .167     59.000

      2         X2     .000      1.000       .212    -.061      4.000

      3         X1    1.000       .000      -.121     .106      7.000
```

ลองคำนวณต่อด้วยคำสั่ง PIV

```
: PIV
  LP OPTIMUM FOUND  AT STEP       2

        OBJECTIVE FUNCTION VALUE

  1)       59.0000000

VARIABLE        VALUE          REDUCED COST
      X1         7.000000          .000000
      X2         4.000000          .000000
```

```
    ROW        SLACK OR SURPLUS       DUAL PRICES
        2)          .000000               .666667
        3)          .000000               .166667

 NO. ITERATIONS=        2

  DO RANGE(SENSITIVITY) ANALYSIS?
 ? YES


    RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED

                              OBJ COEFFICIENT RANGES
 VARIABLE          CURRENT          ALLOWABLE        ALLOWABLE
                    COEF            INCREASE         DECREASE
       X1          5.000000         5.500000         1.571428
       X2          6.000000         2.749999         3.142857

                              RIGHTHAND SIDE RANGES
     ROW           CURRENT          ALLOWABLE        ALLOWABLE
                    RHS             INCREASE         DECREASE
        2         56.000000        57.750000        18.857140
        3        130.000000        66.000000        66.000000
```

```
: HELP PIV
PIVOT COMMAND
  ONE PIVOT STEP OF THE SIMPLEX METHOD IS PERFORMED.
  IF A VARIABLE NAME IS TYPED AFTER PIV THEN THAT VARIABLE
  IS ENTERED INTO THE SOLUTION.
```

QUIT

รูปแบบ QUIT

หน้าที่ สั่งให้คอมพิวเตอร์ออกจากการทำงานด้วยโปรแกรม LINDO แล้วกลับไปสู่ระบบ DOS

ตัวอย่างการทำงาน

```
: QUIT
Stop - Program terminated.
```

```
: HELP QUIT
QUIT COMMAND
USE:  TO LEAVE THE LINDO PACKAGE.  ANY UNSAVED FORMULATION
      WILL BE LOST.
```

RANGE

รูปแบบ RANGE

หน้าที่ สั่งให้ LINDO ทำการวิเคราะห์ความไวของปัญหากำหนดการเชิงเส้น

ตัวอย่างการทำงาน

```
: RETR EXAM1.LIN
: GO
   LP OPTIMUM FOUND  AT STEP     2

         OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)          59.0000000

VARIABLE            VALUE           REDUCED COST
       X1          7.000000            .000000
       X2          4.000000            .000000

   ROW      SLACK OR SURPLUS      DUAL PRICES
      2)           .000000           .666667
      3)           .000000           .166667

NO. ITERATIONS=        2

 DO RANGE(SENSITIVITY) ANALYSIS?
? YES
```

ถ้าเราต้องการวิเคราะห์ความไวให้ตอบ YES แล้วกด ENTER

```
   RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED

                           OBJ COEFFICIENT RANGES
VARIABLE          CURRENT        ALLOWABLE          ALLOWABLE
                   COEF          INCREASE           DECREASE
      X1         5.000000        5.500000           1.571428
      X2         6.000000        2.749999           3.142857

                           RIGHTHAND SIDE RANGES
  ROW             CURRENT        ALLOWABLE          ALLOWABLE
                   RHS           INCREASE           DECREASE
     2          56.000000       57.750000          18.857140
     3         130.000000       66.000000          66.000000
```

หลังจากการคำนวณที่ได้ผลเฉลยแล้วหากต้องการวิเคราะห์ความไวให้ใช้คำสั่ง RANGE

```
: RANGE

   RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED

                           OBJ COEFFICIENT RANGES
VARIABLE          CURRENT        ALLOWABLE        ALLOWABLE
                   COEF          INCREASE          DECREASE
      X1         5.000000        5.500000          1.571428
      X2         6.000000        2.749999          3.142857

                           RIGHTHAND SIDE RANGES
    ROW           CURRENT        ALLOWABLE        ALLOWABLE
                    RHS          INCREASE          DECREASE
       2        56.000000       57.750000         18.857140
       3       130.000000       66.000000         66.000000
```

```
: HELP RANGE
RANGE COMMAND
  PRINTS RANGE REPORT ON RHS AND OBJ COEFFICIENTS.
```

RETR

รูปแบบ RETR <ชื่อแฟ้มกำหนดการเชิงเส้น>

หน้าที่ นำแฟ้มกำหนดการเชิงเส้นตามชื่อที่ระบุในแผ่น diskette เข้ามาสู่ระบบการทำงานของโปรแกรม LINDO

ตัวอย่างการทำงาน

1. ถ้าจำชื่อแฟ้มกำหนดการได้ให้พิมพ์ชื่อแฟ้มต่อท้าย RETR เช่น

```
: RETR EXAM1.LIN
: LOOK ALL

MAX      5 X1 + 6 X2
SUBJECT TO
        2)    4 X1 + 7 X2 <=   56
        3)    14 X1 + 8 X2 <=   130
END
```

2. ถ้าจำชื่อแฟ้มไม่ได้ให้พิมพ์ RETR แล้ว ENTER จอภาพจะขึ้นข้อความและรายชื่อแฟ้มต่างๆ ใน directory ขณะนั้น เลื่อนแถบสว่างไปทับแฟ้มกำหนดการเชิงเส้นแล้วกด ENTER ตัวอย่างเช่น

```
Use the direction keys to highlight a file and . . .

        <Esc>      return to command level
        <PgDn>     display additional files
        <Enter>    select highlighted file

LINDO.EXE      EXAM1.LIN

: HELP RETR

RETRIEVE COMMAND
SYNTAX: PROMPT                  EXPECTED RESPONSE
        FILE:                   FILE NAME
USE:   TO FETCH A COMPLETELY SPECIFIED PROBLEM FORMULATION
       FROM STORAGE.
NOTES:  THE FILE BEING RETRIEVED MUST HAVE BEEN PREVIOUSLY
        SAVED THERE BY THE SAVE COMMAND.
        TYPE "END" AS RESPONSE TO THE PROMPT TO SKIP THE
        RETRIEVAL AND RETURN TO COMMAND MODE.
```

RVRT

รูปแบบ RVRT

หน้าที่ ยกเลิกผลของคำสั่ง DIVE

ตัวอย่างการทำงาน

```
: RETR EXAM1.LIN

: DIVE TEMP.TXT

: LOOK ALL
```

จะไม่มีกำหนดการเชิงเส้นบนจอภาพ ต่อไปลองใช้คำสั่ง RVRT แล้ว LOOK ALL ใหม่

```
: RVRT

: LOOK ALL
```

จะได้ผลดังนี้

```
MAX      5 X1 + 6 X2
SUBJECT TO
        2)    4 X1 + 7 X2 <=    56
        3)   14 X1 + 8 X2 <=   130
END
```

```
: HELP RYRT
INVALID COMMAND: RYRT
 TYPE: COM  TO SEE VALID COMMANDS
```

SAVE

รูปแบบ SAVE <ชื่อแฟ้มกำหนดการเชิงเส้น>

หน้าที่ บันทึกแฟ้มกำหนดการเชิงเส้นใน LINDO ลงสู่แผ่น diskette

ตัวอย่างการทำงาน

สมมติเรามีกำหนดการเชิงเส้นในระบบ LINDO แล้ว

```
MAX      5 X1 + 6 X2
SUBJECT TO
       2)   4 X1 + 7 X2 <=   56
       3)   14 X1 + 8 X2 <=   130
END
```

ต่อไป เราสั่ง SAVE

```
: SAVE
```

บนจอภาพจะถามว่าบันทึกในชื่ออะไร (เราต้องการชื่อ TESTA.LIN)

ให้พิมพ์ TESTA.LIN แล้ว ENTER

เมื่อจอภาพขึ้น : แสดงว่าบันทึกเสร็จแล้ว

หมายเหตุ เราสามารถระบุชื่อที่ต้องการบันทึกท้ายคำสั่ง SAVE ได้เช่น

```
: SAVE TESTA.LIN
```

```
: HELP SAVE
SAVE COMMAND
SYNTAX: PROMPT                EXPECTED RESPONSE
        FILE:                 FILE NAME
NOTES:  TYPE "END" TO EITHER PROMPT TO SKIP THE SAVE AND
        RETURN TO COMMAND MODE.
```

SDBC

รูปแบบ SDBC

หน้าที่ บันทึกผลการคำนวณจาก LINDO สู่แฟ้มข้อมูลในแผ่น diskette ในรูปแบบ

ชื่อตัวแปร ค่าตัวแปร REDUCE COST ชนิดตัวแปร ค่าขอบ เขตบน

ตัวอย่างการทำงาน

```
: RETR EXAM1.LIN
: LOOK ALL

MAX      5 X1 + 6 X2
SUBJECT TO
        2)    4 X1 + 7 X2 <=    56
        3)    14 X1 + 8 X2 <=    130
END

: GO
    LP OPTIMUM FOUND  AT STEP      2

         OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)          59.0000000

VARIABLE          VALUE          REDUCED COST
       X1          7.000000           .000000
       X2          4.000000           .000000


   ROW         SLACK OR SURPLUS     DUAL PRICES
       2)            .000000           .666667
       3)            .000000           .166667

NO. ITERATIONS=        2

 DO RANGE(SENSITIVITY) ANALYSIS?
? NO
```

ต่อไป เราบันทึกคำตอบลงแฟ้มข้อมูลชื่อ

```
: SDBC EXAM1.ANS
```

ลองออกไปที่ DOS แล้วใช้คำสั่ง TYPE EXAM1.ANS จะได้ผลดังนี้

```
: QUIT
```

```
Stop - Program terminated.

A:\LINDO>TYPE EXAM1.ANS
          59.0000      1.00000     F  .100000E+31
     X1   7.00000      .000000     C  .100000E+31
     X2   4.00000      .000000     C  .100000E+31
```

```
: HELP SDBC
SDBC COMMAND
  SAVE IN DATA BASE FORMAT A COLUMN REPORT.
  NAME, VALUE, REDUCED COST, VARIABLE TYPE AND SUB
  ARE STORED IN (A8,2G13.6,A1,G13.6) FORMAT
```

SHOC

รูปแบบ SHOC หมายเลขลำดับของตัวแปร

หน้าที่ แสดงสัมประสิทธิ์ของตัวแปรตามลำดับที่ระบุในกำหนดการเชิงเส้น

ตัวอย่างการทำงาน

```
: RETR EXAM1.LIN

: LOOK ALL

MAX      5 X1 + 6 X2
SUBJECT TO
       2)    4 X1 + 7 X2 <=   56
       3)    14 X1 + 8 X2 <=   130
END
```

สั่งให้แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรตัวที่ 1 ในแถวต่างๆ ใช้ SHOC 1

```
: SHOC 1
     ROW       COEF.          DUAL-PRICE
       1        5.00000           1.00000
       2        4.00000           .666667
       3        14.0000           .166667
```

ถ้าต้องการดูสัมประสิทธิ์ของตัวแปรตัวที่ 2 ในแถวต่างๆ ใช้ SHOC 2

```
: SHOC 2
     ROW       COEF.          DUAL-PRICE
       1        6.00000           1.00000
       2        7.00000           .666667
       3        8.00000           .166667
```

ถ้าเราใช้คำสั่ง SHOC หลังจากปัญหากำหนดการเชิงเส้นนั้นมีผลเฉลยแล้ว ผลของคำสั่ง SHOC จะได้ค่าของตัวแปรนั้นที่เป็นผลเฉลยของปัญหาด้วย

```
: GO
   LP OPTIMUM FOUND  AT STEP      2

        OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)          59.0000000

VARIABLE          VALUE          REDUCED COST
       X1          7.000000          .000000
       X2          4.000000          .000000

   ROW      SLACK OR SURPLUS     DUAL PRICES
      2)          .000000          .666667
      3)          .000000          .166667

NO. ITERATIONS=       2

 DO RANGE(SENSITIVITY) ANALYSIS?
? NO
```

เมื่อมีผลเฉลยแล้วลองดูผลของ SHOC 1 และ SHOC 2 อีกที

```
: SHOC 1
      ROW      COEF.        DUAL-PRICE
        1      5.00000        1.00000
        2      4.00000        .666667
        3      14.0000        .166667

VALUE=    7.00000      REDUCED COST=   .000000


: SHOC 2
      ROW      COEF.        DUAL-PRICE
        1      6.00000        1.00000
        2      7.00000        .666667
        3      8.00000        .166667

VALUE=    4.00000      REDUCED COST=   .000000


: HELP SHOC
SHOCOLUMN COMMAND
  DISPLAYS A SPECIFIED COLUMN.
```

SOLU

รูปแบบ SOLU

หน้าที่ แสดงผลลัพธ์ที่คำนวณได้ของกำหนดการเชิงเส้น

ตัวอย่างการทำงาน

```
: RETR EXAM1.LIN
: GO
    LP OPTIMUM FOUND  AT STEP      2

          OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)          59.0000000

VARIABLE          VALUE          REDUCED COST
      X1          7.000000           .000000
      X2          4.000000           .000000

   ROW       SLACK OR SURPLUS     DUAL PRICES
      2)          .000000           .666667
      3)          .000000           .166667

NO. ITERATIONS=       2
```

หมายเหตุ SOLU ควรใช้หลังจาก LINDO คำนวณผลเฉลยของกำหนดการเชิงเส้นเสร็จแล้วด้วยคำสั่ง GO หรือ PIV

```
: SOLU

          OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)          59.0000000

VARIABLE          VALUE          REDUCED COST
      X1          7.000000           .000000
      X2          4.000000           .000000
   ROW       SLACK OR SURPLUS     DUAL PRICES
      2)          .000000           .666667
      3)          .000000           .166667

NO. ITERATIONS=       2
: HELP SOLU
SOLUTION COMMAND
  PRINTS SOLUTION REPORT.
```

STAT

รูปแบบ STAT

หน้าที่ แสดงข้อมูลต่างๆ ที่ควรทราบ เช่น จำนวนตัวแปร จำนวนเงื่อนไขบังคับ ของกำหนดการเชิงเส้นขณะนั้น

ตัวอย่างการทำงาน

สมมติกำหนดการเชิงเส้นใน LINDO ขณะนี้คือ

```
: RETR EXAM1.LIN
: LOOK ALL

MAX      5 X1 + 6 X2
SUBJECT TO
        2)    4 X1 + 7 X2 <=   56
        3)    14 X1 + 8 X2 <=   130
END
```

ลองมาดูข้อมูลภายในกำหนดการเชิงเส้นนี้ด้วยคำสั่ง STAT

```
: STAT
ROWS=      3 VARS=       2 NO. INTEGER VARS=      0
NONZEROES=       8 CONSTRAINT NONZ=      4(     0 ARE +- 1) DENSITY= .889
SMALLEST AND LARGEST ELEMENTS IN ABSOLUTE VALUE=     4.00000       130.000
NO. < :    2 NO. =:     0 NO. > :    0, OBJ=MAX, GUBS <=    1
SINGLE COLS=     0
```

```
: HELP STAT
STATS COMMAND
  GIVES STATS(E.G., ROWS, COLS) OF CURRENT FORMULATION.
```

SUB

รูปแบบ SUB

หน้าที่ กำหนดค่าของขอบเขตบนของตัวแปรในปัญหากำหนดการเชิงเส้น

ตัวอย่างการทำงาน

จากปัญหากำหนดการเชิงเส้น

```
: RETR EXAM1.LIN
: LOOK ALL

MAX      5 X1 + 6 X2
SUBJECT TO
       2)    4 X1 + 7 X2 <=    56
       3)    14 X1 + 8 X2 <=   130
END
```

ลองใช้คำสั่ง GO ดูผลลัพธ์ก่อน

```
: GO
    LP OPTIMUM FOUND  AT STEP      2

         OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)           59.0000000

VARIABLE        VALUE          REDUCED COST
       X1        7.000000            .000000
       X2        4.000000            .000000
```

ต่อไปเรากำหนดขอบเขตบนของ x_1 เป็น 4 ดังนี้

```
: SUB
```

บนจอภาพจะถามว่าขอบเขตบนของตัวแปรอะไร

```
VARIABLE:
```

ให้ตอบ X1 แล้วกด ENTER บนจอภาพถามว่า ค่าขอบเขตของ X1 มีค่าเท่าไร

```
UB=
```

ให้ตอบ 4 แล้วกด ENTER เสร็จแล้วลอง LOOK ALL ดูใหม่

```
: LOOK ALL

MAX      5 X1 + 6 X2
SUBJECT TO
       2)    4 X1 + 7 X2 <=   56
       3)   14 X1 + 8 X2 <=   130
END
SUB        X1          4.00
```

จะเห็นว่ามีการแสดงค่าขอบเขตบนของ X1 เพิ่มขึ้นมาอีก

ต่อไปลองสั่ง LINDO คำนวณใหม่เพื่อเทียบคำตอบกัน

```
: GO
    LP OPTIMUM FOUND   AT STEP      1

         OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)         54.2857100

VARIABLE          VALUE             REDUCED COST
       X1         4.000000            -1.571429
       X2         5.714286             .000000
```

คำตอบที่ได้ X1 ไม่ใช่ 7 แต่เป็น 4 เพราะว่าเราบังคับขอบเขตบนของ X1 ไว้

```
: HELP SUB

SUB COMMAND
  ENTERS OR CHANGES A SIMPLE UPPER BOUND FOR A VARIABLE.
  FORM IS:
    SUB  VARIABLE  UB
  WHERE VARIABLE IS A VARIABLE NAME
  AND UB IS A NUMERIC VALUE.
  FOR LARGE PROBLEMS, SUBS ARE MORE EFFICIENT FOR STATING
  CONSTRAINTS LIKE:  X < 10.
```

TABL

รูปแบบ TABL

หน้าที่ นำผลการคำนวณของกำหนดการเชิงเส้นด้วย LINDO ในขณะนั้น แสดงออกมาบนจอภาพด้วยรูปแบบของตารางซิมเพลกซ์

ตัวอย่างการทำงาน

```
: RETR EXAM1.LIN
: LOOK ALL

MAX      5 X1 + 6 X2
SUBJECT TO
        2)    4 X1 + 7 X2 <=    56
        3)    14 X1 + 8 X2 <=   130
END

: TABL

THE TABLEAU
     ROW  (BASIS)         X1          X2    SLK    2   SLK    3
       1 ART          -5.000      -6.000      .000       .000      .000

       2 SLK    2      4.000       7.000     1.000       .000    56.000

       3 SLK    3     14.000       8.000      .000      1.000   130.000

ART      ART          -5.000      -6.000      .000       .000      .000
```

```
: HELP TABL
TABLEAU COMMAND
 THE COEFFICIENTS IN THE CURRENT SIMPLEX TABLEAU ARE PRINTED.
```

TAKE

รูปแบบ TAKE ชื่อแฟ้มคำสั่งใน LINDO

หน้าที่ นำแฟ้มโปรแกรมที่ประกอบด้วยคำสั่งการทำงานใน LINDO เข้ามาทำงานตามชื่อที่ระบุ

ตัวอย่างการทำงาน สมมติมีแฟ้มโปรแกรมชื่อ PROGRAM1.PRG ใน diskette ประกอบด้วยคำสั่ง

RETR EXAM1.LIN

LOOK ALL

LEAV

หมายเหตุ แฟ้มโปรแกรมของคำสั่งใน LINDO ต้องลงท้ายด้วย LEAV

ต่อไปลองสั่ง

```
: TAKE PROGRAM1.PRG
```

พอ ENTER แล้ว LINDO จะนำคำสั่งในแฟ้ม PROGRAM1.PRG มาทำงานทันทีดังนี้

นำแฟ้มกำหนดการเชิงเส้น EXAM1.LIN ขึ้นมาแล้วแสดงโดย LOOK ALL

```
: LOOK ALL

MAX      5 X1 + 6 X2
SUBJECT TO
        2)    4 X1 + 7 X2 <=    56
        3)    14 X1 + 8 X2 <=    130
END


: HELP TAKE
TAKE COMMAND
  ALLOWS A SERIES OF COMMANDS TO BE TAKEN FROM A FILE.
  THE FILE CONTENTS SHOULD APPEAR EXACTLY AS TERMINAL INPUT
  E.G., THE FILE CANNOT CONTAIN LINE NUMBERS.
  THE LAST COMMAND IN THE FILE SHOULD BE: LEAVE
```

TERS

รูปแบบ TERS

หน้าที่ สั่งให้ LINDO แสดงผลลัพธ์ที่คำนวณได้ในรูปแบบย่อ

ตัวอย่างการทำงาน

```
: RETR EXAM1.LIN
: GO
    LP OPTIMUM FOUND  AT STEP      2

          OBJECTIVE FUNCTION VALUE

 1)          59.0000000

VARIABLE          VALUE          REDUCED COST
       X1          7.000000           .000000
       X2          4.000000           .000000


   ROW       SLACK OR SURPLUS     DUAL PRICES
       2)           .000000           .666667
       3)           .000000           .166667

NO. ITERATIONS=        2

 DO RANGE(SENSITIVITY) ANALYSIS?
? NO
```

ลองสั่งให้ LINDO แสดงผลแบบย่อ

```
: TERS
: GO
   LP OPTIMUM FOUND  AT STEP     2
  OBJ VALUE =   59.0000000
```

จะเห็นได้ว่าการแสดงผลแบบย่อจะเหลือ 2 บรรทัดเท่านั้น

```
: HELP TERS
TERSE COMMAND
  CHANGES THE CONVERSATIONAL STYLE TO TERSE, E.G., IT DOES
  NOT AUTOMATICALLY PRINT THE SOLUTION REPORT AT LP OPTIMUM.
  THE  USER MAY BROWSE THRU THE SOLUTION WITH COMMANDS LIKE
  NONZ.
```

VERB

รูปแบบ VERB

หน้าที่ ยกเลิกผลของคำสั่ง TERS

ตัวอย่างการทำงาน

```
: RETR EXAM1.LIN
: TERS
: GO
    LP OPTIMUM FOUND  AT STEP     2
  OBJ VALUE =    59.0000000


: VERB
: GO
    LP OPTIMUM FOUND  AT STEP     2

          OBJECTIVE FUNCTION VALUE

  1)          59.0000000

VARIABLE          VALUE          REDUCED COST
       X1          7.000000           .000000
       X2          4.000000           .000000


   ROW       SLACK OR SURPLUS     DUAL PRICES
       2)           .000000           .666667
       3)           .000000           .166667

NO. ITERATIONS=        2

 DO RANGE(SENSITIVITY) ANALYSIS?
? NO
```

```
: HELP VERB
VERBOSE COMMAND
  CONVERTS THE CONVERSATIONAL STYLE BACK TO THE DEFAULT
  VERBOSE STYLE.
```

WIDTH

รูปแบบ WIDTH n

หน้าที่ กำหนดจำนวนตัวอักษรต่อบรรทัด

ตัวอย่างการทำงาน

```
: WIDTH 80
```

หากต้องการให้เป็นจำนวน 132 ตัวอักษรต่อบรรทัด ต้องสั่ง

```
: WIDTH 132
```

```
: HELP WIDTH
WIDTH COMMAND
  WIDTH N   TELLS LINDO THAT YOUR TERMINAL IS N CHARACTERS
  WIDE. E.G., WIDTH 132  INDICATES THAT YOUR TERMINAL USES
  LINE PRINTER WIDTH PAPER.
```

12. ดัชนีคำสั่ง

คำสั่ง	หน้าที่	คำสั่ง	หน้าที่
ALT	126	PARA	158
APPC	129	PIC	160
BAT	131	PIV	161
BIP	132	QUIT	164
BPIC	134	RANGE	165
CAT	136	RETR	167
COM	138	RVRT	168
DEL	139	SAVE	169
DIVE	140	SDBC	170
EXT	141	SHOC	172
GO	142	SOLU	174
HELP	144	STAT	175
INT	146	SUB	176
INV	148	TABL	178
LEAV	149	TAKE	179
LOOK	150	TERS	180
MAX\MIN	151	VERB	181
NONZ	155	WIDTH	182
PAGE	157		

บรรณานุกรม

ดำรงค์ ทิพย์โยธา, เพ็ญพรรณ ยังคง, พีชคณิตเชิงเส้น, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร, 2537

วีรศักดิ์ รัตนสมบูรณ์, การวิจัยดำเนินการ II, ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร, 2537

Frederick S. Hillier, Gerald J. Lieberman, Introduction to Operations Reserch, Holden-Day Inc., New York, 1980.

G. E. Thompson, Linear Programming, The Macmillan Company, 1971.

Hamdy A. Taha, Operations Research : An Introduction, Collier-Macmillan, New York, 1976.

Ruric E. Wheeler, W. D. Peeples, Jr., Modern Mathematics with Applications to Business and the Social Sciences,Brooks/cole Publishing Company, Monterey California, 1986.

S.I. Gass, Linear Programming Methods & Application, Mc. Graw- Hill,New York, 1969.

ดัชนี

การวิเคราะห์ความไว, sensitivity analysis, 95

กำหนดการเชิงเส้น, linear programming, 1

ซิมเพลกซ์, simplex, 45

ตัวแปรเข้า, entering variable, 55

ตัวแปรแสลค, slack variable, 45

ตัวแปรออก, departing variable, 55

แถวนำ, pivot row, 55

ปัญหาคู่ควบ, dual problem, 86

ปัญหาปฐมภูมิ, primal problem, 86

สมาชิกนำ, pivot element, 55

หลักนำ, pivot column, 55

คู่มือโปรแกรมสำเร็จรูป LINDO

โปรแกรมสำเร็จรูป LINDO เป็นโปรแกรมที่ช่วยในการหาผลเฉลยของปัญหากำหนดการเชิงเส้นซึ่งเป็นปัญหาเกี่ยวกับการหาค่าสูงสุดหรือค่าต่ำสุดภายใต้เงื่อนไขบังคับและยังสามารถทำการวิเคราะห์ปัญหาของกำหนดการเชิงเส้นนั้นได้ด้วย เช่น การวิเคราะห์ความไว การแก้ปัญหาคู่ควบ การหาผลเฉลยทีละขั้นตอนตามวิธีซิมเพลกซ์ การคำนวณในรูปแบบของตารางซิมเพลกซ์ นอกจากนั้น LINDO ยังมีความสามารถที่จะเก็บปัญหาและผลเฉลยลงสู่แผ่น diskette ในรูปแบบของแฟ้มข้อมูลเพื่อจะได้นำกลับมาดัดแปลงแก้ไขสำหรับใช้ต่อไป

ในหนังสือเล่มนี้จะเน้นที่คำสั่งใน LINDO และรายละเอียดตัวอย่างการใช้งานทุกคำสั่งของโปรแกรมสำเร็จรูป LINDO

จัดจำหน่ายโดย
ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาคารศาลาพระเกี้ยว จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท กรุงเทพมหานคร 10330
โทร. 2183980, 2187000
โทรสาร 2554441

คู่มือโปรแกรมสำเร็จรูป LINDO
ISBN 974-584-754-2
9 789745 847545
C112
5520 115.00 บาท