# บทที่ 4
# การใช้วิธีการค้นหาคำตอบแบบทาบูในการแก้ปัญหาการเลือกแผนกระบวนการผลิต

ในการหาคำตอบของการเลือกแผนกระบวนการผลิตนั้น มีหลายวิธีในการเลือกใช้ ซึ่งในลักษณะปัญหาที่มีขนาดเล็ก ๆ หรือไม่สลับซับซ้อนก็สามารถใช้โปรแกรมเชิงเส้นตรงในการแก้ปัญหาได้ ดังที่ได้กล่าวแล้วในบทที่ 3 แต่ในลักษณะปัญหาที่มีขนาดใหญ่หรือมีความยุ่งยากสลับซับซ้อน วิธีทางคณิตศาสตร์เช่นโปรแกรมเชิงเส้นตรงจะไม่สามารถใช้แก้ปัญหาได้ หรือสามารถแก้ปัญหาได้แต่มีความยุ่งยากสลับซับซ้อน ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาฮิวริสติกส์ (Heuristic) ที่เรียกว่าการค้นหาแบบทาบู (Tabu Search) ขึ้นมาช่วยแก้ปัญหานี้ (Logendran et al. (1994))

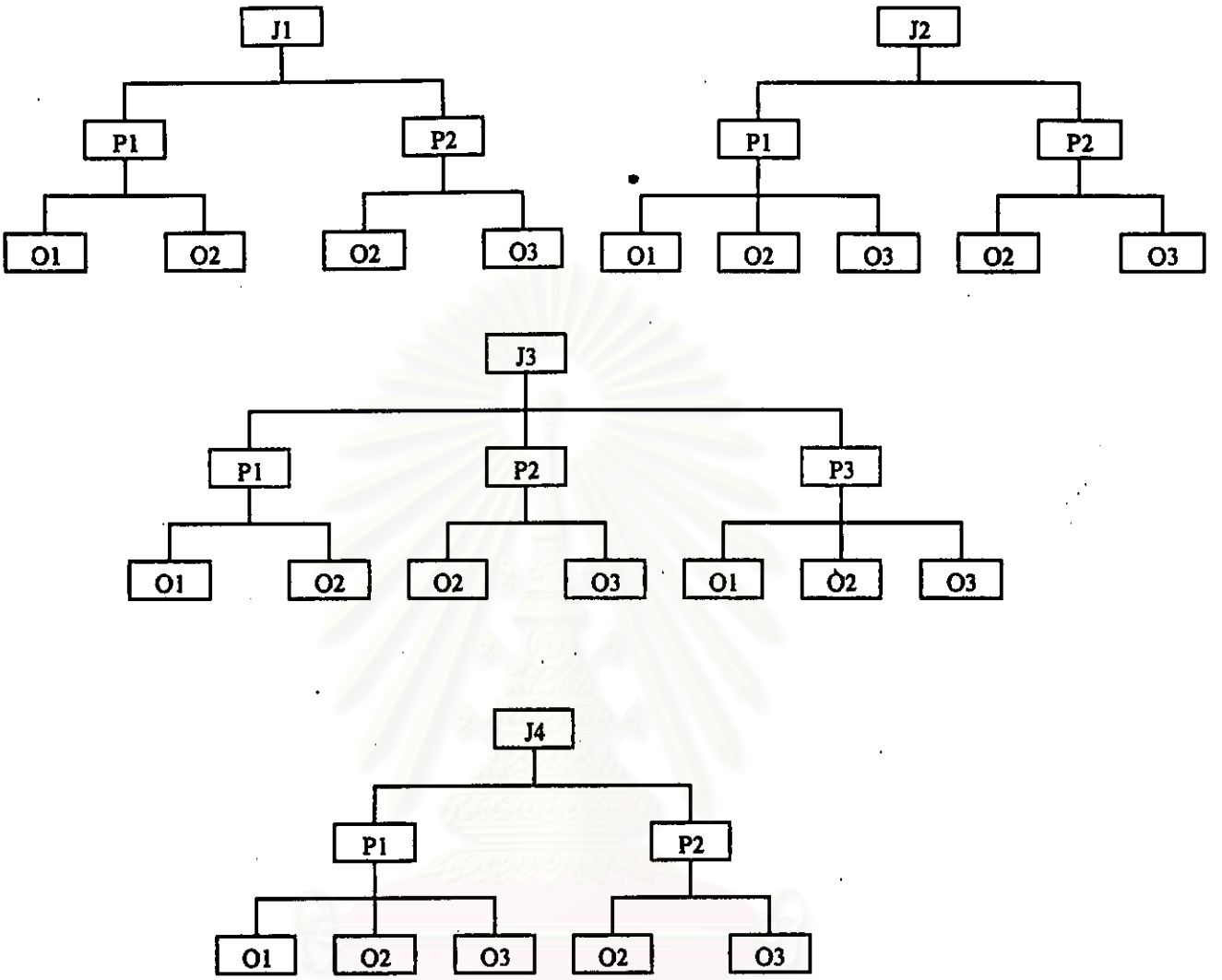
## 4.1 ลักษณะของปัญหา

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะทำการศึกษาเกี่ยวกับระบบการผลิตที่ ชิ้นงานสามารถถูกผลิตได้มากกว่า 1 แผนกระบวนการผลิต นั่นคือชิ้นงาน 1 ชิ้นจะสามารถเลือกเครื่องจักรได้มากกว่า 1 เครื่อง โดยดัดแปลงจากงานวิจัยของ R. Logendran, P. Ramakrishna และ C. Sriskandarajah ซึ่งในที่นี้ได้แบ่งกรณีศึกษาออกเป็น 4 กรณีศึกษา โดยใช้หลักเกณฑ์ต่าง ๆ ต่อไปนี้ เป็นตัวสร้างกรณีศึกษาขึ้น

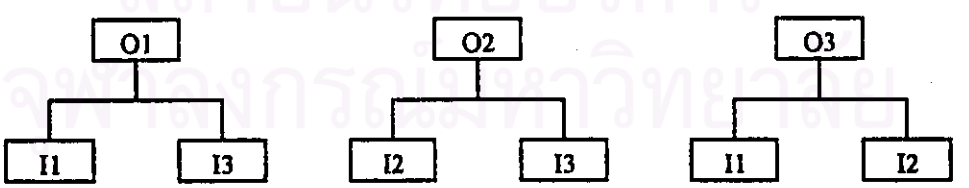
1. จำนวนชิ้นงาน
2. จำนวนเครื่องจักร

- กรณีศึกษาที่ 1 ชิ้นงาน 4 แบบ เครื่องจักร 3 แบบ และ 3 ขั้นตอนการทำงานในกรณีศึกษานี้จะเป็นการผลิตที่มีจำนวนชิ้นงาน และเครื่องจักรไม่มาก แสดงในรูปที่ 4.1

***PART***




***OPERATION***

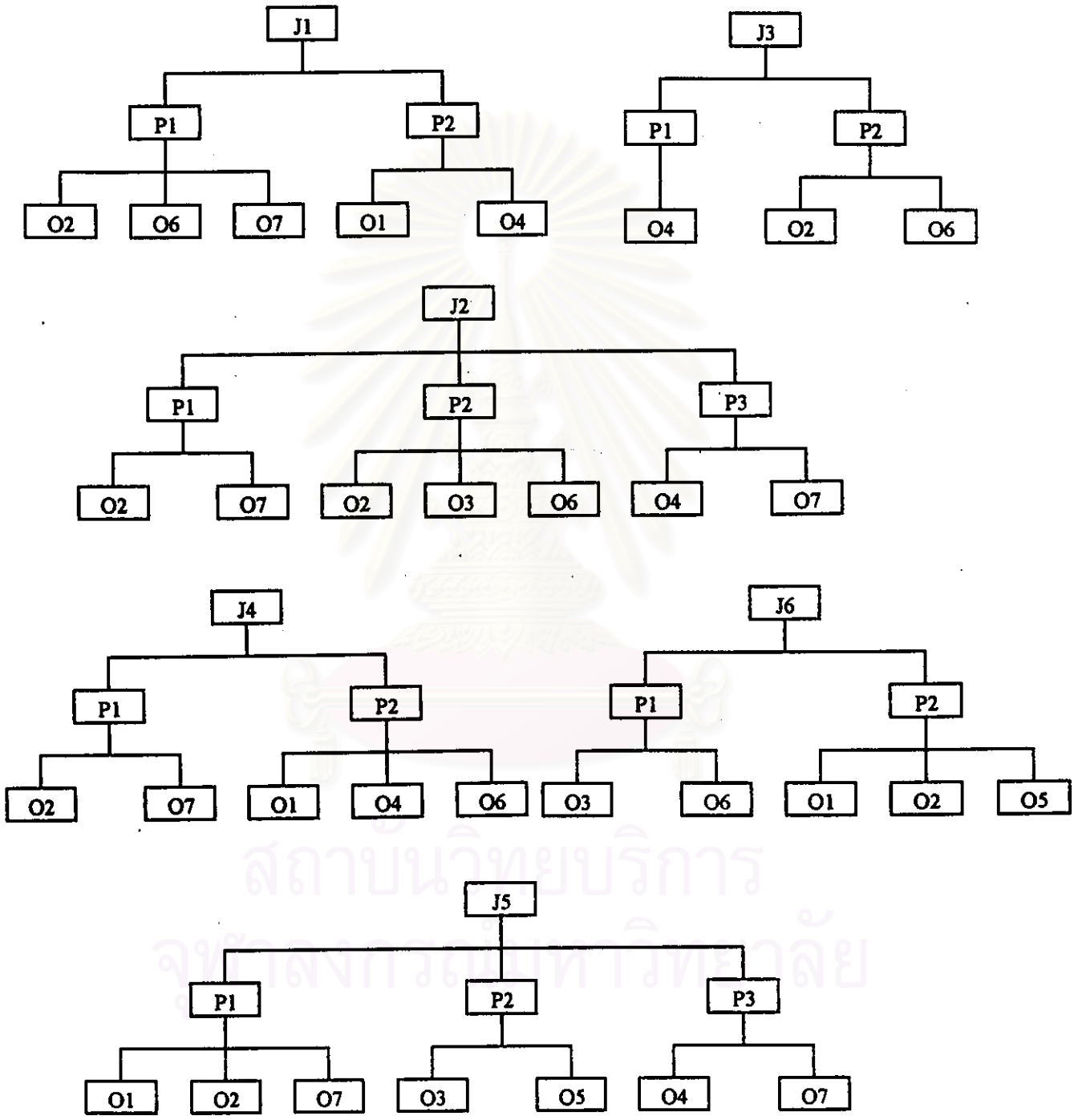



**รูปที่ 4.1** กรณีศึกษาที่ 1 : 4 ชิ้นงาน, 3 เครื่องจักร, 3 ขั้นตอนการทำงาน

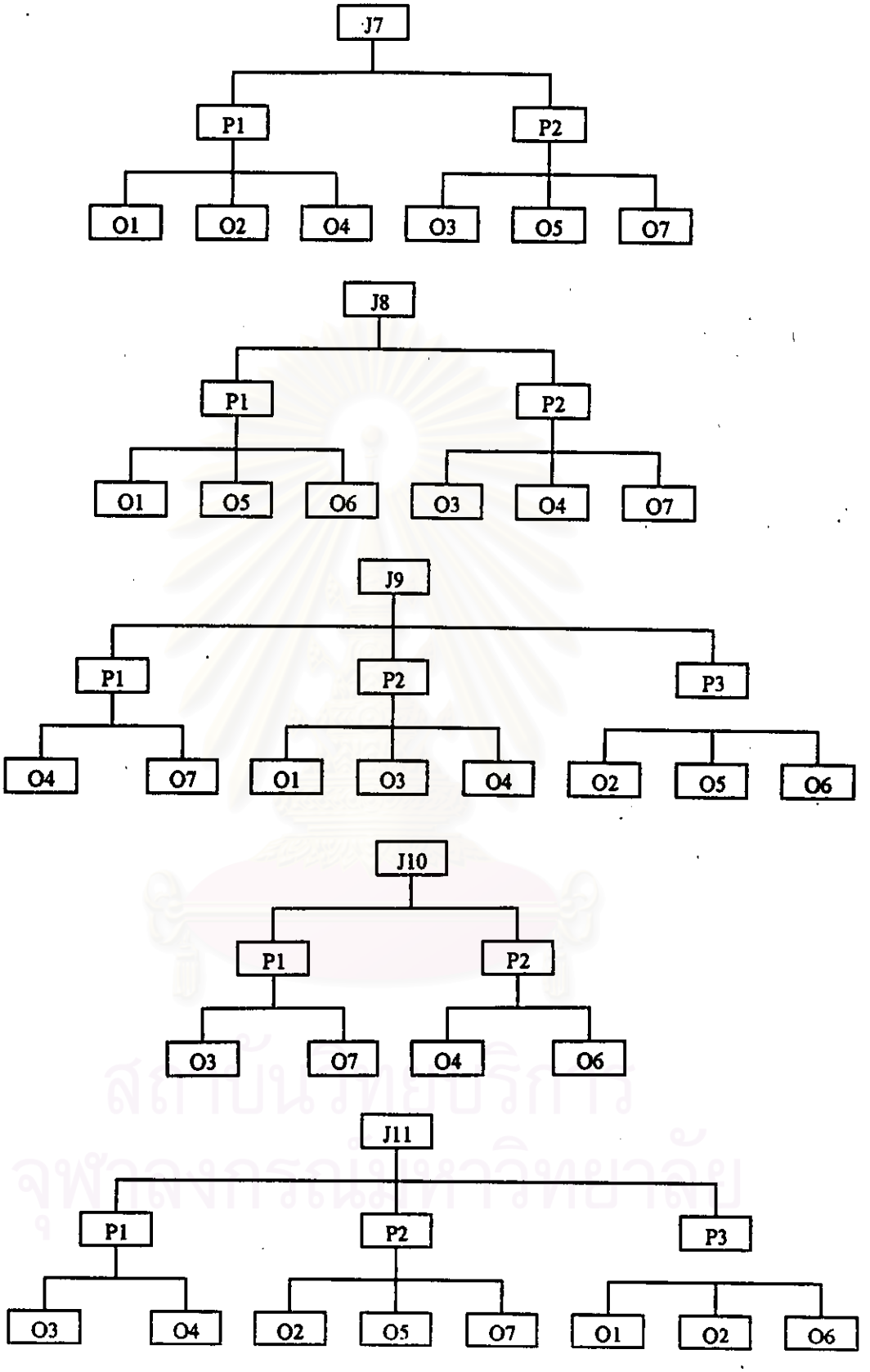
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- กรณีศึกษาที่ 2 ชิ้นงาน 14 แบบ เครื่องจักร 7 แบบ และ 7 ขั้นตอนการทำงานในกรณีศึกษานี้จะเป็นการผลิตที่มีจำนวนชิ้นงานมาก แต่เครื่องจักรในการผลิตน้อย แสดงในรูปที่ 4.2

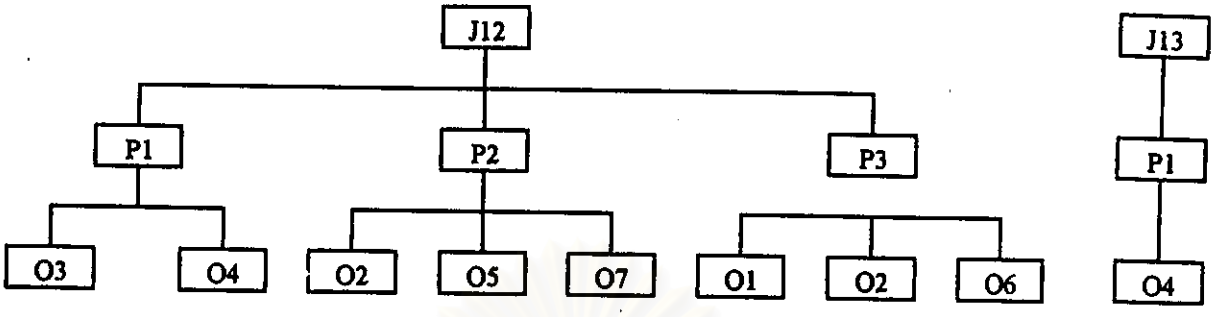
*PART*

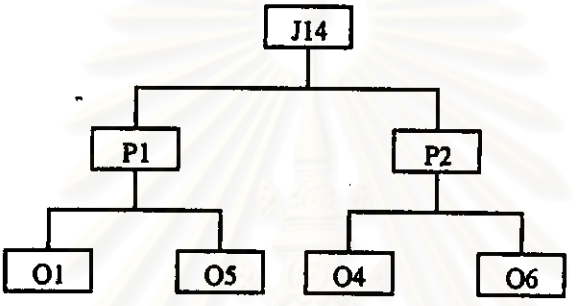



รูปที่ 4.2 กรณีศึกษาที่ 2 : 14 ชิ้นงาน, 7 เครื่องจักร, 7 ขั้นตอนการทำงาน

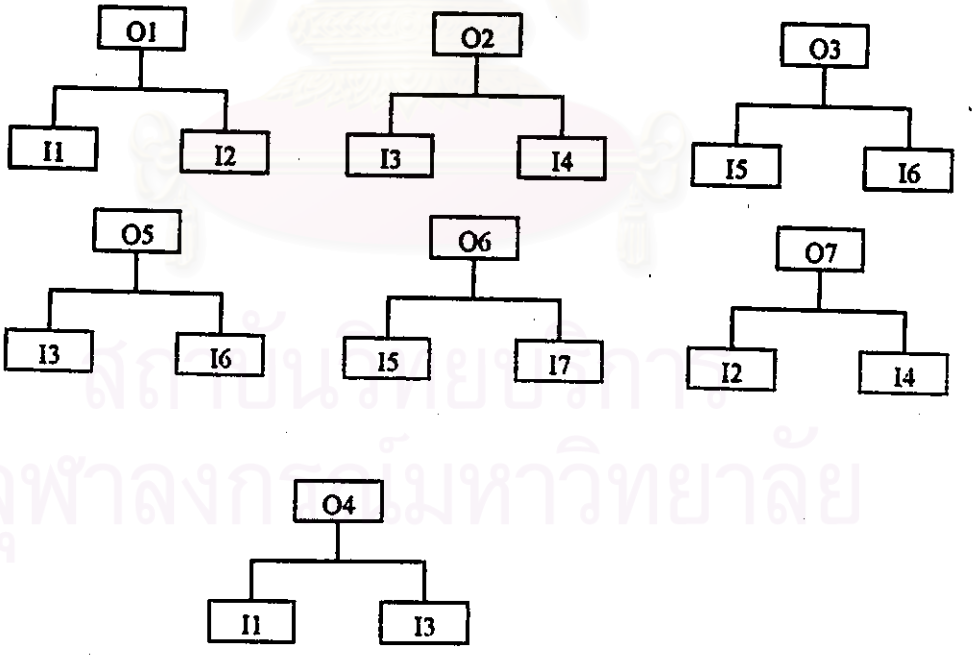



**รูปที่ 4.2 (ต่อ)** กรณีศึกษาที่ 2 : 14 ชิ้นงาน, 7 เครื่องจักร, 7 ขั้นตอนการทำงาน



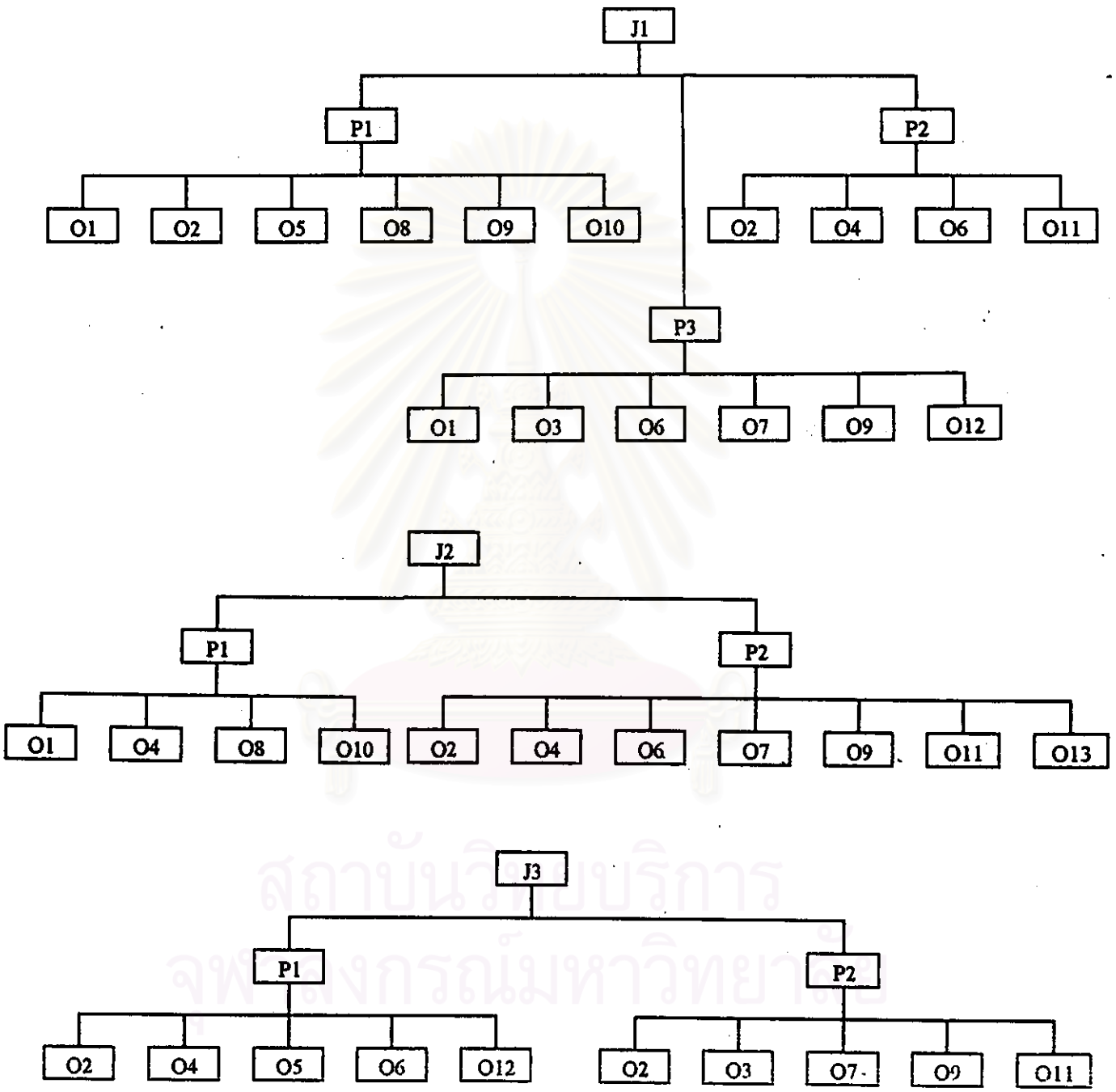




***OPERATION***

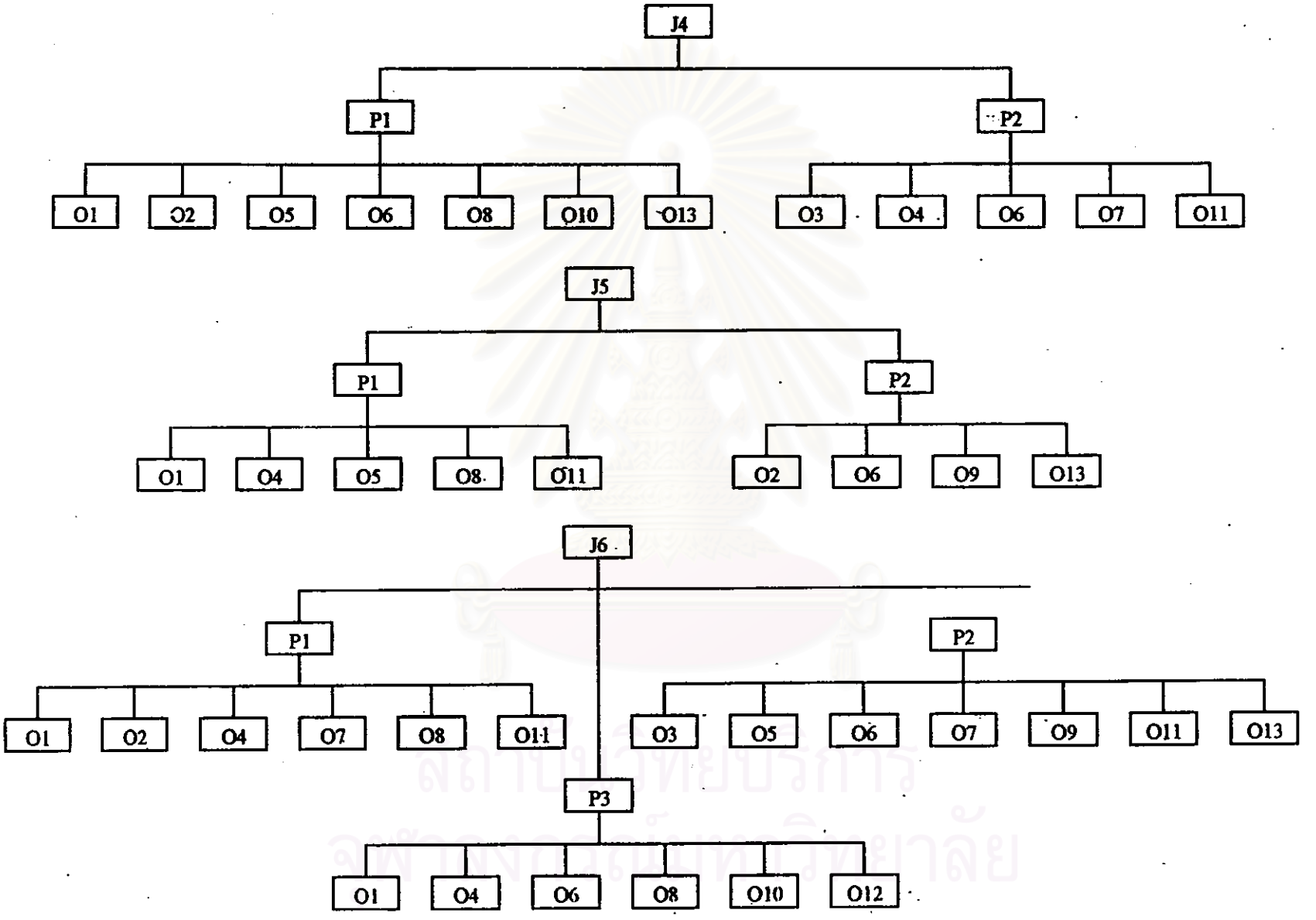



**รูปที่ 4.2 (ต่อ) กรณีศึกษาที่ 2 : 14 ชิ้นงาน, 7 เครื่องจักร, 7 ขั้นตอนการทำงาน**

- กรณีศึกษาที่ 3 ชิ้นงาน 6 แบบ เครื่องจักร 13 แบบ และ 13 ขั้นตอนการทำงานในกรณีศึกษานี้จะเป็นการผลิตที่มีจำนวนชิ้นงานที่น้อย แต่เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตจะมีจำนวนมากไม่มาก แสดงในรูปที่ 4.3

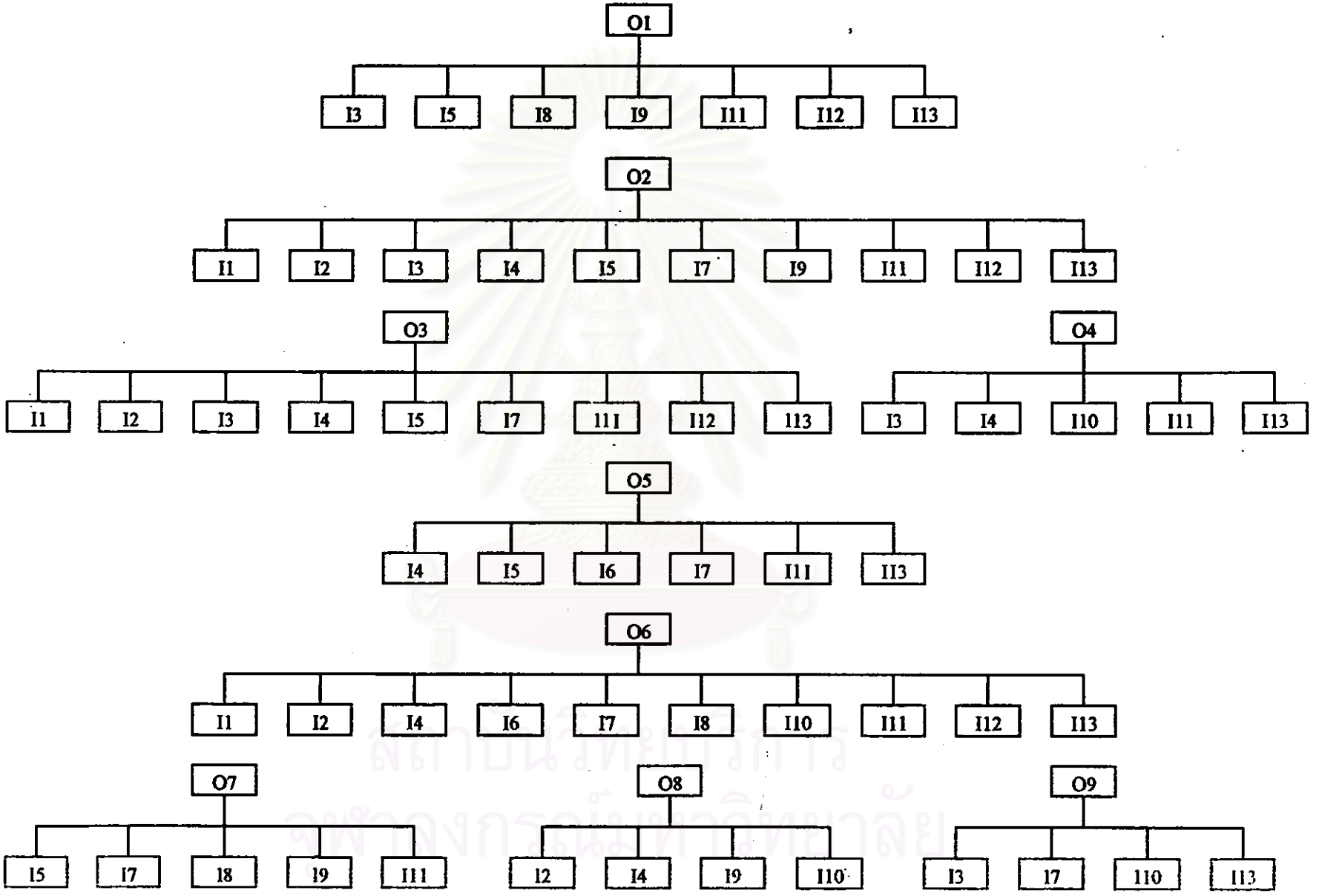



รูปที่ 4.3 กรณีศึกษาที่ 3 : 6 ชิ้นงาน, 13 เครื่องจักร, 13 ขั้นตอนการทำงาน




**รูปที่ 4.3 (ต่อ) กรณีศึกษาที่ 3 : 6 ชิ้นงาน, 13 เครื่องจักร, 13 ขั้นตอนการทำงาน**

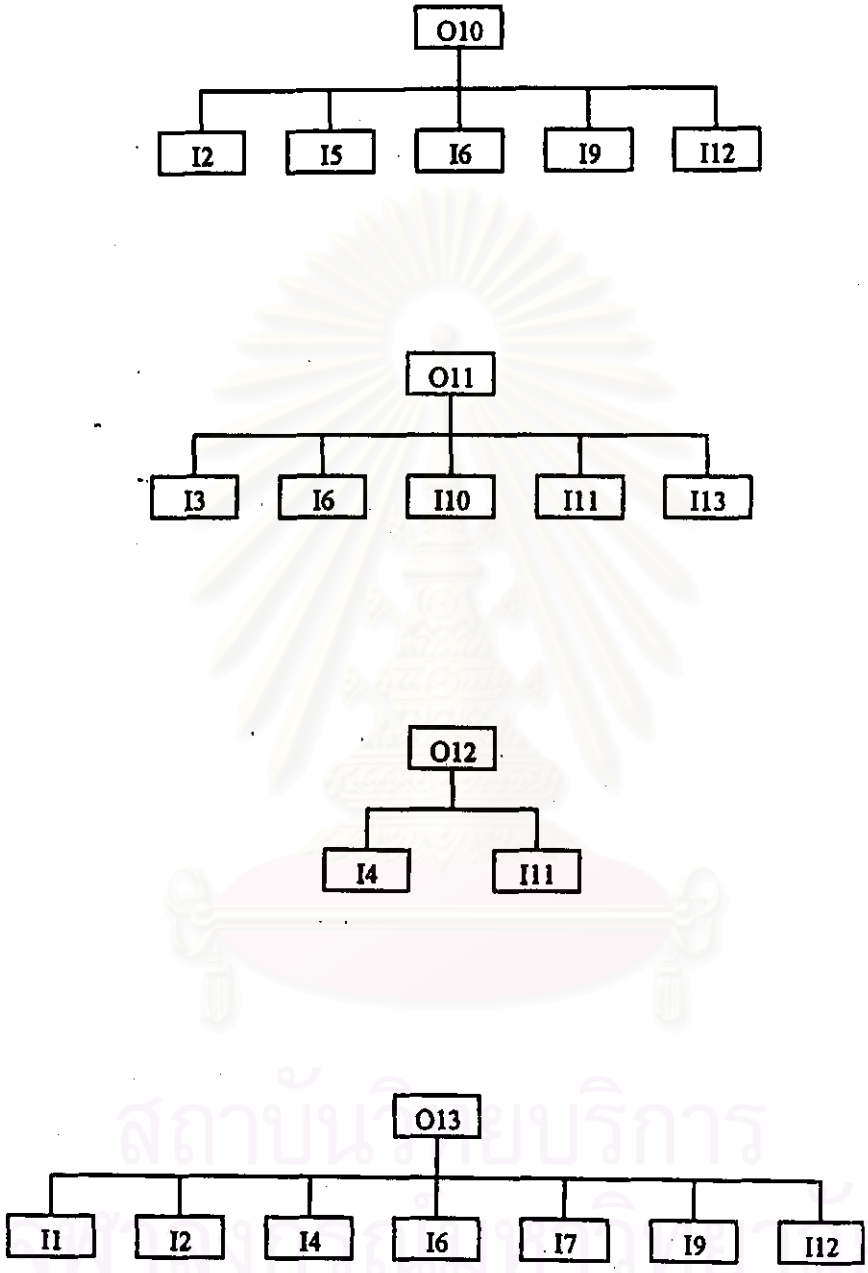
*OPERATION*




**รูปที่ 4.3 (ต่อ) กรณีศึกษาที่ 3 : 6 ชิ้นงาน, 13 เครื่องจักร, 13 ขั้นตอนการทำงาน**

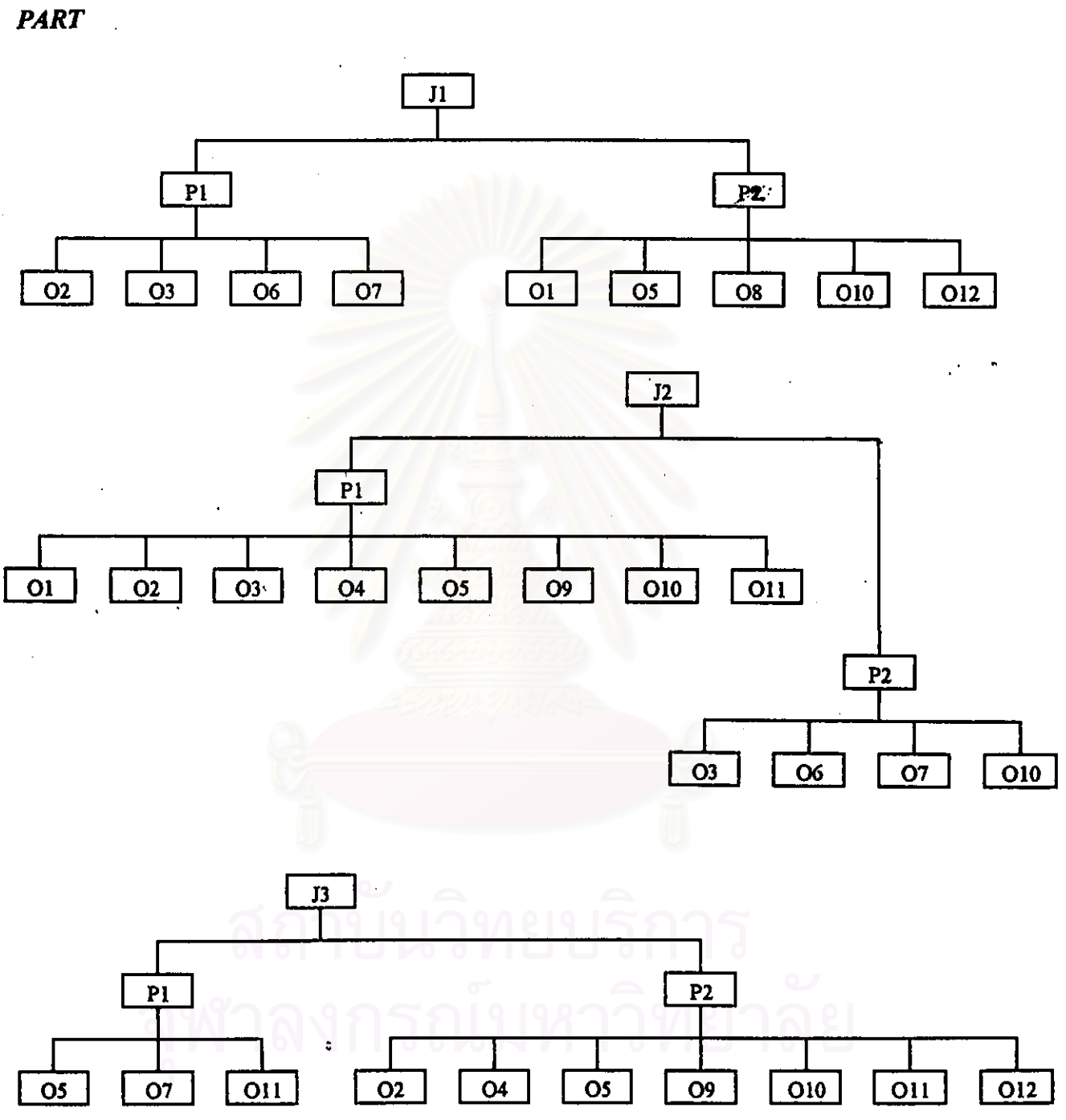
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

***OPERATION***



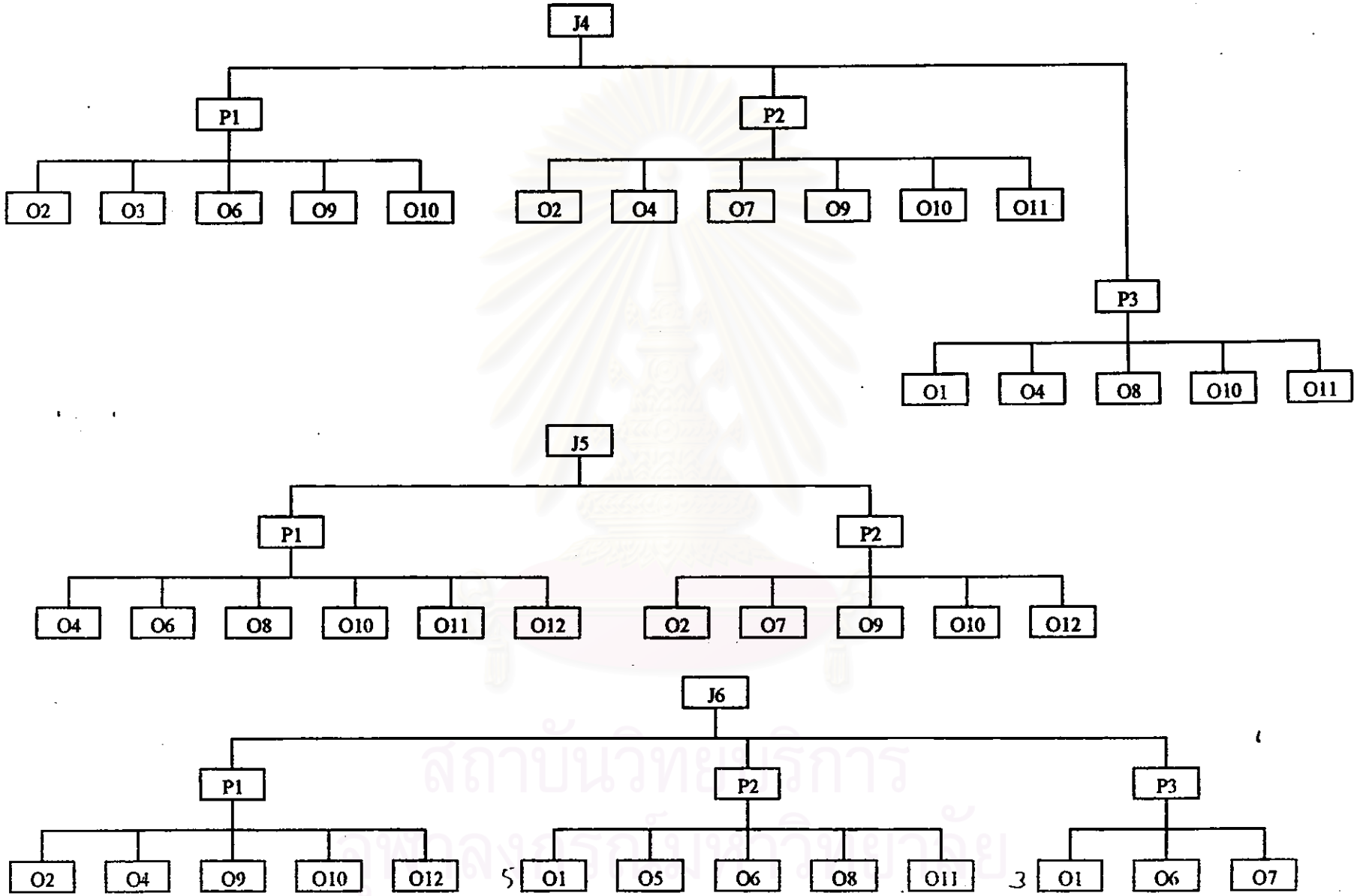

**รูปที่ 4.3 (ต่อ)** กรณีศึกษาที่ 3 : 6 ชิ้นงาน, 13 เครื่องจักร, 13 ขั้นตอนการทำงาน

- กรณีศึกษาที่ 4 ชิ้นงาน 19 แบบ เครื่องจักร 12 แบบ และ 12 ขั้นตอน การทำงานในกรณีศึกษานี้จะเป็นการผลิตที่มีจำนวนชิ้นงาน และเครื่องจักรจำนวนมาก แสดงในรูปที่ 4.4 .




รูปที่ 4.4 กรณีศึกษาที่ 4 : 19 ชิ้นงาน, 12 เครื่องจักร, 12 ขั้นตอนการทำงาน

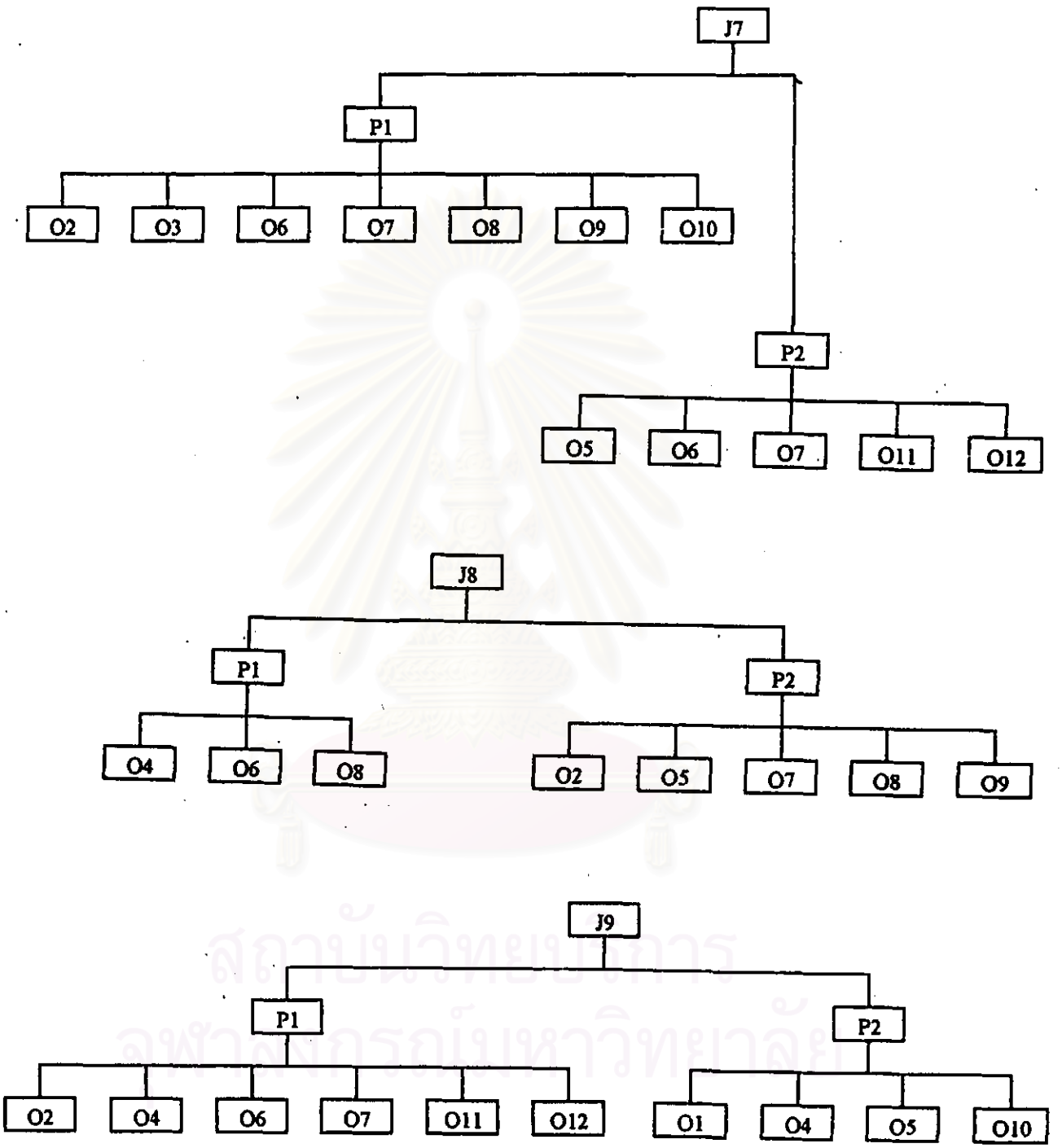
*PART*



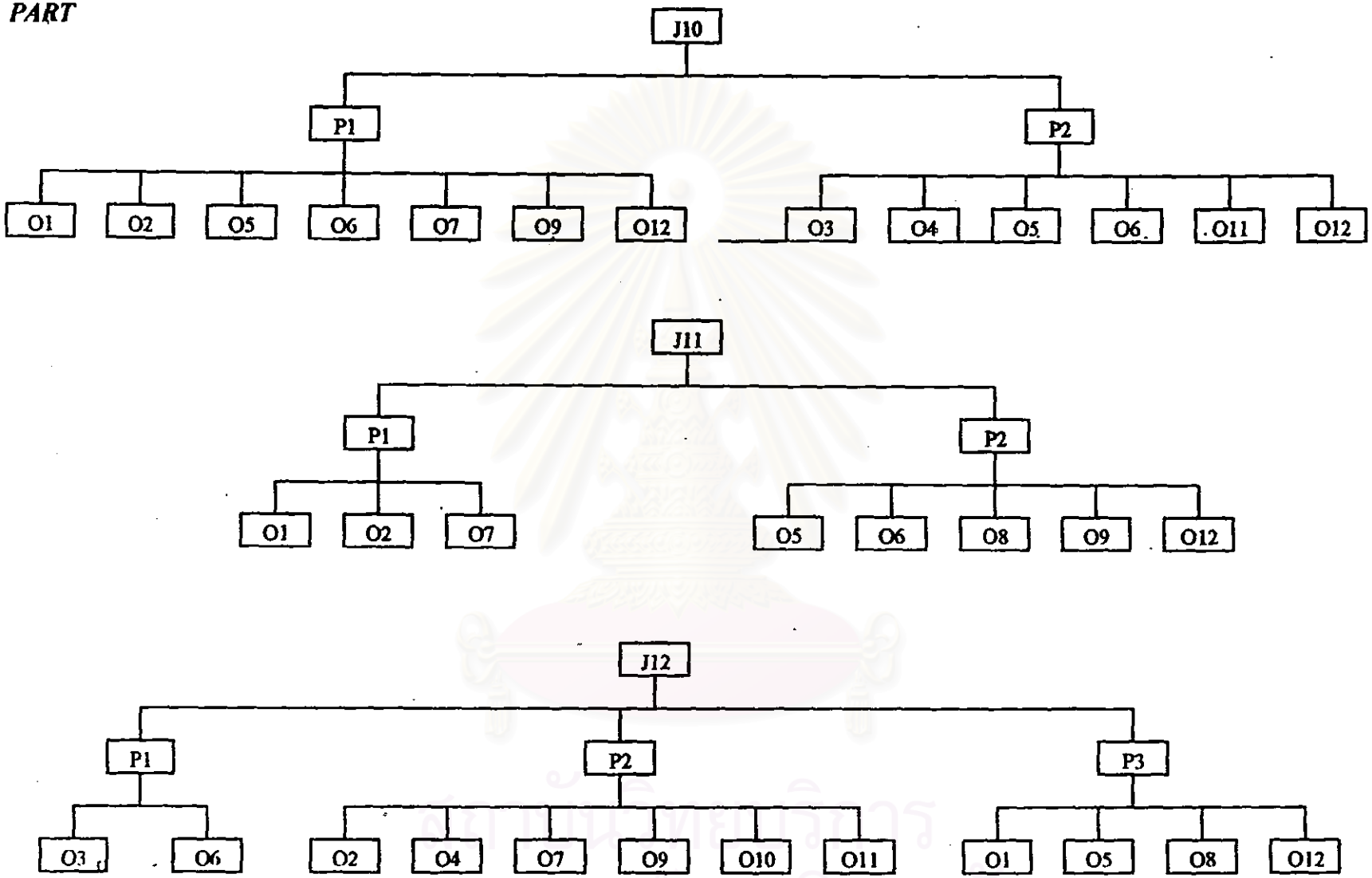

**รูปที่ 4.4 (ต่อ) กรณีศึกษาที่ 4 : 19 ชิ้นงาน, 12 เครื่องจักร, 12 ขั้นตอนการทำงาน**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

***PART***

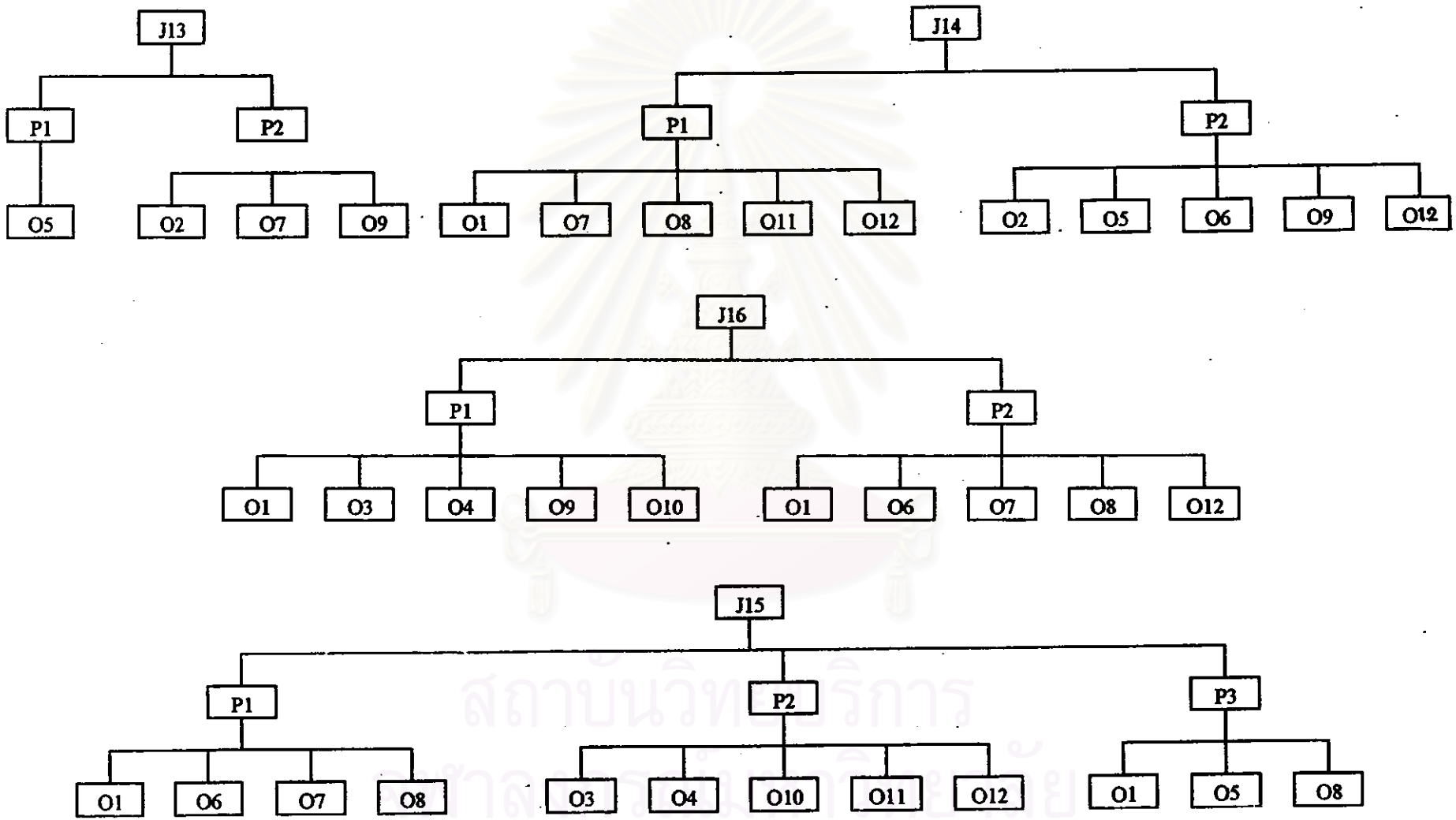



**รูปที่ 4.4 (ต่อ) กรณีศึกษาที่ 4 : 19 ชิ้นงาน, 12 เครื่องจักร, 12 ขั้นตอนการทำงาน**



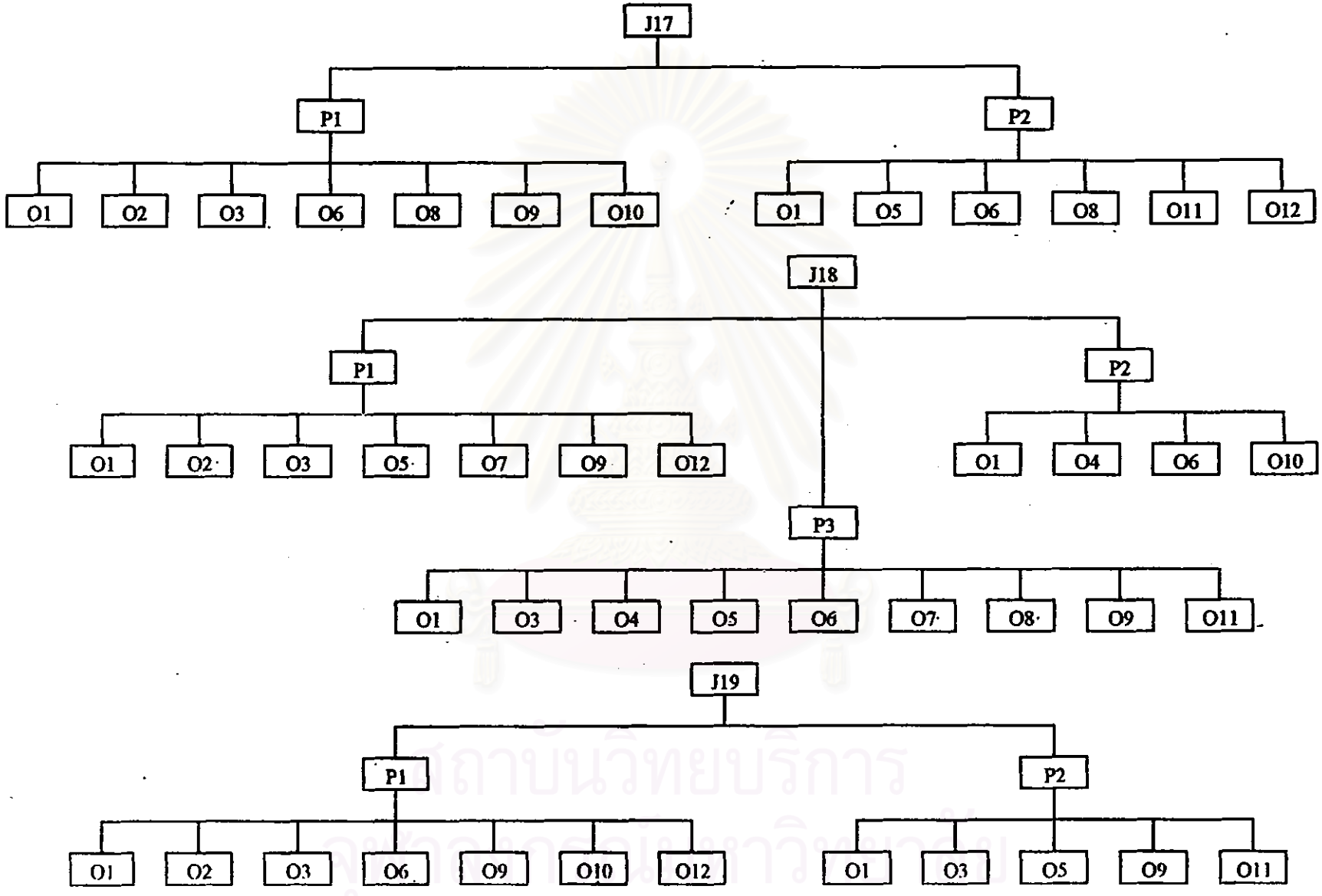

**รูปที่ 4.4 (ต่อ) กรณีศึกษาที่ 4 : 19 ชิ้นงาน, 12 เครื่องจักร, 12 ขั้นตอนการทำงาน**

*PART*



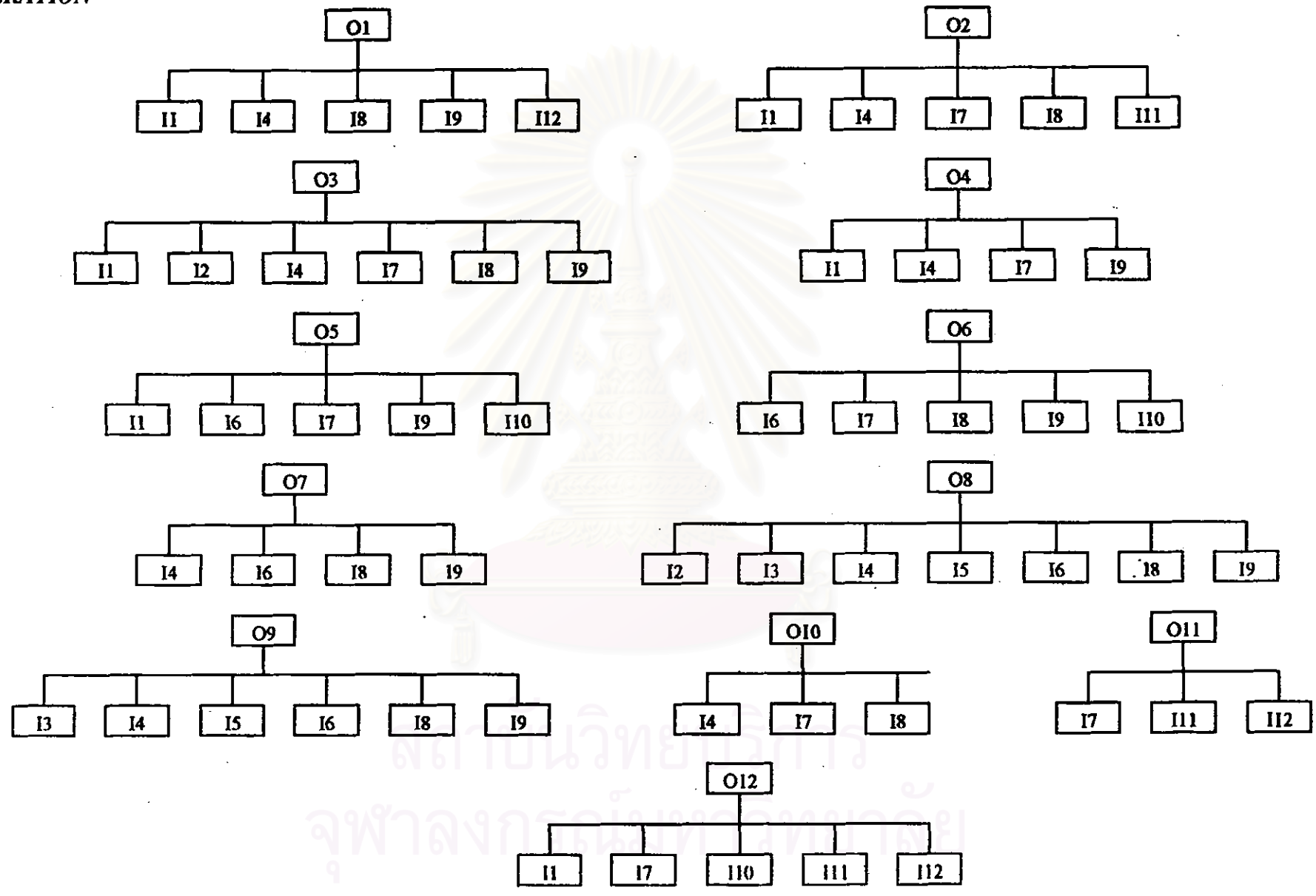

**รูปที่ 4.4 (ต่อ)** กรณีศึกษาที่ 4 : 19 ชิ้นงาน, 12 เครื่องจักร, 12 ขั้นตอนการทำงาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




**รูปที่ 4.4 (ต่อ) กรณีศึกษาที่ 4 : 19 ชิ้นงาน, 12 เครื่องจักร, 12 ขั้นตอนการทำงาน**

*OPERATION*




**รูปที่ 4.4 (ต่อ) กรณีศึกษาที่ 4 : 19 ชิ้นงาน, 12 เครื่องจักร, 12 ขั้นตอนการทำงาน**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 4.2 การสร้างค่าสุ่ม

ในการทดลองจะมีการสุ่มค่าเพื่อกำหนดค่า Seed เริ่มต้นในการทดลอง และสุ่มค่าสำหรับสลับตำแหน่งต่าง ๆ ตามประเภทของ Neighborhood ของการค้นหาคำตอบแบบทาบู ค่าสุ่มถูกสร้างขึ้นจากคำสั่งในโปรแกรมภาษาปาสคาล

```
RANDOMIZE;
RANDOM(N);
```

โดยคำสั่ง RANDOMIZE จะเป็นคำสั่งในการเปลี่ยนค่าเริ่มต้น สำหรับกำเนิดตัวเลขสุ่มใหม่ (ค่าที่นำมาเปลี่ยนเป็นค่าของเวลา) และคำสั่ง RANDOM(N) จะเป็นคำสั่งให้หาค่าตัวเลขสุ่มจาก 0 ถึง N-1 ในการทดลองนั้น จะใช้คำสั่ง 2 คำสั่งนี้ควบคู่กัน โดยจะใช้คำสั่ง RANDOMIZE เพื่อกำหนดค่าเริ่มต้นใหม่แล้วจึงใช้คำสั่ง RANDOM เพื่อสุ่มค่าที่จะใช้ต่อไป

## 4.3 รูปแบบของต้นทุน

ต้นทุนที่นำมาใช้ในวิทยานิพนธ์นี้แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

- **ต้นทุนแบบที่ 1**

ต้นทุนแบบนี้จะพิจารณาถึงองค์ประกอบ 2 ส่วนคือ ต้นทุนหนี้สินเครื่องจักร และต้นทุนการผลิตชิ้นงาน ในส่วนต้นทุนหนี้สินเครื่องจักรนั้น จะพิจารณาถึงต้นทุนของเครื่องจักรนั้น ๆ ซึ่งในการศึกษาจะกำหนดค่าต่าง ๆ ดังนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 แสดงต้นทุนหนี้สินของเครื่องจักรแต่ละชนิด

| เครื่องจักร | ต้นทุนการผลิต($) |
|---|---|
| เครื่องจักร I1 | 100 |
| เครื่องจักร I2 | 200 |
| เครื่องจักร I3 | 300 |
| เครื่องจักร I4 | 400 |
| เครื่องจักร I5 | 500 |
| เครื่องจักร I6 | 600 |
| เครื่องจักร I7 | 700 |
| เครื่องจักร I8 | 800 |
| เครื่องจักร I9 | 900 |
| เครื่องจักร I10 | 1000 |
| เครื่องจักร I11 | 1100 |
| เครื่องจักร I12 | 1200 |

ในส่วนต้นทุนการผลิตชิ้นงาน จะพิจารณาถึงต้นทุนที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานบนเครื่องจักรใด ๆ ตามขั้นตอนการผลิตในแผนกระบวนการผลิตที่กำหนดขึ้น ในการพิจารณานั้นเราจะคิดต้นทุนที่ใช้ผลิตโดยเครื่องจักรใด ๆ นั้นสำหรับทุกชิ้นงานมีค่าเท่ากัน ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงต้นทุนการผลิตชิ้นงานของเครื่องจักรแต่ละชนิด

| เครื่องจักร | ต้นทุนการผลิต($) |
|---|---|
| เครื่องจักร I1 | 100 |
| เครื่องจักร I2 | 200 |
| เครื่องจักร I3 | 300 |
| เครื่องจักร I4 | 400 |
| เครื่องจักร I5 | 500 |
| เครื่องจักร I6 | 600 |
| เครื่องจักร I7 | 700 |
| เครื่องจักร I8 | 800 |
| เครื่องจักร I9 | 900 |
| เครื่องจักร I10 | 1000 |
| เครื่องจักร I11 | 1100 |
| เครื่องจักร I12 | 1200 |

- ต้นทุนแบบที่ 2

ต้นทุนแบบนี้จะพิจารณาออกเป็น 2 ส่วนคือ ต้นทุนคงที่ และต้นทุนผันแปร ในส่วนต้นทุนคงที่ จะประกอบด้วย ต้นทุนคงที่ของเครื่องจักร ซึ่งจะขึ้นกับชนิดของเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานนั้น

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าต้นทุนคงที่ของเครื่องจักร

| เครื่องจักร | ต้นทุนการผลิต ($) |
|---|---|
| เครื่องจักร I1 | 11000 |
| เครื่องจักร I2 | 12000 |
| เครื่องจักร I3 | 13000 |
| เครื่องจักร I4 | 14000 |
| เครื่องจักร I5 | 15000 |
| เครื่องจักร I6 | 16000 |
| เครื่องจักร I7 | 17000 |
| เครื่องจักร I8 | 18000 |
| เครื่องจักร I9 | 19000 |
| เครื่องจักร I10 | 20000 |
| เครื่องจักร I11 | 21000 |
| เครื่องจักร I12 | 22000 |

ต้นทุนผันแปรประกอบด้วย

- ต้นทุนพัสดุคงคลัง ซึ่งประกอบไปด้วยต้นทุนที่เกี่ยวกับการผลิต การวางแผนกระบวนการผลิต ต้นทุนการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ค่าเช่าสถานที่เพื่อเก็บผลิตภัณฑ์ ค่าเสื่อมคุณภาพ ค่าประกันภัย เป็นต้น ซึ่งต้นทุนพัสดุคงคลังนี้สามารถคำนวณได้จาก

$$C_v = n\sum_k A_k + \frac{1}{2n}\sum_k J_k D_k\left(1-\frac{D_k}{P_k}\right)$$

ในที่นี้กำหนดให้

ค่าใช้จ่ายในการออกใบสั่งผลิตทุก ๆ ชิ้นงานต่อรอบการผลิตเท่ากับ 10

ค่าเก็บรักษาชิ้นงานเท่ากับ 100

อัตราความต้องการชิ้นงานเท่ากับ 1800 สำหรับทุกชิ้นงาน

ตารางที่ 4.4 แสดงรอบการผลิตและอัตราการผลิตของแต่ละชิ้นงาน

| ชิ้นงาน | จำนวนรอบการผลิต | อัตราการผลิตชิ้นงาน |
|---|---|---|
| ชิ้นงาน J1 | 12 | 150 |
| ชิ้นงาน J2 | 9 | 200 |
| ชิ้นงาน J3 | 7 | 260 |
| ชิ้นงาน J4 | 8 | 225 |
| ชิ้นงาน J5 | 6 | 300 |
| ชิ้นงาน J6 | 10 | 180 |
| ชิ้นงาน J7 | 5 | 360 |
| ชิ้นงาน J8 | 4 | 450 |
| ชิ้นงาน J9 | 11 | 160 |
| ชิ้นงาน J10 | 7 | 260 |
| ชิ้นงาน J11 | 5 | 360 |
| ชิ้นงาน J12 | 6 | 300 |
| ชิ้นงาน J13 | 4 | 450 |
| ชิ้นงาน J14 | 10 | 180 |
| ชิ้นงาน J15 | 7 | 260 |
| ชิ้นงาน J16 | 9 | 200 |
| ชิ้นงาน J17 | 6 | 300 |
| ชิ้นงาน J18 | 11 | 160 |
| ชิ้นงาน J19 | 5 | 360 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากค่าที่กำหนดให้ สามารถคำนวณค่าพัสดุคงคลังสำหรับแต่ละชิ้นงานได้ดังนี้

**ตารางที่ 4.5** แสดงต้นทุนพัสดุคงคลังของแต่ละชิ้นงาน

| ชิ้นงาน | ต้นทุนพัสดุคงคลัง ($) |
|---|---|
| ชิ้นงาน J1 | 133,500 |
| ชิ้นงาน J2 | 82,000 |
| ชิ้นงาน J3 | 48,860 |
| ชิ้นงาน J4 | 65,250 |
| ชิ้นงาน J5 | 33,000 |
| ชิ้นงาน J6 | 99,000 |
| ชิ้นงาน J7 | 18,000 |
| ชิ้นงาน J8 | 4,500 |
| ชิ้นงาน J9 | 116,180 |
| ชิ้นงาน J10 | 48,860 |
| ชิ้นงาน J11 | 18,000 |
| ชิ้นงาน J12 | 33,000 |
| ชิ้นงาน J13 | 4,500 |
| ชิ้นงาน J14 | 99,000 |
| ชิ้นงาน J15 | 48,860 |
| ชิ้นงาน J16 | 82,000 |
| ชิ้นงาน J17 | 33,000 |
| ชิ้นงาน J16 | 116,180 |
| ชิ้นงาน J19 | 18,000 |

- ต้นทุนการผลิตผันแปรของขั้นตอนการทำงาน ในการผลิตชิ้นงานนั้น จะขึ้นกับเวลาในแต่ละขั้นตอนการทำงาน และความต้องการชิ้นงาน ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$O_k = D_k V_j$$

$$V_j = \sum_{k=1}^{k_j} V_{jk}$$

$$V_{jk} = m_{sk} R_{m(k,p)}$$

จากสมการสามารถคำนวณค่าต้นทุนการผลิตผันแปรของแต่ละขั้นตอนการผลิตได้ดังนี้

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าต้นทุนการผลิตผันแปรของแต่ละขั้นตอนการผลิต

| เครื่องจักร | ต้นทุนการผลิต ($) |
|---|---|
| เครื่องจักร I1 | 81,000 |
| เครื่องจักร I2 | 270,000 |
| เครื่องจักร I3 | 252,000 |
| เครื่องจักร I4 | 360,000 |
| เครื่องจักร I5 | 864,000 |
| เครื่องจักร I6 | 61,000 |
| เครื่องจักร I7 | 405,000 |
| เครื่องจักร I8 | 302,400 |
| เครื่องจักร I9 | 158,400 |
| เครื่องจักร I10 | 243,000 |
| เครื่องจักร I11 | 129,600 |
| เครื่องจักร I12 | 756,00 |

- ต้นทุนการจัดตั้ง

ในที่นี้กำหนดค่าต้นทุนการจัดตั้งของแต่ละเครื่องจักรไว้ดังนี้

ตารางที่ 4.7 แสดงต้นทุนการจัดตั้งของแต่ละเครื่องจักร

| เครื่องจักร | ต้นทุนการจัดตั้ง ($) |
|---|---|
| เครื่องจักร I1 | 1,100 |
| เครื่องจักร I2 | 1,200 |
| เครื่องจักร I3 | 1,300 |
| เครื่องจักร I4 | 1,400 |
| เครื่องจักร I5 | 1,500 |
| เครื่องจักร I6 | 1,600 |
| เครื่องจักร I7 | 1,700 |
| เครื่องจักร I8 | 1,800 |
| เครื่องจักร I9 | 1,900 |
| เครื่องจักร I10 | 2,000 |
| เครื่องจักร I11 | 2,100 |
| เครื่องจักร I12 | 2,200 |

## 4.4 รูปแบบของการค้นหาคำตอบแบบทาบู

มีเงื่อนไขและพารามิเตอร์ของการค้นหาแบบทาบูหลายตัวที่มีผลต่อการทดลองนี้ เช่น ขนาดของ Tabu List, ประเภทของ Neighborhood, Dynamic Tabu List, เงื่อนไขการหยุด เป็นต้น โดยในการวิทยานิพนธ์นี้จะทำการศึกษาถึงขนาดต่าง ๆ ของ Tabu List (ขนาด 3 ,5 ,7) ,ประเภทของ Neighborhood List ว่ามีผลอย่างไรต่อกรณีศึกษาต่าง ๆ

### 4.4.1 Neighborhood List

- Widmer และ Hertz (1989) ได้ใช้ Swap Pairwise Interchange เป็น Neighborhood สำหรับการค้นหาคำตอบแบบทาบู และกำหนด Tabu Restriction เป็น ($\pi$(i),i)
- Taillard (1990) ได้แนะนำ Insertion Interchange เป็น Neighborhood List และ Glover (1991) ได้ค้นพบว่า คุณลักษณะของ Tabu Restriction แบบ $\pi$(i) เหมาะกับ Neighbourhood List ประเภทนี้

### 4.4.2 Tabu List

การวิจัยของ Widmer และ Hertz (1989), Glover (1989), Taillard (1990), Reeves (1993) และนักวิจัยอีกหลายท่านได้ทำการทดลองพบว่า ขนาดของ Tabu 7 เป็นขนาดที่ให้คำตอบที่ดีที่สุด แต่ทั้งนี้จะขึ้นกับลักษณะของปัญหาที่ใช้ ซึ่งในการทดลองนี้จะทำการเปรียบเทียบขนาดของ Tabu ต่าง ๆ คือ 3,5,7

## 4.5 การออกแบบการทดลอง

ในการทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อเลือกแผนกระบวนการผลิตชิ้นงาน โดยใช้ต้นทุนการลงทุนต่ำที่สุดของแต่ละกรณีศึกษา โดยศึกษาถึง

1. ประเภทของต้นทุน รายละเอียดในหัวข้อ 4.1.3
2. ประเภทของ Neighborhood List รายละเอียดในหัวข้อ 4.2.1
3. ขนาดของ Tabu List รายละเอียดในหัวข้อ 4.2.2

ว่ามีผลอย่างไรต่อการเลือกแผนกระบวนการผลิตสำหรับกรณีศึกษาต่าง ๆ โดยสามารถสร้างกรณีการทดลองต่าง ๆ ได้ดังนี้

ตารางที่ 4.8 แสดงกรณีต่าง ๆ ที่ทำการทดลอง

| กรณีที่ | กรณีศึกษาที่ | Tabu Size | Neighborhood List | Cost Structure |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 3 | Swap Pairwise Interchange | แบบจำลองที่ 1 |
| 2 | 1 | 5 | Swap Pairwise Interchange | แบบจำลองที่ 1 |
| 3 | 1 | 7 | Swap Pairwise Interchange | แบบจำลองที่ 1 |
| 4 | 2 | 3 | Swap Pairwise Interchange | แบบจำลองที่ 1 |
| 5 | 2 | 5 | Swap Pairwise Interchange | แบบจำลองที่ 1 |
| 6 | 2 | 7 | Swap Pairwise Interchange | แบบจำลองที่ 1 |
| 7 | 3 | 3 | Swap Pairwise Interchange | แบบจำลองที่ 1 |
| 8 | 3 | 5 | Swap Pairwise Interchange | แบบจำลองที่ 1 |
| 9 | 3 | 7 | Swap Pairwise Interchange | แบบจำลองที่ 1 |
| 10 | 4 | 3 | Swap Pairwise Interchange | แบบจำลองที่ 1 |
| 11 | 4 | 5 | Swap Pairwise Interchange | แบบจำลองที่ 1 |
| 12 | 4 | 7 | Swap Pairwise Interchange | แบบจำลองที่ 1 |
| 13 | 1 | 3 | Swap Pairwise Interchange | แบบจำลองที่ 2 |
| 14 | 1 | 5 | Swap Pairwise Interchange | แบบจำลองที่ 2 |
| 15 | 1 | 7 | Swap Pairwise Interchange | แบบจำลองที่ 2 |
| 16 | 2 | 3 | Swap Pairwise Interchange | แบบจำลองที่ 2 |
| 17 | 2 | 5 | Swap Pairwise Interchange | แบบจำลองที่ 2 |
| 18 | 2 | 7 | Swap Pairwise Interchange | แบบจำลองที่ 2 |
| 19 | 3 | 3 | Swap Pairwise Interchange | แบบจำลองที่ 2 |
| 20 | 3 | 5 | Swap Pairwise Interchange | แบบจำลองที่ 2 |
| 21 | 3 | 7 | Swap Pairwise Interchange | แบบจำลองที่ 2 |
| 22 | 4 | 3 | Swap Pairwise Interchange | แบบจำลองที่ 2 |
| 23 | 4 | 5 | Swap Pairwise Interchange | แบบจำลองที่ 2 |
| 24 | 4 | 7 | Swap Pairwise Interchange | แบบจำลองที่ 2 |
| 25 | 1 | 3 | Insertion Interchange | แบบจำลองที่ 1 |
| 26 | 1 | 5 | Insertion Interchange | แบบจำลองที่ 1 |
| 27 | 1 | 7 | Insertion Interchange | แบบจำลองที่ 1 |
| 28 | 2 | 3 | Insertion Interchange | แบบจำลองที่ 1 |
| 29 | 2 | 5 | Insertion Interchange | แบบจำลองที่ 1 |
| 30 | 2 | 7 | Insertion Interchange | แบบจำลองที่ 1 |
| 31 | 3 | 3 | Insertion Interchange | แบบจำลองที่ 1 |
| 32 | 3 | 5 | Insertion Interchange | แบบจำลองที่ 1 |
| 33 | 3 | 7 | Insertion Interchange | แบบจำลองที่ 1 |
| 34 | 4 | 3 | Insertion Interchange | แบบจำลองที่ 1 |

| กรณีที่ | กรณีศึกษาที่ | Tabu Size | Neighborhood List | Cost Structure |
|---|---|---|---|---|
| 35 | 4 | 5 | Insertion Interchange | แบบจำลองที่ 1 |
| 36 | 4 | 7 | Insertion Interchange | แบบจำลองที่ 1 |
| 37 | 1 | 3 | Insertion Interchange | แบบจำลองที่ 2 |
| 38 | 1 | 5 | Insertion Interchange | แบบจำลองที่ 2 |
| 39 | 1 | 7 | Insertion Interchange | แบบจำลองที่ 2 |
| 40 | 2 | 3 | Insertion Interchange | แบบจำลองที่ 2 |
| 41 | 2 | 5 | Insertion Interchange | แบบจำลองที่ 2 |
| 42 | 2 | 7 | Insertion Interchange | แบบจำลองที่ 2 |
| 43 | 3 | 3 | Insertion Interchange | แบบจำลองที่ 2 |
| 44 | 3 | 5 | Insertion Interchange | แบบจำลองที่ 2 |
| 45 | 3 | 7 | Insertion Interchange | แบบจำลองที่ 2 |
| 46 | 4 | 3 | Insertion Interchange | แบบจำลองที่ 2 |
| 47 | 4 | 5 | Insertion Interchange | แบบจำลองที่ 2 |
| 48 | 4 | 7 | Insertion Interchange | แบบจำลองที่ 2 |

## 4.6 การออกแบบโปรแกรม

ในส่วนของโปรแกรมที่ใช้ในการทดลองนั้น จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

1. ส่วนการป้อนข้อมูลและแสดงผล

ในส่วนนี้การป้อนข้อมูลจะประกอบด้วย การป้อนจำนวนชิ้นงาน จำนวนขั้นตอนการทำงาน และจำนวนเครื่องจักร พร้อมทั้งกำหนดชื่อของแต่ละส่วน โดยโปรแกรมในส่วนนี้จะถูกแยกออกเป็น 2 โปรแกรมย่อยคือ โปรแกรมส่วนที่ 1 จะเป็นส่วนการป้อนข้อมูลเกี่ยวกับชิ้นงาน และขั้นตอนการทำงาน โปรแกรมส่วนที่ 2 จะเป็นส่วนการป้อนข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องจักร และต้นทุนของเครื่องจักร

ในส่วนการแสดงผล จะแสดงผล 2 ส่วนคือ ส่วนของชิ้นงานและส่วนของเครื่องจักร

| Operation | Machine | Machine Cost | Setup Cost | Production Cost |
|---|---|---|---|---|
| 01 | I1 | 11000 | 1100 | 81000 |
| 01 | I2 | 12000 | 1200 | 270000 |
| 02 | I3 | 13000 | 1300 | 252000 |
| 02 | I4 | 14000 | 1400 | 360000 |
| 03 | I5 | 15000 | 1500 | 864000 |
| 03 | I6 | 16000 | 1600 | 81000 |
| 04 | I1 | 11000 | 1100 | 81000 |
| 04 | I3 | 13000 | 1300 | 252000 |
| 05 | I3 | 13000 | 1300 | 252000 |
| 05 | I3 | 13000 | 1300 | 252000 |
| 06 | I5 | 15000 | 1500 | 864000 |
| 06 | I7 | 17000 | 1700 | 405000 |

**รูปที่ 4.5 ตัวอย่างการแสดงผล**

**2. ส่วนการค้นหาคำตอบแบบทาบู**

ในส่วนนี้จะแบ่งออกเป็น 2 โปรแกรมย่อยคือ โปรแกรมย่อยสำหรับการค้นหาแบบทาบู Neighborhood List แบบ Swap Pairwise Interchange และโปรแกรมย่อยสำหรับการค้นหาแบบทาบู Neighborhood List แบบ Insertion Interchange การทำงานของโปรแกรมย่อยทั้ง 2 โปรแกรมเริ่มจากการ Random จำนวนวิธีของการเลือกเครื่องจักรที่จะเกิดขึ้นได้ทั้งหมดของแต่ละชิ้นงาน แล้วกำหนดเป็นค่า Seed หลังจากนั้นจะทำการ Random ค่าที่จะทำการย้าย และตำแหน่งที่จะย้าย จากจำนวนวิธีของการเลือกเครื่องจักรที่จะเกิดขึ้นได้ทั้งหมดของแต่ละชิ้นงาน ตามรูปแบบของ Neighborhood List แต่ละแบบ แล้วทำการคำนวณหาต้นทุนของชิ้นงานต่อไป

โปรแกรมจะหยุดการทำงานก็ต่อเมื่อ ค่าของต้นทุนที่คำนวณได้ในแต่ละครั้งมีค่าเท่ากันติดต่อกัน 10 ค่า

## 4.7 สรุป

ก่อนที่จะดำเนินการทดลองเพื่อผลลัพธ์ที่ต้องการ ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบการทดลอง โดยกำหนดพารามิเตอร์และเงื่อนไขต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามต้องการ สำหรับนำไปวิเคราะห์ ซึ่งในการวิจัยนี้มีเงื่อนไขและเงื่อนไขและพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้

1. ขนาดของปัญหา
   - กรณีศึกษาที่ 1 ชิ้นงาน 4 แบบ เครื่องจักร 3 แบบ และ 3 ขั้นตอนการทำงาน
   - กรณีศึกษาที่ 2 ชิ้นงาน 14 แบบ เครื่องจักร 7 แบบ และ 7 ขั้นตอนการทำงาน
   - กรณีศึกษาที่ 3 ชิ้นงาน 6 แบบ เครื่องจักร 13 แบบ และ 13 ขั้นตอนการทำงาน
   - กรณีศึกษาที่ 4 ชิ้นงาน 19 แบบ เครื่องจักร 12 แบบ และ 12 ขั้นตอนการทำงาน
2. ประเภทของต้นทุน
   - รูปแบบต้นทุนแบบที่ 1
   - รูปแบบต้นทุนแบบที่ 2
3. รูปแบบของการค้นหาคำตอบแบบทาบู
   - ขนาดของ Tabu List 3, 5, 7
   - Neighborhood List : Swap Pairwise Interchange, Insertion Interchange

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย