บทที่ 6

การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

6.1 บทนำ

หลังจากการทดสอบความมีนัยสำคัญเพื่อเลือกปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่มีผลกระทบต่อจำนวนเฉลี่ยของ Abnormal yield report แล้ว ขั้นตอนต่อไปในการดำเนินการคือ การนำปัจจัยของแต่ละกระบวนการนี้มาทำการออกแบบการทดลองเพื่อหาค่าเหมาะสมของแต่ละปัจจัย ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ 4 ตามวิธีการทางซิกซ์ ซิกมา โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้คือ

- เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงของจำนวนเฉลี่ยของ Abnormal yield report ในสภาวะค่าต่างๆ ของปัจจัยที่เกี่ยวข้อง
- เพื่อกำหนดสภาวะที่เหมาะสมของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญของแต่ละกระบวนการ เพื่อที่จะทำให้จำนวนเฉลี่ยของ Abnormal yield report ลดลงจากเดิม

เนื่องจากการทดลองในแต่ละครั้งจะเสียค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมาก และมีผลทำให้การผลิตไม่ทันกำหนด ดังนั้นผู้ทำการศึกษาจะทำการทดลองจริงในกระบวนการตัดและขึ้นรูปขา จากนั้นจะทำการเปรียบเทียบข้อมูลจากการทดลองและข้อมูลจากฐานข้อมูล ซึ่งจากการเปรียบเทียบโดยใช้วิธีทางสถิติพบว่ามีค่าเท่ากัน ดังนั้นในกระบวนการอื่นๆ ผู้ทำการศึกษาจะใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการคำนวณ

6.2 ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ

ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่นำมาศึกษาเพื่อหาผลกระทบต่อจำนวนเฉลี่ยของAbnormal yield report คือ จำนวน IC ต่อ lot หรือ ขนาดรุ่น (lot size) จำนวนงานที่จะเข้ามาผลิตในแต่ละช่วงเวลา หรือ จำนวน Input ค่า Abnormal yield target ของแต่ละกระบวนการและจำนวน IC ต่อ Lead frame โดยแต่ละปัจจัยจะแบ่งออกเป็น 2 ระดับด้วยกัน คือระดับต่ำ และระดับสูง การกำหนดค่าของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญในแต่ละระดับของการทดลองจะกำหนดตามข้อมูลในการผลิตปัจจุบันในปัจจุบันดังตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 แสดงค่าระดับของปัจจัยในการทดลอง

ปัจจัย	ระดับ		หน่วย
	1	2	
ขนาดรุ่น (lot size)	500	1000	ชิ้น
จำนวน Input	10000	20000	ชิ้นต่อวัน
ค่า Abnormal yield target ของแต่ละกระบวนการ	98	99.5	เปอร์เซนต์
จำนวน IC ต่อ Lead frame	12	36	ชิ้นต่อ Lead frame

ในแต่ละกระบวนการปัจจัยที่นำเข้าจะแตกต่างกันตามผลการทดลองในบทที่ 5 ซึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยจำนวน Abnormal yield report ที่นำมาศึกษาเพื่อหาผลกระทบต่อตัวแปรตอบสนองของแต่ละกระบวนการดังแสดงในตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 แสดงปัจจัยที่นำเข้าในแต่ละกระบวนการ

กระบวนการ	ปัจจัยที่นำเข้าเพื่อทดสอบ			
	Lot size	Input	Abnormal yield target	จำนวน IC ต่อ Lead frame
Dicing process	✓		✓	✓
Die bond process		✓	✓	✓
Wire bond process		✓	✓	
Mold process	✓		✓	✓
Plating process		✓	✓	✓
Mark process	✓		✓	
Trim form process	✓	✓	✓	
Visual inspection process	✓	✓	✓	
Lead checker process	✓	✓	✓	

6.3 ตัวแปรตอบสนอง

ในการทดลองนี้ ผู้ทำการศึกษามีความสนใจที่จะพิจารณาผลกระทบของการเปลี่ยนระดับของปัจจัยนำเข้าที่มีต่อจำนวนเฉลี่ยของ Abnormal yield report ดังนั้นตัวแปรตอบสนอง

หลักที่กำหนดในการทดลองคือ จำนวนเฉลี่ยของ Abnormal yield report โดยทำการวัดค่าในแต่ละกระบวนการ

6.4 แบบการทดลอง

แบบการทดลองที่พิจารณา จะใช้การทดลองแบบ 2^k แฟคทอเรียล เนื่องจากเป็นแบบการทดลองที่มีประสิทธิภาพในการศึกษาอิทธิพลจากหลายๆ ปัจจัยพร้อมกัน โดยในแต่ละปัจจัยจะแบ่งเป็น 2 ระดับตามหัวข้อที่ 6.2 ซึ่งหลักในการออกแบบการทดลองที่พิจารณา คือ

6.4.1 การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2^k (2^k Full Factorial Design)

การออกแบบการทดลองแบบนี้เป็นการออกแบบที่มีประโยชน์และนิยมใช้กันอย่างมากในอุตสาหกรรม เนื่องจากช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการทดลอง รวมทั้งช่วยกลั่นกรองปัจจัยที่ไม่มีนัยสำคัญได้โดยเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด

6.4.2 การทำซ้ำ (Replication)

การทำซ้ำหมายถึงการที่ Treatment combination หนึ่งจะถูกทำการทดลองมากกว่า 1 ครั้ง ซึ่งการทำซ้ำนี้จะช่วยให้สามารถที่จะประมาณค่าความผิดพลาดจากการทดลองได้ และทำให้ขนาดของความผิดพลาดลดลงได้

6.4.3 การบล็อก (Blocking) ในการออกแบบเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2^k

การบล็อกเป็นเทคนิคในการออกแบบการทดลองที่จะช่วยเพิ่มความแม่นยำในการวิเคราะห์ปัจจัยที่ทำการศึกษา โดยการลดหรือกำจัดทิ้งความผันแปรที่เกิดจากปัจจัยอื่นๆ ที่ไม่ได้ทำการศึกษา (Nuisance factor) ซึ่งในการทดลองนี้คือ "กะในการทำการทดลอง" เป็นปัจจัยที่ถูกบล็อก เนื่องจากแต่ละวันพนักงานที่ทำงานแต่ละกะจะไม่ซ้ำกัน โดยสังเกตจากตาราง Design matrix ในช่อง Blocks จะแบ่งเป็น 2 ค่าคือ 1 และ 2 ซึ่งหมายถึงวันที่ทำการทดลองตรงกับกะ A,B และ กะ B,C

6.4.4 การสุ่ม (Randomization)

การสุ่มเป็นหลักสำคัญในการใช้หลักการทางสถิติในการออกแบบการทดลอง โดยการสุ่มจะหมายถึงการจัดสรรหน่วยการทดลองและลำดับการทดลองให้เป็นไปโดยสุ่ม ซึ่งทำให้ผลการทดลองตรงกับข้อกำหนดทางสถิติที่ว่า ค่าสังเกตจากการทดลองต้องมีความเป็นอิสระต่อกัน และการสุ่มยังสามารถที่จะเฉลี่ยออกความผันแปรภายนอกที่ไม่ได้เกิดจากสาเหตุโดยธรรมชาติออกไปได้ ทำให้การวิเคราะห์ผลจากการทดลองมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

การสุ่มลำดับการทดลองในการทดลองนี้จะกระทำโดยโปรแกรม MINITAB ซึ่งกำหนดพร้อมกับการสร้างเมตริกการออกแบบ (Design matrix) โดยสังเกตลำดับการทดลองได้จากช่อง RunOrder ของตาราง

ข้อกำหนดอื่นๆ ในการทดลองคือ

- ปัจจัยที่พิจารณาเป็นแบบคงที่ (Fixed factors)

- อิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ ไม่มีผลกระทบและสามารถที่จะ ตัดทิ้งได้ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง

6.4.5 การเลือกขนาดของตัวอย่าง

ในการทดลองออกแบบการทดลองแบบ 2^k จะเริ่มทำการทดลองที่กระบวนการตัดและขึ้นรูปขาก่อนซึ่งกระบวนการนี้มีปัจจัย 3 ปัจจัย จากนั้นทำการเลือกขนาดตัวอย่างโดยโปรแกรม Minitab มีข้อกำหนดดังนี้

- Effect พิจารณาจาก ผู้ทำวิจัยต้องการที่จะปฏิเสธสมมติฐานหลักด้วยความน่าจะเป็นอย่างน้อย 0.90 ถ้าค่าเฉลี่ยของ 2 ระดับใดๆ มีความแตกต่างกันเท่ากับ 1.5σ นั่นคือ Effect เท่ากับ 1.84 เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการทดลองมีมูลค่าสูงจึงไม่สามารถทดลองด้วยขนาดตัวอย่างจำนวนมากได้ ซึ่ง Effect ที่ 1.5σ จะมีขนาดตัวอย่างจำนวนน้อยกว่า ที่ Effect 1σ

- Power value หรือ กำลังของการทดสอบ (Power of Test) อย่างน้อยเท่ากับ 0.90 เท่ากับ 0.90 ($\beta = 0.10$)

- Sigma จากข้อมูลการประเมินความสามารถของกระบวนการดังในบทที่ 1 พบว่ากระบวนการมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.23

- ระดับความเชื่อมั่น 95% ($\alpha = 0.05$)

ผลการคำนวณขนาดตัวอย่างด้วยโปรแกรม Minitab แสดงดังตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6.3 แสดงการคำนวณจำนวนการทำซ้ำด้วยโปรแกรม Minitab

Power and Sample Size

```
2-Level Factorial Design

Sigma = 1.23  Alpha = 0.05

Factors:        3   Base Design:          3, 8
Blocks:         2
Including blocks in model.
Center
Points
Per Block    Effect    Reps   Power
        0      1.84       3  0.9293
```

จากผลการคำนวณพบว่า ที่จำนวนการทำซ้ำ 3 ครั้ง จะมีค่ากำลังของการทดสอบ (Power of Test) เท่ากับ 0.9293 ซึ่งมากกว่าค่ากำลังของการทดสอบที่กำหนดไว้ที่ 0.90 นั่นคือ ในการการทดลองนี้จะทำการทดลองโดยการทำซ้ำเท่ากับ 3ครั้ง โดยสรุปการทดลองนี้มีจำนวน 8 การทดลองและทำซ้ำ 3 ครั้ง รวมทั้งสิ้น 24 การทดลอง (24 วัน) แสดงดังตารางที่ 6.4 และ 6.5

กำหนดให้ A แทนปัจจัย Lot size

B แทนปัจจัย Input

C แทนปัจจัย Abnormal yield target

ตารางที่ 6.4 แสดงการออกแบบการทดลองด้วยโปรแกรม Minitab

Factorial Design

```
Full Factorial Design

Factors:          3   Base Design:          3, 8   Resolution with blocks:
IV
Runs:            24   Replicates:               3
Blocks:           2   Center pts (total):       0

Block Generators:   ABC

All terms are free from aliasing


Data Matrix (randomized)

  Run Block  A  B  C
    1   1    +  +  -
    2   1    -  -  -
    3   1    -  +  +
    4   1    +  +  -
    5   1    -  -  -
    6   1    +  +  -
    7   1    -  +  +
    8   1    -  -  -
    9   1    +  -  +
   10   1    +  -  +
   11   1    -  +  +
   12   1    +  -  +
   13   2    +  +  +
   14   2    +  -  -
   15   2    +  +  +
   16   2    -  -  +
   17   2    -  -  +
   18   2    -  +  -
   19   2    -  -  +
   20   2    -  +  -
   21   2    +  -  -
   22   2    +  -  -
   23   2    -  +  -
   24   2    +  +  +
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.5 ตาราง Design Matrix ของการทดลอง

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	Lot size	Input	Abnormal yield target
9	1	1	1	500	10000	98
12	2	1	1	500	20000	99.5
8	3	1	1	500	20000	99.5
7	4	1	1	1000	10000	99.5
10	5	1	1	1000	20000	98
1	6	1	1	500	10000	98
2	7	1	1	1000	20000	98
3	8	1	1	1000	10000	99.5
11	9	1	1	1000	10000	99.5
6	10	1	1	1000	20000	98
4	11	1	1	500	20000	99.5
5	12	1	1	500	10000	98
15	13	1	2	500	10000	99.5
20	14	1	2	1000	20000	99.5
24	15	1	2	1000	20000	99.5
19	16	1	2	500	10000	99.5
17	17	1	2	1000	10000	98
22	18	1	2	500	20000	98
16	19	1	2	1000	20000	99.5
21	20	1	2	1000	10000	98
14	21	1	2	500	20000	98
18	22	1	2	500	20000	98
13	23	1	2	1000	10000	98
23	24	1	2	500	10000	99.5

และสมการตัวแบบที่ใช้ในการทดลองนี้คือ

$$Y_{ghijk} = \mu + \tau_g + \beta_h + \gamma_i + (\tau\beta)_{gh} + (\tau\gamma)_{gi} + (\beta\gamma)_{hi} + (\tau\beta\gamma)_{ghi} + \delta_j + \varepsilon_{ghijk}$$

g = 1,2 (ระดับของ Lot size)

h = 1,2 (ระดับ Input)

i = 1,2 (ระดับของ Abnormal yield target)

j = 1,2 (จำนวนบล็อก)

k = 3 (จำนวนการทำซ้ำ)

โดยกำหนดให้

Y คือตัวแปรตอบสนองของการทดลอง (จำนวน Abnormal yield report)

μ คือค่าเฉลี่ย

τ คืออิทธิพลที่เกิดจาก Lot size

β คืออิทธิพลที่เกิดจาก Input

γ คืออิทธิพลที่เกิดจาก Abnormal yield target

δ คือ อิทธิพลที่เกิดจากการบล็อก

$\tau\beta$ คืออิทธิพลร่วมที่เกิดจาก Lot size และ Input

$\tau\gamma$ คืออิทธิพลร่วมที่เกิดจาก Lot size และ Abnormal yield target

$\beta\gamma$ คืออิทธิพลร่วมที่เกิดจาก Input และ Abnormal yield target

$\tau\beta\gamma$ คืออิทธิพลร่วมที่เกิดจาก Lot size input และ Abnormal yield target

ε คืออิทธิพลจากความผิดพลาดแบบสุ่ม

6.5 การเตรียมการทดลอง

- ปัจจัย Lot size ในการทดลองเพื่อต้องการ Lot size เท่ากับ 500 หรือ 1000 จะเตรียมการโดยแจ้งไปยังกระบวนการแรกคือ Dicing process เพื่อตัดเวเฟอร์ให้มีจำนวนเท่าที่ต้องการ

- ปัจจัย Input จะแผนการผลิตไปที่ฝ่ายวางแผนการผลิตให้เพิ่มหรือลดจำนวน Input ต่อวันให้ตรงกับที่วางแผนไว้ในการทดลอง

- ปัจจัย Abnormal yield target จะทำการแจ้ง Abnormal yield target ไปยัง Supervisor ของแต่ละกระบวนเพื่อแจ้งรายละเอียดให้กับพนักงานในแต่ละกระบวนการ

- ปัจจัย จำนวน IC ต่อ Lead frame จะทำการแจ้งแผนการทดลองไปยังกระบวนการที่ 2 คือกระบวนการติดชิฟเข้ากับ Lead frame เพื่อกำหนดว่าในแต่ละวันจะใช้ Lead frame ประเภท 12 IC หรือ ประเภท 36 IC ต่อ Lead frame

6.6 ขั้นตอนในการทดลอง

ให้หัวหน้าแผนก (Supervisor) แต่ละแผนกควบคุมตัวแปรตามที่กำหนดไว้ในแผนการทดลองและทำการทดลองจนครบทั้ง 24 สภาวะ โดยลำดับการทดลองจะทำการทดลอง

ตามลำดับที่กำหนดไว้ในช่อง "RunOrder" ของตาราง design matrix และจะทำการทดลองให้เสร็จทีละบล็อก จากนั้นจึงสรุปผลจำนวน Abnormal yield report ในแต่ละวัน

6.7 ดำเนินการทดลอง

ทำการทดลองตามแผนการที่ได้วางไว้และนำข้อมูลการทดลองที่ได้ดังตารางที่ 6.6 มาใส่ในโปรแกรม MINITAB เพื่อทำการคำนวณทางสถิติต่อไป

ตารางที่ 6.6 ผลการทดลองของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจำนวน Abnormal yield report ต่อวัน

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	Lot size	Input	Abnormal yield target	Abnormal yield report
9	1	1	1	500	10000	98	3
12	2	1	1	500	20000	99.5	4
8	3	1	1	500	20000	99.5	10
7	4	1	1	1000	10000	99.5	6
10	5	1	1	1000	20000	98	9
1	6	1	1	500	10000	98	2
2	7	1	1	1000	20000	98	4
3	8	1	1	1000	10000	99.5	9
11	9	1	1	1000	10000	99.5	9
6	10	1	1	1000	20000	98	2
4	11	1	1	500	20000	99.5	4
5	12	1	1	500	10000	98	4
15	13	1	2	500	10000	99.5	7
20	14	1	2	1000	20000	99.5	9
24	15	1	2	1000	20000	99.5	10
19	16	1	2	500	10000	99.5	6
17	17	1	2	1000	10000	98	2
22	18	1	2	500	20000	98	7
16	19	1	2	1000	20000	99.5	14
21	20	1	2	1000	10000	98	6
14	21	1	2	500	20000	98	4
18	22	1	2	500	20000	98	1
13	23	1	2	1000	10000	98	4
23	24	1	2	500	10000	99.5	12

6.8 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

เมื่อได้รวบรวมข้อมูลจากการทดลองทั้งหมด และนำมาใส่ในโปรแกรม MINITAB แล้ว ในการวิเคราะห์ผลจะใช้ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 เพื่อพิจารณาผลลัพธ์ต่างๆ ที่ได้ดังต่อไปนี้

6.8.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน

สมมติฐานของการทดลองคือ

- สมมติฐานของปัจจัยเดี่ยวมี 4 สมมติฐาน

H_0 : $\tau_1 = \tau_2 = 0$

H_a : อย่างน้อยหนึ่งค่าของ $\tau_g \neq 0$

H_0 : $\beta_1 = \beta_2 = 0$

H_a : อย่างน้อยหนึ่งค่าของ $\beta_h \neq 0$

H_0 : $\gamma_1 = \gamma_2 = 0$

H_a : อย่างน้อยหนึ่งค่าของ $\gamma_i \neq 0$

H_0 : $\delta_1 = \delta_2 = 0$

H_a : อย่างน้อยหนึ่งค่าของ $\delta_j \neq 0$

- สมมติฐานของปัจจัยร่วมมีดังนี้คือ

H_0 : $(\tau\beta)_{gh} = 0$ สำหรับทุกค่า g,h

H_a : อย่างน้อยหนึ่งค่าของ $(\tau\beta)_{gh} \neq 0$

H_0 : $(\tau\gamma)_{gi} = 0$ สำหรับทุกค่า g,i

H_a : อย่างน้อยหนึ่งค่าของ $(\tau\gamma)_{gi} \neq 0$

H_0 : $(\beta\gamma)_{hi} = 0$ สำหรับทุกค่า h,i

H_a : อย่างน้อยหนึ่งค่าของ $(\beta\gamma)_{hi} \neq 0$

H_0 : $(\tau\beta\gamma)_{ghi} = 0$ สำหรับทุกค่า g,h,i

ขั้นตอนนี้จะทำการพิจารณาถึงอิทธิพลของปัจจัยทั้งสี่ปัจจัยที่นำมาทดลอง รวมทั้งปัจจัยร่วมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อที่จะพิจารณาว่าปัจจัยใดบ้างที่มีผลกระทบต่อค่าจำนวน Abnormal yield report ซึ่งผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน แสดงดังตารางที่ 6.7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.7 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน

Fractional Factorial Fit: Abnormal yield r versus Lot size, Input, ...

Estimated Effects and Coefficients for Abnormal (coded units)

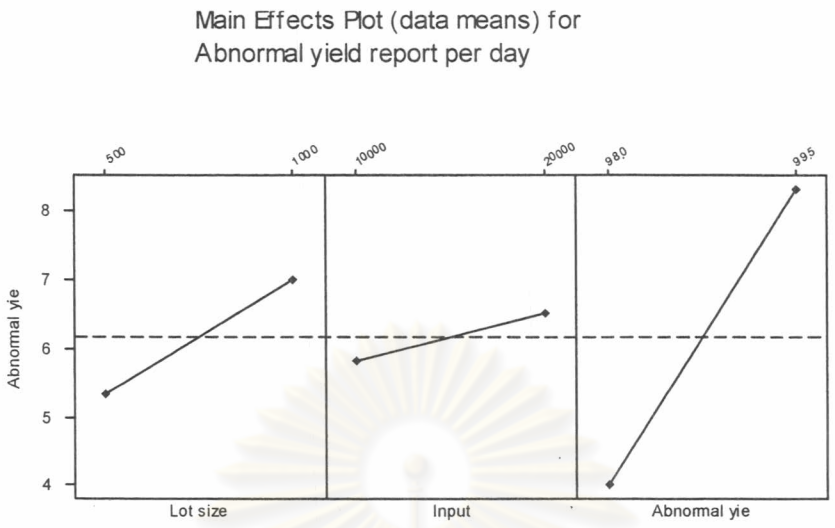
Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		6.1667	0.5559	11.09	0.000
Block		-0.6667	0.5559	-1.20	0.248
Lot size	1.6667	0.8333	0.5559	1.50	0.153
Input	0.6667	0.3333	0.5559	0.60	0.557
Abnormal	4.3333	2.1667	0.5559	3.90	0.001
Lot size*Input	1.3333	0.6667	0.5559	1.20	0.248
Lot size*Abnormal	0.6667	0.3333	0.5559	0.60	0.557
Input*Abnormal	-0.3333	-0.1667	0.5559	-0.30	0.768

Analysis of Variance for Abnormal (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Blocks	1	10.67	10.67	10.667	1.44	0.248
Main Effects	3	132.00	132.00	44.000	5.93	0.006
2-Way Interactions	3	14.00	14.00	4.667	0.63	0.607
Residual Error	16	118.67	118.67	7.417		
Pure Error	16	118.67	118.67	7.417		
Total	23	275.33				

จากตารางผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อพิจารณาเทอมของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อจำนวน Abnormal yield report พบว่าอิทธิพลจากบล็อกหรือกะในการทำการทดลอง ไม่มีผลกระทบต่อจำนวน Abnoramal yield report ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากนั้นจึงพิจารณาอิทธิพลจากเทอมของปัจจัยทุกๆ เทอมที่เกี่ยวข้อง พบว่ามีเพียงปัจจัย Abnormal yield target ที่มีอิทธิพลต่อจำนวน Abnormal yield report โดยมีค่า P-value เท่ากับ 0.001 สำหรับปัจจัยอื่นๆ พบว่าไม่มีอิทธิพลต่อจำนวน Abnormal yield report ซึ่งจะสังเกตได้จากค่า P-Value ที่มีค่ามากกว่า 0.05 และจะสังเกตได้จากกราฟแสดงผลหลักของปัจจัยต่อตัวแปรตอบสนองจำนวน Abnormal yield report ดังในแผนภาพที่ 6.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

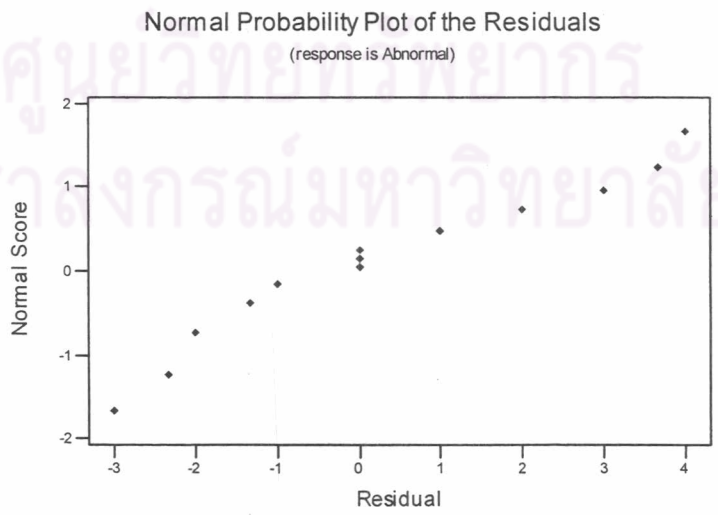


แผนภาพที่ 6.1 รูปแสดงผลหลัก

6.9 การตรวจสอบความเพียงพอของข้อมูลในการทดลอง

เพื่อเป็นการตรวจสอบความเพียงพอ ด้วยการทดสอบข้อกำหนดเกี่ยวกับความคลาดเคลื่อนของการทดลองภายในเงื่อนไข 3 ประการคือ ข้อมูลเป็นตัวแปรสุ่มแบบปกติ, ข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน และความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน ซึ่งวิธีในการพิจารณาจะใช้การวิเคราะห์เศษเหลือ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

6.9.1 ความเป็นปกติ (Normality Assumption) สามารถตรวจสอบด้วยการทดสอบการกระจายของส่วนตกค้าง ซึ่งกราฟการกระจายของส่วนตกค้างแสดงดังแผนภาพที่ 6.2

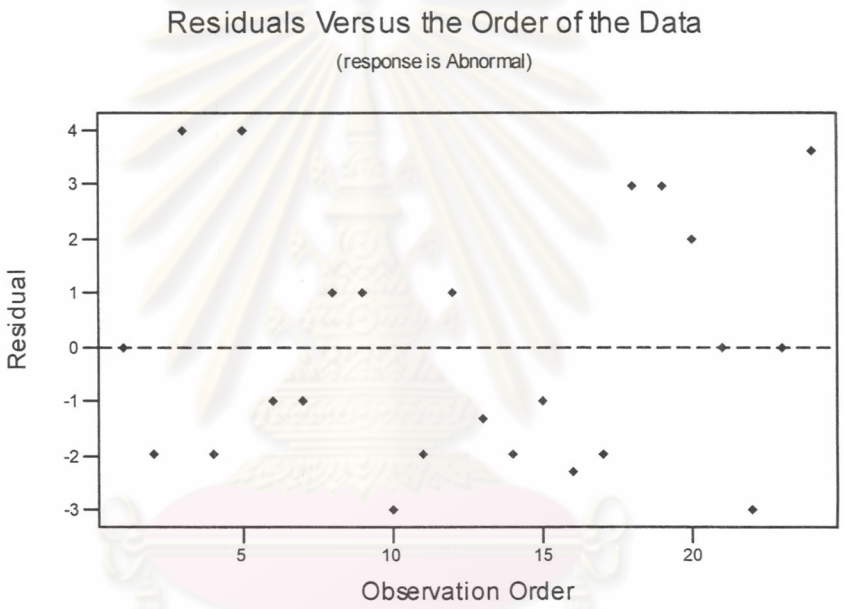


แผนภาพที่ 6.2 กราฟแสดงการกระจายของส่วนตกค้าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากกราฟแสดงการกระจายของส่วนตกค้าง สังเกตได้ว่าลักษณะของกราฟที่ได้เป็นลักษณะเส้นตรง นั่นคือส่วนตกค้างมีการกระจายเป็นแบบปกติ และสรุปได้ว่าข้อมูลการทดลองเป็นตัวแปรสุ่มแบบปกติ

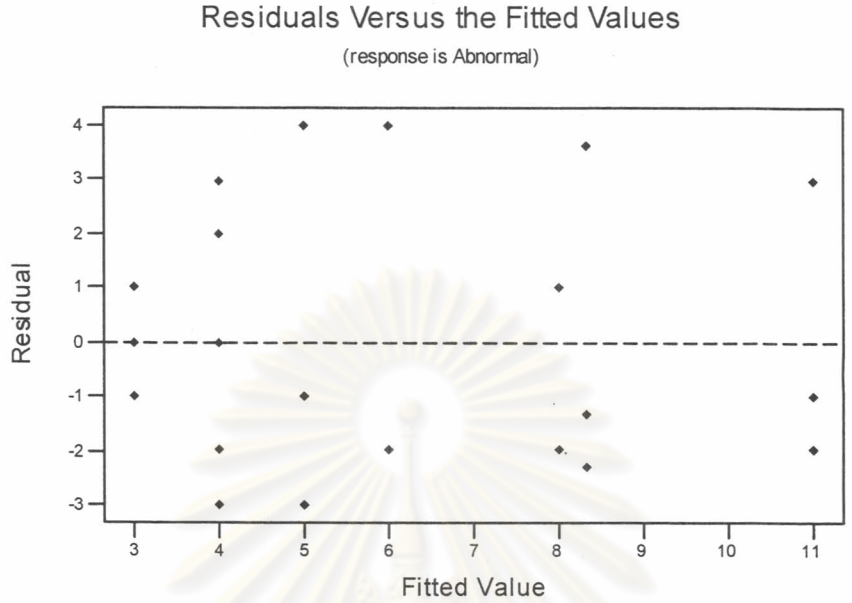
6.9.2 ความเป็นอิสระ (Independent) โดยการสร้างแผนภาพการกระจายที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนตกค้างกับลำดับความต่อเนื่องในการเก็บข้อมูล แสดงดังแผนภาพที่ 6.3 ซึ่งแผนภาพไม่ควรที่จะมีลักษณะของข้อมูลที่เป็นแนวโน้มหรือมีรูปแบบใดๆ ควรที่จะกระจายตัวที่ไม่มีรูปแบบที่แน่นอน



แผนภาพที่ 6.3 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนตกค้างกับลำดับของข้อมูล

จากกราฟสังเกตได้ว่าส่วนตกค้างมีลักษณะการกระจายตัวที่ไม่เป็นรูปแบบ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน

6.9.3 ความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน (Variance Stability) สามารถตรวจสอบได้โดยการสร้างแผนภาพการกระจายที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนตกค้างกับค่าตัวแปรตอบสนอง แสดงในแผนภาพที่ 6.4 ซึ่งแผนภาพ ไม่ควรที่จะมีลักษณะของข้อมูลที่เป็นแนวโน้ม ควรที่จะกระจายตัวที่ไม่มีรูปแบบที่แน่นอน



แผนภาพที่ 6.4 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนตกค้างกับค่า Fitted value

จากกราฟสังเกตได้ว่าส่วนตกค้างมีลักษณะการกระจายตัวที่ไม่เป็นรูปแบบ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าข้อมูลมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน

สรุปผลจากการทดสอบความเพียงพอของข้อมูลที่นำมาทดลองนี้ พบว่า ข้อมูลมีสมมติฐานตรงตามข้อกำหนดทั้ง 3 ข้อคือ มีการกระจายเป็นแบบปกติ, มีความเป็นอิสระต่อกัน และมีความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน

6.10 ตัวแบบถดถอยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวน Abnormal yield report ต่อวัน และ ค่า Abnormal yield target

6.10.1 ตัวแบบถดถอย

ทำการทดลองเพื่อเติมของกระบวนการตัดและขึ้นรูปขาเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวน Abnormal yield report ต่อวัน และ ค่า Abnormal yield target ซึ่งผลดังตารางที่ 6.8

ตารางที่ 6.8 ผลการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวน Abnormal yield report ต่อวัน และ ค่า Abnormal yield target

Abnormal target	Abnormal report per day	Abnormal target	Abnormal report per day
99.9	25	98.8	5
99.8	23	98.7	4
99.7	20	98.6	4
99.6	18	98.5	3
99.5	15	98.4	2
99.4	12	98.3	1
99.3	10	98.2	1
99.2	9	98.1	0
99.1	8	98	0
99	7	97.9	0
98.9	5	97.8	0
		97.7	0

ทำการคำนวณโดยโปรแกรมมินิแทปโดยเริ่มคำนวณแบบถดถอยมีลักษณะของพจน์ที่เป็นสมการกำลังหนึ่งหรือ เส้นตรง(Linear) ได้ดังตารางที่ 6.9

ตารางที่ 6.9 ผลการคำนวณสมการถดถอยโดยโปรแกรมมินิแทป

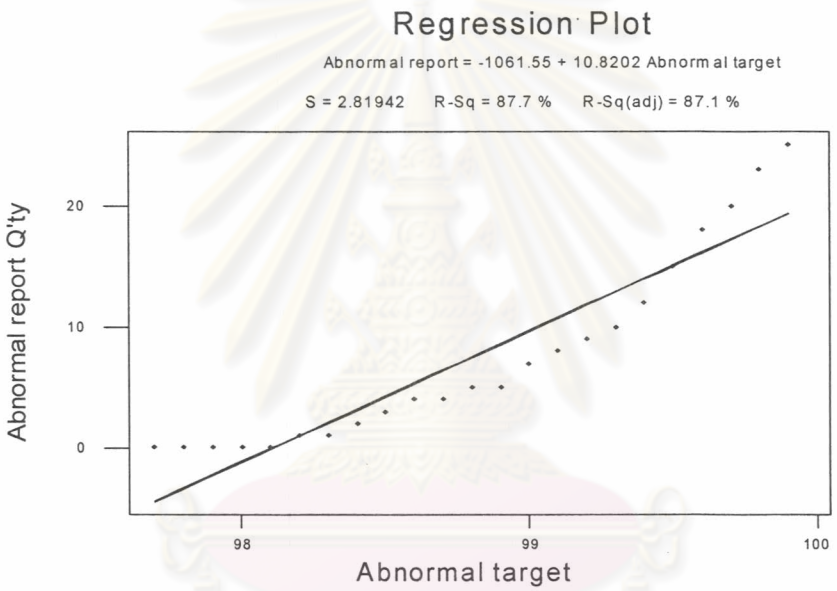
Regression Analysis: Abnormal rep versus Abnormal tar

```
The regression equation is
Abnormal report per day = - 1062 + 10.8 Abnormal target

Predictor         Coef     SE Coef          T        P
Constant     -1061.55       87.57     -12.12    0.000
Abnormal      10.8202      0.8863      12.21    0.000

S = 2.819       R-Sq = 87.7%     R-Sq(adj) = 87.1%
```

จากผลการคำนวณแบบถดถอยมีลักษณะของพจน์ที่เป็นสมการกำลังหนึ่งหรือ เส้นตรง (Linear) พบว่าค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ หรือ R^2 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 87.7 เปอร์เซ็นต์ นั่นคือ ความผันแปรจำนวน 87.7 เปอร์เซ็นต์ จะสามารถอธิบายได้ด้วยตัวแบบถดถอยที่ได้จากการวิเคราะห์ ส่วนปริมาณความผันแปรที่เหลืออีก 12.3 เปอร์เซ็นต์ไม่สามารถที่จะอธิบายได้ เนื่องมาจากความคลาดเคลื่อนโดยสาเหตุธรรมชาติ ซึ่งจากการวิเคราะห์ของผู้วิจัยพบว่าความเชื่อมั่นยังไม่เพียงพอ และเมื่อพิจารณาจาก Regression plot ดังแผนภาพที่ 6.5 พบว่าลักษณะของข้อมูลไม่มีแนวโน้มเป็นเส้นตรงดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์ลักษณะของพจน์ที่เป็นสมการกำลังสองเพิ่มเติม



แผนภาพที่ 6.5 แบบถดถอยมีลักษณะของพจน์ที่เป็นสมการกำลังหนึ่ง

จากการคำนวณลักษณะของพจน์ที่เป็นสมการกำลังสอง (Second order) หรือควอดราดิก (Quadratic) สามารถหาสมการถดถอยที่เป็นตัวแทนของตัวแบบของจำนวน Abnormal yield report ต่อวัน ได้ดังตารางที่ 6.10

ตารางที่ 6.10 ผลการคำนวณสมการถดถอยโดยโปรแกรมมินิแทป

Polynomial Regression Analysis: Abnormal rep versus Abnormal tar

```
The regression equation is
Abnormal report per day = 63286.1 - 1291.82 Abnormal target
 + 6.59232 Abnormal target**2

S = 0.806261      R-Sq = 99.0 %      R-Sq(adj) = 98.9 %

Analysis of Variance

Source            DF          SS          MS          F      P
Regression         2     1338.74     669.369    1029.71  0.000
Error             20       13.00       0.650
Total             22     1351.74
```

6.10.1.1 สมการถดถอย

จากการคำนวณสมการถดถอยของความสัมพันธ์ระหว่าง Abnormal yield report ต่อวัน และ Abnormal yield target แสดงดังตารางที่ 6.11

ตาราง 6.11 สมการถดถอยแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Abnormal yield report ต่อวัน และ Abnormal yield target

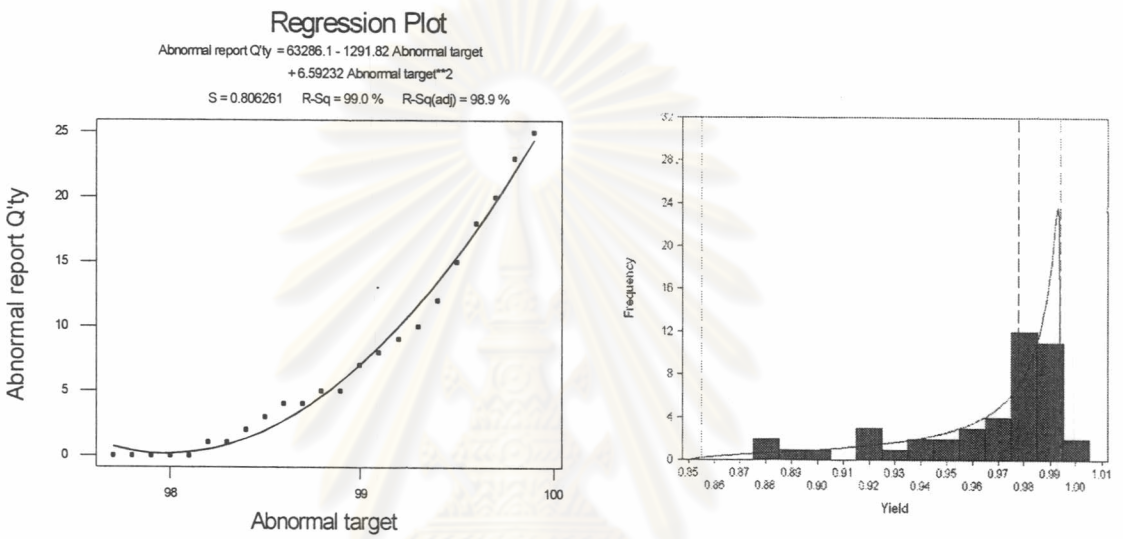
```
Abnormal report per day = 63286.1 - 1291.82 Abnormal target
 + 6.59232 Abnormal target**2
```

6.10.1.2 การทดสอบความมีนัยสำคัญของตัวแบบถดถอย

โดยใช้หลักการของการวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งจะแยกพิจารณาเป็นความผันแปรของตัวแบบถดถอยที่ได้ และความคลาดเคลื่อนโดยสาเหตุธรรมชาติ ซึ่งผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 6.9 จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแบบถดถอย พบว่าค่า P-value ของตัวแบบถดถอยมีค่าน้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าเทอมของตัวแปรอิสระภายในตัวแบบถดถอยมีความสามารถในการอธิบายความผันแปรที่เกิดขึ้นในตัวแปรตอบสนองได้ และจากการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ หรือ R^2 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 99 เปอร์เซ็นต์ นั่นคือ ความผันแปรจำนวน 99 เปอร์เซ็นต์ จะสามารถอธิบายได้ด้วยตัวแบบถดถอยที่ได้จากการวิเคราะห์ ส่วนปริมาณความผันแปรที่เหลืออีก 1 เปอร์เซ็นต์ไม่สามารถที่จะอธิบายได้ เนื่องมาจากความ

คลาดเคลื่อนโดยสาเหตุธรรมชาติ นั่นคือตัวแบบถดถอยนี้มีความถูกต้องและ มีความน่าเชื่อถือที่จะนำไปใช้ในการพยากรณ์ค่าต่างๆ ตามที่ต้องการ

นอกจากการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ หรือ R^2 เพื่อทดสอบว่าตัวแบบถดถอยที่ได้มามีความน่าเชื่อถือ ดังนั้นจะมีการพิจารณาเปรียบเทียบรูปแบบตัวแบบถดถอย Regression plot และ ข้อมูล Abnormal lot ที่เกิดขึ้น ดังแผนภาพที่ 6.6



แผนภาพที่ 6.6 เปรียบเทียบรูปแบบตัวแบบถดถอย Regression plot และ ข้อมูล Abnormal lot ที่เกิดขึ้น

จากการเปรียบเทียบรูปแบบตัวแบบถดถอย Regression plot กับ ข้อมูล Abnormal lot ที่เกิดขึ้นพบว่าจำนวนล็อตจะมีจำนวนมากเมื่อค่า Yield มีค่าเข้าใกล้ 100 และจะลดลงตามลำดับ ซึ่งการลดลงจะมีแนวโน้มลดลงมากในช่วง 98-99% (ความชันสูง) จากนั้นแนวโน้วจะเริ่มลดลง (ความชันน้อยลง) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ Regression plot พบว่าจะมีลักษณะเช่นเดียวกัน ซึ่งแนวโน้มลักษณะเช่นนี้จะเป็นลักษณะของพจน์ที่เป็นสมการกำลังสอง (Second order) หรือควอดราติก (Quadratic)

6.10.1.3 การทดสอบความสมรูปของตัวแบบกับข้อมูล

เพื่อเป็นการทดสอบว่าตัวแบบถดถอยดังกล่าวมีความเหมาะสมกับข้อมูลที่ได้จากการทดลองหรือไม่ จึงมีความจำเป็นต้องทดสอบเทียบความกลมกลืนกันของตัวแบบถดถอยดังกล่าวด้วยการพิจารณาจากส่วนตกค้างของข้อมูลที่เกิดจากตัวแบบถดถอยว่ามีนัยสำคัญหรือไม่ ซึ่งสมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ

สมมติฐาน

$H_0 : \beta_1 = 0$

$H_a : \beta_1 \neq 0$

โดยกำหนดให้

β_1 คือ ความชัน (Slope) ของตัวแบบถดถอย

ได้ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงดังตารางที่ 6.9 และจากผลการวิเคราะห์พบว่าค่า P-value ของ Regression มีค่าเท่ากับ 0 ซึ่งน้อยว่า 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐานหลักและถือว่าตัวแบบมีความสมรูปกับข้อมูลด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05

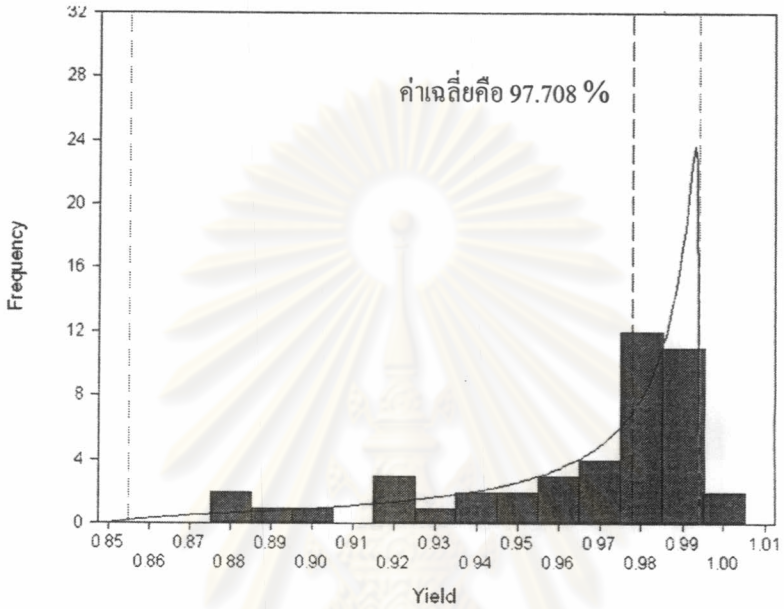
6.11 การหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัยนำเข้า

ในการหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัยนำเข้าปกติแล้วจะทำได้โดยการใช้วิธีพื้นผิวผลตอบ แต่การหาด้วยวิธีนี้จะไม่สามารถกำหนดเงื่อนไข(Constraint) เพิ่มเติมได้ เนื่องจากการหาค่าที่เหมาะสมด้วยวิธีพื้นผิวผลตอบทำได้โดยหาค่าของจุดที่ทำให้เกิดค่าต่ำที่สุดหรือสูงที่สุดของตัวแปรตอบสนอง ดังนั้นเพื่อที่สามารถกำหนดเงื่อนไขเพิ่มเติม ผู้วิจัยจึงหาค่าเหมาะสมโดยใช้ Optimization theorem โดยเริ่มจากหาสมการถดถอยจากการทดลองจำนวน 23 ค่าจากนั้นจะทำการพิจารณาค่าเหมาะสมของแต่ละปัจจัยโดยใช้ Optimization theorem

6.11.1 การกำหนดเงื่อนไข(Constraint) เพิ่มเติม

สำหรับการกำหนดเงื่อนไข (Constraint) จะกำหนดโดยพิจารณาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตอบสนอง เช่น ปัจจัยคือ Input เงื่อนไขที่ต้องการเพิ่มเติมคือ จะต้องทำงานให้ได้จำนวนที่ลูกค้าต้องการ (Minimum of Customer demand) และถ้าปัจจัยคือ Abnormal yield target ถ้าใช้วิธีพื้นผิวผลตอบ โปรแกรมจะคำนวณค่า Abnormal yield target ที่ต่ำที่สุดเพื่อผลที่ได้คือจำนวน Abnormal yield repot ที่ต่ำที่สุด ในกรณีนี้จะทำให้ในกระบวนการไม่สามารถตรวจจับความผิดปกติของกระบวนการได้ ดังนั้นจึงมีข้อกำหนดเกี่ยวกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยทางผู้จัดการฝ่ายประกันคุณภาพได้ให้ความเห็นไว้คือ หาค่า Abnormal yield สำหรับข้อมูลย้อนหลัง 1 เดือน ซึ่งการกำหนดลักษณะนี้จะทำให้ตรวจจับความผิดพลาดของกระบวนการได้ในระดับหนึ่ง นอกจากนั้นในกรณีที่ลูกค้าต้องการจำนวนสินค้าไม่มากนัก ค่า Abnormal yield target จะอยู่ที่ค่าเฉลี่ยของค่า Abnormal yield เดิมซึ่งในกรณีนี้จะทำให้จำนวน Abnormal yield report ลดลงได้มากที่สุดถึง 50 เปอร์เซ็นต์

ในกรณีของกระบวนการตัดและขึ้นรูปขาเงื่อนไขที่ต้องการกำหนดเพิ่มเติมคือข้อกำหนดเกี่ยวกับคุณภาพดังที่ได้อธิบาย ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการศึกษาค่า Abnormal yield ของกระบวนการตัดและขึ้นรูปขาในเดือนกุมภาพันธ์ 2547 และได้ค่า Yield ที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์คือ 97.708 % ดังแผนภาพที่ 6.5



แผนภาพที่ 6.7 ข้อมูล Abnormal lot ประจำเดือนกุมภาพันธ์ 2547

6.11 ขั้นตอนหาค่าเหมาะสมในกระบวนการตัดและขึ้นรูปขา

สำหรับขั้นตอนในการหาเงื่อนไขที่เหมาะสมของปัจจัยนำเข้าสามารถทำได้หลายวิธีจะขึ้นกับตัวแบบถดถอย ถ้าตัวแบบถดถอยมีลักษณะของพจน์ที่เป็นสมการกำลังสอง (Second order) หรือควอดราติก (Quadratic) การคำนวณจะใช้ทฤษฎีของ คาร์รัชและคุนทัคเกอร์ (The Karush and Kuhn tucker conditio) ถ้าตัวแบบถดถอยมีลักษณะของพจน์ที่เป็นสมการกำลังหนึ่งหรือ เส้นตรง(Linear) การคำนวณจะใช้โปรแกรมลินโด ((LINDO)

ในกระบวนการตัดและขึ้นรูปขาตัวแบบถดถอยมีลักษณะของพจน์ที่เป็นสมการกำลังสองดังนั้นการคำนวณจะใช้ทฤษฎีของ คาร์รัชและคุนทัคเกอร์ (The Karush and Kuhn tucker condition) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

$$
\begin{aligned}
\text{Min} \quad & f(x_1, x_2, \ldots\ldots, x_n) \\
\text{st.} \quad & g_1(x_1, x_2, \ldots\ldots, x_n) \leq b_1 \\
& g_2(x_1, x_2, \ldots\ldots, x_n) \leq b_2 \qquad (1) \\
& \vdots \\
& g_m(x_1, x_2, \ldots\ldots, x_n) \leq b_m
\end{aligned}
$$

กำหนดให้ (1) กำหนดเป็นการค่าต่ำสุดของสมการ ถ้า $x = (x_1,x_2,.....,x_n)$ เป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดของสมการ (1) ,โดย $x = (x_1,x_2,.....,x_n)$ สามารถแทนค่า m constraints ของสมการ (1), และให้ค่า $I_1, I_2, ...I_m$ .. เป็นจริง

ทฤษฎี

$$\frac{\partial f\left(\bar{x}\right)}{\partial x_j}+\sum_{i=1}^{i=m}\bar{\lambda}_i\frac{\partial g_i\left(\bar{x}\right)}{\partial x_j}=0 \qquad \left(j=1,2,.....,n\right) \tag{2}$$

$$\bar{\lambda}_i\left[b_i-g_i\left(\bar{x}\right)\right]=0 \qquad \left(i=1,2,.....,m\right) \tag{3}$$

$$\bar{\lambda}_i \geq 0 \qquad \left(i=1,2,.....,m\right) \tag{4}$$

กำหนดให้

x = Abnormal yield target.

y = จำนวน Abnormal yield report (Abnormal lot)

จุดประสงค์ : หาค่าที่ต่ำที่สุดของจำนวน abnormal yield report

$$y = 63286.1 - 1291.82\,x + 6.59232\,x^2 \tag{5}$$

โดย

$X \geq 97.708$ (ข้อกำหนดเกี่ยวกับคุณภาพ)

$X \leq 100$ (ขอบบนของค่า Yield)

ทุกสมการจะต้องเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบทฤษฎีของ คาร์รัชและคุนทัคเกอร์

$-X \leq 97.708$ (ข้อกำหนดเกี่ยวกับคุณภาพ)

$X \leq 100$ (ขอบบนของค่า Yield)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากสมการที่ (2):

$$\frac{\partial f\left(\bar{x}\right)}{\partial x}+\sum_{i=1}^{i=m}\bar{\lambda}_i\frac{\partial g_i\left(\bar{x}\right)}{\partial x}=0$$

ให้ y = f(x) :

$$(6.59232x\text{-}1291.62)+\bar{\lambda}_1\frac{\partial g_1\left(\bar{x}\right)}{\partial x}+\bar{\lambda}_2\frac{\partial g_2\left(\bar{x}\right)}{\partial x}=0$$

แทนค่า $g_1\left(\bar{x}\right),g_2\left(\bar{x}\right)$:

$$\boxed{(13.185x\text{ -}1291.82)\ -\bar{\lambda}_1+\bar{\lambda}_2=0} \qquad (6)$$

แทนค่า i = 1ใน (3)

แทนค่า $b_1,g_1\left(\bar{x}\right)$

$$\bar{\lambda}_1\left[b_1-g_1\left(\bar{x}\right)\right]=0$$

$$\bar{\lambda}_1[-97.708-(-x)]=0$$

$$\boxed{\bar{\lambda}_1[x-97.708]=0} \qquad (7)$$

แทนค่า i = 2 ใน (3) :

แทนค่า $b_2,g_2\left(\bar{x}\right)$

$$\bar{\lambda}_2\left[b_2-g_2\left(\bar{x}\right)\right]=0$$

$$\bar{\lambda}_2[100-x]=0$$

$$\boxed{\bar{\lambda}_2[x-100]=0} \qquad (8)$$

กรณี 1 : $\bar{\lambda}_1<0,\bar{\lambda}_2=0$

จากสมการที่ (7)

$$\bar{\lambda}_1[x-97.708]=0$$

$$x=97.708$$

จากสมการที่ (6):

$$(13.185x\text{ -}1291.82)\ -\bar{\lambda}_1+\bar{\lambda}_2=0$$

$$(13.185x\text{ -}1291.82)-\bar{\lambda}_1=0$$

จากสมการที่ (8):
ได้ค่า x = 100:

$$(13185\text{ -}1291.82)\qquad -\bar{\lambda}_1=0$$

$$\bar{\lambda}_1=\quad 11893.18\ \geq 0 \qquad \text{[ทำให้สมการที่ (4) เป็นจริง]}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการคำนวณจะใช้ทฤษฎีของ คาร์รัชและคุนทัคเกอร์ พบว่าค่า Abnormal yield target ที่เหมาะสมของกระบวนการตัดและขึ้นรูปขาคือ 97.708 % หลังจากที่ทำการทดลองและได้ค่าเหมาะสมที่กระบวนการตัดและขึ้นรูปขา จากนั้นขั้นตอนต่อไปคือการทำการทดลองในลักษณะเช่นเดียวกับกระบวนการตัดและขึ้นรูปขา แต่จากการทดลองที่ผ่านมาพบว่าใน 1 กระบวนการต้องทำการทดลองถึง 24 ค่า ซึ่งแต่ละค่าใช้เวลาในการทดลอง 1 วัน ในการทดลองจริงจะพบปัญหาต่างๆ ทำให้ไม่สามารถทดลองต่อเนื่องได้ สำหรับกระบวนการตัดและขึ้นรูปขานั้นใช้เวลาในการทดลองประมาณ 1 เดือนดังนั้นถ้าทำการทดลองจนครบทั้ง 10 กระบวนการจะใช้เวลาถึง 10 เดือนซึ่งจะไม่ตรงกับแผนการวิจัยที่วางไว้และนอกจากนั้นจะทำให้เกิดปัญหาการผลิตล่าช้า ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำข้อมูลในอดีตจากฐานข้อมูลเพื่อทำการทดลอง แต่ก่อนที่จะนำข้อมูลมาใช้ต้องมีการทดสอบความเท่ากันของข้อมูลจากการทดลองและข้อมูลจากฐานข้อมูลโดยอ้างอิงจากกระบวนการตัดและขึ้นรูปขา สำหรับข้อมูลในการทดลองอ้างอิงจากตารางที่ 6.6 ส่วนการนำข้อมูลจากฐานข้อมูลทำได้โดยเลือกเงื่อนไขต่างๆในฐานข้อมูลให้ตรงกับการทดลองในตาราง 6.6 เช่น กรณี Runorder 1 จะต้องหาข้อมูลจากฐานข้อมูลที่Lot size เท่ากับ 500 ชิ้น และมี Input เท่ากับ 10,000 ชิ้นต่อวัน จากนั้นตรวจสอบข้อมูล Yield ของแต่ละ Lot เพื่อเปรียบเทียบกับ Abnormal yield target คือ 98% ถ้าต่ำกว่า 98% จะได้จำนวน Abnormal yield report ต่อวัน จากนั้นทำตาม Runorder จนครบ 24 ค่า ซึ่งจะได้ข้อมูลผลการเปรียบเทียบข้อมูลจากการทดลองและข้อมูลจากฐานข้อมูลดังตารางที่ 6.12 โดยมีสมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ

H_0 : ข้อมูลจากการทดลองและจากฐานข้อมูลแต่ละคู่มีความเท่ากัน

H_a : ข้อมูลจากการทดลองและจากฐานข้อมูลแต่ละคู่มีความไม่เท่ากัน

โดย กำหนดระดับนัยสำคัญ (α) เท่ากับ 0.05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.12 ข้อมูลผลการเปรียบเทียบข้อมูลจากการทดลองและข้อมูลจากฐานข้อมูล

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	Lot size	Input	Abnormal yield target	Abnormal yield per day	
							Experiment	Database
9	1	1	1	500	10000	98	3	4
12	2	1	1	500	20000	99.5	4	5
8	3	1	1	500	20000	99.5	10	9
7	4	1	1	1000	10000	99.5	6	6
10	5	1	1	1000	20000	98	9	9
1	6	1	1	500	10000	98	2	3
2	7	1	1	1000	20000	98	4	5
3	8	1	1	1000	10000	99.5	9	12
11	9	1	1	1000	10000	99.5	9	8
6	10	1	1	1000	20000	98	2	4
4	11	1	1	500	20000	99.5	4	6
5	12	1	1	500	10000	98	4	3
15	13	1	2	500	10000	99.5	7	9
20	14	1	2	1000	20000	99.5	9	9
24	15	1	2	1000	20000	99.5	10	8
19	16	1	2	500	10000	99.5	6	5
17	17	1	2	1000	10000	98	2	2
22	18	1	2	500	20000	98	7	6
16	19	1	2	1000	20000	99.5	14	11
21	20	1	2	1000	10000	98	6	5
14	21	1	2	500	20000	98	4	4
18	22	1	2	500	20000	98	1	1
13	23	1	2	1000	10000	98	4	5
23	24	1	2	500	10000	99.5	12	9

ใช้ข้อมูลจากตารางที่ 6.12 ทำการทดสอบสมมติฐานแบบ Paired T-Test เพื่อทดสอบค่าเฉลี่ย ซึ่งผลการคำนวณด้วยโปรแกรม MINITAB ได้ผลดังตารางที่ 6.13

ตารางที่ 6.13 ผลการคำนวณการเปรียบเทียบข้อมูลจากการทดลองและข้อมูลจากฐานข้อมูลโดยโปรแกรมมินิแทป

Paired T-Test and CI: Experiment, Database

	N	Mean	StDev	SE Mean
Experiment	24	6.167	3.460	0.706
Database	24	6.167	2.869	0.586
Difference	24	0.000	1.532	0.313

95% CI for mean difference: (-0.647, 0.647)
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0):
T-Value = 0.00 P-Value = 1.000

จากผลการทดสอบพบว่าค่า P-Value มีค่ามากกว่า 0.05 นั่นคือไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลักที่ว่าข้อมูลจากการทดลองและจากฐานข้อมูลแต่ละคู่มีความเท่ากัน จึงสรุปได้ว่าข้อมูลจากการทดลองและจากฐานข้อมูลแต่ละคู่มีความเท่ากันอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95% ดังนั้นสำหรับกระบวนการอื่นๆ สามารถนำข้อมูลจากฐานข้อมูลมาใช้ทดแทนข้อมูลจากการทดลองได้

6.12 สรุปผลขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขของทุกกระบวนการ

6.12.1 ผลการทดลองเพื่อหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจำนวน Abnormal yield report

จากการทดลองโดยใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลในกระบวนการอื่นๆ จนครบทุกกระบวนการ ซึ่งจากผลการทดลองหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจำนวน Abnormal yield report ในแต่ละกระบวนการได้ผลสรุปดังตารางที่ 6.14

ตารางที่ 6.14 ผลการทดสอบปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจำนวน Abnormal yield report โดยใช้โปรแกรมมินิแทป

กระบวนการ	ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจำนวน Abnormal yield report			
	Lot size	Input	Abnormal yield target	จำนวน IC ต่อ Lead frame
Dicing process			✓	
Die bond process			✓	
Wire bond process		✓	✓	
Mold process			✓	
Plating process		✓	✓	
Mark process	✓		✓	
Trim form process			✓	
Visual inspection process			✓	
Lead checker process			✓	

นำข้อมูลจากฐานข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีอิทธิพล และ ค่า Abnormal yield target ของทุกกระบวนการจะได้รูปแบบของตัวแบบถดถอย 2 แบบคือมีลักษณะของพจน์ที่เป็นสมการกำลังสอง (Second order) หรือควอดราติก (Quadratic) และตัวแบบถดถอยมีลักษณะของพจน์ที่เป็นสมการกำลังหนึ่งหรือ เส้นตรง(Linear) ซึ่งผลการคำนวณได้ผลดังตารางที่ 6.15

ตารางที่ 6.15 รูปแบบของตัวแบบถดถอยของแต่ละกระบวนการ

กระบวนการ	รูปแบบของตัวแบบถดถอย
Dicing process	พจน์ที่เป็นสมการกำลังสอง หรือควอดราติก (Quadratic)
Die bond process	พจน์ที่เป็นสมการกำลังหนึ่งหรือ เส้นตรง(Linear)
Wire bond process	พจน์ที่เป็นสมการกำลังหนึ่งหรือ เส้นตรง(Linear)
Mold process	พจน์ที่เป็นสมการกำลังหนึ่งหรือ เส้นตรง(Linear)
Plating process	พจน์ที่เป็นสมการกำลังหนึ่งหรือ เส้นตรง(Linear)
Mark process	พจน์ที่เป็นสมการกำลังหนึ่งหรือ เส้นตรง(Linear)
Trim form process	พจน์ที่เป็นสมการกำลังสอง หรือควอดราติก (Quadratic)
Function test process	พจน์ที่เป็นสมการกำลังหนึ่งหรือ เส้นตรง(Linear)
Visual inspection process	พจน์ที่เป็นสมการกำลังสอง หรือควอดราติก (Quadratic)
Lead checker process	พจน์ที่เป็นสมการกำลังหนึ่งหรือ เส้นตรง(Linear)

6.12.3 การกำหนดเงื่อนไข(Constraint) เพิ่มเติม

เนื่องจากหลังจากการทดลองพบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจำนวน Abnormal yield report ในแต่ละกระบวนการมีความแตกต่างกัน ดังนั้นการกำหนดเงื่อนไขในแต่ละกระบวนการจึงมีความแตกต่างกัน โดยสามารถสรุปการกำหนดเงื่อนไขในแต่ละกระบวนการดังตารางที่ 6.16 ในบางกรณีที่การกำหนดเงื่อนไขของแต่ละปัจจัยเกิดความขัดแย้งกันจนไม่สามารถหาจุดเหมาะสมของแต่ละปัจจัย เช่น การกำหนดเงื่อนไข Input จะต้องมากกว่าความต้องการของลูกค้าแต่จะขัดแย้งกับการกำหนดเงื่อนไขทางด้านคุณภาพคือในกรณีที่กำหนดกำหนด Yield target สูงจะทำให้เกิด Abnormal report มากซึ่งจะทำให้งานที่ผลิตออกมาถูกหยุดไว้เพื่อทำการวิเคราะห์หาสาเหตุเป็นผลทำให้ Input ไม่ต้องกับเงื่อนไขที่วางไว้ ถ้ามีกรณีนี้จะตัดเงื่อนไขเกี่ยวกับความต้องการของลูกค้าออกและกำหนดเฉพาะเงื่อนไขทางด้านคุณภาพเท่านั้น

ตารางที่ 6.16 การกำหนดเงื่อนไขในแต่ละกระบวนการ

กระบวนการ	ปัจจัย / การกำหนดเงื่อนไขของแต่ละกระบวนการ		
	ขนาด Lot size	Input	Abnormal yield target
	ข้อกำหนดของ Lot size 500 < Lot size < 1,000	ข้อกำหนดเกี่ยวกับลูกค้า Input > Custormer demand	ข้อกำหนดเกี่ยวกับคุณภาพ : Yield target > ค่าเฉลี่ยAbnormal yild เดิม
Dicing process			✓
Die bond process			✓
Wire bond process		✓	✓
Mold process			✓
Plating process		✓	✓
Mark process	✓		✓
Trim form process			✓
Visual inspection process			✓
Lead checker process			✓

6.12.4 ค่าที่เหมาะสมของปัจจัยในแต่ละกระบวนการ

สำหรับขั้นตอนในการหาเงื่อนไขที่เหมาะสมของปัจจัยนำเข้าสามารถทำได้หลายวิธีจะขึ้นกับตัวแบบถดถอย ถ้าตัวแบบถดถอยมีลักษณะของพจน์ที่เป็นสมการกำลังสอง (Second order) หรือควอดราติก (Quadratic) การคำนวณจะใช้ทฤษฎีของ คาร์รัชและคุนทัคเกอร์ (The Karush and Kuhn tucker conditio) ถ้าตัวแบบถดถอยมีลักษณะของพจน์ที่เป็นสมการกำลังหนึ่งหรือ เส้นตรง(Linear) การคำนวณจะใช้โปรแกรมลินโด ((LINDO) ซึ่งลักษณะพจน์ของตัวแบบถดถอยในแต่ละกระบวนการสามารถอ้างอิงจากตารางที่ 6.15 ซึ่งสามารถแสดงผลการคำนวณค่าเหมาะสมของแต่ละกระบวนการได้ดังตารางที่ 6.17

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.17 ค่าเหมาะสมของปัจจัยแต่ละกระบวนการ

กระบวนการ	ปัจจัย / การกำหนดเงื่อนไขของแต่ละกระบวนการ		
	ขนาด Lot size	Input	Abnormal yield target
Dicing process			98.2
Die bond process			98.5
Wire bond process		74770	97.2
Mold process			97.8
Plating process		65720	98.5
Mark process	1000 IC ต่อ Lot		99
Trim form process			97.7
Visual inspection process			99
Lead checker process			97.5

ในขั้นตอนการต่อไปคือ การทดสอบเพื่อยืนยันผลการทดลองดังกล่าวก่อนการนำไปใช้งานจริงในกระบวนการผลิต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย