รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

เกษม พิพัฒน์ปัญญานุกูล. 2532. การควบคุมคุณภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ประกอบเมไตร.

กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. 2542. การวิเคราะห์ระบบการวัด(MSA). กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ส.ส.ท.

ปารเมศ ชุติมา. 2545. การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปารเมศ ชุติมา. (ม.ป.ป.). การออกแบบตามความต้องการของตลาด. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Backer. 1998. Milestone 3 for color/54 single component. The Netherlands : Philips.

Backer, Gerwen and Meer. 2000. Benchmarking halo phosphate daylight for TLD. The Netherlands : Philips.

Douglas C. Mongomery. 2001. Design and Analysis of Experiments. United State of America : Hamilton printing company.

Forest W. Breyfogle III. 1999. Implementing Six Sigma: Smart Solutions Using Statistical Method. United state of America.

Hermans. 1998. Powder weight-ranges with colour 54 single component. The Netherlands : Philips.

Hermans. 1998. Maintenance of the powder weight ranges in TLD 36W for colour 54 single component. The Netherlands : Philips.

MINITAB User's Guide 2: Data Analysis and Quality Tools. 2000. Release 13 for Windows. United state of America : Minitab inc.

Verriet. 2001. Quality improvement Halophosphates: Influence of impurities (Na, Mg and Fe) on the quality of Ca-halophosphate 54 (Single component daylight). The Netherlands : Philips.

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์รูปแบบของการเสียและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis :FMEA)

ระดับความรุนแรง

ความรุนแรงเป็นปัจจัยซึ่งแสดงให้เห็นถึงความร้ายแรงของการเสียที่เกิดขึ้นกับระบบ ระบบย่อย ส่วนประกอบ หรือลูกค้า หลักจากที่มีการเสียเกิดขึ้น การประมาณความรุนแรงของผลกระทบเนื่องจากการเสียกับลูกค้า จะอยู่บนสเกล 1 ถึง 10 จำไว้ว่าความรุนแรงนี้จะประเมินจะใช้ในการประเมินผลของการเสียเท่านั้น

การจัดระดับความรุนแรงอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงได้ก็ต่อเมื่อมีการดำเนินการบางอย่างในการออกแบบผลิตภัณฑ์เท่านั้น ไม่ได้มีผลมาจากการควบคุมการผลิตที่ดีขึ้นแต่ประการใด เนื่องจากว่าความรุนแรงขึ้นกับผลของการเสีย สาเหตุหลักทั้งหมดของการเสียสำหรับผลของการเสียควรได้รับการจัดระดับความรุนแรงให้อยู่ในระดับเดียวกัน

ความรุนแรงเป็นปัจจัยซึ่งแสดงให้เห็นถึงความร้ายแรงของการเสียที่เกิดขึ้นกับลูกค้า ความรุนแรงจะใช้กับผลกระทบเท่านั้น ถ้าลูกค้าที่ได้รับผลของการเสียคือ โรงงาน หรือผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ การประเมินความรุนแรงอาจจะเกินกว่าความรู้หรือประสบการณ์ของวิศวกรกระบวนการมีอยู่ก็ได้ ในกรณีเช่นนี้ ประสบการณ์ จากสมาชิกในทีมอื่น จะมีความสำคัญอย่างมาก

เกี่ยวกับเกณฑ์ในการประเมินที่แนะนำ ทีมงานควรจะทำความตกลงเกี่ยวกับเกณฑ์ในการประเมินและระบบในการจัดระดับ ซึ่งควรจะมีความอยู่กับร่องกับรอย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก-1 แสดงระดับความรุนแรง

Class	Criteria : Severity of Effect	Rating
Unreasonable	Unreasonable to expect that the minor nature of this failure would cause any noticeable effect on the vehicle or system performance. Customer will probably not be able to detect failure.	1
Low	Low severity rating due to minor nature of failure causing only slight customer annoyance. Customer will probably notice some subsystem or vehicle performance degradation	2 3
Moderate	Moderate failure which causes some customer dissatisfaction; customer is made uncomfortable or is annoyed by the failure. For example, moderate failure ratings would be given to items such as low power, poor fuel consumption etc. Customer will notice some subsystem or vehicle performance degradation.	4 5 6
High	High degree of customer dissatisfaction due to nature of the failure, such as an inoperable vehicle(e.g. non-start etc.) Or Failure which causes the vehicle to degrade in areas governed by legal requirements. Does not involve vehicle safety or non-compliance to legal requirements.	7 8
Very high	Very high severity rating when a failure mode involves potential safety problems and/or conformance to legal requirements.	9 10

การจัดระดับการเกิดการเสีย (Occurrence)

การเกิดขึ้นของการเสียคือ โอกาสที่สาเหตุหรือกลไกที่ได้ทำรายการไว้แล้วในคอลัมน์ก่อนหน้านี้จะเกิดขึ้น ตัวเลขของการจัดระดับของโอกาสในการเกิดการเสียมีความหมายที่ลึกซึ้งกว่าการเป็นเพียงแค่ตัวเลขเท่านั้น แนวทางในการลดระดับของการเกิดการเสียลงสามารถทำได้โดยการขจัดหรือควบคุมสาเหตุหรือกลไกหนึ่งประเภทหรือมากกว่าของรูปแบบของการเสียโดยใช้การเปลี่ยนแปลงการออกแบบเท่านั้น การประมาณโอกาสของการเกิดการเสียจะอยู่บนสเกล 1 ถึง 10 ซึ่งในที่นี้จะพิจารณาเฉพาะการควบคุมที่ตั้งใจที่จะใช้ในการป้องกันสาเหตุของการเสียจากการเกิดขึ้นเท่านั้น

เมื่อทำการประมาณโอกาสของการเสีย ให้พิจารณาถึงความน่าจะเป็นที่สาเหตุหลักของการเสียที่จะเกิดขึ้นแล้วทำให้เกิดรูปแบบของการเสีย สำหรับการประมาณเช่นนี้ ให้สมมุติว่าสาเหตุของการเสียและรูปแบบของการเสียจะไม่ถูกตรวจจับก่อนที่ผลิตภัณฑ์จะไปถึงมือของลูกค้า

ระบบการจัดระดับของการเกิดการเสียต่อไปนี้อาจจะถูกนำมาใช้ในขณะพัฒนา FMEA ให้สังเกตว่าค่าตัวเลขสัมบรูณ์ค่าหนึ่งของการเกิดการเสียจะถูกกำหนดให้กับระดับของการเสียที่ระดับหนึ่ง ซึ่งค่านี้ขึ้นกับการตัดสินใจของวิศวกรที่เกี่ยวข้อง ขอแนะนำว่า วิศวกรควรจะขอคำแนะนำจากผู้รับผิดชอบในเรื่องกิจกรรมเกี่ยวกับระบบคุณภาพเพื่อที่จะได้มาซึ่งอัตราการเกิดการเสียที่เหมาะสม

ถ้าเรามีข้อมูลทางสถิติอยู่แล้ว เราควรจะนำมาใช้เพื่อหาระดับของการเกิดการเสีย อัตราทางสถิติที่แสดงให้เห็นข้างล่างนี้ใช้ในการกำหนดเป็นแนวทางและสำหรับอธิบายเท่านั้น ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานถูกกำหนดด้วยสัญลักษณ์ซิกมา (σ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก-2 แสดงการจัดระดับการเกิดการเสีย (Occurrence)

Class	Criteria : Probability of Occurrence	Rating	CpK	Statistical Proportion Outside Spec. Limits
Remote	Remote probability of occurrence. Capability shows at least $\bar{\bar{X}} \pm 4\sigma$ within specifications.	1	1.30	1/10000
Low	Low probability of occurrence. Capability shows at least $\bar{\bar{X}} \pm 3\sigma$ within specifications.	2 3	1.24 1.16	1/5000 1/2000
Moderate	Moderate probability of occurrence. Generally associated with processes which have experienced occasional failures, but not in major proportions. Process in statistical control. Capability shows at least $\bar{\bar{X}} \pm 2.5\sigma$ or less within specifications.	4 5 6	1.12 0.99 0.93	1/1000 1/500 1/200
High	High probability of occurrence. Generally associated with processes that have often failed, but not in major proportions. Process in statistical control. Capability shows at least $\bar{\bar{X}} \pm 2.5\sigma$ or less within specifications,	7 8	0.86 0.78	1/100 1/50
Very high	Very high probability of occurrence. In evaluator's view, failure is almost certain to occur.	9 10	0.65 <0.5	1/20 1/10+

ระดับการตรวจจับ (Detection)

การตรวจจับคือ การประเมินความน่าจะเป็นของการตรวจจับของเสีย ที่เกิดขึ้นจากการเสียที่กำหนดก่อนที่ชิ้นงานหรือส่วนประกอบจะออกจากแหล่งประกอบ โดยใช้สเกล 1 ถึง 10 เราจะสมมติว่ามีการเสียเกิดขึ้น แล้วประเมินความสามารถของระบบควบคุมในปัจจุบันทั้งหมดที่จะป้องกันไม่ให้มีการส่งของเสียไปยังส่วนอื่นๆ แต่อย่าตั้งสมมติฐานว่า ระดับของการตรวจจับมีความต่ำ (โอกาสในการตรวจจับได้สูง) เพราะว่าการเสียนั้นมีโอกาสในการเกิดต่ำ

การตรวจสอบคุณภาพแบบสุ่มอาจจะไม่ได้ช่วยให้เกิดการตรวจจับการเสียแบบเดี่ยวขึ้นได้ ดังนั้นจะไม่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับของการตรวจจับที่สังเกตได้ อย่างไรก็ตามการสุ่มที่กระทำบนพื้นฐานทางสถิติจะช่วยในการควบคุมการตรวจจับอย่างมาก

ทีมงานจะต้องทำการตกลงเกี่ยวกับเกณฑ์และระบบการให้ระดับคะแนนที่ใช้ในการประเมิน ซึ่งจะต้องมีความอยู่กับร่องกับรอย

ตารางที่ ก-3 แสดงระดับการตรวจจับ (Detection)

Class	Criteria : Likelihood of Detection	Rating	Probability Of Defect Being Shipped
Very high	Very high probability that the defect would be detected. The defect is a functionally obvious characteristic readily detected by a subsequent operation(e.g. missing steering wheel) Detection reliability at least 99.99 %.	1 2	1/10000
High	High probability that the defect would be detected. The defect is an obvious characteristic(e.g. missing label). Automatic checking 100% of a simple characteristic (e.g. presence of a hole). Detection reliability at least 99.98%.	3 4	1/5000 1/2000 1/1000 1/500

Moderate	Moderate probability that the defect would be detected. The defect is an easily identified characteristic(e.g. locking nuts functionally checked 100%). Automatic inspection 100% of a variable characteristic(e.g. diameter). Detection reliability at least 98%.	5 6	1/200 1/100 1/50
Low	Low probability of detecting the defect. The defect is an subtle characteristic(e.g. timing). Visual or manual inspection 100%. Detection reliability at least 90%.	7 8	1/100 1/50
Very low	Very high likelihood that the product would be shipped containing the defect. Item is not checked or checkable. The defect is latent and would not appear at manufacturing or assembly location(e.g. defect affects durability of component). Detection reliability 90% or less	9 10	1/20 1/10+

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

GR&R

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis: MSA)

ค่าวัดที่ใช้ในการวิเคราะห์ GR&R แบ่งเป็น 2 ชนิดได้ ค่าวัด (Variable) และ ค่าดี/เสีย (Attribute) ซึ่งถูกนำมาใช้ในการทำการทดลองดังนี้

Variable GR&R

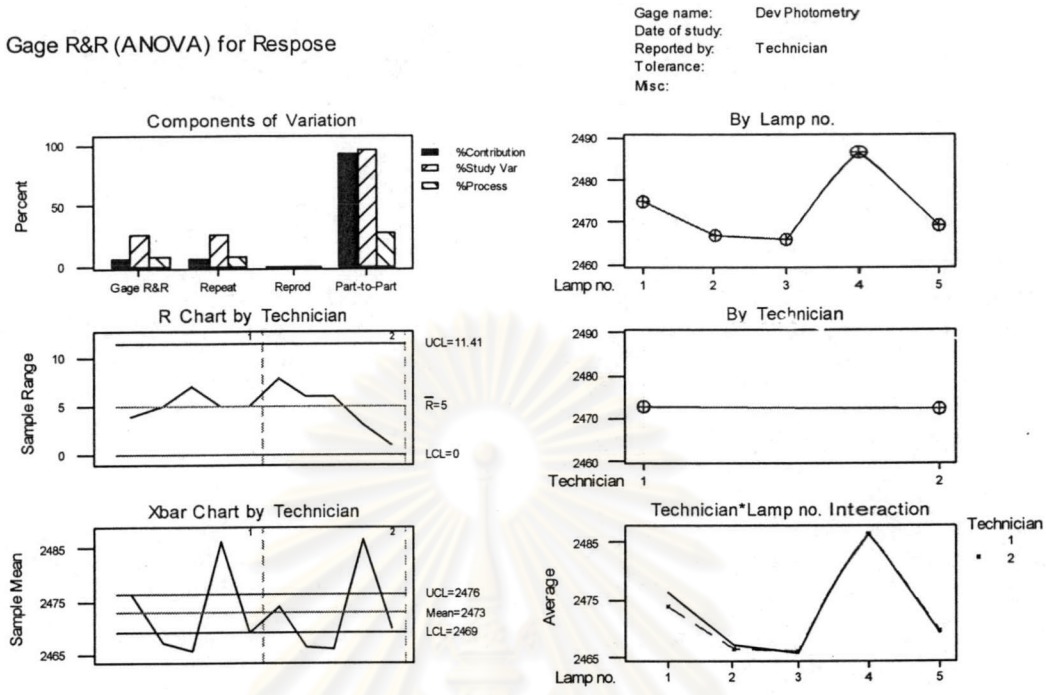
- ค่าวัดความส่องสว่างในเครื่องวัดค่าความส่องสว่าง

ตารางที่ ข-1 การป้อนข้อมูล Lamp no. Technician and Response(**ค่าความส่องสว่าง) ลงใน** Minitab **เพื่อทำการวิเคราะห์ผลต่อไป**

Lamp no.	Technician	Respose
1	1	2478
1	1	2474
1	1	2475
1	1	2478
2	1	2465
2	1	2469
2	1	2465
2	1	2470
3	1	2462
3	1	2465
3	1	2467
3	1	2469
4	1	2487
4	1	2486
4	1	2489
4	1	2484
5	1	2472
5	1	2468
5	1	2470
5	1	2467
1	2	2470
1	2	2478
1	2	2472
1	2	2476
2	2	2467
2	2	2463
2	2	2469
2	2	2467
3	2	2469
3	2	2463
3	2	2465
3	2	2467
4	2	2486
4	2	2489
4	2	2486
4	2	2486
5	2	2470
5	2	2469
5	2	2470
5	2	2470

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นำข้อมูลจากตารางที่ ข-1 มาทำการวิเคราะห์ดังการประมวลผลในรูปที่ ข-1 และ ตารางที่ ข-2



รูปที่ ข-1 ผลการวิเคราะห์ความแม่นยำของการวัดค่าความส่องสว่างในเครื่องวัดค่าความส่องสว่าง (Photometry) โดยโปรแกรม Minitab

ตารางที่ ข-2 แสดงการวิเคราะห์ความแม่นยำของการวัดค่าความส่องสว่างในเครื่อง Photometry โดยโปรแกรม Minitab

Results for: tab-sis-lumen.MTW

Gage R&R Study - ANOVA Method

```
Gage R&R for Response

Gage name:      Dev Photometry
Date of study:
Reported by:    Technician
Tolerance:
Misc:
```

Two-Way ANOVA Table With Interaction

```
Source                DF  SS      MS      F       P
```

Lamp no.	4	2323.9	580.975	223.452	0.00006
Technician	1	1.6	1.600	0.615	0.47662
Technician*Lamp no.	4	10.4	2.600	0.447	0.77369
Repeatability	30	174.5	5.817		
Total	39	2510.4			

Two-Way ANOVA Table Without Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Lamp no.	4	2323.9	580.975	106.832	0.00000
Technician	1	1.6	1.600	0.294	0.59107
Repeatability	34	184.9	5.438		
Total	39	2510.4			

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	5.438	7.03
Repeatability	5.438	7.03
Reproducibility	0.000	0.00
Technician	0.000	0.00
Part-To-Part	71.942	92.97
Total Variation	77.380	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (5.15*SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	2.33200	12.0098	26.51
Repeatability	2.33200	12.0098	26.51
Reproducibility	0.00000	0.0000	0.00
Technician	0.00000	0.0000	0.00
Part-To-Part	8.48187	43.6816	96.42
Total Variation	8.79661	45.3025	100.00

Number of Distinct Categories = 5

Gage R&R for Response

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ค่าน้ำหนักในเครื่องชั่งน้ำหนัก

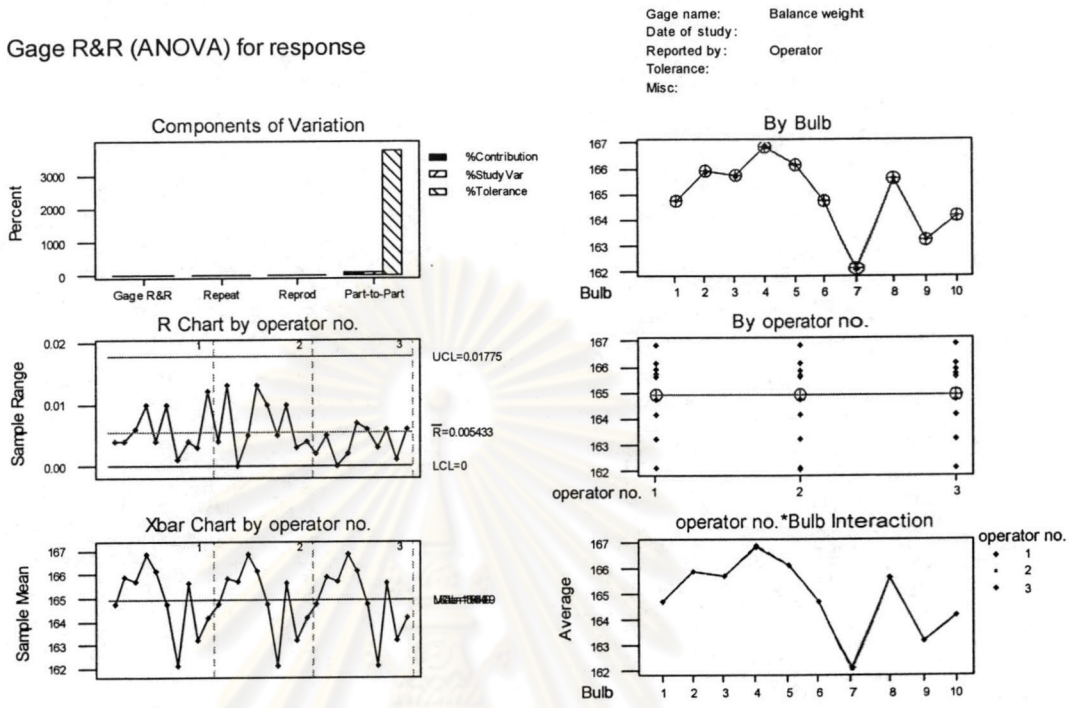
ตารางที่ ข-3 การป้อนข้อมูล Bulb Operator no. **และ** Response(**น้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์) ลงใน** Minitab **เพื่อทำการวิเคราะห์ผลต่อไป**

Bulb	operator no.	response
1	1	164.725
1	1	164.729
2	1	165.894
2	1	165.898
3	1	165.716
3	1	165.722
4	1	166.88
4	1	166.87
5	1	166.153
5	1	166.149
6	1	164.733
6	1	164.743
7	1	162.091
7	1	162.092
8	1	165.652
8	1	165.648
9	1	163.204
9	1	163.207
10	1	164.185
10	1	164.173
1	2	164.727
1	2	164.723
2	2	165.887
2	2	165.874
3	2	165.712
3	2	165.712
4	2	166.879
4	2	166.884
5	2	166.160
5	2	166.147

Bulb	operator no.	response
6	2	164.728
6	2	164.738
7	2	162.083
7	2	162.088
8	2	165.644
8	2	165.654
9	2	163.204
9	2	163.201
10	2	164.178
10	2	164.174
1	3	164.731
1	3	164.729
2	3	165.9
2	3	165.895
3	3	165.718
3	3	165.718
4	3	166.886
4	3	166.888
5	3	166.15
5	3	166.157
6	3	164.73
6	3	164.736
7	3	162.089
7	3	162.092
8	3	165.649
8	3	165.643
9	3	163.204
9	3	163.203
10	3	164.179
10	3	164.173

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ ข-3 นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ผลดังรูปที่ ข-2 และ ตารางที่ ข-4



รูปที่ ข-2 ผลวิเคราะห์ความแม่นยำของการวัดค่าน้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์ในเครื่องชั่งน้ำหนักโดยโปรแกรม Minitab

ตารางที่ ข-4 ผลการวิเคราะห์ความแม่นยำของการวัดค่าน้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์ในเครื่องชั่งน้ำหนักโดยโปรแกรม Minitab

Gage R&R Study - ANOVA Method

```
Gage R&R for response

Gage name:      Balance weight
Date of study:
Reported by:    Operator
Tolerance:
Misc:
```

Two-Way ANOVA Table With Interaction

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Source	DF	SS	MS	F	P
Bulb	9	114.336	12.7040	424437	0.00000
operator no.	2	0.000	0.0001	3	0.09120
operator no.*Bulb	18	0.001	0.0000	1	0.20219
Repeatability	30	0.001	0.0000		
Total	59	114.338			

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.0000	0.00
Repeatability	0.0000	0.00
Reproducibility	0.0000	0.00
operator no.	0.0000	0.00
operator no.*Bulb	0.0000	0.00
Part-To-Part	2.1173	100.00
Total Variation	2.1174	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (5.15*SD)	%Study Var (%SV)	%Tolerance (SV/Toler)
Total Gage R&R	0.00532	0.02738	0.37	13.69
Repeatability	0.00462	0.02381	0.32	11.91
Reproducibility	0.00262	0.01351	0.18	6.76
operator no.	0.00162	0.00832	0.11	4.16
operator no.*Bulb	0.00207	0.01065	0.14	5.32
Part-To-Part	1.45511	7.49380	100.00	3746.90
Total Variation	1.45512	7.49385	100.00	3746.92

Number of Distinct Categories = 386

Gage R&R for response

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

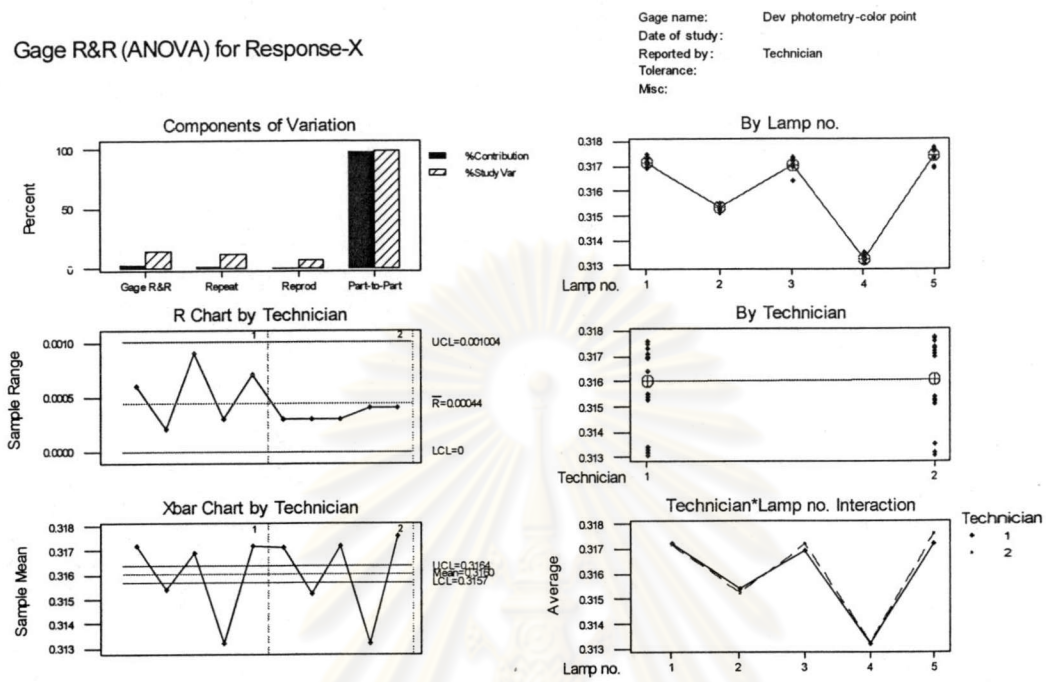
- ค่าวัดสีของแสงในแนวแกน X และ Y ในเครื่องวัดค่าสีของแสง

ตารางที่ ข-5 การป้อนข้อมูล Lamp Technician and Response(**ค่าสีของแสง) ลงใน** Minitab **เพื่อทำการวิเคราะห์ผลต่อไป**

Lamp no.	Technician	Response-X	Response-Y
1	1	0.3169	0.3441
1	1	0.3171	0.3439
1	1	0.3173	0.3445
1	1	0.3175	0.3444
2	1	0.3154	0.3435
2	1	0.3155	0.3436
2	1	0.3154	0.3439
2	1	0.3153	0.3435
3	1	0.3164	0.3425
3	1	0.3170	0.3426
3	1	0.3173	0.3435
3	1	0.3170	0.3424
4	1	0.3132	0.3411
4	1	0.3131	0.3417
4	1	0.3134	0.3414
4	1	0.3133	0.3414
5	1	0.3170	0.3440
5	1	0.3169	0.3442
5	1	0.3173	0.3443
5	1	0.3176	0.3445
1	2	0.3171	0.3440
1	2	0.3172	0.3441
1	2	0.3173	0.3442
1	2	0.3170	0.3441
2	2	0.3154	0.3438
2	2	0.3152	0.3437
2	2	0.3151	0.3438
2	2	0.3153	0.3430
3	2	0.3171	0.3427
3	2	0.3174	0.3425
3	2	0.3171	0.3423
3	2	0.3172	0.3425
4	2	0.3132	0.3415
4	2	0.3131	0.3416
4	2	0.3135	0.3413
4	2	0.3132	0.3414
5	2	0.3176	0.3442
5	2	0.3174	0.3443
5	2	0.3177	0.3441
5	2	0.3178	0.3440

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ ข-5 นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ผลดังรูปที่ ข-3 ตารางที่ ข-6 รูปที่ ข-4 และตารางที่ ข-7



รูปที่ ข-3 ผลการการวิเคราะห์ความแม่นยำของการวัดค่าสีของแสงในแนวแกน X ในเครื่องวัดสีของแสงโดยโปรแกรม Minitab

ตารางที่ ข-6 ทำการวิเคราะห์ความแม่นยำของการวัดค่าสีของแสงในแนวแกน X ในเครื่อง Photometry โดยโปรแกรม Minitab

Gage R&R Study - ANOVA Method

```
Gage R&R for Response-X

Gage name:      Dev photometry-color point
Date of study:
Reported by:    Technician
Tolerance:
Misc:
```

Two-Way ANOVA Table With Interaction

```
Source                DF  SS          MS          F          P
```

Lamp no.	4	0.0001001	0.0000250	216.436	0.00006
Technician	1	0.0000001	0.0000001	0.865	0.40502
Technician*Lamp no.	4	0.0000005	0.0000001	2.598	0.05608
Repeatability	30	0.0000013	0.0000000		
Total	39	0.0001020			

Gage R&R

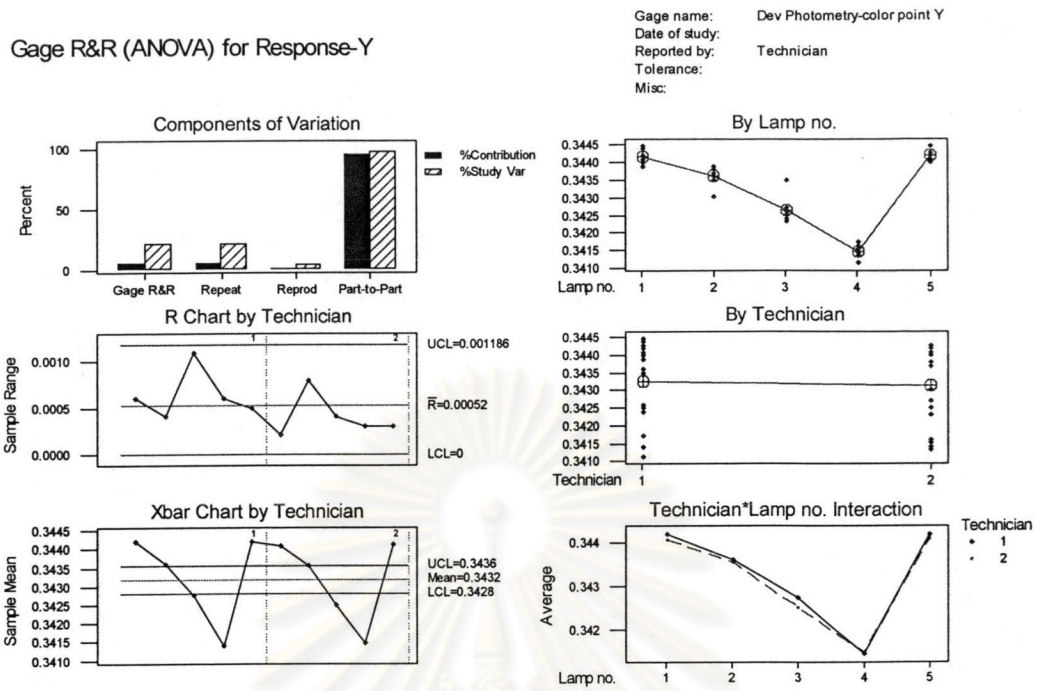
Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	6.23E-08	1.96
Repeatability	4.45E-08	1.40
Reproducibility	1.78E-08	0.56
Technician	0.00E+00	0.00
Technician*Lamp no.	1.78E-08	0.56
Part-To-Part	3.11E-06	98.04
Total Variation	3.18E-06	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (5.15*SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	2.50E-04	1.29E-03	14.00
Repeatability	2.11E-04	1.09E-03	11.84
Reproducibility	1.33E-04	6.87E-04	7.48
Technician	0.00E+00	0.00E+00	0.00
Technician*Lamp no.	1.33E-04	6.87E-04	7.48
Part-To-Part	1.76E-03	9.09E-03	99.01
Total Variation	1.78E-03	9.18E-03	100.00

Number of Distinct Categories = 10

Gage R&R for Response-X

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ข-4 การวิเคราะห์ความแม่นยำของการวัดค่าสีของแสงในแนวแกน Y ในเครื่อง Photometry โดยโปรแกรม Minitab

ตารางที่ ข-7 การวิเคราะห์ความแม่นยำของการวัดค่าสีของแสงในแนวแกน Y ในเครื่อง Photometry โดยโปรแกรม Minitab

Gage R&R Study - ANOVA Method

```
Gage R&R for Response-Y

Gage name:      Dev Photometry-color point Y
Date of study:
Reported by:    Technician
Tolerance:
Misc:
```

Two-Way ANOVA Table With Interaction

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Source	DF	SS	MS	F	P
Lamp no.	4	0.0000445	0.0000111	463.969	0.00001
Technician	1	0.0000001	0.0000001	3.760	0.12449
Technician*Lamp no.	4	0.0000001	0.0000000	0.349	0.84255
Repeatability	30	0.0000021	0.0000001		
Total	39	0.0000468			

Two-Way ANOVA Table Without Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Lamp no.	4	0.0000445	0.0000111	175.399	0.00000
Technician	1	0.0000001	0.0000001	1.422	0.24140
Repeatability	34	0.0000022	0.0000001		
Total	39	0.0000468			

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	6.48E-08	4.47
Repeatability	6.35E-08	4.38
Reproducibility	1.34E-09	0.09
Technician	1.34E-09	0.09
Part-To-Part	1.38E-06	95.53
Total Variation	1.45E-06	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (5.15*SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	2.55E-04	1.31E-03	21.15
Repeatability	2.52E-04	1.30E-03	20.93
Reproducibility	3.66E-05	1.88E-04	3.04
Technician	3.66E-05	1.88E-04	3.04
Part-To-Part	1.18E-03	6.06E-03	97.74
Total Variation	1.20E-03	6.20E-03	100.00

Number of Distinct Categories = 7

Gage R&R for Response-Y

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Attribute GR&R

- ค่าการตรวจสอบคุณลักษณะภายนอกของหลอด

วิธีการดูค่าความสามารถในการทำซ้ำและความสามารถในการทำเหมือน (Repeatability and Reproducibility) **ของ** Attribute GR&R

% APPRAISER SCORE คือ ความสามารถในการทำซ้ำของพนักงานเช็ค

% SCORE VS ATTRIBUTE คือ ความสามารถในการทำซ้ำของพนักงานเช็คเทียบกับหลอดสอบเทียบ(หลอดมาตรฐาน)

SCREEN % EFFECTIVE SCORE คือ ความสามารถในการทำเหมือนของพนักงานเช็ค

SCREEN % EFFECTIVE VS ATTRIBUTE คือ ความสามารถในการทำเหมือนของพนักงานเช็คเทียบกับหลอดสอบเทียบ(หลอดมาตรฐาน)

ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการทำซ้ำและการทำเหมือนของพนักงานเช็คด้วยการเช็คด้วยตาดังตารางที่ 12ข ตารางที่ 13ข และตารางที่ 14ข

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-8 ความสามารถในการทำซ้ำและความสามารถในการทำเหมือนของการเช็คหลอดหัวบาง

Attribute Gage R&R Effectiveness

ตัวอย่างหัวบางที่ผ่านการสอบเทียบ		Operater #1		Operater #2		Operators ทุกคนเหมือนกัน	Operators ทุกคนเหมือนกันและถูกต้อง
						Y/N	Y/N
ตัวอย่าง	Attribute	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	Agree	Agree
1	Good	G	G	G	G	Y	Y
2	Good	G	G	G	G	Y	Y
3	No good	NG	NG	NG	NG	Y	Y
4	Good	G	G	G	G	Y	Y
5	No good	NG	NG	NG	NG	Y	Y
6	Good	G	G	G	G	Y	Y
7	Good	G	G	G	G	Y	Y
8	Good	G	G	G	G	Y	Y
9	No good	NG	NG	NG	NG	Y	Y
10	Good	G	G	G	G	Y	Y
11	No good	NG	NG	NG	NG	Y	Y
12	No good	NG	NG	NG	NG	Y	Y
13	Good	G	G	G	G	Y	Y
14	Good	G	G	G	G	Y	Y
15	No good	NG	G	NG	NG	N	N
16	No good	NG	NG	G	NG	N	N
17	Good	G	G	G	G	Y	Y
18	Good	G	G	G	G	Y	Y
19	No good	NG	NG	NG	NG	Y	Y
20	Good	G	G	G	G	Y	Y
21	No good	NG	NG	NG	NG	Y	Y
22	Good	G	G	G	G	Y	Y
23	No good	NG	NG	NG	NG	Y	Y
24	Good	G	G	G	g	Y	Y
25	No good	NG	NG	NG	NG	Y	Y
26	Good	G	G	G	G	Y	Y
27	Good	G	G	G	G	Y	Y
28	No good	NG	NG	NG	NG	Y	Y
29	Good	G	G	G	G	Y	Y
30	Good	G	G	G	G	Y	Y
% APPRAISER SCORE			**96.67**	**%**	**100**	**%**	
% SCORE VS ATTRIBUTE			**96.67**	**%**	**100**	**%**	
				SCREEN % EFFECTIVE SCORE		**93.33**	**%**
				SCREEN % EFFECTIVE SCORE VS ATTRIBUTE			**93.33** **%**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ ข-8 พบว่ามีพนักงานที่ไม่สามารถแยกแยะงานดีงานเสียได้ 100 % ดังนั้นจึงทำการฝึกอบรมพนักงานแล้วทำการทดสอบใหม่ได้ดังตารางที่ ข-9

ตารางที่ ข-9 ความสามารถในการทำซ้ำและความสามารถในการทำเหมือนของการเช็คหลอดหัวบางหลังฝึกอบรมพนักงาน

Attribute Gage R&R Effectiveness

						Operators ทุกคนเหมือนกัน	Operators ทุกคนเหมือนกันและถูกต้อง
ตัวอย่างหัวบางที่ผ่านการสอบเทียบ		Operater #1		Operater #2		Y/N	Y/N
ตัวอย่าง	Attribute	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	Agree	Agree
1	Good	G	G	G	G	Y	Y
2	Good	G	G	G	G	Y	Y
3	No good	NG	NG	NG	NG	Y	Y
4	Good	G	G	G	G	Y	Y
5	No good	NG	NG	NG	NG	Y	Y
6	Good	G	G	G	G	Y	Y
7	Good	G	G	G	G	Y	Y
8	Good	G	G	G	G	Y	Y
9	No good	NG	NG	NG	NG	Y	Y
10	Good	G	G	G	G	Y	Y
11	No good	NG	NG	NG	NG	Y	Y
12	No good	NG	NG	NG	NG	Y	Y
13	Good	G	G	G	G	Y	Y
14	Good	G	G	G	G	Y	Y
15	No good	NG	NG	NG	NG	y	y
16	No good	NG	NG	NG	NG	Y	Y
17	Good	G	G	G	G	Y	Y
18	Good	G	G	G	G	Y	Y
19	No good	NG	NG	NG	NG	Y	Y
20	Good	G	G	G	G	Y	Y
21	No good	NG	NG	NG	NG	Y	Y
22	Good	G	G	G	G	Y	Y
23	No good	NG	NG	NG	NG	Y	Y
24	Good	G	G	G	g	Y	Y
25	No good	NG	NG	NG	NG	Y	Y
26	Good	G	G	G	G	Y	Y
27	Good	G	G	G	G	Y	Y
28	No good	NG	NG	NG	NG	Y	Y
29	Good	G	G	G	G	Y	Y
30	Good	G	G	G	G	Y	Y
% APPRAISER SCORE			100.00	%	100	%	
% SCORE VS ATTRIBUTE			100.00	%	100	%	
				SCREEN % EFFECTIVE SCORE		100.00	%
				SCREEN % EFFECTIVE SCORE VS ATTRIBUTE			100.00 %

ตารางที่ ข-10 ความสามารถในการทำซ้ำและความสามารถในการทำเหมือนของการเช็คหลอดที่มีความเรียบเนียนของเนื้อสารฟลูออเรสเซ็นต์หยาบ

Attribute Gage R&R Effectiveness

ตัวอย่างเรียบเนียนของเนื้อสีที่ผ่านการสอบเทียบ		Operater #1		Operater #2		Operators ทุกคนเหมือนกัน	Operators ทุกคนเหมือนกันและถูกต้อง
ตัวอย่าง	Attribute	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	Y/N Agree	Y/N Agree
1	No good	NG	NG	NG	NG	Y	Y
2	Good	G	G	G	G	Y	Y
3	Good	G	G	G	G	Y	Y
4	No good	NG	NG	NG	NG	Y	Y
5	Good	G	G	G	G	Y	Y
6	No good	NG	NG	NG	NG	Y	Y
7	No good	NG	NG	NG	NG	Y	Y
8	Good	G	G	G	G	Y	Y
9	Good	G	G	G	G	Y	Y
10	Good	G	G	G	G	Y	Y
11	Good	G	G	G	G	Y	Y
12	No good	NG	NG	NG	NG	Y	Y
13	No good	NG	NG	NG	NG	Y	Y
14	Good	G	G	G	G	Y	Y
15	Good	G	G	G	G	Y	Y
16	Good	G	G	G	G	Y	Y
17	No good	NG	NG	NG	NG	Y	Y
18	Good	G	G	G	G	Y	Y
19	Good	G	G	G	G	Y	Y
20	Good	G	G	G	G	Y	Y
21	No good	NG	NG	NG	NG	Y	Y
22	Good	G	G	G	G	Y	Y
23	No good	NG	NG	NG	NG	Y	Y
24	Good	G	G	G	G	Y	Y
25	No good	NG	NG	NG	NG	Y	Y
26	Good	G	G	G	G	Y	Y
27	Good	G	G	G	G	Y	Y
28	Good	G	G	G	G	Y	Y
29	No good	NG	NG	NG	NG	Y	Y
30	No good	NG	NG	NG	NG	Y	Y
% APPRAISER SCORE			100.00 %		100 %		
% SCORE VS ATTRIBUTE			100.00 %		100 %		
SCREEN % EFFECTIVE SCORE						100.00 %	
SCREEN % EFFECTIVE SCORE VS ATTRIBUTE							100.00 %

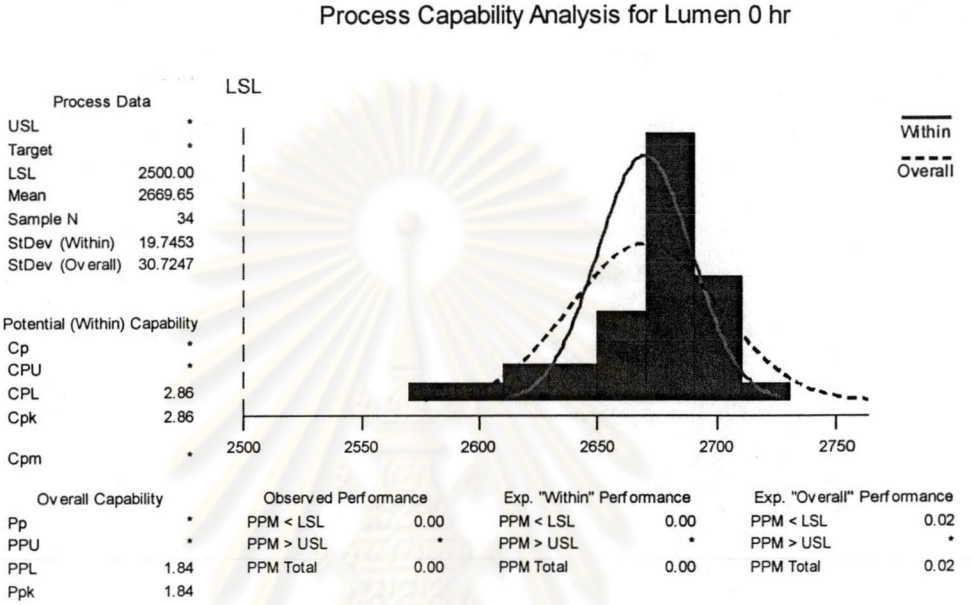
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

Analysis Phase

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ข้อมูลการวิเคราะห์ σ ของค่าความส่องสว่างของกระบวนการผลิตปัจจุบันข้อมูลการวิเคราะห์ σ ของค่าความส่องสว่างที่อายุหลอด 0 ชั่วโมงในกระบวนการผลิตปัจจุบัน (เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2546) สามารถดูได้จากภาคแผนก ค โดยใช้โปรแกรม Minitab ดังตารางที่ ค-1



รูปที่ ค-1 แสดงผลการวเคราะห์หา σ ของค่าความส่องสว่างของกระบวนการผลิตปัจจุบันที่ 0 ชั่วโมง

σ ของค่าความส่องสว่างที่อายุหลอด 0 ชั่วโมงในกระบวนการผลิตปัจจุบัน (เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2546) เท่ากับ 30.72 ดังนั้นนำค่า σ ของค่าความส่องสว่างที่มากที่สุดนำไปคำนวณจำนวนตัวอย่างดังตารางที่ ค-1 และ ค-2

ตารางที่ ค-1 การคำนวณหาจำนวนตัวอย่าง (Sample size)ของ ของ Coating weight /Flu-powder suppliers จากโปรแกรม Minitab สามารถทำได้ดังนี้

Stat > Power and Sample >One-way ANOVA

Power and Sample Size ของ Coating weight /Flu-powder suppliers

```
One-way ANOVA

Sigma = 31  Alpha = 0.05  Number of Levels = 5

          Sample  Target  Actual  Maximum
SS Means    Size   Power   Power  Difference
    1922       7  0.8000  0.8011  62
```

ตารางที่ ค-2 การคำนวณหาจำนวนตัวอย่าง (Sample size) ของ Burning time before measuring และ Measuring time จากโปรแกรม Minitab สามารถทำได้ดังนี้

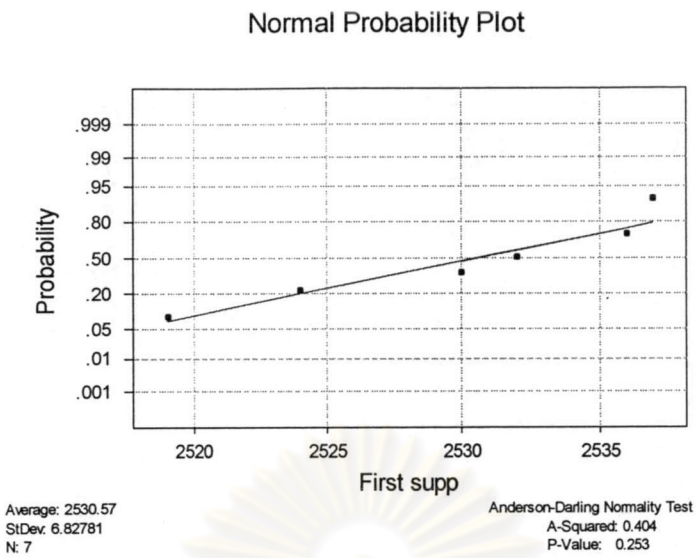
Power and Sample Size ของ Burning time before measuring และ Measuring time

```
2-Sample t Test

Testing mean 1 = mean 2 (versus not =)
Calculating power for mean 1 = mean 2 + difference
Alpha = 0.05  Sigma = 31

            Sample  Target  Actual
Difference    Size   Power   Power
        62       6  0.8000  0.8764
```

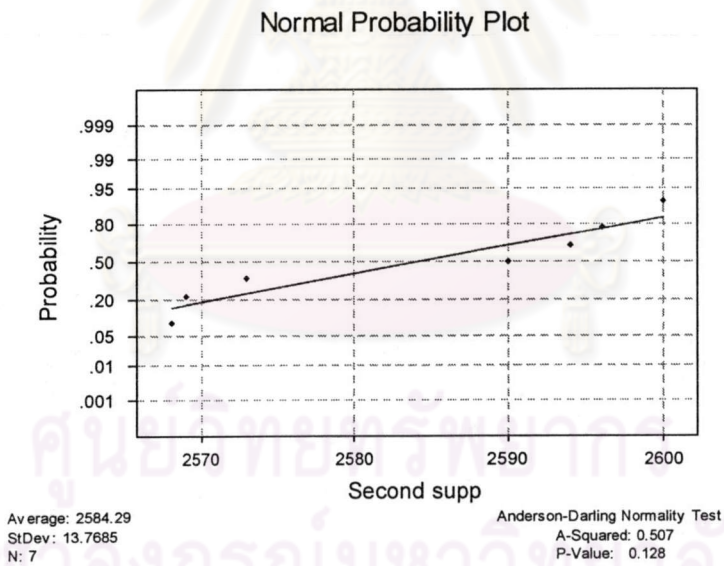
- ทำการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Test) ของน้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์/คุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์(Coating weight /Flu-

powder suppliers)

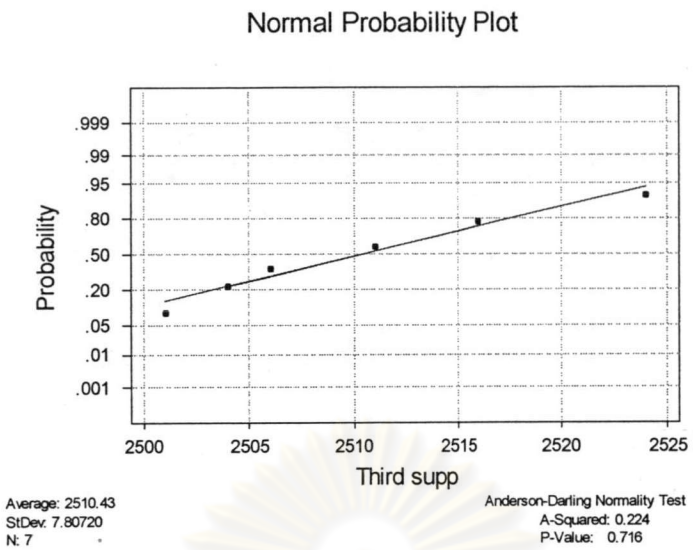
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



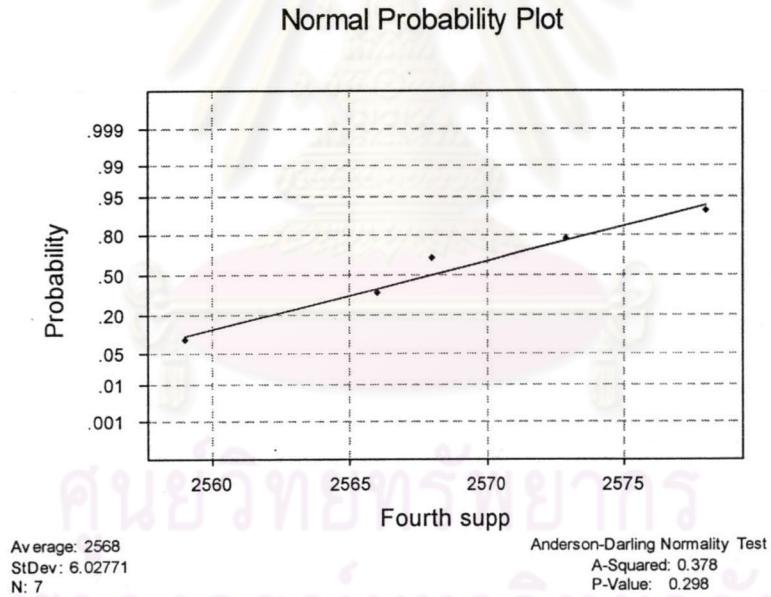
รูปที่ ค-2 การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล (Normality test) ของสารฟลูออเรสเซ็นต์ของคุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์รายที่ 1



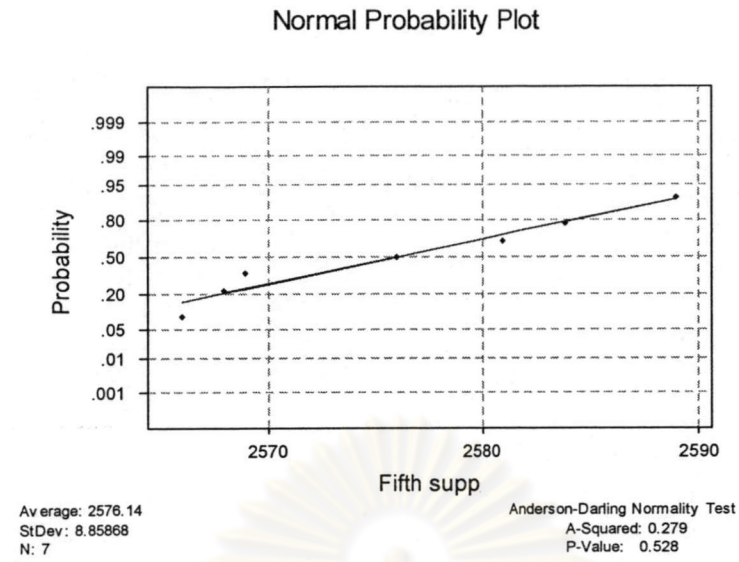
รูปที่ ค-3 การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล (Normality test) ของสารฟลูออเรสเซ็นต์ของคุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์รายที่ 2



รูปที่ ค-4 การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล (Normality test) ของสารฟลูออเรสเซ็นต์ของคุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์รายที่ 3

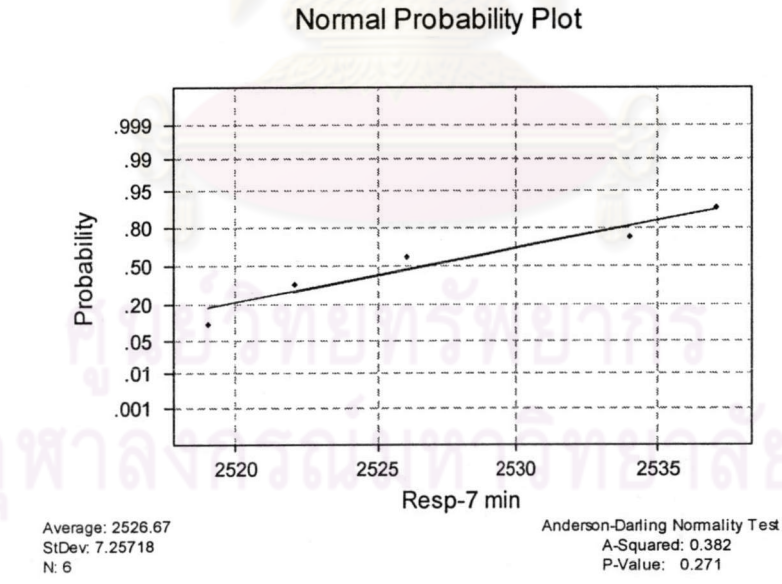


รูปที่ ค-5 การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล (Normality test) ของสารฟลูออเรสเซ็นต์ของคุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์รายที่ 4

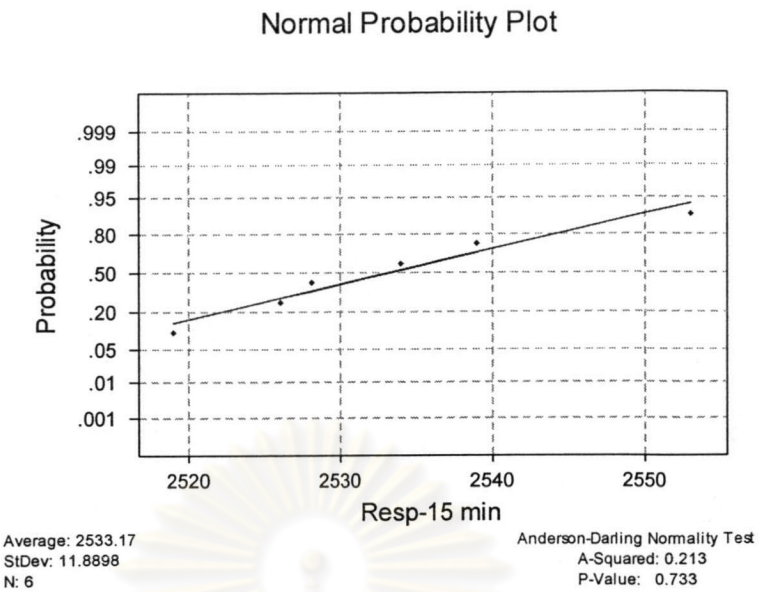


รูปที่ ค-6 การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล (Normality test) ของสารฟลูออเรสเซ็นต์ของคุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์รายที่ 5

- ทำการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis · Test) ของเวลาอุ่นหลอดก่อนวัด (Burning time before measurement)ว่ามีผลต่อค่าความส่องสว่าง ดังรูปที่ ค-7 และรูปที่ ค-8

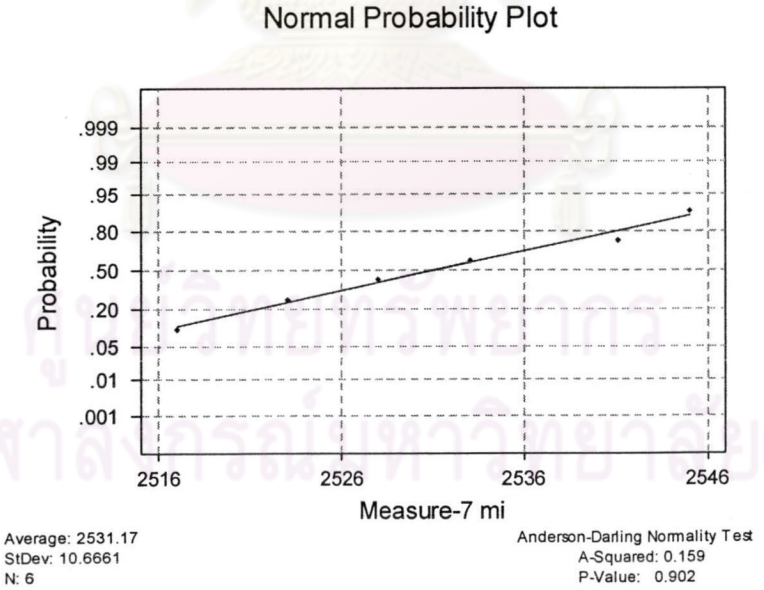


รูปที่ ค-7 การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล (Normality test) ของเวลาการอุ่นหลอด 7 นาที

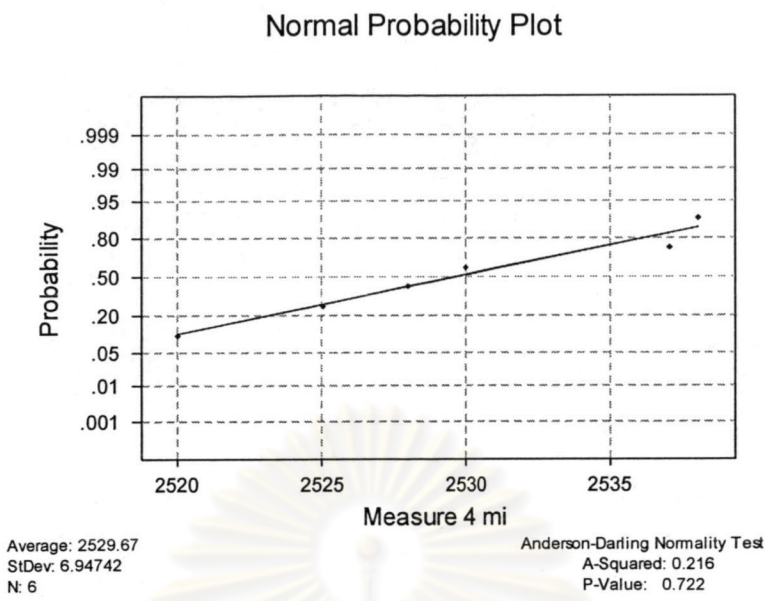


รูปที่ ค-8 การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล (Normality test) ของเวลาการอุ่นหลอด 15 นาที

- การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Test) ของเวลาที่ใช้วัดหลอด(Measuring time) ว่ามีผลต่อค่าความส่องสว่าง ดังรูปที่ ค-9 และรูปที่ ค-10



รูปที่ ค-9 การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล (Normality test) ของเวลาที่ใช้วัดหลอด 7 นาที



รูปที่ ค-10 การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล (Normality test) ของเวลาที่ใช้วัดหลอด 4 นาที

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

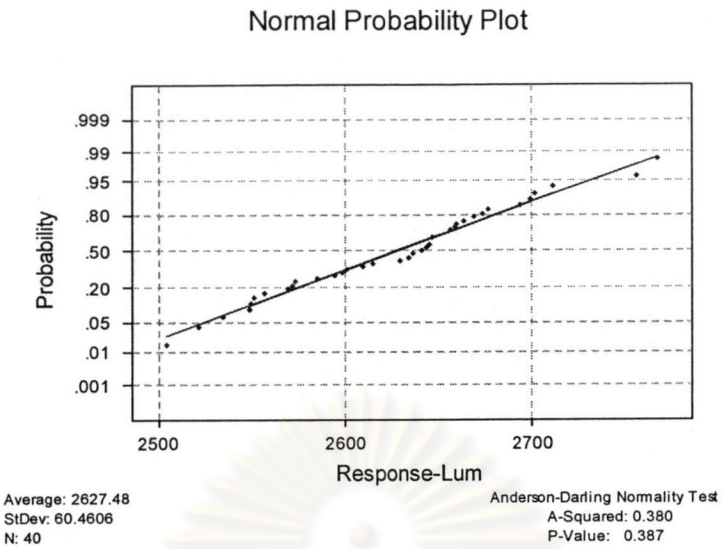
Improvement Phase

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-1 การป้อนค่าความส่องสว่างที่ 0 ชั่วโมงในโปรแกรม Minitab ของการทำการทดลองตามลำดับการทดลองร่วมปัจจัยแบบสุ่ม

StdOrder	RunOrder	Blocks	Suppliers	Coating weight	Response-Lumen 0 hr
8	1	1	2	4	2754
1	2	1	1	1	2548
13	3	1	4	1	2571
18	4	1	5	2	2646
6	5	1	2	2	2673
2	6	1	1	2	2600
20	7	1	5	4	2693
4	8	1	1	4	2646
17	9	1	5	1	2549
3	10	1	1	3	2636
5	11	1	2	1	2584
19	12	1	5	3	2676
10	13	1	3	2	2551
11	14	1	3	3	2643
12	15	1	3	4	2659
16	16	1	4	4	2645
14	17	1	4	2	2609
9	18	1	3	1	2504
7	19	1	2	3	2699
15	20	1	4	3	2629
21	21	2	1	1	2534
29	22	2	3	1	2521
28	23	2	2	4	2765
37	24	2	5	1	2556
23	25	2	1	3	2646
22	26	2	1	2	2614
33	27	2	4	1	2573
38	28	2	5	2	2656
24	29	2	1	4	2641
25	30	2	2	1	2594
31	31	2	3	3	2636
32	32	2	3	4	2658
35	33	2	4	3	2634
34	34	2	4	2	2598
36	35	2	4	4	2646
27	36	2	2	3	2711
30	37	2	3	2	2569
40	38	2	5	4	2701
39	39	2	5	3	2663
26	40	2	2	2	2668

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ง-1 ผลการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลโดยโปรแกรม Minitab

จากรูป พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวเป็นแบบนอร์มอล(ดูได้จากค่า P-Value $\geq$ 0.05) แสดงว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งทำให้สามารถนำข้อมูลนี้มาใช้ในการทดสอบความเพียงพอของแบบจำลอง(Model Adequacy) ต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ ง-1 นำไปทำการทดสอบความเพียงพอของแบบจำลอง(Model Adequacy)

1)ทำการทดสอบความเป็นปกติของส่วนตกค้างเพื่อเช็คว่าส่วนตกค้างมีการแจกแจงเป็นปกติหรือไม่

2)การพล็อตส่วนตกค้างตามลำดับการเก็บข้อมูลเพื่อเช็คว่าความอิสระของส่วนตกค้างถูกระเมิดหรือไม่

3)การพล็อตส่วนตกค้างกับค่าที่ถูกฟิตเพื่อเช็คว่าส่วนตกค้างมีการกระจายแบบอิสระทั้งสองข้างรอบศูนย์หรือไม่

ตารางที่ ง-2 การป้อนข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบความเพียงพอของแบบจำลองโดยโปรแกรม Minitab

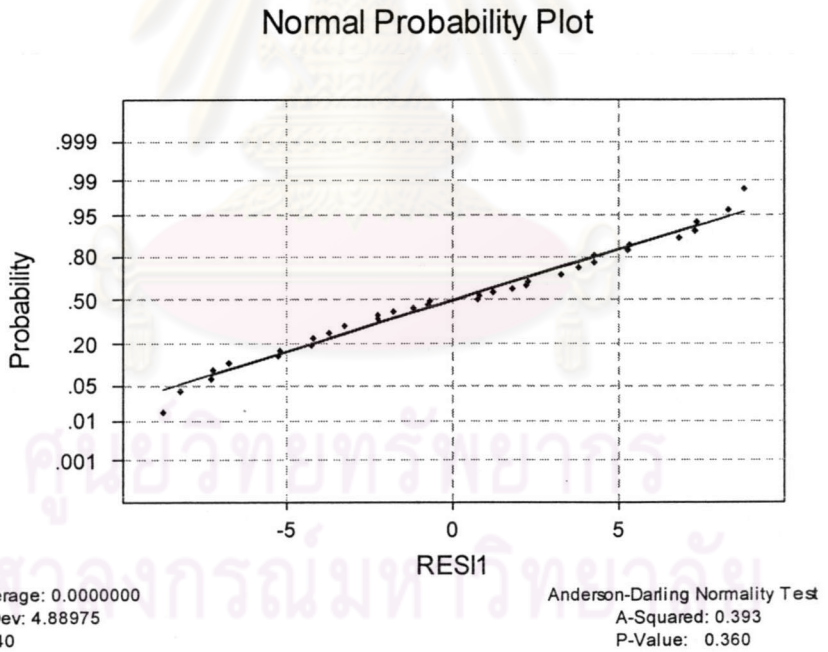
StdOrder	RunOrder	Blocks	Suppliers	Coating weight	Response-Lumen 0 hr	CenterPt	FITS1	RESI1
8	1	1	2	4	2754	1	2757.78	-3.775
1	2	1	1	1	2548	1	2539.27	8.725
13	3	1	4	1	2571	1	2570.27	0.725
18	4	1	5	2	2646	1	2649.28	-3.275
6	5	1	2	2	2673	1	2668.78	4.225
2	6	1	1	2	2600	1	2605.28	-5.275
20	7	1	5	4	2693	1	2695.27	-2.275
4	8	1	1	4	2646	1	2641.78	4.225
17	9	1	5	1	2549	1	2550.78	-1.775
3	10	1	1	3	2636	1	2639.28	-3.275
5	11	1	2	1	2584	1	2587.27	-3.275
19	12	1	5	3	2676	1	2667.77	8.225
10	13	1	3	2	2551	1	2558.28	-7.275
11	14	1	3	3	2643	1	2637.78	5.225
12	15	1	3	4	2659	1	2656.78	2.225
16	16	1	4	4	2645	1	2643.78	1.225
14	17	1	4	2	2609	1	2601.78	7.225
9	18	1	3	1	2504	1	2510.77	-6.775
7	19	1	2	3	2699	1	2703.28	-4.275
15	20	1	4	3	2629	1	2629.78	-0.775
21	21	2	1	1	2534	1	2542.72	-8.725
29	22	2	3	1	2521	1	2514.22	6.775
28	23	2	2	4	2765	1	2761.23	3.775
37	24	2	5	1	2556	1	2554.23	1.775
23	25	2	1	3	2646	1	2642.72	3.275
22	26	2	1	2	2614	1	2608.72	5.275
33	27	2	4	1	2573	1	2573.72	-0.725
38	28	2	5	2	2656	1	2652.72	3.275
24	29	2	1	4	2641	1	2645.23	-4.225
25	30	2	2	1	2594	1	2590.72	3.275
31	31	2	3	3	2636	1	2641.22	-5.225
32	32	2	3	4	2658	1	2660.22	-2.225
35	33	2	4	3	2634	1	2633.22	0.775
34	34	2	4	2	2598	1	2605.22	-7.225
36	35	2	4	4	2646	1	2647.23	-1.225
27	36	2	2	3	2711	1	2706.72	4.275
30	37	2	3	2	2569	1	2561.73	7.275
40	38	2	5	4	2701	1	2698.72	2.275
39	39	2	5	3	2663	1	2671.22	-8.225
26	40	2	2	2	2668	1	2672.22	-4.225

จากตาราง **ง-1** พบว่าก่อนที่เราจะนำข้อสรุปจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 5.3 ไปใช้นั้น จะต้องมีการตรวจสอบข้อมูลความเพียงพอของแบบจำลองทางสถิติที่นำมาใช้เสียก่อน เครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบคือการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง(Residual analysis) ส่วนตกค้างสำหรับแบบจำลองแฟกทอเรียล 2 ปัจจัยคือ

$$\varepsilon_{ijk} = y_{ijk} - \hat{y}_{ijk}$$

จากตารางที่ ง-2 คอลัมน์ FITS1 = $\hat{y}_{ijk}$ (ค่าของ $\hat{y}_{ijk}$: ค่าที่ได้จากการแทนค่าโค้ดของคุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์ซึ่งคือ 1 2 3 4 5 และน้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์ซึ่งคือ 1 2 3 4 ลงในสมการ Regression ซึ่งเป็นสมการที่มีตัวแปรป้อนเข้าที่มีผลต่อค่าความส่องสว่างอยู่ในโมเดล) กับ RESI1(ε_{ijk}) = $y_{ijk}-\hat{y}_{ijk}$ (y_{ijk} : ค่า Response-Lumen 0 hr – ค่าในคอลัมน์ FITS1) จากนั้นนำข้อมูลในตาราง **ง-1** ไปทำการทดสอบความเป็นปกติของส่วนตกค้างและความอิสระของส่วนตกค้างโดยใช้โปรแกรม Minitab ดังรูปที่ ง-2 รูปที่ ง-3 และ รูปที่ ง-4

1) ทำการทดสอบความเป็นปกติของส่วนตกค้างเพื่อเช็คว่าส่วนตกค้างมีการแจกแจงเป็นปกติ

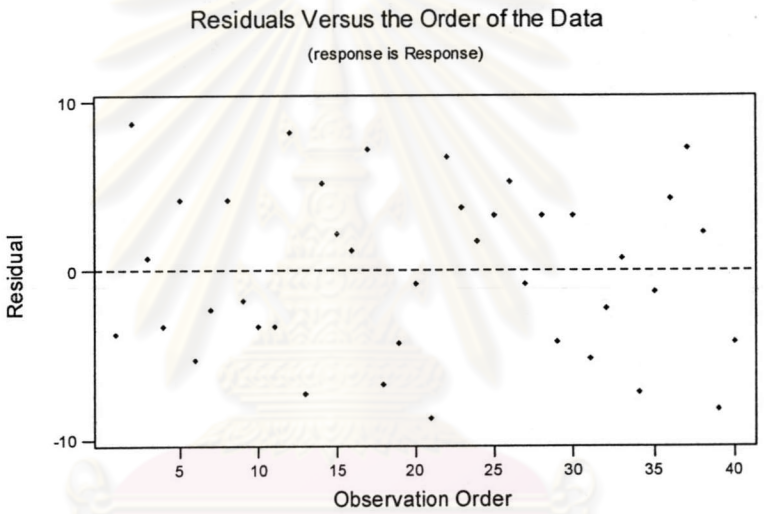


รูปที่ ง-2 ผลการทดสอบความเป็นปกติของส่วนตกค้างโดยใช้ โปรแกรม Minitab

จากรูปที่ ง-2 การทดสอบความเป็นปกติของส่วนตกค้างพบว่าส่วนตกค้างมีการแจกแจงเป็นปกติ(ดูจาก P-Value $\geq$ 0.05) ในการพล็อตกราฟส่วนตกค้าง ถ้าหากการแจกแจงของความผิดพลาดเป็นปกติรูปที่พล็อตขึ้นมานี้จะเป็นเส้นตรง จะมุ่งเน้นการมองเส้นตรงนี้ไปที่มัชฌิมของรูปมากกว่าค่าที่มีค่าสูงสุดหรือต่ำสุด

2) การพล็อตส่วนตกค้างตามลำดับการเก็บข้อมูลเพื่อเช็คว่าความอิสระของส่วนตกค้างถูกระเมิด

การพล็อตส่วนตกค้างตามลำดับของการเก็บข้อมูลมีประโยชน์มากในการตรวจจับหาความสัมพันธ์ระหว่างส่วนตกค้าง แนวโน้มที่จะพบว่าค่ารันของส่วนตกค้างที่เป็นบวกและลบบ่งว่าความเป็นอิสระถูกระเมิดหรือไม่ดังรูปที่ ง-3

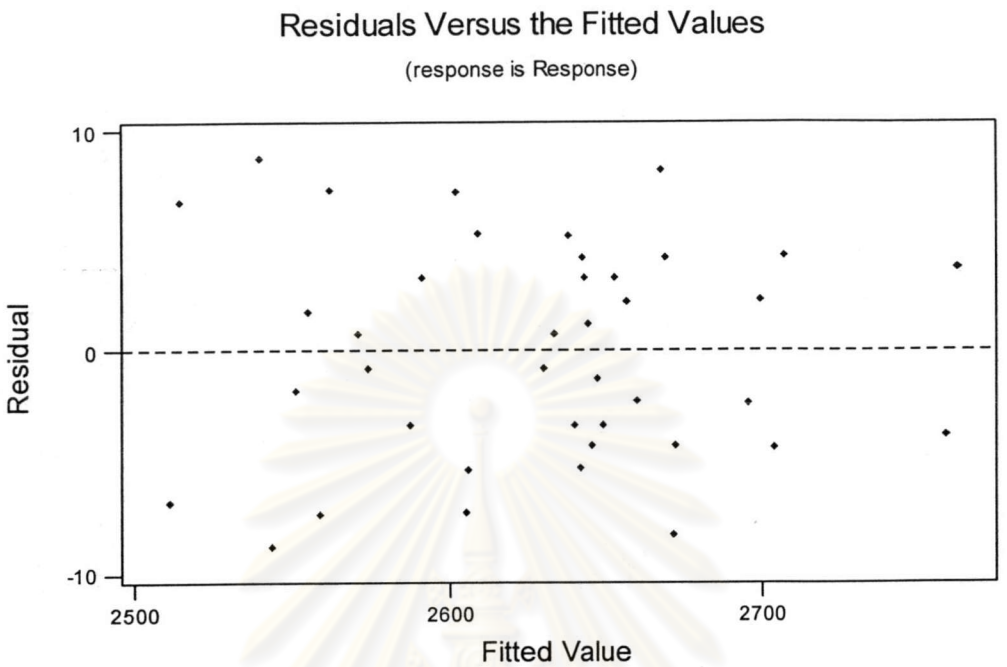


รูปที่ ง-3 ผลการพล็อตส่วนตกค้างตามลำดับการเก็บข้อมูล

จากรูปที่ ง-3 การพล็อตส่วนตกค้างตามลำดับการเก็บข้อมูลพบว่าความอิสระของส่วนตกค้างไม่ได้ถูกระเมิด ดูจากส่วนตกค้างมีกระจายเป็นอิสระ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3) การพล็อตส่วนตกค้างกับค่าที่ถูกฟิตเพื่อเช็คว่าส่วนตกค้างมีการกระจายแบบอิสระทั้งสองข้างรอบศูนย์



รูปที่ ง-4 ผลการพล็อตส่วนตกค้างกับค่าที่ถูกฟิต

จากรูปที่ ง-4 พบว่าการพล็อตส่วนตกค้างกับค่าที่ถูกฟิตมีการกระจายแบบอิสระทั้งสองข้างรอบศูนย์และกราฟที่ได้จากการพล็อตไม่ได้มีรูปแบบหรือโครงสร้างใดๆชัดเจนมาก

ตารางที่ ง -3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าของความส่องสว่างของหลอดชนิด 36 วัตต์ ที่ 0 ชั่วโมง

One-way ANOVA: First, Second, Third, Fourth, Fifth

```
Analysis of Variance
Source     DF        SS        MS        F       P
Factor      4   19181.6    4795.4   226.20   0.000
Error       5     106.0      21.2
Total       9   19287.6

                                  Individual 95% CIs For Mean
                                  Based on Pooled StDev
Level      N      Mean     StDev  --+---------+---------+---------+----
First      2   2643.50      3.54   (-*-)
Second     2   2759.50      7.78                                 (-*-)
Third      2   2658.50      0.71       (-*-)
```

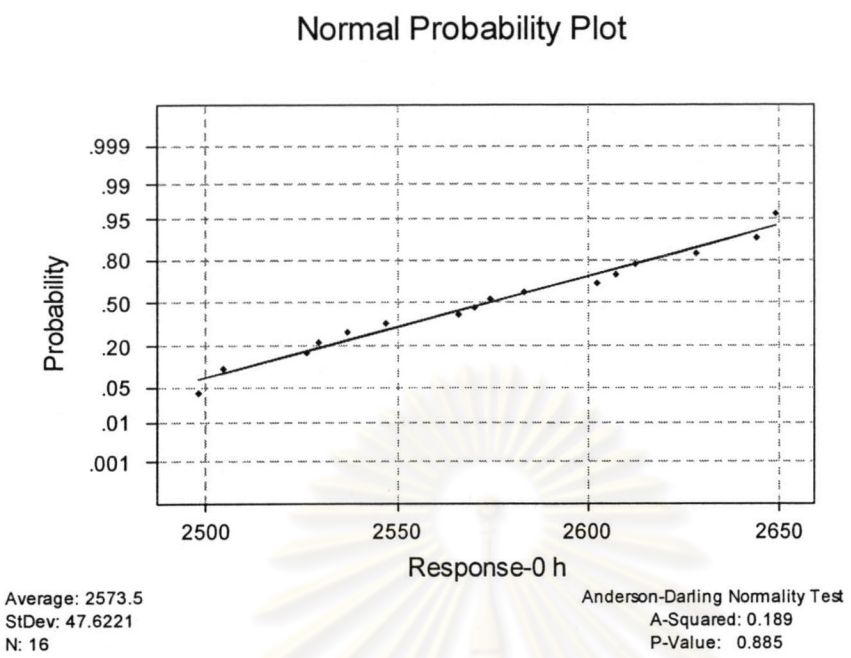
```
Fourth      2   2645.50      0.71   (-*-)
Fifth       2   2697.00      5.66                (-*-)
                                    --+---------+---------+---------+----
Pooled StDev =     4.60          2640      2680      2720      2760
```

ตารางที่ ง-4 การป้อนค่าของความส่องสว่างของหลอดชนิด 36 วัตต์ ที่ 0 ชั่วโมงของปัจจัยคุณสมบัติของสารฟลูออรเซ็นต์จากบริษัทผู้ผลิต สารรองพื้น และน้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์

StdOrder	RunOrder	Blocks	Suppliers	Precoat	Coating weight	Response-0 hr	RESI1	FITS1
2	1	1	1	1	2	2602	-1.875	2603.88
8	2	1	2	2	2	2612	-7.375	2619.38
5	3	1	2	1	1	2583	5.125	2577.88
6	4	1	2	1	2	2649	3.125	2645.88
1	5	1	1	1	1	2537	-4.375	2541.38
3	6	1	1	2	1	2504	3.625	2500.38
4	7	1	1	2	2	2570	2.625	2567.38
7	8	1	2	2	1	2526	-0.875	2526.88
9	9	2	1	1	1	2547	4.375	2542.63
13	10	2	2	1	1	2574	-5.125	2579.13
16	11	2	2	2	2	2628	7.375	2620.63
14	12	2	2	1	2	2644	-3.125	2647.13
10	13	2	1	1	2	2607	1.875	2605.13
15	14	2	2	2	1	2529	0.875	2528.13
11	15	2	1	2	1	2498	-3.625	2501.63
12	16	2	1	2	2	2566	-2.625	2568.63

มูลจากตารางที่ ง-4 นำไปข้อมูลไปทดลองความเป็นปกติของข้อมูลตามรูปที่ ง-5 และจากนั้นจึงทำการทดสอบความเพียงพอของแบบจำลองโดยโปรแกรม Minitab ด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



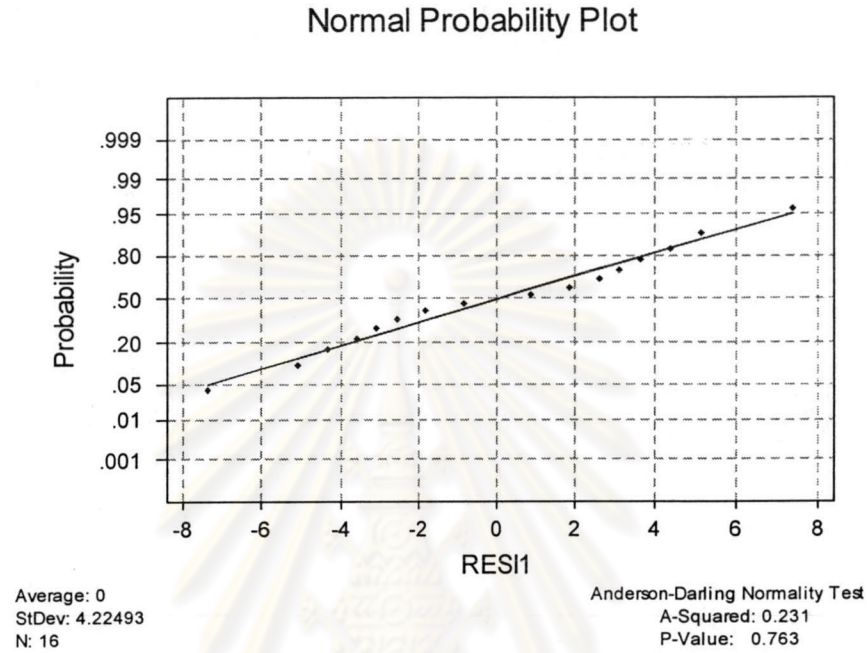
รูปที่ ง-5 ผลการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลโดยโปรแกรม Minitab

จากรูปพบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวเป็นแบบนอร์มอล(ดูได้จากค่า P-Value $\geq$ 0.05) เมื่อข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีการกระจายตัวแบบนอร์มอลก็นำไปวิเคราะห์หาความความแปรปรวน ดังตารางที่ 5.11 แต่ก่อนที่จะนำการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 5.11 ไปใช้นั้นต้องทำการทดสอบความเพียงพอของแบบจำลองก่อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ ง-4 นำมาทำการทดลองการทดสอบความเพียงพอของแบบจำลอง (Model Adequacy)

1) ทำการทดสอบความเป็นปกติของส่วนตกค้างเพื่อเช็คว่าส่วนตกค้างมีการแจกแจงเป็นปกติ

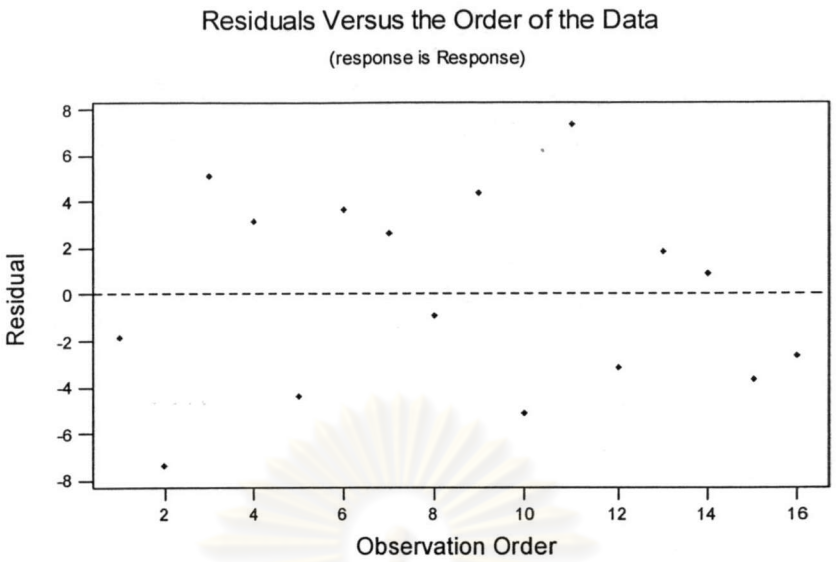


รูปที่ ง-6 ผลการทดสอบความเป็นปกติของส่วนตกค้างโดยใช้ โปรแกรม Minitab

จากรูปที่ ง-6 ผลการทดสอบความเป็นปกติของส่วนตกค้างพบว่าส่วนตกค้างมีการแจกแจงเป็นปกติ(ดูจาก P-Value $\geq$ 0.05) ในการพล็อตกราฟส่วนตกค้าง ถ้าหากการแจกแจงของความผิดพลาดเป็นปกติรูปที่พล็อตขึ้นมานี้จะเป็นเส้นตรง จะมุ่งเน้นการมองเส้นตรงนี้ไปที่มัชฌิมของรูปมากกว่าค่าที่มีค่าสูงสุดหรือต่ำสุด

2) การพล็อตส่วนตกค้างตามลำดับการเก็บข้อมูลเพื่อเช็คว่าความอิสระของส่วนตกค้างถูกระเมิด

การพล็อตส่วนตกค้างตามลำดับของการเก็บข้อมูลมีประโยชน์มากในการตรวจจับหาความสัมพันธ์ระหว่างส่วนตกค้าง แนวโน้มที่จะพบว่าค่ารันของส่วนตกค้างที่เป็นบวกและลบบ่งว่าความเป็นอิสระถูกระเมิดหรือไม่ดังรูปที่ ง-7

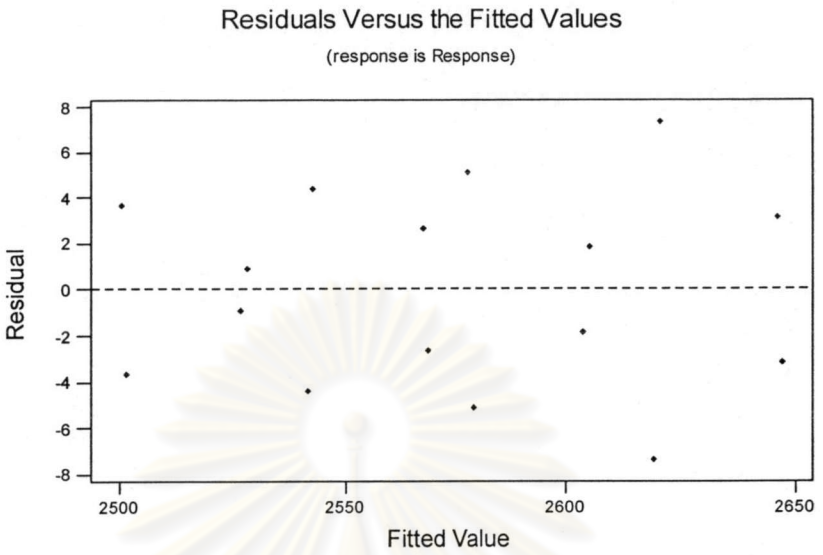


รูปที่ ง-7 ผลการพล็อตส่วนตกค้างตามลำดับการเก็บข้อมูล

จากรูปที่ ง-7 ผลการพล็อตส่วนตกค้างตามลำดับการเก็บข้อมูลพบว่าความอิสระของส่วนตกค้างไม่ได้ถูกระเมิด ดูจากส่วนตกค้างมีกระจายเป็นอิสระ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3) การพล็อตส่วนตกค้างกับค่าที่ถูกฟิตเพื่อเช็คว่าส่วนตกค้างมีการกระจายแบบอิสระทั้งสองข้างรอบศูนย์



รูปที่ ง-8 ผลการพล็อตส่วนตกค้างกับค่าที่ถูกฟิต

จากรูปที่ ง-8 พบว่าการพล็อตส่วนตกค้างกับค่าที่ถูกฟิตมีการกระจายแบบอิสระทั้งสองข้างรอบศูนย์และกราฟที่ได้จากการพล็อตไม่ได้มีรูปแบบหรือโครงสร้างใดๆชัดเจนมาก

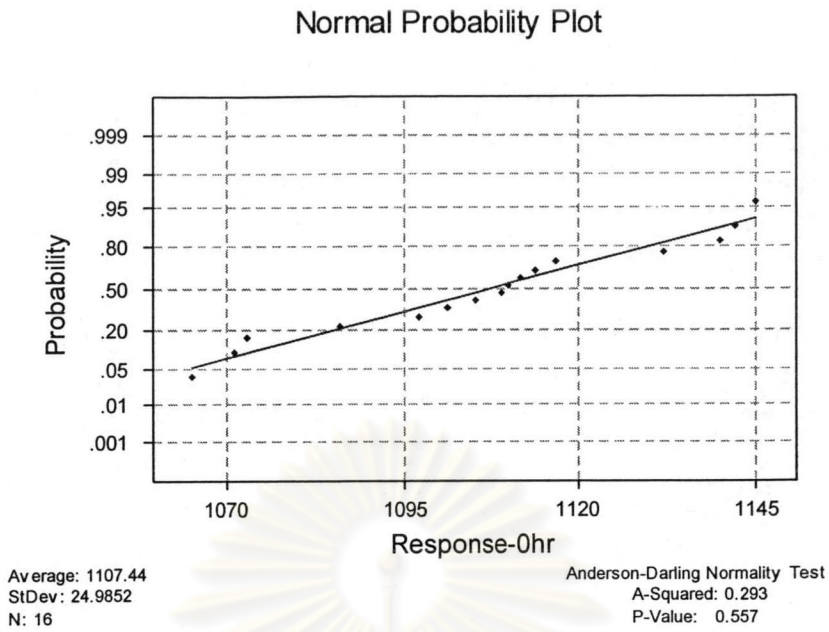
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-5 ผลของค่าความส่องสว่างของหลอดขนิด 18 วัตต์ ที่ 0 ชั่วโมงของปัจจัยคุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์จากบริษัทผู้ผลิต และน้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์

StdOrder	RunOrder	Blocks	Suppliers	Coating weight	Response-0hr	RESI1	FITS1
16	1	2	2	4	1145	3.9375	1141.06
15	2	2	2	3	1132	-3.5625	1135.56
11	3	2	1	3	1117	3.9375	1113.06
9	4	2	1	1	1065	-1.5625	1066.56
12	5	2	1	4	1110	-0.5625	1110.56
14	6	2	2	2	1105	-0.5625	1105.56
13	7	2	2	1	1073	-5.0625	1078.06
10	8	2	1	2	1101	3.4375	1097.56
8	9	1	2	4	1140	-3.9375	1143.94
3	10	1	1	3	1112	-3.9375	1115.94
7	11	1	2	3	1142	3.5625	1138.44
4	12	1	1	4	1114	0.5625	1113.44
2	13	1	1	2	1097	-3.4375	1100.44
1	14	1	1	1	1071	1.5625	1069.44
6	15	1	2	2	1109	0.5625	1108.44
5	16	1	2	1	1086	5.0625	1080.94

ข้อมูลจากตารางที่ ง-5 นำไปข้อมูลไปทดลองความเป็นปกติของข้อมูลตามรูปที่ ง-9 และจากนั้นจึงทำการทดสอบความเพียงพอของแบบจำลองโดยโปรแกรม Minitab ด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



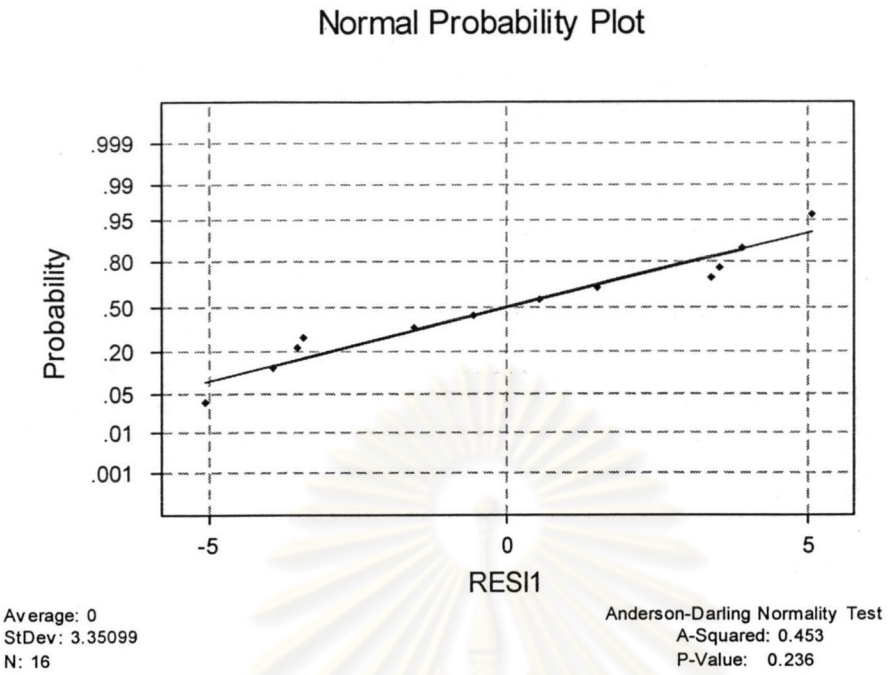
รูปที่ ง-9 ผลการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลโดยโปรแกรม Minitab

จากรูปที่ ง-9 พบว่า ข้อมูลมีการกระจายตัวเป็นแบบนอร์มอล(ดูได้จากค่า P-Value $\geq$ 0.05) เมื่อข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีการกระจายตัวแบบนอร์มอลก็นำไปวิเคราะห์หาความความแปรปรวนดังตารางที่ 5.14 แต่ก่อนที่จะนำการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 5.16 ไปใช้นั้นต้องทำการทดสอบความเพียงพอของแบบจำลองก่อน

จากตารางที่ ง-4 แสดงการทดสอบความเพียงพอของแบบจำลอง(Model Adequacy) ได้ดังนี้

1) ทำการทดสอบความเป็นปกติของส่วนตกค้างเพื่อเช็คว่าส่วนตกค้างมีการแจกแจงเป็นปกติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

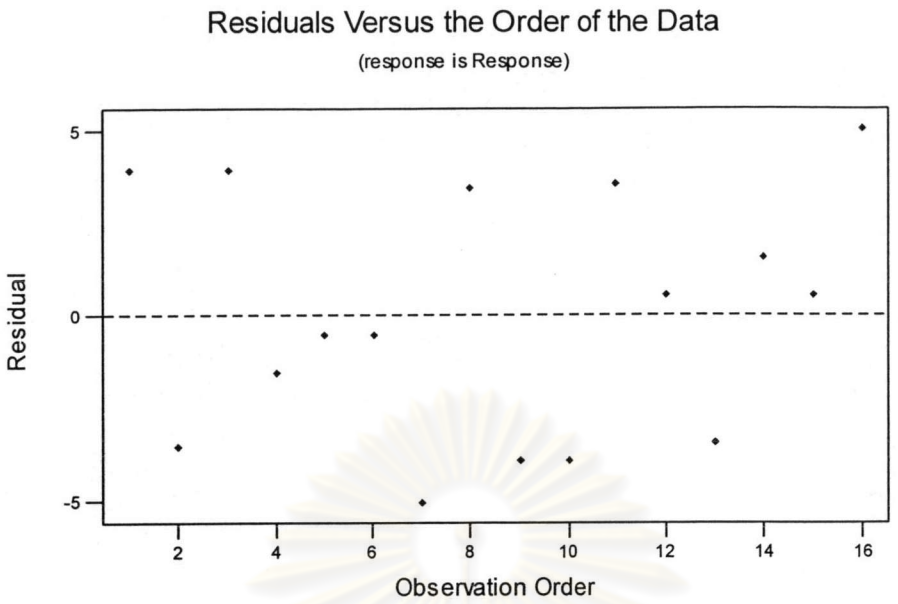


รูปที่ ง-10 ผลการทดสอบความเป็นปกติของส่วนตกค้างโดยใช้ โปรแกรม Minitab

จากรูปที่ ง-10 การทดสอบความเป็นปกติของส่วนตกค้างพบว่าส่วนตกค้างมีการแจกแจงเป็นปกติ(ดูจาก P-Value $\geq$ 0.05) ในการพล็อตกราฟส่วนตกค้าง ถ้าหากการแจกแจงของความผิดพลาดเป็นปกติรูปที่พล็อตขึ้นมานี้จะเป็นเส้นตรง จะมุ่งเน้นการมองเส้นตรงนี้ไปที่มัชฌิมของรูปมากกว่าค่าที่มีค่าสูงสุดหรือต่ำสุด

2) การพล็อตส่วนตกค้างตามลำดับการเก็บข้อมูลเพื่อเช็คว่าความอิสระของส่วนตกค้างถูกระเมิด

การพล็อตส่วนตกค้างตามลำดับของการเก็บข้อมูลมีประโยชน์มากในการตรวจจับหาความสัมพันธ์ระหว่างส่วนตกค้าง แนวโน้มที่จะพบว่าค่ารันของส่วนตกค้างที่เป็นบวกและลบบ่งว่าความเป็นอิสระถูกระเมิดหรือไม่ดังรูปที่ ง-11

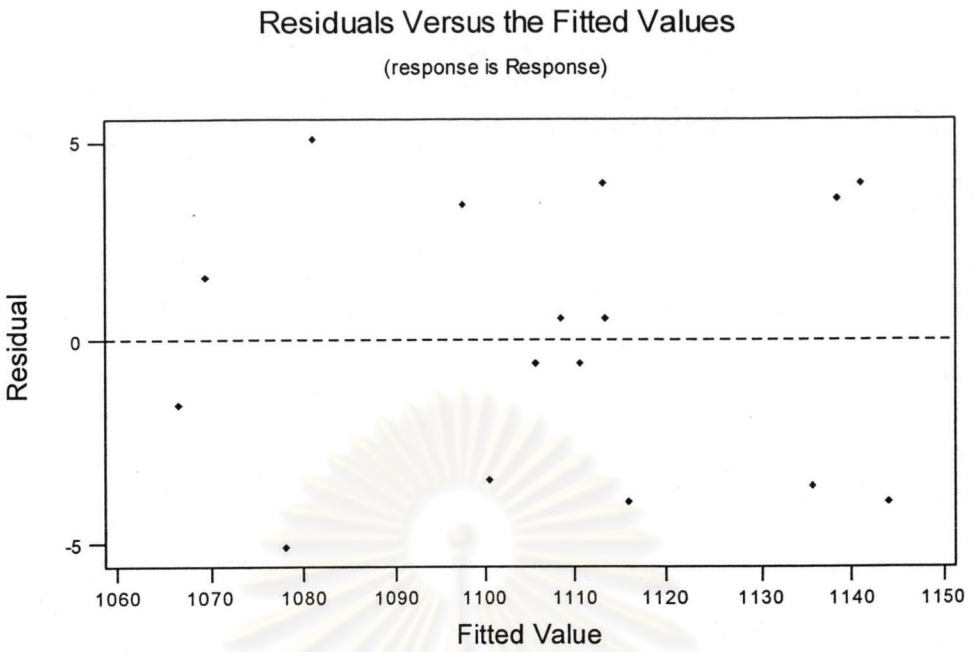


รูปที่ ง-11 ผลการพล็อตส่วนตกค้างตามลำดับการเก็บข้อมูล

จากรูปที่ ง-11 การพล็อตส่วนตกค้างตามลำดับการเก็บข้อมูลพบว่าความอิสระของส่วนตกค้างไม่ได้ถูกระเมิด ดูจากส่วนตกค้างมีกระจายเป็นอิสระ

2) การพล็อตส่วนตกค้างกับค่าที่ถูกฟิตเพื่อเช็คว่าส่วนตกค้างมีการกระจายแบบอิสระทั้งสองข้างรอบศูนย์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ง-12 ผลการพล็อตส่วนตกค้างกับค่าที่ถูกฟิต

จากรูปที่ ง-12 พบว่าการพล็อตส่วนตกค้างกับค่าที่ถูกฟิตมีการกระจายแบบอิสระทั้งสองข้างรอบศูนย์และกราฟที่ได้จากการพล็อตไม่ได้มีรูปแบบหรือโครงสร้างใดๆชัดเจนมาก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาววิมลวรรณ กาญจนวนิชกุล เกิดวันที่ 20 กรกฎาคม พ.ศ. 2515 ที่จังหวัดตรัง สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ในปีการศึกษา 2538 และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโทหลักสูตรนอกเวลาราชการในภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีพ.ศ. 2544

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย