การพัฒนาซอฟต์แวร์ควบคุมกระบวนการเชิงสถิติแบบออนไลน์สำหรับการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

นายวรมัน โบราณินทร์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2552

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF ONLINE STATISTICAL PROCESS CONTROL SOFTWARE FOR HARD DISK DRIVE MANUFACTURING

Mr. Voraman Boranintr

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering
Department of Industrial Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2009

Copyright of Chulalongkorn University

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาซอฟต์แวร์ควบคุมกระบวนการเชิงสถิติแบบออนไลน์สำหรับการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์
โดย	นายวรมัน โบราณินทร์
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ จรูญ มหิทธาฟองกุล)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วรมัน โบราณินทร์ : การพัฒนาซอฟแวร์ควบคุมกระบวนการเชิงสถิติแบบออนไลน์สำหรับการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์. (DEVELOPMENT OF ONLINE STATISTICAL PROCESS CONTROL SOFTWARE FOR HARD DISK DRIVE MANUFACTURING) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ.ดร.สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ, 154 หน้า.

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการพัฒนาซอฟต์แวร์ในการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติแบบออนไลน์ (Online Statistical Process Control Software) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาซอฟต์แวร์ในการควบคุมกระบวนการผลิตแบบออนไลน์สำหรับการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ที่สามารถชี้บ่งสถานะในการผลิตและทำให้ผู้ปฏิบัติงานตอบสนองต่อสถานะนั้นได้อย่างทันท่วงที และสามารถเก็บข้อมูลในรูปแบบฐานข้อมูลเพื่อความสะดวกในการเรียกใช้หรือจัดทำรายงาน

โปรแกรมนี้ครอบคลุมการสร้างและใช้งาน แผนภูมิควบคุม 3 ชนิดได้แก่ แผนภูมิควบคุม Xbar-R , แผนภูมิควบคุม I-MR และ แผนภูมิควบคุม Modified Xbar-R โดยสามารถใช้งานแผนภูมิควบคุมเหล่านี้ในแบบทันท่วงที (Real-time) ซึ่งค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่วัดได้จะถูกส่งผ่านสายสัญญาณมายังโปรแกรมที่จะทำการแจ้งเตือนทันทีที่เกิดความผิดปกติขึ้นตามกฎของแผนภูมิควบคุมนั้นๆ โดยสามารถตรวจสอบกระบวนการพร้อมกันได้สูงสุด 6 พารามิเตอร์

นอกจากนี้โปรแกรมยังมีส่วนการทำงานที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยทั่วไป ซึ่งมีฟังก์ชันต่างๆดังนี้ 1) ฟังก์ชันในการคำนวณค่าสถิติทั่วไป 2) ฟังก์ชันในการสร้างกราฟ 5 ชนิด คือ อินดิวิดวลพลอต , บ็อคพลอต , ฮิสโทแกรม , แผนภาพการกระจาย , แผนภาพพาเรโต 3) ฟังก์ชันในการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล 4) ฟังก์ชันในการทดสอบสมมุติฐานทางสถิติ โดยโปรแกรมนี้จะช่วยลดของเสียที่เกิดจากการผลิต เนื่องจากมีการทำงานที่เป็นแบบทันท่วงที จึงสามารถรับรู้ถึงแนวโน้มและสถานะของระบบการผลิต เพื่อทำการปรับปรุงแก้ไขได้ทันเวลาก่อนจะเกิดของเสียขึ้น และยังช่วยลดเวลาและลดความผิดพลาดในการบันทึกข้อมูลเนื่องจากโปรแกรมสามารถรับข้อมูลจากเครื่องวัดได้แบบออนไลน์ นอกจากนี้โปรแกรมยังสามารถเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูล MySQL เพื่อความสะดวกในการเรียกใช้และจัดทำรายงานในอนาคตอีกด้วย โดยจากการนำไปติดตั้งใช้งานจริงในโรงงานกรณีศึกษา สามารถลดเวลาในการทำงานได้ 73%

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต วรมัน โบราณินทร์

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ปีการศึกษา 2552

507 04295 21 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORDS : STATISTICAL PROCESS CONTROL / CONTROL CHART / REAL-TIME

VORAMAN BORANINTR : DEVELOPMENT OF ONLINE STATISTICAL PROCESS CONTROL SOFTWARE FOR HARD DISK DRIVE MANUFACTURING.

THESIS ADVISOR : ASST. PROF. SOMKIAT TANGJITSITCHAROEN, D.ENG,

154 pp.

This thesis explicates the development of an Online Statistical Process Control Software. The objective is to develop the software to control the production process of the hard disk drive. The software can identify the real-time production status which leads to simultaneous action of the controller and also the database collection which is available for reporting or other uses.

This program covers 3 types of control charts: 1) Xbar-R chart 2) I-MR chart and 3) Modified Xbar-R chart. It can be used in real-time situation in which parameters are sent through the cable and linked to the program. The program can immediately inform the user if there is an error on the rule of each individual control chart. In maximum, it can check up to 6 parameters simultaneously.

Moreover, the program consists of statistical function such as descriptive statistics, graphs, normality test and hypothesis tests. According to ability to work in real-time, this program can help to reduce defects from the process as users can know the trend and status of the process and take the action before the defect occurs. In addition, it reduces the time and errors in collecting data by automatic and direct data input from gage measurement to program. Furthermore, the program can record the data in MySQL database for future usages. By implementing this program to the case study plant, the operating time of process control work is reduced by 73%.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department : Industrial Engineering Student's Signature วรมัน โบรานินทร์

Field of Study : Industrial Engineering Advisor's Signature

Academic Year : 2009

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่เป็นผู้ริเริ่มงานวิจัย และคอยให้คำปรึกษาต่างๆ ด้วยดีเสมอมา ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ สำหรับคำปรึกษาภาคทฤษฎีในการควบคุมคุณภาพและแนวทางปฏิบัติในการแก้ไขปัญหาในงานวิจัย และขอขอบพระคุณ อ.อังศุมาลิน เสนจันทร์ฒิไชย สำหรับคำปรึกษาภาคทฤษฎีด้านสถิติและคำแนะนำในการพัฒนาโปรแกรม หากขาดบุคคลทั้งสามท่านนี้งานวิจัยในครั้งนี้ก็มิอาจสำเร็จได้

ขอขอบพระคุณ รศ.ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย ประธานกรรมการ ผศ.ดร.นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ กรรมการ และ รศ.จรูญ มหิทธาฟองกุล กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ พร้อมทั้งการตรวจแก้ไขข้อบกพร่องในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วง

ขอขอบคุณคณะทีมงานควบคุมคุณภาพจากโรงงานกรณีศึกษา ที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี รวมถึงการวิเคราะห์และแจกแจงปัญหาต่างๆ ที่ผู้วิจัยอาจมองข้ามไป ทำให้งานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญตาราง.....ฎ
สารบัญภาพ.....ฎ

บทที่ 1 บทนำ
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 2
1.4 ข้อจำกัดของการวิจัย..... 3
1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย..... 3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 4
1.7 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย..... 4

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2.1 แนวคิดและทฤษฎี..... 5
2.1.1 แผนภูมิควบคุม (Control Chart)..... 5
2.1.1.1 แผนภูมิควบคุม $\bar{x}$-R..... 6
2.1.1.2 แผนภูมิควบคุม I-MR..... 13
2.1.1.3 แผนภูมิควบคุม Modified $\bar{x}$-R..... 14
2.1.2 การวิเคราะห์สมรรถภาพกระบวนการ (Process Capability Analysis)..... 15
2.1.2.1 ดัชนีวัดสมรรถภาพของกระบวนการในระยะสั้น..... 16
2.1.2.2 ดัชนีวัดสมรรถภาพของกระบวนการในระยะยาว..... 17
2.1.2.3 อัตราส่วนชิ้นงานเสียที่ผลิต..... 18
2.1.3 ทฤษฎีทางสถิติอื่นๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์กระบวนการ..... 18
2.1.3.1 ค่าทางสถิติพื้นฐาน (Descriptive Statistics)..... 18

2.1.3.2 Individual Plot 20
2.1.3.3 Box Plot 21
2.1.3.4 Histogram 22
2.1.3.5 Plot X-Y 22
2.1.3.6 Pareto Chart 23
2.1.3.7 การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล (Normality Test) 23
2.1.3.8 การประมาณค่าแบบช่วง 25
2.1.3.9 การทดสอบสมมุติฐาน 26
2.1.4 การพัฒนาโปรแกรมบนระบบปฏิบัติการ Window ด้วย Visual C++ 27
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 28

บทที่ 3 การออกแบบและพัฒนาโปรแกรม
3.1 โครงสร้างของระบบ 34
3.2 แผนผังการทำงานของโปรแกรม 35
3.3 เอกสารการทำงานชนิดการระบุข้อมูล (Data Definition) 36
3.4 เอกสารการทำงานชนิดแผนภูมิควบคุม (Control Chart) 41
3.4.1 Initial Run 41
3.4.1.1 การใช้งานแผนภูมิ Xbar-R ในช่วง Initial Run 44
3.4.1.2 การใช้งานแผนภูมิ I-MR ในช่วง Initial Run 48
3.4.2 Mass Production Run 49
3.4.3 Revise Sampling Plan 54
3.4.4 Revise Control Limits 57
3.5 เอกสารการทำงานชนิดสถิติ (Statistics) 62
3.5.1 การคำนวณค่าสถิติพื้นฐาน 64
3.5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยกราฟ 65
3.5.2.1 อินดิวิดวลพลอต 65
3.5.2.2 บ็อคพลอต 70
3.5.2.3 ฮิสโทแกรม 74
3.5.2.4 แผนภาพการกระจาย 78
3.5.2.5 แผนภาพพาเรโต 82

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.5.3 การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล 83
3.5.4 การทดสอบสมมุติฐานทางสถิติ 84
3.5.4.1 การทดสอบสมมุติฐานค่าเฉลี่ยประชากรเดียวเมื่อตัวอย่างมีขนาดใหญ่ (1-Sample Z) 85
3.5.4.2 การทดสอบสมมุติฐานค่าเฉลี่ยประชากรเดียวเมื่อตัวอย่างมีขนาดเล็ก (1-Sample t) 86
3.5.4.3 การทดสอบสมมุติฐานผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองประชากรเมื่อสุ่มตัวอย่างเป็นอิสระกันและตัวอย่างมีขนาดเล็ก (2-Sample t) 87
3.5.4.4 การทดสอบสมมุติฐานผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองประชากรเมื่อสุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระกัน (Paired t) 88
3.5.4.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way ANOVA) 89
3.5.4.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-Way ANOVA) 90
3.5.4.7 การทดสอบสมมุติฐานค่าสัดส่วนประชากรเดียว (1 Proportion) 91
3.5.4.8 การทดสอบสมมุติฐานผลต่างระหว่างค่าสัดส่วนของสองประชากร (2 Proportions) 92
3.5.4.9 การทดสอบสมมุติฐานความแตกต่างระหว่างความแปรปรวนของสองประชากร (2 Variances) 93
3.5.5 การนำเข้าข้อมูลจากฐานข้อมูล 94
3.6 การออกแบบฐานข้อมูล 95
3.6.1 ฐานข้อมูลหลัก 96
3.6.2 ฐานข้อมูลย่อย 97

บทที่ 4 การทดสอบโปรแกรม
4.1 การทดสอบการทำงานของส่วนต่างๆ ของโปรแกรม 101
4.1.1 การทดสอบการทำงานของเอกสารการทำงานชนิดการระบุข้อมูล 101
4.1.1.1 การทดสอบการคำนวณค่าต่างๆ ในช่วง Pilot Run 101
4.1.1.2 การทดสอบการคำนวณค่าต่างๆ ในช่วง Process Evaluation Run 102
4.1.2 การทดสอบการทำงานของเอกสารการทำงานชนิดแผนภูมิควบคุม 103
4.1.2.1 การทดสอบการคำนวณแผนการสุ่มตัวอย่าง 103
4.1.2.2 การทดสอบการคำนวณค่าขีดจำกัดควบคุม 104

4.1.2.3 การทดสอบการตรวจจับความผิดปกติของกระบวนการ 104
4.1.3 การทดสอบการทำงานของเอกสารการทำงานชนิดสถิติ 107
4.1.3.1 การทดสอบการทำงานของการคำนวณค่าสถิติพื้นฐาน 108
4.1.3.2 การทดสอบการทำงานของการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยกราฟ 108
4.1.3.3 การทดสอบการทำงานของการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล 112
4.1.3.4 การทดสอบการทำงานของการทดสอบสมมุติฐาน 113
4.1.4 การทดสอบการทำงานของระบบฐานข้อมูล 120
4.1.4.1 การทดสอบการทำงานของฐานข้อมูลในเอกสารการทำงานชนิดการระบุข้อมูล 121
4.1.4.2 การทดสอบการทำงานของฐานข้อมูลในเอกสารการทำงานชนิดแผนภูมิควบคุม 121
4.1.4.3 การทดสอบการทำงานของฐานข้อมูลในเอกสารการทำงานชนิดสถิติ 122
4.2 การทดสอบการใช้งานจริงในโรงงาน 123

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ
5.1 สรุปผลการวิจัย 124
5.2 ข้อจำกัดของโปรแกรม OSPC 124
5.3 ปัญหาและอุปสรรคในงานวิจัย 125
5.4 ข้อเสนอแนะ 125

รายการอ้างอิง 127
บรรณานุกรม 129
ภาคผนวก 130
ภาคผนวก ก ข้อมูลในการทดสอบโปรแกรม 131
ภาคผนวก ข วิธีการติดตั้งโปรแกรม OSPC 143
ภาคผนวก ค แผนภาพวิธีการใช้งานโปรแกรม OSPC 146
ประวัติผู้วิจัย 154

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ค่าคงที่สำหรับคำนวณค่าขีดจำกัดควบคุม 8
ตารางที่ 2 การออกแบบตารางฐานข้อมูล “main_table” 96
ตารางที่ 3 การออกแบบตารางฐานข้อมูล “spec_table” 97
ตารางที่ 4 การออกแบบตารางฐานข้อมูล “fa_table” 98
ตารางที่ 5 การออกแบบตารางฐานข้อมูล “spc_table” 99
ตารางที่ 6 การออกแบบตารางฐานข้อมูล “parameter_table” 100
ตารางที่ 7 การทดสอบการคำนวณค่าต่างๆ ในช่วง Pilot Run 102
ตารางที่ 8 การทดสอบการคำนวณค่าต่างๆ ในช่วง Process Evaluation Run 102
ตารางที่ 9 ข้อมูลเริ่มต้นในการทดสอบการคำนวณแผนการสุ่มตัวอย่าง 103
ตารางที่ 10 การทดสอบการคำนวณแผนการสุ่มตัวอย่าง 103
ตารางที่ 11 การทดสอบการคำนวณค่าขีดจำกัดควบคุม 104
ตารางที่ 12 การทดสอบการทำงานของการคำนวณค่าสถิติพื้นฐาน 108
ตารางที่ 13 การทดสอบการทำงานของการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล 112
ตารางที่ 14 การทดสอบการทำงานของการทดสอบสมมุติฐาน 1-Sample Z 113
ตารางที่ 15 การทดสอบการทำงานของการทดสอบสมมุติฐาน 1-Sample t 114
ตารางที่ 16 การทดสอบการทำงานของการทดสอบสมมุติฐาน 2-Sample t 115
ตารางที่ 17 การทดสอบการทำงานของการทดสอบสมมุติฐาน Paired t 116
ตารางที่ 18 การทดสอบการทำงานของการทดสอบ One-Way ANOVA 117
ตารางที่ 19 การทดสอบการทำงานของการทดสอบ Two-Way ANOVA 117
ตารางที่ 20 การทดสอบการทำงานของการทดสอบสมมุติฐาน 1 Proportion 118
ตารางที่ 21 การทดสอบการทำงานของการทดสอบสมมุติฐาน 1 Proportion (Based on Normal Distribution) 118
ตารางที่ 22 การทดสอบการทำงานของการทดสอบสมมุติฐาน 2 Proportions 119
ตารางที่ 23 การทดสอบการทำงานของการทดสอบสมมุติฐาน 2 Variances 120
ตารางที่ 24 การทดสอบการทำงานของฐานข้อมูลในเอกสารการทำงานชนิดการระบุข้อมูล 121
ตารางที่ 25 การทดสอบการทำงานของฐานข้อมูลในเอกสารการทำงานชนิดแผนภูมิควบคุม 121

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 1 แผนภูมิควบคุม (Control Chart) 5
รูปที่ 2 แผนภูมิควบคุม $\bar{x}$-R 6
รูปที่ 3 ขั้นตอนการสร้างแผนภูมิควบคุม $\bar{x}$-R 9
รูปที่ 4 การแบ่งพื้นที่ของแผนภูมิควบคุม 10
รูปที่ 5 แสดงตัวอย่างกฎข้อที่ 1 10
รูปที่ 6 แสดงตัวอย่างกฎข้อที่ 2 10
รูปที่ 7 แสดงตัวอย่างกฎข้อที่ 3 11
รูปที่ 8 แสดงตัวอย่างกฎข้อที่ 4 11
รูปที่ 9 แสดงตัวอย่างกฎข้อที่ 5 11
รูปที่ 10 แสดงตัวอย่างกฎข้อที่ 6 12
รูปที่ 11 แสดงตัวอย่างกฎข้อที่ 7 12
รูปที่ 12 แสดงตัวอย่างกฎข้อที่ 8 13
รูปที่ 13 แผนภูมิควบคุม I-MR 13
รูปที่ 14 แสดงความหมายของสมรรถภาพกระบวนการ 15
รูปที่ 15 Individual Plot 20
รูปที่ 16 Box Plot 21
รูปที่ 17 Histogram 22
รูปที่ 18 Plot X-Y 22
รูปที่ 19 Pareto Chart 23
รูปที่ 20 การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล 24
รูปที่ 21 โครงสร้างการทำงานของ
Real time statistical process advisor for effective quality control 28
รูปที่ 22 รูปแบบหน้าจอการทำงานของ
Real time statistical process advisor for effective quality control 29
รูปที่ 23 โครงสร้างการทำงานของระบบควบคุมกระบวนการเชิงสถิติแบบตามเวลาจริง 30
รูปที่ 24 รูปแบบหน้าจอการทำงานของระบบควบคุมกระบวนการเชิงสถิติแบบตามเวลาจริง 31
รูปที่ 25 โครงสร้างทางกายภาพของระบบ 34

รูปที่ 26 แผนผังการทำงานของโปรแกรม 36
รูปที่ 27 ขั้นตอนการทำงานในช่วง Pilot Run 37
รูปที่ 28 หน้าต่างการทำงานในช่วง Pilot Run 38
รูปที่ 29 ขั้นตอนการทำงานในช่วง Process Evaluation Run 39
รูปที่ 30 หน้าต่างการทำงานในช่วง Process Evaluation Run 40
รูปที่ 31 ขั้นตอนการทำงานในช่วง Initial Run 42
รูปที่ 32 หน้าต่าง “SPC Practice Setup” 43
รูปที่ 33 หน้าต่าง “SPC Practice Setup” ในช่วง Initial Run เมื่อเลือกแผนภูมิ Xbar-R 44
รูปที่ 34 หน้าต่าง “Calculate Sample Size and Frequency” 46
รูปที่ 35 การแสดงผลขนาดตัวอย่างและความถี่ในการสุ่มที่คำนวณได้ 46
รูปที่ 36 หน้าต่างการทำงานในช่วง Initial Run ของแผนภูมิ Xbar-R 47
รูปที่ 37 หน้าต่าง “SPC Practice Setup” ในช่วง Initial Run เมื่อเลือกแผนภูมิ I-MR 48
รูปที่ 38 หน้าต่างการทำงานในช่วง Initial Run ของแผนภูมิ I-MR 49
รูปที่ 39 ขั้นตอนการทำงานในช่วง Mass Production Run 50
รูปที่ 40 การแจ้งเตือนเมื่อข้อมูลอยู่นอกขีดจำกัดข้อกำหนด 51
รูปที่ 41 การแจ้งเตือนเมื่อเกิดจุดที่ผิดกฎของแผนภูมิควบคุม 51
รูปที่ 42 หน้าต่างแสดงรายละเอียดของกฎการตรวจจับความผิดปกติของแผนภูมิควบคุม 52
รูปที่ 43 หน้าต่าง “Gage Dialog” 52
รูปที่ 44 หน้าต่างการทำงานช่วง Mass Production Run เมื่อควบคุม 6 พารามิเตอร์พร้อมกัน 53
รูปที่ 45 ขั้นตอนการทำงานในการ Revise Sampling Plan 54
รูปที่ 46 การเรียกแผนการสุ่มตัวอย่างก่อนหน้าในการ Revise Sampling Plan 55
รูปที่ 47 การกำหนดช่วงเวลาการนำข้อมูลมาทบทวนแผนการสุ่มตัวอย่าง 56
รูปที่ 48 ขั้นตอนการทำงานในการ Revise Control Limits 57
รูปที่ 49 การกำหนดช่วงเวลาการนำข้อมูลมาทบทวนค่าขีดจำกัดควบคุม 58
รูปที่ 50 หน้าต่างเปรียบเทียบค่าขีดจำกัดควบคุมเดิมและค่าขีดจำกัดควบคุมใหม่ 59
รูปที่ 51 หน้าต่างการทำงานหลังจากการทำการทบทวนค่าขีดจำกัดควบคุม 60
รูปที่ 52 การกำหนดค่าในหน้าต่าง “SPC Practice Setup” ของแผนภูมิ Modified Xbar-R 61
รูปที่ 53 หน้าต่างการทำงานในช่วง Mass Production Run ของแผนภูมิ Modified Xbar-R 62
รูปที่ 54 หน้าต่างการทำงานของเอกสารการทำงานชนิดสถิติ 63
รูปที่ 55 เมนูการทำงานในเอกสารการทำงานชนิดสถิติ 63

รูปที่ 56 หน้าต่างเลือกคอลัมน์ของการคำนวณค่าสถิติพื้นฐาน 64
รูปที่ 57 ช่อง “Output” แสดงการคำนวณค่าสถิติพื้นฐาน 65
รูปที่ 58 หน้าต่างการเลือกรูปแบบของอินดิวิดวลพลอต 65
รูปที่ 59 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของอินดิวิดวลพลอตแบบ “One Y, simple” 66
รูปที่ 60 หน้าต่างการแสดงอินดิวิดวลพลอตแบบ “One Y, simple” 66
รูปที่ 61 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของอินดิวิดวลพลอตแบบ “One Y, with groups” 67
รูปที่ 62 หน้าต่างการแสดงอินดิวิดวลพลอตแบบ “One Y, with groups” 67
รูปที่ 63 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของอินดิวิดวลพลอตแบบ “Multiple Y’s, simple” 68
รูปที่ 64 หน้าต่างการแสดงอินดิวิดวลพลอตแบบ “Multiple Y’s, simple” 68
รูปที่ 65 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของอินดิวิดวลพลอตแบบ “Multiple Y’s, with groups” 69
รูปที่ 66 หน้าต่างการแสดงอินดิวิดวลพลอตแบบ “Multiple Y’s, with groups” 69
รูปที่ 67 หน้าต่างการเลือกรูปแบบของบ็อคพลอต 70
รูปที่ 68 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของบ็อคพลอตแบบ “One Y, simple” 70
รูปที่ 69 หน้าต่างการแสดงบ็อคพลอตแบบ “One Y, simple” 71
รูปที่ 70 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของบ็อคพลอตแบบ “One Y, with groups” 71
รูปที่ 71 หน้าต่างการแสดงบ็อคพลอตแบบ “One Y, with groups” 72
รูปที่ 72 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของบ็อคพลอตแบบ “Multiple Y’s, simple” 72
รูปที่ 73 หน้าต่างการแสดงบ็อคพลอตแบบ “Multiple Y’s, simple” 73
รูปที่ 74 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของบ็อคพลอตแบบ “Multiple Y’s, with groups” 73
รูปที่ 75 หน้าต่างการแสดงบ็อคพลอตแบบ “Multiple Y’s, with groups” 74
รูปที่ 76 หน้าต่างการเลือกรูปแบบของอิสโทแกรม 74
รูปที่ 77 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของอิสโทแกรมแบบ “Simple” 75
รูปที่ 78 หน้าต่างการแสดงอิสโทแกรมแบบ “Simple” 75
รูปที่ 79 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของอิสโทแกรมแบบ “With Fit” 76
รูปที่ 80 หน้าต่างการแสดงอิสโทแกรมแบบ “With Fit” 76
รูปที่ 81 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของอิสโทแกรมแบบ “With Fit and Groups” 77
รูปที่ 82 หน้าต่างการแสดงอิสโทแกรมแบบ “With Fit and Groups” 77
รูปที่ 83 หน้าต่างการเลือกรูปแบบของแผนภาพการกระจาย 78
รูปที่ 84 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของแผนภาพการกระจายแบบ “Simple” 78
รูปที่ 85 หน้าต่างการแสดงแผนภาพการกระจายแบบ “Simple” 79

รูปที่ 86 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของแผนภาพการกระจายแบบ “With Connect Line”..... 79
รูปที่ 87 หน้าต่างการแสดงแผนภาพการกระจายแบบ “With Connect Line” 80
รูปที่ 88 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของแผนภาพการกระจายแบบ “With Groups” 80
รูปที่ 89 หน้าต่างการแสดงแผนภาพการกระจายแบบ “With Groups”..... 81
รูปที่ 90 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของแผนภาพการกระจายแบบ “With Connect and Groups”
..... 81
รูปที่ 91 หน้าต่างการแสดงแผนภาพการกระจายแบบ “With Connect and Groups” 82
รูปที่ 92 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของแผนภาพพาเรโต 82
รูปที่ 93 หน้าต่างการแสดงแผนภาพพาเรโต 83
รูปที่ 94 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล..... 83
รูปที่ 95 หน้าต่างการแสดงผลการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล..... 84
รูปที่ 96 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของการทดสอบสมมุติฐาน 1-Sample Z 85
รูปที่ 97 หน้าต่างการแสดงผลการทดสอบสมมุติฐาน 1-Sample Z..... 85
รูปที่ 98 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของการทดสอบสมมุติฐาน 1-Sample t..... 86
รูปที่ 99 หน้าต่างการแสดงผลการทดสอบสมมุติฐาน 1-Sample t..... 86
รูปที่ 100 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของการทดสอบสมมุติฐาน 2-Sample t..... 87
รูปที่ 101 หน้าต่างการแสดงผลการทดสอบสมมุติฐาน 2-Sample t..... 87
รูปที่ 102 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของการทดสอบสมมุติฐาน Paired t..... 88
รูปที่ 103 หน้าต่างการแสดงผลการทดสอบสมมุติฐาน Paired t..... 88
รูปที่ 104 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของ One-Way ANOVA 89
รูปที่ 105 หน้าต่างการแสดงผล One-Way ANOVA..... 89
รูปที่ 106 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของ Two-Way ANOVA..... 90
รูปที่ 107 หน้าต่างการแสดงผล Two-Way ANOVA..... 90
รูปที่ 108 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของการทดสอบสมมุติฐาน 1 Proportion 91
รูปที่ 109 หน้าต่างการแสดงผลการทดสอบสมมุติฐาน 1 Proportion..... 91
รูปที่ 110 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของการทดสอบสมมุติฐาน 2 Proportions..... 92
รูปที่ 111 หน้าต่างการแสดงผลการทดสอบสมมุติฐาน 2 Proportions..... 92
รูปที่ 112 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของการทดสอบสมมุติฐาน 2 Variances 93
รูปที่ 113 หน้าต่างการแสดงผลการทดสอบสมมุติฐาน 2 Variances 93
รูปที่ 114 หน้าต่างการแสดงผลการทดสอบสมมุติฐาน 2 Variances (ต่อ) 94

รูปที่ 115 หน้าต่าง “Import Data Dialog” 94
รูปที่ 116 โครงสร้างฐานข้อมูลของโปรแกรม OSPC 95
รูปที่ 117 โครงสร้างฐานข้อมูลย่อย 97
รูปที่ 118 การทดสอบการตรวจจับความผิดปกติของกฎข้อที่ 1 105
รูปที่ 119 การทดสอบการตรวจจับความผิดปกติของกฎข้อที่ 2 105
รูปที่ 120 การทดสอบการตรวจจับความผิดปกติของกฎข้อที่ 3 105
รูปที่ 121 การทดสอบการตรวจจับความผิดปกติของกฎข้อที่ 4 106
รูปที่ 122 การทดสอบการตรวจจับความผิดปกติของกฎข้อที่ 5 106
รูปที่ 123 การทดสอบการตรวจจับความผิดปกติของกฎข้อที่ 6 106
รูปที่ 124 การทดสอบการตรวจจับความผิดปกติของกฎข้อที่ 7 107
รูปที่ 125 การทดสอบการตรวจจับความผิดปกติของกฎข้อที่ 8 107
รูปที่ 126 ตัวอย่างการทดสอบการสร้างอินดิวิดวลพลอต 109
รูปที่ 127 ตัวอย่างการทดสอบการสร้างบ็อคพลอต 109
รูปที่ 128 ตัวอย่างการทดสอบการสร้างฮิสโทแกรม 110
รูปที่ 129 ตัวอย่างการทดสอบการสร้างแผนภาพการกระจาย 111
รูปที่ 130 ตัวอย่างการทดสอบการสร้างแผนภาพพาเรโต 111
รูปที่ 131 ตัวอย่างการทดสอบการทดลองทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล 112
รูปที่ 132 การทดสอบการทำงานของฐานข้อมูลในเอกสารการทำงานชนิดสถิติ 122
รูปที่ 133 การใช้โปรแกรม OSPC ร่วมกับระบบการพยากรค่าความขรุขระของผิวชิ้นงาน..... 126

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในอนาคตอันใกล้ ระบบการผลิตจะมีการพัฒนาไปสู่ ระบบการผลิตที่มีลักษณะคล่องแคล่ว มีการตอบสนองที่รวดเร็ว ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูง รองรับการผลิตปริมาณน้อย ตอบสนองความต้องการเฉพาะราย และตระหนักในผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งระบบการผลิตที่มีคุณสมบัติดังกล่าวมานี้คือ ระบบการผลิตอัจฉริยะ (Intelligent Manufacturing System: IMS) ที่สามารถตรวจสอบ ควบคุมและปรับเปลี่ยนตัวเองได้ (สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ, 2551)

หัวใจสำคัญของระบบการผลิตอัจฉริยะคือการตรวจสอบสถานะการผลิตแบบทันท่วงที (Real-time) และปรับเปลี่ยนตอบสนองได้โดยอัตโนมัติ โดยส่วนประกอบหนึ่งในขั้นตอนการตรวจสอบคือ การควบคุมคุณภาพแบบทันท่วงที ซึ่งค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ถูกตรวจสอบจะเข้าสู่ระบบควบคุมคุณภาพในทันทีที่วัดได้ เพื่อให้สามารถรู้ถึงสถานะที่เป็นจริงของการผลิตในขณะนั้น ทำให้สามารถปรับแต่งเครื่องจักรได้อย่างทันท่วงที

จากแนวคิดนี้จึงเป็นที่มาของการพัฒนาซอฟต์แวร์ในการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติแบบออนไลน์ ที่สามารถรับค่าจากเครื่องวัดโดยตรงผ่านสายสัญญาณ RS-232 เพื่อทำการควบคุมคุณภาพแบบทันท่วงทีในระหว่างการผลิต โดยมีโรงงานผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เป็นโรงงานกรณีศึกษา

โดยโปรแกรมควบคุมกระบวนการเชิงสถิติที่โรงงานใช้อยู่นั้นต้องใช้การป้อนข้อมูลผ่านคีย์บอร์ด ไม่สามารถรับข้อมูลจากเครื่องวัดได้โดยตรง ทำให้ล่าช้าและอาจเกิดความผิดพลาดได้ และโปรแกรมยังไม่สามารถควบคุมกระบวนการแบบทันท่วงทีได้ เนื่องจากถูกออกแบบมาสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลและการสร้างแผนภูมิต่างๆแต่เพียงอย่างเดียว ซึ่งไม่สอดคล้องกับการทำงานจริงในโรงงาน โดยข้อผิดพลาดดังกล่าวต้องใช้เวลาในการตรวจสอบแก้ไข ทำให้ใช้เวลานานกว่าจะรู้ว่ามีของเสียเกิดขึ้น

ปัญหาอีกประการหนึ่งซึ่งทางโรงงานประสบคือ ในกระบวนการผลิตที่มีสมรรถภาพกระบวนการสูงนั้น การใช้แผนภูมิ Xbar-R หรือ I-MR จะทำให้ขอบเขตควบคุมที่คำนวณได้นั้นแคบมาก จึงเกิดการแจ้งเตือนความผิดของกระบวนการที่มากเกินความจำเป็น นอกจากนี้การที่ทางโรงงานไม่มีการเก็บข้อมูลในรูปแบบของฐานข้อมูล ทำให้การเรียกหาและอ้างอิงข้อมูลเป็นไปด้วยความยากลำบาก เนื่องจากจะต้องทำการเปิดไฟล์เอกสารหลายไฟล์จึงจะได้ข้อมูลครบตามต้องการ

จากปัญหาต่างๆเหล่านี้นำไปสู่การพัฒนาโปรแกรมควบคุมกระบวนการเชิงสถิติแบบออนไลน์ที่สามารถควบคุมกระบวนการได้แบบทันท่วงที และสามารถเก็บข้อมูลในรูปแบบของฐานข้อมูลได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาซอฟต์แวร์ในการควบคุมกระบวนการผลิตแบบออนไลน์สำหรับการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ที่สามารถชี้บ่งสถานะในการผลิตและทำให้ผู้ปฏิบัติงานตอบสนองต่อสถานะนั้นได้อย่างทันท่วงที และสามารถเก็บข้อมูลในรูปแบบฐานข้อมูลเพื่อความสะดวกในการเรียกใช้หรือจัดทำรายงาน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ซอฟต์แวร์ที่ทำการพัฒนามีคุณสมบัติในการใช้งานด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้

1) ครอบคลุมการสร้างและวิเคราะห์แผนภูมิควบคุมชนิดแปรผัน (Variable Control Chart) 3 แผนภูมิ ได้แก่ แผนภูมิควบคุม Xbar-R , แผนภูมิควบคุม I-MR และ แผนภูมิควบคุม Modified Xbar-R
2) สามารถคำนวณหาดัชนีวัดสมรรถภาพของกระบวนการ
3) สามารถคำนวณข้อมูลที่เป็น Taper ได้โดยอัตโนมัติ
4) สามารถวิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าสถิติพื้นฐานและด้วยกราฟ ชนิด Individual Plot , Box Plot , Histogram , Plot X-Y และ Pareto Chart
5) สามารถทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล (Normality Test)
6) สามารถทดสอบสมมุติฐานทางสถิติ ชนิด 1-Sample Z , 1-Sample t , 2-Sample t , Paired t , One-way ANOVA , Two-way ANOVA , 1 Proportion , 2 Proportions และ 2 Variances
7) ติดต่อรับข้อมูลผ่านทางคีย์บอร์ด หรือจากเครื่องวัดโดยตรงผ่านสาย RS-232
8) สามารถจัดเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูลได้
9) ทดสอบใช้งานในการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.4 ข้อจำกัดของการวิจัย

โรงงานกรณีศึกษาในการพัฒนาโปรแกรมนี้คือโรงงานผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ซึ่งใช้การควบคุมกระบวนการเชิงสถิติในการการควบคุมคุณภาพ โดยโรงงานมีข้อจำกัดในการใช้ขนาดตัวอย่างที่ไม่เกิน 10 ตัวอย่างต่อการสุ่มตัวอย่างหนึ่งครั้ง จึงใช้แผนภูมิ Xbar-R และ แผนภูมิ I-MR ในการควบคุมคุณภาพระหว่างผลิต

1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

- **Pilot Run** หมายถึง ขั้นตอนการทดสอบสมรรถภาพกระบวนการเบื้องต้นของกระบวนการใหม่ โดยใช้ดัชนีวัดสมรรถภาพของกระบวนการ และการประมาณค่าช่วงความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยในการทดสอบ

- **Process Evaluation Run** หมายถึง ขั้นตอนการประเมินกระบวนการผลิตว่าสามารถที่จะผลิตชิ้นงานนั้นได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่ โดยใช้การทดสอบทางสถิติในการตัดสินใจว่าจะยอบรับหรือปฏิเสธสมรรถภาพของกระบวนการนั้น ก่อนที่จะทำช่วง Initial Run และ Mass Product Run ต่อไป

- **Initial Run** หมายถึง ขั้นตอนในการสร้างแผนภูมิควบคุมเพื่อใช้ในการควบคุมคุณภาพในช่วง Mass Production Run

- **Mass Production Run** หมายถึง ขั้นตอนในการใช้แผนภูมิควบคุมเพื่อควบคุมกระบวนการ

- **LT** หมายถึง Losing Time ใช้บันทึกแทนข้อมูลเมื่อในเวลานั้นไม่สามารถที่จะสุ่มชิ้นงานได้ตามแผนการสุ่มตัวอย่าง โดยจะระบุตัวเลขตามหลัง LT เพื่อแบ่งแยกประเภทของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น

- **Taper** คือพารามิเตอร์ที่ได้จากการคำนวณผลต่างของพารามิเตอร์ซึ่งในที่นี้มี 2 รูปแบบได้แก่

  1. Taper = V1 - V2

  2. Taper = Max(V1,V2,V3) - Min(V1,V2,V3)

  โดย V1, V2, V3 คือพารามิเตอร์ที่เป็นส่วนหนึ่งในการคำนวณค่า Taper นั้นๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ลดของเสียจากการผลิต เนื่องจากโปรแกรมสามารถรับรู้ถึงสถานะของระบบการผลิตได้แบบทันท่วงที (Real-time) ทำให้สามารถปรับแต่งเครื่องจักรให้อยู่ในสภาวะควบคุมได้ตลอดเวลา
2) ลดความผิดพลาดในการจัดเก็บข้อมูล เพราะสามารถส่งข้อมูลผ่านเครื่องวัดได้โดยตรง
3) ลดภาระงานในการจัดทำแผนภูมิและวิเคราะห์ข้อมูล เนื่องจากโปรแกรมได้รวมฟังก์ชันต่างๆ ที่จำเป็นมาไว้ในโปรแกรมเพียงตัวเดียว
4) ลดภาระงานในการเรียกหาและอ้างอิงข้อมูล เพราะข้อมูลจะถูกเก็บลงฐานข้อมูลที่โปรแกรมสามารถติดต่อแลกเปลี่ยนข้อมูลได้เอง
5) สามารถทำการพัฒนาต่อยอดให้โปรแกรมสามารถติดต่อวัดค่าพารามิเตอร์ชิ้นงานจากเครื่องกลึงได้โดยตรง
6) เป็นแนวทางในการพัฒนาซอฟต์แวร์ทางด้านวิศวกรรมอุตสาหการ

1.7 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

1) ศึกษาปัญหาและความต้องการของโรงงาน
2) ศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
3) กำหนดขอบเขตของโครงงานวิจัย
4) ศึกษาการพัฒนาซอฟต์แวร์บนระบบปฏิบัติการ Window, การติดต่อข้อมูลผ่านทางพอร์ต RS-232 และการจัดการข้อมูลผ่านโปรแกรมฐานข้อมูล
5) ออกแบบซอฟต์แวร์และโครงสร้างฐานข้อมูล
6) เขียนโปรแกรม ทดสอบและปรับปรุงแก้ไขข้อผิดพลาด
7) ทดลองใช้งานโปรแกรมในโรงงานจริง
8) ปรับปรุงแก้ไขข้อผิดพลาดหลังการนำไปทดลองใช้งานจริง
9) สรุปและวิเคราะห์ผลงานวิจัย
10) จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

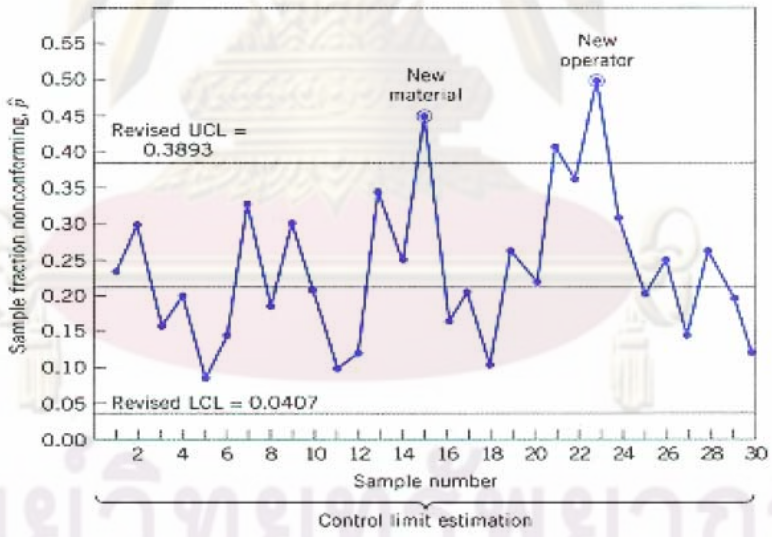
บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎี

2.1.1 แผนภูมิควบคุม (Control Chart)

(นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ, 2550) แผนภูมิควบคุมเป็นแผมภูมิที่ใช้ในการควบคุม วิเคราะห์และเฝ้าติดตามสถานะของกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งซึ่งในที่นี้คือกระบวนการผลิต มีลักษณะเป็นกราฟที่มีแกนแนวตั้งเป็นค่าที่ต้องการควบคุมและแกนแนวนอนเป็นเลขที่กลุ่มตัวอย่างที่สุ่มในแต่ละช่วงเวลา มีเส้นควบคุมสามเส้นอยู่ด้านบน กลาง และล่าง โดยเรียกว่า ขีดจำกัดควบคุมบน (Upper Control Limit, UCL), เส้นกึ่งกลาง (Center Line, CL) และขีดจำกัดควบคุมล่าง (Lower Control Limit, LCL) ตามลำดับ ดังรูปที่ 1

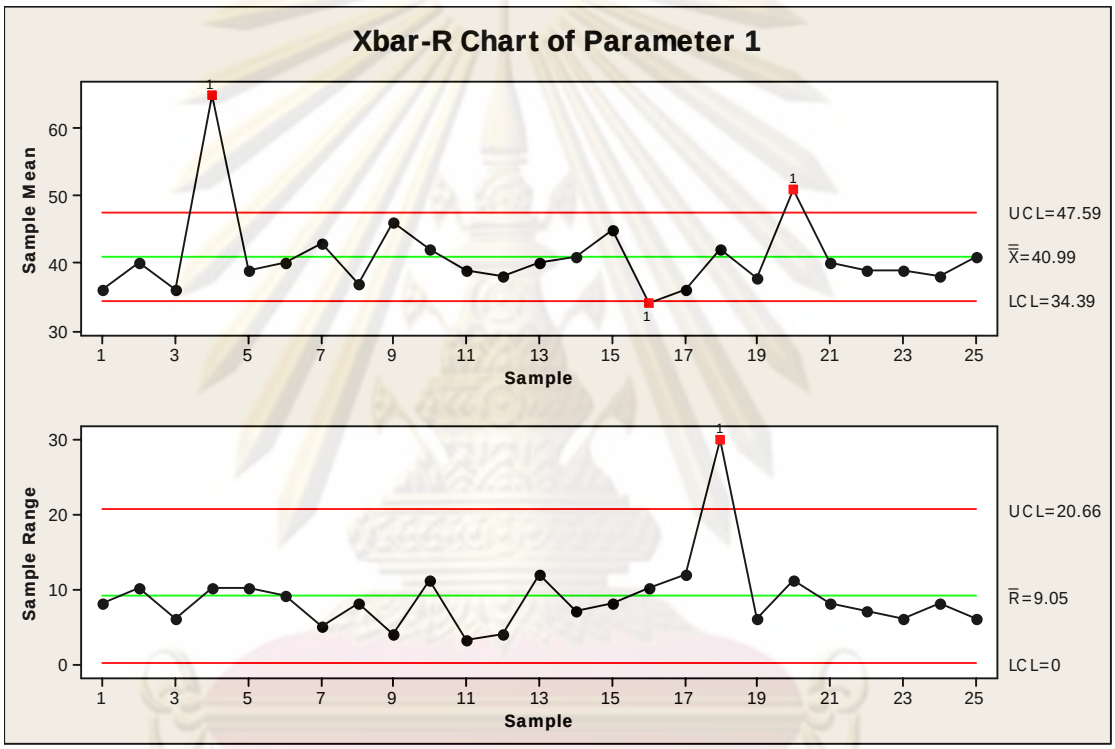


รูปที่ 1 แผมภูมิควบคุม (Control Chart)

กระบวนการที่อยู่ในควบคุม (กระบวนการที่มีความคงที่) จะมีข้อมูลอยู่ในขีดจำกัดควบคุมบนและล่าง และมีการกระจายอย่างสุ่ม โดยข้อมูลส่วนใหญ่อยู่ใกล้เส้นกึ่งกลาง หากมีการเกิดความผิดปกติขึ้น เช่น ข้อมูลออกนอกขีดจำกัดควบคุมบนหรือล่าง เกิดแนวโน้ม หรือข้อมูลส่วนใหญ่ไม่อยู่ใกล้เส้นกึ่งกลาง แสดงว่ากระบวนการไม่อยู่ในการควบคุมและจะต้องมีการปรับปรุงแก้ไขต่อไป

2.1.1.1 แผนภูมิควบคุม $\bar{x}$-R

แผนภูมิควบคุม $\bar{x}$-R เป็นแผนภูมิควบคุมชนิดแปรผัน (Variable Control Chart) ที่นิยมใช้งาน เมื่อข้อมูลมีลักษณะเป็นค่าต่อเนื่อง เช่น น้ำหนัก ความสูง หรือ ความยาว โดยใช้แผนภูมิ $\bar{x}$ ในการติดตามควบคุมค่ากลางของกระบวนการ และใช้แผนภูมิ R ในการติดตามควบคุมการกระจายหรือความแปรปรวนของกระบวนการ



รูปที่ 2 แผนภูมิควบคุม $\bar{x}$-R

โดยขั้นตอนในการสร้างแผนภูมินั้น เริ่มจากการกำหนดคุณลักษณะที่ต้องการควบคุม โดยควรจะเป็นคุณลักษณะสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพของชิ้นงานนั้น จากนั้นจึงกำหนดจำนวนกลุ่มตัวอย่าง ขนาดตัวอย่างและความถี่ในการเก็บข้อมูล เพื่อนำมาคำนวณขีดจำกัดควบคุม ซึ่งควรใช้อย่างน้อย 25 กลุ่มตัวอย่าง โดยขนาดตัวอย่าง(n) และความถี่ในการเก็บข้อมูล (f) คำนวณได้จากสูตรดังนี้

ขนาดตัวอย่าง

ขีดจำกัดข้อกำหนดด้านเดียว $n = \frac{(Z_\alpha + Z_\beta)^2}{\delta^2}\sigma^2$

ขีดจำกัดข้อกำหนดสองด้าน $n = \frac{\left(Z_{\frac{\alpha}{2}} + Z_\beta\right)^2}{\delta^2}\sigma^2$

โดย α = ความน่าจะเป็นที่แผนภูมิจะตรวจจับการเปลี่ยนแปลงผิดพลาด (โดยทั่วไปใช้ α =0.0027)

β = ความน่าจะเป็นที่แผนภูมิไม่สามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงได้

σ = ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการ

δ = การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการ

ความถี่ในการเก็บข้อมูล $f = \frac{FAF}{ARL_0} = FAF \times \alpha$

โดย FAF =ความถี่ในการแจ้งเตือนผิดพลาดของแผนภูมิที่ยอมรับได้

ARL_0 =ค่าคาดหมายของจำนวนตัวอย่างโดยเฉลี่ยที่ต้องสุ่มจนกว่าแผนภูมิจะแจ้งเตือนผิดพลาด

จากนั้นทำการเก็บรวบรวมข้อมูลตามที่ได้คำนวณไว้ แล้วนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหา $\bar{x}$ (ค่าเฉลี่ย) และ R (พิสัย) ของแต่ละกลุ่มตัวอย่าง เพื่อนำมาหา $\bar{\bar{x}}$ (ค่าเฉลี่ยของ $\bar{x}$) และ $\bar{R}$ (ค่าเฉลี่ยของ R) จากนั้นจึงสามารถคำนวณขีดจำกัดควบคุมเบื้องต้น (Trial Control Limit) จากสูตรดังนี้

ขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิ $\bar{x}$

$UCL = \bar{\bar{x}} + A_2\bar{R}$

Center Line = $\bar{\bar{x}}$

$LCL = \bar{\bar{x}} - A_2\bar{R}$

ขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิ R

$UCL = D_4\bar{R}$

Center Line = $\bar{R}$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$LCL = D_3 \overline{R}$$

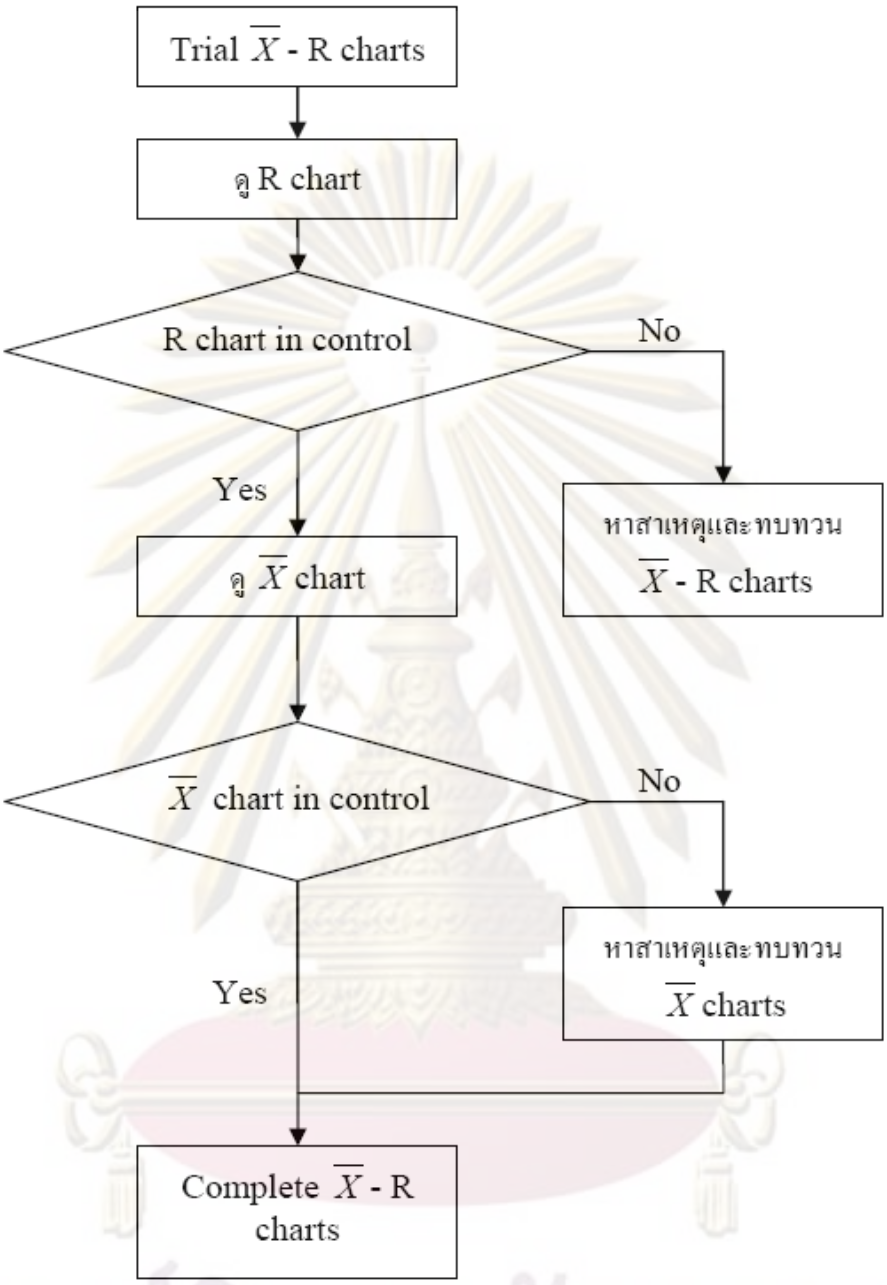
โดย A_2 , D_4 และ D_3 เป็นค่าคงที่ ขึ้นกับขนาดตัวอย่าง ซึ่งหาได้จากตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าคงที่สำหรับคำนวณค่าขีดจำกัดควบคุม

n	A_2	D_3	D_4	d_2
2	1.880	0	3.267	1.128
3	1.023	0	2.575	1.693
4	0.729	0	2.282	2.059
5	0.577	0	2.115	2.326
6	0.483	0	2.004	2.534
7	0.419	0.076	1.924	2.704
8	0.373	0.136	1.864	2.847
9	0.337	0.184	1.816	2.907
10	0.308	0.223	1.777	3.078
15	0.223	0.348	1.652	3.472
20	0.180	0.414	1.586	3.735

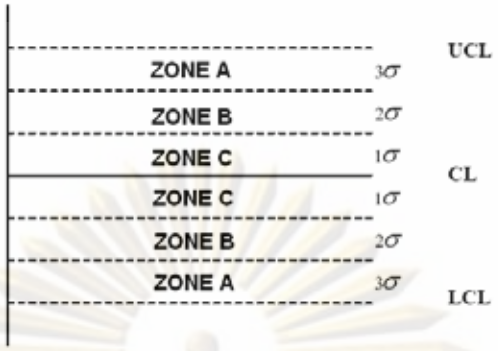
เนื่องจากในการคำนวณหาค่าขีดจำกัดควบคุมนั้น ต้องใช้ข้อมูลจากกระบวนการที่อยู่ในควบคุม ด้วยเหตุนี้หลังจากได้ขีดจำกัดควบคุมเบื้องต้นแล้วต้องมีการทบทวนขีดจำกัดควบคุม โดยตรวจหาจุดที่อยู่นอกขีดจำกัดควบคุม แล้วหาว่าเกิดจากสาเหตุใด ถ้าหาสาเหตุได้ก็ให้ตัดจุดนั้นออก ถ้าหาสาเหตุไม่ได้ก็ให้ตัดจุดนั้นออกหรือคงจุดนั้นไว้ก็ได้ โดยในการตัดจุดเหล่านี้ออกจากการคำนวณต้องทำที่ละจุดและคำนวณค่าขีดจำกัดควบคุมใหม่แล้วพิจารณาใหม่ทุกครั้ง โดยเริ่มพิจารณาจากแผนภูมิ R ก่อนเมื่อทุกจุดในแผนภูมิ R อยู่ในขีดจำกัดควบคุมหมดแล้ว จึงพิจารณาในแผนภูมิ $\overline{x}$ ต่อไป ดังแผนภูมิการดำเนินงานในรูปที่ 3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



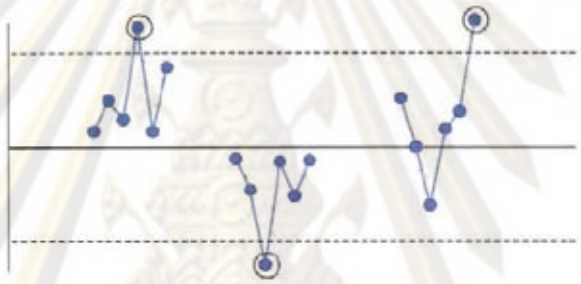
รูปที่ 3 ขั้นตอนการสร้างแผนภูมิควบคุม $\overline{x}$-R

เมื่อได้ขีดจำกัดควบคุมที่ถูกต้องแล้ว ก็สามารถนำแผนภูมิไปใช้งานในการควบคุมกระบวนการได้ โดยมีกฎในการตรวจสอบความผิดปกติของกระบวนการ 8 กฎที่เรียกว่า Western Electric Rules ซึ่งมีการแบ่งพื้นที่บนแผนภูมิและข้อกำหนดของแต่ละกฎดังนี้ (ได้ทำการเปลี่ยนหมายเลขและข้อกำหนดของกฎให้ตรงกับที่ทางโรงงานกรณีศึกษาใช้งาน)



รูปที่ 4 การแบ่งพื้นที่ของแผนภูมิควบคุม

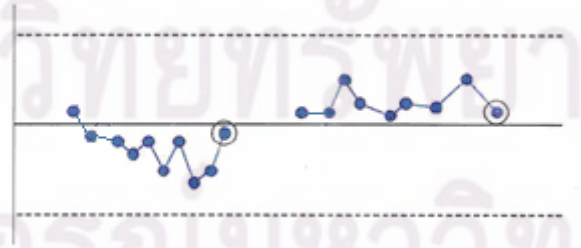
<u>กฎข้อที่1</u> : จุดอยู่นอกขีดจำกัดควบคุม



รูปที่ 5 แสดงตัวอย่างกฎข้อที่ 1

มีจุดอยู่นอกขีดจำกัดควบคุม (สูงกว่า UCL หรือต่ำกว่า LCL) ใช้ได้ทั้งแผนภูมิ $\bar{x}$ และแผนภูมิ R

<u>กฎข้อที่ 2</u> : การเกิดจุดต่อเนื่องกัน (Run) ที่ด้านใดด้านหนึ่งของเส้นกึ่งกลาง

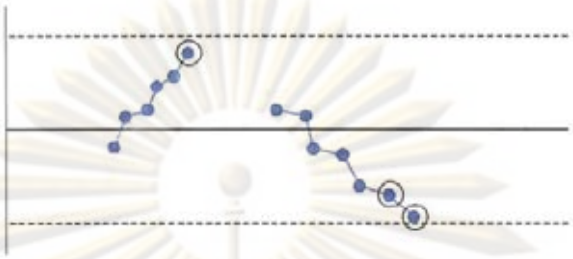


รูปที่ 6 แสดงตัวอย่างกฎข้อที่ 2

มี 9 จุดต่อเนื่องกันอยู่เหนือหรือต่ำกว่าเส้นกึ่งกลาง เกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของระดับค่าเฉลี่ยหรือความแปรปรวนของกระบวนการ ใช้ได้กับแผนภูมิ $\bar{x}$ และแผนภูมิ R

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

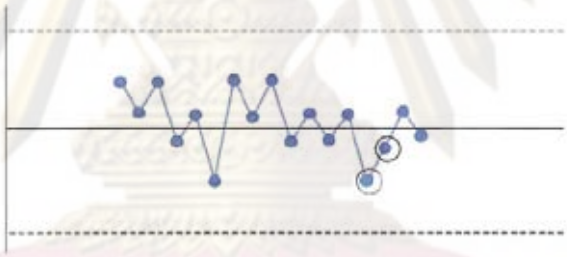
กฎข้อที่ 3 : การเกิดแนวโน้ม (Trend)



รูปที่ 7 แสดงตัวอย่างกฎข้อที่ 3

มี 6 จุดต่อเนื่องในทิศทางเดียวกันในทิศขึ้นหรือลง ใช้ได้กับแผนภูมิ $\bar{x}$ และแผนภูมิ R

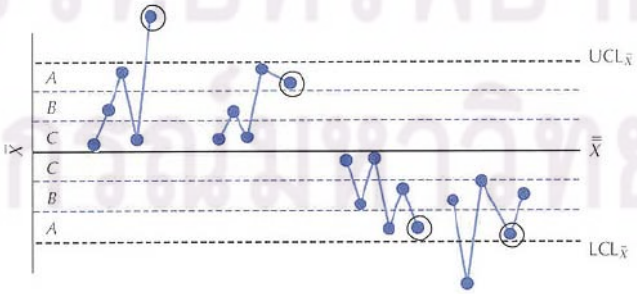
กฎข้อที่ 4 : การเกิดวัฏจักร (Cyclic)



รูปที่ 8 แสดงตัวอย่างกฎข้อที่ 4

มี 14 จุดเปลี่ยนแปลงขึ้นและลงต่อเนื่องกัน ใช้ได้กับแผนภูมิ $\bar{x}$ และแผนภูมิ R

กฎข้อที่ 5 : 2 ใน 3 จุดต่อเนื่องกันอยู่ใน Zone A หรือเลย Zone A ออกไป



รูปที่ 9 แสดงตัวอย่างกฎข้อที่ 5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

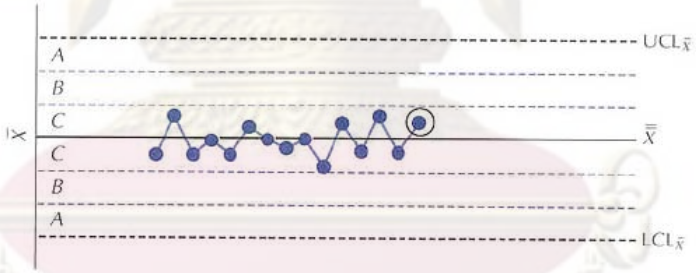
เกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของระดับค่าเฉลี่ยของกระบวนการ ใช้ได้กับแผนภูมิ $\bar{x}$

<u>กฎข้อที่ 6</u> : 4 ใน 5 จุดต่อเนื่องกันอยู่ใน Zone B หรือเลย Zone B ออกไป

รูปที่ 10 แสดงตัวอย่างกฎข้อที่ 6

เกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของระดับค่าเฉลี่ยของกระบวนการ ใช้ได้กับแผนภูมิ $\bar{x}$

<u>กฎข้อที่ 7</u> : การเกิดจุดต่อเนื่องกันใน Zone C

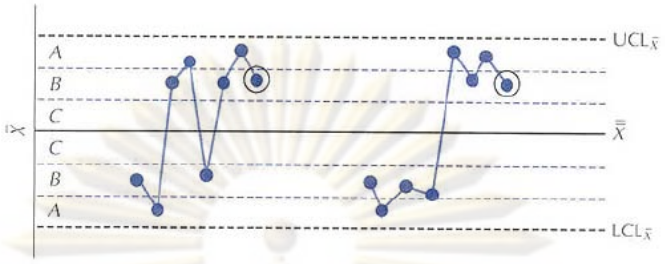


รูปที่ 11 แสดงตัวอย่างกฎข้อที่ 7

มี 15 จุดต่อเนื่องกันอยู่ใน Zone C ซึ่งอาจเกิดจากการเก็บข้อมูลไม่เหมาะสม ข้อมูลในหนึ่งตัวอย่างอาจมาจากประชากรหลายกลุ่ม แต่มีรูปแบบการได้มาที่เหมือนกันทุกกลุ่ม ใช้ได้กับแผนภูมิ $\bar{x}$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

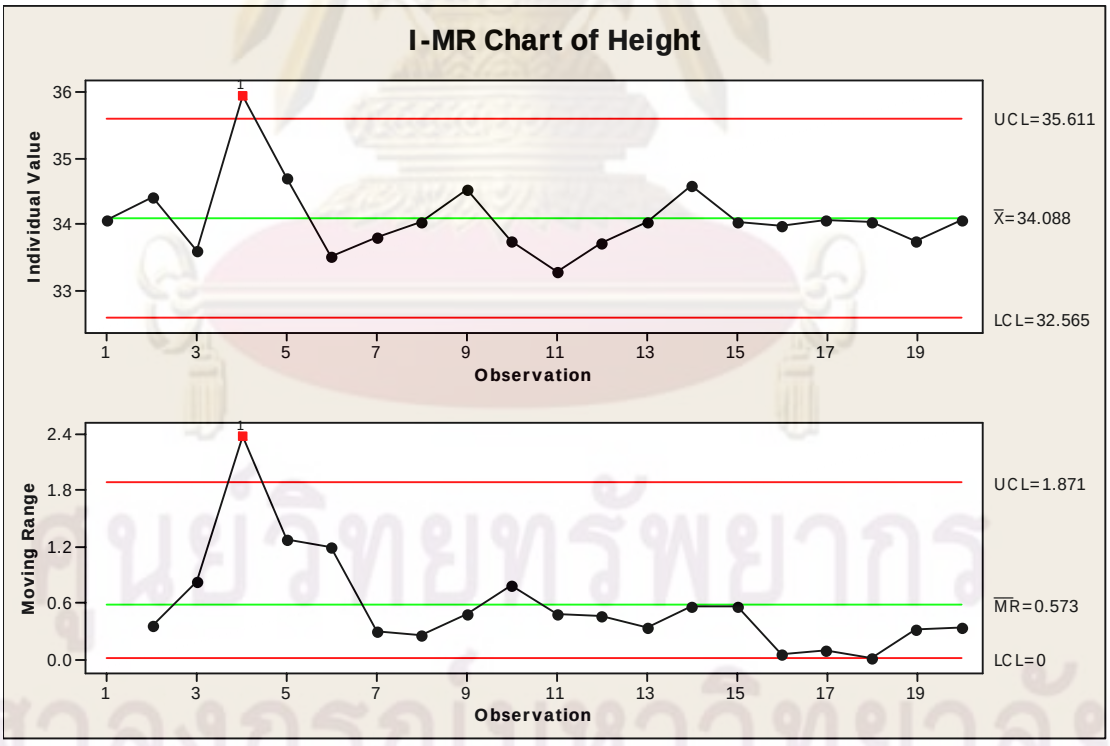
<u>กฎข้อที่ 8</u> : การหลีกเลี่ยง Zone C



รูปที่ 12 แสดงตัวอย่างกฎข้อที่ 8

มี 8 ต่อเนื่องกันเกิดขึ้นโดยไม่อยู่ใน Zone C ซึ่งอาจเกิดจากการเก็บข้อมูลไม่เหมาะสม ข้อมูลในหนึ่งตัวอย่างอาจมาจากประชากรหลายกลุ่ม ใช้ได้กับแผนภูมิ $\bar{x}$

2.1.1.2 แผนภูมิควบคุม I-MR



รูปที่ 13 แผนภูมิควบคุม I-MR

เป็นแผนภูมิควบคุมชนิดแปรผัน (Variable Control Chart) ที่ใช้ในกรณีกระบวนการมีอัตราการผลิตต่ำ ต้องรอเก็บตัวอย่างเป็นเวลานาน กรณีที่การสุ่มครั้งเดียวสามารถเป็นตัวแทนของกระบวนการได้ หรือ กรณีการวัดค่าที่ได้จากกระบวนการที่ใช้เครื่องจักรอัตโนมัติที่สามารถวัดค่าทุกชิ้นงานที่ผลิตได้ โดยจะใช้ขนาดตัวอย่างเป็น 1 (n=1) และคำนวณขีดจำกัดควบคุมดังนี้

ขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิ I

$$UCL = \bar{\bar{x}} + 3\frac{\overline{MR}}{d_2}$$

Center Line = $\bar{\bar{x}}$

$$LCL = \bar{\bar{x}} - 3\frac{\overline{MR}}{d_2}$$

ขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิ MR

$$UCL = D_4\overline{MR}$$

Center Line = $\overline{MR}$

$$LCL = 0$$

โดย $MR = |x_i - x_{i-1}|$ และ d_2 , D_4 เป็นค่าคงที่ ที่ n=1 ในตารางที่ 1

ในการใช้งานแผนภูมิ I-MR เนื่องจากผลของแผนภูมิ I และ MR จะเกี่ยวเนื่องกัน ดังนั้นจึงใช้เพียงแต่แผนภูมิ I เป็นหลักในการวิเคราะห์ความผิดปกติของกระบวนการได้ และ แผนภูมิ I สามารถใช้กฎการตรวจสอบความผิดปกติได้ทั้ง 8 กฎถ้าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ ส่วนแผนภูมิ MR ใช้ได้เฉพาะกฎข้อที่ 1 เพียงกฎเดียว

2.1.1.3 แผนภูมิควบคุม Modified $\bar{x}$-R

Modified $\bar{x}$-R เป็นแผนภูมิ $\bar{x}$-R ที่ใช้สำหรับกระบวนการที่มีสมรรถภาพกระบวนการสูง (High Capability Processes) โดยถ้าคำนวณขีดจำกัดควบคุมแบบปกติจะทำให้ได้ขีดจำกัดควบคุมที่แคบมาก ส่งผมให้เกิดการแจ้งเตือนว่าระบบออกนอกการควบคุมบ่อยครั้งเกินไป ทั้งๆที่ความจริงยังยอมรับได้ จึ่งได้มีการปรับเปลี่ยนการคำนวณขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิ $\bar{x}$ ใหม่ ให้เหมาะสมกับสภาพกระบวนการผลิต ดังนี้

ขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิ $\bar{x}$

$$UCL = USL - (Z_\delta - \tfrac{3}{\sqrt{n}})\sigma$$

$$LCL = LSL + (Z_\delta - \tfrac{3}{\sqrt{n}})\sigma$$

โดย USL= ขีดจำกัดข้อกำหนดบน

LSL= ขีดจำกัดข้อกำหนดล่าง

σ = ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการ

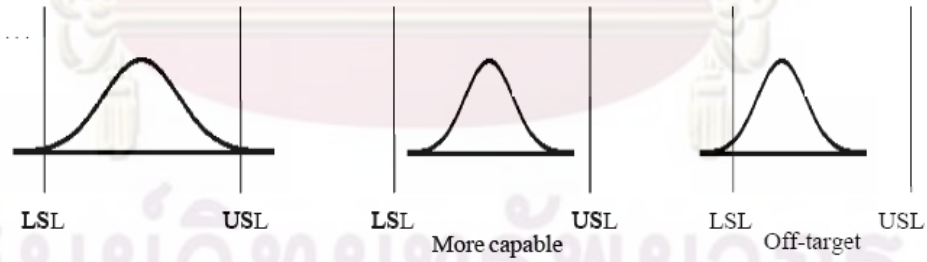
δ = สัดส่วนของเสีย (โดยทั่วไปใช้ δ = 0.0005)

n = ขนาดตัวอย่าง

จากสูตรจะเห็นว่าเป็นการคำนวณขีดจำกัดควบคุมโดยอาศัยขีดจำกัดข้อกำหนด โดยไม่ต้องใช้ตัวอย่างข้อมูลในการคำนวณ ทำให้ได้ขีดจำกัดควบคุมที่ไม่แคบจนเกินไปสำหรับกระบวนการที่มีสมรรถภาพกระบวนการสูง และในการนำไปใช้งานจะใช้กฎการตรวจสอบความผิดปกติของกระบวนการเพียงกฎเดียวคือ กฎข้อที่1 จุดอยู่นอกขีดจำกัดควบคุม

2.1.2 **การวิเคราะห์สมรรถภาพกระบวนการ** (Process Capability Analysis)

(นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ, 2550) การวิเคราะห์สมรรถภาพกระบวนการเป็นการแสดงความสามารถของกระบวนการในการผลิตสินค้าได้ตรงตามข้อกำหนดของลูกค้า ซึ่งกำหนดในลักษณะของขีดจำกัดข้อกำหนด (Specification Limited) โดยคำนึงถึงการเข้าใกล้ค่ากลางของกระบวนการเทียบกับค่าเป้าหมายและความแปรปรวนของกระบวนการ



รูปที่ 14 แสดงความหมายของสมรรถภาพกระบวนการ

โดยในการวัดสมรรถภาพกระบวนการนั้น จะใช้ดัชนีวัดสมรรถภาพกระบวนการในการวัด ซึ่งจะมีทั้งดัชนีวัดสมรรถภาพของกระบวนการในระยะสั้น, ดัชนีวัดสมรรถภาพของกระบวนการในระยะยาว และอัตราส่วนชิ้นงานเสียที่ผลิต ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1.2.1 ดัชนีวัดสมรรถภาพของกระบวนการในระยะสั้น

ดัชนีวัดสมรรถภาพของกระบวนการในระยะสั้น เป็นดัชนีที่ชี้ถึงสมรรถภาพของกระบวนการโดยคำนึงถึงความผันแปรในช่วงระยะเวลาสั้นๆ ซึ่งจะแสดงถึงความสามารถในการทำซ้ำของกระบวนการ (Repeatability) โดยมีสมมุติฐานที่ว่า ข้อมูลต้องมีการแจกแจงปกติและกระบวนการผลิตต้องอยู่ในควบคุม ดัชนีวัดสมรรถภาพของกระบวนการในระยะสั้น แบ่งเป็นดัชนีต่างๆตามแต่กรณีที่สนใจดังนี้

<u>กรณีข้อกำหนด 2 ด้าน</u>

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma_{within}}$$

$$C_{pk} = \min(C_{pu}, C_{pl})$$

<u>กรณีข้อกำหนดด้านเดียว</u>

$$C_{pu} = \frac{USL - \mu_x}{3\sigma_{within}}$$

$$C_{pl} = \frac{\mu_x - LSL}{3\sigma_{within}}$$

โดย USL= ขีดจำกัดข้อกำหนดบน

LSL= ขีดจำกัดข้อกำหนดล่าง

μ_x = ค่าเฉลี่ยของกระบวนการ

σ_{within} = ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการในช่วงระยะเวลาสั้นๆ

โดย $\sigma_{within} = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^{\ 2} + (n_2 - 1)s_2^{\ 2} + \ldots}{(n_1 - 1) + (n_2 - 1) + \ldots}}$

ในกรณีข้อกำหนด 2 ด้านนั้น C_p จะเป็นค่าอัตราส่วนสมรรถภาพกระบวนการที่การวัดความกว้างของข้อกำหนดเทียบกับความแปรปรวนของกระบวนการ โดยค่าเฉลี่ยของกระบวนการจะต้องอยู่กึ่งกลางระหว่างขีดจำกัดข้อกำหนดบนและขีดจำกัดข้อกำหนดล่าง ส่วน C_{pk} จะเป็นค่าอัตราส่วนสมรรถภาพกระบวนการที่สามารถบอกถึงการเปลี่ยนแปลงของค่ากลางจากเป้าหมาย โดยเป็นค่าอัตราส่วนสมรรถภาพกระบวนการด้านที่ใกล้กับข้อกำหนดมากที่สุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.2.2 ดัชนีวัดสมรรถภาพของกระบวนการในระยะยาว

ดัชนีวัดสมรรถภาพของกระบวนการในระยะยาว เป็นดัชนีที่ชี้ถึงสมรรถภาพของกระบวนการโดยคำนึงถึงความผันแปรในระยะเวลายาว ซึ่งจะแสดงถึงความสามารถในการทำเหมือนของกระบวนการ (Reproducibility) โดยมีสมมุติฐานที่ว่า ข้อมูลต้องมีการแจกแจงปกติและกระบวนการผลิตต้องอยู่ในควบคุม ดัชนีวัดสมรรถภาพของกระบวนการในระยะยาว แบ่งเป็นดัชนีต่างๆตามแต่กรณีที่สนใจดังนี้

<u>กรณีข้อกำหนด 2 ด้าน</u>

$$P_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma_{overall}}$$

$$P_{pk} = \min(P_{pu}, P_{pl})$$

<u>กรณีข้อกำหนดด้านเดียว</u>

$$P_{pu} = \frac{USL - \mu_x}{3\sigma_{overall}}$$

$$P_{pl} = \frac{\mu_x - LSL}{3\sigma_{overall}}$$

โดย USL= ขีดจำกัดข้อกำหนดบน

LSL= ขีดจำกัดข้อกำหนดล่าง

μ_x = ค่าเฉลี่ยของกระบวนการ

$\sigma_{overall}$ = ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการในระยะยาว

โดย $\sigma_{overall} = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}}$

ในกรณีข้อกำหนด 2 ด้านนั้น P_p จะเป็นค่าอัตราส่วนสมรรถภาพกระบวนการที่การวัดความกว้างของข้อกำหนดเทียบกับความแปรปรวนของกระบวนการ โดยค่าเฉลี่ยของกระบวนการจะต้องอยู่กึ่งกลางระหว่างขีดจำกัดข้อกำหนดบนและขีดจำกัดข้อกำหนดล่าง ส่วน P_{pk} จะเป็นค่าอัตราส่วนสมรรถภาพกระบวนการที่สามารถบอกถึงการเปลี่ยนแปลงของค่ากลางจากเป้าหมาย โดยเป็นค่าอัตราส่วนสมรรถภาพกระบวนการด้านที่ใกล้กับข้อกำหนดมากที่สุด

2.1.2.3 อัตราส่วนชิ้นงานเสียที่ผลิต

เมื่อสามารถประมาณค่า μ และ σ ของกระบวนการ ก็สามารถประมาณค่าสัดส่วนของเสียได้ ดังสมการด้านล่าง โดยมีสมมุติฐานว่า x ซึ่งเป็นตัวแปรแทนค่าสนใจ มีการกระจายแบบปกติ

$$p = P(x < LSL) + P(x > USL)$$

$$\hat{P} = \Phi\left(\frac{LSL - \bar{\bar{x}}}{\hat{\sigma}_x}\right) + 1 - \Phi\left(\frac{USL - \bar{\bar{x}}}{\hat{\sigma}_x}\right)$$

2.1.3 ทฤษฎีทางสถิติอื่น ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์กระบวนการ

2.1.3.1 ค่าทางสถิติพื้นฐาน (Descriptive Statistics)

ค่าที่ได้จากการคำนวณทางสถิติช่วยให้เรารู้ถึงสภาพในแง่มุมต่างๆของกลุ่มข้อมูล และเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการวิเคราะห์ข้อมูลที่เป็นตัวแทนของกระบวนการที่เราสนใจ โดยค่าทางสถิติเหล่านี้มีมากมายแต่จะกล่าวถึงเฉพาะค่าที่น่าสนใจดังต่อไปนี้

1) ค่าเฉลี่ย (Mean, $\bar{x}$)

คือค่าที่ทำหน้าที่เหมือนเป็นตัวแทนของกลุ่มข้อมูล หาได้จากสูตร

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$$

เมื่อ x_i = ข้อมูลตัวที่ i

n = จำนวณข้อมูลทั้งหมด

2) ค่าพิสัย (Range, R)

คือค่าที่บ่งบอกความกว้างของช่วงข้อมูล หาได้จากสูตร

Range = Max – Min

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3) ค่ามัธยฐาน (Median)

คือค่าที่อยู่ตรงกลางของกลุ่มข้อมูลเมื่อนำข้อมูลมาเรียงลำดับจากน้อยไปมาก ถ้าจำนวณข้อมูลทั้งหมดเป็นเลขคู่ตำแหน่งตรงกลางจะไม่มี ให้หาค่าเฉลี่ยระหว่างตำแหน่งที่ต่ำกว่าและตำแหน่งที่สูงกว่าเพื่อเป็นค่ามัธยฐานแทน

4) ค่าความแปรปรวน (Variance, σ^2)

คือค่าที่ใช้วัดความผันแปรของกลุ่มข้อมูล ถ้าความแปรปรวนมีมากแสดงว่ากลุ่มข้อมูลมีการกระจายมาก ถ้าความแปรปรวนมีน้อยแสดงว่ากลุ่มข้อมูลมีการกระจายน้อย ค่าความแปรปรวนหาได้จากสูตร

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \bar{x}\right)^2}{n-1}$$

เมื่อ x_i = ข้อมูลตัวที่ i

$\bar{x}$ =ค่าเฉลี่ยของข้อมูล

n = จำนวณข้อมูลทั้งหมด

5) ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, σ)

คือรากที่สองที่เป็นบวกของความแปรปรวน เนื่องจากความแปรปรวนมีหน่วยเป็นหน่วยของ x ยกกำลังสอง ทำให้ยากต่อการเปรียบเทียบและแปลความหมาย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \bar{x}\right)^2}{n-1}}$$

เมื่อ x_i = ข้อมูลตัวที่ i

$\bar{x}$ =ค่าเฉลี่ยของข้อมูล

n = จำนวณข้อมูลทั้งหมด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

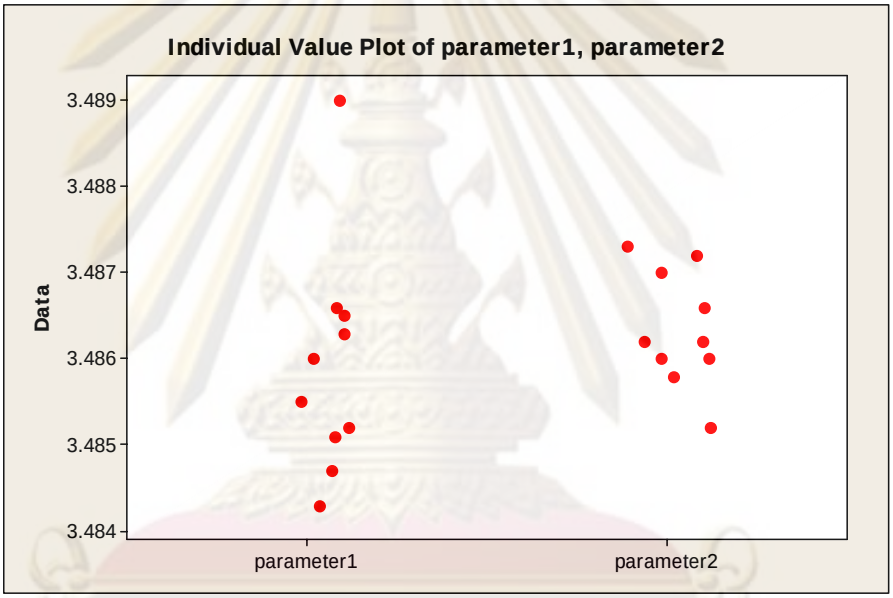
6) ค่าความผิดปกติมาตรฐานของค่าเฉลี่ย (Standard Error of Mean, SE Mean)

คือค่าที่บ่งบอกความผันแปรของค่าเฉลี่ย หาได้จากสูตรดังนี้

$$\text{SE Mean} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$ เมื่อ σ =ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

n = จำนวณข้อมูลทั้งหมด

2.1.3.2 Individual Plot

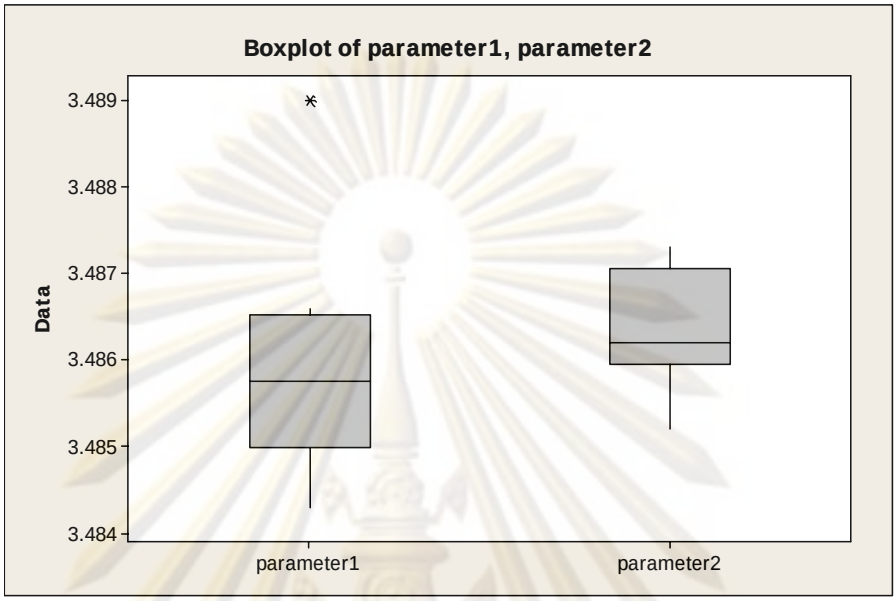


รูปที่ 15 Individual Plot

Individual Plot เป็นการพล็อตกราฟชนิดหนึ่งที่จะแสดงให้เห็นการกระจายตัวของข้อมูล โดยจะพล็อตค่าของข้อมูลในแกนแนวตั้ง และบ่งบอกรายละเอียดที่มาของข้อมูลในแกนแนวนอน เช่น ชนิดพารามิเตอร์ หรือหมายเลขเครื่องจักรที่ผลิตชิ้นงาน เป็นต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.3.3 Box Plot



รูปที่ 16 Box Plot

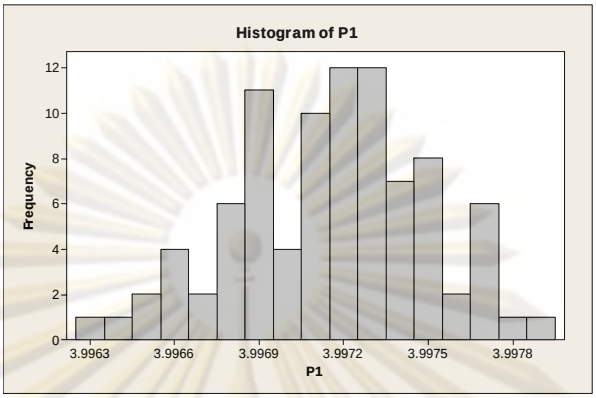
Box Plot เป็นกราฟที่สร้างขึ้นเพื่อดูการกระจายตัวของข้อมูล และสามารถหา Outlier ได้ด้วย กราฟนี้เรียกอีกอย่างหนึ่งว่ากราฟกล่องและหนวด (Box and Whisker Plots) เนื่องจากรูปร่างของมันที่เป็นกล่องและมีหนวดยื่นออกมาด้านบนและด้านล่าง วิธีการสร้างกราฟนั้นเริ่มจากหา ค่ามัธยฐาน (Median), ค่าควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) และค่าควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) จากนั้นคำนวณค่า Upper limit และ Lower limit จากสมการต่อไปนี้

Upper limit = Q3 + 1.5 (Q3 - Q1)

Lower limit = Q1 + 1.5 (Q3 - Q1)

ถ้ามีค่าใดของข้อมูลที่มากกว่า Upper limit หรือ น้อยกว่า Lower limit ให้จุดนั้นเป็น Outlier โดยกราฟ Box Plot จะถูกวาดขึ้นโดยใช้ Q3 เป็นด้านบนของกล่อง Q1 เป็นด้านล่าง และค่ามัธยฐานเป็นเส้นคาดกลาง จากนั้นลากเส้น(หนวดบน)ขึ้นไปข้างบนจนถึงค่ามากที่สุดของข้อมูลที่ไม่เกิน Upper limit และลากเส้น(หนวดล่าง)ลงไปข้างล่างจนถึงค่าน้อยที่สุดของข้อมูลที่ไม่ต่ำกว่า Upper limit สุดท้ายก็พล็อตจุด Outlier

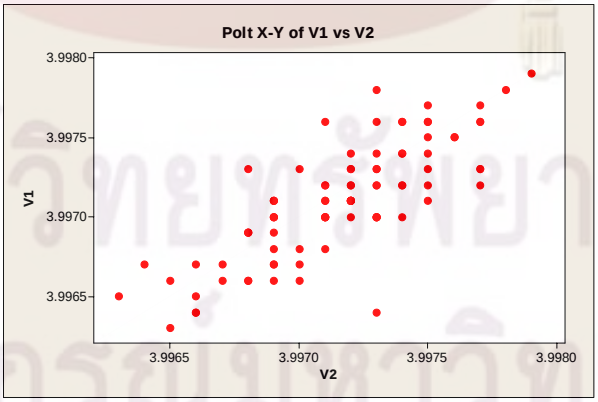
2.1.3.4 Histogram



รูปที่ 17 Histogram

Histogram เป็นกราฟที่แสดงการกระจายของข้อมูลชุดหนึ่งซึ่งแสดงคุณลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น ความยาว น้ำหนัก เป็นต้น แกนนอนจะแสดงค่าของข้อมูลที่มีการแบ่งเป็นช่วงๆ ที่เท่ากัน แกนตั้งแสดงค่าความถี่ของข้อมูลในแต่ละช่วง ทำให้ทราบว่าข้อมูลมีการกระจายและมีความถี่มากน้อยเพียงไร และอาจพล็อตขีดจำกัดข้อกำหนด (Specification Limits) ลงบน Histogram เพื่อให้ทราบว่างานที่ผลิตจากกระบวนการอยู่ในขอบเขตที่ยอมรับได้ มากหรือน้อยเพียงใด

2.1.3.5 Plot X-Y

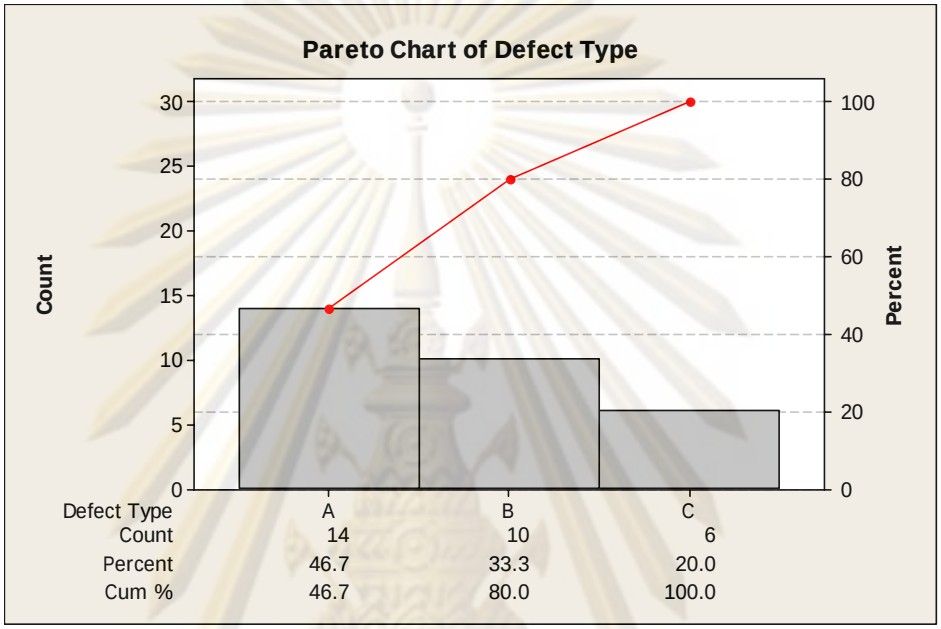


รูปที่ 18 Plot X-Y

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Plot X-Y เป็นการพล็อตชุดข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กัน 2 ชุด เพื่อหารูปแบบและระดับความสัมพันธ์ของข้อมูล 2 ชุดนั้น

2.1.3.6 Pareto Chart

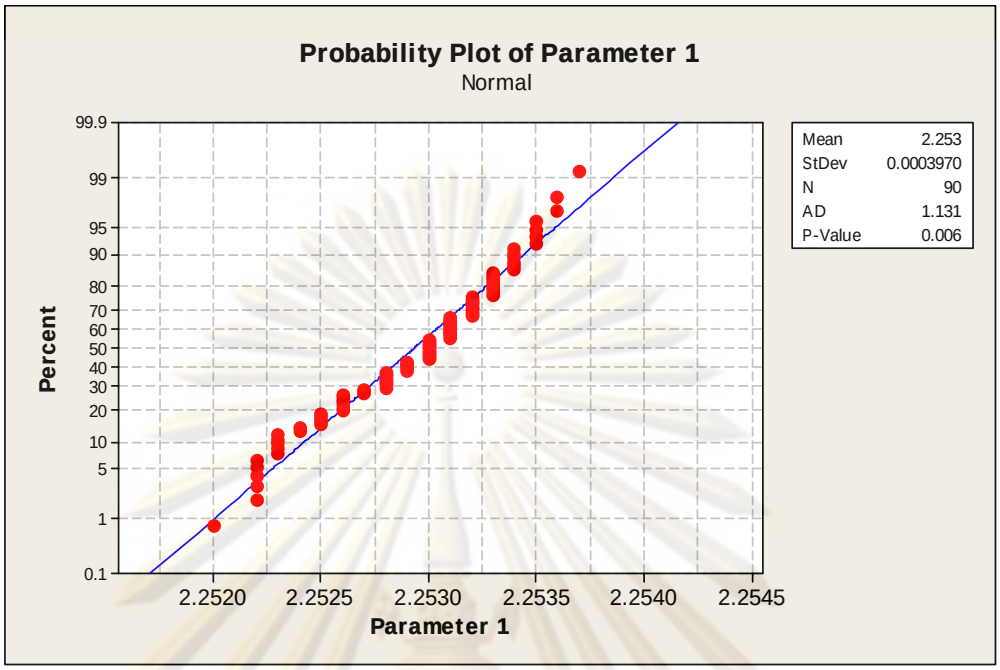


รูปที่ 19 Pareto Chart

Pareto Chart เป็นเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์และเรียงลำดับความสำคัญของปัญหาหรือสาเหตุต่างๆ ที่เกิดขึ้น ช่วยบ่งชี้ว่าปัญหาประเภทใดมีความสำคัญเป็นลำดับต้นๆ โดยทำการเรียงลำดับรายการตามความถี่ในการเกิด คำนวณและแสดงเปอร์เซ็นต์ความถี่สะสมของรายการที่มีความถี่จากมากไปน้อย

2.1.3.7 การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล (Normality Test)

การทดสอบความเป็นปกติ คือการทดสอบสมมุติฐานว่ากลุ่มข้อมูลที่สนใจมีการแจกแจงแบบปกติ นิยมใช้การพล็อต Normal Probability Plot ในการทดสอบ โดยการเรียงลำดับข้อมูลจากน้อยไปมาก แล้วพล็อตกราฟระหว่าง x_i ในแกนแนวนอน กับ (i-0.5)/n*100 ในแกนแนวตั้ง เมื่อ x_i คือข้อมูลที่เรียงลำดับแล้วลำดับที่ iและ n คือจำนวนข้อมูลทั้งหมด จะได้กราฟดังรูป



รูปที่ 20 การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล

สามารถพิจารณาความเป็นปกติของข้อมูลโดยการตีเส้นตรงที่ผ่านจุดเหล่านั้นให้มากที่สุด แล้วดูว่าจุดข้อมูลเข้าใกล้เส้นตรงมากเพียงใด ถ้ามากก็แสดงว่าข้อมูลมีความเป็นปกติมาก

นอกจากจะใช้การ Normal Probability Plot ในการทอสอบความเป็นปกติของข้อมูลแล้ว ยังมีการทดสอบโดยการทดสอบสมมุติฐานทางสถิติ โดยค่าสถิติที่นิยมใช้สำหรับการทดสอบความเป็นปกติคือ ค่า Anderson-Darling ซึ่งมีสูตรคำนวณและการวิเคราะห์ผลดังนี้

$$AD = A^2 = -n - (1/n)\sum_{i=1}^{n}(2i-1)(InF(x_i) + In(1-F(x_{n+1-i})))$$

เมื่อ $F(x_i) = \Phi((x_i - \bar{x})/\sigma)$

x_i = ข้อมูลที่เรียงลำดับแล้ว

n = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

$\bar{x}$ = ค่าเฉลี่ยของข้อมูล

σ = ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$A'^2 = A^2(1+\frac{0.75}{n}+\frac{2.25}{n^2})$$

ถ้า $13 > A'^2 > 0.6$ $\quad P-value = \exp(1.2937 - 5.709A'^2 + 0.0186(A'^2)^2)$

ถ้า $0.6 > A'^2 > 0.34$ $\quad P-value = \exp(0.9177 - 4.279A'^2 - 1.38(A'^2)^2)$

ถ้า $0.34 > A'^2 > 0.2$ $\quad P-value = 1-\exp(-8.318 + 42.796A'^2 - 59.938(A'^2)^2)$

ถ้า $A'^2 < 0.2$ $\quad P-value = 1-\exp(-13.436 + 101.14A'^2 - 223.73(A'^2)^2)$

โดยถ้า AD มีค่าน้อย หรือ P-valueมีค่ามากเท่าไหร่ แสดงว่าข้อมูลมีการกระจายเป็นปกติมากเท่านั้น

2.1.3.8 การประมาณค่าแบบช่วง

(สายชล สินสมบูรณ์ทอง, 2547) เป็นการประมาณค่าพารามิเตอร์ของประชากรว่าจะอยู่ในช่วงใดช่วงหนึ่งโดยใช้ข้อมูลจากที่เก็บรวบรวมได้จากตัวอย่าง โดยที่ช่วงของการประมาณค่าจะบอกถึงค่าที่ต่ำสุดและค่าที่สูงสุดของพารามิเตอร์ เช่น ถ้าประมาณได้ว่า L< μ <U หมายความว่าค่าเฉลี่ยของประชากร μ มีค่าอยู่ระหว่าง L และ U โดยในวิทยานิพนธ์นี้ใช้การประมาณค่าแบบช่วง 2 ชนิดได้แก่

1) การประมาณค่าเฉลี่ยประชากรเดียวแบบช่วง ในกรณีประชากรมีการแจกแจงปกติ ไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากร และตัวอย่างมีขนาดเล็ก

Lower CI for mean = $\bar{x} - \frac{s}{\sqrt{n}} t_{\frac{\alpha}{2},n-1}$

Upper CI for mean = $\bar{x} + \frac{s}{\sqrt{n}} t_{\frac{\alpha}{2},n-1}$

2) การประมาณค่าความแปรปรวนประชากรเดียวแบบช่วง

Lower CI for variance = $\frac{(n-1)s^2}{\chi^2_{\frac{\alpha}{2},n-1}}$

Upper CI for variance = $\frac{(n-1)s^2}{\chi^2_{1-\frac{\alpha}{2},n-1}}$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.3.9 การทดสอบสมมุติฐาน

(สายชล สินสมบูรณ์ทอง, 2547) สมมุติฐาน (Hypothesis) คือข้อสมมุติหรือข้อความที่ถูกตั้งขึ้น อาจเป็นจริงหรือไม่เป็นจริงก็ได้ที่เกี่ยวข้องกับลักษณะของประชากร 1 ประชากร หรือมากกว่า 1 ประชากรขึ้นไป หรือเป็นข้อความเกี่ยวกับพารามิเตอร์ในประชากร สมมุติฐานแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

1) สมมุติฐานหลักหรือว่าง (Null Hypothesis) แทนด้วยสัญลักษณ์ H_0 หมายถึงข้อสมมุติหรือข้อความที่เกี่ยวกับสภาพความเป็นจริงของประชากร และมุ่งหวังที่จะปฏิเสธ
2) สมมุติฐานแย้งหรือรอง (Alternative Hypothesis) แทนด้วยสัญลักษณ์ H_1หรือ H_a หมายถึง ข้อสมมุติหรือข้อความอย่างอื่นที่เป็นไปได้ทั้งหมดซึ่งไม่อยู่ในสมมุติฐานหลัก

การทดสอบสมมุติฐาน (Test of Hypothesis) คือวิธีการตัดสินใจเกี่ยวกับสมมุติฐาน โดยใช้วิธีการทางสถิติกับข้อมูลที่ได้มาจากตัวอย่าง แล้วพิจารณาความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น การทดสอบสมมุติฐานแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

1) การทดสอบแบบข้างเดียว (One-sided Test) คือ การทดสอบว่าค่าพารามิเตอร์มากกว่าหรือน้อยกว่าค่าที่กำหนด แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ การทดสอบแบบข้างเดียวด้านขวา และ การทดสอบแบบข้างเดียวด้านซ้าย
2) การทดสอบแบบสองข้าง (Two-sided Test) คือ การทดสอบว่าค่าพารามิเตอร์เท่ากับค่าที่กำหนด

การทดสอบสมมุติฐานมีขั้นตอนดังนี้

1. ตั้งสมมุติฐาน โดยตั้งสมมุติฐาน H_0 ไปพร้อมๆกับ H_1 แล้วตรวจสอบดูว่าเป็นการทดสอบสมมุติฐานแบบข้างเดียวหรือแบบสองข้าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. คำนวณค่าสถิติที่ใช้ทดสอบ จะใช้สถิติตัวไหนขึ้นอยู่กับสมมุติฐานที่ตั้งขึ้นว่าจะทดสอบพารามิเตอร์ชนิดไหนของประชากร ทดสอบเกี่ยวกับ 1 ประชากร หรือ 2 ประชากร
3. กำหนดระดับนัยสำคัญ ในการทดสอบสมมุติฐานจะต้องกำหนดระดับนัยสำคัญ α ล่วงหน้าก่อนทำการทอสอบ ระดับนับสำคัญที่นิยมใช้กันคือ 0.01, 0.05, 0.1 เป็นต้น
4. กำหนดอาณาเขตวิกฤต กำหนดอาณาเขตวิกฤตเพื่อตรวจสอบว่าค่าสถิติที่คำนวณได้ตกอยู่ในอาณาเขตวิกฤตหรือไม่ ถ้าตกอยู่ในอาณาเขตวิกฤตจะปฏิเสธ H_0 ไม่เช่นนั้นจะไม่ปฏิเสธ H_0
5. สรุปผล ถ้าการทดสอยสมมุติฐานสรุปได้ว่าปฏิเสธ H_0 ให้ทำการสรุปผลตามคุณลักษณะของประชากรตามใน H_1 แต่ถ้าการทดสอบสมมุติฐานสรุปว่าไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ให้ทำการสรุปผลตามคุณลักษณะของประชากรตามใน H_0

การทดสอบสมมุติฐานสามารถทำได้หลากหลายกรณีขึ้นอยู่กับสมมุติฐานที่สนใจ ตัวอย่างการทดสอบสมมุติฐานที่เป็นที่นิยมใช้งานเช่น 1-Sample Z , 1-Sample t , 2-Sample t , Paired t , One-way ANOVA , Two-way ANOVA , 1 Proportion , 2 Proportion และ 2 Variances เป็นต้น

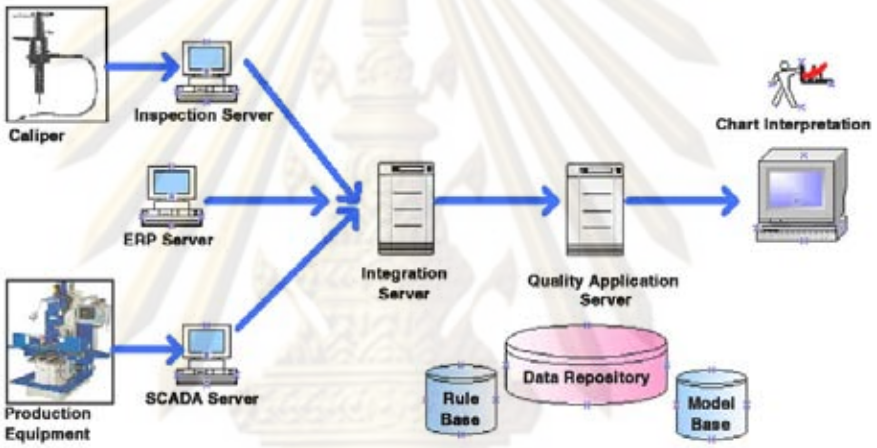
2.1.4 การพัฒนาโปรแกรมบนระบบปฏิบัติการ Window ด้วย Visual C++

ภาษา C/C++ เป็นภาษาที่ได้รับความนิยมมาอย่างยาวนานและไม่มีทีท่าว่าจะลดระดับความนิยมลง เนื่องจากเป็นภาษาที่ถึงแม้จะไม่สะดวกรวดเร็วในการใช้งานนัก แต่การที่มันทำงานได้อย่างหลากหลาย มี Library ให้ดาวน์โหลดมากมาย รวมถึงการทำงานร่วมกันได้ดีกับฮาร์ดแวร์ ทำให้ยังไม่มีภาษาใหม่ๆ ตัวไหนมาแทนที่มันได้ และด้วยคุณสมบัติเหล่านี้เองที่เหมาะสมด้วยประการทั้งปวงที่จะใช้ในการเขียนโปรแกรมควบคุมทางวิศวกรรม

การเขียนโปรแกรมด้วยภาษา C/C++ ในปัจจุบันจะใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Visual C++ ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ในการเขียนโปรแกรมภาษา C/C++ ในรูปแบบที่มีการติดต่อกับผู้ใช้งานผ่านทางกราฟฟิก โดย Visual C++ นั้นอยู่ในชุดโปรแกรมที่เรียกว่า Microsoft Visual Studio ในการพัฒนาโปรแกรมด้วย Visual C++ นั้นจะใช้ชุดคำสั่ง MFC (Microsoft Foundation Class) ที่ Microsoft ออกแบบมาเพื่อให้การพัฒนาโปรแกรมด้วย Visual C++ นั้นมีความสะดวกรวดเร็วมากขึ้น และในการพัฒนาโปรแกรมในวิทยานิพนธ์นี้ ได้ใช้ MFC เป็นชุดคำสั่งหลักในการพัฒนาโปรแกรม

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(Shankar Chakraborty และ Diganta Tah, 2006) เป็นงานวิจัยในการพัฒนาระบบสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลทางสถิติและวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนมาก เพื่อจุดมุ่งหมายในการตัดสินใจในด้านการควบคุมคุณภาพ ระบบนี้จะช่วยในการเลือกและออกแบบแผนภูมิควบคุม โดยขึ้นกับค่าใช้จ่าย กฎเกณฑ์ และความสมเหตุสมผล ระบบนี้ยังมีการตีความอย่างครอบคลุมด้วยกลุ่มของกฎเกณฑ์ที่หลากหลาย ถ้ามีเหตุการณ์ที่ผิดกฎเหล่านี้เกิดขึ้น ระบบจะส่งสัญญาณเตือนและจะแนะนำทางเลือกในการแก้ไขที่เหมาะสม

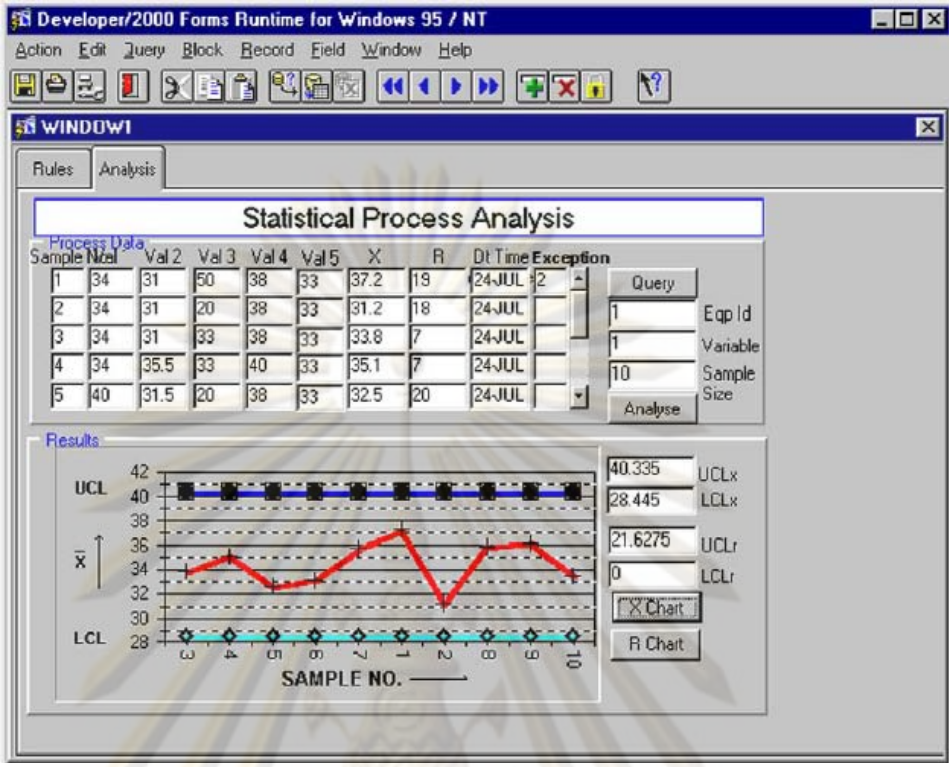


รูปที่ 21 โครงสร้างการทำงานของ

Real time statistical process advisor for effective quality control

ระบบนี้ประกอบด้วย 5 ส่วนการทำงานหลักได้แก่

1) Data definition ทำหน้าที่ในการระบุข้อกำหนด (Specification) ของพารามิเตอร์ต่างๆ และข้อมูลทางการผลิตที่เกี่ยวข้อง
2) Data collection ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูล ได้แก่ ข้อมูลที่เกี่ยวกับขนาดของพารามิเตอร์ และข้อมูลที่เกี่ยวกับค่าใช้จ่ายในการผลิต
3) Chart design ทำหน้าที่เลือกและสร้างแผนภูมิควบคุมที่เหมาะสม
4) Chart display ทำหน้าในการแสดงแผนภูมิควบคุมและค่าต่างๆที่เกี่ยวข้อง
5) Chart interpretation ทำหน้าที่ตีความและวิเคราะห์ข้อมูล

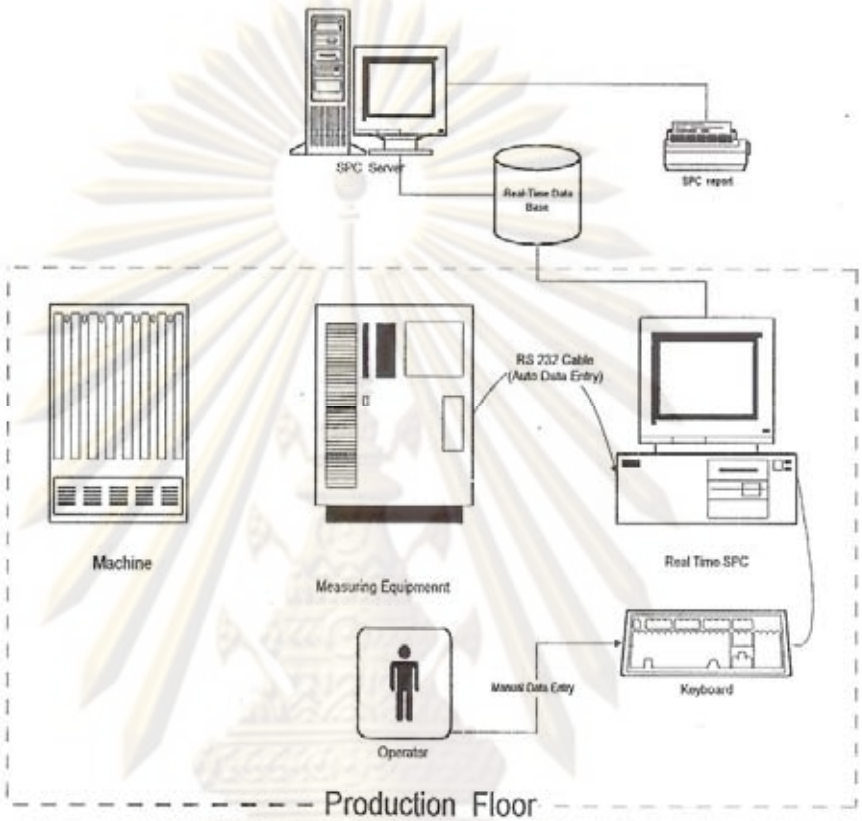


รูปที่ 22 รูปแบบหน้าจอการทำงานของ

Real time statistical process advisor for effective quality control

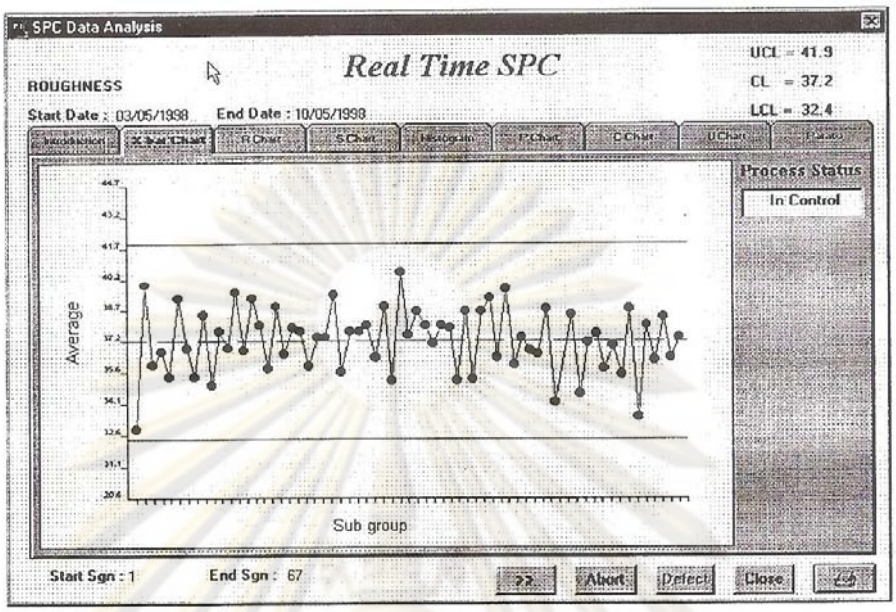
(วิเชียร ตรีรัตนวณิช, 2541) วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการพัฒนาซอฟต์แวร์ สำหรับระบบควบคุมกระบวนการเชิงสถิติแบบตามเวลาจริง เพื่อประยุกต์ใช้งานในพื้นที่การผลิต ในส่วนของการควบคุมพารามิเตอร์ของปริมาณที่ได้จากการวัด (Measurement data) และรวมทั้งปริมาณข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ (Defect data) ซอฟต์แวร์นี้พัฒนาขึ้นด้วย Microsoft Visual Basic, Version 4.0, Professional Edition โดยใช้ชื่อโปรแกรมว่า SPC_Engine ซึ่งทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการ Windows95 ทั้งนี้โปรแกรม SPC_Engine มีความสามารถในการใช้งานในด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้ 1. การเก็บข้อมูลจะอยู่ในรูปแบบของแฟ้มฐานข้อมูลที่สามารถสร้างขึ้นได้ ณ เวลาใช้งาน 2. การป้อนข้อมูลเข้าสู่ระบบทำได้โดยป้อนทางคีย์บอร์ด และทางพอร์ตอนุกรม RS-232 3. คำนวณค่าสถิติต่างๆ เช่น ค่าเฉลี่ย, ค่าพิสัย, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และตลอดจนความสามารถของกระบวนการ 4. สร้างแผนภูมิควบคุมชนิดต่างๆ และวิเคราะห์ความผิดปกติที่เกิดขึ้นบนแผนภูมิควบคุม 5. สร้างและวิเคราะห์ฮีสโตแกรมและแผนภาพพาเรโต 6. ส่งข้อมูลออกสู่ภายนอกโดยอาศัยเทคนิค Dynamic Data Exchange (DDE) การนำระบบควบคุมกระบวนการเชิงสถิติแบบตามเวลาจริงไปใช้ในพื้นที่การผลิต จะช่วยให้ลดเวลาทำงานและให้ข้อมูลที่ถูกต้อง

มากขึ้น นอกจากนี้แล้ว ระบบนี้ยังช่วยในการเฝ้าติดตามสถานะของกระบวนการผลิต ณ เวลาจริง ได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 23 โครงสร้างการทำงานของระบบควบคุมกระบวนการเชิงสถิติแบบตามเวลาจริง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 24 รูปแบบหน้าจอการทำงานของระบบควบคุมกระบวนการเชิงสถิติแบบตามเวลาจริง

(Rahul Singh และ Glenn Gilbreath, 2002) เป็นงานวิจัยในการออกแบบและใช้งานการควบคุมกระบวนการด้วยวิธีการทางสถิติตามเวลาจริงแบบหลายปัจจัย ที่ใช้การติดต่อกับผู้ใช้แบบกราฟฟิกและให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อพนักงานที่ไลน์การผลิตและวิศวกร จากปัญหาที่มีข้อมูลจำนวนมากที่ถูกวัดออกมาได้ด้วยอุปกรณ์อัตโนมัติ แต่ผู้ปฏิบัติงานและวิศวกรสามารถตรวจดูข้อมูลเหล่านั้นได้ในวงจำกัด จึงได้มีการพัฒนาระบบนี้ขึ้นเพื่อจุดประสงค์ในการใช้ข้อมูลที่มีอยู่อย่างเต็มประสิทธิภาพ ระบบข้อมูลที่พัฒนาขึ้นนี้ทำให้ระบบการผลิตที่มีขนาดใหญ่สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ดีขึ้น เพื่อใช้ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ และการแข่งขันทางการค้า

(ตินธร์ ธนสารอักษร, 2543) วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้มีการพัฒนา วิธีการคำนวณเพื่อการตรวจหาการเปลี่ยนแปลง ค่าเฉลี่ยของการผลิตแบบเป็นระบบ รูปแบบของการคิดนี้ ได้ใช้แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียของ Shewhart หรือแผนภูมิ p และผนวกเข้ากับการทดสอบทางสถิติเพื่อการแทนที่การตัดสินใจของมนุษย์ทางด้าน การเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยของกระบวนการผลิตปัจจุบันนี้ ในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่นั้นใช้การควบคุมระบบด้วยสถิติเพื่อควบคุมระบบการผลิต ในการที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของขอบเขตควบคุมนั้น โรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะเปลี่ยนแปลงแผนภูมิควบคุมเป็นระยะๆ คงที่ เช่น เปลี่ยนทุกๆ กะของการทำงานโดยคำนวณจากสองกะที่แล้วมา สำหรับในโรงงานตัวอย่างนั้น ได้มีการผลิตชิ้นส่วนในจำนวนมากและข้อมูลส่วน

ใหญ่ถูกเก็บมาอย่างอัตโนมัติ และเก็บไว้ในเครือข่ายคอมพิวเตอร์ เนื่องจากในปกติ ในสายการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์นั้น จะมีสายการผลิตหลายสายและมีเครื่องวัดหลายร้อยเครื่อง การควบคุมกระบวนการผลิตโดยมิใช่การควบคุมอย่างอัตโนมัติจะไม่เหมาะสมกับ อุตสาหกรรมชนิดนี้ ปัญหานี้ได้ถูกแก้ไขโดยการใช้วิธีการสมมุติฐานทางสถิติในการตรวจสอบการ เปลี่ยนแปลงในค่าเฉลี่ยของกระบวนการผลิตซึ่งนำไปสู่การคำนวณการเปลี่ยนค่า ขอบเขตควบคุม กระบวนการคิดนี้ได้ถูกพิสูจน์โดยใช้ข้อมูลจริงในสายการผลิตชิ้นส่วน ฮาร์ดดิสก์

(วรพจน์ รัตนแสงสกุล, 2541) การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อทำการพัฒนาการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ ในที่เหมาะสมในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ ที่เป็นแหนบรถยนต์ และเพื่อเป็นแนวทางในการวัดประสิทธิผล กับการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติสำหรับโรงงานตัวอย่าง จากการสำรวจและศึกษาพบว่า โรงงานตัวอย่างยังไม่มีการประยุกต์ใช้การควบคุมกระบวนการเชิงสถิติในการควบคุม และเฝ้าติดตามกระบวนการ จึงได้มีการศึกษาวิจัยวัดความสามารถของเครื่องจักร (Machine Capability) โดยวัดค่า Cp และวัดค่าความสามารถของกระบวนการ (Process Capability) โดยวัดค่า Cpk เพื่อเลือกการควบคุมและเฝ้าติดตามกระบวนการเชิงสถิติที่เหมาะสม ผลการวิจัยมีการใช้การควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ 2 ประเภท ได้แก่ แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัย ($\bar{x}$-R) จำนวน 10 จุดควบคุม และใช้แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่อง (CSP) จำนวน 5 จุดควบคุม และได้ทดลองปรับปรุงวิธีการควบคุมกระบวนการ 3 กระบวนการได้แก่ กระบวนการเจาะรูสะดือ, กระบวนการม้วนหู และกระบวนการพ่นสีรองพื้น โดยใช้ค่า Cp และ Cpk และเปอร์เซ็นต์เสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการเป็นตัวประเมินผล จากการทดลองปรับปรุงวิธีการควบคุมกระบวนการพบว่า ค่าความสามารถเครื่องจักร (Cp) และค่าความสามารถของกระบวนการ (Cpk) มีค่าเพิ่มขึ้น รวมทั้งเปอร์เซ็นต์ของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตมีค่าลดลง

(บุญสม ประเสริฐอัครกุล, 2539) เพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมในการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ ของสายการผลิตบางส่วนในโรงงานตัวอย่าง และเพื่อเป็นแนวทางในการวัดประสิทธิผลเกี่ยวกับการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ สำหรับโรงงานตัวอย่าง จากการสำรวจและศึกษาพบว่าโรงงานตัวอย่างในส่วนงานผลิตชิ้นส่วนเสื้อสูบ, ลูกสูบ และแกนเลื่อนลูกสูบ บางจุดงานมีการใช้การควบคุมกระบวนการเชิงสถิติอย่างไม่ถูกต้อง และไม่เหมาะสม ได้ศึกษาวิจัยโดยวัดความสามารถของเครื่องจักร โดยวัดค่า CP และวัดความสามารถของกระบวนการ โดยวัดค่า CPK เพื่อออกแบบวิธีการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติที่เหมาะสม ผลการวิจัยได้ปรับปรุงวิธีการควบคุม

กระบวนการเชิงสถิติ 2 ลักษณะ คือ การใช้แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัย 2 จุดงาน และการใช้ใบตรวจสอบโดยอาศัยแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่อง (Continuous Sampling Plan หรือ CSP) 11 จุดงาน จากการวิจัยได้ประเมินผลแบ่งออกเป็น 4 อย่าง คือ 1) ค่า CP หรือ CPK ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต 2) ค่าความเที่ยงตรง ในการตรวจสอบของจุดตรวจสอบ 3) เปอร์เซนต์ของเสียของชิ้นงานที่เกิดขึ้น 4) จำนวนปริมาณการผลิตที่เกิดขึ้น จากการปรับปรุงวิธีการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติดังกล่างสรุปผลได้ดังนี้ 1) การใช้แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัย เปอร์เซนต์ของเสียของชิ้นงานที่เกิดขึ้นไม่แตกต่างจากก่อนการปรับปรุงเท่าใดนัก แต่ปริมาณการผลิตลดลงจากก่อนการปรับปรุงมาก 2) การใช้ใบตรวจสอบโดยอาศัยแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่อง CSP ค่าความเที่ยงตรงในการตรวจสอบของจุดตรวจสอบเพิ่มขึ้นจากก่อนการปรับปรุง

(สิทธิกร มโนมัยวิบูลย์, 2542) ในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ การจัดระบบควบคุมการผลิตที่ไม่เหมาะสมกับกระบวนการผลิตก่อให้เกิดผลเสียหาย เช่น ต้นทุนการผลิตสูง มีพัสดุคงคลังมาก ทั้งนี้เนื่องจากการขาดวัสดุเพื่อใช้ในการผลิต การจัดกำหนดการ และการจัดทรัพยากรสำหรับการผลิตที่ไม่เหมาะสม วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้พัฒนาระบบสารสนเทศในการควบคุมการผลิตสำหรับผู้ผลิต ชิ้นส่วนยานยนต์แห่งหนึ่ง เพื่อใช้แก้ปัญหาดังกล่าว การพัฒนาระบบได้จัดแบ่งออกเป็นสามส่วนหลักๆ ส่วนแรกเป็นการศึกษาและวิเคราะห์ระบบงานโดยใช้รูปแบบ IDEFO ส่วนที่สองเป็นการพัฒนาระบบงานของการควบคุมการผลิตและระบบสารสนเทศที่สนับ สนุนระบบงานซึ่งประกอบด้วยระบบการออกคำสั่งผลิต ระบบเก็บข้อมูล และระบบรายงานต่างๆ การพัฒนาระบบสารสนเทศในระบบฐานข้อมูล โดยใช้โปรแกรมจัดการฐานข้อมูล และโปรแกรมใช้งานฐานข้อมูล Microsoft FoxPro ซึ่งทำงานบนไมโครคอมพิวเตอร์ ส่วนสุดท้ายเป็นการทดสอบระบบโดยประยุกต์ใช้กับสายการผลิตสายหนึ่ง จากการทดสอบพบว่า เวลาการทำงานของบุคลากรและจำนวนสินค้าคงคลังของชิ้นงานระหว่างผลิตในขั้นตอน ต่างๆ ปรับลดลง ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของจำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ต่อชั่วโมงเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้สามารถลดปัญหาต้นทุนการผลิตสูงและพัสดุคงคลังได้มาก

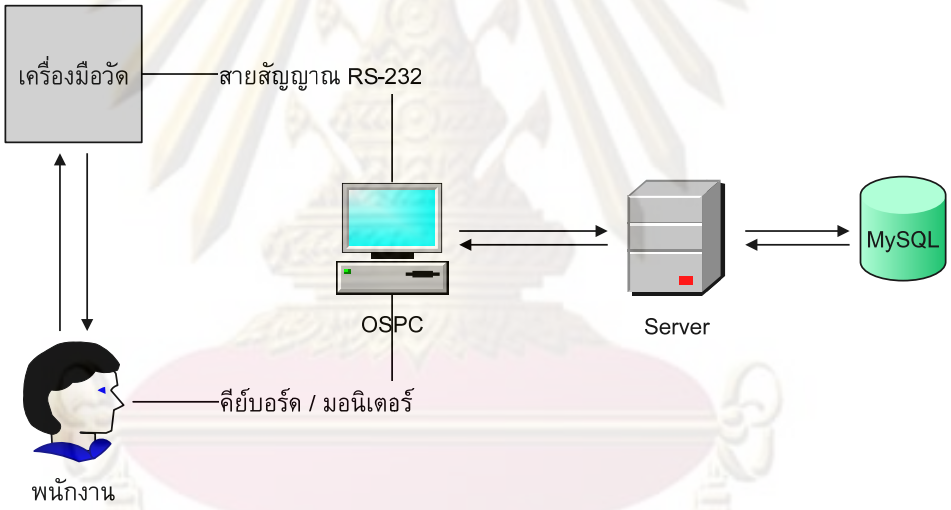
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การออกแบบและพัฒนาโปรแกรม

3.1 โครงสร้างของระบบ

จากปัญหาต่างๆของโรงงานกรณีศึกษาที่ได้กล่าวถึงในบทที่ 1 นำไปสู่การออกแบบและพัฒนาโปรแกรมเพื่อชี้บ่งสถานะในการผลิตและทำให้ผู้ปฏิบัติงานตอบสนองต่อสถานะนั้นได้อย่างทันท่วงที และสามารถเก็บข้อมูลในรูปแบบฐานข้อมูลเพื่อความสะดวกในการเรียกใช้หรือจัดทำรายงาน โดยการที่จะพัฒนาโปรแกรมที่มีลักษณะการทำงานดังกล่าวได้นั้น จำเป็นต้องมีระบบการจัดเก็บข้อมูลที่พัฒนาขึ้นโดยเฉพาะ เพื่อให้โปรแกรมสามารถติดต่อแลกเปลี่ยนข้อมูลได้ โดยระบบดังกล่าวมีโครงสร้างดังรูป



รูปที่ 25 โครงสร้างทางกายภาพของระบบ

ระบบนี้เป็นการประยุกต์การจัดเก็บข้อมูลแบบเก่าของโรงงานที่ใช้การเก็บข้อมูลเป็นไฟล์ข้อมูลไว้ในเครื่องเซิร์ฟเวอร์หลักของโรงงานผ่านระบบแลนภายใน โดยในระบบใหม่นี้ข้อมูลจากเครื่องวัดจะถูกบันทึกลงโปรแกรมผ่านทางสายสัญญาณ RS-232 หรือผ่านทางการป้อนข้อมูลด้วยคีย์บอร์ดจากพนักงาน เพื่อนำไปตรวจสอบความผิดปกติของกระบวนการผ่านแผนภูมิควบคุม และข้อมูลเหล่านี้จะถูกบันทึกลงเครื่องเซิร์ฟเวอร์ในรูปแบบไฟล์เช่นกัน แต่ข้อมูลจะถูกส่งไปเก็บไว้ในฐานข้อมูล MySQL ที่ติดตั้งในเครื่องเซิร์ฟเวอร์อีกทีหนึ่ง เพื่อความสะดวกในการเรียกใช้และอ้างอิงข้อมูล การที่เลือกใช้ฐานข้อมูล MySQL นั้น เนื่องจากเป็นระบบฐานข้อมูลที่มีประสิทธิภาพ

รองรับข้อมูลจำนวนมากได้ และเป็นฐานข้อมูลที่เปิดให้ติดตั้งใช้งานได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย โดยในส่วนของการออกแบบฐานข้อมูลนั้นจะกล่าวถึงอย่างละเอียดในหัวข้อระบบฐานข้อมูล

3.2 แผนผังการทำงานของโปรแกรม

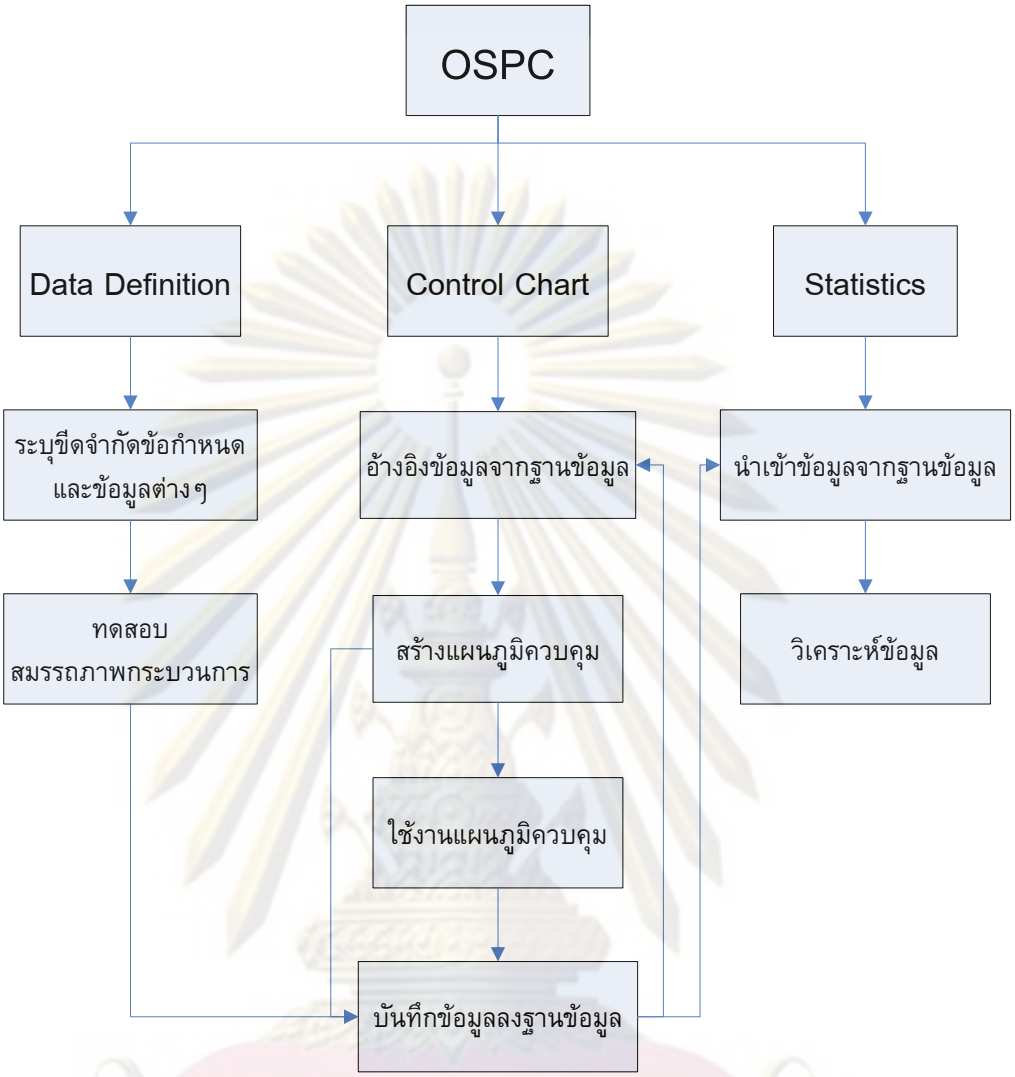
ในโรงงานกรณีศึกษาแบ่งการทำงานในการควบคุมคุณภาพการผลิตเป็น 4 ช่วงคือ Pilot Run, Process Evaluation Run, Initial Run และ Mass Production Run นอกจากนี้ยังมีการนำข้อมูลจากช่วงต่างๆ ไปวิเคราะห์ทางสถิติอีกด้วย

จากการศึกษารูปแบบการทำงานในช่วงต่างๆของโรงงาน นำไปสู่การพัฒนาโปรแกรมเพื่อรองรับการทำงานดังกล่าว โดยแบ่งชนิดเอกสารการทำงานของโปรแกรมออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่

1) **การระบุข้อมูล** (Data Definition) เป็นเอกสารการทำงานในการระบุข้อมูลเบื้องต้นของกระบวนการ รวมถึงการทดสอบสมรรถภาพของกระบวนการ ซึ่งเป็นการรองรับการทำงานในช่วง Pilot Run และ Process Evaluation Run
2) **แผนภูมิควบคุม** (Control Charts) เป็นเอกสารการทำงานที่ใช้ในการสร้างและใช้งานแผนภูมิควบคุมในการเฝ้าติดตามกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นการรองรับการทำงานในช่วง Initial Run และ Mass Production Run
3) **สถิติ** (Statistics) เป็นเอกสารการทำงานสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยกราฟและการทดสอบสมมุติฐานทางสถิติ ซึ่งเป็นการรองรับการทำงานในการนำข้อมูลจากช่วงต่างๆ ไปวิเคราะห์ทางสถิติ

ทั้ง 3 ชนิดเอกสารการทำงานของโปรแกรมจะมีการติดต่อแลกเปลี่ยนข้อมูลกับฐานข้อมูล โดยเอกสารการทำงานชนิดการระบุข้อมูล จะบันทึกข้อมูลเบื้องต้นและการทดสอบสมรรถภาพกระบวนการลงฐานข้อมูล เอกสารการทำงานชนิดแผนภูมิควบคุม จะอ้างอิงข้อมูลเบื้องต้นต่างๆ จากฐานข้อมูลและบันทึกข้อมูลในการสร้างและใช้งานแผนภูมิควบคุมลงฐานข้อมูล และเอกสารการทำงานชนิดสถิติ จะดึงข้อมูลในช่วงต่างๆ จากฐานข้อมูลมาวิเคราะห์ ซึ่งสามารถแสดงแผนผังการทำงานของเอกสารการทำงานทั้ง 3 ได้ดังรูปต่อไปนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



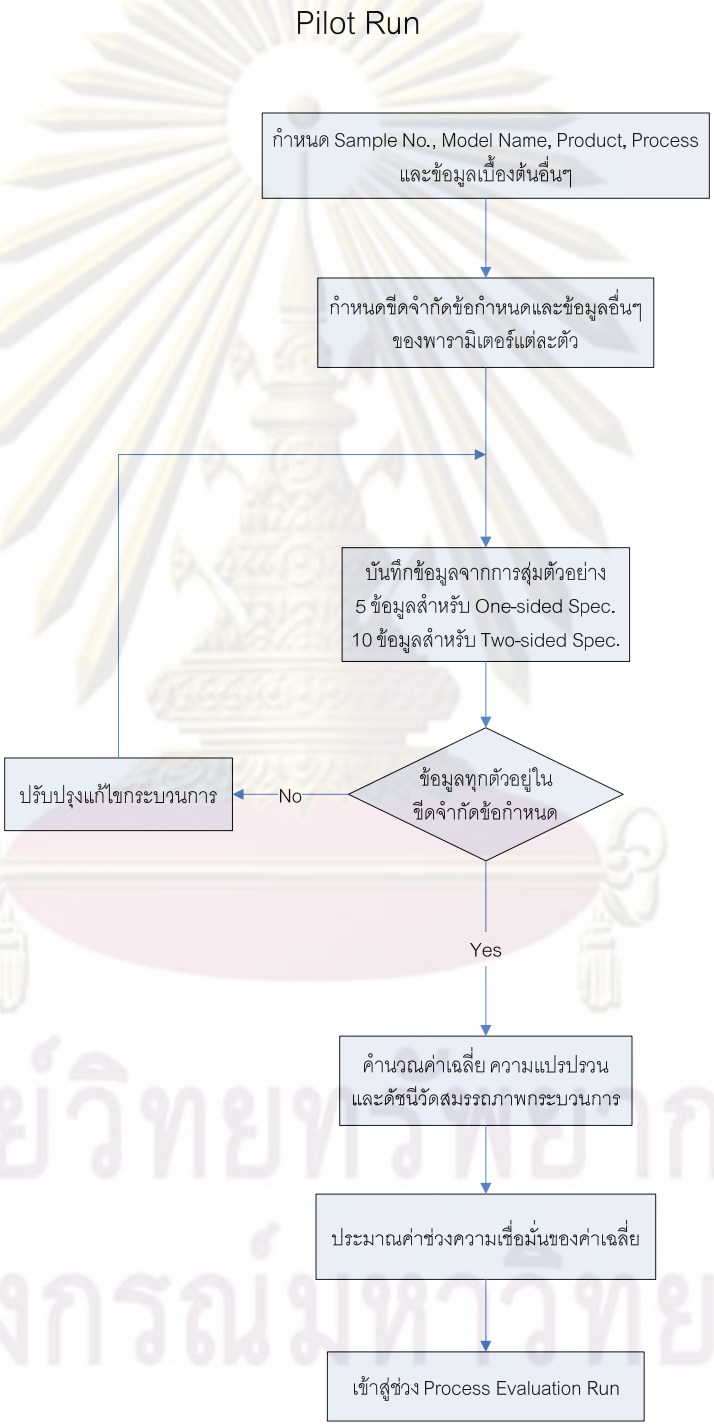
รูปที่ 26 แผนผังการทำงานของโปรแกรม

3.3 **เอกสารการทำงานชนิดการระบุข้อมูล** (Data Definition)

เป็นเอกสารการทำงานที่ใช้ในการระบุขีดจำกัดข้อกำหนด และข้อมูลต่างๆของกลุ่มพารามิเตอร์ที่จะทำการควบคุมคุณภาพระหว่างผลิต รวมถึงการทำการวัดสมรรถภาพกระบวนการในเบื้องต้นด้วยดัชนีวัดสมรรถภาพกระบวนการ การประมาณค่าช่วงความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยและการทดสอบสมมุติฐานค่าความแปรปรวน โดยแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ช่วงคือ Pilot Run และ Process Evaluation Run

ในช่วง Pilot Run ซึ่งเป็นขั้นตอนการทดสอบสมรรถภาพกระบวนการเบื้องต้นของกระบวนการใหม่ เพื่อทดสอบว่าเครื่องจักรสามารถผลิตชิ้นงานได้ตามขีดจำกัดข้อกำหนดหรือไม่ โดยเป็นการสุ่มตัวอย่างจากการทดลองผลิตจำนวน 5 ตัวอย่างสำหรับขีดจำกัดข้อกำหนดแบบ

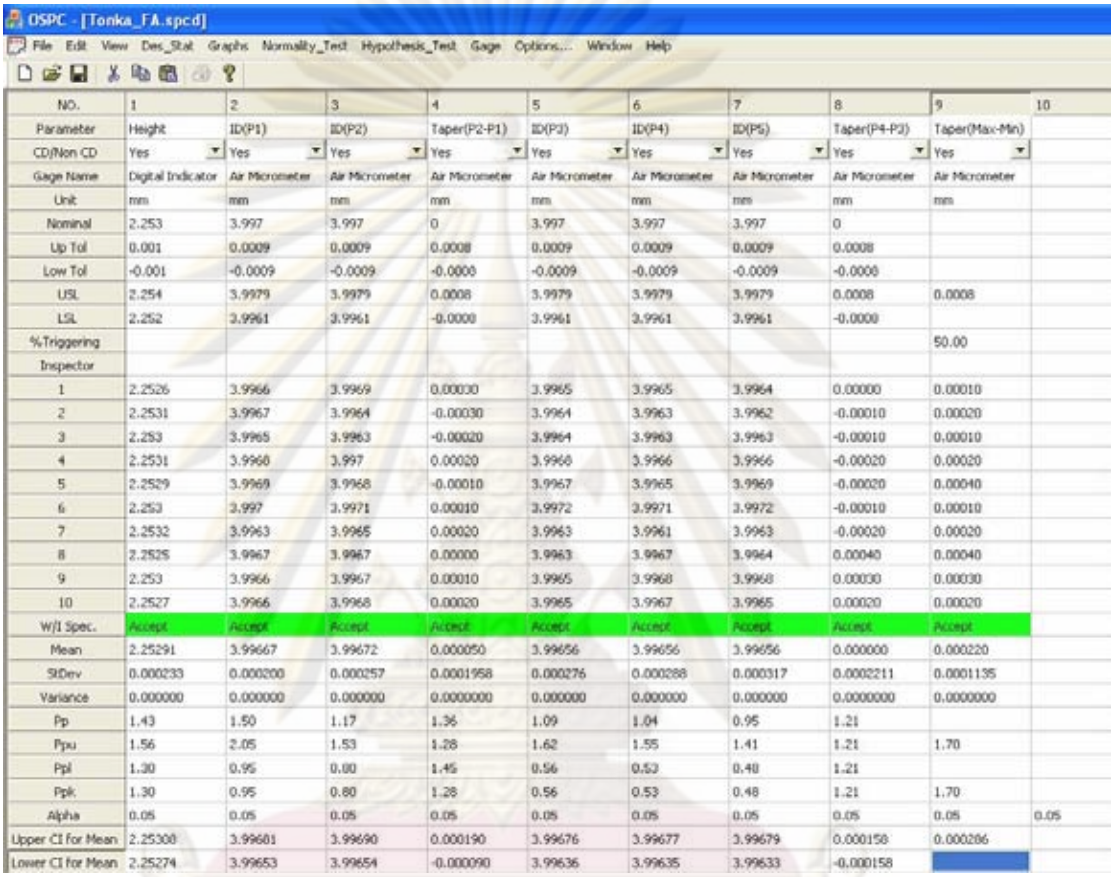
ด้านเดียว และ 10 ตัวอย่างสำหรับขีดจำกัดข้อกำหนดแบบสองด้าน และนำข้อมูลเหล่านั้นมาประมาณค่าช่วงความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ย รวมถึงการคำนวณค่าเฉลี่ย ค่าความแปรปรวน และดัชนีวัดสมรรถภาพกระบวนการ ซึ่งสามารถแสดงแผนภาพการทำงานได้ดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 27 ขั้นตอนการทำงานในช่วง Pilot Run

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการศึกษาขั้นตอนการทำงานดังกล่าว สามารถออกแบบหน้าต่างการทำงานของโปรแกรมในช่วง Pilot Run ได้ดังรูป


OSPC - [Tonka_FA.spcd]

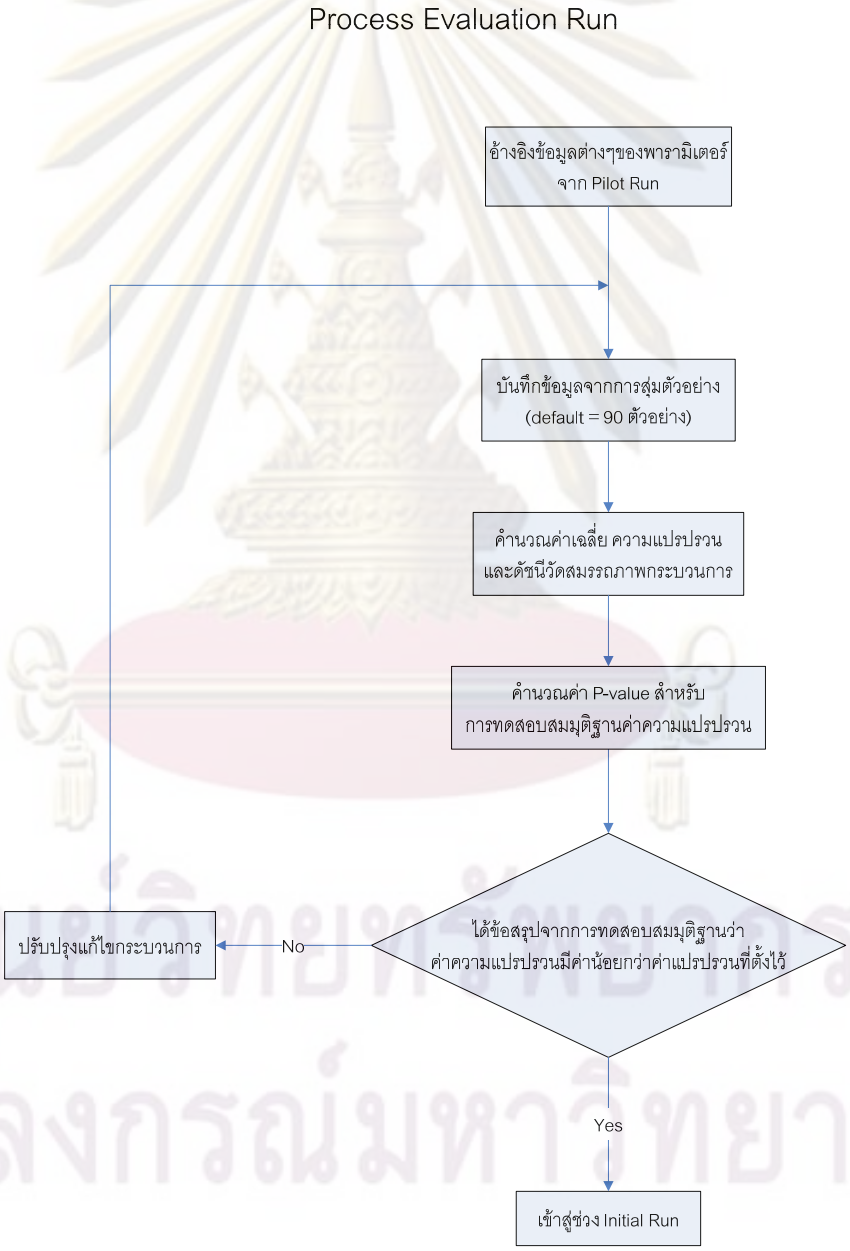
File Edit View Des_Stat Graphs Normality_Test Hypothesis_Test Gage Options... Window Help

NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Parameter	Height	ID(P1)	ID(P2)	Taper(P2-P1)	ID(P3)	ID(P4)	ID(P5)	Taper(P4-P3)	Taper(Max-Min)	
CD/Non CD	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
Gage Name	Digital Indicator	Air Micrometer	Air Micrometer	Air Micrometer	Air Micrometer	Air Micrometer	Air Micrometer	Air Micrometer	Air Micrometer	
Unit	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
Nominal	2.253	3.997	3.997	0	3.997	3.997	3.997	0		
Up Tol	0.001	0.0009	0.0009	0.0008	0.0009	0.0009	0.0009	0.0008		
Low Tol	-0.001	-0.0009	-0.0009	-0.0000	-0.0009	-0.0009	-0.0009	-0.0000		
USL	2.254	3.9979	3.9979	0.0008	3.9979	3.9979	3.9979	0.0008	0.0008	
LSL	2.252	3.9961	3.9961	-0.0000	3.9961	3.9961	3.9961	-0.0000		
%Triggering									50.00	
Inspector										
1	2.2526	3.9966	3.9969	0.00030	3.9965	3.9965	3.9964	0.00000	0.00010	
2	2.2531	3.9967	3.9964	-0.00030	3.9964	3.9963	3.9962	-0.00010	0.00020	
3	2.253	3.9965	3.9963	-0.00020	3.9964	3.9963	3.9963	-0.00010	0.00010	
4	2.2531	3.9968	3.997	0.00020	3.9968	3.9966	3.9966	-0.00020	0.00020	
5	2.2529	3.9969	3.9968	-0.00010	3.9967	3.9965	3.9969	-0.00020	0.00040	
6	2.253	3.997	3.9971	0.00010	3.9972	3.9971	3.9972	-0.00010	0.00010	
7	2.2532	3.9963	3.9965	0.00020	3.9963	3.9961	3.9963	-0.00020	0.00020	
8	2.2525	3.9967	3.9967	0.00000	3.9963	3.9967	3.9964	0.00040	0.00040	
9	2.253	3.9966	3.9967	0.00010	3.9965	3.9968	3.9968	0.00030	0.00030	
10	2.2527	3.9966	3.9968	0.00020	3.9965	3.9967	3.9965	0.00020	0.00020	
W/I Spec.	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	
Mean	2.25291	3.99667	3.99672	0.000050	3.99656	3.99656	3.99656	0.000000	0.000220	
StDev	0.000233	0.000200	0.000257	0.0001958	0.000276	0.000288	0.000317	0.0002211	0.0001135	
Variance	0.000000	0.000000	0.000000	0.0000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.0000000	0.0000000	
Pp	1.43	1.50	1.17	1.36	1.09	1.04	0.95	1.21		
Ppu	1.56	2.05	1.53	1.28	1.62	1.55	1.41	1.21	1.70	
Ppl	1.30	0.95	0.80	1.45	0.56	0.53	0.48	1.21		
Ppk	1.30	0.95	0.80	1.28	0.56	0.53	0.48	1.21	1.70	
Alpha	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Upper CI for Mean	2.25308	3.99681	3.99690	0.000190	3.99676	3.99677	3.99679	0.000158	0.000286	
Lower CI for Mean	2.25274	3.99653	3.99654	-0.000090	3.99636	3.99635	3.99633	-0.000158		

รูปที่ 28 หน้าต่างการทำงานในช่วง Pilot Run

โดยโปรแกรมจะตรวจสอบว่าข้อมูลที่บันทึกอยู่ในขีดจำกัดข้อกำหนดหรือไม่ จากข้อความในแถว “W/I Spec.” ซึ่งจะแสดงค่า “Accept” เมื่อข้อมูลตัวอย่างทั้งหมดอยู่ในขีดจำกัดข้อกำหนด และแสดงค่า “Reject” เมื่อมีข้อมูลตัวอย่างน้อย 1 ตัวออกนอกขีดจำกัดข้อกำหนด นอกจากนี้โปรแกรมจะคำนวณค่าทางสถิติต่างๆ สำหรับพารามิเตอร์แต่ละตัวได้แก่ ค่าเฉลี่ย ”Mean”, ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน “StDev”, ความแปรปรวน “Variance”, ดัชนีวัดสมรรถภาพของกระบวนการในระยะยาว “Pp”, “Ppu”, “Ppl”, “Ppk” และขอบเขตการประมาณค่าเฉลี่ยแบบช่วง ”Upper CI for Mean”, “Lower CI for Mean” เพื่อใช้ประกอบการพิจารณาสมรรถภาพการผลิตของกระบวนการในขั้นต้น

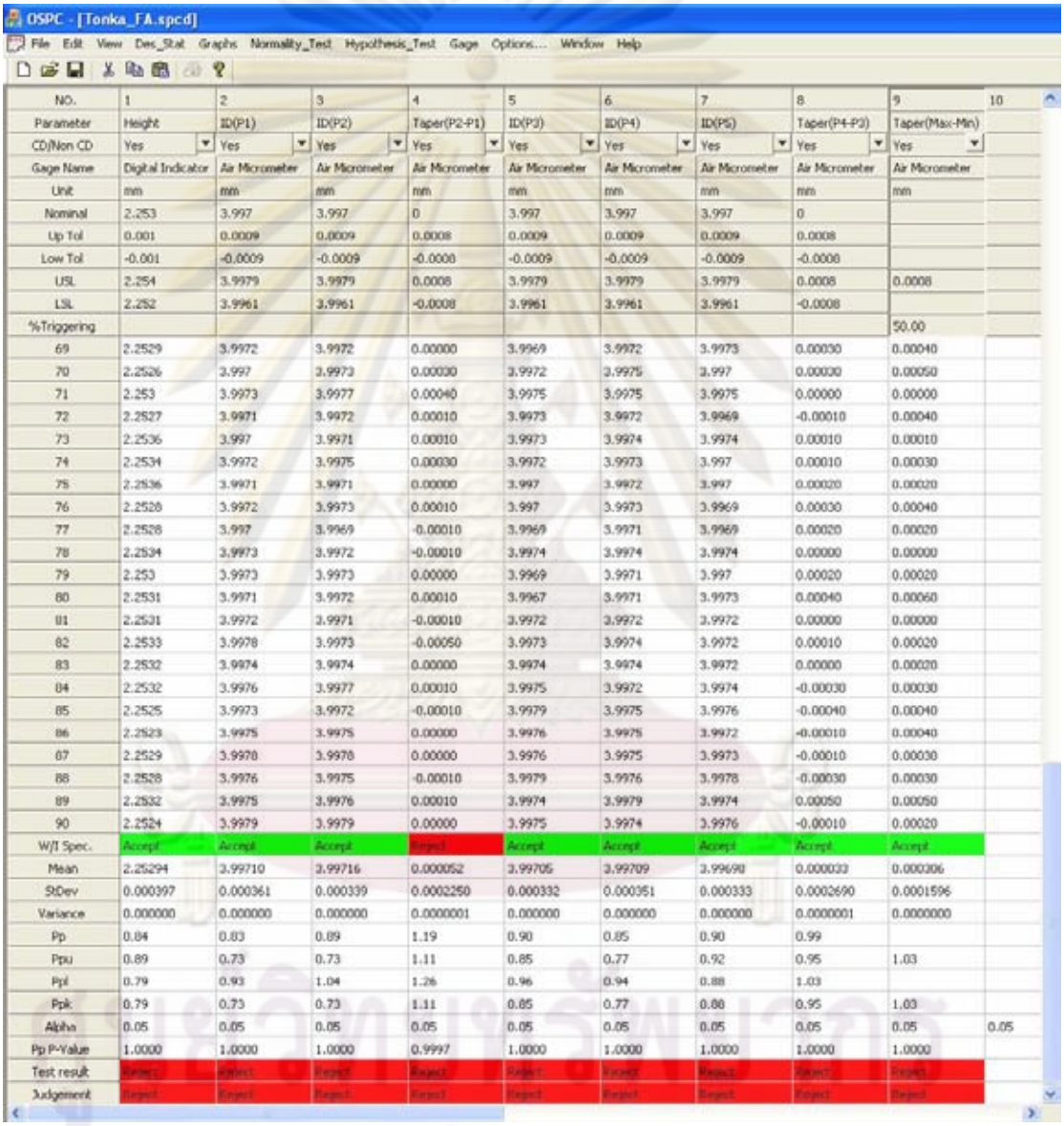
ต่อจากการทำงานในช่วง Pilot Run จะเป็นการทำงานในช่วง Process Evaluation Run ซึ่งเป็นขั้นในการประเมินกระบวนการผลิตว่าสามารถที่จะผลิตชิ้นงานนั้นได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่ โดยใช้การทดสอบสมมุติฐานค่าความแปรปรวน จากวิธีการทดสอบของกิติศักดิ์ (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2537) ซึ่งใช้การสุ่มตัวอย่างจากการทดลองผลิตจำนวน 90 ตัวอย่าง มาทดสอบสมมุติฐานค่าความแปรปรวน รวมถึงการคำนวณค่าเฉลี่ย ค่าความแปรปรวน และดัชนีวัดสมรรถภาพกระบวนการ โดยสามารถแสดงขั้นตอนการทำงานได้ดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 29 ขั้นตอนการทำงานในช่วง Process Evaluation Run

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในการทำงานของโปรแกรมช่วง Process Evaluation Run นั้นจะคล้ายกับการทำงานช่วง Pilot Run แต่ใช้ขนาดตัวอย่างมากกว่า และใช้การทดสอบสมมุติฐานค่าความแปรปรวน โดยสามารถแสดงหน้าต่างการทำงานของโปรแกรมได้ดังนี้



NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Parameter	Height	ID(P1)	ID(P2)	Taper(P2-P1)	ID(P3)	ID(P4)	ID(P5)	Taper(P4-P3)	Taper(Max-Min)	
CD/Non CD	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
Gage Name	Digital Indicator	Air Micrometer	Air Micrometer	Air Micrometer	Air Micrometer	Air Micrometer	Air Micrometer	Air Micrometer	Air Micrometer	
Unit	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
Nominal	2.253	3.997	3.997	0	3.997	3.997	3.997	0		
Up Tol	0.001	0.0009	0.0009	0.0008	0.0009	0.0009	0.0009	0.0008		
Low Tol	-0.001	-0.0009	-0.0009	-0.0008	-0.0009	-0.0009	-0.0009	-0.0008		
USL	2.254	3.9979	3.9979	0.0008	3.9979	3.9979	3.9979	0.0008	0.0008	
LSL	2.252	3.9961	3.9961	-0.0008	3.9961	3.9961	3.9961	-0.0008		
%Triggering									50.00	
69	2.2529	3.9972	3.9972	0.00000	3.9969	3.9972	3.9973	0.00030	0.00040	
70	2.2526	3.997	3.9973	0.00030	3.9972	3.9975	3.997	0.00030	0.00050	
71	2.253	3.9973	3.9977	0.00040	3.9975	3.9975	3.9975	0.00000	0.00000	
72	2.2527	3.9971	3.9972	0.00010	3.9973	3.9972	3.9969	-0.00010	0.00040	
73	2.2536	3.997	3.9971	0.00010	3.9973	3.9974	3.9974	0.00010	0.00010	
74	2.2534	3.9972	3.9975	0.00030	3.9972	3.9973	3.997	0.00010	0.00030	
75	2.2536	3.9971	3.9971	0.00000	3.997	3.9972	3.997	0.00020	0.00020	
76	2.2528	3.9972	3.9973	0.00010	3.997	3.9973	3.9969	0.00030	0.00040	
77	2.2528	3.997	3.9969	-0.00010	3.9969	3.9971	3.9969	0.00020	0.00020	
78	2.2534	3.9973	3.9972	-0.00010	3.9974	3.9974	3.9974	0.00000	0.00000	
79	2.253	3.9973	3.9973	0.00000	3.9969	3.9971	3.997	0.00020	0.00020	
80	2.2531	3.9971	3.9972	0.00010	3.9967	3.9971	3.9973	0.00040	0.00060	
81	2.2531	3.9972	3.9971	-0.00010	3.9972	3.9972	3.9972	0.00000	0.00000	
82	2.2533	3.9978	3.9973	-0.00050	3.9973	3.9974	3.9972	0.00010	0.00020	
83	2.2532	3.9974	3.9974	0.00000	3.9974	3.9974	3.9972	0.00000	0.00020	
84	2.2532	3.9976	3.9977	0.00010	3.9975	3.9972	3.9974	-0.00030	0.00030	
85	2.2525	3.9973	3.9972	-0.00010	3.9979	3.9975	3.9976	-0.00040	0.00040	
86	2.2523	3.9975	3.9975	0.00000	3.9976	3.9975	3.9972	-0.00010	0.00040	
87	2.2529	3.9978	3.9978	0.00000	3.9976	3.9975	3.9973	-0.00010	0.00030	
88	2.2528	3.9976	3.9975	-0.00010	3.9979	3.9976	3.9978	-0.00030	0.00030	
89	2.2532	3.9975	3.9976	0.00010	3.9974	3.9979	3.9974	0.00050	0.00050	
90	2.2524	3.9979	3.9979	0.00000	3.9975	3.9974	3.9976	-0.00010	0.00020	
W/I Spec.	Accept	Accept	Accept	Reject	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept	
Mean	2.25294	3.99710	3.99716	0.000052	3.99705	3.99709	3.99690	0.000033	0.000306	
StDev	0.000397	0.000361	0.000339	0.0002250	0.000332	0.000351	0.000333	0.0002690	0.0001596	
Variance	0.000000	0.000000	0.000000	0.0000001	0.000000	0.000000	0.000000	0.0000001	0.0000000	
Pp	0.84	0.83	0.89	1.19	0.90	0.85	0.90	0.99		
Ppu	0.89	0.73	0.73	1.11	0.85	0.77	0.92	0.95	1.03	
Ppl	0.79	0.93	1.04	1.26	0.96	0.94	0.88	1.03		
Ppk	0.79	0.73	0.73	1.11	0.85	0.77	0.88	0.95	1.03	
Alpha	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Pp P-Value	1.0000	1.0000	1.0000	0.9997	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	
Test result	Reject	Reject	Reject	Reject	Reject	Reject	Reject	Reject	Reject	
Judgement	Reject	Reject	Reject	Reject	Reject	Reject	Reject	Reject	Reject	

รูปที่ 30 หน้าต่างการทำงานในช่วง Process Evaluation Run

ในการทดสอบสมมุติฐานค่าความแปรปรวนจะแสดงค่า P-Value ในช่อง “Pp P-Value” และแสดงผลของการทดสอบในช่อง “Test result” โดย “Accept” หมายถึงพารามิเตอร์นี้ผ่านการ

ทดสอบและ “Reject” หมายถึงพารามิเตอร์นี้ไม่ผ่านการทดสอบ ส่วนช่อง “Judgement” นั้นเป็นการตัดสินขั้นสุดท้ายว่าพารามิเตอร์นี้ผ่านการประเมินหรือไม่ โดยจะผ่านการประเมินเมื่อช่อง “Judgement” จะมีค่าเป็น “Accept” ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อช่อง “W/I Spec.” มีค่าเป็น “Accept” และช่อง “Test result” มีค่าเป็น “Accept” ด้วยเท่านั้น

3.4 **เอกสารการทำงานชนิดแผนภูมิควบคุม** (Control Chart)

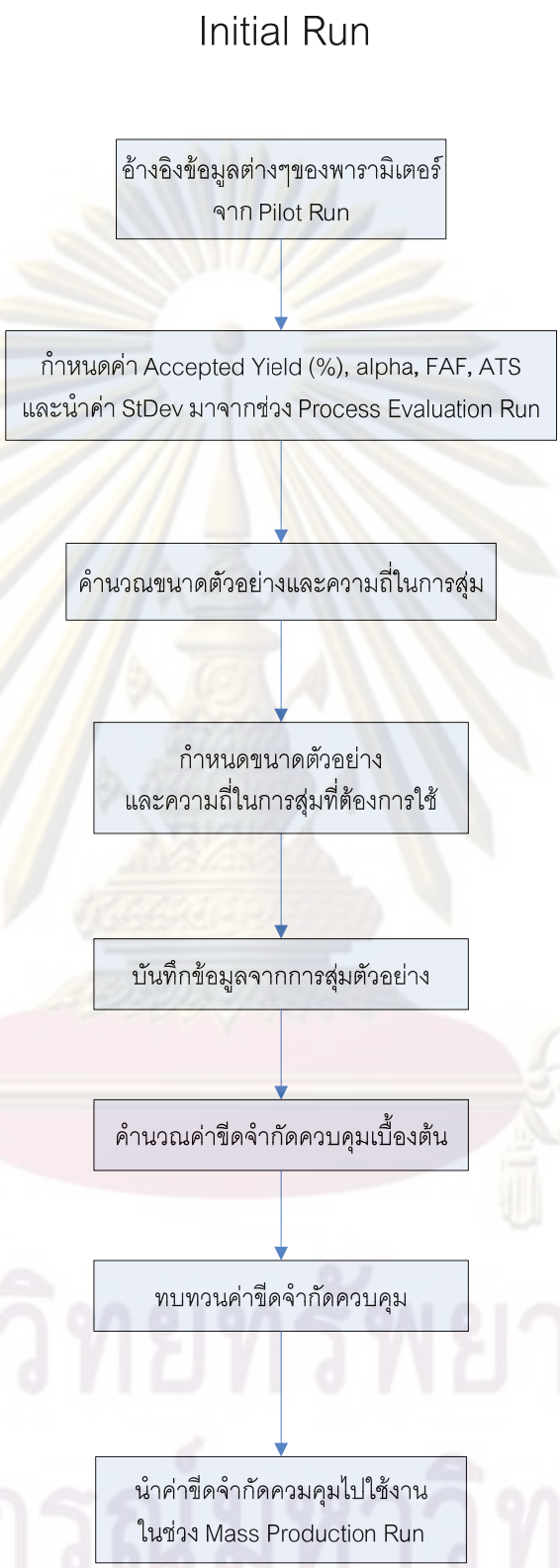
เอกสารการทำงานชนิดนี้เกี่ยวข้องกับการสร้างและใช้งานแผนภูมิควบคุม โดยโปรแกรมรองรับแผนภูมิควบคุมที่โรงงานกรณีศึกษาใช้งานคือ แผนภูมิควบคุม Xbar-R และแผนภูมิควบคุม I-MR และยังได้เพิ่มแผนภูมิควบคุม Modified Xbar-R สำหรับกระบวนการผลิตที่มีสมรรถภาพกระบวนการสูงขึ้นมาอีกแผนภูมิหนึ่ง เพื่อใช้สำหรับกระบวนการผลิตที่มีสมรรถภาพกระบวนการสูง โดยแผนภูมิควบคุม Modified Xbar-R นี้คำนวณค่าขีดจำกัดควบคุมมาจากค่าขีดจำกัดข้อกำหนด จึงทำให้ความถี่ในการแจ้งเตือนความผิดปกติของกระบวนการเป็นไปอย่างสมเหตุสมผลยิ่งขึ้น

โดยการทำงานในส่วนนี้ของโรงงานแบ่งได้เป็น 4 แบบด้วยกันคือ Initial Run, Mass Production Run, Revise Sampling Plan และ Revise Control Limit ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดการทำงานในแต่ละแบบได้ดังนี้

3.4.1 Initial Run

เป็นขั้นตอนการทำงานในการสร้างแผนภูมิควบคุมขึ้นใหม่ หรือคือการคำนวณค่าขีดจำกัดควบคุมขึ้นเพื่อใช้ในการควบคุมกระบวนการ โดยสามารถสรุปขั้นตอนการทำงานในช่วง Initial Run ได้ดังแผนภาพต่อไปนี้

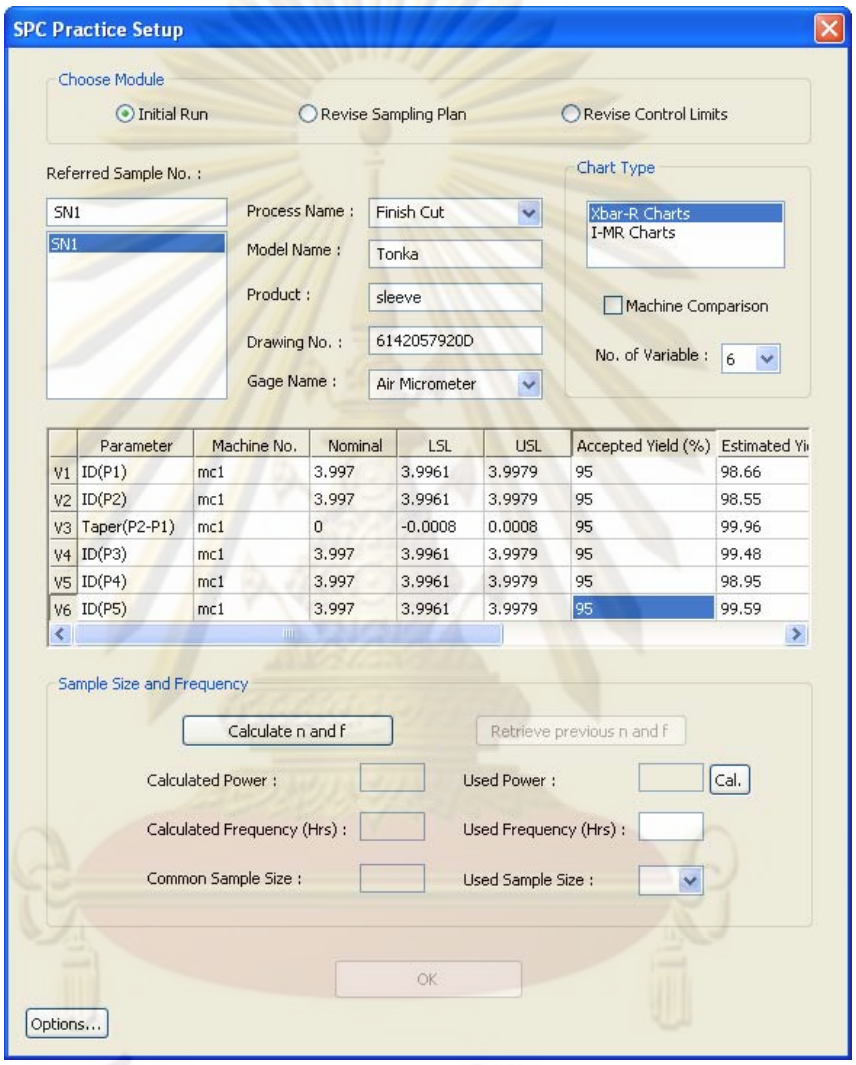
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 31 ขั้นตอนการทำงานในช่วง Initial Run

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

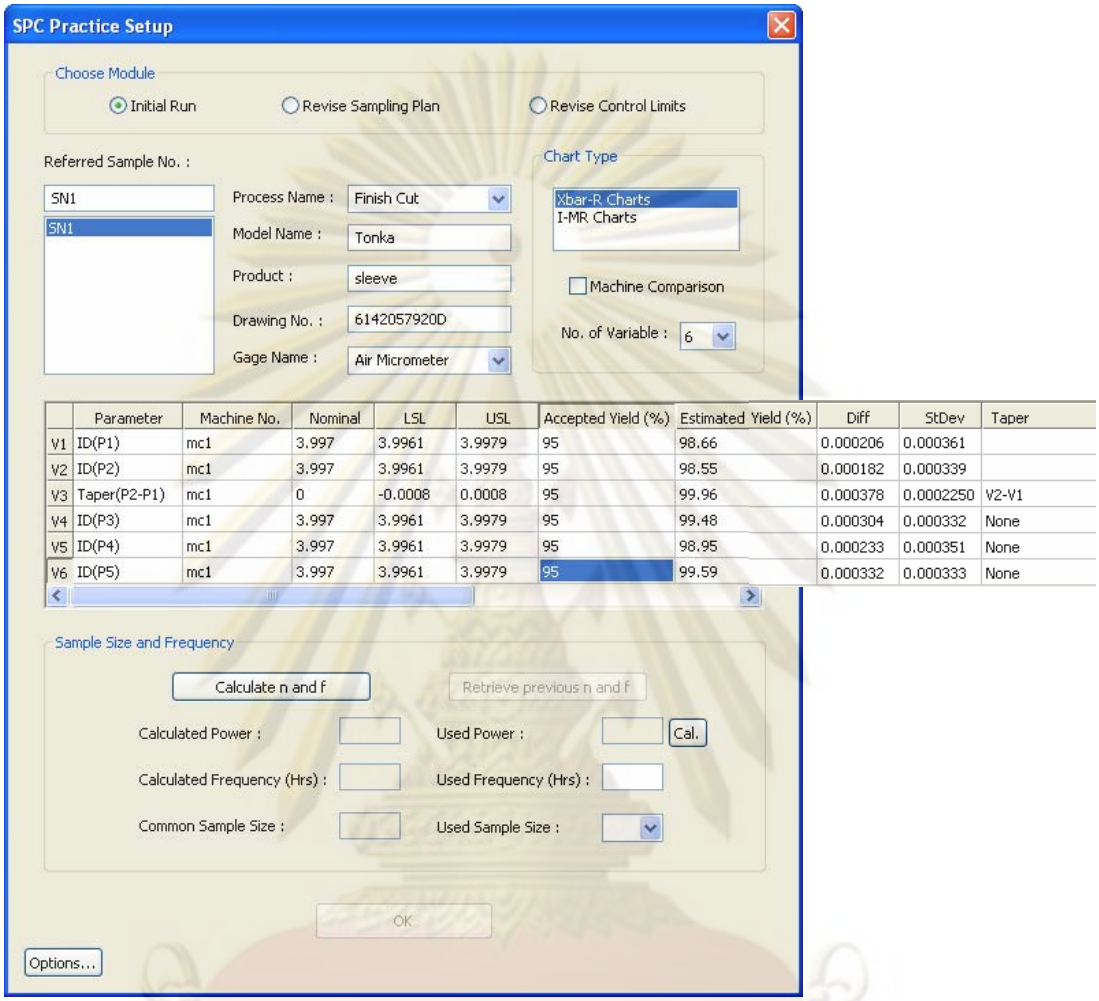
จากขั้นตอนการทำงานในช่วง Initial Run สามารถออกแบบหน้าต่าง “SPC Practice Setup” ซึ่งใช้สำหรับในการเลือกพารามิเตอร์, ชนิดแผนภูมิควบคุม และการคำนวณแผนการสุ่มตัวอย่างได้ดังรูป



รูปที่ 32 หน้าต่าง “SPC Practice Setup”

ในช่วง Initial Run มีแผนภูมิให้เลือกใช้งาน 2 แผนภูมิคือ “Xbar-R Charts” และ “I-MR Charts” โดยการใช้งานโปรแกรมในแต่ละแผนภูมิ มีรูปแบบการทำงานที่ต่างกัน ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

3.4.1.1 การใช้งานแผนภูมิ Xbar-R ในช่วง Initial Run



รูปที่ 33 หน้าต่าง “SPC Practice Setup” ในช่วง Initial Run เมื่อเลือกแผนภูมิ Xbar-R

ในแผนภูมิ Xbar-R นั้นจำเป็นต้องมีฟังก์ชันในการคำนวณขนาดตัวอย่าง ซึ่งในการคำนวณขนาดตัวอย่างนั้นต้องใช้ค่า “StDev” และค่า “Diff” ในการคำนวณ โปรแกรมจะนำค่า “StDev” ของพารามิเตอร์นั้นๆ มาจากช่วง Process Evaluation Run ส่วนค่า “Diff” นั้นเป็นความต่างสูงสุดของค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่ยอมให้เคลื่อนออกไปจากค่าปกติ โดยใช้หลักว่าความต่างสูงสุดที่เคลื่อนไปได้จะต้องไม่ก่อให้เกิดของเสียมากกว่าที่กำหนด ซึ่งอัตราของเสียนี้กำหนดโดยค่า “Accepted Yield (%)” หรือค่าเปอร์เซนต์ Yield ที่ยอมรับได้ ค่า “Diff” สามารถคำนวณได้ดังสูตรต่อไปนี้

ขีดจำกัดข้อกำหนดด้านเดียว ด้าน Upper $diff = USL - Z_{1-\gamma}S - \bar{x}$

ด้าน Lower $diff = \bar{x} - LSL + Z_{\gamma}S$

ขีดจำกัดข้อกำหนดสองด้าน ถ้า $\bar{x} \geq$ Nominal $diff = USL - Z_{1-\gamma}S - \bar{x}$

ถ้า $\bar{x}$ < Nominal $diff = \bar{x} - LSL + Z_{\gamma}S$

เมื่อ γ = 1 - Accepted yield/100

โดยค่า S และ $\bar{x}$ โปรแกรมจะนำมาจากช่วง Process Evaluation Run ส่วนค่า “Diff” ที่คำนวณออกมาได้นั้นหากติดลบแสดงว่าแต่เดิมกระบวนการมีอัตราของเสียมากกว่าที่กำหนดโดย “Accepted Yield (%)” จึงจำเป็นต้องกำหนด “Accepted Yield (%)” ให้น้อยกว่าค่า “Estimated Yield (%)” ซึ่งเป็นค่าที่โปรแกรมจะคำนวณให้เมื่อกำหนดค่า “Accepted Yield (%)” โดย “Estimated Yield (%)” คำนวณได้จากสูตรดังนี้

ขีดจำกัดข้อกำหนดด้านเดียว

ด้าน Upper $\text{estimated yield (\%)} = \left[1 - NORMSDIST\left(-\frac{USL - \bar{x}}{S}\right)\right] \times 100$

ด้าน Lower $\text{estimated yield (\%)} = \left[1 - NORMSDIST\left(\frac{LSL - \bar{x}}{S}\right)\right] \times 100$

ขีดจำกัดข้อกำหนดสองด้าน

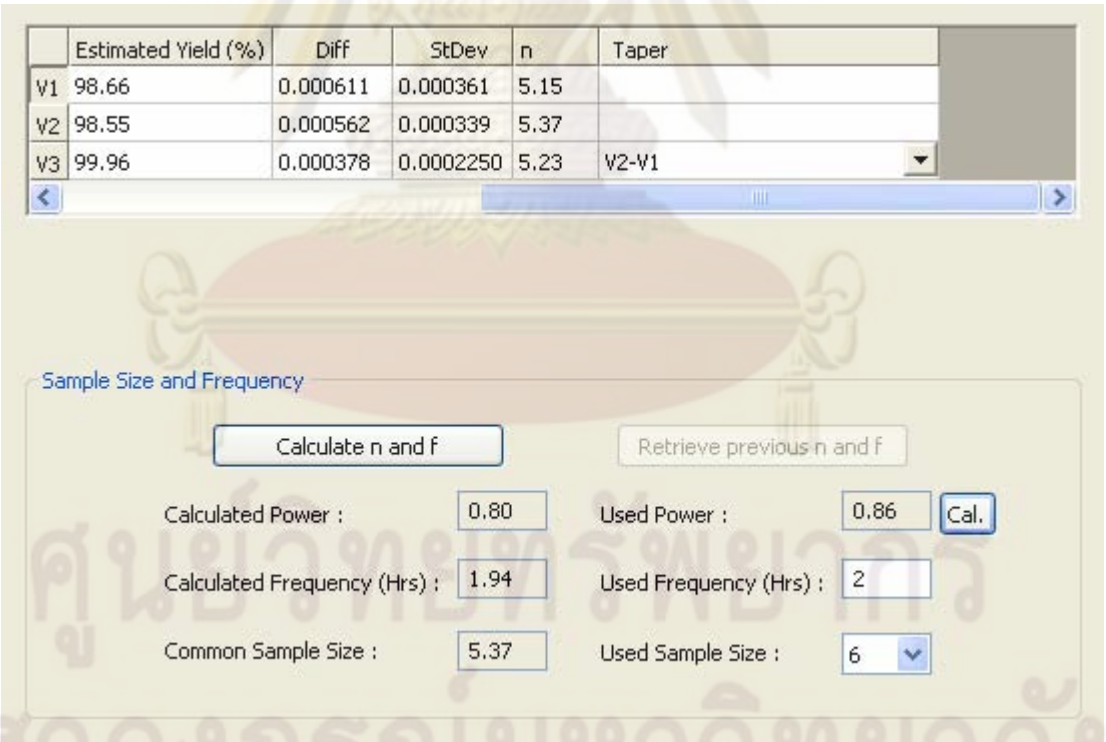
ถ้า $\bar{x} \geq$ Nominal $\text{estimated yield (\%)} = \left[1 - NORMSDIST\left(-\frac{USL - \bar{x}}{S}\right)\right] \times 100$

ถ้า $\bar{x}$ < Nominal $\text{estimated yield (\%)} = \left[1 - NORMSDIST\left(\frac{LSL - \bar{x}}{S}\right)\right] \times 100$

หลังจากได้ค่า “StDev” และ “Diff” แล้วจึงสามารถคำนวณแผนการสุ่มตัวอย่างได้จากการกดปุ่ม “Calculate n and f” ซึ่งจะปรากฏหน้าต่างให้กำหนดค่า “Alpha”, “FAF (Hrs)” และ “Beta” ดังรูปต่อไปนี้

รูปที่ 34 หน้าต่าง “Calculate Sample Size and Frequency”

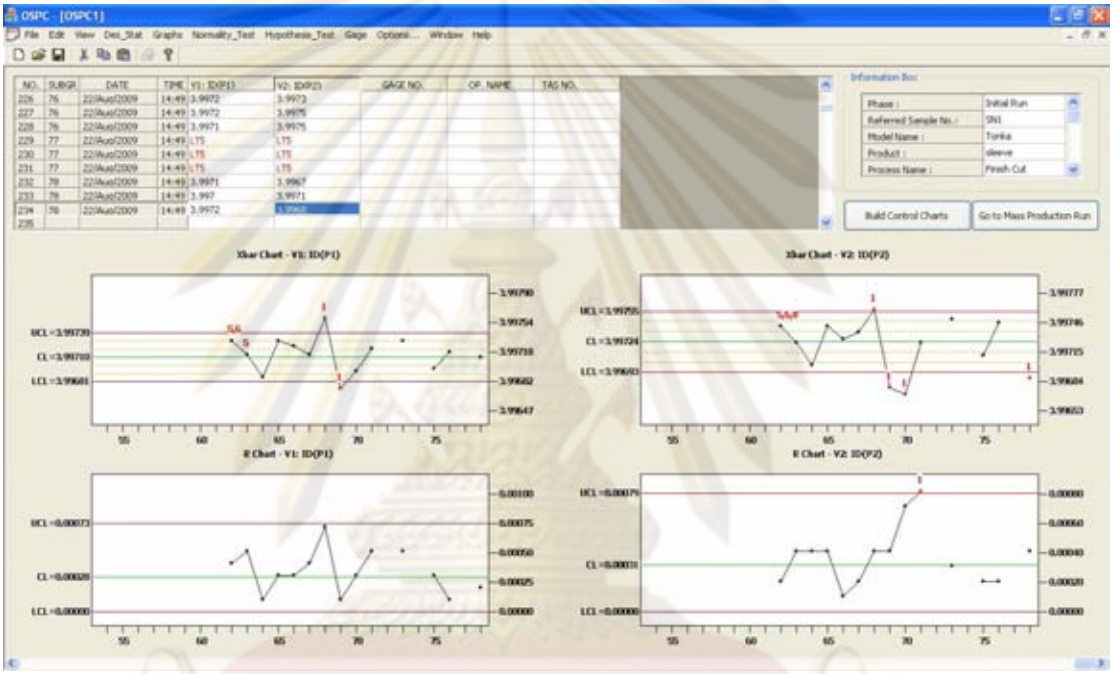
โปรแกรมจะคำนวณขนาดตัวอย่างของพารามิเตอร์แต่ละตัว แล้วนำขนาดตัวอย่างที่มากที่สุดมาแสดงในช่อง “Common Sample Size” ส่วนความถี่ในการสุ่มที่คำนวณได้จะแสดงในช่อง “Calculate Frequency (Hrs)” พร้อมทั้งคำนวณค่า Power หรือ 1-β แสดงในช่อง “Calculated Power” ดังรูป



รูปที่ 35 การแสดงผลขนาดตัวอย่างและความถี่ในการสุ่มที่คำนวณได้

จากนั้นผู้ใช้สามารถกำหนดความถี่ในการสุ่มและขนาดตัวอย่างที่ใช้จริงในช่อง “Used Frequency (Hrs)” และ “Used Sample Size” ตามลำดับ และสามารถคำนวณค่า Power ของแผนการสุ่มที่จะใช้นี้ในช่อง “Used Power”

เมื่อกำหนดค่าต่างๆ ในหน้าต่าง “SPC Practice Setup” เป็นที่เรียบร้อยก็จะเข้าสู่หน้าต่างหลักของช่วง Initial Run ซึ่งใช้สำหรับบันทึกข้อมูลที่สุ่มตัวอย่างมาจากแผนการสุ่มตัวอย่าง เพื่อนำมาคำนวณค่าขีดจำกัดควบคุมดังรูป

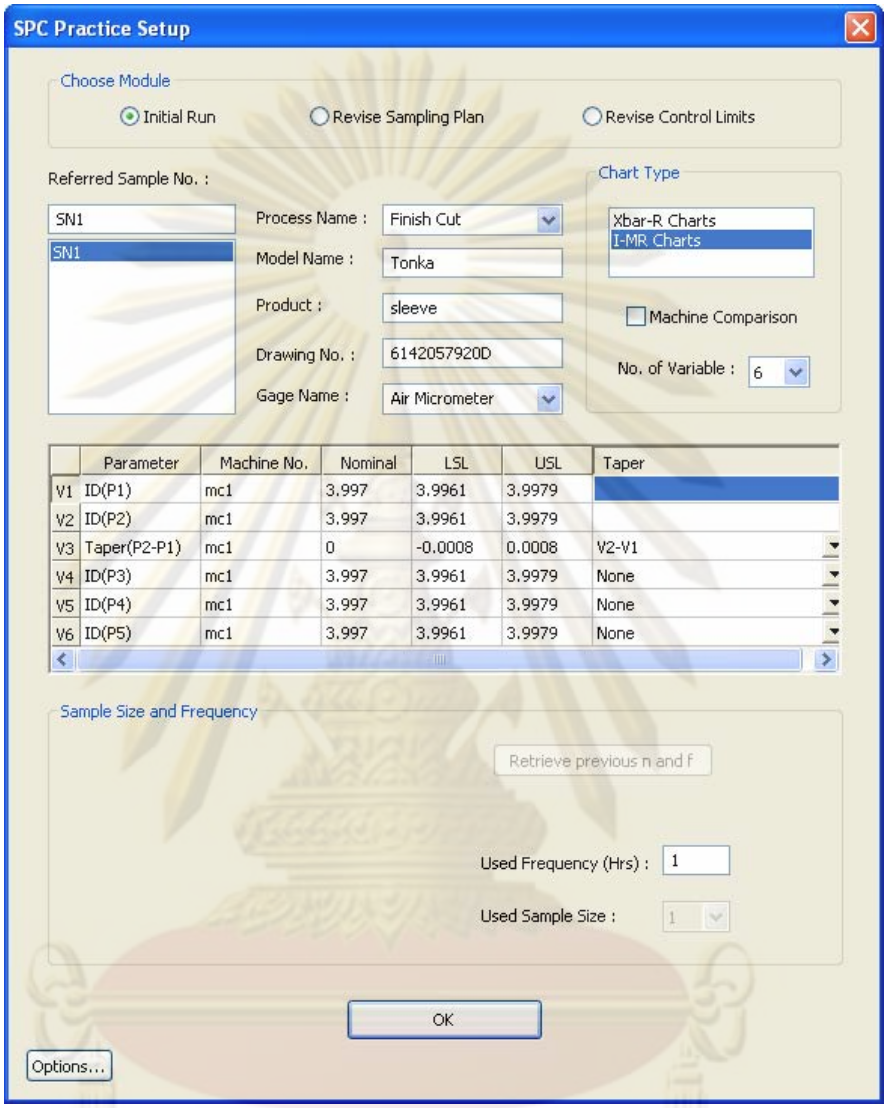


รูปที่ 36 หน้าต่างการทำงานในช่วง Initial Run ของแผนภูมิ Xbar-R

โปรแกรมจะคำนวณค่าขีดจำกัดควบคุมโดยใช้การทบทวนขีดจำกัดควบคุมอัตโนมัติ ที่เลือกใช้วิธีตัดจุดที่อยู่นอกขีดจำกัดควบคุมออกแล้วคำนวณขีดจำกัดควบคุมใหม่ โดยทั้งนี้ทั้งนั้นหากผู้ใช้งานไม่อยากใช้ระบบทบทวนขีดจำกัดควบคุมอัตโนมัติก็หาสามารถปิดระบบนี้ได้ที่เมนู “Option” ของโปรแกรม

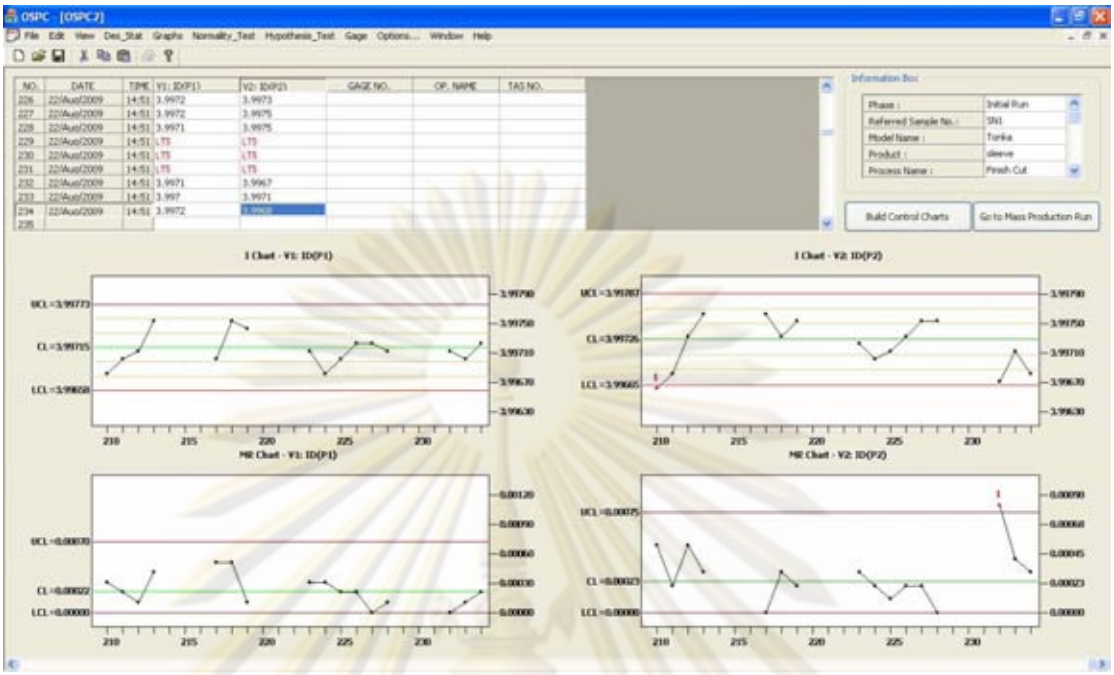
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4.1.2 การใช้งานแผนภูมิ I-MR ในช่วง Initial Run



รูปที่ 37 หน้าต่าง “SPC Practice Setup” ในช่วง Initial Run เมื่อเลือกแผนภูมิ I-MR

ในการใช้การใช้แผนภูมิ I-MR นั้น การทำงานในหน้าต่าง “SPC Practice Setup” จะคล้ายกับการใช้แผนภูมิ Xbar-R เพียงแต่ไม่มีส่วนที่ใช้ในการคำนวณขนาดตัวอย่างเนื่องจากแผนภูมิ I-MR นั้นใช้ขนาดตัวอย่างเป็น 1 ซึ่งสามารถแสดงหน้าต่างการสร้างแผนภูมิควบคุมได้ดังรูปต่อไปนี้



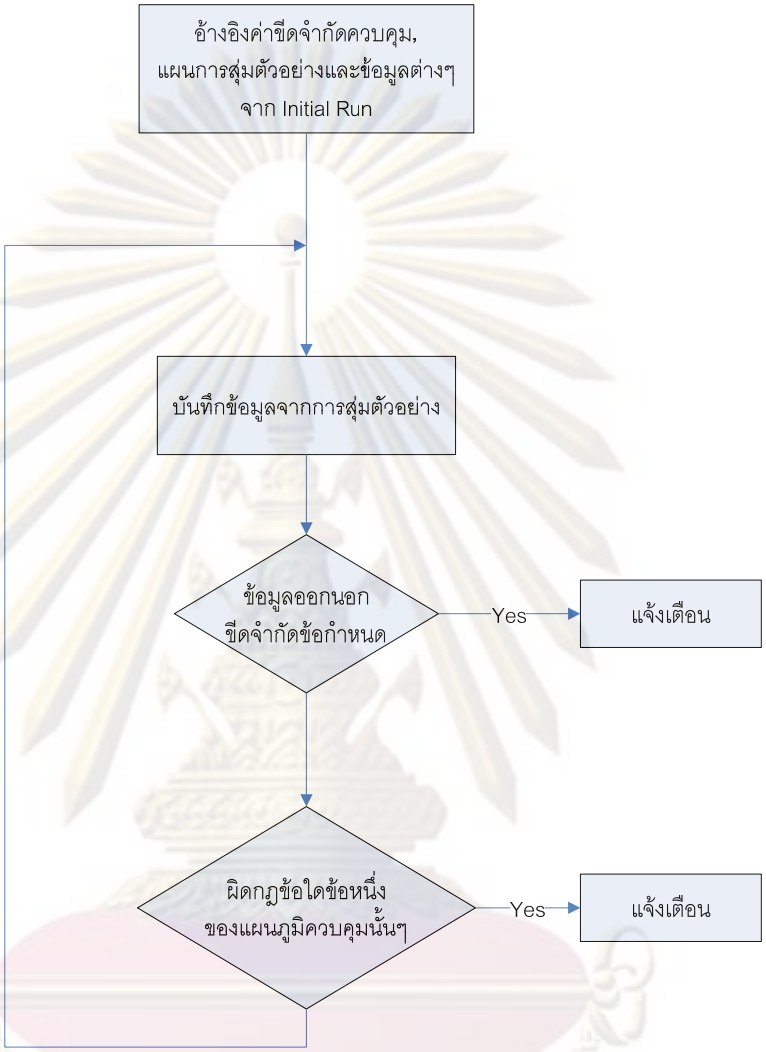
รูปที่ 38 หน้าต่างการทำงานในช่วง Initial Run ของแผนภูมิ I-MR

3.4.2 Mass Production Run

เป็นขั้นตอนการทำงานในการใช้งานแผนภูมิควบคุมในการควบคุมคุณภาพกระบวนการ ซึ่งสามารถเริ่มต้นทำงานช่วงนี้ได้โดยการกดปุ่ม “Go to Mass Production Run” ในเอกสารการทำงานช่วง Initial Run สามารถสรุปขั้นตอนการทำงานในช่วง Mass Production Run ได้ดังแผนภาพต่อไปนี้

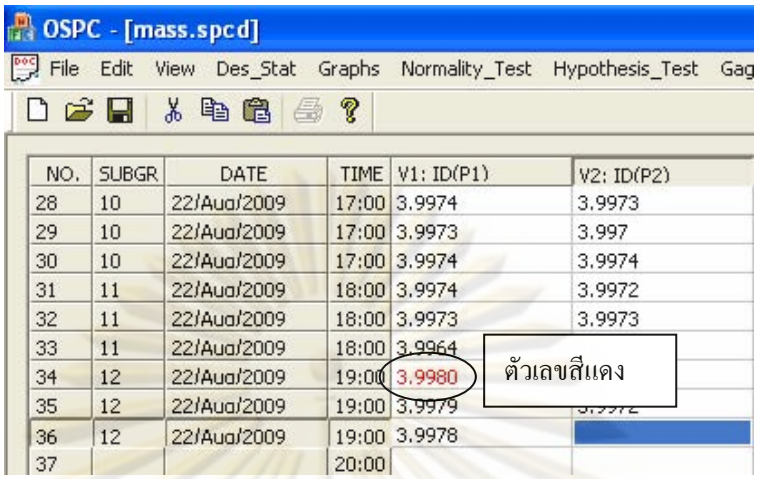
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Mass Production Run

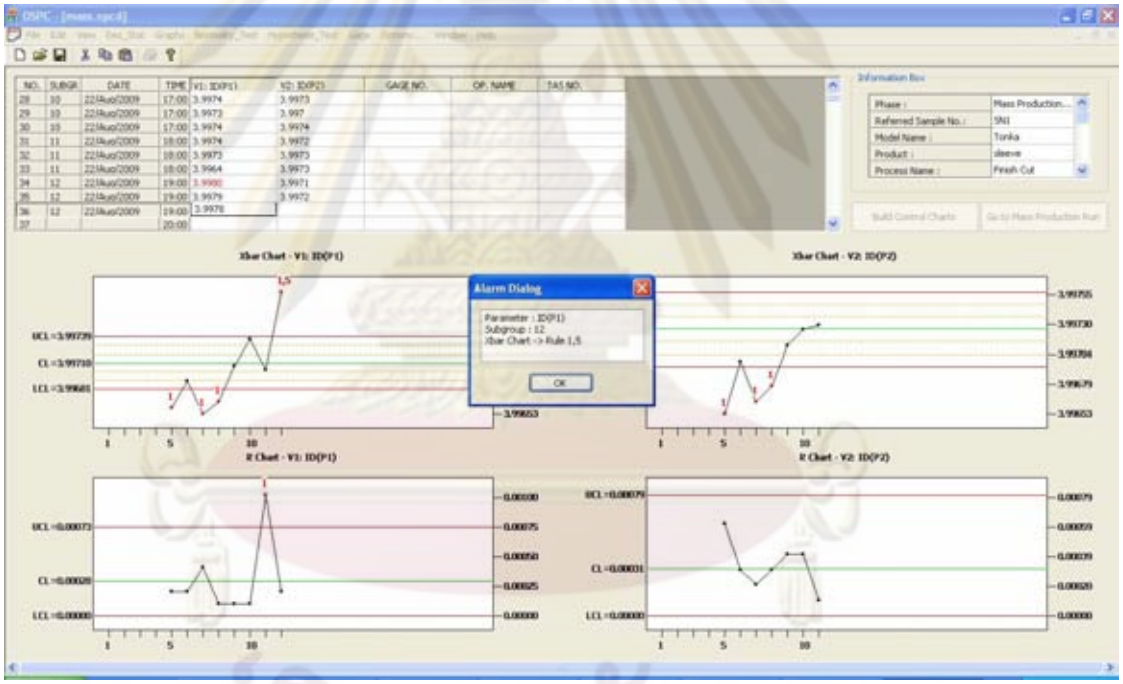


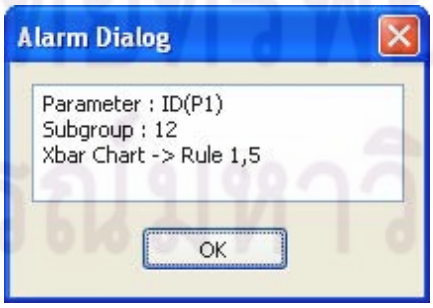
รูปที่ 39 ขั้นตอนการทำงานในช่วง Mass Production Run

การทำงานของโปรแกรมในช่วง Mass Production Run นั้น เมื่อมีการบันทึกข้อมูลตามแผนการสุ่มตัวอย่างหากข้อมูลนั้นออกนอกขีดจำกัดข้อกำหนด โปรแกรมจะแจ้งเตือนโดยเปลี่ยนสีของข้อมูลนั้นเป็นตัวเลขสีแดง และเมื่อพนักงานบันทึกข้อมูลครบตามขนาดตัวอย่าง โปรแกรมจะวาดจุดขึ้นในแผนภูมิควบคุมทันที หากจุดนั้นผิดกฎการตรวจจับความผิดปกติของแผนภูมิควบคุมนั้นๆ โปรแกรมก็จะแจ้งเตือนโดยแสดงหน้าต่างแจ้งเตือนพร้อมบอกว่าจุดนั้นผิดกฎข้อใดบ้าง ดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 40 การแจ้งเตือนเมื่อข้อมูลอยู่นอกขีดจำกัดข้อกำหนด

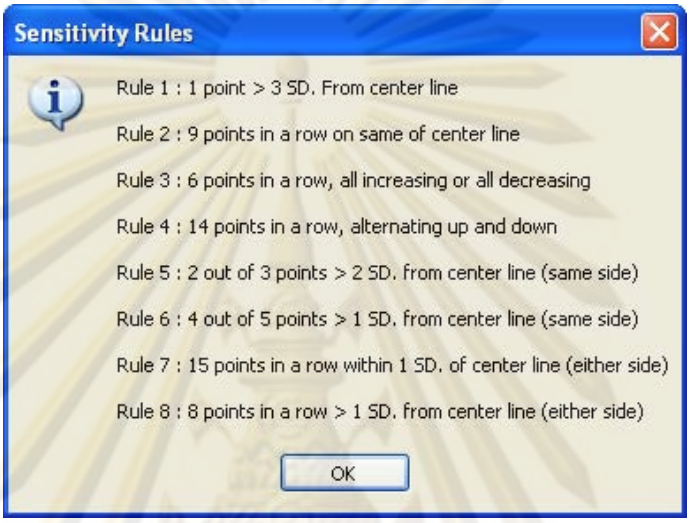




รูปที่ 41 การแจ้งเตือนเมื่อเกิดจุดที่ผิดกฎของแผนภูมิควบคุม

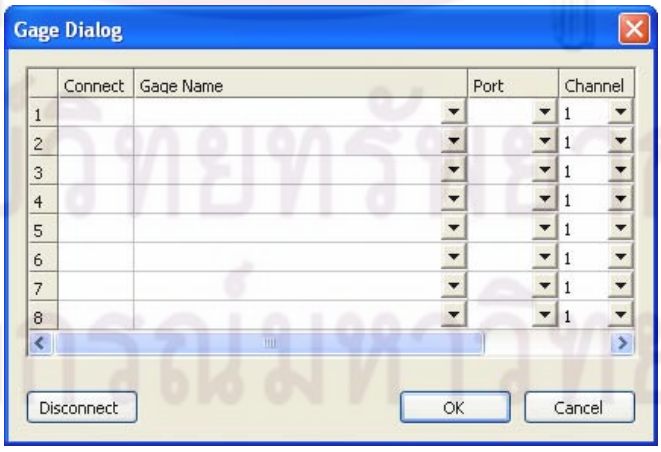
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดยจุดที่ผิดกฎของแผนภูมิควบคุมจะมีตัวเลขขึ้นกำกับด้วยว่าผิดกฎข้อใด และหากต้องต้องการรู้รายละเอียดของกฎการตรวจจับความผิดปกติก็สามารถทำได้โดยการกดปุ่ม Shift ค้างไว้แล้วนำเมาส์ไปชี้ที่ตัวเลขกฎที่ขึ้นอยู่บนจุด โปรแกรมจะแสดงหน้าต่างดังรูป



รูปที่ 42 หน้าต่างแสดงรายละเอียดของกฎการตรวจจับความผิดปกติของแผนภูมิควบคุม

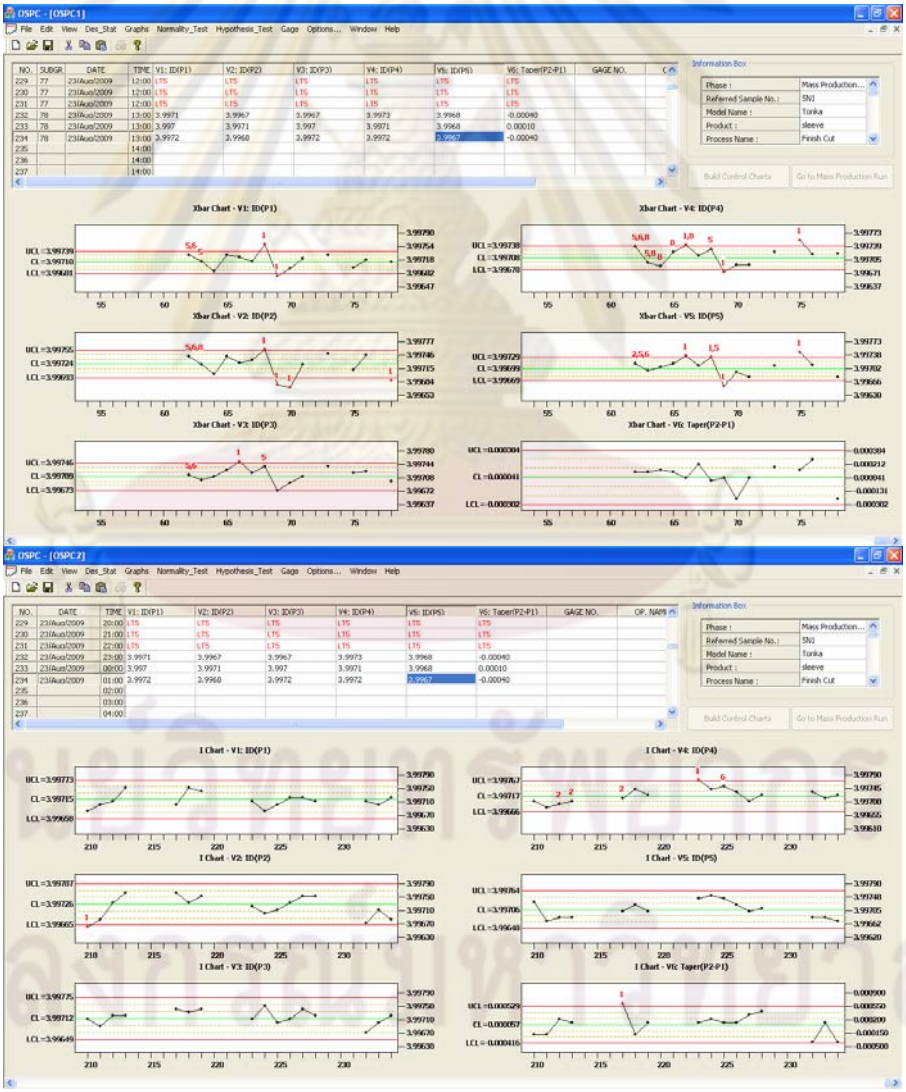
สำหรับการบันทึกข้อมูลนั้นสามารถทำได้ 2 วิธีคือพิมพ์ข้อมูลจากคีย์บอร์ด หรือรับข้อมูลโดยตรงจากเครื่องวัดผ่านสายสัญญาณ RS-232 ซึ่งการรับข้อมูลผ่านเครื่องวัดนี้สามารถทำได้โดยการเลือกเครื่องมือวัดที่จะติดต่อทางเมนู “Gage” ซึ่งจะปรากฏหน้าต่างดังนี้



รูปที่ 43 หน้าต่าง “Gage Dialog”

หน้าต่างนี้ใช้งานสำหรับเลือกชนิดเครื่องมือวัดที่จะติดต่อกับโปรแกรม โดยสามารถเลือกเครื่องมือวัดได้สูงสุด 8 เครื่องสำหรับพอร์ทการติดต่อ 8 พอร์ท และสำหรับเครื่องที่มีช่องสัญญาณหลายช่องก็สามารถเลือกช่องสัญญาณได้ โดยการบันทึกข้อมูลผ่านทางเครื่องวัดโดยตรงนั้น โปรแกรมได้รองรับการใช้ฟุตสวิทช์ หรือสวิทช์ที่ทำงานโดยการใช้เท้าเยียบ ซึ่งจะทำให้การวัดค่าจากเครื่องวัดเป็นไปได้อย่างสะดวก เนื่องจากบางครั้งในการวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของชิ้นงาน พนักงานจำเป็นต้องใช้มือทั้งสองมือในการวัด

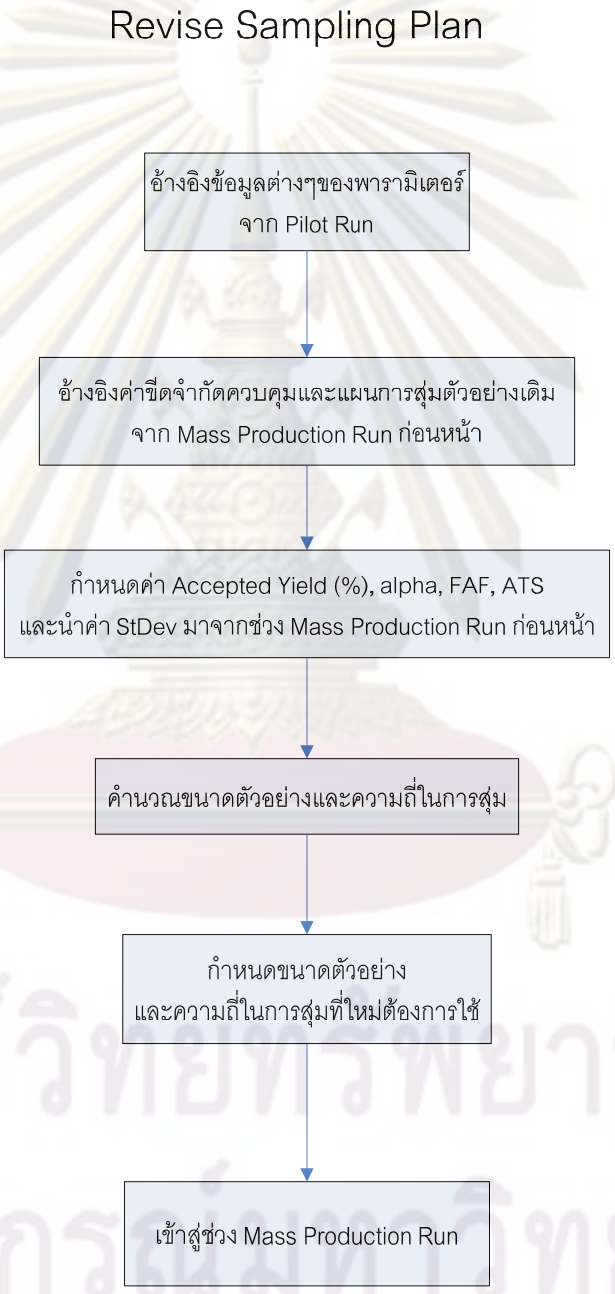
โปรแกรมนี้ถูกออกแบบให้สามารถควบคุมกระบวนการแบบทันท่วงทีพร้อมกันได้สูงสุด 6 พารามิเตอร์ในหนึ่งไฟล์การทำงาน โดยถ้าควบคุมตั้งแต่ 3 พารามิเตอร์ขึ้นไป หากใช้แผนภูมิ Xbar-R จะแสดงเฉพาะ แผนภูมิ Xbar และหากใช้แผนภูมิ I-MR จะแสดงเฉพาะแผนภูมิ I ดังรูป



รูปที่ 44 หน้าต่างการทำงานช่วง Mass Production Run เมื่อควบคุม 6 พารามิเตอร์พร้อมกัน

3.4.3 Revise Sampling Plan

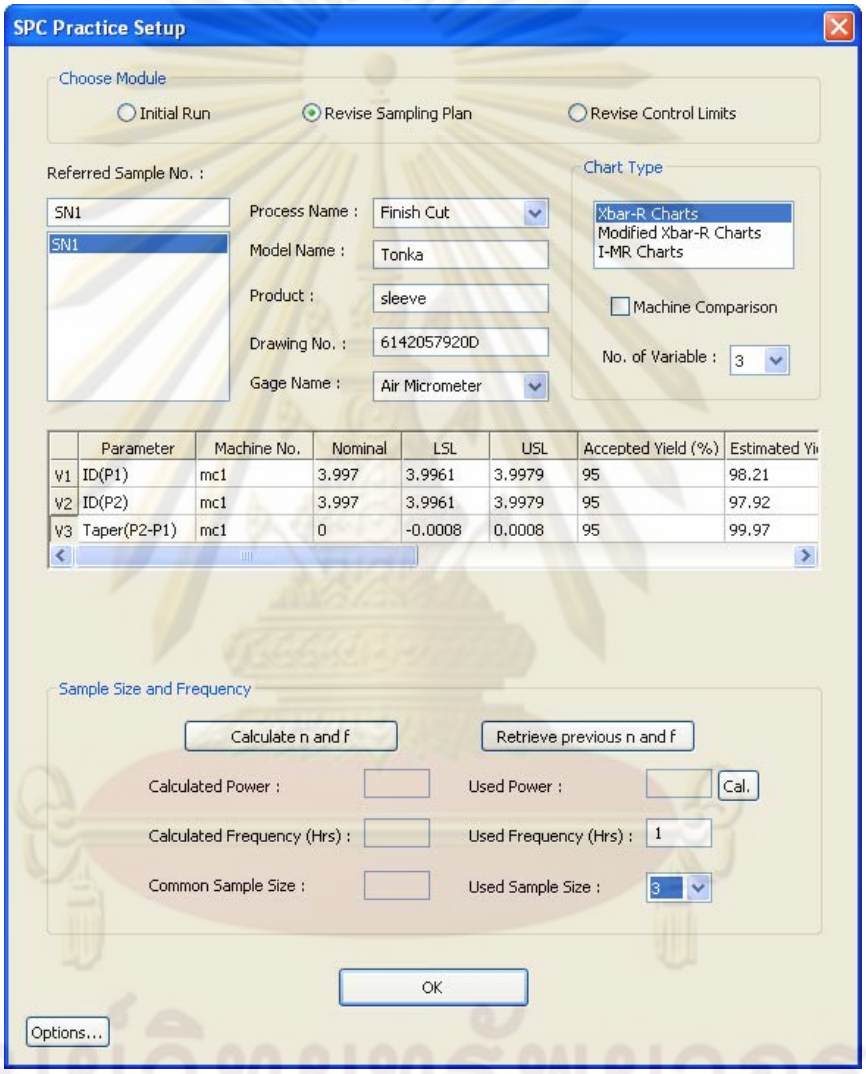
เป็นรูปแบบการทำงานเมื่อต้องการทบทวนแผนการสุ่มใหม่ ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานดังแผนภาพต่อไปนี้



รูปที่ 45 ขั้นตอนการทำงานในการ Revise Sampling Plan

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

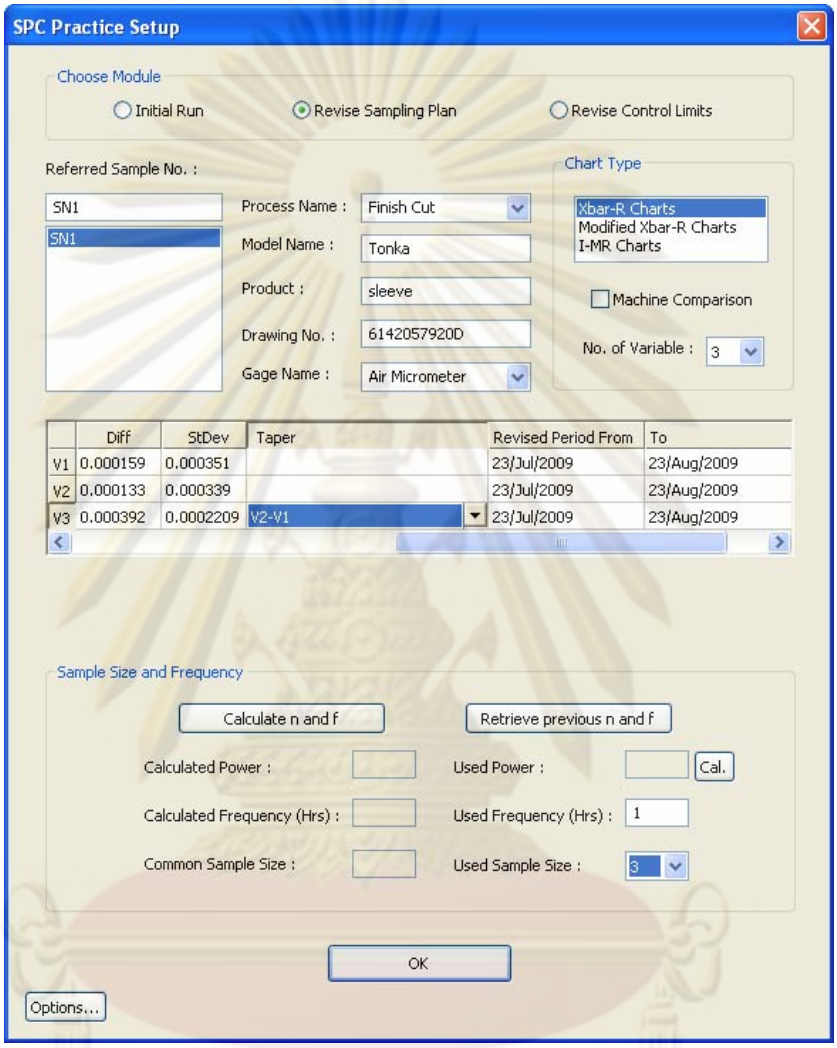
ขั้นตอน Revise Sampling Plan นี้สามารถทำได้ผ่านทางหน้าต่าง “SPC Practice Setup” โดยเลือกเป็นการทำงานแบบ “Revise Sampling Plan” และเมื่อเลือกพารามิเตอร์ที่จะทำการทบทวนแผนการสุ่มตัวอย่างแล้ว สามารถที่จะเรียกแผนการสุ่มตัวอย่างก่อนหน้าได้โดยการกดปุ่ม “Retrieve previous n and f” ดังรูป



รูปที่ 46 การเรียกแผนการสุ่มตัวอย่างก่อนหน้าในการ Revise Sampling Plan

ซึ่งแผนการสุ่มตัวอย่างก่อนหน้านั้นจะแสดงในช่อง “Used Frequency (Hrs)” และ “Used Sample Size” จากนั้นจะเป็นการคำนวณแผนการสุ่มตัวอย่างใหม่ ซึ่งวิธีการจะคล้ายกับการคำนวณแผนการสุ่มตัวอย่างในช่วง Initial Run แต่ค่า “StDev” และ “Diff” จะถูกคำนวณมา

จากข้อมูลในช่วง Mass Production Run ซึ่งอยู่ในช่วงเวลาที่กำหนดในช่อง “Revise Period From” และ “To” ดังรูป

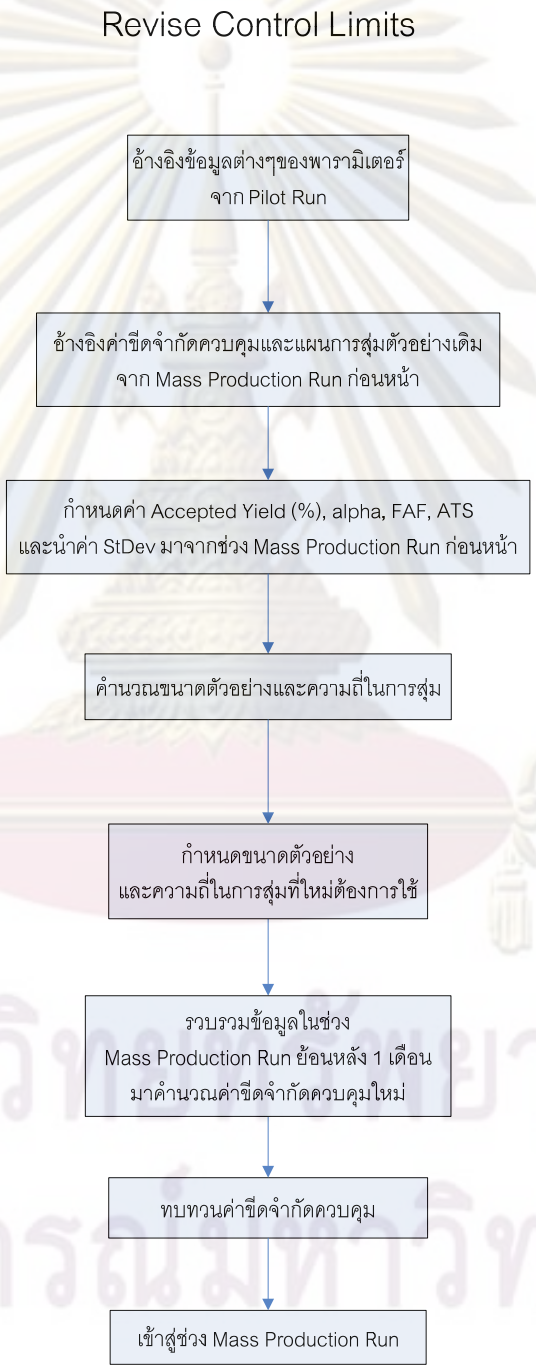


รูปที่ 47 การกำหนดช่วงเวลาการนำข้อมูลมาทบทวนแผนการสุ่มตัวอย่าง

โดยช่วงเวลาดังกล่าวจะถูกตั้งค่าเริ่มต้นไว้ที่ 1 เดือนย้อนหลังจากวันที่ทำการทบทวนแผนการสุ่มตัวอย่าง และเมื่อได้ค่า “StDev” และ “Diff” แล้วก็สามารถทำการคำนวณแผนการสุ่มตัวอย่างใหม่ได้เหมือนกับในช่วง Initial Run และเมื่อกดปุ่ม “OK” จะเข้าสู่ช่วง Mass Production Run โดยโปรแกรมจะนำค่าขีดจำกัดควบคุมเดิมมาใช้

3.4.4 Revise Control Limits

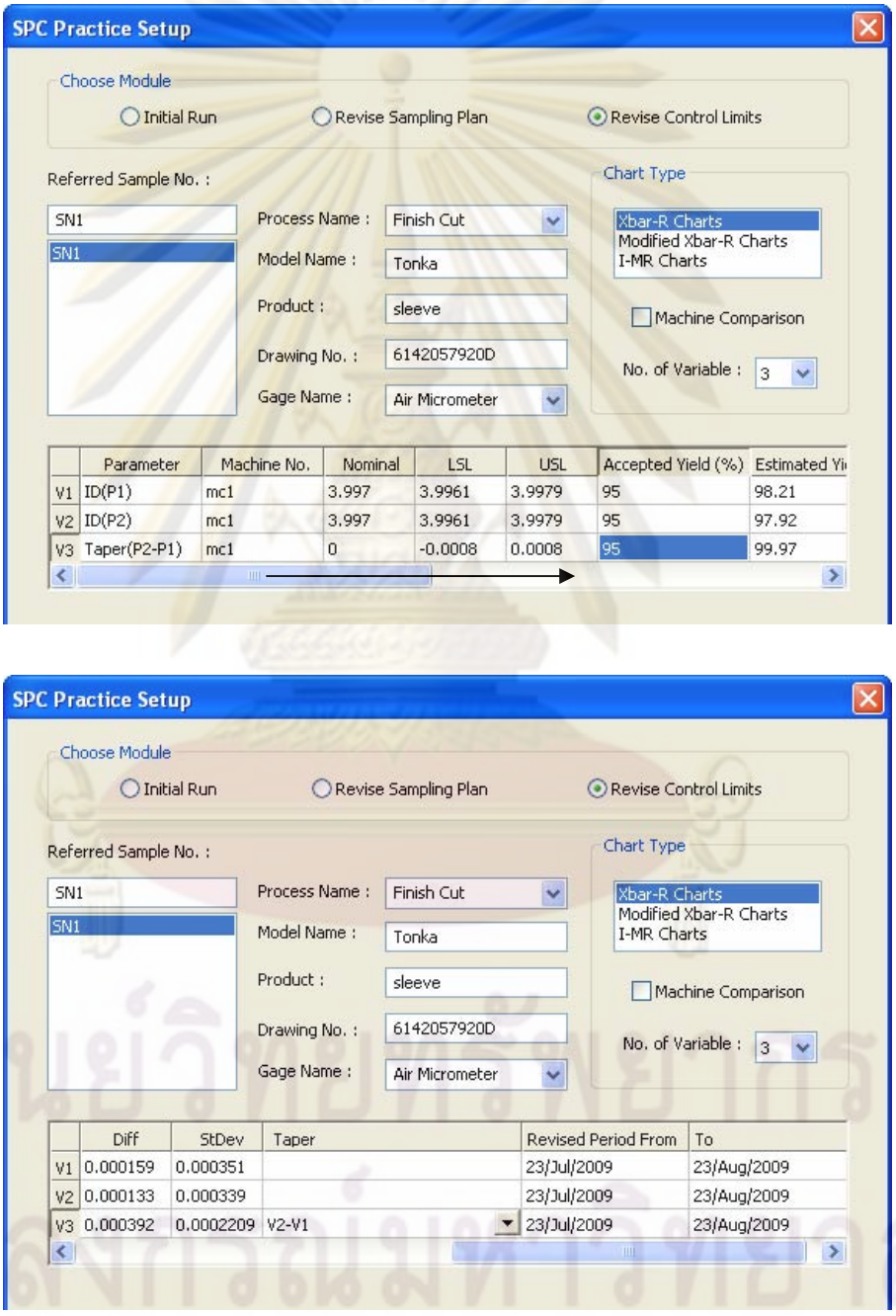
เป็นรูปแบบการทำงานเมื่อต้องการทบทวนค่าขีดจำกัดควบคุมใหม่ ซึ่งโดยปกติโรงงานจะทบทวนค่าขีดจำกัดควบคุมใหม่ทุกเดือน ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานดังแผนภาพต่อไปนี้



รูปที่ 48 ขั้นตอนการทำงานในการ Revise Control Limits

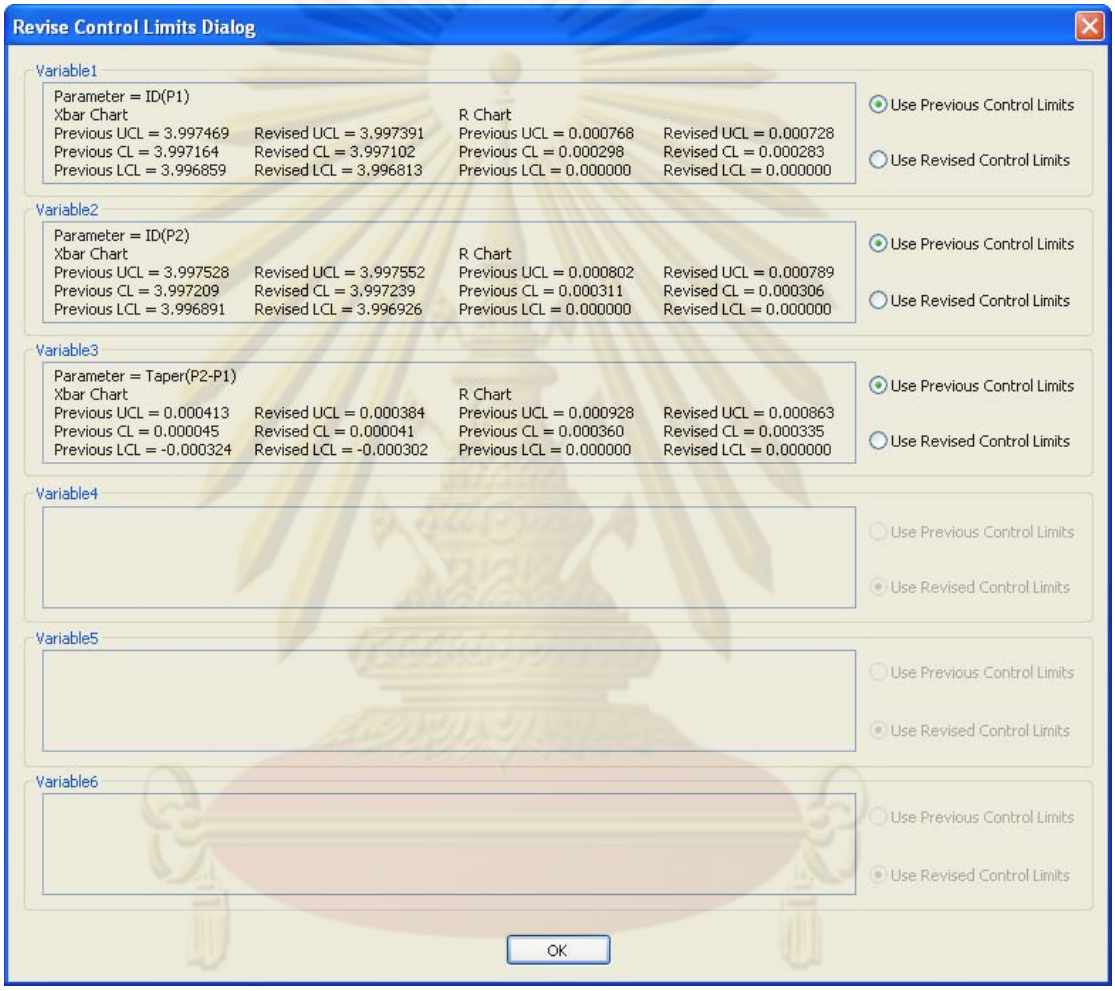
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอน Revise Control Limits นี้สามารถทำได้ผ่านทางหน้าต่าง “SPC Practice Setup” เช่นกัน โดยเลือกเป็นการทำงานแบบ “Revise Control Limits” และเลือกพารามิเตอร์และช่วงเวลาในการนำข้อมูลมาทบทวนค่าขีดจำกัดควบคุม ดังรูป



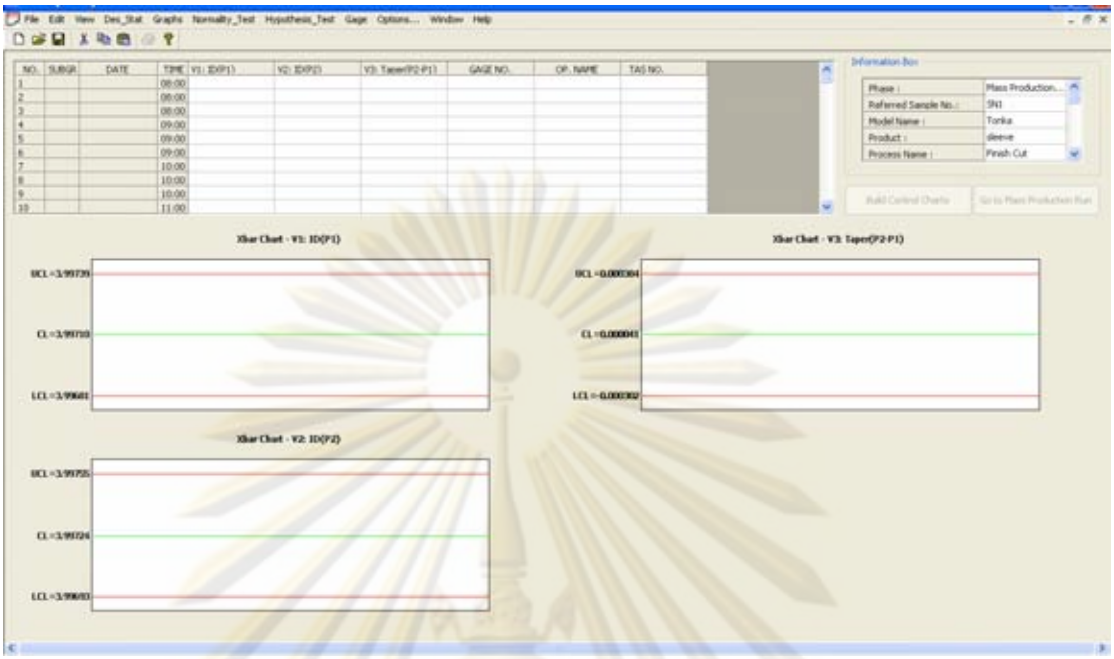
รูปที่ 49 การกำหนดช่วงเวลาการนำข้อมูลมาทบทวนค่าขีดจำกัดควบคุม

ซึ่งในการทบทวนค่าขีดจำกัดควบคุมนี้ ผู้ใช้งานสามารถจะทบทวนแผนการสุ่มตัวอย่างไปพร้อมกันได้ด้วย โดยมีวิธีการเหมือนกับในการทำการทบทวนแผนการสุ่มตัวอย่าง และเมื่อกดปุ่ม “REVISE” จะปรากฏหน้าต่างเปรียบเทียบค่าขีดจำกัดควบคุมเดิมและค่าขีดจำกัดควบคุมใหม่ดังรูป



รูปที่ 50 หน้าต่างเปรียบเทียบค่าขีดจำกัดควบคุมเดิมและค่าขีดจำกัดควบคุมใหม่

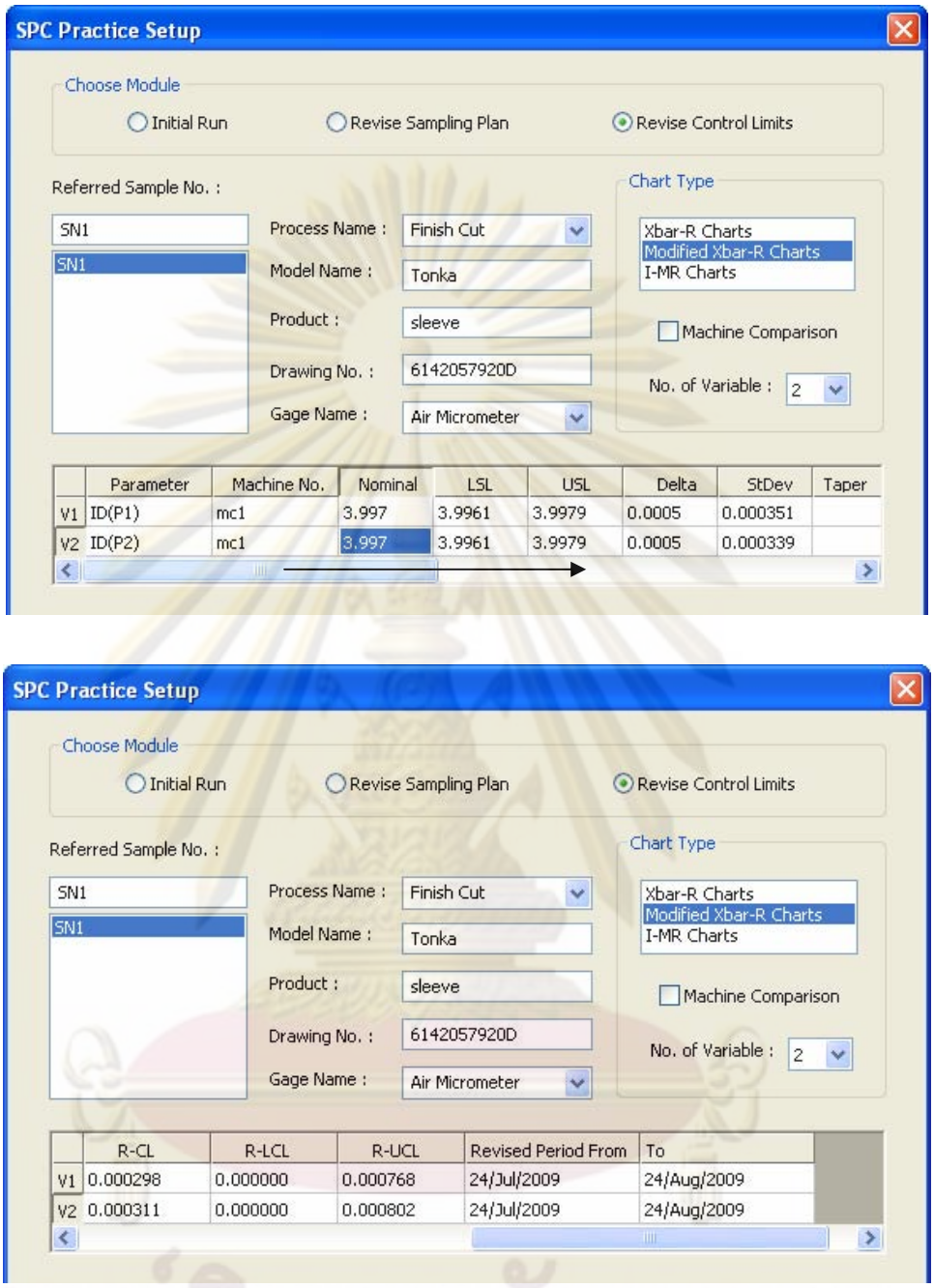
โดยในหน้าต่างนี้จะแสดงการเปรียบเทียบค่าขีดจำกัดควบคุมเดิมและค่าขีดจำกัดควบคุมใหม่ หากว่าค่าขีดจำกัดควบคุมใหม่แคบกว่าค่าขีดจำกัดควบคุมเดิม โปรแกรมจะแนะนำให้ใช้ค่าขีดจำกัดควบคุมใหม่ ซึ่งผู้ใช้สามารถตัดสินใจได้เองว่าจะใช้ค่าขีดจำกัดควบคุมเดิมหรือค่าขีดจำกัดควบคุมใหม่ และเมื่อกดปุ่ม “OK” ก็จะเข้าสู่การทำงานในช่วง “Mass Production Run” ดังรูป



รูปที่ 51 หน้าต่างการทำงานหลังจากการทำการทบทวนค่าขีดจำกัดควบคุม

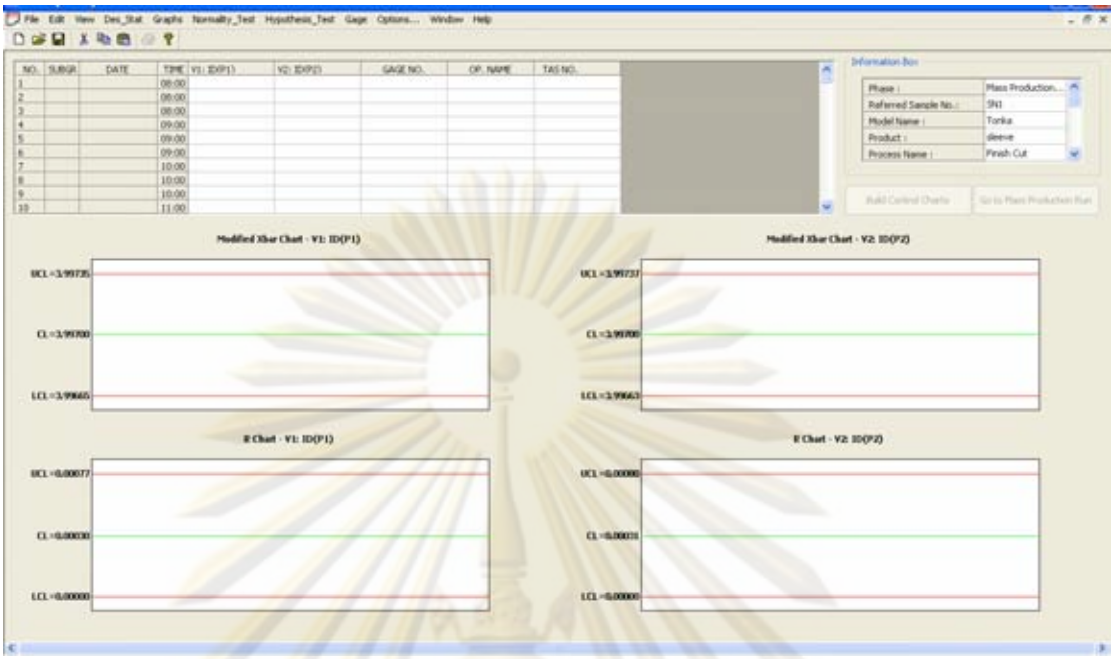
ในขั้นตอนการทบทวนค่าขีดจำกัดควบคุมนี้จะมีแผนภูมิควบคุมเพิ่มเข้ามาให้เลือกอีกแผนภูมิหนึ่งคือแผนภูมิควบคุม Modified Xbar-R ซึ่งจะใช้งานในกรณีที่กระบวนการมีสมรรถภาพกระบวนการสูง โดยในการคำนวณค่าขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมินี้ต้องใช้ค่าสัดส่วนของเสียมากที่สุดที่ยอมรับได้เมื่อค่าเฉลี่ยของกระบวนการมีการเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งในหน้าต่าง “SPC Practice Setup” คือค่าในช่อง “Delta” และความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการซึ่งโปรแกรมจะคำนวณมาจากข้อมูลย้อนหลังตามช่วงเวลาที่ระบุ โดยในการคำนวณค่าขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิ Modified Xbar-R นี้จะคำนวณใหม่เฉพาะค่าขีดจำกัดควบคุมของ แผนภูมิ Xbar-R เท่านั้น ส่วนค่าขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิ R นั้นโปรแกรมจะดึงมาจากค่าขีดจำกัดควบคุมก่อนหน้า ซึ่งจะนำมาแสดงอยู่ในช่อง “R-CL”, “R-LCL” และ “R-UCL” ดังรูปต่อไปนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 52 การกำหนดค่าในหน้าต่าง “SPC Practice Setup” ของแผนภูมิ Modified Xbar-R

หลังจากกำหนดค่าต่างๆ ในหน้าต่าง “SPC Practice Setup” เรียบร้อยแล้วเมื่อกดปุ่ม “REVISE” จะเข้าสู่หน้าต่างการทำงานในช่วง Mass Production Run ของแผนภูมิ Modified Xbar-R ดังรูปต่อไปนี้

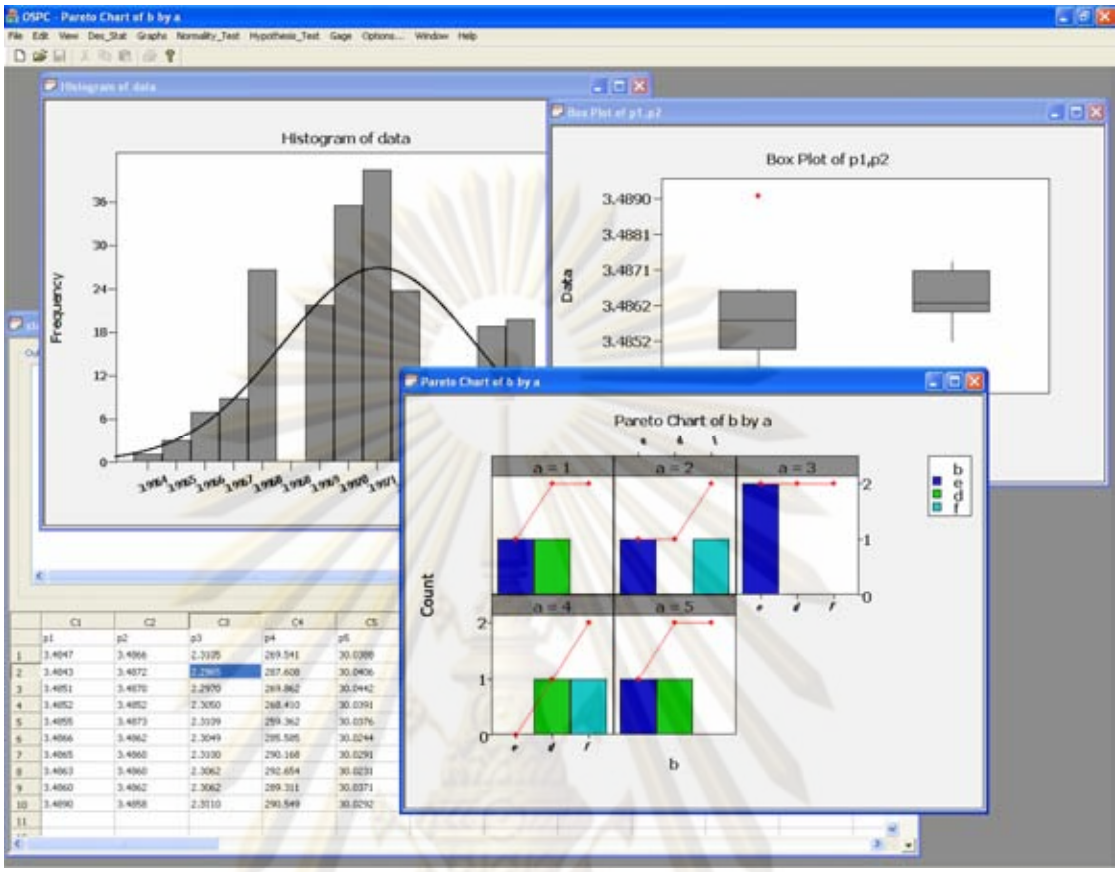


รูปที่ 53 หน้าต่างการทำงานในช่วง Mass Production Run ของแผนภูมิ Modified Xbar-R

3.5 **เอกสารการทำงานชนิดสถิติ** (Statistics)

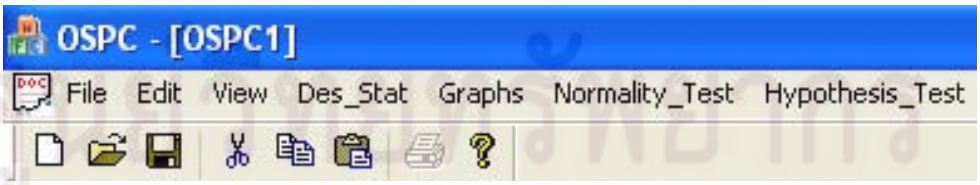
เอกสารการทำงานชนิดนี้เป็นเอกสารการทำงานสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยกราฟและการทดสอบสมมุติฐานทางสถิติ โดยเอกสารการทำงานชนิดสถิตินี้ออกแบบมาให้ทำงานในลักษณะของตารางเก็บข้อมูลเป็นคอลัมน์ และเลือกชนิดของการวิเคราะห์ต่างๆ ทางเมนูด้านบนดังรูปต่อไปนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 54 หน้าต่างการทำงานของเอกสารการทำงานชนิดสถิติ

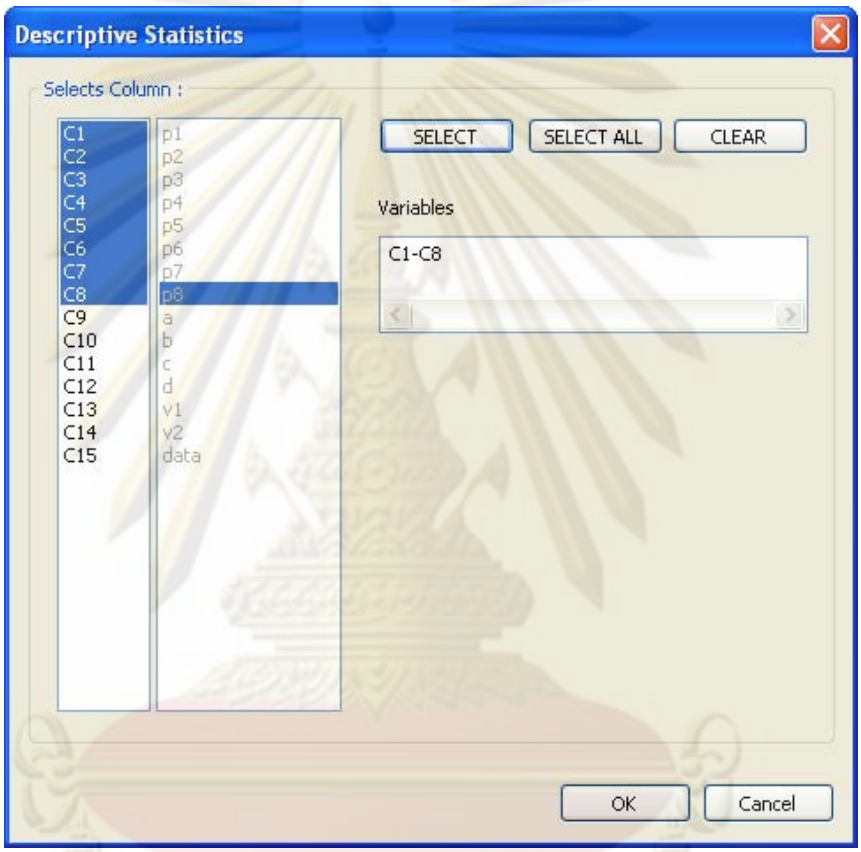
โดยมีเมนูหลักทั้งหมด 4 เมนูได้แก่ “Des_Stat” ใช้ในการคำนวณค่าสถิติพื้นฐาน, “Graphs” ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยกราฟ, “Normality_Test” ใช้ในการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล และ “Hypothesis_Test” ใช้ในการทดสอบสมมุติฐานทางสถิติ ดังรูป



รูปที่ 55 เมนูการทำงานในเอกสารการทำงานชนิดสถิติ

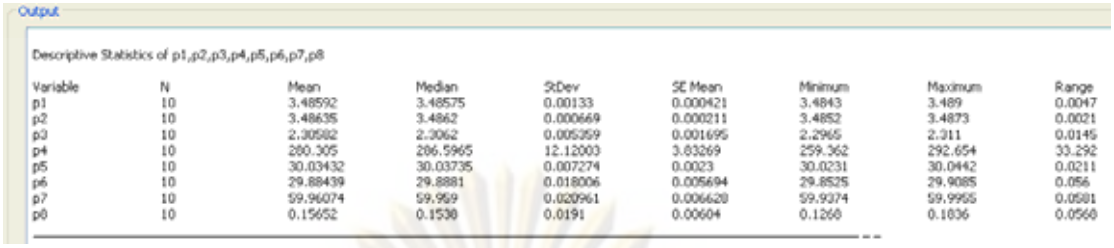
3.5.1 การคำนวณค่าสถิติพื้นฐาน

ฟังก์ชันนี้ของโปรแกรมเป็นการนำข้อมูลในคอลัมน์ที่ผู้ใช้เลือกมาคำนวณค่าสถิติพื้นฐาน โดยสามารถเลือกใช้ได้จากเมนู “Des_Stat” ซึ่งจะปรากฏหน้าต่างเลือกคอลัมน์ที่จะคำนวณดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 56 หน้าต่างเลือกคอลัมน์ของการคำนวณค่าสถิติพื้นฐาน

เมื่อกดปุ่ม “OK” โปรแกรมจะคำนวณค่าสถิติพื้นฐานต่างๆ ดังนี้ ค่าเฉลี่ย “Mean”, ค่ามัธยฐาน “Median”, ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน “StDev”, ค่าความผิดปกติมาตรฐานของค่าเฉลี่ย “SE Mean”, ค่าน้อยที่สุดของข้อมูล “Minimum”, ค่ามากที่สุดของข้อมูล “Maximum” และ ค่าพิสัย “Range” โดยจะแสดงในช่อง “Output” ของหน้าต่างการทำงานหลักของเอกสารการทำงานชนิดนี้ดังรูปต่อไปนี้


Output

Descriptive Statistics of p1,p2,p3,p4,p5,p6,p7,p8

Variable	N	Mean	Median	StDev	SE Mean	Minimum	Maximum	Range
p1	10	3.48592	3.48575	0.00133	0.000421	3.4843	3.489	0.0047
p2	10	3.48635	3.4862	0.000669	0.000211	3.4852	3.4873	0.0021
p3	10	2.30582	2.3062	0.005359	0.001695	2.2965	2.311	0.0145
p4	10	280.305	286.5965	12.12003	3.83269	259.362	292.654	33.292
p5	10	30.03432	30.03735	0.007274	0.0023	30.0231	30.0442	0.0211
p6	10	29.88439	29.8881	0.018006	0.005694	29.8525	29.9085	0.056
p7	10	59.96074	59.959	0.020961	0.006628	59.9374	59.9955	0.0581
p8	10	0.15652	0.1538	0.0191	0.00604	0.1268	0.1836	0.0568

รูปที่ 57 ช่อง “Output” แสดงการคำนวณค่าสถิติพื้นฐาน

3.5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยกราฟ

ฟังก์ชันในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยกราฟของโปรแกรมสามารถสร้างกราฟได้ทั้งหมด 5 ชนิด ได้แก่ อินดิวิดวลพลอต, บ็อคพลอต, ฮิสโทแกรม, แผนภาพการกระจาย และแผนภาพพาเรโต โดยมีรายละเอียดดังนี้

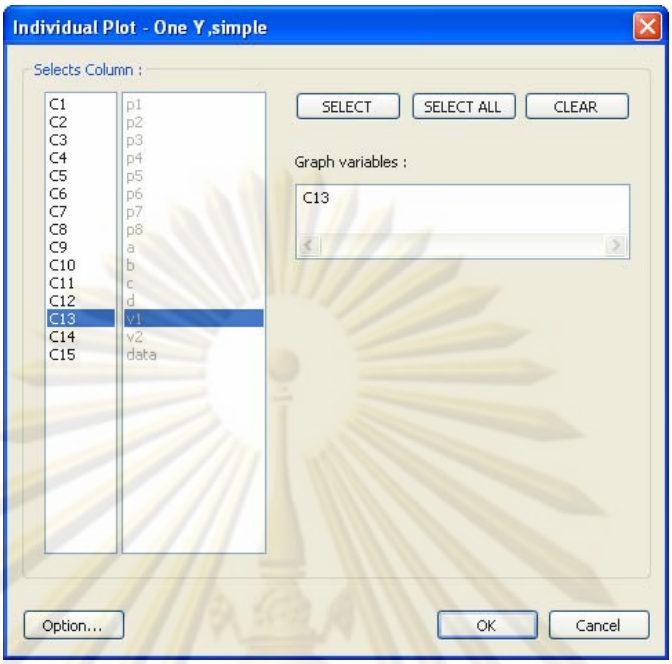
3.5.2.1 อินดิวิดวลพลอต

สามารถเลือกสร้างกราฟชนิดนี้ได้จากการเลือกเมนู “Graphs”->”Individual Plot” โดยกราฟชนิดนี้จะมีให้เลือกใช้ 4 แบบได้แก่ “One Y, simple”, “One Y, with groups”, “Multiple Y’s, simple” และ “Multiple Y’s, with groups” ดังรูป

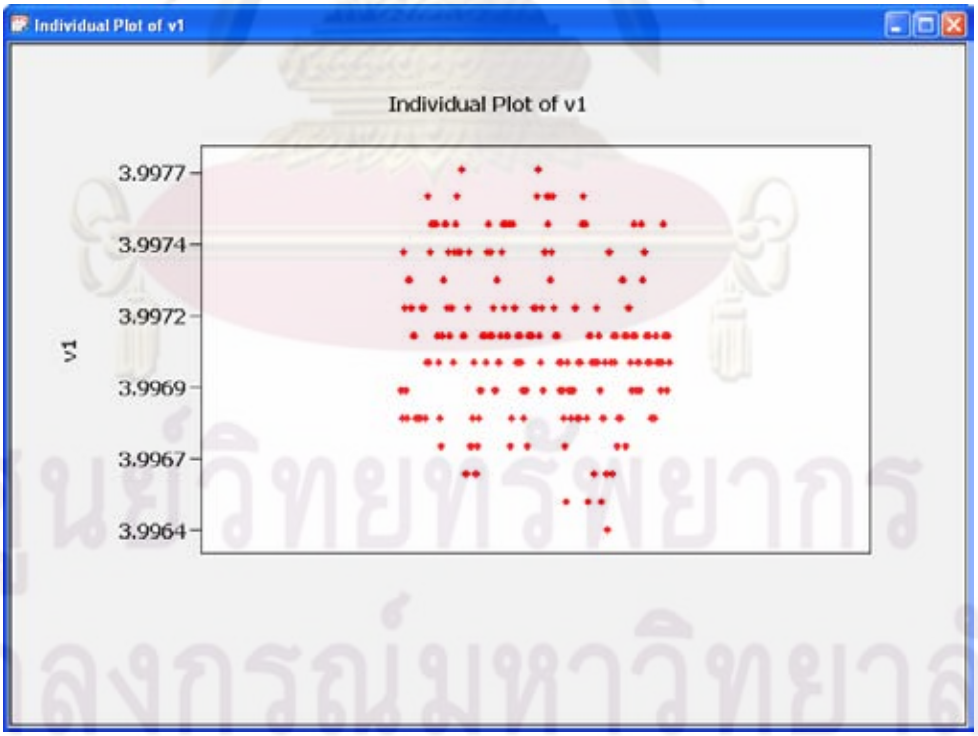
รูปที่ 58 หน้าต่างการเลือกรูปแบบของอินดิวิดวลพลอต

1) อินดิวิดวลพลอตแบบ “One Y, simple” เป็นการสร้างอินดิวิดวลพลอตด้วยข้อมูลหนึ่งคอลัมน์ต่อหนึ่งกราฟ ซึ่งมีหน้าต่างการเลือกคอลัมน์และหน้าต่างการแสดงผลดังรูปต่อไปนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

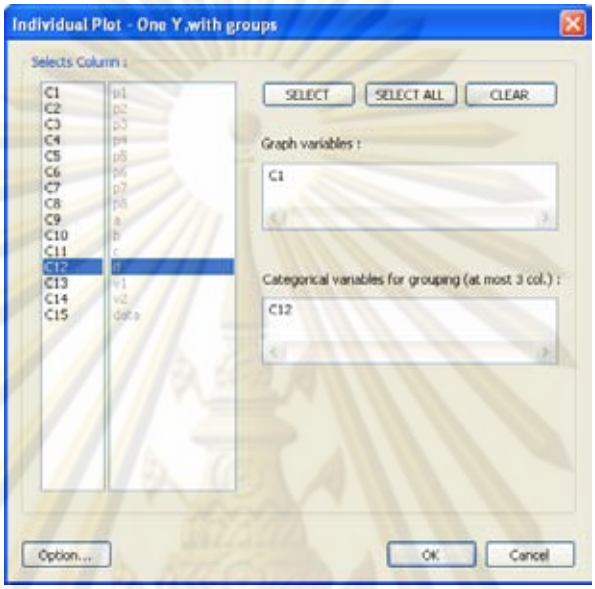


รูปที่ 59 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของอินดิวิดวลพลอตแบบ “One Y, simple”

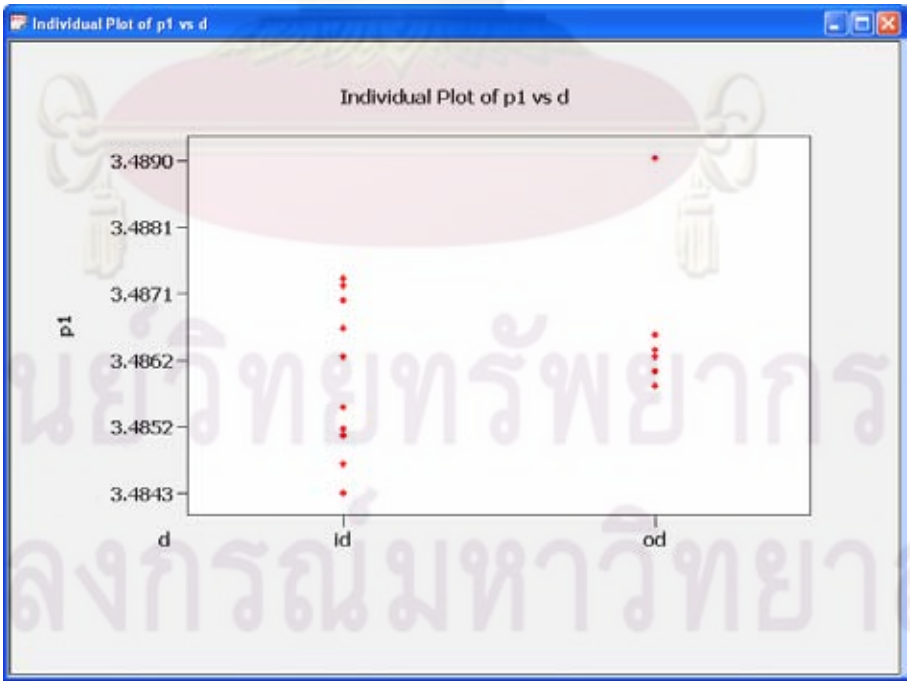


รูปที่ 60 หน้าต่างการแสดงอินดิวิดวลพลอตแบบ “One Y, simple”

2) อินดิวิดวลพลอตแบบ “One Y, with groups” เป็นการสร้างอินดิวิดวลพลอตด้วยข้อมูลหนึ่งคอลัมน์ต่อหนึ่งกราฟ โดยพลอตแยกตามกลุ่มข้อมูลที่กำหนด ซึ่งมีหน้าต่างการเลือกคอลัมน์และหน้าต่างการแสดงผลดังรูปต่อไปนี้



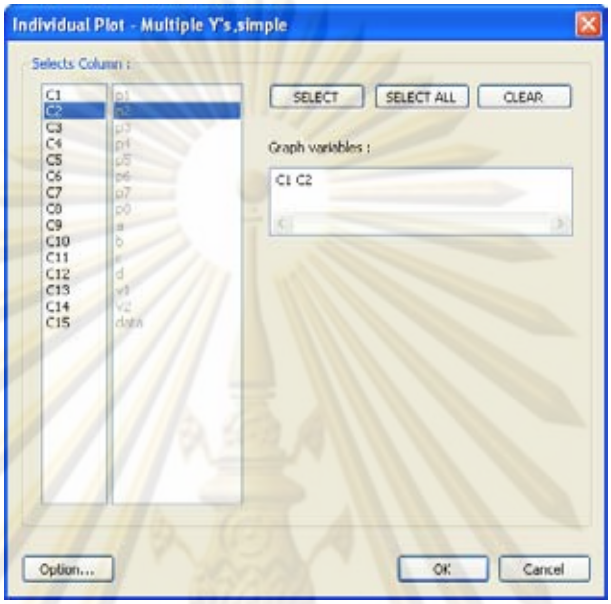
รูปที่ 61 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของอินดิวิดวลพลอตแบบ “One Y, with groups”



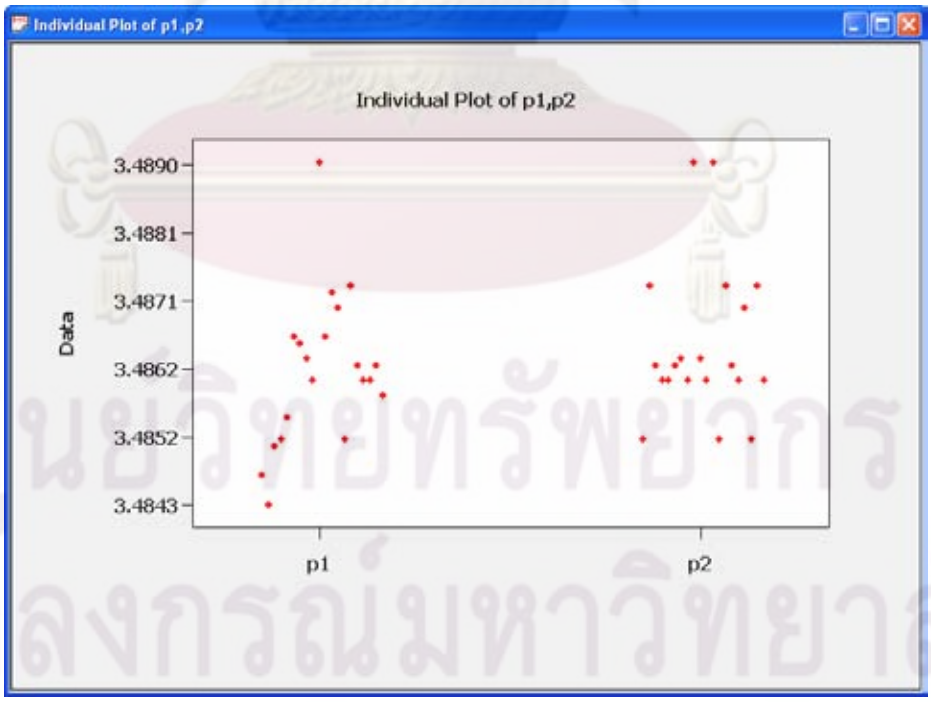
รูปที่ 62 หน้าต่างการแสดงอินดิวิดวลพลอตแบบ “One Y, with groups”

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3) อินดิวิดวลพลอตแบบ “Multiple Y’s, simple” เป็นการสร้างอินดิวิดวลพลอตด้วยข้อมูลหลายคอลัมน์ต่อหนึ่งกราฟ ซึ่งมีหน้าต่างการเลือกคอลัมน์และหน้าต่างการแสดงผลดังรูปต่อไปนี้



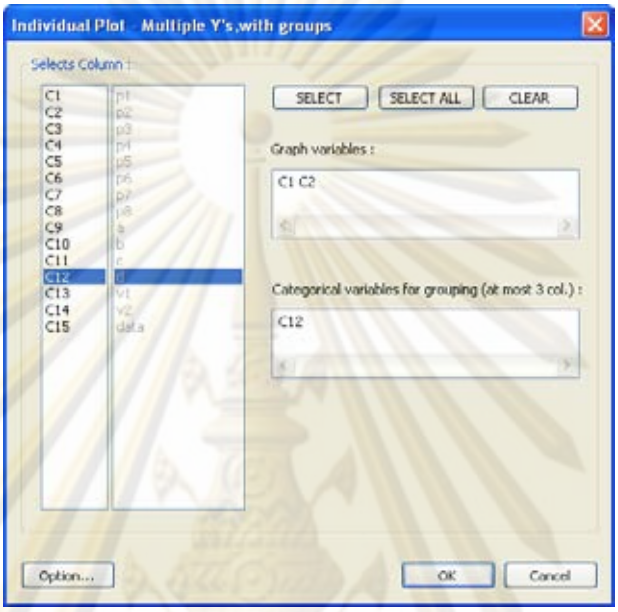
รูปที่ 63 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของอินดิวิดวลพลอตแบบ “Multiple Y’s, simple”



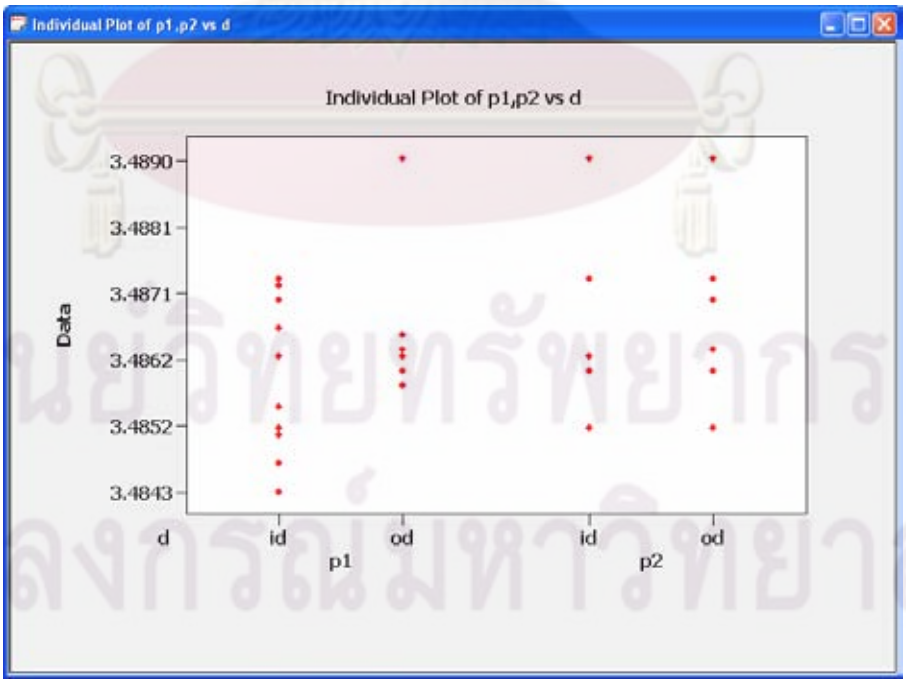
รูปที่ 64 หน้าต่างการแสดงอินดิวิดวลพลอตแบบ “Multiple Y’s, simple”

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4) อินดิวิดวลพลอตแบบ “Multiple Y’s, with groups” เป็นการสร้างอินดิวิดวลพลอตด้วยข้อมูลหลายคอลัมน์ต่อหนึ่งกราฟ โดยพลอตแยกตามกลุ่มข้อมูลที่กำหนด ซึ่งมีหน้าต่างการเลือกคอลัมน์และหน้าต่างการแสดงผลดังรูปต่อไปนี้



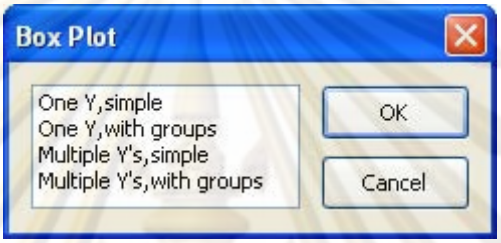
รูปที่ 65 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของอินดิวิดวลพลอตแบบ “Multiple Y’s, with groups”



รูปที่ 66 หน้าต่างการแสดงอินดิวิดวลพลอตแบบ “Multiple Y’s, with groups”

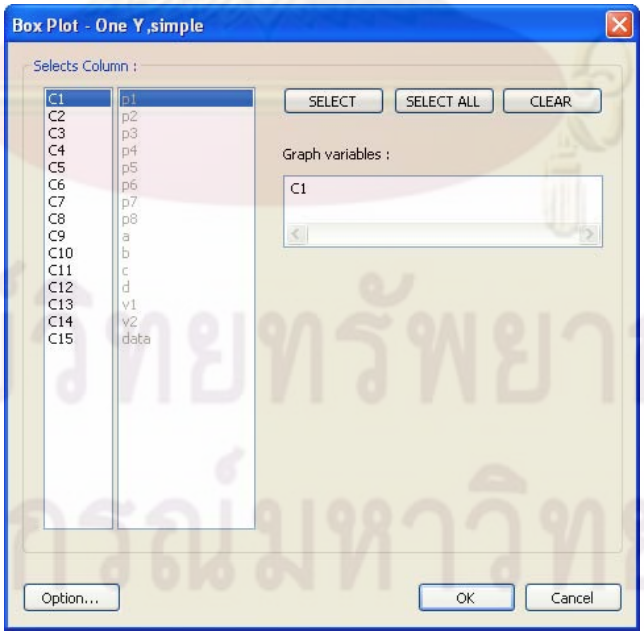
3.5.2.2 บ็อคพลอต

สามารถเลือกสร้างกราฟชนิดนี้ได้จากการเลือกเมนู “Graphs”->”Box Plot” โดยกราฟชนิดนี้จะมีให้เลือกใช้ 4 แบบได้แก่ “One Y, simple”, “One Y, with groups”, “Multiple Y’s, simple” และ “Multiple Y’s, with groups” ดังรูป

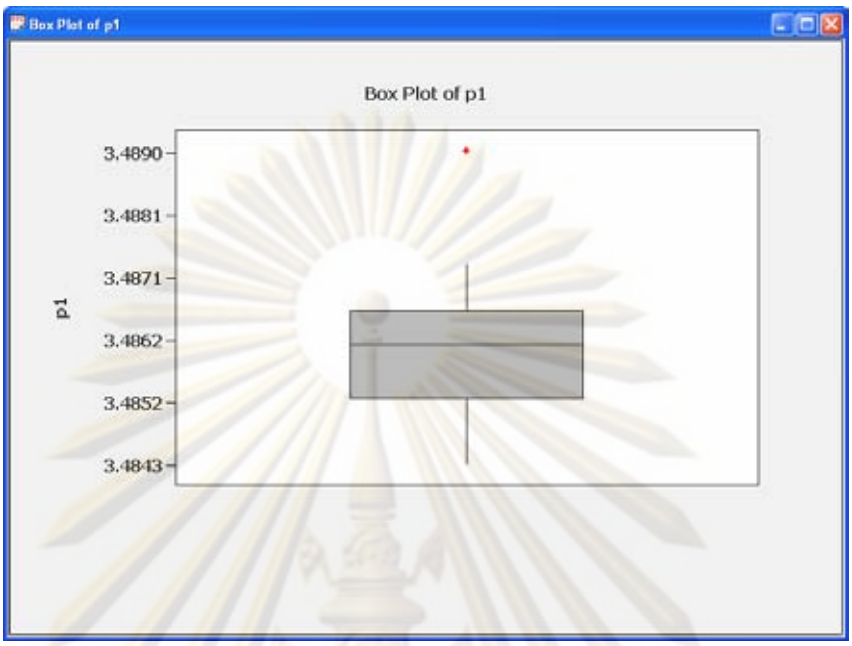


รูปที่ 67 หน้าต่างการเลือกรูปแบบของบ็อคพลอต

1) บ็อคพลอตแบบ “One Y, simple” เป็นการสร้างบ็อคพลอตด้วยข้อมูลหนึ่งคอลัมน์ต่อหนึ่งกราฟ ซึ่งมีหน้าต่างการเลือกคอลัมน์และหน้าต่างการแสดงผลดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 68 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของบ็อคพลอตแบบ “One Y, simple”

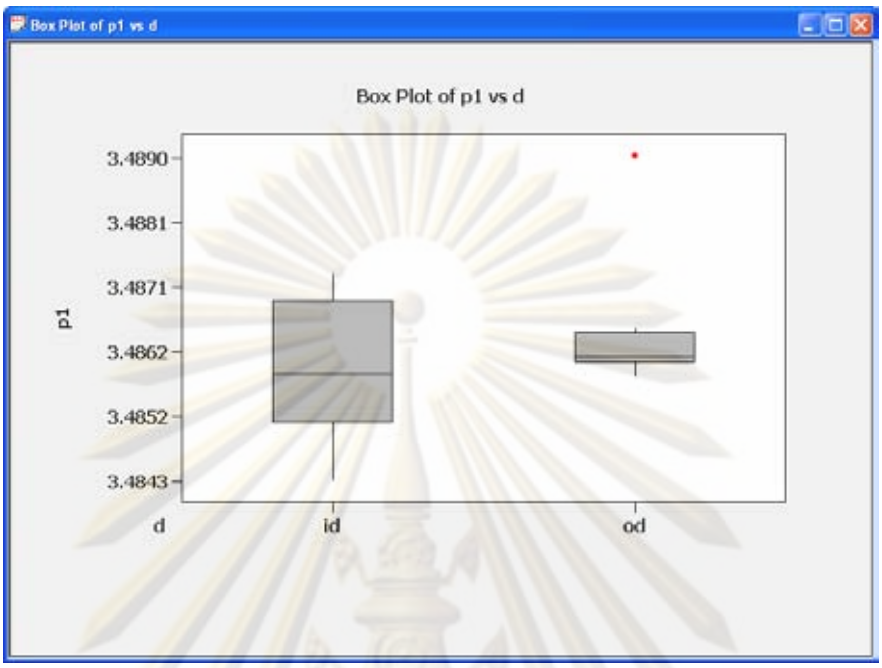


รูปที่ 69 หน้าต่างการแสดงบ็อคพลอตแบบ “One Y, simple”

2) บ็อคพลอตแบบ “One Y, with groups” เป็นการสร้างบ็อคพลอตด้วยข้อมูลหนึ่งคอลัมน์ต่อหนึ่งกราฟ โดยพลอตแยกตามกลุ่มข้อมูลที่กำหนด ซึ่งมีหน้าต่างการเลือกคอลัมน์และหน้าต่างการแสดงผลดังรูปต่อไปนี้

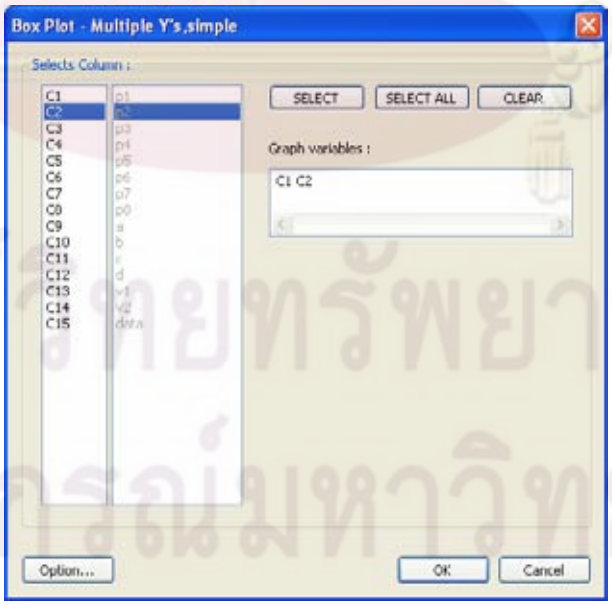
รูปที่ 70 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของบ็อคพลอตแบบ “One Y, with groups”

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



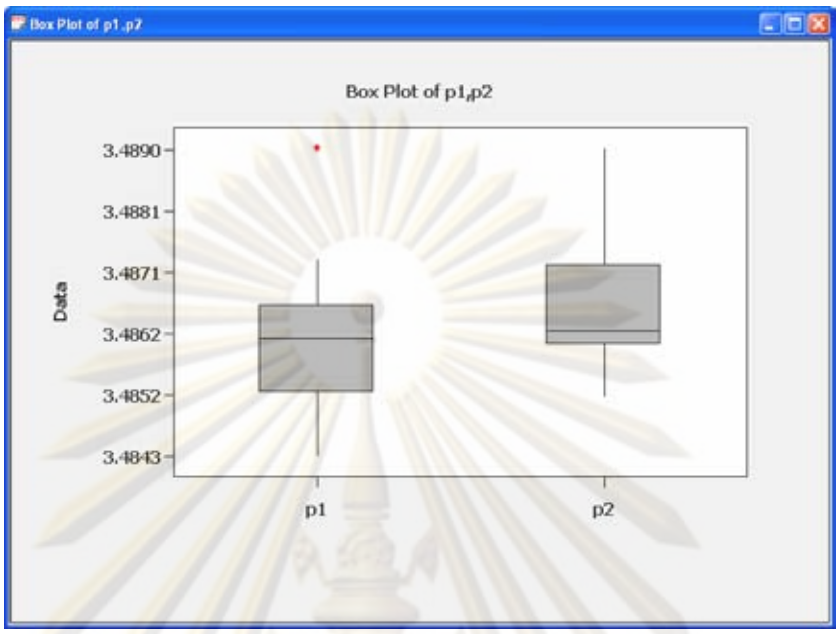
รูปที่ 71 หน้าต่างการแสดงบ็อคพลอตแบบ “One Y, with groups”

3) บ็อคพลอตแบบ “Multiple Y’s, simple” เป็นการสร้างบ็อคพลอตด้วยข้อมูลหลายคอลัมน์ต่อหนึ่งกราฟ ซึ่งมีหน้าต่างการเลือกคอลัมน์และหน้าต่างการแสดงผลดังรูปต่อไปนี้



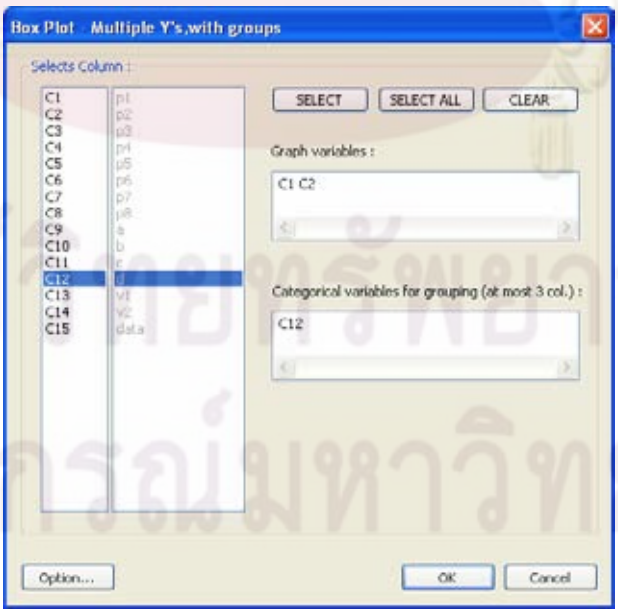
รูปที่ 72 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของบ็อคพลอตแบบ “Multiple Y’s, simple”

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

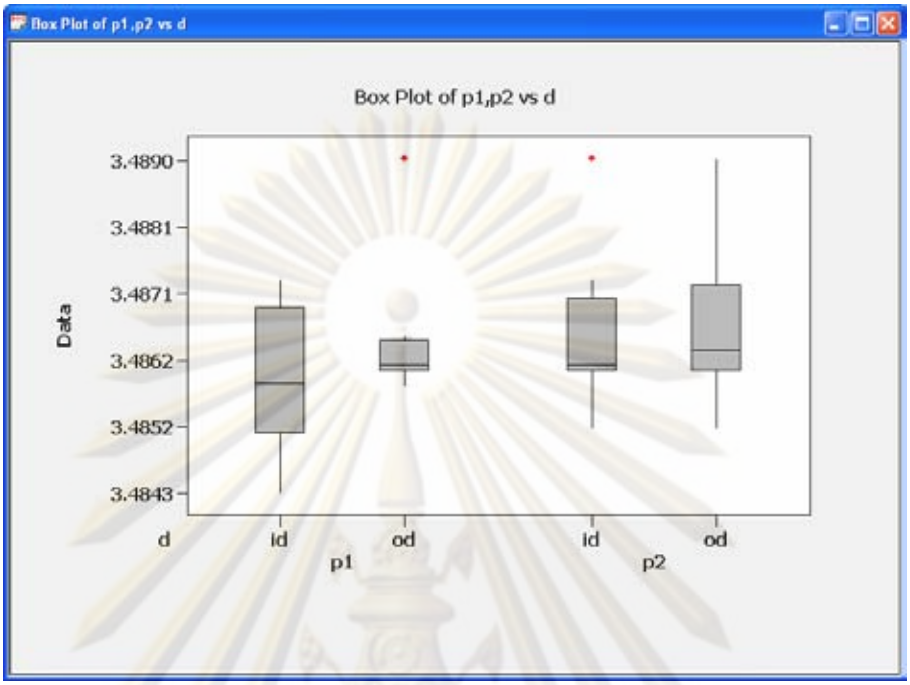


รูปที่ 73 หน้าต่างการแสดงบ็อคพลอตแบบ “Multiple Y’s, simple”

4) บ็อคพลอตแบบ “Multiple Y’s, with groups” เป็นการสร้างบ็อคพลอตด้วยข้อมูลหลายคอลัมน์ต่อหนึ่งกราฟ โดยพลอตแยกตามกลุ่มข้อมูลที่กำหนด ซึ่งมีหน้าต่างการเลือกคอลัมน์และหน้าต่างการแสดงผลดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 74 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของบ็อคพลอตแบบ “Multiple Y’s, with groups”



รูปที่ 75 หน้าต่างการแสดงบ็อคพลอตแบบ “Multiple Y’s, with groups”

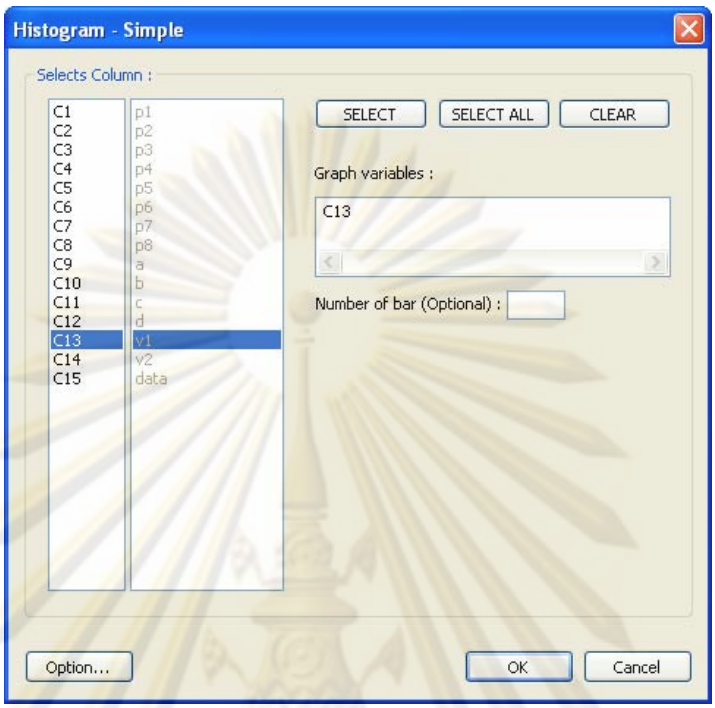
3.5.2.3 ฮิสโทแกรม

สามารถเลือกสร้างกราฟชนิดนี้ได้จากการเลือกเมนู “Graphs”->”Histogram” โดยกราฟชนิดนี้จะมีให้เลือกใช้ 3 แบบได้แก่ “Simple”, “With Fit” และ “With Fit and Groups” ดังรูป

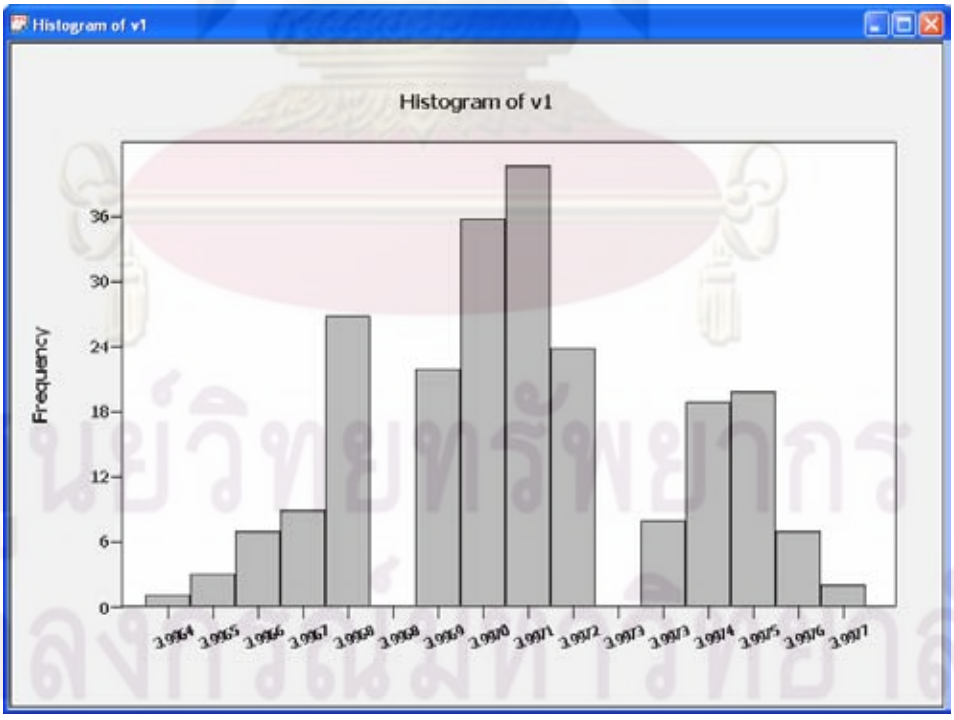
รูปที่ 76 หน้าต่างการเลือกรูปแบบของฮิสโทแกรม

1) ฮิสโทแกรมแบบ “Simple” เป็นการสร้างฮิสโทแกรมด้วยข้อมูลในคอลัมน์ ซึ่งมีหน้าต่างการเลือกคอลัมน์และหน้าต่างการแสดงผลดังรูปต่อไปนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

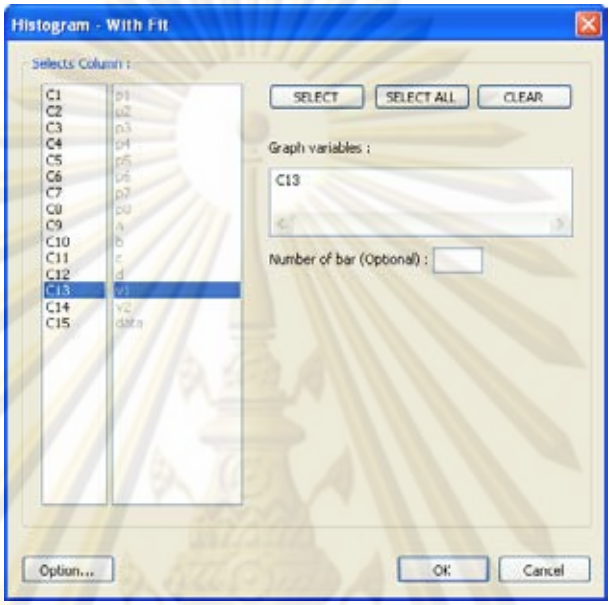


รูปที่ 77 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของอิสโทแกรมแบบ “Simple”

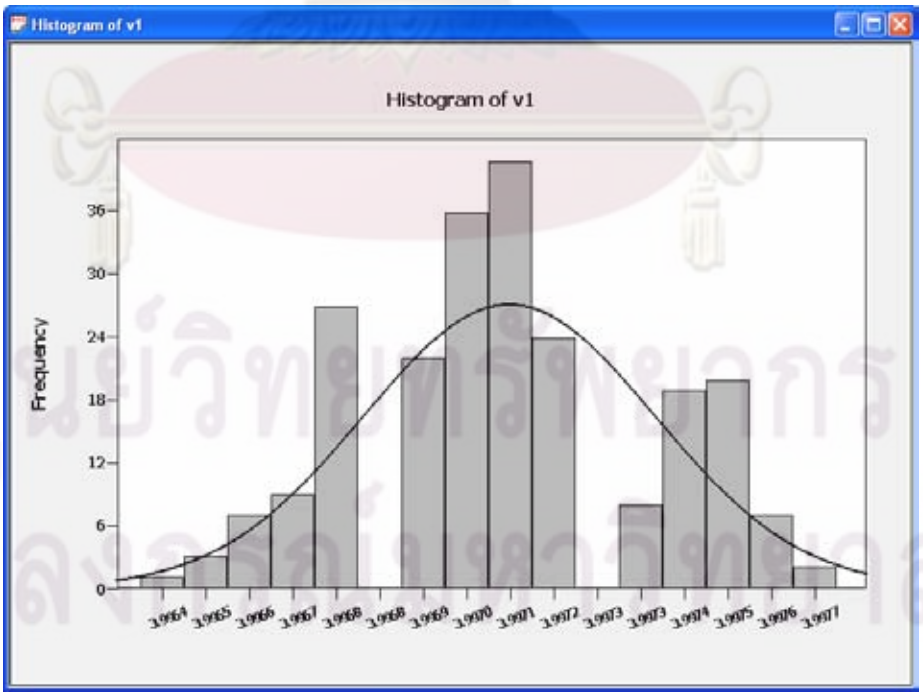


รูปที่ 78 หน้าต่างการแสดงอิสโทแกรมแบบ “Simple”

2) อิสโทแกรมแบบ “With Fit” เป็นการสร้างอิสโทแกรมด้วยข้อมูลในคอลัมน์ โดยมีเส้นโค้งของการกระจายแบบปกติพลอตเปรียบเทียบด้วย ซึ่งมีหน้าต่างการเลือกคอลัมน์และหน้าต่างการแสดงผลดังรูปต่อไปนี้

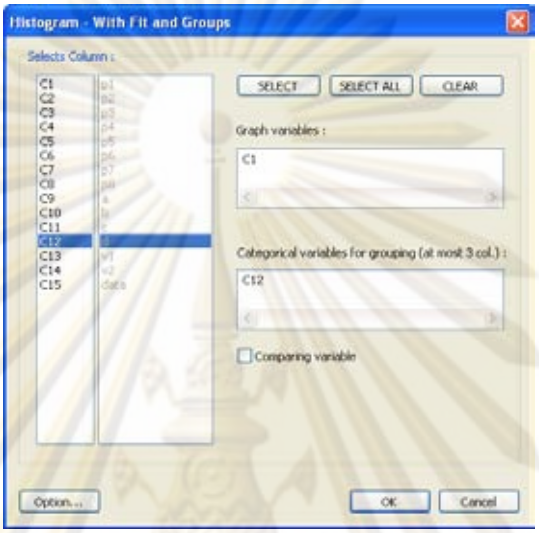


รูปที่ 79 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของอิสโทแกรมแบบ “With Fit”

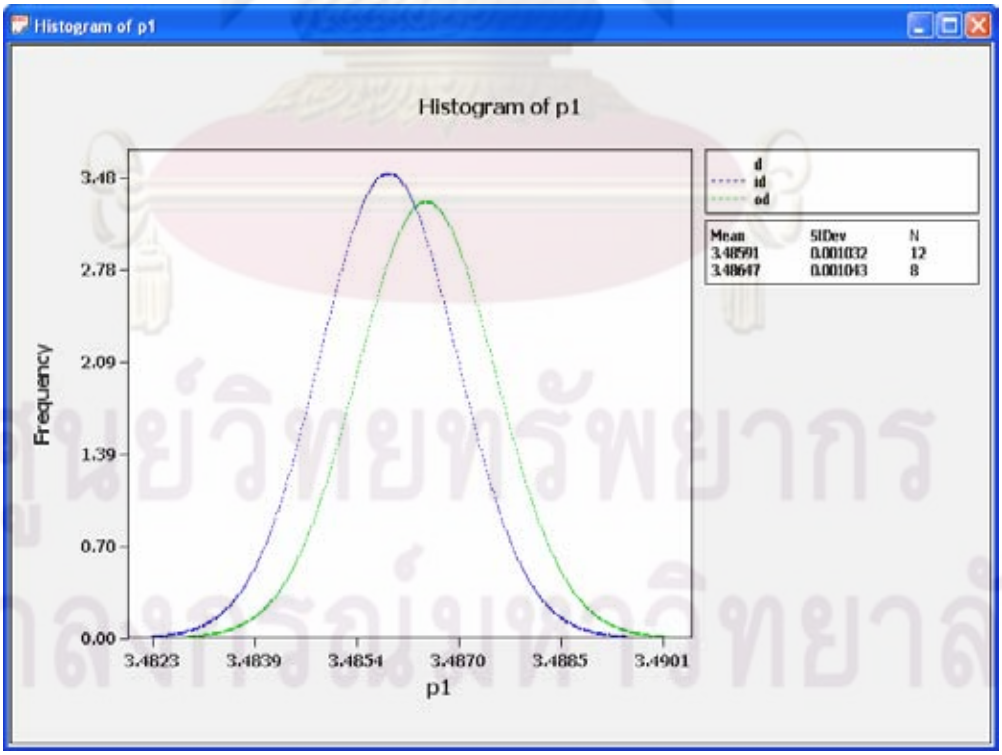


รูปที่ 80 หน้าต่างการแสดงอิสโทแกรมแบบ “With Fit”

3) อิสโทแกรมแบบ “With Fit and Groups” เป็นการสร้างเส้นโค้งของการกระจายแบบปกติของข้อมูล โดยพลอตแยกตามกลุ่มข้อมูลที่กำหนด ซึ่งมีหน้าต่างการเลือกคอลัมน์และหน้าต่างการแสดงผลดังรูปต่อไปนี้



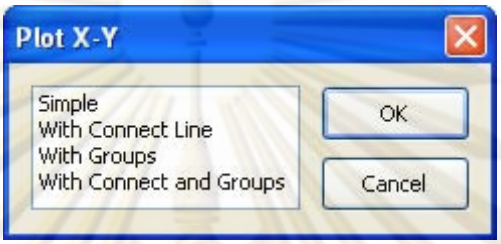
รูปที่ 81 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของอิสโทแกรมแบบ “With Fit and Groups”



รูปที่ 82 หน้าต่างการแสดงอิสโทแกรมแบบ “With Fit and Groups”

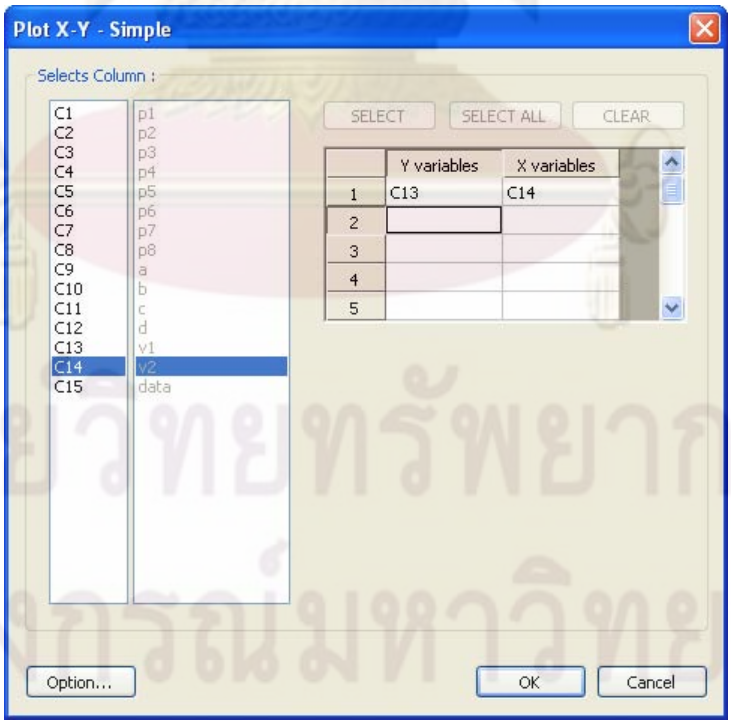
3.5.2.4 แผนภาพการกระจาย

สามารถเลือกสร้างกราฟชนิดนี้ได้จากการเลือกเมนู “Graphs”->”Plot X-Y” โดยกราฟชนิดนี้จะมีให้เลือกใช้ 4 แบบได้แก่ “Simple”, “With Connect Line”, “With Groups” และ “With Connect and Groups” ดังรูป



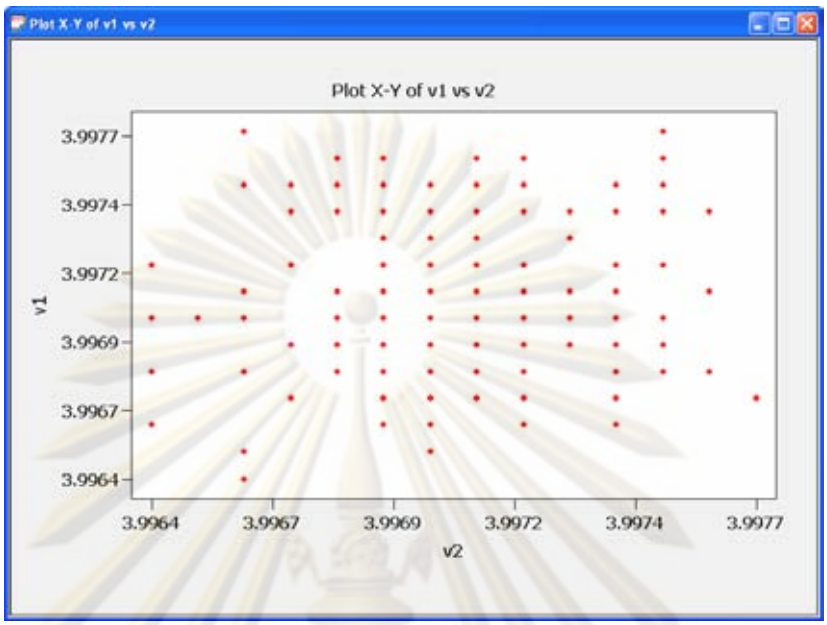
รูปที่ 83 หน้าต่างการเลือกรูปแบบของแผนภาพการกระจาย

1) แผนภาพการกระจายแบบ “Simple” เป็นการสร้างแผนภาพการกระจายจากข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันแบบเป็นคู่ ซึ่งมีหน้าต่างการเลือกคอลัมน์และหน้าต่างการแสดงผลดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 84 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของแผนภาพการกระจายแบบ “Simple”

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

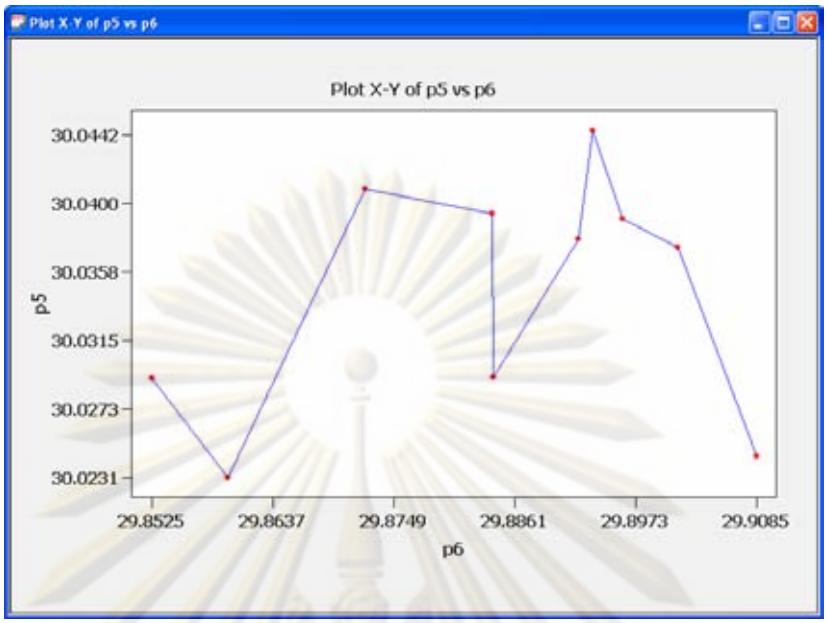


รูปที่ 85 หน้าต่างการแสดงแผนภาพการกระจายแบบ “Simple”

2) แผนภาพการกระจายแบบ “With Connect Line” เป็นการสร้างแผนภาพการกระจายจากข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันแบบเป็นคู่ โดยมีเส้นลากต่อแต่จะจุดเข้าด้วยกัน ซึ่งมีหน้าต่างการเลือกคอลัมน์และหน้าต่างการแสดงผลดังรูปต่อไปนี้

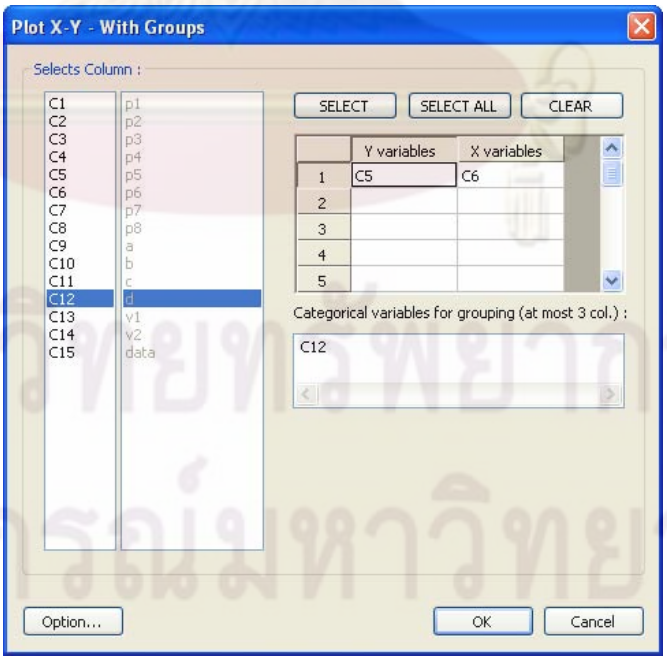
รูปที่ 86 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของแผนภาพการกระจายแบบ “With Connect Line”

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

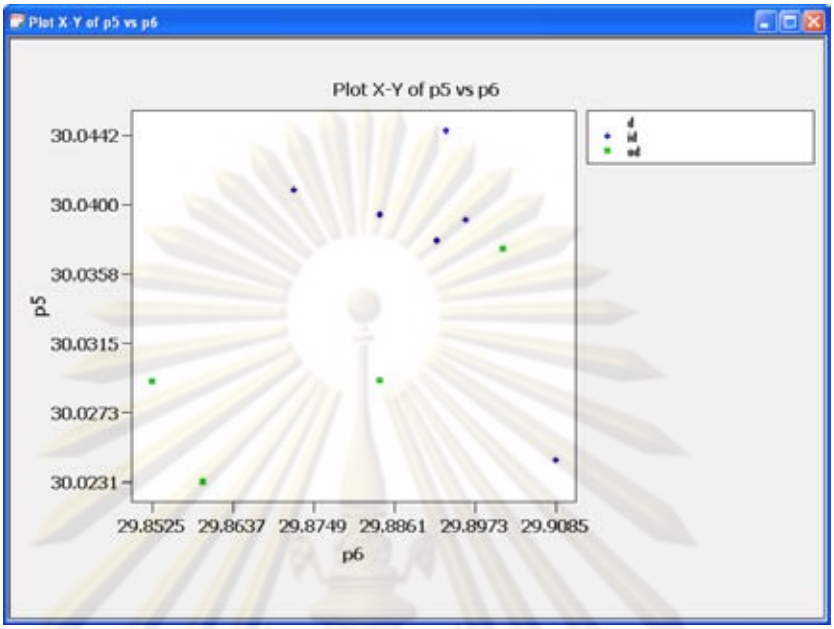


รูปที่ 87 หน้าต่างการแสดงแผนภาพการกระจายแบบ “With Connect Line”

3) แผนภาพการกระจายแบบ “With Groups” เป็นการสร้างแผนภาพการกระจายจากข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันแบบเป็นคู่ โดยพลอตแยกตามกลุ่มข้อมูลที่กำหนด ซึ่งมีหน้าต่างการเลือกคอลัมน์และหน้าต่างการแสดงผลดังรูปต่อไปนี้

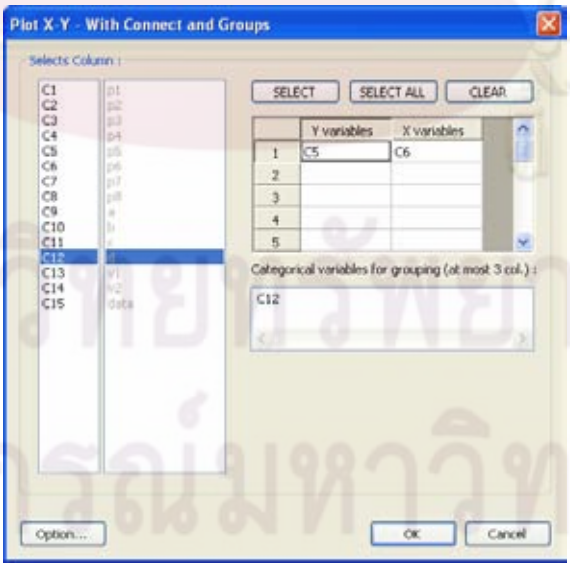


รูปที่ 88 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของแผนภาพการกระจายแบบ “With Groups”

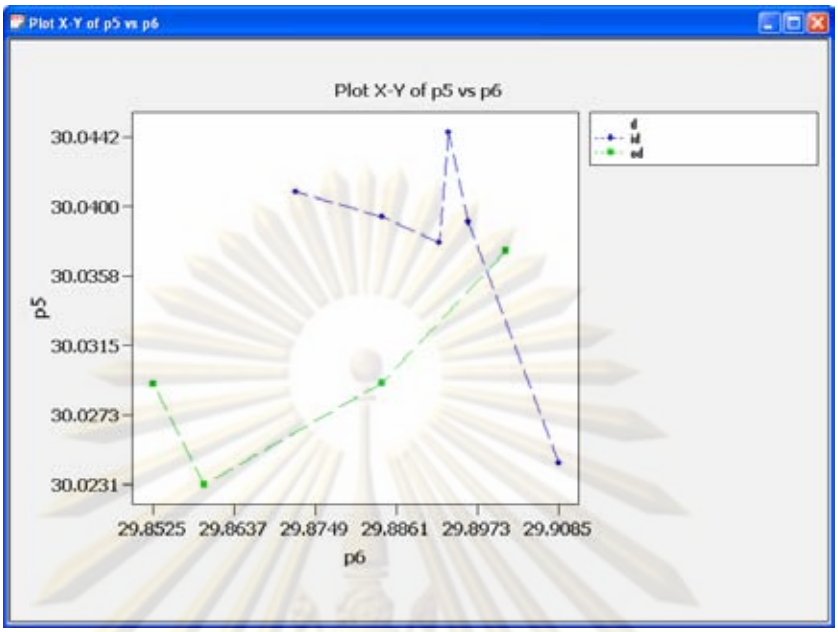


รูปที่ 89 หน้าต่างการแสดงแผนภาพการกระจายแบบ “With Groups”

4) แผนภาพการกระจายแบบ “With Connect and Groups” เป็นการสร้างแผนภาพการกระจายจากข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันแบบเป็นคู่ โดยพลอตแยกตามกลุ่มข้อมูลที่กำหนดและมีเส้นลากต่อแต่จะจุดเข้าด้วยกัน ซึ่งมีหน้าต่างการเลือกคอลัมน์และหน้าต่างการแสดงผลดังรูปต่อไปนี้



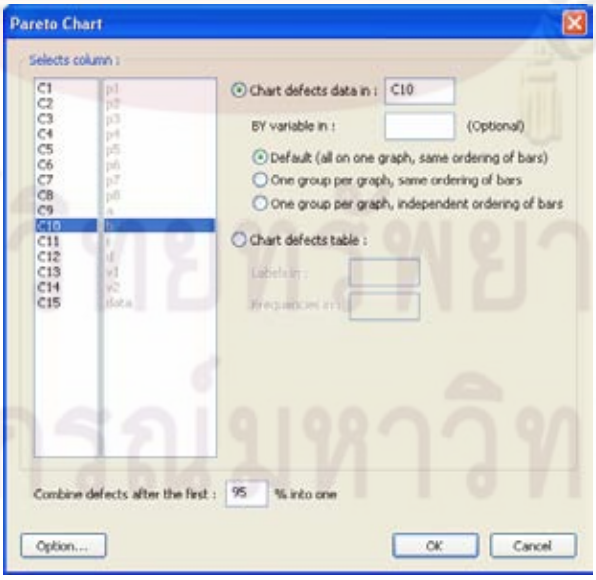
รูปที่ 90 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของแผนภาพการกระจายแบบ “With Connect and Groups”



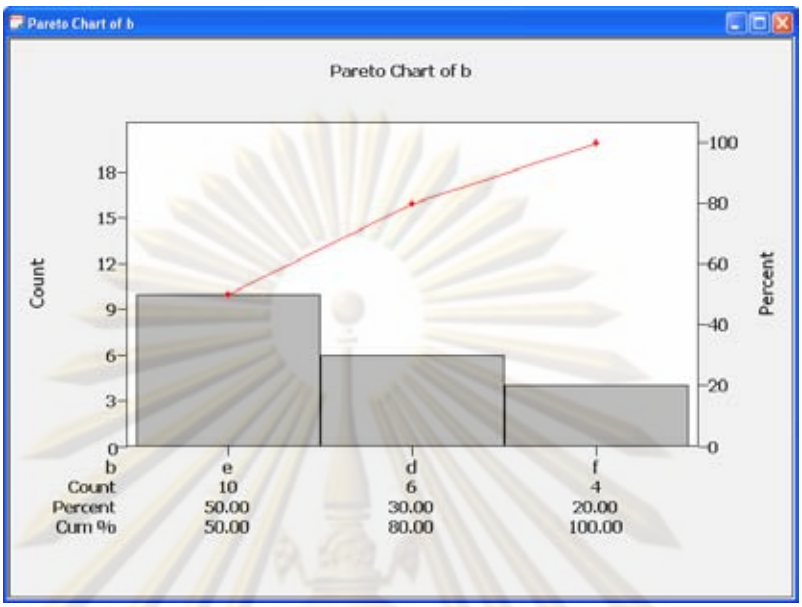
รูปที่ 91 หน้าต่างการแสดงแผนภาพการกระจายแบบ “With Connect and Groups”

3.5.2.5 แผนภาพพาเรโต

สามารถเลือกสร้างกราฟชนิดนี้ได้จากการเลือกเมนู “Graphs”->”Pareto Chart” ซึ่งมีหน้าต่างการเลือกคอลัมน์และหน้าต่างการแสดงผลดังรูปต่อไปนี้



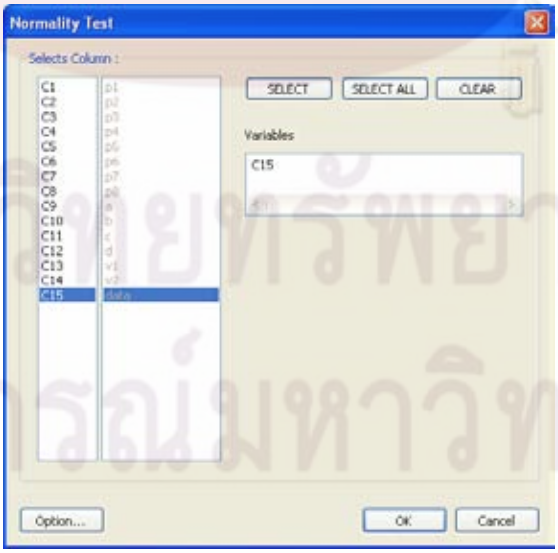
รูปที่ 92 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของแผนภาพพาเรโต



รูปที่ 93 หน้าต่างการแสดงแผนภาพพาเรโต

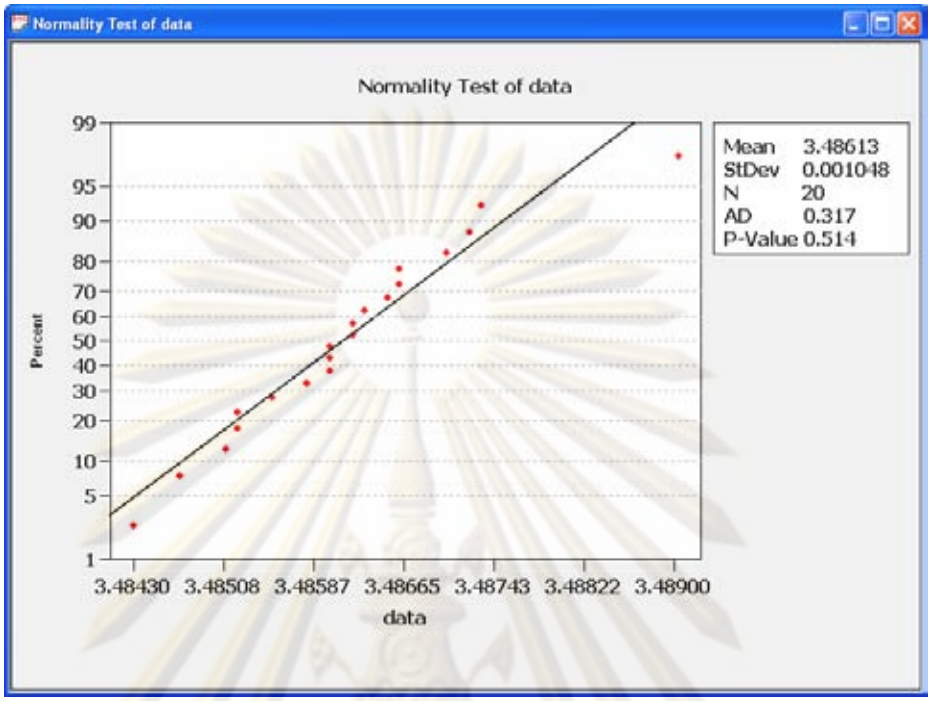
3.5.3 การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล

สามารถเลือกใช้ฟังก์ชันนี้ได้จากการเลือกเมนู “Normality Test” ซึ่งมีหน้าต่างการเลือกคอลัมน์และหน้าต่างการแสดงผลดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 94 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 95 หน้าต่างการแสดงผลการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล

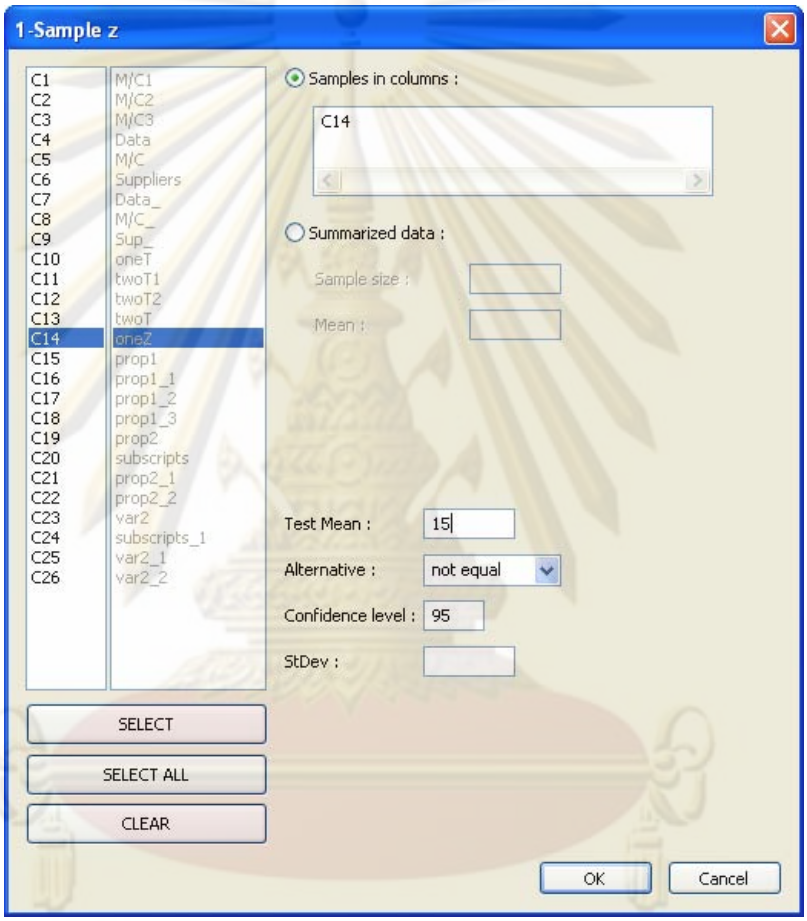
3.5.4 การทดสอบสมมุติฐานทางสถิติ

โปรแกรม OSPC มีฟังก์ชันการทดสอบสมมุติฐานทางสถิติของค่าต่างๆ ดังนี้ ค่าเฉลี่ยประชากรเดียวเมื่อตัวอย่างมีขนาดใหญ่, ค่าเฉลี่ยประชากรเดียวเมื่อตัวอย่างมีขนาดเล็ก, ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองประชากรเมื่อสุ่มตัวอย่างเป็นอิสระกันและตัวอย่างมีขนาดเล็ก, ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองประชากรเมื่อสุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระกัน, การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว, การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง, ค่าสัดส่วนประชากรเดียว, ผลต่างระหว่างค่าสัดส่วนของสองประชากร และความแตกต่างระหว่างความแปรปรวนของสองประชากร โดยมีรายละเอียดดังนี้

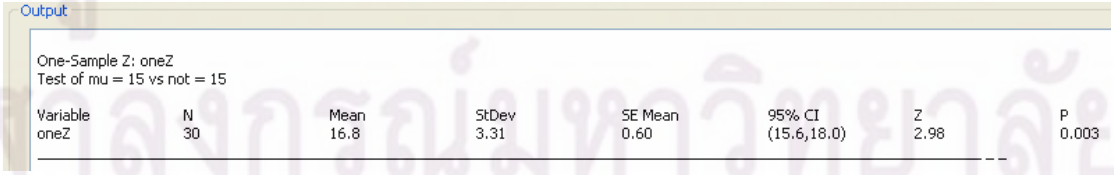
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.5.4.1 การทดสอบสมมุติฐานค่าเฉลี่ยประชากรเดียวเมื่อตัวอย่างมีขนาดใหญ่ (1-Sample Z)

สามารถเลือกการทดสอบสมมุติฐานชนิดนี้ได้จากการเลือกเมนู “Hypothesis_Test”->”Mean”->”1-Sample Z” ซึ่งมีหน้าต่างการเลือกคอลัมน์และหน้าต่างการแสดงผลดังรูปต่อไปนี้



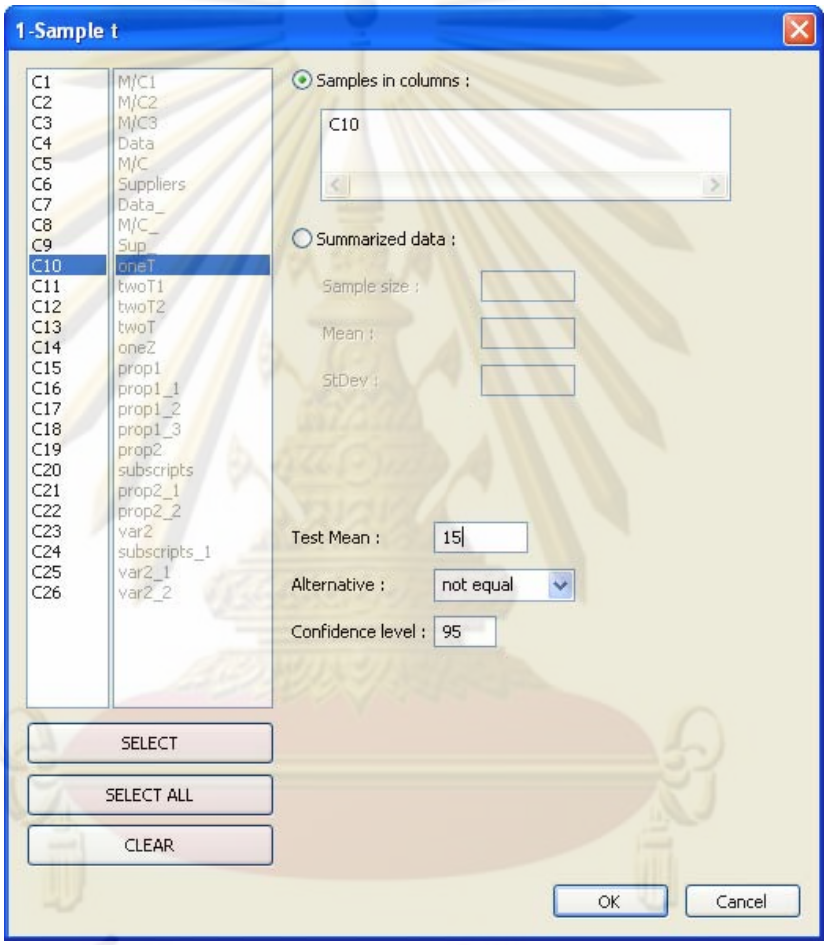
รูปที่ 96 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของการทดสอบสมมุติฐาน 1-Sample Z



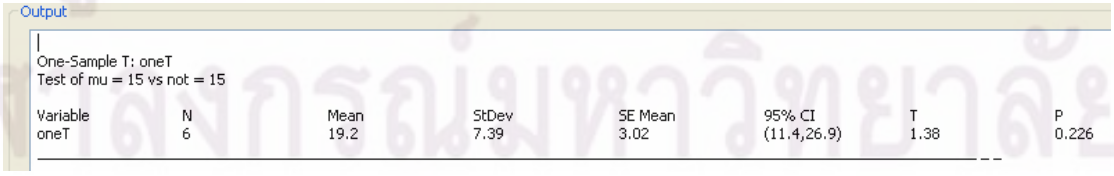
รูปที่ 97 หน้าต่างการแสดงผลการทดสอบสมมุติฐาน 1-Sample Z

3.5.4.2 การทดสอบสมมุติฐานค่าเฉลี่ยประชากรเดียวเมื่อตัวอย่างมีขนาดเล็ก (1-Sample t)

สามารถเลือกการทดสอบสมมุติฐานชนิดนี้ได้จากการเลือกเมนู “Hypothesis_Test”->”Mean”->”1-Sample t” ซึ่งมีหน้าต่างการเลือกคอลัมน์และหน้าต่างการแสดงผลดังรูปต่อไปนี้



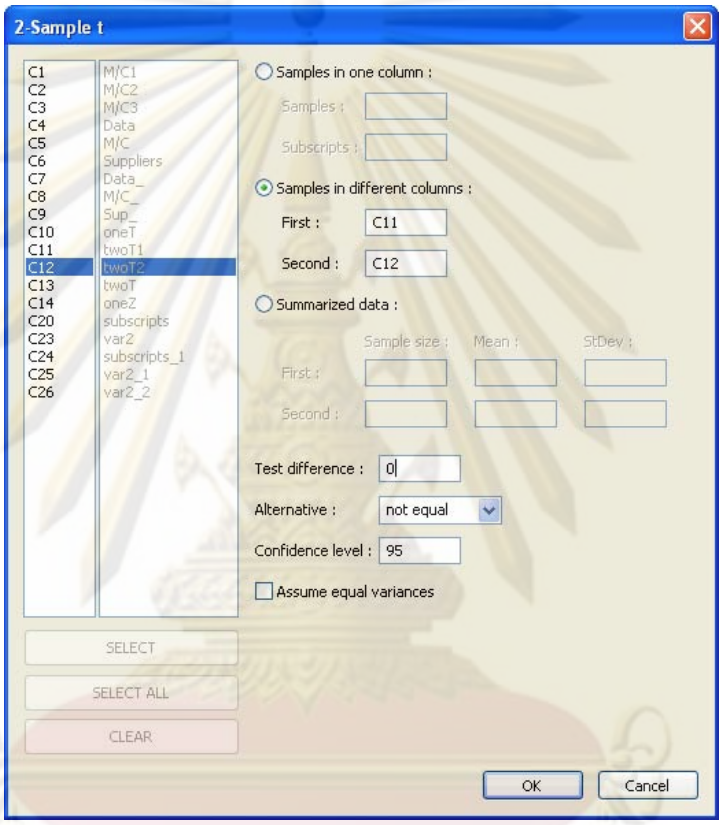
รูปที่ 98 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของการทดสอบสมมุติฐาน 1-Sample t



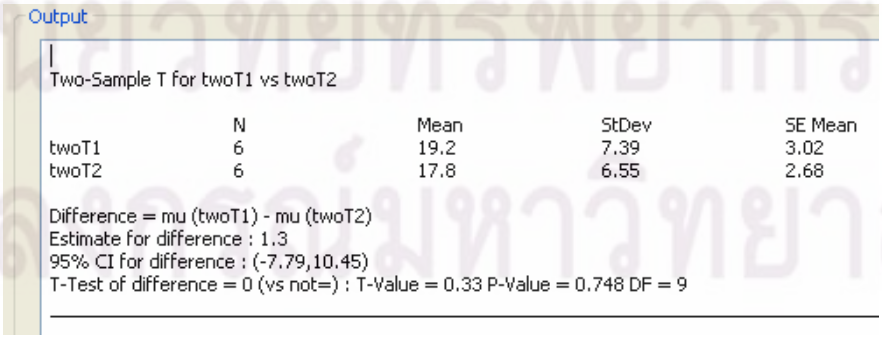
รูปที่ 99 หน้าต่างการแสดงผลการทดสอบสมมุติฐาน 1-Sample t

3.5.4.3 การทดสอบสมมุติฐานผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองประชากรเมื่อสุ่มตัวอย่างเป็นอิสระกันและตัวอย่างมีขนาดเล็ก (2-Sample t)

สามารถเลือกการทดสอบสมมุติฐานชนิดนี้ได้จากการเลือกเมนู “Hypothesis_Test”->”Mean”->”2-Sample t” ซึ่งมีหน้าต่างการเลือกคอลัมน์และหน้าต่างการแสดงผลดังรูปต่อไปนี้



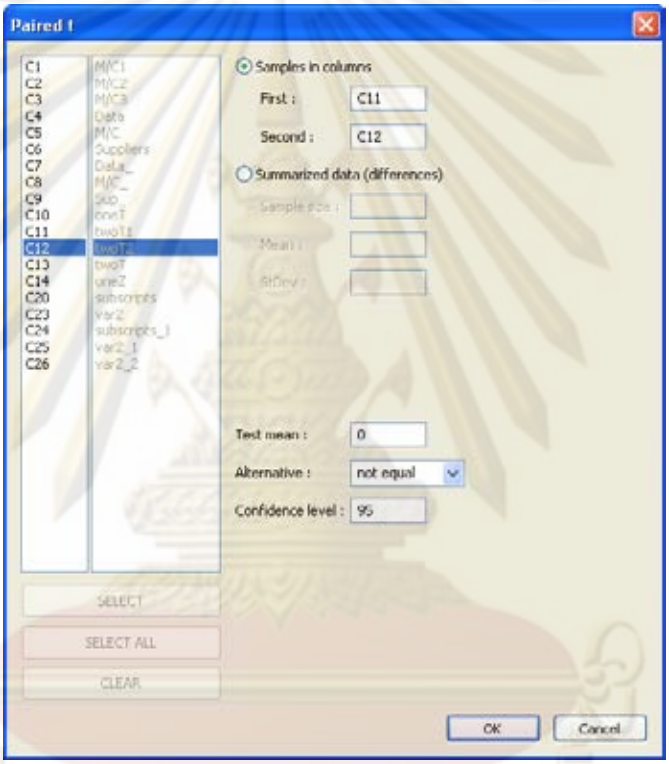
รูปที่ 100 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของการทดสอบสมมุติฐาน 2-Sample t



รูปที่ 101 หน้าต่างการแสดงผลการทดสอบสมมุติฐาน 2-Sample t

3.5.4.4 การทดสอบสมมุติฐานผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองประชากรเมื่อสุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระกัน (Paired t)

สามารถเลือกการทดสอบสมมุติฐานชนิดนี้ได้จากการเลือกเมนู “Hypothesis_Test”->”Mean”->”Paired t” ซึ่งมีหน้าต่างการเลือกคอลัมน์และหน้าต่างการแสดงผลดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 102 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของการทดสอบสมมุติฐาน Paired t

Output

Paired T for twoT1 - twoT2

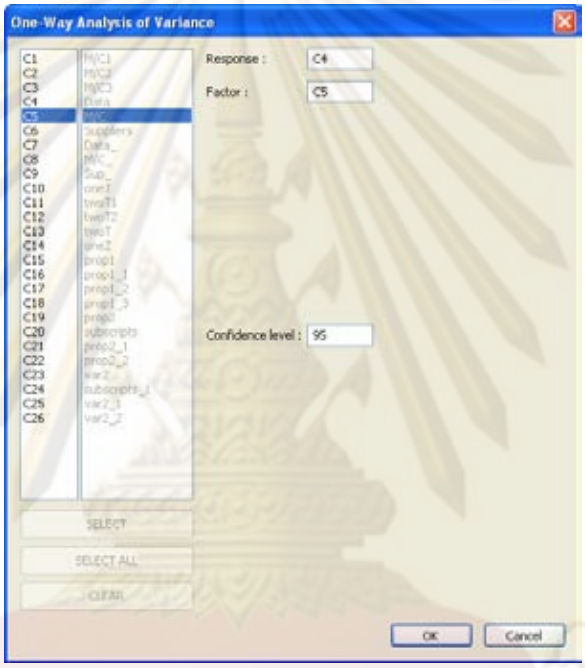
	N	Mean	StDev	SE Mean
twoT1	6	19.2	7.39	3.02
twoT2	6	17.8	6.55	2.68
Difference	6	1.3	8.78	3.58

95% CI for mean difference : (-7.88,10.55)
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0) : T-Value = 0.37 P-Value = 0.725

รูปที่ 103 หน้าต่างการแสดงผลการทดสอบสมมุติฐาน Paired t

3.5.4.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way ANOVA)

สามารถเลือกการทดสอบสมมุติฐานชนิดนี้ได้จากการเลือกเมนู “Hypothesis_Test”->”Mean”->”ANOVA”->”One-Way” ซึ่งมีหน้าต่างการเลือกคอลัมน์และหน้าต่างการแสดงผลดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 104 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของ One-Way ANOVA

One-way ANOVA : Data versus M/C

Source	DF	SS	MS	F	P
M/C	2	3.572	1.7858	4.49	0.044
Error	9	3.578	0.3975		
Total	11	7.149			

S = 0.63048 R-Sq = 49.96% R-sq(adj) = 38.84%

Level	N	Mean	StDev
1	4	5.07	0.789
2	4	3.85	0.723
3	4	4.00	0.216

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

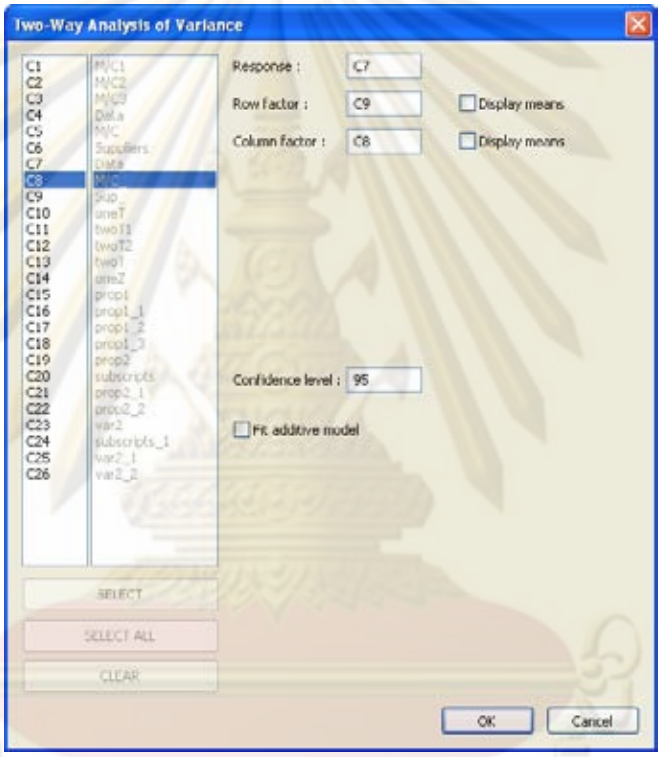
```
-----:---------:---------:---------:----
     ----------[---------|---------]
[---------|---------]----------
-[---------|---------]----------
-----:---------:---------:---------:----
  3.60      4.22      4.83      5.45
```

Pooled StDev = 0.63048

รูปที่ 105 หน้าต่างการแสดงผล One-Way ANOVA

3.5.4.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-Way ANOVA)

สามารถเลือกการทดสอบสมมุติฐานชนิดนี้ได้จากการเลือกเมนู “Hypothesis_Test”->”Mean”->”ANOVA”->”Two-Way” ซึ่งมีหน้าต่างการเลือกคอลัมน์และหน้าต่างการแสดงผลดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 106 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของ Two-Way ANOVA

Two-way ANOVA : Data_ versus Sup_, M/C_

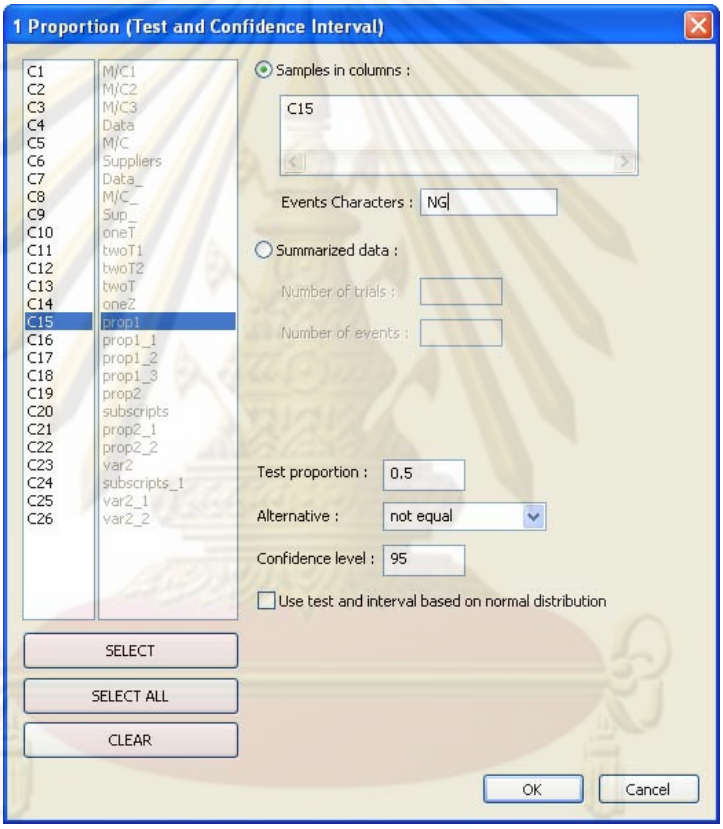
Source	DF	SS	MS	F	P
Sup_	3	0.227	0.0756	1.01	0.423
M/C_	2	3.640	1.8200	24.27	0.000
Interaction	6	6.293	1.0489	13.99	0.000
Error	12	0.900	0.0750		
Total	23	11.060			

S = 0.27386 R-Sq = 91.86% R-sq(adj) = 84.40%

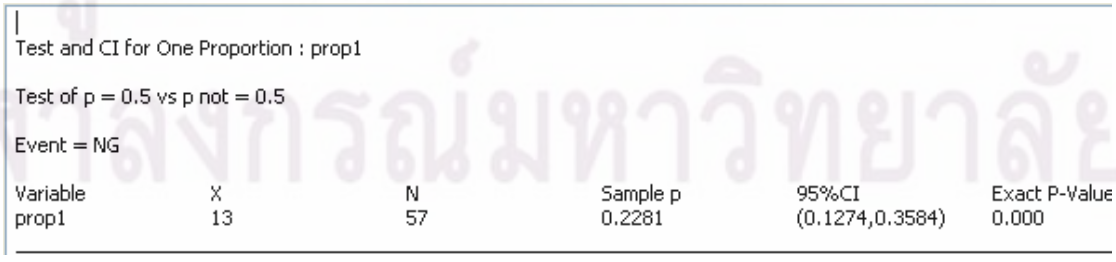
รูปที่ 107 หน้าต่างการแสดงผล Two-Way ANOVA

3.5.4.7 การทดสอบสมมุติฐานค่าสัดส่วนประชากรเดียว (1 Proportion)

สามารถเลือกการทดสอบสมมุติฐานชนิดนี้ได้จากการเลือกเมนู “Hypothesis_Test”->”Proportion”->”1 Proportion” ซึ่งมีหน้าต่างการเลือกคอลัมน์และหน้าต่างการแสดงผลดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 108 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของการทดสอบสมมุติฐาน 1 Proportion



Test and CI for One Proportion : prop1

Test of p = 0.5 vs p not = 0.5

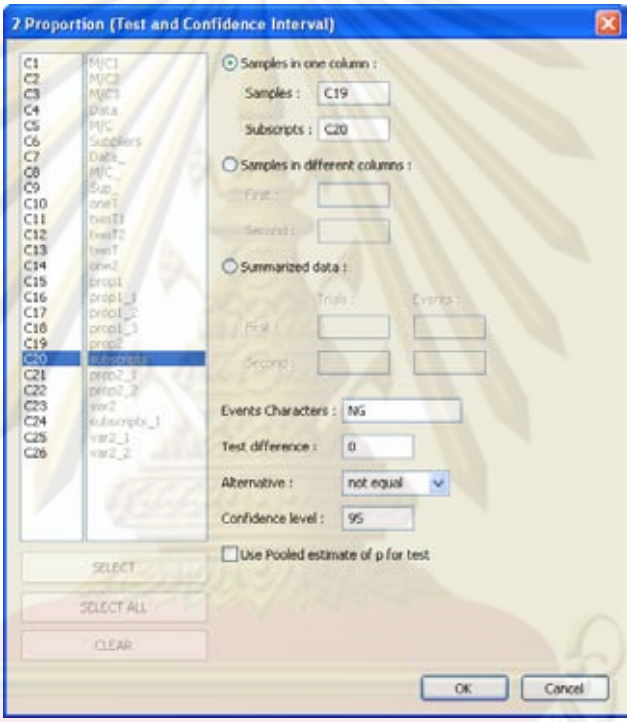
Event = NG

Variable	X	N	Sample p	95%CI	Exact P-Value
prop1	13	57	0.2281	(0.1274,0.3584)	0.000

รูปที่ 109 หน้าต่างการแสดงผลการทดสอบสมมุติฐาน 1 Proportion

3.5.4.8 การทดสอบสมมุติฐานผลต่างระหว่างค่าสัดส่วนของสองประชากร (2 Proportions)

สามารถเลือกการทดสอบสมมุติฐานชนิดนี้ได้จากการเลือกเมนู “Hypothesis_Test”->”Proportion”->”2 Proportions” ซึ่งมีหน้าต่างการเลือกคอลัมน์และหน้าต่างการแสดงผลดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 110 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของการทดสอบสมมุติฐาน 2 Proportions

Test and CI for Two Proportion : prop2,subscripts

Event = NG

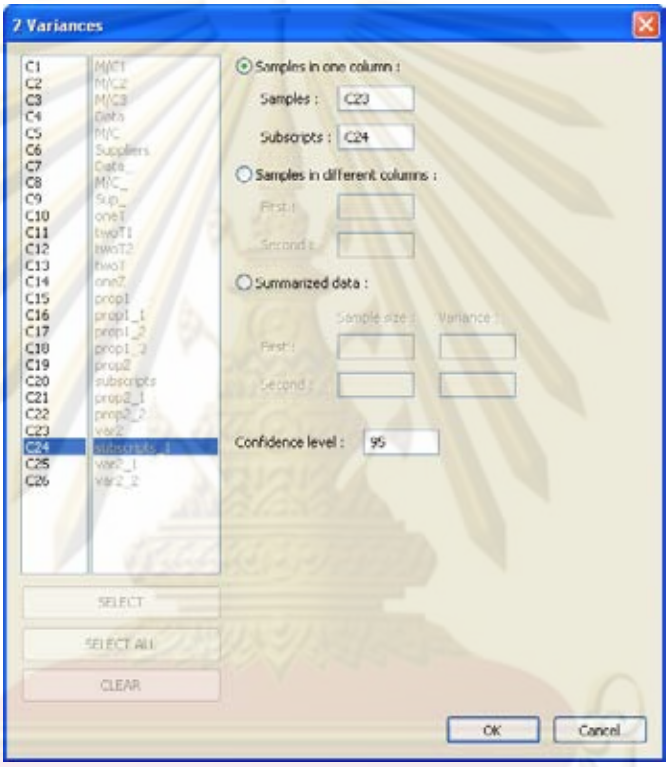
Subscripts	X	N	Sample p
1	13	57	0.2281
2	18	63	0.2857

Difference = p(1) - p(2)
Estimate for difference : -0.057644
95% CI for difference : (-0.2136,0.0983)
Test of difference = 0 (vs not = 0) : Z = -0.72 P-Value = 0.469

รูปที่ 111 หน้าต่างการแสดงผลการทดสอบสมมุติฐาน 2 Proportions

3.5.4.9 การทดสอบสมมุติฐานความแตกต่างระหว่างความแปรปรวนของสองประชากร (2 Variances)

สามารถเลือกการทดสอบสมมุติฐานชนิดนี้ได้จากการเลือกเมนู “Hypothesis_Test”->”Variance”->”2 Variances” ซึ่งมีหน้าต่างการเลือกคอลัมน์และหน้าต่างการแสดงผลดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 112 หน้าต่างการเลือกคอลัมน์ของการทดสอบสมมุติฐาน 2 Variances

Test for Equal Variances : var2,subscripts

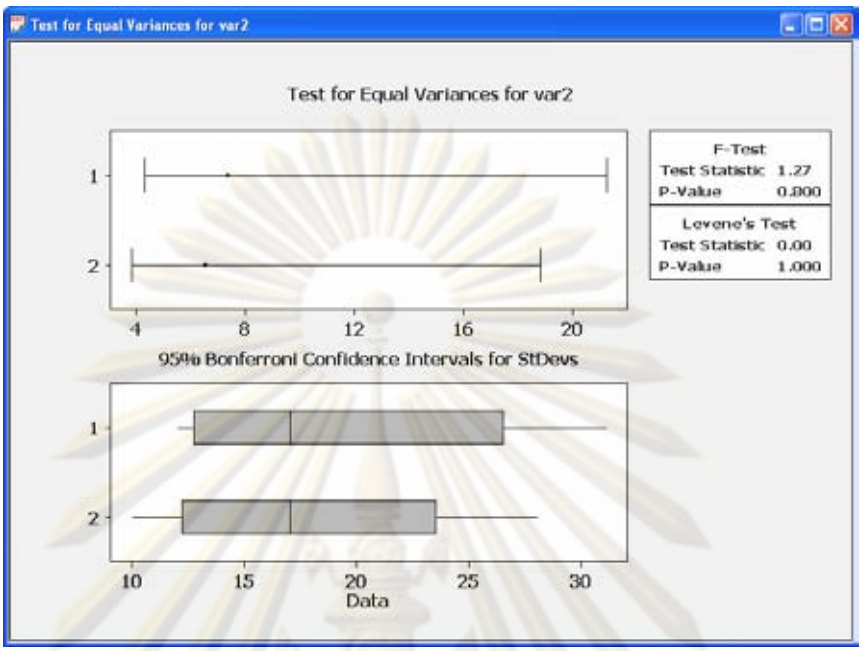
95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

	N	Lower	StDev	Upper
1	6	4.331	7.387	21.134
2	6	3.843	6.555	18.753

F-Test(normal distribution)
Test statistic = 1.27 , p-value = 0.800

Levene's Test(any continuous distribution)
Test statistic = 0.00 , p-value = 1.000

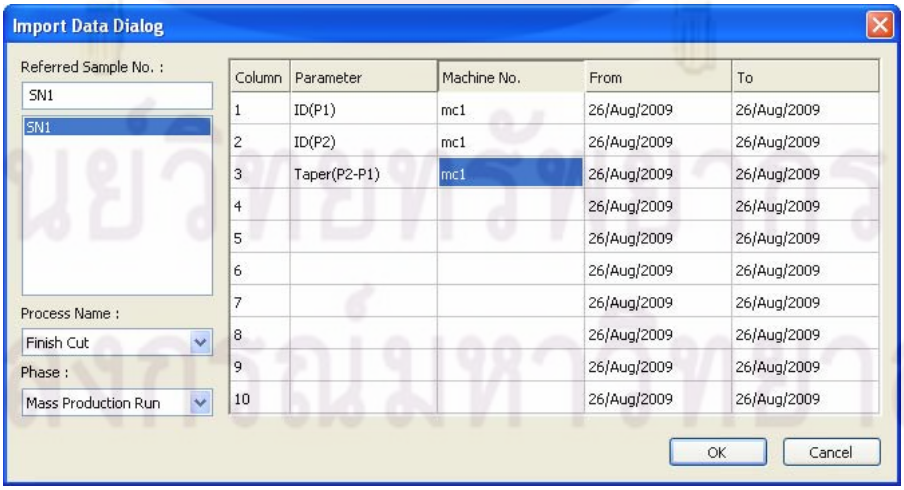
รูปที่ 113 หน้าต่างการแสดงผลการทดสอบสมมุติฐาน 2 Variances



รูปที่ 114 หน้าต่างการแสดงผลการทดสอบสมมุติฐาน 2 Variances (ต่อ)

3.5.5 การนำเข้าข้อมูลจากฐานข้อมูล

เอกสารการทำงานชนิดสถิติสามารถนำเข้าข้อมูลจากฐานข้อมูลโดยการเลือดเมนู “File”->”Import Data from Database…” โดยจะปรากฏหน้าต่าง “Import Data Dialog” ดังรูป

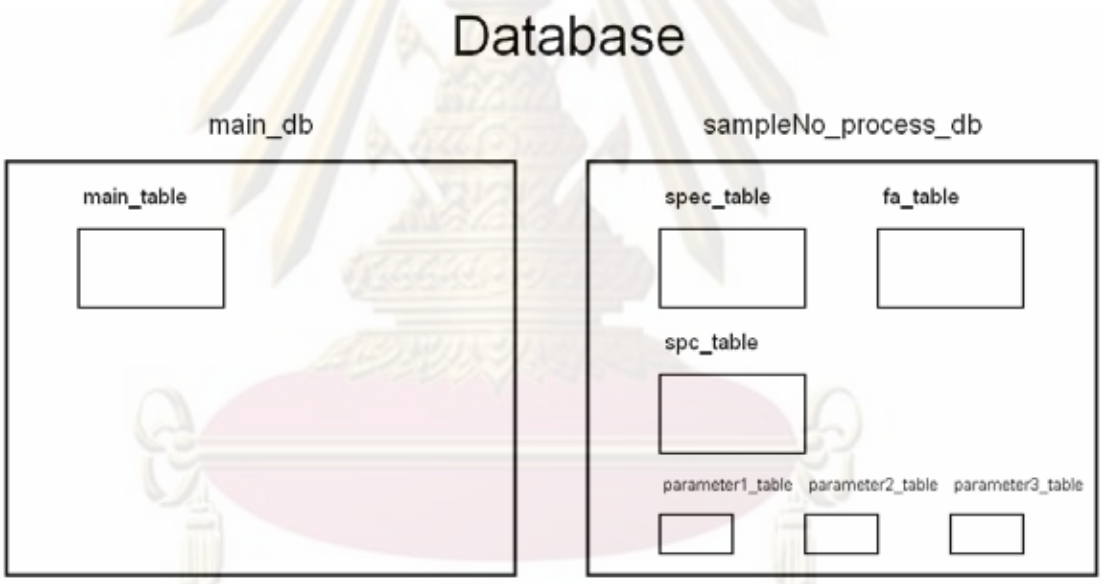


รูปที่ 115 หน้าต่าง “Import Data Dialog”

ผู้ใช้สามารถนำเข้าข้อมูลจากฐานข้อมูลด้วยการเลือก Sample No., Process และ Phase ที่ต้องการ จากนั้นจึงเลือก Parameter, Machine No. และช่วงเวลาที่จะนำเข้า โดยสามารถนำเข้าข้อมูลได้พร้อมกันมากที่สุด 10 คอลัมน์ ซึ่งสามารถระบุหมายเลขคอลัมน์ที่จะนำเข้าข้อมูลได้จากช่อง “Column”

3.6 การออกแบบฐานข้อมูล

เพื่อความสะดวกในการอ้างอิงและการจัดทำรายงาน โปรแกรม OSPC จึงรองรับการจัดเก็บข้อมูลแบบฐานข้อมูล โดยโปรแกรมจะเชื่อมต่อเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลกับฐานข้อมูล MySQL ซึ่งมีโครงสร้างฐานข้อมูลดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 116 โครงสร้างฐานข้อมูลของโปรแกรม OSPC

จากรูปเป็นโครงสร้างฐานข้อมูลซึ่งประกอบด้วย ฐานข้อมูลหลักหนึ่งฐานข้อมูลชื่อ “main_db” และฐานข้อมูลย่อย “sampleNo_process_db” ซึ่งเป็นฐานข้อมูลสำหรับ Sample No. และ Process นั้นๆ โดยชื่อของฐานข้อมูลย่อยนี้จะสร้างขึ้นตาม Sample No. และ Process เช่น ถ้า Sample No. = 012 และ process = Finish Cut ฐานข้อมูลนี้ก็จะชื่อ “012_finish_cut” โดยฐานข้อมูลที่จะถูกสร้างขึ้นเรื่อยๆ เมื่อมีการบันทึกเอกสารการทำงานชนิดการระบุข้อมูล

3.6.1 ฐานข้อมูลหลัก

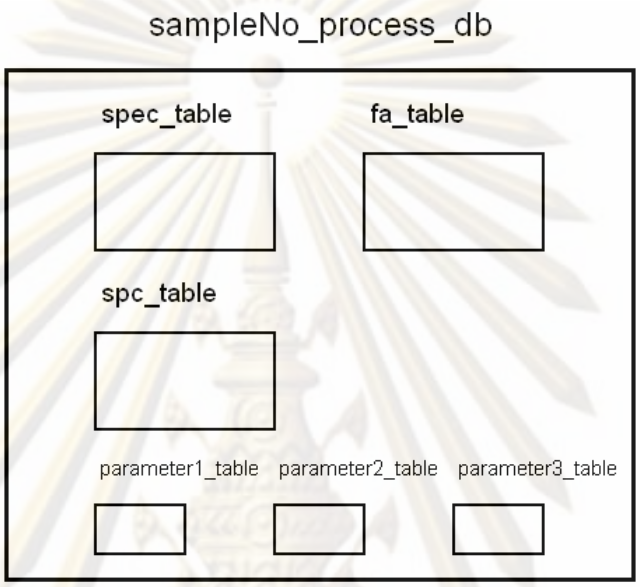
เป็นฐานข้อมูลสำหรับเก็บข้อมูลเบื้อนต้นของเอกสารการทำงานชนิดการระบุข้อมูล โดยในฐานข้อมูลนี้มีเพียงหนึ่งตารางเท่านั้นคือตารางชื่อ “main_table” ซึ่งมีชื่อคอลัมน์, ชนิดข้อมูล และชนิดแอตตริบิวต์ ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2 การออกแบบตารางฐานข้อมูล “main_table”

ชื่อคอลัมน์	ชนิดข้อมูล	NOT NULL	UNIQUE	PRIMARY KEY
fa_path	VARCHAR(200)	/	/	/
fa_no	VARCHAR(30)	/		
sample_no	VARCHAR(30)	/		
pilot_run_no	VARCHAR(30)			
process_eva_no	VARCHAR(30)			
related_doc_no	VARCHAR(30)			
customer	VARCHAR(30)	/		
supplier	VARCHAR(30)			
model_name	VARCHAR(30)	/		
product	VARCHAR(30)	/		
process	VARCHAR(30)	/		
process_no	VARCHAR(30)	/		
drawing_no	VARCHAR(30)	/		
fa_machine_no	VARCHAR(30)			
fa_pd_date_st	DATE			
fa_pd_date_fin	DATE			
fa_inspec_date_st	DATE			
fa_inspec_date_fin	DATE			
fa_operator	VARCHAR(30)			
fa_engineer	VARCHAR(30)			
fa_grouping_lot	VARCHAR(30)			
ppo_cd_1side	VARCHAR(30)			
ppo_cd_2side	VARCHAR(30)			
ppo_noncd_1side	VARCHAR(30)			
ppo_noncd_2side	VARCHAR(30)			
pp_high	VARCHAR(30)			
pp_low	VARCHAR(30)			
drawing_path	VARCHAR(200)			

3.6.2 ฐานข้อมูลย่อย

เป็นฐานข้อมูลที่ถูกสร้างขึ้นเมื่อมีการบันทึกเอกสารการทำงานชนิดการระบุข้อมูล ซึ่งมีตารางในฐานข้อมูลนี้ 4 แบบดังรูป



รูปที่ 117 โครงสร้างฐานข้อมูลย่อย

1) ตาราง “spec_table” สำหรับเก็บค่าขีดจำกัดข้อกำหนดและข้อมูลเบื้องต้นของพารามิเตอร์ต่างๆ โดยมีคอลัมน์, ชนิดข้อมูล และชนิดแอตตริบิวต์ ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3 การออกแบบตารางฐานข้อมูล “spec_table”

ชื่อคอลัมน์	ชนิดข้อมูล	NOT NULL	UNIQUE	PRIMARY KEY
parameter_no	VARCHAR(30)	/	/	/
parameter	VARCHAR(30)	/	/	/
cd_noncd	VARCHAR(30)	/		
gage_name	VARCHAR(30)	/		
unit	VARCHAR(30)	/		
nominal	VARCHAR(30)			
up_tol	VARCHAR(30)			
low_tol	VARCHAR(30)			
usl	VARCHAR(30)			
lsl	VARCHAR(30)			
triggering	VARCHAR(30)			

2) ตาราง “fa_table” สำหรับเก็บข้อมูลจากการสุ่มตัวอย่างในช่วง Pilot Run และ Process Evaluation Run โดยมีคอลัมน์, ชนิดข้อมูล และชนิดแอตตริบิวต์ ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4 การออกแบบตารางฐานข้อมูล “fa_table”

ชื่อคอลัมน์	ชนิดข้อมูล	NOT NULL	UNIQUE	PRIMARY KEY
parameter	VARCHAR(30)	/	/	/
pl_inspector	VARCHAR(30)			
pl1	VARCHAR(30)			
….	…			
pl10	VARCHAR(30)			
pl_wi_spec	VARCHAR(30)			
pl_mean	VARCHAR(30)			
pl_stdev	VARCHAR(30)			
pl_variance	VARCHAR(30)			
pl_pp	VARCHAR(30)			
pl_ppu	VARCHAR(30)			
pl_ppl	VARCHAR(30)			
pl_ppk	VARCHAR(30)			
pl_alpha	VARCHAR(30)			
upper_ci_mean	VARCHAR(30)			
lower_ci_mean	VARCHAR(30)			
upper_ci_stdev	VARCHAR(30)			
lower_ci_stdev	VARCHAR(30)			
pe_inspector	VARCHAR(30)			
pe1	VARCHAR(30)			
…	…			
pe200	VARCHAR(30)			
pe_wi_spec	VARCHAR(30)			
pe_mean	VARCHAR(30)			
pe_stdev	VARCHAR(30)			
pe_variance	VARCHAR(30)			
pe_pp	VARCHAR(30)			
pe_ppu	VARCHAR(30)			
pe_ppl	VARCHAR(30)			
pe_ppk	VARCHAR(30)			
pe_alpha	VARCHAR(30)			
pp_pvalue	VARCHAR(30)			

3) ตาราง “spc_table” สำหรับเก็บข้อมูลแผนการสุ่มตัวอย่างและค่าขีดจำกัดควบคุม โดยมีคอลัมน์, ชนิดข้อมูล และชนิดแอตตริบิวต์ ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5 การออกแบบตารางฐานข้อมูล “spc_table”

ชื่อคอลัมน์	ชนิดข้อมูล	NOT NULL	UNIQUE	PRIMARY KEY
path	VARCHAR(200)	/		/
phase	VARCHAR(30)	/		/
date	DATE	/		/
parameter	VARCHAR(30)	/		/
machine_no	VARCHAR(30)	/		/
sample_size	VARCHAR(30)	/		
sample_interval	VARCHAR(30)	/		
control_chart	VARCHAR(30)	/		
chart1_ucl	VARCHAR(30)			
chart1_cl	VARCHAR(30)			
chart1_lcl	VARCHAR(30)			
chart2_ucl	VARCHAR(30)			
chart2_cl	VARCHAR(30)			
chart2_lcl	VARCHAR(30)			

4) ตาราง “parameter_table” สำหรับเก็บข้อมูลจากการสุ่มตัวอย่างในช่วง Initial Run และ Mass Production Run ซึ่งชื่อของตารางนี้จะสร้างไล่ตามลำดับของพารามิเตอร์ในเอกสารการทำงานชนิดการระบุข้อมูล ยกตัวอย่างเช่น ถ้าในเอกสารการทำงานชนิดการระบุข้อมูลมีพารามิเตอร์ทั้งหมด 10 พารามิเตอร์ ชื่อของตารางที่จะถูกสร้างขึ้นก็จะเรียงลำดับตามหมายเลขดังนี้ “Parameter1_table”, “Parameter2_table”, “Parameter3_table”, “Parameter4_table”, …, “Parameter10_table”, โดยตารางนี้มีคอลัมน์, ชนิดข้อมูล และชนิดแอตตริบิวต์ ดังตารางต่อไปนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6 การออกแบบตารางฐานข้อมูล “parameter_table”

ชื่อคอลัมน์	ชนิดข้อมูล	NOT NULL	UNIQUE	PRIMARY KEY
path	VARCHAR(200)	/		/
phase	VARCHAR(30)	/		/
parameter	VARCHAR(30)	/		/
machine_no	VARCHAR(30)	/		/
no	INT	/		/
subgr	INT	/		
date	DATE	/		
time	TIME	/		
data	VARCHAR(30)	/		
gage_no	VARCHAR(30)			
op_name	VARCHAR(30)			
tas_no	VARCHAR(30)			
sample_size	INT	/		
sample_interval	FLOAT	/		
control_chart	VARCHAR(30)	/		

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

การทดสอบโปรแกรม

เนื้อหาของบทนี้เกี่ยวกับการทดสอบการทำงานของโปรแกรม โดยในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้นมานั้นการทดสอบการใช้งานของโปรแกรมมีความจำเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นการรับประกันว่าโปรแกรมนั้นสามารถใช้งานได้จริงตามวัตถุประสงค์ โดยแบ่งการทดสอบโปรแกรมเป็น 2 ส่วนได้แก่ การทดสอบการทำงานของส่วนต่างๆ ของโปรแกรม และการทดสอบการใช้งานจริงในโรงงาน

4.1 การทดสอบการทำงานของส่วนต่าง ๆ ของโปรแกรม

การทดสอบการทำงานของส่วนต่างๆ ของโปรแกรมเป็นการทดสอบว่าฟังก์ชันต่างๆของโปรแกรมมีการทำงานที่ถูกต้อง ไม่เกิดข้อผิดพลาดใดๆ โดยจะทดสอบใน 4 การทำงานหลักของโปรแกรมได้แก่

1) การทดสอบการทำงานของเอกสารการทำงานชนิดการระบุข้อมูล
2) การทดสอบการทำงานของเอกสารการทำงานชนิดแผนภูมิควบคุม
3) การทดสอบการทำงานของเอกสารการทำงานชนิดสถิติ
4) การทดสอบการทำงานของระบบฐานข้อมูล

4.1.1 การทดสอบการทำงานของเอกสารการทำงานชนิดการระบุข้อมูล

การทดสอบการทำงานของเอกสารการทำงานชนิดการระบุข้อมูล สามารถแสดงในรูปแบบของการคำนวณค่าต่างๆ เปรียบเทียบกันระหว่างการคำนวณโดยทฤษฎีกับการคำนวณโดยโปรแกรม โดยแบ่งเป็น 2 ช่วงคือ Pilot Run และ Process Evaluation Run ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1.1.1 การทดสอบการคำนวณค่าต่างๆ ในช่วง Pilot Run

การทดสอบการคำนวณค่าต่างๆ ในช่วง Pilot Run ด้วยข้อมูลชุดเดียวกัน (แสดงในภาคผนวก ก) สามารถแสดงได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 7 การทดสอบการคำนวณค่าต่างๆ ในช่วง Pilot Run

ฟังก์ชันการคำนวณค่า	คำนวณโดยทฤษฎี	คำนวณโดยโปรแกรม OSPC
“W/I Spec.”	Accept	Accept
“Mean”	2.25291	2.25291
“StDev”	0.000233	0.000233
“Variance”	0.000000	0.000000
“Pp”	1.43	1.43
“Ppu”	1.56	1.56
“Ppl”	1.30	1.30
“Ppk”	1.30	1.30
“Upper CI for Mean”	0.05	0.05
“Lower CI for Mean”	2.25308	2.25308

หมายเหตุ : ผลการคำนวณโดยทฤษฎีใช้การปัดตำแหน่งทศนิยมให้เท่ากับตำแหน่งทศนิยมที่กำหนดในการคำนวณโดยโปรแกรม

4.1.1.2 การทดสอบการคำนวณค่าต่างๆ ในช่วง Process Evaluation Run

การทดสอบการคำนวณค่าต่างๆ ในช่วง Process Evaluation Run ด้วยข้อมูลชุดเดียวกัน (แสดงในภาคผนวก ก) สามารถแสดงได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 8 การทดสอบการคำนวณค่าต่างๆ ในช่วง Process Evaluation Run

ฟังก์ชันการคำนวณค่า	คำนวณโดยทฤษฎี	คำนวณโดยโปรแกรม OSPC
“W/I Spec.”	Accept	Accept
“Mean”	2.25294	2.25294
“StDev”	0.000397	0.000397
“Variance”	0.000000	0.000000
“Pp”	0.84	0.84
“Ppu”	0.89	0.89
“Ppl”	0.79	0.79
“Ppk”	0.79	0.79
“Pp P-Value”	1.0000	1.0000
“Test Result”	Reject	Reject
“Judgement”	Reject	Reject

หมายเหตุ : ผลการคำนวณโดยทฤษฎีใช้การปัดตำแหน่งทศนิยมให้เท่ากับตำแหน่งทศนิยมที่กำหนดในการคำนวณโดยโปรแกรม

4.1.2 การทดสอบการทำงานของเอกสารการทำงานชนิดแผนภูมิควบคุม

การทดสอบการทำงานของเอกสารการทำงานชนิดแผนภูมิควบคุม สามารถแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ การทดสอบการคำนวณแผนการสุ่มตัวอย่าง, การทดสอบการคำนวณค่าขีดจำกัดควบคุม และการทดสอบการตรวจจับความผิดปกติของกระบวนการ โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1.2.1 การทดสอบการคำนวณแผนการสุ่มตัวอย่าง

การทดสอบการคำนวณแผนการสุ่มตัวอย่าง สามารถแสดงตารางข้อมูลเริ่มต้นและตารางการทดสอบได้ดังนี้

ตารางที่ 9 ข้อมูลเริ่มต้นในการทดสอบการคำนวณแผนการสุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลเริ่มต้น	ค่าเริ่มต้น
“Nominal”	2.2540
“LSL”	2.2530
“USL”	2.2550
“Accepted Yield (%)”	95
“Mean”	2.25407
“StDev”	0.000281
“Alpha”	0.0027
“FAF (Hrs)”	720
“Beta”	0.2

ตารางที่ 10 การทดสอบการคำนวณแผนการสุ่มตัวอย่าง

ฟังก์ชันการคำนวณค่า	คำนวณโดยทฤษฎี	คำนวณโดยโปรแกรม OSPC
“Estimated Yield (%)”	99.95	99.95
“Diff”	0.000468	0.000468
“ARL_0”	370.37	370.37
“ARL_1”	1.25	1.25
“ATS”	2.43	2.43
“Calculated Power”	0.80	0.80
“Calculated Frequency (Hrs)”	1.94	1.94
“Calculated Sample Size”	5.32	5.32

หมายเหตุ : ผลการคำนวณโดยทฤษฎีใช้การปัดตำแหน่งทศนิยมให้เท่ากับตำแหน่งทศนิยมที่กำหนดในการคำนวณโดยโปรแกรม

4.1.2.2 การทดสอบการคำนวณค่าขีดจำกัดควบคุม

สามารถทดสอบการคำนวณค่าขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมควบคุมต่างๆ ด้วยข้อมูลชุดเดียวกันของแต่ละแผนภูมิ (แสดงในภาคผนวก ก) ได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 11 การทดสอบการคำนวณค่าขีดจำกัดควบคุม

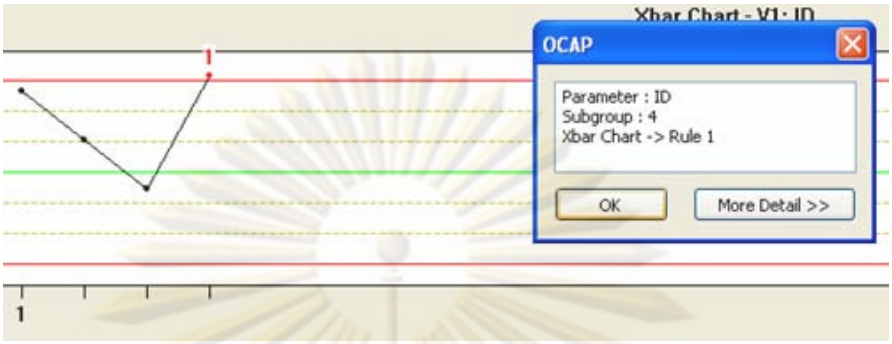
แผนภูมิควบคุม	พิกัดควบคุม	ค่าขีดจำกัดควบคุมเบื้องต้น (คำนวณโดยทฤษฎี)	ค่าขีดจำกัดควบคุมเบื้องต้น (คำนวณโดยโปรแกรม OSPC)	ค่าขีดจำกัดควบคุมที่ทบทวนแล้ว (คำนวณโดยทฤษฎี)	ค่าขีดจำกัดควบคุมที่ทบทวนแล้ว (คำนวณโดยโปรแกรม OSPC)
Xbar Chart	UCL	2.25340	2.25340	2.25339	2.25339
	CL	2.25287	2.25287	2.25293	2.25293
	LCL	2.25234	2.25234	2.25246	2.25246
R Chart	UCL	0.00133	0.00133	0.00118	0.00118
	CL	0.00052	0.00052	0.00046	0.00046
	LCL	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
I Chart	UCL	2.25476	2.25476	2.25475	2.25475
	CL	2.25408	2.25408	2.25407	2.25407
	LCL	2.25339	2.25339	2.25340	2.25340
MR Chart	UCL	0.00084	0.00084	0.00083	0.00083
	CL	0.00026	0.00026	0.00025	0.00025
	LCL	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Modified Xbar Chart	UCL	3.99735	3.99735	-	-
	CL	3.99700	3.99700		
	LCL	3.99665	3.99665		

หมายเหตุ : ผลการคำนวณโดยทฤษฎีใช้การปัดตำแหน่งทศนิยมให้เท่ากับตำแหน่งทศนิยมที่กำหนดในการคำนวณโดยโปรแกรม

4.1.2.3 การทดสอบการตรวจจับความผิดปกติของกระบวนการ

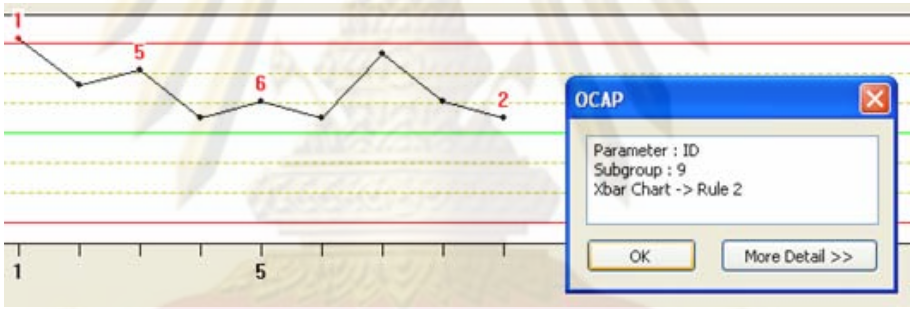
ทดสอบการตรวจจับความผิดปกติของกระบวนการด้วยการ ตรวจสอบการทำงานของโปรแกรมในการแจ้งเตือนผู้ใช้เมื่อเกิดความผิดปกติกับกระบวนการตามกฎการตรวจจับความผิดปกติ 8 กฎ โดยการบันทึกข้อมูลที่ทำให้เกิดความผิดปกติกรณีนั้นๆ ขึ้นแล้วสังเกตว่าโปรแกรมมีการแจ้งเตือนหรือไม่ ซึ่งโปรแกรมก็ตอบสนองต่อความผิดปกติและแจ้งเตือนอย่างถูกต้องดังรูปต่อไปนี้

กฎข้อที่1 : จุดอยู่นอกขีดจำกัดควบคุม



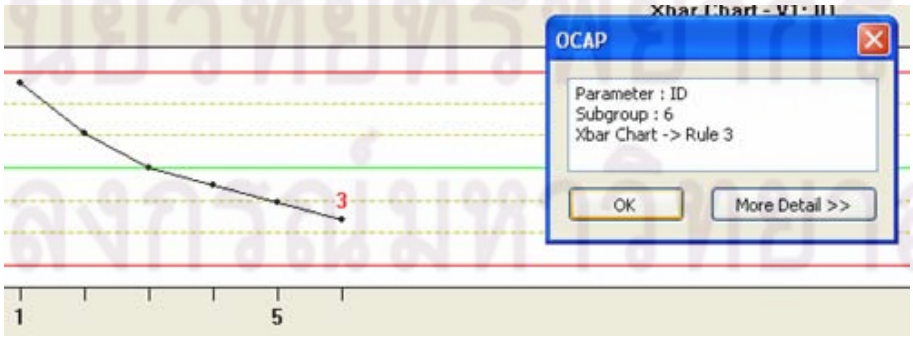
รูปที่ 118 การทดสอบการตรวจจับความผิดปกติของกฎข้อที่ 1

กฎข้อที่ 2 : การเกิดจุดต่อเนื่องกัน (Run) ที่ด้านใดด้านหนึ่งของเส้นกึ่งกลาง



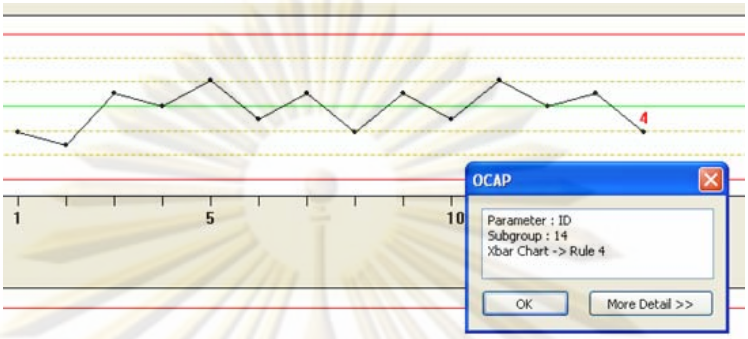
รูปที่ 119 การทดสอบการตรวจจับความผิดปกติของกฎข้อที่ 2

กฎข้อที่ 3 : การเกิดแนวโน้ม (Trend)



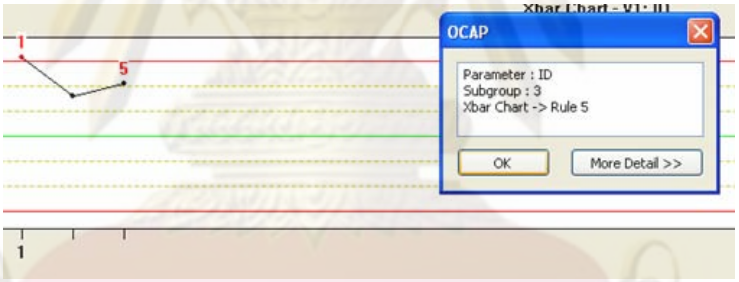
รูปที่ 120 การทดสอบการตรวจจับความผิดปกติของกฎข้อที่ 3

กฎข้อที่ 4 : การเกิดวัฏจักร (Cyclic)



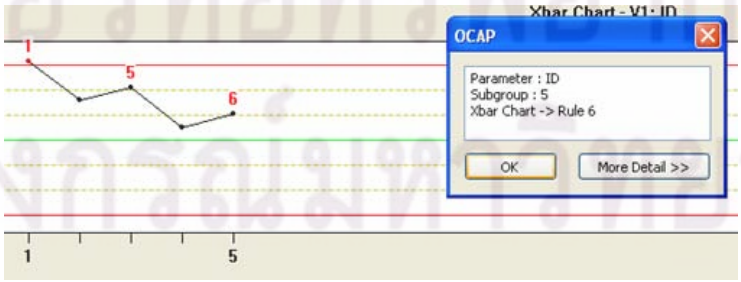
รูปที่ 121 การทดสอบการตรวจจับความผิดปกติของกฎข้อที่ 4

กฎข้อที่ 5 : 2 ใน 3 จุดต่อเนื่องกันอยู่ใน Zone A หรือเลย Zone A ออกไป



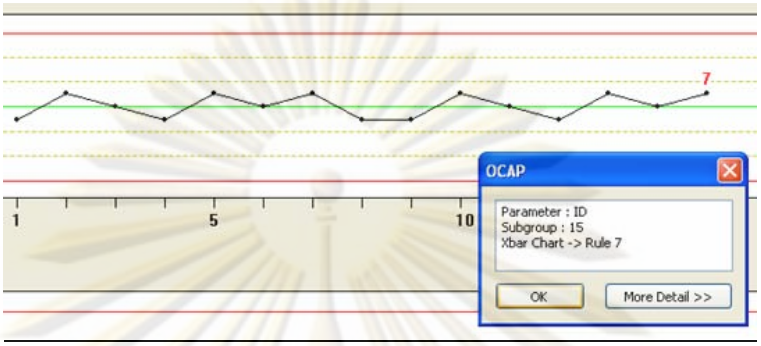
รูปที่ 122 การทดสอบการตรวจจับความผิดปกติของกฎข้อที่ 5

กฎข้อที่ 6 : 4 ใน 5 จุดต่อเนื่องกันอยู่ใน Zone B หรือเลย Zone B ออกไป



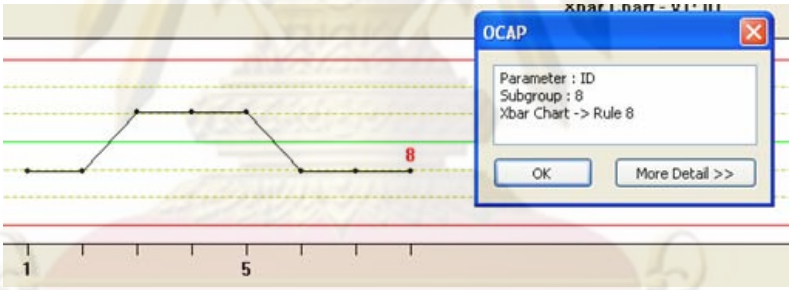
รูปที่ 123 การทดสอบการตรวจจับความผิดปกติของกฎข้อที่ 6

กฎข้อที่ 7 : การเกิดจุดต่อเนื่องกันใน Zone C



รูปที่ 124 การทดสอบการตรวจจับความผิดปกติของกฎข้อที่ 7

กฎข้อที่ 8 : การหลีกเลี่ยง Zone C



รูปที่ 125 การทดสอบการตรวจจับความผิดปกติของกฎข้อที่ 8

4.1.3 การทดสอบการทำงานของเอกสารการทำงานชนิดสถิติ

เอกสารการทำงานชนิดสถิติแบ่งเป็น 4 ส่วนการทำงานได้แก่ การคำนวณค่าสถิติพื้นฐาน, การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยกราฟ, การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล และการทดสอบสมมุติฐาน โดยมีรายละเอียดการทดสอบโปรแกรมดังนี้

4.1.3.1 การทดสอบการทำงานของการคำนวณค่าสถิติพื้นฐาน

ทดสอบด้วยการคำนวณค่าสถิติพื้นฐานต่างๆ เปรียบเทียบกันระหว่างการคำนวณโดยทฤษฎีกับการคำนวณโดยโปรแกรมด้วยข้อมูลชุดเดียวกัน (แสดงในภาคผนวก ก) โดยสามารถแสดงได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 12 การทดสอบการทำงานของการคำนวณค่าสถิติพื้นฐาน

ฟังก์ชันการคำนวณค่า	คำนวณโดยทฤษฎี	คำนวณโดยโปรแกรม OSPC
“Mean”	3.48614	3.48614
“Median”	3.4861	3.4861
“StDev”	0.001048	0.001048
“SE Mean”	0.000234	0.000234
“Minimum”	3.4843	3.4843
“Maximum”	3.489	3.489
“Range”	0.0047	0.0047

หมายเหตุ : ผลการคำนวณโดยทฤษฎีใช้การปัดตำแหน่งทศนิยมให้เท่ากับตำแหน่งทศนิยมที่กำหนดในการคำนวณโดยโปรแกรม

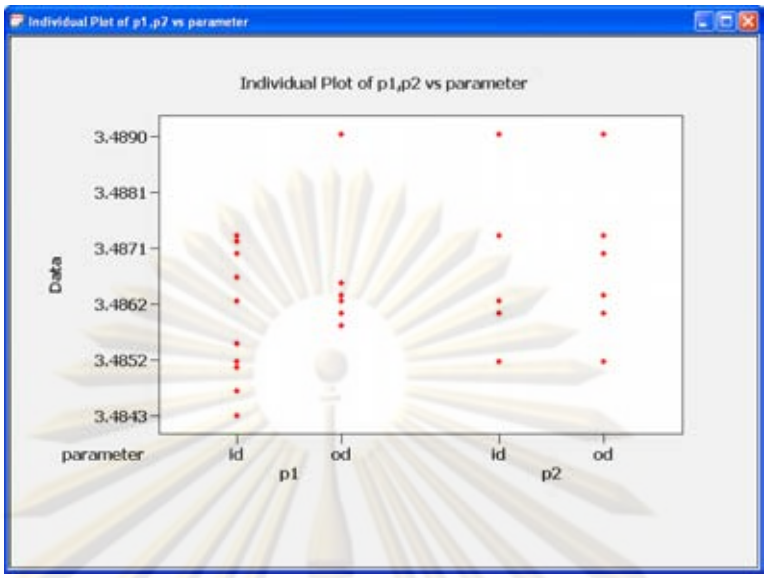
4.1.3.2 การทดสอบการทำงานของการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยกราฟ

ฟังก์ชันในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยกราฟของโปรแกรมสามารถสร้างกราฟได้ทั้งหมด 5 ชนิด ได้แก่ อินดิวิดวลพลอต, บ็อคพลอต, ฮิสโทแกรม, แผนภาพการกระจาย และแผนภาพพาเรโต โดยมีรายละเอียดการทดสอบโปรแกรมดังนี้

1) การทดสอบการสร้างอินดิวิดวลพลอต

ทดสอบด้วยการทดลองสร้างอินดิวิดวลพลอต ด้วยข้อมูลตัวอย่าง (แสดงในภาคผนวก ก) แล้วพิจารณาความสมบูรณ์ของกราฟ ซึ่งกราฟที่ได้นั้นสามารถแสดงการกระจายของข้อมูลได้อย่างถูกต้อง ดังรูปตัวอย่างต่อไปนี้

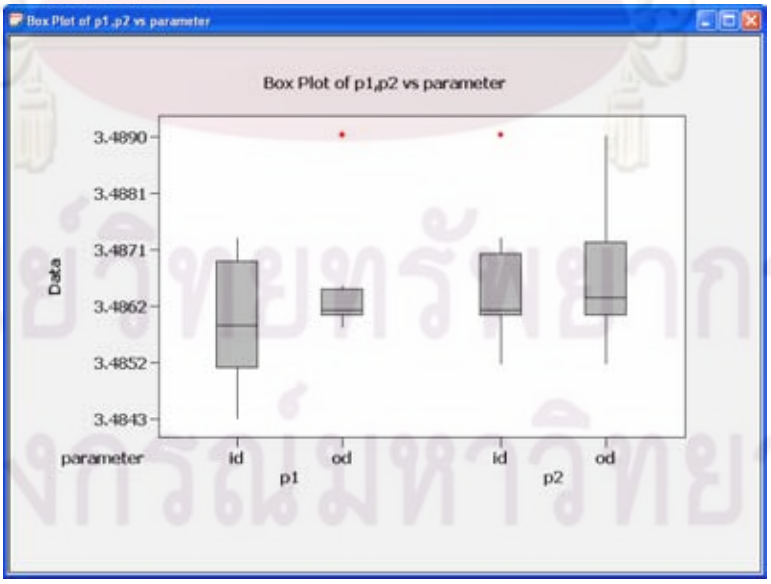
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 126 ตัวอย่างการทดสอบการสร้างอินดิวิดวลพลอต

2) การทดสอบการสร้างบ็อคพลอต

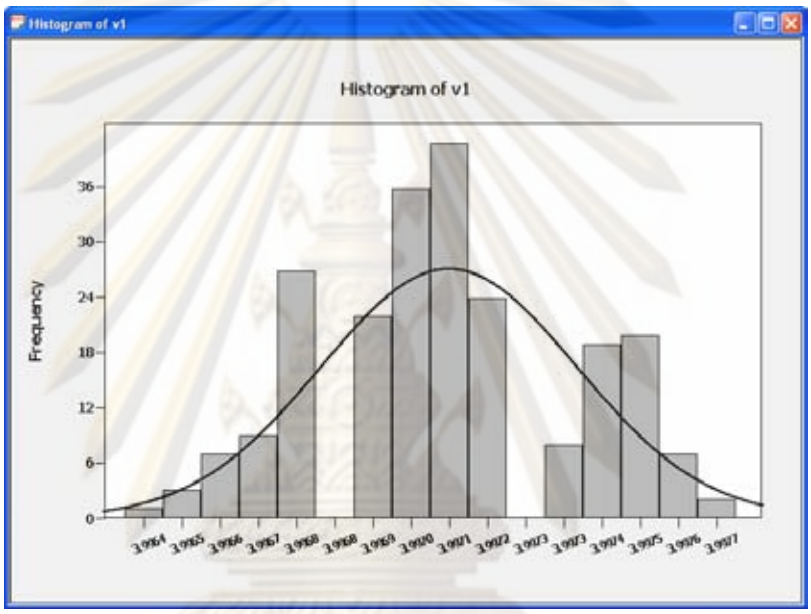
ทดสอบด้วยการทดลองสร้างบ็อคพลอต ด้วยข้อมูลตัวอย่าง (แสดงในภาคผนวก ก) แล้วพิจารณาความสมบูรณ์ของกราฟ ซึ่งกราฟที่ได้นั้นสามารถแสดงการกระจายของข้อมูลได้อย่างถูกต้อง ดังรูปตัวอย่างต่อไปนี้



รูปที่ 127 ตัวอย่างการทดสอบการสร้างบ็อคพลอต

3) การทดสอบการสร้างฮิสโทแกรม

ทดสอบด้วยการทดลองสร้างฮิสโทแกรม ด้วยข้อมูลตัวอย่าง (แสดงในภาคผนวก ก) แล้วพิจารณาความสมบูรณ์ของกราฟ ซึ่งกราฟที่ได้นั้นสามารถแสดงการกระจายของข้อมูลได้อย่างถูกต้อง ดังรูปตัวอย่างต่อไปนี้

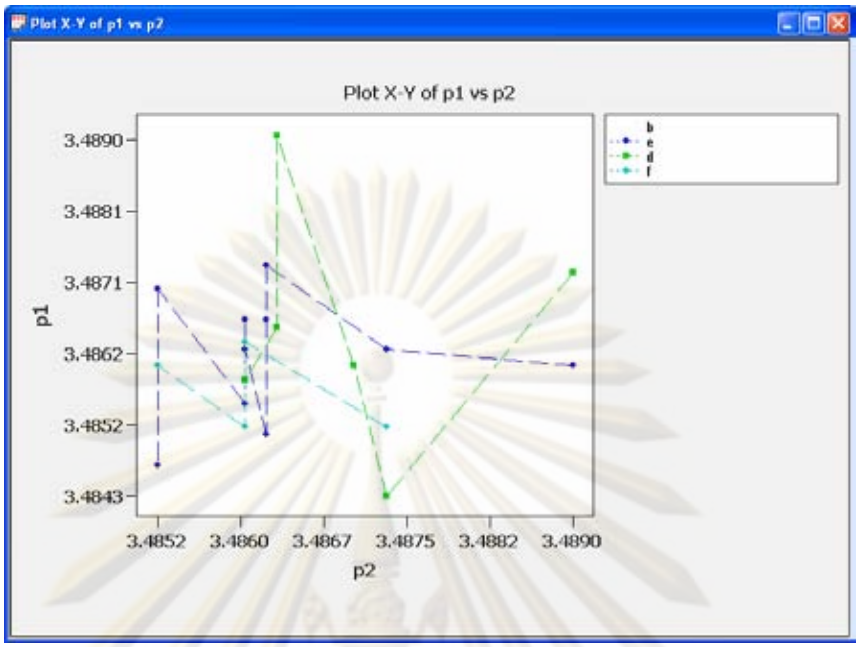


รูปที่ 128 ตัวอย่างการทดสอบการสร้างฮิสโทแกรม

4) การทดสอบการสร้างแผนภาพการกระจาย

ทดสอบด้วยการทดลองสร้างแผนภาพการกระจาย ด้วยข้อมูลตัวอย่าง (แสดงในภาคผนวก ก) แล้วพิจารณาความสมบูรณ์ของกราฟ ซึ่งกราฟที่ได้นั้นสามารถแสดงการกระจายของข้อมูลได้อย่างถูกต้อง ดังรูปตัวอย่างต่อไปนี้

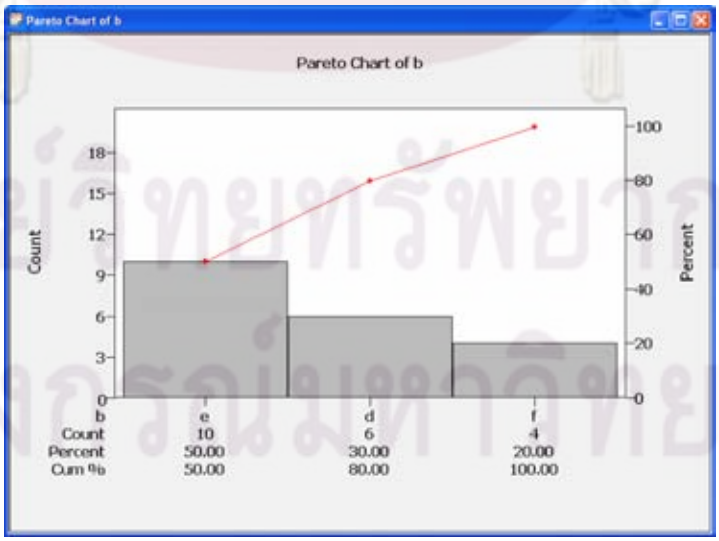
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 129 ตัวอย่างการทดสอบการสร้างแผนภาพการกระจาย

5) การทดสอบการสร้างแผนภาพพาเรโต

ทดสอบด้วยการทดลองสร้างแผนภาพพาเรโต ด้วยข้อมูลตัวอย่าง (แสดงในภาคผนวก ก) แล้วพิจารณาความสมบูรณ์ของกราฟ ซึ่งกราฟที่ได้นั้นสามารถแสดงการกระจายของข้อมูลได้อย่างถูกต้อง ดังรูปตัวอย่างต่อไปนี้

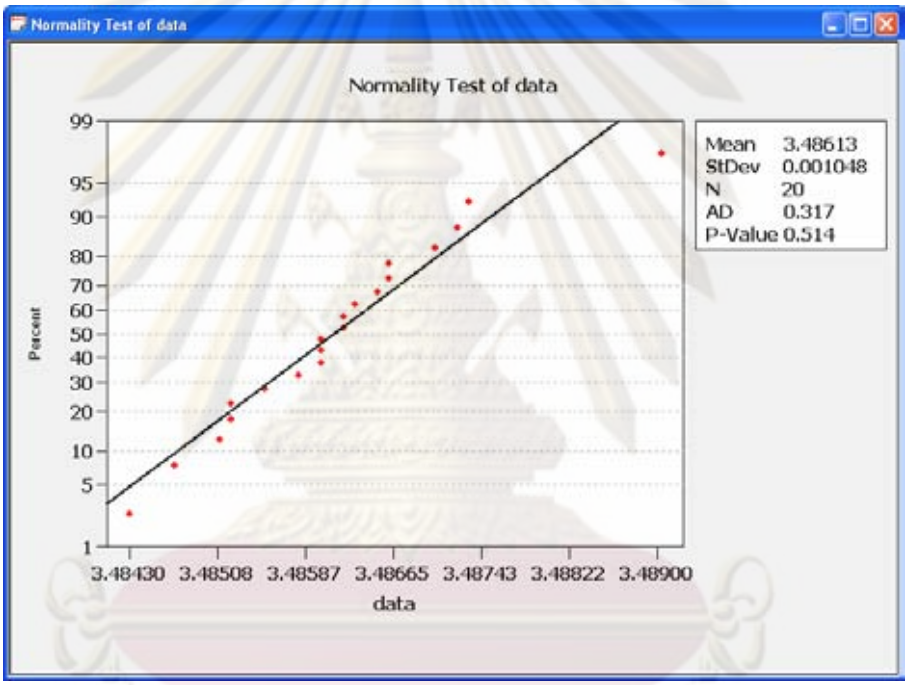


รูปที่ 130 ตัวอย่างการทดสอบการสร้างแผนภาพพาเรโต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.3.3 การทดสอบการทำงานของการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล

ทดสอบการทำงานด้วยการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลด้วยข้อมูลตัวอย่าง (แสดงในภาคผนวก ก) แล้วพิจารณาความสมบูรณ์ของกราฟ และเปรียบเทียบค่าต่างๆ ที่โปรแกรมคำนวณได้กับการคำนวณด้วยทฤษฎี ซึ่งผลที่ได้นั้นสามารถแสดงการกระจายของข้อมูลและคำนวณค่าต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง ดังรูปตัวอย่างและตารางต่อไปนี้



รูปที่ 131 ตัวอย่างการทดสอบการทดลองทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล

ตารางที่ 13 การทดสอบการทำงานของการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล

ฟังก์ชันการคำนวณค่า	คำนวณโดยทฤษฎี	คำนวณโดยโปรแกรม OSPC
“Mean”	3.48613	3.48613
“StDev”	0.001048	0.001048
“AD”	0.317	0.317
“P-Value”	0.514	0.514

หมายเหตุ : ผลการคำนวณโดยทฤษฎีใช้การปัดตำแหน่งทศนิยมให้เท่ากับตำแหน่งทศนิยมที่กำหนดในการคำนวณโดยโปรแกรม

4.1.3.4 การทดสอบการทำงานของการทดสอบสมมุติฐาน

ทดสอบด้วยการทำการทดสอบสมมุติฐานเปรียบเทียบกันระหว่างการคำนวณโดยทฤษฎีกับการคำนวณโดยโปรแกรมด้วยข้อมูลชุดเดียวกัน (แสดงในภาคผนวก ก) โดยสามารถแสดงตารางการทดสอบของการทดสอบสมมุติฐานต่างๆ ได้ดังนี้

1) 1-Sample Z

ตารางที่ 14 การทดสอบการทำงานของการทดสอบสมมุติฐาน 1-Sample Z

สมมุติฐาน	ค่าในการทดสอบ	คำนวณโดยทฤษฎี	คำนวณโดยโปรแกรม OSPC
mu = 15 vs not = 15	“Mean”	16.8	16.8
	“StDev”	3.31	3.31
	“SE Mean”	0.60	0.60
	“95% CI”	(15.6,18.0)	(15.6,18.0)
	“Z”	2.98	2.98
	“P”	0.003	0.003
mu = 15 vs < 15	“Mean”	16.8	16.8
	“StDev”	3.31	3.31
	“SE Mean”	0.60	0.60
	“95% Upper Bound”	17.8	17.8
	“Z”	2.98	2.98
	“P”	0.999	0.999
mu = 15 vs > 15	“Mean”	16.8	16.8
	“StDev”	3.31	3.31
	“SE Mean”	0.60	0.60
	“95% Lower Bound”	15.8	15.8
	“Z”	2.98	2.98
	“P”	0.001	0.001

หมายเหตุ : ผลการคำนวณโดยทฤษฎีใช้การปัดตำแหน่งทศนิยมให้เท่ากับตำแหน่งทศนิยมที่กำหนดในการคำนวณโดยโปรแกรม

2) 1-Sample t

ตารางที่ 15 การทดสอบการทำงานของการทดสอบสมมุติฐาน 1-Sample t

สมมุติฐาน	ค่าในการทดสอบ	คำนวณโดยทฤษฎี	คำนวณโดยโปรแกรม OSPC
mu = 15 vs not = 15	“Mean”	19.2	19.2
	“StDev”	7.39	7.39
	“SE Mean”	3.02	3.02
	“95% CI”	(11.4,26.9)	(11.4,26.9)
	“T”	1.38	1.38
	“P”	0.226	0.226
mu = 15 vs < 15	“Mean”	19.2	19.2
	“StDev”	7.39	7.39
	“SE Mean”	3.02	3.02
	“95% Upper Bound”	25.2	25.2
	“T”	1.38	1.38
	“P”	0.887	0.887
mu = 15 vs > 15	“Mean”	19.2	19.2
	“StDev”	7.39	7.39
	“SE Mean”	3.02	3.02
	“95% Lower Bound”	13.1	13.1
	“T”	1.38	1.38
	“P”	0.113	0.113

หมายเหตุ : ผลการคำนวณโดยทฤษฎีใช้การปัดตำแหน่งทศนิยมให้เท่ากับตำแหน่งทศนิยมที่กำหนดในการคำนวณโดยโปรแกรม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3) 2-Sample t

ตารางที่ 16 การทดสอบการทำงานของการทดสอบสมมุติฐาน 2-Sample t

สมมุติฐาน	ค่าในการทดสอบ	คำนวณโดยทฤษฎี	คำนวณโดยโปรแกรม OSPC
difference = 0 vs not = 0	“Mean1”	19.2	19.2
	“Mean2”	17.8	17.8
	“StDev1”	7.39	7.39
	“StDev2”	6.55	6.55
	“SE Mean1”	3.02	3.02
	“SE Mean2”	2.68	2.68
	“Estimate for difference”	1.3	1.3
	“95% CI”	(-7.79,10.45)	(-7.79,10.45)
	“T-Value”	0.33	0.33
	“P-Value”	0.748	0.748
difference = 15 vs < 0	“Mean1”	19.2	19.2
	“Mean2”	17.8	17.8
	“StDev1”	7.39	7.39
	“StDev2”	6.55	6.55
	“SE Mean1”	3.02	3.02
	“SE Mean2”	2.68	2.68
	“Estimate for difference”	1.3	1.3
	“95% Upper Bound”	8.72	8.72
	“T-Value”	0.33	0.33
	“P-Value”	0.626	0.626
difference = 15 vs > 0	“Mean1”	19.2	19.2
	“Mean2”	17.8	17.8
	“StDev1”	7.39	7.39
	“StDev2”	6.55	6.55
	“SE Mean1”	3.02	3.02
	“SE Mean2”	2.68	2.68
	“Estimate for difference”	1.3	1.3
	“95% Lower Bound”	-6.06	-6.06
	“T-Value”	0.33	0.33
	“P-Value”	0.374	0.374

หมายเหตุ : ผลการคำนวณโดยทฤษฎีใช้การปัดตำแหน่งทศนิยมให้เท่ากับตำแหน่งทศนิยมที่กำหนดในการคำนวณโดยโปรแกรม

4) Paired t

ตารางที่ 17 การทดสอบการทำงานของการทดสอบสมมุติฐาน Paired t

สมมุติฐาน	ค่าในการทดสอบ	คำนวณโดยทฤษฎี	คำนวณโดยโปรแกรม OSPC
difference = 0 vs not = 0	“Mean1”	19.2	19.2
	“Mean2”	17.8	17.8
	“Difference Mean”	1.3	1.3
	“StDev1”	7.39	7.39
	“StDev2”	6.55	6.55
	“Difference StDev”	8.78	8.78
	“SE Mean1”	3.02	3.02
	“SE Mean2”	2.68	2.68
	“Difference SE Mean”	3.58	3.58
	“95% CI”	(-7.88,10.55)	(-7.88,10.55)
	“T-Value”	0.37	0.37
	“P-Value”	0.725	0.725
difference = 15 vs < 0	“Mean1”	19.2	19.2
	“Mean2”	17.8	17.8
	“Difference Mean”	1.3	1.3
	“StDev1”	7.39	7.39
	“StDev2”	6.55	6.55
	“Difference StDev”	8.78	8.78
	“SE Mean1”	3.02	3.02
	“SE Mean2”	2.68	2.68
	“Difference SE Mean”	3.58	3.58
	“95% Upper Bound”	8.56	8.56
	“T-Value”	0.37	0.37
	“P-Value”	0.637	0.637
difference = 15 vs > 0	“Mean1”	19.2	19.2
	“Mean2”	17.8	17.8
	“Difference Mean”	1.3	1.3
	“StDev1”	7.39	7.39
	“StDev2”	6.55	6.55
	“Difference StDev”	8.78	8.78
	“SE Mean1”	3.02	3.02
	“SE Mean2”	2.68	2.68
	“Difference SE Mean”	3.58	3.58
	“95% Lower Bound”	-5.89	-5.89
	“T-Value”	0.37	0.37
	“P-Value”	0.363	0.363

หมายเหตุ : ผลการคำนวณโดยทฤษฎีใช้การปัดตำแหน่งทศนิยมให้เท่ากับตำแหน่งทศนิยมที่กำหนดในการคำนวณโดยโปรแกรม

5) One-Way ANOVA

ตารางที่ 18 การทดสอบการทำงานของการทดสอบ One-Way ANOVA

ฟังก์ชันการคำนวณค่า	คำนวณโดยทฤษฎี	คำนวณโดยโปรแกรม OSPC
“SS Factor”	3.572	3.572
“SS Error”	3.578	3.578
“SS Total”	7.149	7.149
“MS Factor”	1.7858	1.7858
“MS Error”	0.3975	0.3975
“F”	4.49	4.49
“P”	0.044	0.044
“S”	0.63048	0.63048
“R-Sq”	49.96%	49.96%
“R-Sq (adj)”	38.84%	38.84%

หมายเหตุ : ผลการคำนวณโดยทฤษฎีใช้การปัดตำแหน่งทศนิยมให้เท่ากับตำแหน่งทศนิยมที่กำหนดในการคำนวณโดยโปรแกรม

6) Two-Way ANOVA

ตารางที่ 19 การทดสอบการทำงานของการทดสอบ Two-Way ANOVA

ฟังก์ชันการคำนวณค่า	คำนวณโดยทฤษฎี	คำนวณโดยโปรแกรม OSPC
“SS Factor (Row)”	0.156	0.156
“SS Factor (Column)”	3.572	3.572
“SS Error”	3.422	3.422
“SS Total”	7.149	7.149
“MS Factor (Row)”	0.0519	0.0519
“MS Factor (Column)”	1.7858	1.7858
“MS Error”	0.5703	0.5703
“F (Row)”	0.09	0.09
“F (Column)”	3.13	3.13
“P (Row)”	0.962	0.962
“P (Column)”	0.117	0.117
“S”	0.75517	0.75517
“R-Sq”	52.14%	52.14%
“R-Sq (adj)”	12.25%	12.25%

หมายเหตุ : ผลการคำนวณโดยทฤษฎีใช้การปัดตำแหน่งทศนิยมให้เท่ากับตำแหน่งทศนิยมที่กำหนดในการคำนวณโดยโปรแกรม

7) 1 Proportion

ตารางที่ 20 การทดสอบการทำงานของการทดสอบสมมุติฐาน 1 Proportion

สมมุติฐาน	ค่าในการทดสอบ	คำนวณโดยทฤษฎี	คำนวณโดยโปรแกรม OSPC
p = 0.5 vs not = 0.5 (Event = NG)	“X”	13	13
	“N”	57	57
	“Sample p”	0.2281	0.2281
	“95% CI”	(0.1274,0.3584)	(0.1274,0.3584)
	“Exact P-Value”	0.000	0.000
p = 0.5 vs < 0.5 (Event = NG)	“X”	13	13
	“N”	57	57
	“Sample p”	0.2281	0.2281
	“95% Upper Bound”	0.3380	0.3380
	“Exact P-Value”	0.000	0.000
p = 0.5 vs > 0.5 (Event = NG)	“X”	13	13
	“N”	57	57
	“Sample p”	0.2281	0.2281
	“95% Lower Bound”	0.1405	0.1405
	“Exact P-Value”	1.000	1.000

หมายเหตุ : ผลการคำนวณโดยทฤษฎีใช้การปัดตำแหน่งทศนิยมให้เท่ากับตำแหน่งทศนิยมที่กำหนดในการคำนวณโดยโปรแกรม

ตารางที่ 21 การทดสอบการทำงานของการทดสอบสมมุติฐาน 1 Proportion (Based on Normal Distribution)

สมมุติฐาน	ค่าในการทดสอบ	คำนวณโดยทฤษฎี	คำนวณโดยโปรแกรม OSPC
p = 0.5 vs not = 0.5 (Event = NG)	“X”	13	13
	“N”	57	57
	“Sample p”	0.2281	0.2281
	“95% CI”	(0.1191,0.3370)	(0.1191,0.3370)
	“Z-Value”	-4.11	-4.11
	“P-Value”	0.000	0.000
p = 0.5 vs < 0.5 (Event = NG)	“X”	13	13
	“N”	57	57
	“Sample p”	0.2281	0.2281
	“95% Upper Bound”	0.3195	0.3195
	“Z-Value”	-4.11	-4.11
	“P-Value”	0.000	0.000
p = 0.5 vs > 0.5 (Event = NG)	“X”	13	13
	“N”	57	57
	“Sample p”	0.2281	0.2281
	“95% Lower Bound”	0.1367	0.1367
	“Z-Value”	-4.11	-4.11
	“P-Value”	1.000	1.000

หมายเหตุ : ผลการคำนวณโดยทฤษฎีใช้การปัดตำแหน่งทศนิยมให้เท่ากับตำแหน่งทศนิยมที่กำหนดในการคำนวณโดยโปรแกรม

8) 2 Proportions

ตารางที่ 22 การทดสอบการทำงานของการทดสอบสมมุติฐาน 2 Proportions

สมมุติฐาน	ค่าในการทดสอบ	คำนวณโดยทฤษฎี	คำนวณโดยโปรแกรม OSPC
difference = 0 vs not = 0 (Event = NG)	“X1”	13	13
	“X2”	18	18
	“N1”	57	57
	“N2”	63	63
	“Sample p1”	0.2281	0.2281
	“Sample p2”	0.2857	0.2857
	“Estimate for Difference”	-0.057644	-0.057644
	“95% CI”	(-0.2136,0.0983)	(-0.2136,0.0983)
	“Z”	-0.72	-0.72
	“P-Value”	0.469	0.469
difference = 0 vs < 0 (Event = NG)	“X1”	13	13
	“X2”	18	18
	“N1”	57	57
	“N2”	63	63
	“Sample p1”	0.2281	0.2281
	“Sample p2”	0.2857	0.2857
	“Estimate for Difference”	-0.057644	-0.057644
	“95% Upper Bound”	0.0732	0.0732
	“Z”	-0.72	-0.72
	“P-Value”	0.234	0.234
difference = 0 vs > 0 (Event = NG)	“X1”	13	13
	“X2”	18	18
	“N1”	57	57
	“N2”	63	63
	“Sample p1”	0.2281	0.2281
	“Sample p2”	0.2857	0.2857
	“Estimate for Difference”	-0.057644	-0.057644
	“95% Lower Bound”	-0.1885	-0.1885
	“Z”	-0.72	-0.72
	“P-Value”	0.766	0.766

หมายเหตุ : ผลการคำนวณโดยทฤษฎีใช้การปัดตำแหน่งทศนิยมให้เท่ากับตำแหน่งทศนิยมที่กำหนดในการคำนวณโดยโปรแกรม

9) 2 Variances

ตารางที่ 23 การทดสอบการทำงานของการทดสอบสมมุติฐาน 2 Variances

ฟังก์ชันการคำนวณค่า	คำนวณโดยทฤษฎี	คำนวณโดยโปรแกรม OSPC
“Lower1”	4.331	4.331
“StDev1”	7.387	7.387
“Upper1”	21.134	21.134
“Lower2”	3.843	3.843
“StDev2”	6.555	6.555
“Upper2”	18.753	18.753
“Test statistic” (F-Test)	1.27	1.27
“P-value” (F-Test)	0.800	0.800
“Test statistic” (Levene’s Test)	0.00	0.00
“P-value” (Levene’s Test)	1.000	1.000

หมายเหตุ : ผลการคำนวณโดยทฤษฎีใช้การปัดตำแหน่งทศนิยมให้เท่ากับตำแหน่งทศนิยมที่กำหนดในการคำนวณโดยโปรแกรม

4.1.4 การทดสอบการทำงานของระบบฐานข้อมูล

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงการทดสอบการทำงานในการติดต่อแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างโปรแกรมและฐานข้อมูล ซึ่งแบ่งตามชนิดเอกสารการทำงานของโปรแกรม โดยในเอกสารการทำงานชนิดการระบุข้อมูลและแผนภูมิควบคุม เมื่อมีการบันทึกข้อมูลลงในไดรฟ์ที่ตั้งให้เป็นไดรฟ์เก็บข้อมูลของโปรแกรม โปรแกรมจะบันทึกข้อมูลในเอกสารนั้นลงในฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการอ้างอิงและแลกเปลี่ยนข้อมูล ส่วนในเอกสารการทำงานชนิดสถิติจะมีฟังก์ชันในการดึงข้อมูลที่ต้องการในช่วงต่างๆ มาวิเคราะห์ โดยสามารถทดสอบการทำงานของฐานข้อมูลในเอกสารการทำงานชนิดต่างๆ ด้วยโปรแกรม Navicat ซึ่งเป็นโปรแกรมในการจัดการระบบฐานข้อมูล MySQL ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

4.1.4.1 การทดสอบการทำงานของฐานข้อมูลในเอกสารการทำงานชนิดการระบุข้อมูล

ตารางที่ 24 การทดสอบการทำงานของฐานข้อมูลในเอกสารการทำงานชนิดการระบุข้อมูล

รายการทดสอบ	วิธีการทดสอบ	ผลการทดสอบ
1. การสร้างฐานข้อมูลหลัก “main_db” และตาราง “main_table” เมื่อมีการบันทึกข้อมูลครั้งแรก	บันทึกข้อมูลลงไดรฟ์ที่ตั้งให้เป็นไดรฟ์เก็บข้อมูล	ปรากฏฐานข้อมูล “main_db” ขึ้นพร้อม “main_table” ภายใน
2. การสร้างฐานข้อมูลย่อยของเอกสารนั้นพร้อมตาราง “spec_table”, “fa_table” และ“spc_table” ภายใน	บันทึกข้อมูลลงไดรฟ์ที่ตั้งให้เป็นไดรฟ์เก็บข้อมูล	ปรากฏฐานข้อมูลย่อยขึ้นพร้อมตาราง “spec_table”, “fa_table” และ “spc_table” ภายใน
3. การบันทึกข้อมูลในเอกสารการทำงานลงในฐานข้อมูล	บันทึกข้อมูลลงไดรฟ์ที่ตั้งให้เป็นไดรฟ์เก็บข้อมูล	ปรากฏข้อมูลใน “main_table”, “spec_table” และ “fa_table” ตามเอกสารการทำงานนั้น
4. การลบข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเอกสารการทำงานออกจากฐานข้อมูล	เลือกเมนู “File”->”Delete Data From Database…” เมื่อมีหน้าต่างยืนยันปรากฏขึ้นกด “Delete”	ฐานข้อมูลย่อย และข้อมูลใน “main_table” ที่เกี่ยวข้องกับเอกสารการทำงานถูกลบไป

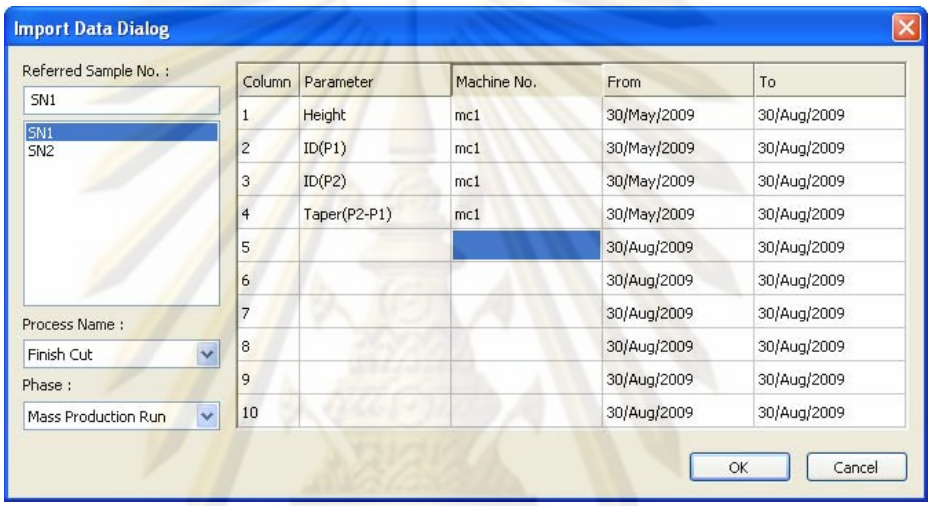
4.1.4.2 การทดสอบการทำงานของฐานข้อมูลในเอกสารการทำงานชนิดแผนภูมิควบคุม

ตารางที่ 25 การทดสอบการทำงานของฐานข้อมูลในเอกสารการทำงานชนิดแผนภูมิควบคุม

รายการทดสอบ	วิธีการทดสอบ	ผลการทดสอบ
1. การสร้างตาราง “parameter_table” ที่เกี่ยวข้องกับเอกสารการทำงานเมื่อมีการบันทึกข้อมูลครั้งแรก	บันทึกข้อมูลลงไดรฟ์ที่ตั้งให้เป็นไดรฟ์เก็บข้อมูล	ปรากฏตาราง “parameter_table” ตามข้อมูลที่อยู่ในเอกสารการทำงาน
2. การบันทึกข้อมูลในเอกสารการทำงานลงในฐานข้อมูล	บันทึกข้อมูลลงไดรฟ์ที่ตั้งให้เป็นไดรฟ์เก็บข้อมูล	ปรากฏข้อมูลใน “parameter_table” และ “spc_table” ตามเอกสารการทำงานนั้น
3. การลบข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเอกสารการทำงานออกจากฐานข้อมูล	เลือกเมนู “File”->”Delete Data From Database…” เมื่อมีหน้าต่างยืนยันปรากฏขึ้นกด “Delete”	ข้อมูลใน “parameter_table” และ “spc_table” ที่เกี่ยวข้องกับเอกสารการทำงานถูกลบไป

4.1.4.2 การทดสอบการทำงานของฐานข้อมูลในเอกสารการทำงานชนิดสถิติ

ทดสอบการดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยการเลือกเมนู “File”->”Import Data From Database…” ซึ่งจะปรากฏหน้าต่าง “Import Data Dialog” ให้ใส่ข้อมูลพารามิเตอร์ที่ต้องการ, ช่วงการทำงาน และช่วงเวลาที่ต้องการ โดยเมื่อกดปุ่ม “OK” ข้อมูลเหล่านั้นจะถูกดึงจากฐานข้อมูลมายังเอกสารการทำงานชนิดสถิติ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปต่อไปนี้



	C1	C2	C3	C4
	Height	ID(P1)	ID(P2)	Taper(P2-P1)
1	2.2526	3.9966	3.9969	0.00030
2	2.2531	3.9967	3.9964	-0.00030
3	2.253	3.9965	3.9963	-0.00020
4	2.2531	3.9968	3.997	0.00020
5	2.2529	3.9969	3.9968	-0.00010
6	2.253	3.997	3.9971	0.00010
7	2.2532	3.9963	3.9965	0.00020
8	2.2525	3.9967	3.9967	0.00000
9	2.253	3.9966	3.9967	0.00010
10	2.2527	3.9966	3.9968	0.00020
11	2.2526	3.9967	3.9966	-0.00010
12	2.2528	3.9967	3.9969	0.00020
13	2.2535	3.997	3.9973	0.00030
14	2.2532	3.9971	3.9969	-0.00020
15	2.253	3.9971	3.9971	0.00000
16	2.2526	3.9974	3.9973	-0.00010
17	2.2525	3.9973	3.997	-0.00030

รูปที่ 132 การทดสอบการทำงานของฐานข้อมูลในเอกสารการทำงานชนิดสถิติ

4.2 การทดสอบการใช้งานจริงในโรงงาน

การทดสอบการใช้งานจริงในโรงงานมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานของโปรแกรม รวมถึงความสะดวกในการใช้งานโปรแกรมของผู้ใช้งาน เนื่องจากในบางกรณีฟังก์ชันการทำงานของโปรแกรมอาจทำงานที่ผู้ใช้งานต้องการได้ แต่อาจไม่สอดคล้องกับวิธีการทำงานของโรงงานเมื่อนำมาใช้งานจริง การทดสอบใช้งานจริงในโรงงานจริงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก

ทดสอบใช้งานจริงนี้มีระยะเวลา 3 เดือน ตั้งแต่เดือน มิถุนายน-สิงหาคม พ.ศ.2552 โดยในแต่ละเดือนโรงงานจะทำการทดสอบโปรแกรมใน 2 สัปดาห์แรกของเดือนแล้วส่งผลการทำงานที่ผิดพลาดหรือไม่สอดคล้องกับการทำงานจริงของโปรแกรมมาให้ผู้พัฒนาทำการแก้ไขใน 2 สัปดาห์หลังของเดือน จากนั้นจึงนำโปรแกรมที่ทำการแก้ไขปัญหาต่างๆ แล้วไปให้โรงงานทดลองใช้งานอีกครั้งหนึ่งในต้นเดือนถัดไป และทำเช่นนี้เป็นระยะเวลา 3 เดือนของการทดสอบใช้งานจริง

ในเดือนแรก (มิถุนายน) นั้นจะเป็นการทดสอบการใช้งานโปรแกรมแบบไม่ใช้ฐานข้อมูลเพื่อตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานเบื้องต้นและการคำนวณค่าต่างๆ ของโปรแกรม และในเดือนที่สอง (กรกฎาคม) เป็นการทดสอบการใช้งานผ่านฐานข้อมูลเพื่อตรวจสอบความผิดพลาดในระบบฐานข้อมูล และสุดท้ายในเดือนที่สาม (สิงหาคม) เป็นการทดสอบการทำงานของโปรแกรมทั้งหมดว่าสามารถใช้งานได้จริงตามวัตถุประสงค์

โดยในระหว่างการทดสอบใช้งานจริงของโปรแกรมในเดือนแรกนั้น ปัญหาส่วนใหญ่ที่พบคือปัญหาด้านความไม่สอดคล้องกับการทำงานจริง ซึ่งผู้พัฒนาก็ได้ทำการแก้ไขตามความต้องการของโรงงาน และในเดือนที่สองซึ่งเป็นการทดสอบการใช้งานโปรแกรมกับฐานข้อมูลปัญหาที่พบส่วนใหญ่เกี่ยวกับความไม่เข้าใจการทำงานของโปรแกรมของผู้ใช้งาน ซึ่งผู้พัฒนาก็ได้ทำการอธิบายรูปแบบการทำงานของโปรแกรมให้ผู้ใช้งานเข้าใจและสามารถนำไปปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง และในเดือนที่สาม จะเป็นปัญหาเกี่ยวกับความเรียบร้อยสวยงามในการแสดงผลของโปรแกรม ซึ่งผู้พัฒนาก็ทำการแก้ไขให้เท่าที่จะเป็นไปได้

หลังการติดตั้งและใช้งานโปรแกรมในการทดสอบใช้งานครั้งนี้ พนักงานสามารถลดเวลาในการบันทึกข้อมูลจาก 1.5 วินาที/ข้อมูล มาเป็น 0.4 วินาที/ข้อมูล หรือลดลงประมาณ 73% ซึ่งสร้างความพึงพอใจแก่โรงงานเป็นอย่างดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาซอฟต์แวร์ในการควบคุมกระบวนการผลิตแบบออนไลน์สำหรับการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ที่สามารถชี้บ่งสถานะในการผลิตและทำให้ผู้ปฏิบัติงานตอบสนองต่อสถานะนั้นได้อย่างทันท่วงที และสามารถเก็บข้อมูลในรูปแบบฐานข้อมูลเพื่อความสะดวกในการเรียกใช้หรือจัดทำรายงาน

โดยโปรแกรม OSPC นี้ถูกพัฒนาขึ้นให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งานจริงของโรงงานผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่เป็นโรงงานกรณีศึกษา เป็นโปรแกรมที่สามารถรับข้อมูลจากเครื่องวัดได้แบบออนไลน์ ทำให้สามารถรับรู้ถึงสถานะของกระบวนการผลิตได้อย่างทันท่วงที โดยหากกระบวนการผลิตมีแนวโน้มที่จะเกิดความผิดปกติขึ้น โปรแกรมก็จะแจ้งเตือนทำให้พนักงานสามารถปรับแต่งแก้ไขกระบวนการผลิตให้กลับมามีเสถียรภาพ ก่อนจะเกิดของเสียขึ้นได้ และการที่มีการส่งผ่านข้อมูลแบบออนไลน์นี้ ยังเป็นการลดปัญหาเรื่องการบันทึกข้อมูลผิดพลาดจากการป้อนข้อมูลผ่านคีย์บอร์ดของพนักงานอีกด้วย

โปรแกรม OSPC ได้รวบรวมฟังก์ชันต่างๆ ที่ทางโรงงานใช้งานในการควบคุมคุณภาพมาไว้ในโปรแกรมเดียว ได้แก่ การวัดสมรรถภาพกระบวนการ การสร้างและใช้งานแผนภูมิควบคุม และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ จึงสามารถทำงานทุกอย่างได้โดยโปรแกรมนี้เพียงโปรแกรมเดียว และการที่ถูกพัฒนาขึ้นตามความต้องการของโรงงานเอง ทำให้เป็นโปรแกรมที่มีรูปแบบการทำงานที่สะดวกต่อผู้ใช้งานในโรงงาน นอกจากนี้ การที่ OSPC สามารถบันทึกข้อมูลในรูปแบบฐานข้อมูลได้ จึงทำให้การเรียกหาและอ้างอิงข้อมูลสามารถทำได้สะดวกขึ้น และยังเป็นประโยชน์ต่อการจัดการข้อมูลเพื่อทำรายงานในอนาคตอีกด้วย โดยจากการนำไปติดตั้งใช้งานจริงในโรงงานกรณีศึกษาสามารถลดเวลาในการทำงานได้ 73%

5.2 ข้อจำกัดของโปรแกรม OSPC

โปรแกรม OSPC มีข้อจำกัดในการใช้งานดังต่อไปนี้

1) โปรแกรมถูกออกแบบมาให้ใช้งานกับระบบปฏิบัติการ Window XP
2) โปรแกรมรองรับการใช้งานร่วมกับฐานข้อมูล MySQL Version Essential 5.0.45
3) โปรแกรมสามารถใช้งานการควบคุมคุณภาพกระบวนการพร้อมกันได้สูงสุด 6 พารามิเตอร์ต่อหนึ่งไฟล์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4) ในการใช้งานนำเข้าข้อมูลจากเครื่องวัด เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้งานจำเป็นต้องมีพอร์ตรองรับตามจำนวนเครื่องวัดที่ต้องการ (สูงสุดไม่เกิน 8 เครื่อง)
5) โปรแกรมไม่ได้ออกแบบมาให้รองรับการพิมพ์โดยเครื่องพิมพ์

5.3 ปัญหาและอุปสรรคในงานวิจัย

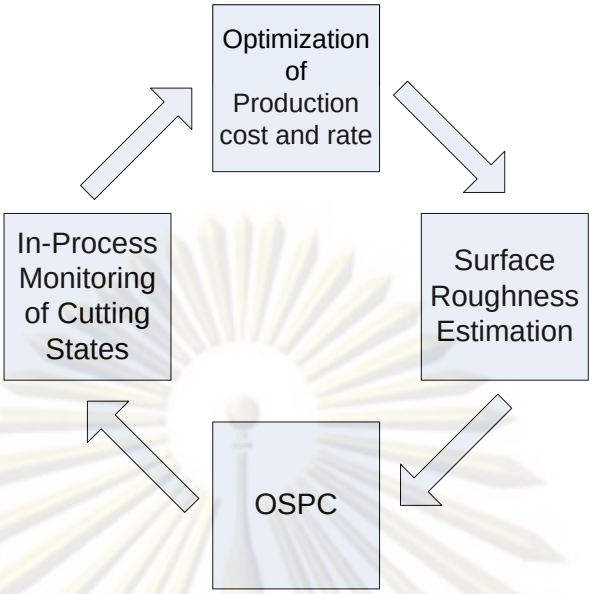
ปัญหาและอุปสรรคในงานวิจัยนี้ส่วนใหญ่เกิดขึ้นในขั้นตอนของการทดลองใช้งานจริงในโรงงานกรณีศึกษา โดยแบ่งปัญหาออกเป็นสามประเด็นคือ

1) ปัญหาที่เกิดจากความผิดพลาดในการเขียนโปรแกรม แก้ไขโดยการตรวจสอบโค้ดการเขียนโปรแกรมและปรับเปลี่ยนให้ถูกต้อง
2) ปัญหาที่เกิดจากรูปแบบการใช้งานที่ไม่สอดคล้องกับการทำงานจริง แก้โดยการศึกษารูปแบบการทำงานจริงของโรงงานให้ครบถ้วน และปรับเปลี่ยนการทำงานของโปรแกรมให้สอดคล้องกับรูปแบบการทำงานเหล่านั้น
3) ปัญหาที่เกิดจากผู้ใช้งานไม่เข้าใจการทำงานของโปรแกรม แก้ไขโดยการจัดทำแผนภาพแสดงวิธีการใช้งานโปรแกรมในส่วนต่างๆ ให้ผู้ใช้งานศึกษาทำความเข้าใจ ซึ่งแผนภาพการใช้งานโปรแกรมนี้แสดงอยู่ในภาคผนวก ค

5.4 ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาโปรแกรมควบคุมกระบวนการเชิงสถิติแบบออนไลน์นี้สามารถนำไปใช้เป็นส่วนหนึ่งของระบบการผลิตอัจฉริยะที่ได้กล่าวถึงในข้างต้น โดยอาจนำไปติดตั้งกับเครื่องจักรผลิตโดยตรงเพื่อตรวจสอบควบคุมการผลิตในระหว่างที่เครื่องจักรทำงาน ไม่ต้องนำชิ้นงานออกมาวัดด้วยเครื่องวัดอีกต่อไป ยกตัวอย่างเช่นการนำไปใช้ร่วมกับระบบการพยากรค่าความขรุขระของผิวชิ้นงาน ดังแผนภาพต่อไปนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 133 การใช้โปรแกรม OSPC ร่วมกับระบบการพยากรค่าความขรุขระของผิวชิ้นงาน

จากแผนภาพ ค่าความขรุขระของผิวชิ้นงานที่ได้จากการประมาณในระหว่างกระบวนการโดยแรงตัดที่เกิดขึ้น จะถูกตรวจติดตามและแสดงด้วยโปรแกรม OSPC โดยข้อมูลจะถูกส่งมายังเครื่องคอมพิวเตอร์ซึ่งติดตั้งโปรแกรมไว้ โปรแกรมจะทำการตรวจสอบข้อมูลที่ได้ด้วยแผนภูมิควบคุมที่จะมีการคำนวณค่าขีดจำกัดควบคุมเพื่อควบคุมค่าความขรุขระให้อยู่ในระดับที่ต้องการ โดยหากค่าที่ได้ออกนอกขีดจำกัดควบคุมก็จะมีการแจ้งเตือนเพื่อให้ผู้ควบคุมทำการปรับแก้ไขได้อย่างทันท่วงที หรือเครื่องจักรจะทำการปรับเปลี่ยนเงื่อนไขการตัดโดยอัตโนมัติ จนกระทั้งได้ค่าความเรียบผิวที่อยู่ในระดับควบคุม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ตินธร์ ธนสารอักษร. การพัฒนาแผนภูมิควบคุมแบบต่อเนื่องเพื่อใช้ในการควบคุมคุณภาพ การตรวจวัดด้วยเครื่องวัดทางไฟฟ้าในสายการผลิตฮาร์ดดิสก์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์. เอกสารคำสอนเรื่อง การควบคุมคุณภาพ (Quality Control). กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550. (เอกสารไม่ตีพิมพ์)

บุญสม ประเสริฐอัครกุล. การปรับปรุงการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ ในโรงงานผลิตคอมเพรสเซอร์ตู้เย็น.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.

วิเชียร ตรีรัตนวณิช . ระบบควบคุมกระบวนการเชิงสถิติแบบตามเวลาจริง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

วรพจน์ รัตนแสงสกุล. การพัฒนาการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ : กรณีศึกษาโรงงานแหนบรถยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

สิทธิกร มโนมัยวิบูลย์. การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการควบคุมกิจกรรมการผลิต : กรณีศึกษาของบริษัทผลิตชิ้นส่วนอุตสาหกรรมยานยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ. โลกแห่งการผลิตในอนาคตอันใกล้. วารสารช่างพูด 8 (สิงหาคม 2551) : 8-9,11.

สายชล สินสมบูรณ์ทอง. สถิติวิศวกรรม. กรุงเทพฯ : จามจุรีโปรดักท์, 2550.

ภาษาอังกฤษ

Rahul Singh and Glenn Gilbreath. A real-time information system for multivariate statistical process control [Online]. Elsevier Science B.V., 2002. Available from: http:/www.sciencedirect.com[2008, Oct 12]

Shankar Chakraborty and Diganta Tah. Real time statistical process advisor for effective quality control [Online]. Elsevier Science B.V., 2006. Available from: http:/www.sciencedirect.com[2008, Oct 12]

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2544.

นิรุธ อำนวยศิลป์. เขียนโปรแกรมภาษาซี. กรุงเทพฯ : ด่านสุทธาการพิมพ์, 2548.

นิรุธ อำนวยศิลป์. C++ การออกแบบชุดคำสั่งและการประยุกต์. กรุงเทพฯ : จ.เจริญการพิมพ์, 2548.

นิรุธ อำนวยศิลป์. เขียนโปรแกรมบนวินโดวส์ด้วย Visual C++ และ MFC. กรุงเทพฯ : ด่านสุทธาการพิมพ์, 2548.

บัญชา ปะสีละเตสัง. คู่มือการพัฒนาเว็บด้วย PHP5 และ MySQL5. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2550.

ประยงค์ อู่ประสิทธิ์วงศ์. หลักการเขียนโปรแกรมและการแก้ไขปัญหาด้วยภาษา C++. กรุงเทพฯ : โสภณการพิมพ์, 2549.

ยุทธนา ลีลาศวัฒนกุล. เริ่มต้นการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา C++. กรุงเทพฯ : ไทยเจริญการพิมพ์, 2547.

วันรัตน์ จันทกิจ. 17 เครื่องมือนักคิด. กรุงเทพฯ : สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ, 2547.

สงกรานต์ ทองสว่าง. MySQL ระบบฐานข้อมูลสำหรับอินเทอร์เน็ต. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2548.

เสรี ยูนิพันธ์, จรูญ มหิทธาฟองกุล และ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย. เทคนิคการควบคุมคุณภาพ. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2528.

ภาษาอังกฤษ

Jeff Prosise. Programming Windows with MFC, 2nd edition. USA : Microsoft Press, 1999.

Montgomery, D. C. Introduction to Statistical Quality Control, 5th edition. USA : Wiley, 2005.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก
ข้อมูลในการทดสอบโปรแกรม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.ข้อมูลในการทดสอบการคำนวณค่าต่างๆ ในช่วง Pilot Run

PARAMETER	Height
CD/NCD	Yes
GAGE NAME	Digital Indicator
UNIT	mm
NOMINAL	2.253
UP TOL	0.001
LOW TOL	-0.001
USL	2.254
LSL	2.252
1	2.2526
2	2.2531
3	2.253
4	2.2531
5	2.2529
6	2.253
7	2.2532
8	2.2525
9	2.253
10	2.2527

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.ข้อมูลในการทดสอบการคำนวณค่าต่างๆ ในช่วง Process Evaluation Run

PARAMETER	Height	1	2.2526	31	2.2528	61	2.2526
CD/NCD	Yes	2	2.2531	32	2.2532	62	2.2522
GAGE NAME	Digital Indicator	3	2.253	33	2.2532	63	2.2525
UNIT	mm	4	2.2531	34	2.2528	64	2.2532
NOMINAL	2.253	5	2.2529	35	2.2531	65	2.2522
UP TOL	0.001	6	2.253	36	2.2535	66	2.2537
LOW TOL	-0.001	7	2.2532	37	2.2526	67	2.2524
USL	2.254	8	2.2525	38	2.253	68	2.2523
LSL	2.252	9	2.253	39	2.2533	69	2.2529
		10	2.2527	40	2.2535	70	2.2526
		11	2.2526	41	2.2533	71	2.253
		12	2.2528	42	2.2533	72	2.2527
		13	2.2535	43	2.253	73	2.2536
		14	2.2532	44	2.2533	74	2.2534
		15	2.253	45	2.253	75	2.2536
		16	2.2526	46	2.252	76	2.2528
		17	2.2525	47	2.2529	77	2.2528
		18	2.2523	48	2.2535	78	2.2534
		19	2.2526	49	2.2533	79	2.253
		20	2.2534	50	2.2523	80	2.2531
		21	2.2531	51	2.2522	81	2.2531
		22	2.2534	52	2.2529	82	2.2533
		23	2.2528	53	2.2531	83	2.2532
		24	2.2522	54	2.2531	84	2.2532
		25	2.2534	55	2.253	85	2.2525
		26	2.2533	56	2.2532	86	2.2523
		27	2.2533	57	2.2528	87	2.2529
		28	2.253	58	2.2522	88	2.2528
		29	2.2534	59	2.2531	89	2.2532
		30	2.2531	60	2.2523	90	2.2524

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.ข้อมูลในการทดสอบการคำนวณค่าขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุม Xbar-R

parameter	nominal	LSL	USL	n
Height	2.253	2.252	2.254	3

1	LT5	31	2.2526	61	2.252	91	2.2526	121	2.2529	151	LT1	181	LT1	211	2.2524
2	LT5	32	2.2534	62	2.2529	92	2.253	122	2.253	152	LT1	182	LT1	212	2.253
3	LT5	33	2.2531	63	2.2535	93	2.2527	123	2.253	153	LT1	183	LT1	213	2.2529
4	LT5	34	LT5	64	LT5	94	2.2536	124	2.2528	154	LT1	184	2.253	214	LT5
5	LT5	35	LT5	65	LT5	95	2.2534	125	2.2531	155	LT1	185	2.252	215	LT5
6	LT5	36	LT5	66	LT5	96	2.2536	126	2.2522	156	LT1	186	2.2533	216	LT5
7	LT5	37	2.2534	67	2.2533	97	2.2528	127	2.2524	157	LT1	187	2.2532	217	2.253
8	LT5	38	2.2528	68	2.2523	98	2.2528	128	2.2532	158	LT1	188	2.2523	218	2.2529
9	LT5	39	2.2522	69	2.2522	99	2.2534	129	2.2535	159	LT1	189	2.2525	219	2.2527
10	LT5	40	2.2534	70	LT5	100	2.253	130	2.2527	160	LT1	190	2.2523	220	LT5
11	LT5	41	2.2533	71	LT5	101	2.2531	131	2.2527	161	LT1	191	2.2523	221	LT5
12	LT5	42	2.2533	72	LT5	102	2.2531	132	2.2524	162	LT1	192	2.2525	222	LT5
13	2.2526	43	2.253	73	2.2529	103	2.2533	133	2.2525	163	LT1	193	2.2525	223	2.2529
14	2.2531	44	2.2534	74	2.2531	104	2.2532	134	2.2528	164	LT1	194	2.2521	224	2.2526
15	2.253	45	2.2531	75	2.2531	105	2.2532	135	2.2525	165	LT1	195	2.2522	225	2.2531
16	2.2531	46	2.2528	76	2.253	106	LT5	136	2.2524	166	LT1	196	2.2523	226	2.2532
17	2.2529	47	2.2532	77	2.2532	107	LT5	137	2.2525	167	LT1	197	2.2528	227	2.2528
18	2.253	48	2.2532	78	2.2528	108	LT5	138	2.2523	168	LT1	198	2.2521	228	2.2533
19	2.2532	49	2.2528	79	2.2522	109	2.2533	139	2.2529	169	LT1	199	2.2528	229	LT5
20	2.2525	50	2.2531	80	2.2531	110	2.2533	140	2.2528	170	LT1	200	2.2529	230	LT5
21	2.253	51	2.2535	81	2.2523	111	2.2532	141	2.2532	171	LT1	201	2.2529	231	LT5
22	2.2527	52	2.2526	82	2.2526	112	2.2533	142	LT5	172	LT1	202	2.2522	232	2.2527
23	2.2526	53	2.253	83	2.2522	113	2.2525	143	LT5	173	LT1	203	2.2524	233	2.2529
24	2.2528	54	2.2533	84	2.2525	114	2.2526	144	LT5	174	LT1	204	2.2527	234	2.2531
25	2.2535	55	2.2535	85	2.2532	115	2.2529	145	LT1	175	LT1	205	2.2528		
26	2.2532	56	2.2533	86	2.2522	116	2.2532	146	LT1	176	LT1	206	2.2532		
27	2.253	57	2.2533	87	2.2537	117	2.2533	147	LT1	177	LT1	207	2.2532		
28	2.2526	58	2.253	88	2.2524	118	2.2531	148	LT1	178	LT1	208	2.2527		
29	2.2525	59	2.2533	89	2.2523	119	2.2531	149	LT1	179	LT1	209	2.2524		
30	2.2523	60	2.253	90	2.2529	120	2.2528	150	LT1	180	LT1	210	2.2528		

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.ข้อมูลในการทดสอบการคำนวณค่าขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุม I-MR

parameter	nominal	LSL	USL
Height	2.2540	2.2530	2.2550

1	2.2538	31	2.2540	61	2.2543	91	2.2542
2	2.2539	32	2.2542	62	2.2541	92	2.2538
3	2.2539	33	2.2539	63	2.2544	93	2.2537
4	2.2536	34	2.2543	64	2.2545	94	2.2540
5	2.2539	35	2.2546	65	2.2542	95	2.2541
6	2.2539	36	2.2544	66	2.2541	96	2.2539
7	2.2537	37	2.2544	67	2.2540	97	2.2539
8	2.2538	38	2.2539	68	2.2538	98	2.2541
9	2.2538	39	2.2537	69	2.2540	99	2.2539
10	2.2540	40	2.2546	70	2.2540	100	2.2538
11	2.2545	41	2.2545	71	2.2539	101	2.2542
12	2.2537	42	2.2538	72	2.2542	102	2.2542
13	2.2538	43	2.2546	73	2.2539	103	2.2545
14	2.2542	44	2.2544	74	2.2540	104	2.2544
15	2.2545	45	2.2539	75	2.2537	105	2.2544
16	2.2542	46	2.2537	76	2.2538	106	2.2544
17	2.2539	47	2.2539	77	2.2536	107	2.2545
18	2.2542	48	2.2540	78	2.2538	108	2.2544
19	2.2542	49	2.2544	79	2.2541	109	2.2539
20	2.2538	50	2.2544	80	2.2542	110	2.2542
21	2.2537	51	2.2541	81	2.2535	111	2.2543
22	2.2538	52	2.2540	82	2.2541	112	2.2542
23	2.2541	53	2.2544	83	2.2536	113	2.2540
24	2.2540	54	2.2539	84	2.2541		
25	2.2544	55	2.2542	85	2.2543		
26	2.2536	56	2.2539	86	2.2538		
27	2.2541	57	2.2546	87	2.2538		
28	2.2540	58	2.2543	88	2.2545		
29	2.2543	59	2.2546	89	2.2542		
30	2.2541	60	2.2542	90	2.2542		

5.ข้อมูลในการทดสอบการคำนวณค่าขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุม Modified Xbar-R

parameter	nominal	LSL	USL	Delta	StDev	n
ID(P1)	3.997	3.9961	3.9979	0.0005	0.000351	3

6. ข้อมูลในการทดสอบการทำงานของการคำนวณค่าสถิติพื้นฐาน

3.4847	3.4866
3.4843	3.4872
3.4851	3.4870
3.4852	3.4852
3.4855	3.4873
3.4866	3.4862
3.4865	3.4860
3.4863	3.4860
3.4860	3.4862
3.4890	3.4858

7. ข้อมูลในการทดสอบการสร้างอินดิวิดวลพลอตและบ็อคพลอต

p1	p2	parameter
3.4847	3.4852	id
3.4843	3.4873	id
3.4851	3.4862	id
3.4852	3.4860	id
3.4855	3.4860	id
3.4866	3.4862	id
3.4865	3.4863	od
3.4863	3.4860	od
3.4860	3.4890	od
3.4890	3.4863	od
3.4866	3.4860	id
3.4872	3.4890	id
3.4870	3.4852	id
3.4852	3.4873	id
3.4873	3.4862	id
3.4862	3.4860	id
3.4860	3.4870	od
3.4860	3.4852	od
3.4862	3.4873	od
3.4858	3.4860	od

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

8. ข้อมูลในการทดสอบการสร้างฮิสโทแกรม

1	3.9969	31	3.9971	61	3.9968	91	3.9971	121	3.9974	151	3.9968	181	3.9970	211	3.9968
2	3.9968	32	3.9970	62	3.9970	92	3.9975	122	3.9974	152	3.9970	182	3.9971	212	3.9968
3	3.9974	33	3.9968	63	3.9966	93	3.9967	123	3.9976	153	3.9975	183	3.9967	213	3.9968
4	3.9972	34	3.9967	64	3.9966	94	3.9968	124	3.9975	154	3.9976	184	3.9968	214	3.9968
5	3.9969	35	3.9971	65	3.9967	95	3.9975	125	3.9976	155	3.9975	185	3.9968	215	3.9971
6	3.9968	36	3.9973	66	3.9968	96	3.9972	126	3.9973	156	3.9975	186	3.9968	216	3.9970
7	3.9973	37	3.9975	67	3.9969	97	3.9972	127	3.9974	157	3.9968	187	3.9973	217	3.9970
8	3.9973	38	3.9975	68	3.9969	98	3.9970	128	3.9976	158	3.9965	188	3.9973	218	3.9970
9	3.9972	39	3.9972	69	3.9971	99	3.9971	129	3.9972	159	3.9971	189	3.9971	219	3.9969
10	3.9972	40	3.9974	70	3.9971	100	3.9970	130	3.9971	160	3.9971	190	3.9967	220	3.9970
11	3.9971	41	3.9971	71	3.9971	101	3.9971	131	3.9971	161	3.9970	191	3.9971	221	3.9975
12	3.9971	42	3.9972	72	3.9970	102	3.9970	132	3.9971	162	3.9970	192	3.9972	222	3.9971
13	3.9968	43	3.9972	73	3.9974	103	3.9969	133	3.9970	163	3.9966	193	3.9972	223	3.9971
14	3.9968	44	3.9970	74	3.9975	104	3.9968	134	3.9969	164	3.9970	194	3.9970	224	3.9969
15	3.9968	45	3.9974	75	3.9971	105	3.9969	135	3.9970	165	3.9972	195	3.9969	225	3.9971
16	3.9968	46	3.9974	76	3.9974	106	3.9969	136	3.9970	166	3.9970	196	3.9971	226	3.9970
17	3.9968	47	3.9975	77	3.9971	107	3.9967	137	3.9969	167	3.9971	197	3.9975		
18	3.9972	48	3.9976	78	3.9972	108	3.9971	138	3.9968	168	3.9969	198	3.9971		
19	3.9972	49	3.9974	79	3.9969	109	3.9971	139	3.9967	169	3.9965	199	3.9969		
20	3.9972	50	3.9974	80	3.9969	110	3.9971	140	3.9965	170	3.9968	200	3.9970		
21	3.9968	51	3.9974	81	3.9973	111	3.9971	141	3.9970	171	3.9968	201	3.9970		
22	3.9970	52	3.9977	82	3.9970	112	3.9972	142	3.9969	172	3.9970	202	3.9969		
23	3.9976	53	3.9971	83	3.9970	113	3.9972	143	3.9969	173	3.9966	203	3.9975		
24	3.9970	54	3.9971	84	3.9971	114	3.9972	144	3.9968	174	3.9964	204	3.9973		
25	3.9974	55	3.9966	85	3.9974	115	3.9976	145	3.9969	175	3.9974	205	3.9974		
26	3.9975	56	3.9966	86	3.9975	116	3.9977	146	3.9969	176	3.9974	206	3.9974		
27	3.9975	57	3.9972	87	3.9972	117	3.9971	147	3.9972	177	3.9970	207	3.9971		
28	3.9975	58	3.9974	88	3.9975	118	3.9970	148	3.9972	178	3.9966	208	3.9970		
29	3.9975	59	3.9967	89	3.9971	119	3.9972	149	3.9968	179	3.9971	209	3.9971		
30	3.9975	60	3.9967	90	3.9971	120	3.9969	150	3.9970	180	3.9970	210	3.9970		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

9. ข้อมูลในการทดสอบการสร้างแผนภาพการกระจาย

p1	p2	b
3.4847	3.4852	e
3.4843	3.4873	d
3.4851	3.4862	e
3.4852	3.4860	f
3.4855	3.4860	e
3.4866	3.4862	e
3.4865	3.4863	d
3.4863	3.4860	f
3.4860	3.4890	e
3.4890	3.4863	d
3.4866	3.4860	e
3.4872	3.4890	d
3.4870	3.4852	e
3.4852	3.4873	f
3.4873	3.4862	e
3.4862	3.4860	e
3.4860	3.4870	d
3.4860	3.4852	f
3.4862	3.4873	e
3.4858	3.4860	d

10. ข้อมูลในการทดสอบสมมุติฐาน 1-Sample Z

17	15	13	18	21	18	19	11	18	14	13	12	13	19	20
20	11	18	19	16	17	15	14	16	18	19	22	25	17	16

11. ข้อมูลในการทดสอบสมมุติฐาน 1-Sample t

17	31	12	17	13	25

12. ข้อมูลในการทดสอบสมมุติฐาน 2-Sample t และ Paired t

twoT1	twoT2
17	15
31	22
12	13
17	10
13	28
25	19

13. ข้อมูลในการทดสอบ One-Way ANOVA

M/C1	M/C2	M/C3
5.0	4.2	4.3
5.8	3.2	3.8
5.5	3.3	4.0
4.0	4.7	3.9

14. ข้อมูลในการทดสอบ Two-Way ANOVA

Data	Suppliers (Row)	M/C (Column)
5.0	1	1
5.8	2	1
5.5	3	1
4.0	4	1
4.2	1	2
3.2	2	2
3.3	3	2
4.7	4	2
4.3	1	3
3.8	2	3
4.0	3	3
3.9	4	3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

15. ข้อมูลในการทดสอบสมมุติฐาน 1 Proportion

1	NG	31	G
2	G	32	G
3	NG	33	G
4	NG	34	G
5	NG	35	G
6	NG	36	G
7	NG	37	G
8	NG	38	G
9	NG	39	G
10	NG	40	G
11	NG	41	G
12	NG	42	G
13	NG	43	G
14	NG	44	G
15	G	45	G
16	G	46	G
17	G	47	G
18	G	48	G
19	G	49	G
20	G	50	G
21	G	51	G
22	G	52	G
23	G	53	G
24	G	54	G
25	G	55	G
26	G	56	G
27	G	57	G
28	G		
29	G		
30	G		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

16. ข้อมูลในการทดสอบสมมุติฐาน 2 Proportions

prop2_1			
1	NG	31	G
2	G	32	G
3	NG	33	G
4	NG	34	G
5	NG	35	G
6	NG	36	G
7	NG	37	G
8	NG	38	G
9	NG	39	G
10	NG	40	G
11	NG	41	G
12	NG	42	G
13	NG	43	G
14	NG	44	G
15	G	45	G
16	G	46	G
17	G	47	G
18	G	48	G
19	G	49	G
20	G	50	G
21	G	51	G
22	G	52	G
23	G	53	G
24	G	54	G
25	G	55	G
26	G	56	G
27	G	57	G
28	G		
29	G		
30	G		

prop2_2					
1	G	31	G	61	G
2	NG	32	G	62	G
3	NG	33	G	33	G
4	NG	34	G		
5	NG	35	G		
6	NG	36	G		
7	NG	37	G		
8	NG	38	G		
9	NG	39	G		
10	NG	40	G		
11	NG	41	G		
12	NG	42	G		
13	NG	43	G		
14	NG	44	G		
15	NG	45	G		
16	NG	46	G		
17	NG	47	G		
18	NG	48	G		
19	NG	49	G		
20	G	50	G		
21	G	51	G		
22	G	52	G		
23	G	53	G		
24	G	54	G		
25	G	55	G		
26	G	56	G		
27	G	57	G		
28	G	58	G		
29	G	59	G		
30	G	60	G		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย Chulalongkorn University

17. ข้อมูลในการทดสอบสมมุติฐาน 2 Variances

var2_1	var2_2
17	15
31	22
12	13
17	10
13	28
25	19

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

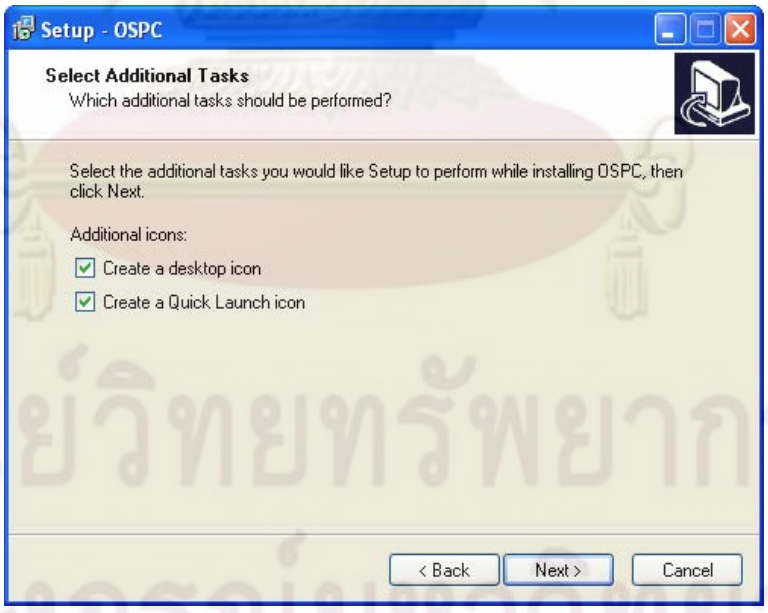
ภาคผนวก ข

วิธีการติดตั้งโปรแกรม OSPC

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

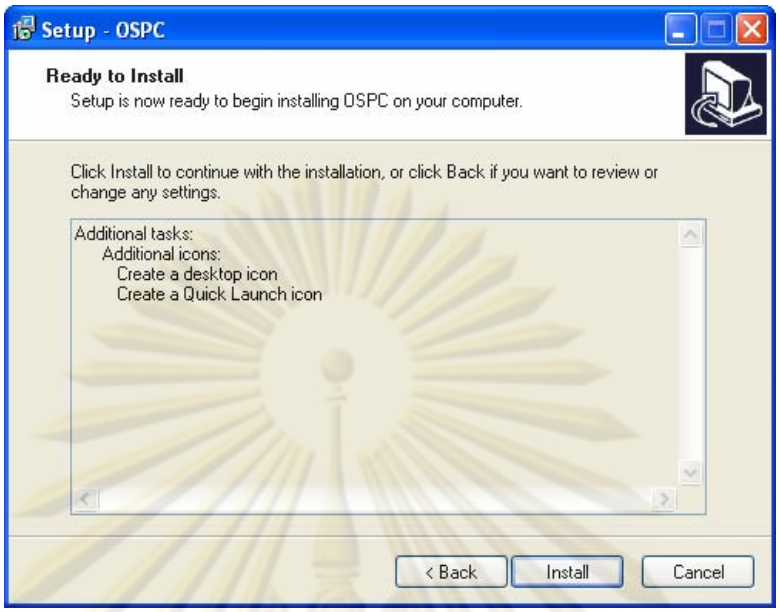
เมื่อทำการ Run ไฟล์ Setup ของโปรแกรม OSPC จะปรากฏหน้าต่างการติดตั้งโปรแกรมดังรูป

หน้าต่างนี้จะทำการเตือนให้ผู้ใช้ทำการปิดโปรแกรมอื่นๆ ก่อนทำการติดตั้ง เมื่อกดปุ่ม “Next” จะเข้าสู่หน้าต่างดังรูปต่อไป



หน้าต่างนี้จะถามผู้ใช้ว่าต้องการให้ทำการสร้าง “desktop icon” หรือ “Quick Launch icon” ของโปรแกรมหรือไม่ จากนั้นกดปุ่ม “Next”

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

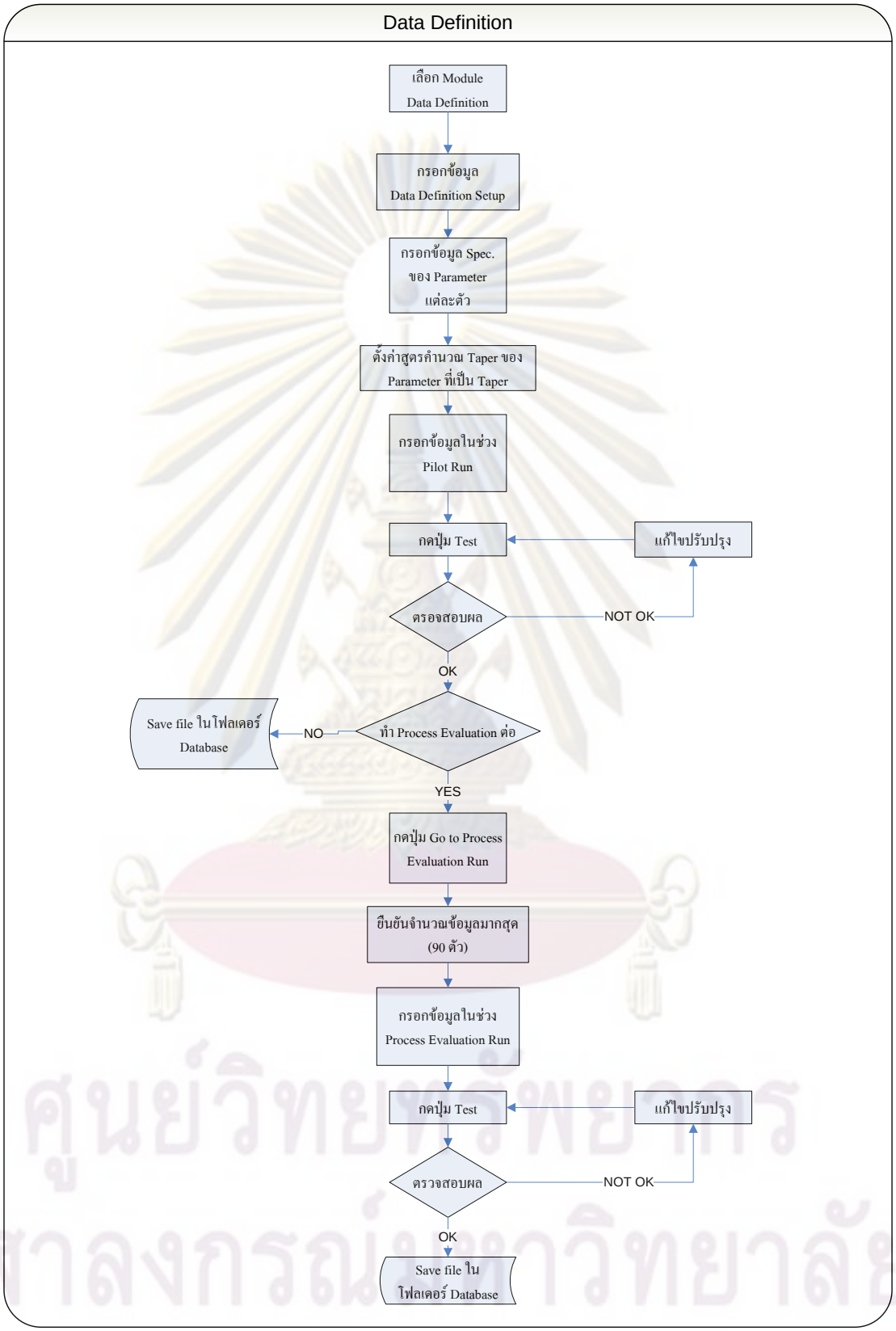


หน้าต่างนี้จะทำการยืนยันตัวเลือกที่ผู้ใช้ได้เลือกมา ให้กดปุ่ม “Install” หากต้องการดังนั้นจริง จากนั้นจะเข้าสู่การติดตั้งโปรแกรม OSPC เมื่อติดตั้งเสร็จจะปรากฏหน้าต่างดังรูป

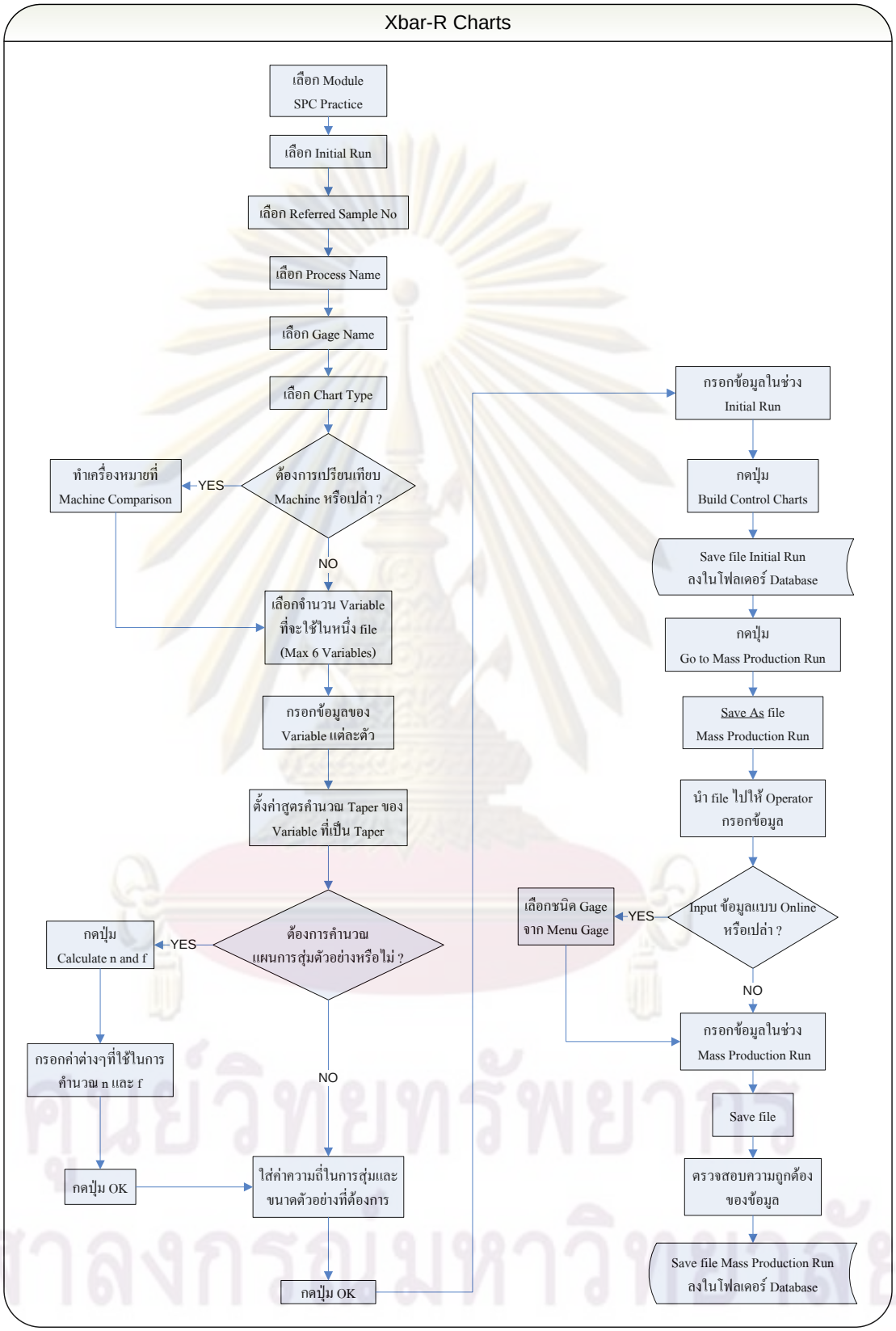
หากเลือก “Launch OSPC” เมื่อกดปุ่ม “Finish” โปรแกรมก็จะเริ่มทำงานในทันทีที่ติดตั้งเสร็จ

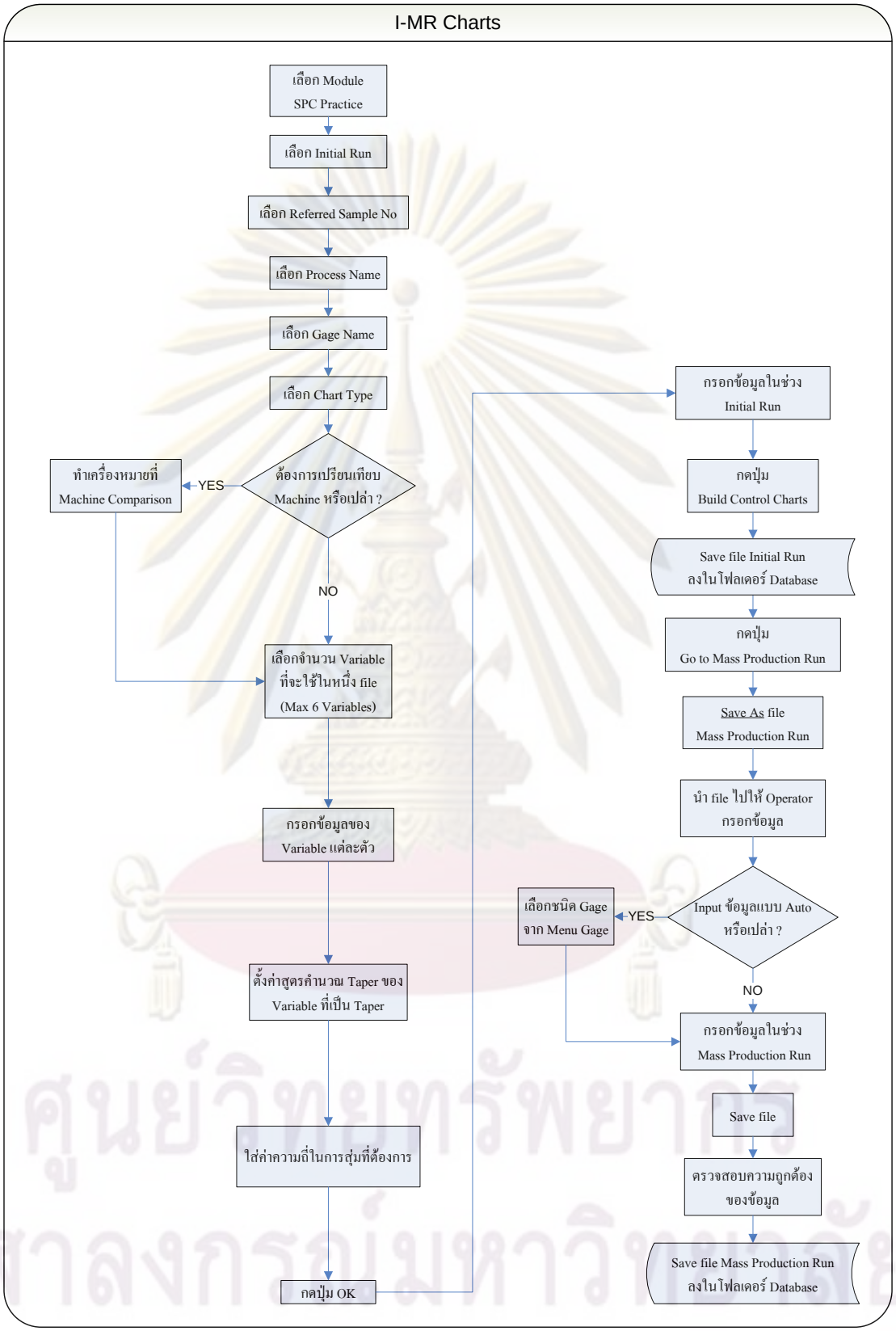
ภาคผนวก ค
แผนภาพวิธีการใช้งานโปรแกรม OSPC

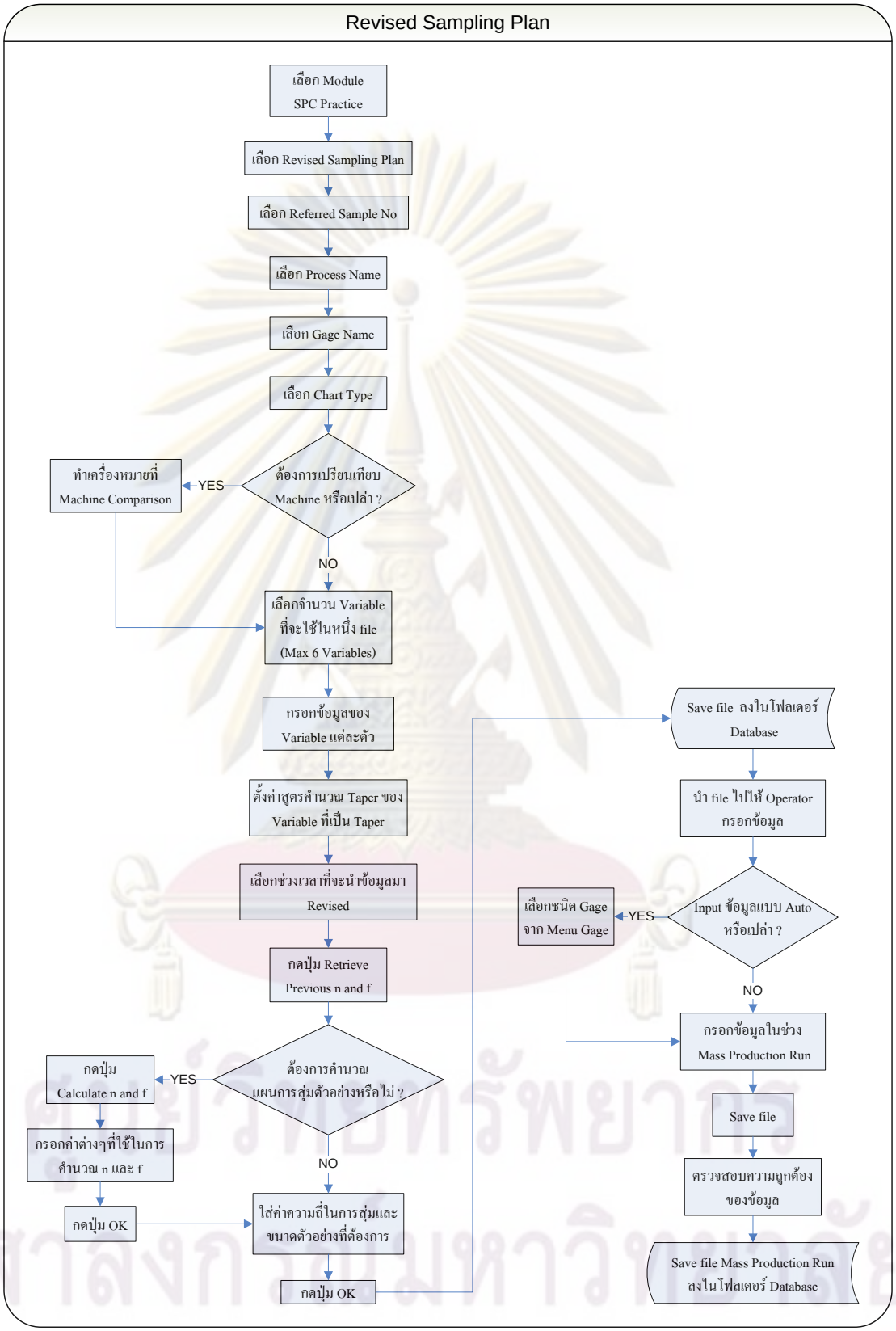
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

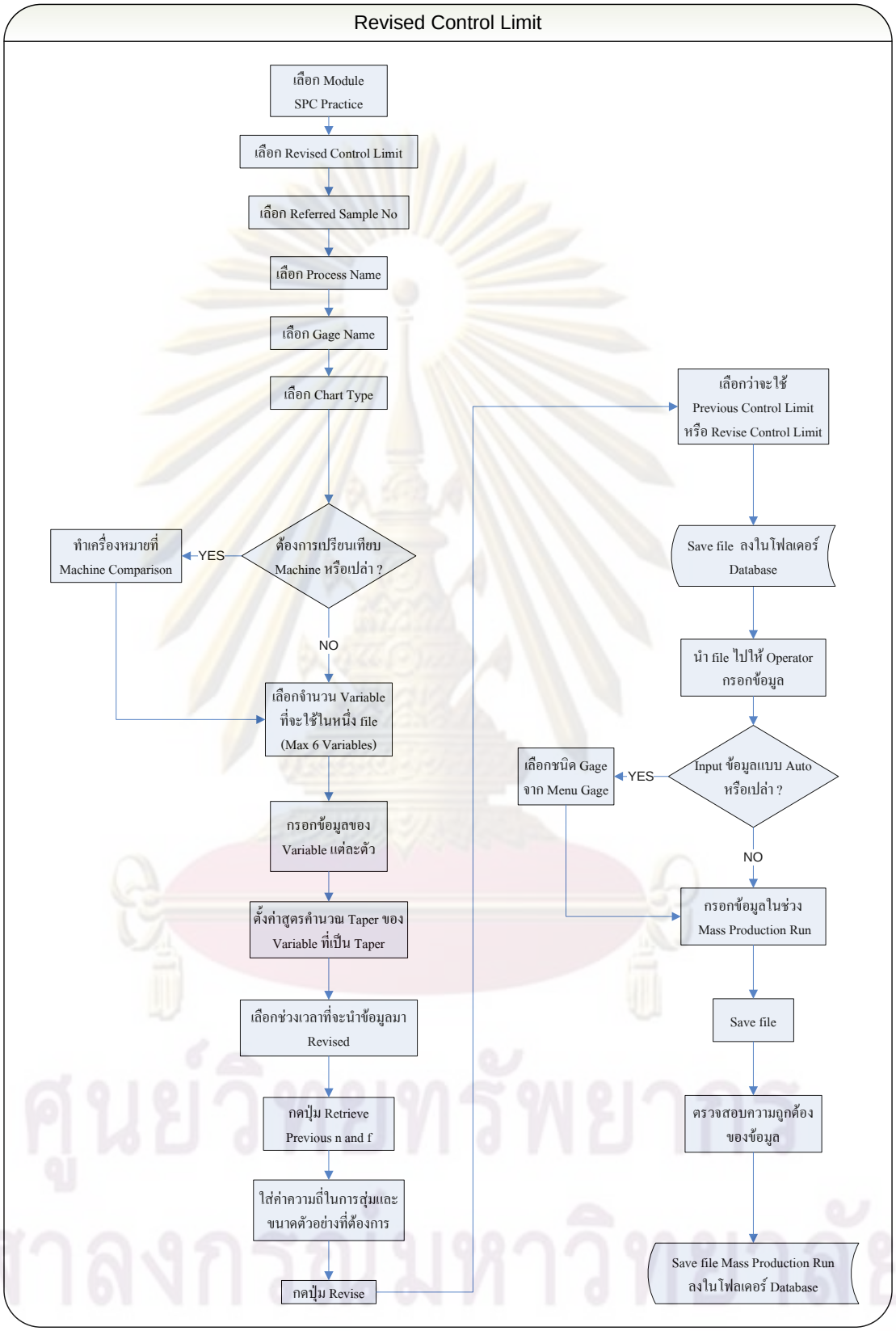


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

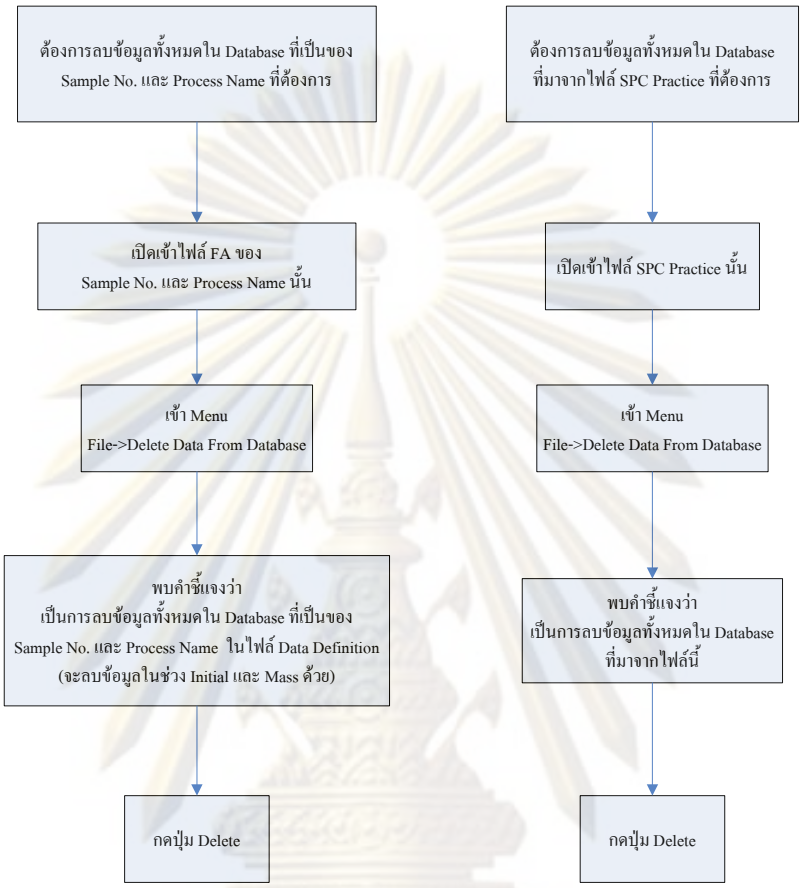

Xbar-R Charts
เลือก Module SPC Practice
เลือก Initial Run
เลือก Referred Sample No
เลือก Process Name
เลือก Gage Name
เลือก Chart Type
ต้องการเปรียนเทียบ Machine หรือเปล่า ?
YES
ทำเครื่องหมายที่ Machine Comparison
NO
เลือกจำนวน Variable ที่จะใช้ในหนึ่ง file (Max 6 Variables)
กรอกข้อมูลของ Variable แต่ละตัว
ตั้งค่าสูตรคำนวณ Taper ของ Variable ที่เป็น Taper
ต้องการคำนวณแผนการสุ่มตัวอย่างหรือไม่ ?
YES
กดปุ่ม Calculate n and f
กรอกค่าต่างๆที่ใช้ในการคำนวณ n และ f
กดปุ่ม OK
NO
ใส่ค่าความถี่ในการสุ่มและขนาดตัวอย่างที่ต้องการ
กดปุ่ม OK
กรอกข้อมูลในช่วง Initial Run
กดปุ่ม Build Control Charts
Save file Initial Run ลงในโฟลเดอร์ Database
กดปุ่ม Go to Mass Production Run
Save As file Mass Production Run
นำ file ไปให้ Operator กรอกข้อมูล
Input ข้อมูลแบบ Online หรือเปล่า ?
YES
เลือกชนิด Gage จาก Menu Gage
NO
กรอกข้อมูลในช่วง Mass Production Run
Save file
ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล
Save file Mass Production Run ลงในโฟลเดอร์ Database


I-MR Charts
เลือก Module
SPC Practice
เลือก Initial Run
เลือก Referred Sample No
เลือก Process Name
เลือก Gage Name
เลือก Chart Type
ต้องการเปรียบเทียบ
Machine หรือเปล่า ?
YES
ทำเครื่องหมายที่
Machine Comparison
NO
เลือกจำนวน Variable
ที่จะใช้ในหนึ่ง file
(Max 6 Variables)
กรอกข้อมูลของ
Variable แต่ละตัว
ตั้งค่าสูตรคำนวณ Taper ของ
Variable ที่เป็น Taper
ใส่ค่าความถี่ในการสุ่มที่ต้องการ
กดปุ่ม OK
กรอกข้อมูลในช่วง
Initial Run
กดปุ่ม
Build Control Charts
Save file Initial Run
ลงในโฟลเดอร์ Database
กดปุ่ม
Go to Mass Production Run
Save As file
Mass Production Run
นำ file ไปให้ Operator
กรอกข้อมูล
Input ข้อมูลแบบ Auto
หรือเปล่า ?
YES
เลือกชนิด Gage
จาก Menu Gage
NO
กรอกข้อมูลในช่วง
Mass Production Run
Save file
ตรวจสอบความถูกต้อง
ของข้อมูล
Save file Mass Production Run
ลงในโฟลเดอร์ Database


Revised Sampling Plan
เลือก Module SPC Practice
เลือก Revised Sampling Plan
เลือก Referred Sample No
เลือก Process Name
เลือก Gage Name
เลือก Chart Type
ต้องการเปรียบเทียบ Machine หรือเปล่า ?
YES
ทำเครื่องหมายที่ Machine Comparison
NO
เลือกจำนวน Variable ที่จะใช้ในหนึ่ง file (Max 6 Variables)
กรอกข้อมูลของ Variable แต่ละตัว
ตั้งค่าสูตรคำนวณ Taper ของ Variable ที่เป็น Taper
เลือกช่วงเวลาที่จะนำข้อมูลมา Revised
กดปุ่ม Retrieve Previous n and f
ต้องการคำนวณแผนการสุ่มตัวอย่างหรือไม่ ?
YES
กดปุ่ม Calculate n and f
กรอกค่าต่างๆที่ใช้ในการคำนวณ n และ f
กดปุ่ม OK
NO
ใส่ค่าความถี่ในการสุ่มและขนาดตัวอย่างที่ต้องการ
กดปุ่ม OK
Save file ลงในโฟลเดอร์ Database
นำ file ไปให้ Operator กรอกข้อมูล
Input ข้อมูลแบบ Auto หรือเปล่า ?
YES
เลือกชนิด Gage จาก Menu Gage
NO
กรอกข้อมูลในช่วง Mass Production Run
Save file
ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล
Save file Mass Production Run ลงในโฟลเดอร์ Database


Revised Control Limit
เลือก Module SPC Practice
เลือก Revised Control Limit
เลือก Referred Sample No
เลือก Process Name
เลือก Gage Name
เลือก Chart Type
ต้องการเปรียนเทียบ Machine หรือเปล่า ?
YES
ทำเครื่องหมายที่ Machine Comparison
NO
เลือกจำนวน Variable ที่จะใช้ในหนึ่ง file (Max 6 Variables)
กรอกข้อมูลของ Variable แต่ละตัว
ตั้งค่าสูตรคำนวณ Taper ของ Variable ที่เป็น Taper
เลือกช่วงเวลาที่จะนำข้อมูลมา Revised
กดปุ่ม Retrieve Previous n and f
ใส่ค่าความถี่ในการสุ่มและขนาดตัวอย่างที่ต้องการ
กดปุ่ม Revise
เลือกว่าจะใช้ Previous Control Limit หรือ Revise Control Limit
Save file ลงในโฟลเดอร์ Database
นำ file ไปให้ Operator กรอกข้อมูล
Input ข้อมูลแบบ Auto หรือเปล่า ?
YES
เลือกชนิด Gage จาก Menu Gage
NO
กรอกข้อมูลในช่วง Mass Production Run
Save file
ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล
Save file Mass Production Run ลงในโฟลเดอร์ Database

Delete Data From Database



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Change Folder or File Name

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายวรมัน โบราณินทร์ เกิดเมื่อวันที่ 25 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2528 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ.2549 และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย