การศึกษาโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติที่เหมาะสมต่อเครือบริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน)

THE STUDY OF APPROPRIATED STATISTIC PROGRAM FOR BETAGRO COMPANY LIMITED GROUP

ณัฐชยา เชื้อต่าย
ธัญสุดา แซ่เบ๊

สหกิจศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (สถิติประยุกต์)
ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE STUDY OF APPROPRIATED STATISTIC PROGRAM FOR BETAGRO COMPANY LIMITED GROUP

NATCHAYA CHUATAI
TUNSUDA SAE-BAE

A COOPERATIVE EDUCATION SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (APPLIED STATISTICS)
DEPARTMENT OF STATISTICS, FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อสหกิจศึกษา	การศึกษาโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติที่เหมาะสมต่อเครือบริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน) THE STUDY OF APPROPRIATED STATISTIC PROGRAM FOR BETAGRO COMPANY LIMITED GROUP
ชื่อนักศึกษา	นางสาวณัฐชยา เชื้อต่าย รหัสนักศึกษา 57051098 นางสาวธัญสุดา แซ่เบ๊ รหัสนักศึกษา 57051122
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (สถิติประยุกต์)
ภาควิชา	สถิติ
ปีการศึกษา	2560
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.อัชฌา อระวีพร

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้สหกิจศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต (สถิติประยุกต์) ประจำปีการศึกษา 2560

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.ชูใจ คูหารัตนไชย ประธานกรรมการ	
คุณเอกศักดิ์ จิตต์เจริญ กรรมการ	
ผศ.ดร.อัชฌา อระวีพร กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อสหกิจศึกษา	การศึกษาโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติที่เหมาะสมต่อเครือบริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน)
ชื่อนักศึกษา	นางสาวณัฐชยา เชื้อต่าย รหัสนักศึกษา 57051098 นางสาวธัญสุดา แซ่เบ๊ รหัสนักศึกษา 57051122
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (สถิติประยุกต์)
ภาควิชา	สถิติ
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
ปีการศึกษา	2560
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.อัชฌา อระวีพร

บทคัดย่อ

สหกิจศึกษาฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ในการลดค่าใช้จ่ายทางด้านลิขสิทธิ์ของโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติโดยการเลือกใช้โปรแกรมทางเลือกอื่นที่ไม่เสียค่าใช้จ่ายนั่นคือโปรแกรม R ณ ปัจจุบันเครือเบทาโกรมีการใช้งานโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติคือโปรแกรม Minitab เวอร์ชั่น 16 จากการสำรวจพบว่าบริษัท บี.ฟู้ดส์ โปรดักส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด (บริษัทในเครือเบทาโกร) โรงงานแปรรูปไก่ปรุงสุกมีจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ลงทะเบียนโปรแกรมดังกล่าว 18 เครื่อง คิดเป็นร้อยละ 13.85 จากเครื่องทั้งหมด ทำให้เกิดค่าใช้จ่าย 900,000 บาทโดยประมาณ และหากสหกิจศึกษาครั้งนี้ประสบผลสำเร็จ เครือเบทาโกรจะมีโอกาสลดค่าใช้จ่าย เนื่องจากการลงทะเบียนโปรแกรมที่จะเกิดขึ้นในอนาคตอย่างแน่นอนได้ การศึกษาครั้งนี้อาจมีผลกระทบต่อพนักงานที่เป็นผู้ใช้งาน ผู้วิจัยจึงศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบการใช้งานโปรแกรม Minitab ความต้องการในการใช้งาน วิธีการใช้คำสั่ง ชุดข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ และผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อพนักงานและบริษัท หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการดังกล่าว จึงศึกษารูปแบบการใช้งาน R Commander (Rcmdr) บนโปรแกรม R และทดลองวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ด้วยโปรแกรม R เวอร์ชั่น 3.4.1 และ 3.4.3 เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม R มาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม Minitab เพื่อเป็นแนวทางในการนำโปรแกรม R มาทดแทนโปรแกรม Minitab ต่อไป

ผลจากการศึกษาคือโปรแกรม R สามารถนำมาทดแทนโปรแกรม Minitab ในส่วนของคำสั่งที่ต้องการคำนวณค่าสถิติได้ร้อยละ 93.75 ได้แก่ Display Descriptive Statistics, Graphical Summary, 1-Sample Z, 1-Sample t, 2-Sample t, 1 Proportion, 2 Proportions, Correlation, Normality Test, Fit Regression Model, One-Way, Fit General Linear Model, Pareto Chart, Capability Analysis และ Power and Sample Size ไม่สามารถทดแทนคำสั่ง Attribute Agreement Analysis ได้ ในส่วนของคำสั่งที่ต้องการให้แสดงกราฟได้ทั้งหมดร้อยละ 100 ได้แก่ Scatterplot, Histogram, Probability Plot, Boxplot และ Line Plot ทั้งนี้โปรแกรม R มีการใช้งานที่ค่อนข้างยากสำหรับผู้ใช้งานใหม่ และมีข้อจำกัดในการนำเข้าและแก้ไขชุดข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	THE STUDY OF APPROPRIATED STATISTIC PROGRAM FOR BETAGRO COMPANY LIMITED GROUP
Students	Miss Natchaya Chuatai Student ID 57051098
	Miss Tunsuda Sae-bae Student ID 57051122
Degree	Bachelor of Science (Applied Statistics)
Department	Statistics
Faculty	Science
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
Academic Year	2017
Advisor	Asst.Prof.Dr.Autcha Araveeporn

Abstract

The aim of this cooperative study is reduce cost of the copyright of statistic programs and choose another free statistic program such as R. Nowaday Betagro group use Minitab version 16. From our survay in Cooked Chicken Processing factory in B.Foods Product International Co., Ltd. (Betagro Group) we found 18 computers was installed Minitab (13.85 percent) and this factory has to pay around 900,000THB for copyright. If this cooperative study success, Betagro group could be reduce the copyright cost. This study may affect to statistic program user in this company so for the most useful for any staff and factory, in the beginning process we survey about Minitab usage pattern, requirements, data sets for analyzed, command and output from user. After survey process we study R Commander (Rcmdr) on R and run these command for testing R on R version 3.4.1 and 3.4.3 then we compare the output between R and Minitab for create guild line of R usage.

The result shown that we can use R instead Minitab for 93.75% in statistic command including Display Descriptive Statistics, Graphical Summary, 1-Sample Z, 1-Sample t, 2-Sample t, 1 Proportion, 2 Proportions, Correlation, Normality Test, Fit Regression Model, One-Way, Fit General Linear Model, Pareto Chart, Capability Analysis and Power and Sample Size but not include Attribute Agreement Analysis. In the graph command for 100% including Scatterplot, Histogram, Probability Plot, Boxplot and Line Plot. However, for the beginner R is hard to use and has the limitation about import and edit data set.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

สหกิจศึกษาฉบับนี้สำเร็จลุล่วงตามเป้าหมายด้วยดีและมีความถูกต้องในเนื้อหา เนื่องจากได้รับความร่วมมือและความช่วยเหลือดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดีจากหลาย ๆ ฝ่าย โดยเฉพาะความกรุณาอย่างยิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัชฌา อระวีพร อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษาที่ได้ให้คำปรึกษาแนวทางในการปฏิบัติงาน ข้อคิดเห็น ข้อเสนอะแนะ เอื้อเฟื้อหนังสืออ้างอิงในการค้นคว้าและวิเคราะห์ข้อมูล ติดตามความก้าวหน้าในทุกขั้นตอนพร้อมทั้งตรวจทานแก้ไขข้อพกบร่องและปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นตลอดระยะเวลาการดำเนินงาน ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจึงขอกราบขอบพระคุณด้วยความเคารพอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณพี่ ๆ แผนกพัฒนาผลิตภัณฑ์ บริษัท บี.ฟู้ดส์ โปรดักส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด สำหรับความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างครบถ้วน ให้ความรู้และคำแนะนำต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณคุณเอกศักดิ์ จิตต์เจริญ (คุณโจ้) ผู้อำนวยการแผนกวางแผนกลยุทธ์และระบบสาระสนเทศ บริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือและสนับสนุนในทุกขั้นตอนการดำเนินงาน ตรวจสอบแก้ไขตลอดจนให้คำแนะนำเพิ่มเติม ทำให้สหกิจศึกษาฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น รวมถึงให้การดูแลตลอดระยะเวลา 4 เดือนของการปฏิบัติงาน

ขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาสถิติประยุกต์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้และให้คำแนะนำต่าง ๆ ในการดำเนินงาน รวมถึงเพื่อน ๆ พี่ ๆ และน้อง ๆ สาขาวิชาสถิติประยุกต์ทุกคน ที่เป็นกำลังใจและคอยให้คำเสนอแนะมาโดยตลอด

ท้ายที่สุดนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่คอยให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจแก่ผู้จัดทำมาโดยตลอด รวมทั้งที่เกี่ยวข้องกับความสำเร็จของการทำสหกิจศึกษาครั้งนี้ที่ไม่ได้กล่าวนามไว้ทุกท่าน จึงขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ณัฐชยา เชื้อต่าย
ธัญสุดา แซ่เบ๊

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูป ..... ญ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 3
1.3 สมมติฐานการวิจัย 3
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ 4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 สถิติที่ใช้ในการวิจัย 5
2.1.1 สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) 5
2.1.1.1 ค่าเฉลี่ย (Mean) 5
2.1.1.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) 5
2.1.1.3 ความแปรปรวน (Variance) 5
2.1.1.4 พิสัย (Range) 6
2.1.1.5 ควอไทล์ (Quartile) 6
2.1.1.6 มัธยฐาน (Median) 6
2.1.1.7 ฐานนิยม (Mode) 6
2.1.1.8 ความเบ้ (Skewness) 7
2.1.1.9 ความโด่ง (Kurtosis) 7
2.1.2 ช่วงความเชื่อมั่นสำหรับค่าเฉลี่ย (Confidence Interval for Mean) 7
2.1.3 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร 10
2.1.4 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 2 ประชากรที่เป็นอิสระต่อกัน 11
2.1.5 การทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 1 ประชากร 12
2.1.6 การทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 2 ประชากร 13
2.1.7 สหสัมพันธ์ (Correlation) 14
2.1.7.1 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson Product-Moment Correlation Coefficient) 15
2.1.8 สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง (Anderson-Darling) 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.1.9 การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Linear Regression Analysis) 16
2.110 สถิติทดสอบเลวีน (Levene) 17
2.1.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว (One-Way ANOVA) 18
2.1.12 การเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple comparison) 19
2.12.1 วิธี Turkey's Honestly Significant Different (HSD) 19
2.1.13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองปัจจัย (Two-Way ANOVA) 20
2.1.14 ดัชนีชี้วัดศักยภาพของความสามารถของกระบวนการ (Process Potential Capability, C_p) 22
2.1.15 ดัชนีวัดความสามารถที่แท้จริงของกระบวนการ (Actual Process Capability Index, C_{pk}) 23
2.1.16 ดัชนีวัดค่าความสามารถที่แท้จริงของกระบวนการ (Actual Process Capacity Index, P_{pk}) 25
2.1.17 การประเมินการวัดข้อมูลแบบนับ (Attribute Agreement Analysis) 26
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 27
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 29
3.1 สำรวจชุดข้อมูลและการใช้งานคำสั่งต่าง ๆ บนโปรแกรม Minitab 31
3.2 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 33
3.3 รวบรวมและศึกษาชุดข้อมูลและผลลัพธ์ 33
3.4 นำชุดข้อมูลไปวิเคราะห์บนโปรแกรม R 33
3.5 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากทั้งสองโปรแกรม 33
3.6 สรุปผลการดำเนินงานวิจัยและและข้อเสนอแนะ 33
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล 34
4.1 การคำนวณค่าสถิติพรรณนา (Display Descriptive Statistics) 34
4.2 การคำนวณผลสรุปรวมของค่าสถิติและกราฟ (Graphical Summary) 48
4.3 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ (One Sample Z-Test) 59
4.4 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก (One Sample T-Test) 74
4.5 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 2 ประชากรที่เป็นอิสระต่อกัน (Independent Samples T-Test) 85
4.6 การทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 1 ประชากร (One Proportion) 104
4.7 การทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 2 ประชากร (Two Proportions) 108
4.8 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation Analysis) 113

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.9 การทดสอบการแจกแจงปกติ (Normality Test) 118
4.10 การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) 123
4.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว (One-Way ANOVA) 142
4.12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองปัจจัย (Two-Way ANOVA) 159
4.13 แผนภูมิพาเรโต (Pareto) 181
4.14 การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Analysis) 186
4.15 การประเมินการวัดข้อมูลแบบนับ (Attribute Agreement Analysis) 198
4.16 การคำนวณกำลังของการทดสอบและขนาดตัวอย่าง สำหรับการทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 2 ประชากร (Power and Sample Size for 2 Proportions) 203
4.17 แผนภาพการกระจาย (Scatter Plot) 208
4.18 แผนภูมิฮิสโตแกรม (Histogram) 214
4.19 กราฟความน่าจะเป็น (Probability Plot) 218
4.20 แผนภาพกล่อง (Boxplot) 223
4.21 แผนภูมิเส้น (Line Graph) 228

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 233
5.1 ความสามารถของโปรแกรม R 233
5.1.1 การใช้งานคำสั่ง 233
5.1.2 การแสดงผลลัพธ์ 233
5.1.2.1 ค่าสถิติ 233
5.1.2.2 กราฟ 233
5.2 ข้อจำกัดของโปรแกรม R 233
5.2.1 การเขียนคำสั่ง 233
5.2.2 การนำเข้าข้อมูล 233
5.2.3 การแก้ไขข้อมูล 234
5.3 ข้อเสนอแนะในการใช้โปรแกรม R 234
5.3.1 การเขียนคำสั่ง 234
5.3.2 การนำเข้าและแก้ไขข้อมูล 234
5.4 ข้อเสนอแนะในเชิงธุรกิจ 234

เอกสารอ้างอิง 236
ภาคผนวก 237
ภาคผนวก ก การติดตั้งโปรแกรม R และแพ็กเกจ 238
ภาคผนวก ข การนำเข้าชุดข้อมูล โดยวิธีต่าง ๆ 245
ภาคผนวก ค รูปแบบการเขียนคำสั่งต่าง ๆ บน R Script 249

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 สมมติฐานทางสถิติ สถิติทดสอบ และบริเวณวิกฤต ของการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่ประชากรมีการแจกแจงปกติและทราบค่าความแปรปรวนของประชากร 10

2.2 สมมติฐานทางสถิติ สถิติทดสอบ และบริเวณวิกฤต ของการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่ประชากรมีการแจกแจงปกติหรือใกล้การแจกแจงปกติ ไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากร และตัวอย่างมีขนาดเล็ก 11

2.3 สมมติฐานทางสถิติ สถิติทดสอบ และบริเวณวิกฤต ของการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 2 ประชากรที่เป็นอิสระต่อกัน กรณีประชากรทั้งสองมีการแจกแจงปกติหรือใกล้การแจกแจงปกติ แต่ไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากรทั้งสอง และตัวอย่างทั้งสองมีขนาดเล็ก 12

2.4 สมมติฐานทางสถิติ สถิติทดสอบ และบริเวณวิกฤต ของการทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 1 ประชากร 13

2.5 สมมติฐานทางสถิติ สถิติทดสอบ และบริเวณวิกฤต ของการทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 2 ประชากร 13

2.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว 18

2.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองปัจจัย 21

3.1 รูปแบบคำสั่งที่ใช้บนโปรแกรม Minitab 31

3.2 จำนวนคอมพิวเตอร์ที่มีการลงทะเบียนโปรแกรม Minitab 32

4.1 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณค่าสถิติพรรณนา 34

4.2 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการคำนวณค่าสถิติพรรณนา โดยใช้ตัวแปร Weight After Chilled 6hr เป็นตัวอย่างในการเปรียบเทียบ 48

4.3 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณผลสรุปรวมของค่าสถิติและกราฟ 49

4.4 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการคำนวณผลสรุปรวมของค่าสถิติและกราฟ 60

4.5 ตัวอย่างข้อมูล (ข้อมูลสมมติ) ที่ใช้ในการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ 61

4.6 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการทดสอบการแจกแจงปกติ (การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่) 73

4.7 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 73

4.8 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ 73

4.9 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก 74

4.10 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการทดสอบการแจกแจงปกติ (การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก) 85

4.11 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก 85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.12 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 2 ประชากรที่เป็นอิสระต่อกัน สำหรับโปรแกรม R 95
4.13 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการทดสอบการแจกแจงปกติ (การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 2 ประชากรที่เป็นอิสระต่อกัน) 104
4.14 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการทดสอบความแปรปรวน (การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 2 ประชากรที่เป็นอิสระต่อกัน) 104
4.15 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 2 ประชากรที่เป็นอิสระต่อกัน 105
4.16 ตัวอย่างข้อมูล (ข้อมูลสมมติ) ที่ใช้ในการทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 1 ประชากร 106
4.17 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 1 ประชากร 110
4.18 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 2 ประชากร 111
4.19 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 2 ประชากร 116
4.20 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ 117
4.21 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ 120
4.22 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบการแจกแจงปกติ 120
4.23 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการทดสอบการแจกแจงปกติ 124
4.24 ตัวอย่างข้อมูล (ข้อมูลสมมติ) ที่ใช้ในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ 125
4.25 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ 142
4.26 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการทดสอบพารามิเตอร์ทุกตัวรวมกัน 143
4.27 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการทดสอบพารามิเตอร์ทุกตัวรวมกัน ที่ไม่นำตัวแปร Time มาวิเคราะห์ 143
4.28 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการทดสอบพารามิเตอร์บางส่วน 143
4.29 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการทดสอบพารามิเตอร์บางส่วน ที่ไม่นำตัวแปร Time มาวิเคราะห์ 143
4.30 การเปรียบเทียบสมการถดถอย 144
4.31 ตัวอย่างข้อมูล (ข้อมูลสมมติ) ที่ใช้ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว 144
4.32 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการทดสอบการแจกแจงปกติ (การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว) 161
4.33 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการทดสอบความแปรปรวน (การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว) 161
4.34 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว 162
4.35 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการเปรียบเทียบพหุคูณ 162
4.36 ตัวอย่างข้อมูล (ข้อมูลสมมติ) ที่ใช้ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองปัจจัย 163
4.37 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการทดสอบการแจกแจงปกติ (การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองปัจจัย) 181

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.38 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการทดสอบความแปรปรวน (การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองปัจจัย) 182
4.39 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองปัจจัย 182
4.40 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแผนภูมิพาเรโต 183
4.41 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ สำหรับโปรแกรม R 191
4.42 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ 198
4.43 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการประเมินการวัดข้อมูลแบบนับ 199
4.44 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณขนาดตัวอย่าง สำหรับการทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 2 ประชากร 205
4.45 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการคำนวณขนาดตัวอย่าง สำหรับการทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 2 ประชากร 210
4.46 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแผนภูมิเส้น 230

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ความน่าจะเป็นที่ Z มีค่าระหว่าง $-z_{\frac{\alpha}{2}}$ และ $z_{\frac{\alpha}{2}}$	8
2.2	ความน่าจะเป็นที่ T มีค่าระหว่าง $-t_{\frac{\alpha}{2},v}$ และ $t_{\frac{\alpha}{2},v}$	9
2.3	ความสามารถของกระบวนการเมื่อ C_p เท่ากับ 1 (แต่กระบวนการจะมีความสามารถหรือไม่มีความสามารถขึ้นกับค่าเฉลี่ยของกระบวนการอยู่ที่เป้าหมายของข้อกำหนดหรือไม่)	22
2.4	กระบวนการผลิตที่ร้อยละ 50 ของผลิตภัณฑ์จะไม่ได้ตามข้อกำหนดแม้ว่าค่า C_p เท่ากับ 1	23
2.5	รูปของกระบวนการผลิตที่มีค่าเฉลี่ยของกระบวนการตรงกับค่าเป้าหมายของข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ที่ผลิต $(C_{pu} = C_{pl} = C_{pk} = C_p)$	24
2.6	รูปของกระบวนการผลิตที่มีค่าเฉลี่ยของกระบวนการไม่ตรงกับค่าเป้าหมายของข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ที่ผลิต	24
3.1	แผนผังแสดงลำดับขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	30
4.1.1	การใช้คำสั่งเพื่อคำนวณค่าสถิติพรรณนา สำหรับโปรแกรม Minitab	35
4.1.2	หน้าต่าง Display Descriptive Statistics	36
4.1.3	หน้าต่าง Display Descriptive Statistics: Statistics	36
4.1.4	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อคำนวณค่าสถิติพรรณนา สำหรับโปรแกรม Minitab	37
4.1.5	การใช้คำสั่งเพื่อคำนวณค่าต่ำสุด, ค่ากลาง, ค่าเฉลี่ย และค่าสูงสุด สำหรับโปรแกรม R	38
4.1.6	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อคำนวณค่าต่ำสุด, ค่ากลาง, ค่าเฉลี่ย และค่าสูงสุดของข้อมูลจากตารางที่ 4.1 สำหรับโปรแกรม R	38
4.1.7	การใช้คำสั่งเพื่อคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย, จำนวนข้อมูล และจำนวนข้อมูลสูญหาย สำหรับโปรแกรม R	39
4.1.8	หน้าต่าง Numerical Summaries: Data ของข้อมูลจากตารางที่ 4.1	39
4.1.9	หน้าต่าง Numerical Summaries: Statistics	40
4.1.10	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย, จำนวนข้อมูล และจำนวนข้อมูลสูญหายของข้อมูลจากตารางที่ 4.1 สำหรับโปรแกรม R	40
4.1.11	การเขียนคำสั่งเพื่อคำนวณค่าความแปรปรวน สำหรับโปรแกรม R	41
4.1.12	ผลลัพธ์จากการเขียนคำสั่งเพื่อคำนวณค่าความแปรปรวน ของข้อมูลจากตารางที่ 4.1 สำหรับโปรแกรม R	41
4.1.13	การเขียนคำสั่งเพื่อคำนวณค่าควอไทล์ที่ 1 และค่าควอไทล์ที่ 3 ของข้อมูลจากตารางที่ 4.1 สำหรับโปรแกรม R	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.1.14	การทำแถบดำคลุมคำสั่งเพื่อคำนวณค่าควอไทล์ที่ 1 และค่าควอไทล์ที่ 3 ทั้งหมด	42
4.1.15	ผลลัพธ์จากการเขียนคำสั่งเพื่อคำนวณค่าควอไทล์ที่ 1 และค่าควอไทล์ที่ 3 ของข้อมูลจากตารางที่ 4.1 สำหรับโปรแกรม R	43
4.1.16	การเขียนคำสั่งเพื่อคำนวณค่าพิสัย สำหรับโปรแกรม R	44
4.1.17	ผลลัพธ์จากการเขียนคำสั่งเพื่อคำนวณค่าพิสัยของข้อมูลจากตารางที่ 4.1 สำหรับโปรแกรม R	44
4.1.18	การใช้คำสั่งเพื่อโหลดแพ็กเกจ สำหรับโปรแกรม R	45
4.1.19	หน้าต่าง Load Packages	45
4.1.20	การเขียนคำสั่งเพื่อคำนวณค่าฐานนิยม สำหรับโปรแกรม R	46
4.1.21	ผลลัพธ์จากการเขียนคำสั่งเพื่อคำนวณค่าฐานนิยมของข้อมูลจากตารางที่ 4.1 สำหรับโปรแกรม R	46
4.2.1	การใช้คำสั่งเพื่อคำนวณผลสรุปรวมของค่าสถิติและกราฟ สำหรับโปรแกรม Minitab	49
4.2.2	หน้าต่าง Graphical Summary	49
4.2.3	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อคำนวณผลสรุปรวมของค่าสถิติและกราฟ สำหรับโปรแกรม Minitab	50
4.2.4	การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ สำหรับโปรแกรม R	51
4.2.5	หน้าต่าง Test of Normality ของข้อมูลจากตารางที่ 4.3	51
4.2.6	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ ของข้อมูลจากตารางที่ 4.3 สำหรับโปรแกรม R	52
4.2.7	การใช้คำสั่งเพื่อคำนวณค่าเฉลี่ย, ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าความเบ้, ค่าความโด่ง และจำนวนข้อมูล สำหรับโปรแกรม R	52
4.2.8	หน้าต่าง Numerical Summaries: Data ของข้อมูลจากตารางที่ 4.3	53
4.2.9	หน้าต่าง Numerical Summaries: Statistics	53
4.2.10	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อคำนวณค่าเฉลี่ย, ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าความเบ้, ค่าความโด่ง และจำนวนข้อมูล ของข้อมูลจากตารางที่ 4.3 สำหรับโปรแกรม R	54
4.2.11	การใช้คำสั่งเพื่อคำนวณค่าต่ำสุด, ค่ากลาง, ค่าเฉลี่ย และค่าสูงสุด สำหรับโปรแกรม R	54
4.2.12	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อคำนวณค่าต่ำสุด, ค่ากลาง, ค่าเฉลี่ย และค่าสูงสุด ของข้อมูลจากตารางที่ 4.3 สำหรับโปรแกรม R	54
4.2.13	การใช้คำสั่งเพื่อคำนวณช่วงความเชื่อมั่นสำหรับค่าเฉลี่ย สำหรับโปรแกรม R	55
4.2.14	หน้าต่าง Single-Sample t-Test ของข้อมูลจากตารางที่ 4.3	55
4.2.15	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อคำนวณช่วงความเชื่อมั่นสำหรับค่าเฉลี่ย ของข้อมูลจากตารางที่ 4.3 สำหรับโปรแกรม R	56
4.2.16	การเขียนคำสั่งเพื่อคำนวณค่าความแปรปรวน สำหรับโปรแกรม R	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.2.17	ผลลัพธ์จากการเขียนคำสั่งเพื่อคำนวณค่าความแปรปรวน ของข้อมูลจากตารางที่ 4.3 สำหรับโปรแกรม R	57
4.2.18	การเขียนคำสั่งเพื่อคำนวณค่าควอไทล์ที่ 1 และค่าควอไทล์ที่ 3 ของข้อมูลจากตารางที่ 4.3 สำหรับโปรแกรม R	58
4.2.19	ผลลัพธ์จากการเขียนคำสั่งเพื่อคำนวณค่าควอไทล์ที่ 1 และค่าควอไทล์ที่ 3 ของข้อมูลจากตารางที่ 4.3 สำหรับโปรแกรม R	58
4.3.1	การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ สำหรับโปรแกรม Minitab	61
4.3.2	หน้าต่าง Probability Plots	61
4.3.3	หน้าต่าง Probability Plot: Single ของข้อมูลจากตารางที่ 4.5	62
4.3.4	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ ของข้อมูลจากตารางที่ 4.5 สำหรับโปรแกรม Minitab	62
4.3.5	หน้าต่าง Worksheet ของข้อมูลจากตารางที่ 4.5	63
4.3.6	การใช้คำสั่งเพื่อคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำหรับโปรแกรม Minitab	63
4.3.7	หน้าต่าง Calculator	64
4.3.8	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำหรับโปรแกรม Minitab	64
4.3.9	การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ สำหรับโปรแกรม Minitab	65
4.3.10	หน้าต่าง One-Sample Z for the Mean	65
4.3.11	หน้าต่าง One-Sample t: Options	66
4.3.12	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ สำหรับโปรแกรม Minitab	66
4.3.13	การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ สำหรับโปรแกรม R	67
4.3.14	หน้าต่าง Test of Normality ของข้อมูลจากตารางที่ 4.5	68
4.3.15	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ ของข้อมูลจากตารางที่ 4.5 สำหรับโปรแกรม R	68
4.3.16	การใช้คำสั่งเพื่อคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำหรับโปรแกรม R	69
4.3.17	หน้าต่าง Numerical Summaries: Data ของข้อมูลจากตารางที่ 4.5	69
4.3.18	หน้าต่าง Numerical Summaries: Statistics	70
4.3.19	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำหรับโปรแกรม R	70
4.3.20	การใช้คำสั่งเพื่อโหลดแพ็กเกจ สำหรับโปรแกรม R	71
4.3.21	หน้าต่าง Load Packages	71
4.3.22	การเขียนคำสั่งเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ สำหรับโปรแกรม R	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.3.23	ผลลัพธ์จากการเขียนคำสั่งเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ สำหรับโปรแกรม R	72
4.4.1	การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ สำหรับโปรแกรม Minitab	75
4.4.2	หน้าต่าง Probability Plots	75
4.4.3	หน้าต่าง Probability Plot: Single ของข้อมูลจากตารางที่ 4.9	76
4.4.4	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ ของข้อมูลจากตารางที่ 4.9 สำหรับโปรแกรม Minitab	76
4.4.5	การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก สำหรับโปรแกรม Minitab	77
4.4.6	หน้าต่าง One-Sample t for the Mean	78
4.4.7	หน้าต่าง One-Sample t: Options	78
4.4.8	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก สำหรับโปรแกรม Minitab	79
4.4.9	การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ สำหรับโปรแกรม R	80
4.4.10	หน้าต่าง Test of Normality ของข้อมูลจากตารางที่ 4.9	80
4.4.11	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ ของข้อมูลจากตารางที่ 4.9 สำหรับโปรแกรม R	81
4.4.12	การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก สำหรับโปรแกรม R	81
4.4.13	หน้าต่าง Single-Sample t-Test ของข้อมูลจากตารางที่ 4.9	82
4.4.14	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก สำหรับโปรแกรม R	82
4.4.15	การใช้คำสั่งเพื่อคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย และจำนวนข้อมูล สำหรับโปรแกรม R	83
4.4.16	หน้าต่าง Numerical Summaries: Data ของข้อมูลจากตารางที่ 4.9	83
4.4.17	หน้าต่าง Numerical Summaries: Statistics	84
4.4.18	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย และจำนวนข้อมูล ของข้อมูลจากตารางที่ 4.9 สำหรับโปรแกรม R	84
4.5.1	การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ สำหรับโปรแกรม Minitab	86
4.5.2	หน้าต่าง Probability Plots	87
4.5.3	หน้าต่าง Probability Plot: Multiple ของข้อมูลจากตารางที่ 4.9	87
4.5.4	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ ของข้อมูลจากตารางที่ 4.9 สำหรับโปรแกรม Minitab	88
4.5.5	การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแปรปรวน สำหรับโปรแกรม Minitab	89
4.5.6	หน้าต่าง Test for Equal Variances ของข้อมูลจากตารางที่ 4.9	89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.5.7	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแปรปรวน ของข้อมูลจากตารางที่ 4.9 สำหรับโปรแกรม Minitab	90
4.5.8	การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 2 ประชากรที่เป็นอิสระต่อกัน สำหรับโปรแกรม Minitab	91
4.5.9	หน้าต่าง Two-Sample t for the Mean ของข้อมูลจากตารางที่ 4.9	91
4.5.10	หน้าต่าง Two-Sample t: Options	92
4.5.11	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบผลต่างของค่าเฉลี่ย 2 ประชากร ที่เป็นอิสระต่อกัน สำหรับโปรแกรม Minitab	93
4.5.12	การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ สำหรับโปรแกรม R	95
4.5.13	หน้าต่าง Test of Normality ของข้อมูลจากตารางที่ 4.12	95
4.5.14	หน้าต่าง Groups ของข้อมูลจากตารางที่ 4.12	96
4.5.15	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ ของข้อมูลจากตารางที่ 4.12 สำหรับโปรแกรม R	96
4.5.16	การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแปรปรวน สำหรับโปรแกรม R	97
4.5.17	หน้าต่าง Levene's Test ของข้อมูลจากตารางที่ 4.12	98
4.5.18	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแปรปรวน ของข้อมูลจากตารางที่ 4.12 สำหรับโปรแกรม R	98
4.5.19	การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 2 ประชากรที่เป็นอิสระต่อกัน สำหรับโปรแกรม R	99
4.5.20	หน้าต่าง Independent Sample t-Test: Data	99
4.5.21	หน้าต่าง Independent Sample t-Test: Options	100
4.5.22	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบผลต่างของค่าเฉลี่ย 2 ประชากร ที่เป็นอิสระต่อกัน ของข้อมูลจากตารางที่ 4.12 สำหรับโปรแกรม R	100
4.5.23	การใช้คำสั่งเพื่อคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าความคลาดเคลื่อน มาตรฐานของค่าเฉลี่ย และจำนวนข้อมูล สำหรับโปรแกรม R	101
4.5.24	หน้าต่าง Numerical Summaries: Data ของข้อมูลจากตารางที่ 4.12	101
4.5.25	หน้าต่าง Groups ของข้อมูลจากตารางที่ 4.12	102
4.5.26	หน้าต่าง Numerical Summaries: Statistics	102
4.5.27	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าความ คลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย และจำนวนข้อมูล ของข้อมูลจากตารางที่ 4.12 สำหรับโปรแกรม R	103
4.6.1	การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 1 ประชากร สำหรับโปรแกรม Minitab	105
4.6.2	หน้าต่าง One-Sample Proportion	105
4.6.3	หน้าต่าง One-Sample Proportion: Options	106

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.6.4	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 1 ประชากร สำหรับโปรแกรม Minitab	106
4.6.5	การเขียนคำสั่งเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 1 ประชากร สำหรับโปรแกรม R	107
4.6.6	ผลลัพธ์จากการเขียนคำสั่งเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 1 ประชากร สำหรับโปรแกรม R	107
4.7.1	การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 2 ประชากร สำหรับโปรแกรม Minitab	109
4.7.2	หน้าต่าง Two-Sample Proportion	110
4.7.3	หน้าต่าง Two-Sample Proportion: Options	110
4.7.4	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 2 ประชากร สำหรับโปรแกรม Minitab	111
4.7.5	การเขียนคำสั่งเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 2 ประชากร สำหรับโปรแกรม R	112
4.7.6	ผลลัพธ์จากการเขียนคำสั่งเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 2 ประชากร สำหรับโปรแกรม R	112
4.8.1	การใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์สหสัมพันธ์ สำหรับโปรแกรม Minitab	115
4.8.2	หน้าต่าง Correlation ของข้อมูลจากตารางที่ 4.20	115
4.8.3	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์สหสัมพันธ์ ของข้อมูลจากตารางที่ 4.20 สำหรับโปรแกรม Minitab	116
4.8.4	การใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์สหสัมพันธ์ สำหรับโปรแกรม R	116
4.8.5	หน้าต่าง Correlation Test	117
4.8.6	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์สหสัมพันธ์ สำหรับโปรแกรม R	117
4.9.1	การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ สำหรับโปรแกรม Minitab	119
4.9.2	หน้าต่าง Normality Test	120
4.9.3	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ สำหรับโปรแกรม Minitab	120
4.9.4	การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ สำหรับโปรแกรม R	121
4.9.5	หน้าต่าง Test of Normality ของข้อมูลจากตารางที่ 4.22	121
4.9.6	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ ของข้อมูลจากตารางที่ 4.20 สำหรับโปรแกรม R	122
4.10.1	การใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ สำหรับโปรแกรม Minitab	124
4.10.2	หน้าต่าง Correlation ของข้อมูลจากตารางที่ 4.24	125
4.10.3	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ สำหรับโปรแกรม Minitab	125
4.10.4	การใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ สำหรับโปรแกรม Minitab	126

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.10.5	หน้าต่าง Regression ของข้อมูลจากตารางที่ 4.24	127
4.10.6	หน้าต่าง Regression: Results	127
4.10.7	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ สำหรับโปรแกรม Minitab	128
4.10.8	หน้าต่าง Regression ของข้อมูลจากตารางที่ 4.24 ที่ไม่นำตัวแปร Time มาวิเคราะห์	130
4.10.9	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ ที่ไม่นำตัวแปร Time มาวิเคราะห์ สำหรับโปรแกรม Minitab	131
4.10.10	การใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ สำหรับโปรแกรม R	133
4.10.11	หน้าต่าง Correlation Matrix	134
4.10.12	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ สำหรับโปรแกรม R	135
4.10.13	การใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ สำหรับโปรแกรม R	136
4.10.14	หน้าต่าง Linear Regression	136
4.10.15	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ สำหรับโปรแกรม R	137
4.10.16	หน้าต่าง Linear Regression ของข้อมูลจากตารางที่ 4.24 ที่ไม่นำตัวแปร Time มาวิเคราะห์	138
4.10.17	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ ที่ไม่นำตัวแปร Time มาวิเคราะห์ สำหรับโปรแกรม R	139
4.11.1	การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ สำหรับโปรแกรม Minitab	143
4.11.2	หน้าต่าง Probability Plots	143
4.11.3	หน้าต่าง Probability Plot: Single ของข้อมูลจากตารางที่ 4.31	144
4.11.4	การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ ของข้อมูลจากตารางที่ 4.31 สำหรับโปรแกรม Minitab	145
4.11.5	การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแปรปรวน สำหรับโปรแกรม Minitab	146
4.11.6	หน้าต่าง Test for Equal Variances ของข้อมูลจากตารางที่ 4.31	146
4.11.7	ผลลัพธ์จากการทดสอบความแปรปรวน ของข้อมูลจากตารางที่ 4.31 สำหรับโปรแกรม Minitab	147
4.11.8	การใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว สำหรับโปรแกรม Minitab	148
4.11.9	หน้าต่าง One-Way Analysis of Variance	148
4.11.10	หน้าต่าง One-Way Analysis of Variance: Options	149
4.11.11	หน้าต่าง One-Way Analysis of Variance: Comparisons	150
4.11.12	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว สำหรับโปรแกรม Minitab	151
4.11.13	การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ สำหรับโปรแกรม R	152

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.11.14	หน้าต่าง Test of Normality ของข้อมูลจากตารางที่ 4.31	153
4.11.15	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ ของข้อมูลจากตารางที่ 4.31 สำหรับโปรแกรม R	153
4.11.16	การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแปรปรวน สำหรับโปรแกรม R	154
4.11.17	หน้าต่าง Levene's Test ของข้อมูลจากตารางที่ 4.31	154
4.11.18	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแปรปรวน ของข้อมูลจากตารางที่ 4.31 สำหรับโปรแกรม R	155
4.11.19	การใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว สำหรับโปรแกรม R	156
4.11.20	หน้าต่าง One-Way Analysis of Variance	156
4.11.21	ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว สำหรับโปรแกรม R	157
4.12.1	การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ สำหรับโปรแกรม Minitab	162
4.12.2	หน้าต่าง Probability Plots	162
4.12.3	หน้าต่าง Probability Plot: Single ของข้อมูลจากตารางที่ 4.36	163
4.12.4	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ ของข้อมูลจากตารางที่ 4.36 สำหรับโปรแกรม Minitab	164
4.12.5	การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแปรปรวน สำหรับโปรแกรม Minitab	165
4.12.6	หน้าต่าง Test for Equal Variances ของข้อมูลชนิดของโลหะ	165
4.12.7	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแปรปรวนของโลหะทั้ง 3 ชนิด สำหรับโปรแกรม Minitab	166
4.12.8	หน้าต่าง Test for Equal Variances ของข้อมูลเวลาในการเผา	167
4.12.9	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแปรปรวนของเวลาในการเผาทั้ง 3 เวลา สำหรับโปรแกรม Minitab	167
4.12.10	การใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองปัจจัย สำหรับโปรแกรม Minitab	168
4.12.11	หน้าต่าง General Linear Model	168
4.12.12	หน้าต่าง General Linear Model: Model	169
4.12.13	หน้าต่าง General Linear Model: Model ที่แสดงปัจจัยร่วม	170
4.12.14	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองปัจจัย สำหรับโปรแกรม Minitab	171
4.12.15	การใช้คำสั่งเพื่อแปลงคุณลักษณะของข้อมูล สำหรับโปรแกรม R	172
4.12.16	หน้าต่าง Convert Numeric Variables to Factors	172
4.12.17	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อแปลงคุณลักษณะของข้อมูล สำหรับโปรแกรม R	173
4.12.18	การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ สำหรับโปรแกรม R	173
4.12.19	หน้าต่าง Test of Normality ของข้อมูลจากตารางที่ 4.36	174
4.12.20	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ ของข้อมูลจากตารางที่ 4.36 สำหรับโปรแกรม R	174

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.12.21	การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแปรปรวน สำหรับโปรแกรม R	175
4.12.22	หน้าต่าง Levene's Test ของข้อมูลชนิดของโลหะ	175
4.12.23	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแปรปรวนของโลหะทั้ง 3 ชนิด สำหรับโปรแกรม R	176
4.12.24	หน้าต่าง Levene's Test ของข้อมูลเวลาในการเผา	177
4.12.25	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแปรปรวนของเวลาในการเผาทั้ง 3 เวลา สำหรับโปรแกรม R	177
4.12.26	การใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองปัจจัย สำหรับโปรแกรม R	178
4.12.27	หน้าต่าง Multi-Way Analysis of Variance	178
4.12.28	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองปัจจัย สำหรับโปรแกรม R	179
4.13.1	การใช้คำสั่งเพื่อสร้างแผนภูมิพาเรโต สำหรับโปรแกรม Minitab	182
4.13.2	หน้าต่าง Pareto Chart	182
4.13.3	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อสร้างแผนภูมิพาเรโต สำหรับโปรแกรม Minitab	183
4.13.4	การใช้คำสั่งเพื่อโหลดแพ็กเกจ สำหรับโปรแกรม R	183
4.13.5	หน้าต่าง Load Packages	184
4.13.6	การเขียนคำสั่งเพื่อสร้างแผนภูมิพาเรโต สำหรับโปรแกรม R	184
4.13.7	ผลลัพธ์จากการเขียนคำสั่งเพื่อสร้างแผนภูมิพาเรโต สำหรับโปรแกรม R	185
4.14.1	การใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ สำหรับโปรแกรม Minitab	186
4.14.2	หน้าต่าง Capability Analysis (Normal Distribution)	187
4.14.3	หน้าต่าง Capability Analysis (Normal Distribution): Options	187
4.14.4	หน้าต่าง Capability Analysis (Normal Distribution): Storage	188
4.14.5	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ สำหรับโปรแกรม Minitab	189
4.14.6	การใช้คำสั่งเพื่อโหลดแพ็กเกจ สำหรับโปรแกรม R	192
4.14.7	หน้าต่าง Load Packages	193
4.14.8	การเขียนคำสั่งเพื่อวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการในระยะยาว สำหรับโปรแกรม R	193
4.14.9	ผลลัพธ์จากการเขียนคำสั่งเพื่อวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการในระยะยาว สำหรับโปรแกรม R	194
4.14.10	การเขียนคำสั่งเพื่อการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการในระยะสั้น สำหรับโปรแกรม R	195
4.14.11	ผลลัพธ์จากการเขียนคำสั่งเพื่อการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการในระยะสั้น สำหรับโปรแกรม R	196
4.15.1	การใช้คำสั่งเพื่อการประเมินการวัดข้อมูลแบบนับ สำหรับโปรแกรม Minitab	199
4.15.2	หน้าต่าง Attribute Agreement Analysis	200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.15.3	หน้าต่าง Attribute Agreement Analysis: Information	200
4.15.4	หน้าต่าง Attribute Agreement Analysis: Options	201
4.15.5	หน้าต่าง Attribute Agreement Analysis: Results	201
4.15.6	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อการประเมินการวัดข้อมูลแบบนับ สำหรับโปรแกรม Minitab	202
4.16.1	การใช้คำสั่งเพื่อคำนวณขนาดตัวอย่าง สำหรับการทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 2 ประชากร สำหรับโปรแกรม Minitab	203
4.16.2	หน้าต่าง Power and Sample Size for 2 Proportions	204
4.16.3	หน้าต่าง Power and Sample Size for 2 Proportions: Options	205
4.16.4	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อคำนวณขนาดตัวอย่าง สำหรับการทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 2 ประชากร สำหรับโปรแกรม Minitab	205
4.16.5	การเขียนคำสั่งเพื่อคำนวณขนาดตัวอย่าง สำหรับการทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 2 ประชากรสำหรับโปรแกรม R	206
4.16.6	ทำแถบดำคลุมคำสั่งเพื่อคำนวณขนาดตัวอย่าง สำหรับการทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 2 ประชากร ทั้งหมด	206
4.16.7	ผลลัพธ์จากการเขียนคำสั่งเพื่อคำนวณขนาดตัวอย่าง สำหรับการทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 2 ประชากร สำหรับโปรแกรม R	207
4.17.1	การใช้คำสั่งเพื่อสร้างแผนภาพการกระจาย สำหรับโปรแกรม Minitab	208
4.17.2	หน้าต่าง Scatterplots	209
4.17.3	หน้าต่าง Scatterplot: With Connect Line	209
4.17.4	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อสร้างแผนภาพการกระจาย สำหรับโปรแกรม Minitab	210
4.17.5	การใช้คำสั่งเพื่อสร้างแผนภาพการกระจาย สำหรับโปรแกรม R	211
4.17.6	หน้าต่าง Scatterplot	212
4.17.7	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อสร้างแผนภาพการกระจาย สำหรับโปรแกรม R	213
4.18.1	การใช้คำสั่งเพื่อสร้างแผนภูมิฮิสโตแกรม สำหรับโปรแกรม Minitab	214
4.18.2	หน้าต่าง Histograms	215
4.18.3	หน้าต่าง Histogram: Simple	215
4.18.4	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อสร้างแผนภูมิฮิสโตแกรม สำหรับโปรแกรม Minitab	216
4.18.5	การใช้คำสั่งเพื่อสร้างแผนภูมิฮิสโตแกรม สำหรับโปรแกรม R	216
4.18.6	หน้าต่าง Histogram: Data	217
4.18.7	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อสร้างแผนภูมิฮิสโตแกรม สำหรับโปรแกรม R	217
4.19.1	การใช้คำสั่งเพื่อสร้างกราฟความน่าจะเป็น สำหรับโปรแกรม Minitab	218
4.19.2	หน้าต่าง Probability Plots	219
4.19.3	หน้าต่าง Probability Plot: Single ของชุดข้อมูลจากตารางที่ 4.3	219
4.19.4	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อสร้างกราฟความน่าจะเป็น สำหรับโปรแกรม Minitab	220
4.19.5	การใช้คำสั่งเพื่อสร้างกราฟความน่าจะเป็น สำหรับโปรแกรม R	220

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.19.6	หน้าต่าง Quantile-Comparison (QQ) Plot	221
4.19.7	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อสร้างกราฟความน่าจะเป็น สำหรับโปรแกรม R	221
4.19.8	การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ สำหรับโปรแกรม R	222
4.19.9	หน้าต่าง Test of Normality ของชุดข้อมูลจากตารางที่ 4.3	222
4.19.10	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ ของชุดข้อมูลจากตารางที่ 4.3 สำหรับโปรแกรม R	223
4.20.1	การใช้คำสั่งเพื่อสร้างแผนภาพกล่อง สำหรับโปรแกรม Minitab	224
4.20.2	หน้าต่าง Boxplots	224
4.20.3	หน้าต่าง Boxplot: Multiple Y's, Simple	225
4.20.4	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อสร้างแผนภาพกล่อง สำหรับโปรแกรม Minitab	225
4.20.5	การใช้คำสั่งเพื่อสร้างแผนภาพกล่อง สำหรับโปรแกรม R	226
4.20.6	หน้าต่าง Boxplot: Data	226
4.20.7	หน้าต่าง Groups ของชุดข้อมูลจากตารางที่ 4.9	227
4.20.8	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อสร้างแผนภาพกล่อง สำหรับโปรแกรม R	227
4.21.1	การใช้คำสั่งเพื่อสร้างแผนภูมิเส้น สำหรับโปรแกรม Minitab	229
4.21.2	หน้าต่าง Line Plots	230
4.21.3	หน้าต่าง Line Plot: Series in Rows or Columns	230
4.21.4	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อสร้างแผนภูมิเส้น สำหรับโปรแกรม Minitab	231
4.21.5	การใช้คำสั่งเพื่อสร้างแผนภูมิเส้น สำหรับโปรแกรม R	231
4.21.6	หน้าต่าง Line Plot	232
4.21.7	ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อสร้างแผนภูมิเส้น สำหรับโปรแกรม R	232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันนี้หน่วยงานทุกระดับไม่ว่าของรัฐบาลหรือเอกชนจะใช้สถิติช่วยในการตัดสินใจ โดยสามารถประยุกต์ใช้กับงานด้านต่าง ๆ เช่น งานด้านธุรกิจ หน่วยงานต่าง ๆ ในแต่ละธุรกิจจำเป็นต้องใช้สถิติในการบริหารงาน เช่น ด้านการตลาด การผลิต ฯลฯ การวางแผนระยะสั้น ระยะปานกลาง และระยะยาว ก็จำเป็นต้องใช้ข้อมูลที่เก็บรวบรวม โดยการนำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อพยากรณ์เหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตโดยอาศัยข้อมูลในอดีต ซึ่งใช้ความรู้ทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำผลการวิเคราะห์มาใช้ในการวางแผน เช่น ถ้าต้องการพยากรณ์ยอดขายของปีหน้า อาจจะนำยอดขายในอดีต จำนวนคู่แข่ง ราคา มาวิเคราะห์เพื่อพยากรณ์ยอดขายในอนาคต นอกจากนั้นเรายังสามารถนำสถิติไปประยุกต์กับงานต่าง ๆ ได้อีก เช่น งานด้านการวางแผนเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ งานด้านการเกษตรกรรม งานด้านการแพทย์ งานด้านวิทยาศาสตร์ การพยากรณ์อากาศ การจราจร และงานวิจัยต่าง ๆ

การทำงานทั้งภาครัฐและภาคเอกชนล้วนแล้วต้องขับเคลื่อนไปด้วยทรัพยากรมนุษย์ที่มีคุณภาพ มีความรู้ความสามารถในหลายด้าน ตลอดจนรู้จักเลือกเครื่องมือหรือวิธีการ คอมพิวเตอร์และซอฟแวร์ต่าง ๆ เข้ามาช่วยคำนวณและวิเคราะห์ ทำให้ข้อมูลนั้นมีความแม่นยำและถูกต้อง รวมทั้งทำให้งานเสร็จเร็วขึ้นและเกิดประโยชน์สูงสุด การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิตินั้นเป็นการประมวลผลข้อมูลที่มีปริมาณมาก ดังนั้นการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลจะช่วยประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย มีความสะดวกมากกว่าที่จะคำนวณด้วยเครื่องคิดเลขทั่ว ๆ ไป โดยเฉพาะซอฟท์แวร์ด้านการประมวลผลทางสถิติที่มีการนำมาประยุกต์ใช้กับงานต่าง ๆ ได้หลายประเภท

แม้ปัจจุบันจะมีโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติช่วยในการประมวลผล แต่ความรู้ทางสถิติยังคงเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องเรียนรู้ ถ้าผู้ใช้งานไม่ทราบว่าจะใช้สถิติอะไรในการวิเคราะห์ก็จะไม่ทราบว่าจะสั่งให้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติวิเคราะห์ด้วยสถิติอะไร มีบ่อยครั้งที่ผู้ใช้งานได้ผลวิเคราะห์ทางสถิติที่โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติแสดงออกมาแต่ไม่ทราบว่าจะแปลผลสถิตินั้นอย่างไร ดังนั้นผู้ใช้งานจึงจำเป็นต้องมีความรู้พื้นฐานทางสถิติที่เพียงพอสำหรับการทำวิจัย และควรมีความรู้ในการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติด้วยเพราะจะช่วยให้สามารถคำนวณค่าสถิติจากข้อมูลได้ถูกต้อง โปรแกรมสำเร็จรูปที่นำมาใช้วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติจะเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติโดยตรง เช่น โปรแกรม SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), R, SAS (Statistical Analysis System), BMDP (Biomedical Computer Program), GENSTAT, Minitab และ STATA เป็นต้น

โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติที่นิยมใช้กันมากคือ SPSS SAS และ Minitab ซึ่งเป็นโปรแกรมทางการค้าที่มีราคาสูง โปรแกรม Minitab เป็นโปรแกรมที่ช่วยงานด้านการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อพัฒนาปรับปรุงคุณภาพ และเป็นเครื่องมือที่วิเคราะห์ทางสถิติ ช่วยในการประเมินผล ได้รับความนิยมจากผู้ใช้ในภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย เนื่องจากปัจจุบันได้มีการนำข้อมูลทางธุรกิจมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลมากขึ้น (Data Analysis) ซึ่งในโปรแกรม Minitab มีความหลากหลายในการใช้งาน เช่น นำสถิติมาประยุกต์ใช้ในงานการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ (Statistical Process Control ; SPC) การออกแบบการทดลองและวิเคราะห์แบบการทดลอง (Design and Experiment Analysis)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ของการวัด (Reliability Analysis) และอื่น ๆ อีกมากมาย ด้วยคุณสมบัติของโปรแกรมทำให้ผู้ใช้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้เป็นอย่างดี

โปรแกรม R เป็นโปรแกรมที่ผู้ใช้สามารถใช้งานได้โดยไม่เสียค่าลิขสิทธิ์ และสามารถเผยแพร่แจกจ่าย และดัดแปลงได้อย่างอิสระ (Open source) จึงมีผู้นิยมใช้ในต่างประเทศ ข้อดีที่สำคัญของโปรแกรม R คือการที่ผู้ใช้สามารถหาคำสั่งเพิ่มเติมซึ่งได้มีการพัฒนาขึ้นโดยผู้ใช้งานท่านอื่น ๆ และยังสามารถเขียนคำสั่งเพิ่มเติมได้เอง ซึ่งจะเป็นการพัฒนาศักยภาพของนักสถิติโดยไม่มีอุปสรรคในด้านต้นทุนการซื้อโปรแกรม R มาใช้งาน ข้อมูลที่จัดเก็บด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปอื่น เช่น EXCEL, SPSS, STATA, EPIDATA, หรือ ASCII file สามารถนำมาใช้กับโปรแกรม R ได้ด้วย

หน่วยงานซีพีดี (CPD) บริษัท บี.ฟู้ดส์ โปรดักส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด (B.Foods Product International Co.,Ltd.) มีการใช้งานโปรแกรม Minitab ในหลายแผนก ได้แก่ แผนกควบคุมคุณภาพ (Quality Control) แผนกประกันคุณภาพ (Quality Assurance) แผนกผลิต (Production) แผนกไคเซ็น (Kaizen) และแผนกพัฒนาผลิตภัณฑ์ (Production Development) ซึ่งในบางแผนก เช่น แผนกควบคุมคุณภาพมีคอมพิวเตอร์ที่ลงทะเบียนโปรแกรม Minitab จำนวน 5 เครื่อง จากคอมพิวเตอร์ทั้งหมดในแผนก 14 เครื่อง คิดเป็นร้อยละ 35.71 ซึ่งสูงที่สุดในแผนกที่มีการลงทะเบียนโปรแกรม Minitab แต่มีการใช้งานโปรแกรมเพียง 2-3 ครั้งต่อปีเท่านั้น ซึ่งการลงทะเบียนโปรแกรมดังกล่าวมีค่าใช้จ่ายด้านลิขสิทธิ์ค่อนข้างสูง จึงอาจเป็นการลงทะเบียนโปรแกรมโดยเกินความจำเป็น บริษัทจึงมีแนวทางที่จะค้นหาโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติโปรแกรมอื่นที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงโปรแกรม Minitab แต่ไม่มีค่าใช้จ่ายทางด้านลิขสิทธิ์หรืออาจมีค่าใช้จ่ายทางด้านลิขสิทธิ์ที่ถูกกว่า

มีผู้วิจัยหลายท่านได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเปรียบเทียบโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ได้แก่

กมล, สายทอง และสารตรัย [1] ศึกษาเปรียบเทียบความน่าเชื่อถือของโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับงานวิเคราะห์ทางสถิติ ซึ่งทำการประเมินค่าทางสถิติ 3 ชนิด คือ การวิเคราะห์สถิติตัวแปรเดียว , การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทาง และการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น ของโปรแกรมสำเร็จรูป 5 โปรแกรม ได้แก่ โปรแกรม SAS 9, R 2.6.2, Microsoft Excel 2007, SPSS 15 และ Minitab 15 โดยใช้ข้อมูลที่มีระดับความยากต่างกันไป ได้ผลการวิจัยดังนี้ การวิเคราะห์สถิติตัวแปรเดียวพบว่า ค่าเฉลี่ยให้ค่าความแม่นสูงทั้ง 5 โปรแกรม แต่ค่าความแม่นของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานขึ้นอยู่กับความยากของข้อมูล ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียวพบว่า โปรแกรมให้ค่าความแม่นไม่ต่างกัน โปรแกรม Minitabให้ค่าความแม่นสูงสุดเมื่อข้อมูลมีระดับความยากต่ำและปานกลาง เนื่องจากไม่สามารถแสดงผลลัพธ์ได้ถึง 15 ตำแหน่งและค่ามาตรฐานหลังทศนิยมมีค่าเป็นศูนย์ ในการวิเคราะห์การถดถอยพบว่า ค่าความแม่นของสถิติทดสอบเอฟของโปรแกรม SAS, R และ Microsoft Excelมีค่าความแม่นสูง ส่วนโปรแกรม SPSS และ Minitab จะให้ค่าความแม่นต่ำเมื่อข้อมูลมีความยากระดับสูง ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเมื่อข้อมูลมีความยากระดับสูง โปรแกรม SAS ,R ,Microsoft Excel และ Minitab จะให้ค่าความแม่นไม่แตกต่างกัน

ปรีดาภรณ์ [2] การทดสอบด้วยไคกำลังสองมีการนำมาใช้กับงานวิจัยอย่างแพร่หลาย และอาศัยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติมาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งมีให้เลือกใช้หลากหลายโปรแกรม แต่ละโปรแกรมมีข้อดีและข้อจำกัดที่แตกต่างกัน ในบทความนี้ได้กล่าวถึงการใช้โปรแกรม 3 โปรแกรม คือ Minitab v.15, Instat v.3.36 และR Commander 2.9.0 โดยใช้โจทย์ปัญหา 3 ตัวอย่างมาทดสอบด้วยไคกำลังสอง พบว่า การคำนวณค่าทางสถิติของการทดสอบด้วยไคกำลังสอง จากทั้ง 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม ให้ผลลัพธ์ในข้อสรุปที่เหมือนกัน เพียงแต่มีความแตกต่างกันในเรื่องการนำเข้าข้อมูลและการแจ้งข้อความเตือนเมื่อความถี่คาดหมายมีค่าน้อยกว่า 5 เท่านั้น

นิรมลและอนัตต์ [3] การประยุกต์ใช้งานโปรแกรม R ในการวิเคราะห์ปัจจัยจากฐานข้อมูลเงินยืมทดรองจ่ายของมหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยเปรียบเทียบกับ SPSS ภายใต้แนวความคิดการทำเหมืองข้อมูล ทำการสร้างโมเดลจำแนก และวิเคราะห์เปรียบเทียบการทำงานและประสิทธิภาพของโปรแกรม ผลการวิจัยพบว่า โปรแกรม R มีความยืดหยุ่นของรูปแบบข้อมูลที่นำเข้ามากกว่า โปรแกรม R มีการจัดการข้อมูลที่รวดเร็ว ใช้งานง่ายไม่ต่างกับ SPSS โปรแกรม R ให้ผลวิเคราะห์ที่ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ มีความน่าเชื่อถือและให้ผลวิเคราะห์เป็นกราฟิกที่สวยงาม และไม่มีค่าใช้จ่ายของโปรแกรม เหมาะสำหรับการสนับสนุนการสร้างงานวิจัยในองค์กรที่มีข้อจำกัดด้านงบประมาณ จากการวิจัยสามารถนำผลการวิเคราะห์ไปใช้ช่วยเป็นแนวทางในการปรับปรุงและกำหนดนโยบายเงินยืมทดรองจ่ายของมหาวิทยาลัยขอนแก่นให้เข้มงวดมากขึ้น

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า แม้โปรแกรม Minitab จะเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติที่มีประโยชน์ และสามารถประยุกต์ใช้งานได้ในหลายบริบท แต่การใช้งานโปรแกรมดังกล่าวนั้นมีค่าใช้จ่ายด้านลิขสิทธิ์โปรแกรม ซึ่งในความเป็นจริงแล้วอาจมีโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติโปรแกรมอื่นที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน แต่ไม่มีค่าใช้จ่ายทางด้านลิขสิทธิ์หรืออาจมีค่าใช้จ่ายทางด้านลิขสิทธิ์ที่ถูกกว่า ดังนั้นเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้งานโปรแกรม และเพื่อลดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นของบริษัท บี.ฟู้ดส์ โปรดักส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาการใช้งานโปรแกรม Minitab ในแผนกต่าง ๆ ของหน่วยงานซีพีดีของบริษัทดังกล่าว ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้สามารถช่วยให้บุคลากรของบริษัทสามารถใช้งานโปรแกรม Minitab ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น และสามารถลดจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีการลงทะเบียนโปรแกรม Minitab โดยไม่จำเป็น ทั้งยังอาจช่วยให้บริษัทมีข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการพิจารณาหาโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติโปรแกรมอื่นที่เหมาะสมมากกว่ามาปรับใช้ในการทำงานต่อไปได้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1) เพื่อสำรวจการใช้งานโปรแกรม Minitab ในแต่ละแผนกของหน่วยงานซีพีดี
2) เพื่อลดจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ลงทะเบียนโปรแกรม Minitab ที่เกินความจำเป็น
3) เพื่อนำโปรแกรม R มาทดแทนโปรแกรม Minitab
4) เพื่อลดค่าใช้จ่ายทางด้านลิขสิทธิ์โปรแกรม Minitab ของบริษัท บี.ฟู้ดส์ โปรดักส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด

1.3 สมมติฐานการวิจัย

1) สามารถลดจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ลงทะเบียนโปรแกรม Minitab ที่เกินความจำเป็นได้
2) สามารถนำโปรแกรม R มาทดแทนโปรแกรม Minitab ได้

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1) ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ตั้งแต่วันที่ 8 มกราคม 2561 ถึงวันที่ 30 เมษายน 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นข้อมูลที่ได้จากแผนกควบคุมคุณภาพ แผนกประกันคุณภาพ แผนกผลิต แผนกไคเซ็น และแผนกพัฒนาผลิตภัณฑ์ ในหน่วยงานซีพีดี บริษัท บี.ฟู้ดส์ โปรดักส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้รับความรู้เกี่ยวกับการใช้งานโปรแกรม Minitab ในแต่ละแผนกของหน่วยงานซีพีดี

2) ลดจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ลงทะเบียนโปรแกรม Minitab ที่เกินความจำเป็น

3) นำโปรแกรม R มาทดแทนโปรแกรม Minitab ได้

4) ลดค่าใช้จ่ายด้านลิขสิทธิ์โปรแกรม Minitab ของ บริษัท บี.ฟู้ดส์ โปรดักส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

1) โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ หมายถึง โปรแกรมสำเร็จรูปที่มีความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลและประมวลผลทางสถิติโดยตรง

2) หน่วยงานซีพีดี หมายถึง หน่วยงานในโรงงานแปรรูปไก่ปรุงสุก ของบริษัท บี.ฟู้ดส์ โปรดักส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาการใช้งานคำสั่งและผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม Minitab และโปรแกรม R และศึกษาค่าสถิติต่าง ๆ ที่แสดงในผลลัพธ์ที่ได้จากทั้งสองโปรแกรม ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของตัวสถิติทดสอบ และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

2.1 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

2.1.1 สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) (ดลชาติ [4])

สถิติเชิงพรรณนาเป็นการบรรยาย หรือสรุปลักษณะของประชากร หรือตัวอย่างที่กำลังพิจารณาอยู่ ข้อมูลส่วนมากจะนำเสนอในรูปของตาราง แผนภูมิ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ประกอบด้วย

2.1.1.1 ค่าเฉลี่ย (Mean) (ดลชาติ [4])

กรณีข้อมูลไม่แจกแจงความถี่ ค่าเฉลี่ยเป็นวิธีหาค่าการวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลางซึ่งเกิดจากการหารผลรวมของค่าสังเกตทั้งหมดด้วยจำนวนค่าสังเกตทั้งหมด เนื่องจากค่าเฉลี่ยหาได้จากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ดังนั้น ข้อมูลที่นำมาใช้ต้องมีระดับการวัดอย่างน้อยมาตราช่วงบัญญัติขึ้นไป

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

2.1.1.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) (ดลชาติ [4])

กรณีข้อมูลไม่แจกแจงความถี่ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นรากที่สองของความแปรปรวน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานช่วยแก้ปัญหาเรื่องหน่วยของความแปรปรวน เมื่อถอดรากที่สองของความแปรปรวนแล้ว หน่วยของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจะเหมือนกับหน่วยของค่าสังเกต

ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง $s = \sqrt{\dfrac{n\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)^2}{n(n-1)}}$

2.1.1.3 ความแปรปรวน (Variance) (ดลชาติ [4])

กรณีข้อมูลไม่แจกแจงความถี่ ความแปรปรวนเป็นวิธีวัดการกระจายของข้อมูลโดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของผลบวกกำลังสองของผลต่างระหว่างค่าสังเกตแต่ละค่ากับค่าเฉลี่ยของข้อมูลชุดเดียวกัน ความแปรปรวนใช้วัดการกระจายได้ดีกว่าพิสัย เพราะคำนวณจากค่าสังเกตทั้งหมด หน่วยของความแปรปรวนเป็นหน่วยของค่าสังเกต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังสอง เช่น ถ้าค่าสังเกตมีหน่วยเป็นนิ้ว ความแปรปรวนจะมีหน่วยเป็น (นิ้ว)^2 ซึ่งหลายคนอาจเข้าใจผิดคิดว่าเป็นตารางนิ้ว เป็นต้น

$$\text{ค่าความแปรปรวนของตัวอย่าง } s^2 = \frac{n\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)^2}{n(n-1)}$$

2.1.1.4 พิสัย (Range) (ดลชาติ [4])

กรณีข้อมูลไม่แจกแจงความถี่ พิสัยเป็นวิธีวัดการกระจายของข้อมูลอย่างคร่าว ๆ การหาค่าพิสัยของข้อมูลชุดหนึ่งทำได้โดยการนำค่าสังเกตที่มีค่าสูงสุด (maximum) ลบด้วยค่าสังเกตที่มีค่าต่ำสุด (minimum) ของข้อมูลชุดเดียวกัน นั่นคือ

พิสัย = ค่าสูงสุด – ค่าต่ำสุด

ถ้าพิสัยมีค่ามากแสดงว่าข้อมูลมีการกระจายมาก แต่ถ้าพิสัยมีค่าน้อยข้อมูลก็กระจายน้อย

2.1.1.5 ควอไทล์ (Quartile) (อภิญญา [5])

ควอไทล์ เป็นการหาตำแหน่งของข้อมูลเพื่อให้ทราบว่าข้อมูลนั้นมีตำแหน่งอยู่ที่ใดของข้อมูลที่แบ่งออกเป็น 4 ส่วนเท่า ๆ กัน

กรณีข้อมูลไม่แจกแจงความถี่ การหาค่าข้อมูลในตำแหน่ง Q_i มีขั้นตอนดังนี้

1. นำข้อมูลมาเรียงค่าจากน้อยไปหามาก
2. หาตำแหน่งของ Q_i จาก $\frac{i(n+1)}{4}$ เมื่อ i เป็นตำแหน่งควอไทล์

2.1.1.6 มัธยฐาน (Median) (อภิญญา [5])

มัธยฐาน คือค่าของข้อมูลที่อยู่ตรงกลาง หลังจากที่เรียงข้อมูลจากค่าน้อยไปหาค่ามาก หรือเรียงจากค่ามากไปหาค่าน้อย

กรณีข้อมูลไม่แจกแจงความถี่ การหามัธยฐานมีขั้นตอนดังนี้

1. เรียงลำดับค่าข้อมูลจากค่าน้อยไปหาค่ามาก
2. หาตำแหน่งของมัธยฐานจาก $\frac{n+1}{2}$

2.1.1.7 ฐานนิยม (Mode) (ดลชาติ [4])

กรณีข้อมูลไม่แจกแจงความถี่ ฐานนิยมเป็นวิธีหาค่าวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลางที่ง่ายที่สุด โดยนับจำนวนค่าสูงเกตแต่ละค่าว่ามีจำนวนเท่าไร ฐานนิยมจะเป็นค่าสังเกตที่มีจำนวนมากที่สุดเมื่อเทียบกับค่าอื่น ๆ ในข้อมูลชุดเดียวกัน การหาค่าฐานนิยมใช้เพียงการนับ ไม่มีการคำนวณใด ๆ ทางคณิตศาสตร์ ดังนั้น จึงใช้ได้กับข้อมูลทุกระดับการวัด สัญลักษณ์ที่ใช้แทนฐานนิยมคือ Mo ใช้ทั้งกับประชากร และตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.8 **ความเบ้ (Skewness)** (สุจิตรา [6])

ความเบ้ คือ ขนาดของความไม่สมมาตรของข้อมูล มีวิธีการวัดคือ

$$\text{ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ของความเบ้} = \frac{n}{(n-1)(n-2)}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{X_i-\overline{X}}{S}\right)^3$$

เมื่อ n เป็นจำนวนข้อมูล

X_i เป็นค่าของข้อมูล

S เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง

$\overline{X}$ เป็นค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง

ถ้าค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ของความเบ้ เท่ากับศูนย์ แสดงว่าข้อมูลสมมาตร

ถ้าค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ของความเบ้ มีค่าลบ แสดงว่าข้อมูลเบ้ซ้าย

ถ้าค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ของความเบ้ มีค่าบวก แสดงว่าข้อมูลเบ้ขวา

2.1.1.9 **ความโด่ง (Kurtosis)** (สุจิตรา [6])

ความโด่ง คือ ขนาดความสูงของการแจกแจงของข้อมูล เส้นโค้งที่เรียกว่า เส้นโค้งปกติ นอกจากเป็นรูประฆังที่มีลักษณะสมมาตรไม่เบ้แล้ว ยังต้องเป็นเส้นโค้งที่มีความโด่งตามสัดส่วนของมันอีกด้วย

เส้นโค้งที่โด่งเป็นปกติ เรียกว่า Mesokurtic

เส้นโค้งที่แบนราบกว่าปกติ เรียกว่า Platykurtic

เส้นโค้งที่โด่งกว่าปกติ เรียกว่า Leptokurtic

$$\text{ค่าของ Kurtosis} = \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{X_i-\overline{X}}{S}\right)^4 - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)}$$

ถ้าค่าที่คำนวณได้มีค่าเป็นศูนย์ แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ

ถ้าค่าที่คำนวณได้มีค่าบวก แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงที่มียอดสูงหรือโด่งมาก

ถ้าค่าที่คำนวณได้มีค่าลบ แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงที่ค่อนข้างป้านหรือโด่งน้อย

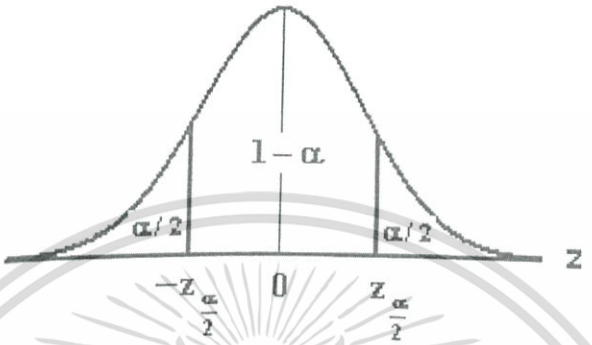
2.1.2 **ช่วงความเชื่อมั่นสำหรับค่าเฉลี่ย (Confidence Interval for Mean)** (ดลชาติ [4])

ในการประมาณค่าเฉลี่ยของประชากร μ ตัวประมาณค่าแบบจุดคือ ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง $\left(\overline{X}\right)$ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $\mu_{\overline{x}}=\mu$ และความแปรปรวนเท่ากับ $\sigma_{\overline{x}}^2=\frac{\sigma^2}{n}$

ถ้าสุ่มตัวอย่างขนาด n จากประชากรที่มีการแจกแจงปกติ ซึ่งมีความแปรปรวนเป็น σ^2 หรือกรณีที่ไม่ทราบการแจกแจงของประชากร และ $n\geq 30$ แล้ว เราจะได้ว่า $\overline{X}$ จะมีการแจกแจงปกติ หรือใกล้การแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $\mu_{\overline{x}}=\mu$ ความแปรปรวนเท่ากับ $\sigma_{\overline{x}}^2=\frac{\sigma^2}{n}$ และ $Z=\frac{\overline{X}-\mu}{\sigma/\sqrt{n}}$ จะมีการแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเป็น 0 ความแปรปรวนเป็น 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาช่วงความเชื่อมั่น $(1-\alpha)100\%$ ของ μ ให้เริ่มที่ Z ซึ่งเป็นตัวสถิติที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวประมาณกับพารามิเตอร์ที่ต้องการประมาณ โดยให้ $\Pr\left(Z<-z_{\frac{\alpha}{2}}\right)=\Pr\left(Z>z_{\frac{\alpha}{2}}\right)=\frac{\alpha}{2}$ ดังนั้น ความน่าจะเป็นที่ Z มีค่าระหว่าง $-z_{\frac{\alpha}{2}}$ และ $z_{\frac{\alpha}{2}}$ จะเท่ากับ $1-\alpha$ ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ความน่าจะเป็นที่ Z มีค่าระหว่าง $-z_{\frac{\alpha}{2}}$ และ $z_{\frac{\alpha}{2}}$

จากรูป
$$\Pr\left(-z_{\frac{\alpha}{2}}<Z<z_{\frac{\alpha}{2}}\right)=1-\alpha$$
$$\Pr\left(-z_{\frac{\alpha}{2}}<\frac{\overline{X}-\mu}{\sigma/\sqrt{n}}<z_{\frac{\alpha}{2}}\right)=1-\alpha$$
$$\Pr\left(-z_{\frac{\alpha}{2}}\frac{\sigma}{\sqrt{n}}<\overline{X}-\mu<z_{\frac{\alpha}{2}}\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right)=1-\alpha$$
$$\Pr\left(-\overline{X}-z_{\frac{\alpha}{2}}\frac{\sigma}{\sqrt{n}}<-\mu<-\overline{X}+z_{\frac{\alpha}{2}}\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right)=1-\alpha$$

เอาลบคูณตลอด จะได้
$$\Pr\left(\overline{X}+z_{\frac{\alpha}{2}}\frac{\sigma}{\sqrt{n}}>\mu>\overline{X}-z_{\frac{\alpha}{2}}\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right)=1-\alpha$$
$$\Pr\left(\overline{X}-z_{\frac{\alpha}{2}}\frac{\sigma}{\sqrt{n}}<\mu<\overline{X}+z_{\frac{\alpha}{2}}\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right)=1-\alpha$$

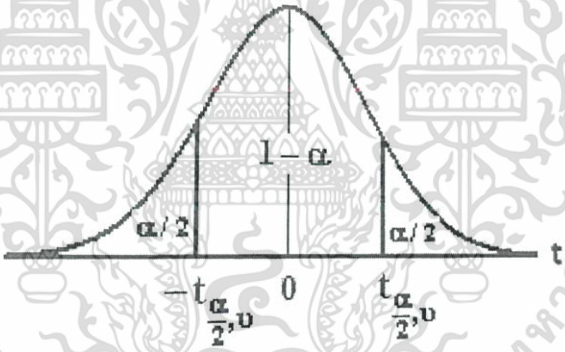
จากผลลัพธ์ข้างต้น เราสรุปได้ว่า ความน่าจะเป็นที่ช่วงสุ่ม $\left(\overline{X}-z_{\frac{\alpha}{2}}\frac{\sigma}{\sqrt{n}},\ \overline{X}+z_{\frac{\alpha}{2}}\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right)$ จะคลุม μ ด้วยความน่าจะเป็น $1-\alpha$ หรือ อาจสรุปในอีกรูปแบบหนึ่งคือ ด้วยความเชื่อมั่น $(1-\alpha)100\%$ ที่ μ จะอยู่ในช่วง $\left(\overline{X}-z_{\frac{\alpha}{2}}\frac{\sigma}{\sqrt{n}},\ \overline{X}+z_{\frac{\alpha}{2}}\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่ $n \geq 30$ และเราไม่ทราบความแปรปรวนของประชากร (σ^2) ให้ประมาณด้วยความแปรปรวนของตัวอย่าง (S^2) ดังนั้น ช่วงความเชื่อมั่น $(1-\alpha)100\%$ ของ μ จะเป็น

$$\left(\overline{X} - z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{S}{\sqrt{n}}, \overline{X} + z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{S}{\sqrt{n}}\right)$$

กรณีที่สุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก $(n<30)$ จากประชากรที่มีการแจกแจงปกติ แต่ไม่ทราบความแปรปรวนของประชากร (σ^2) ถ้าเราประมาณ σ^2 ด้วย S^2 แล้ว $\frac{\overline{X}-\mu}{S/\sqrt{n}}$ จะมีการแจกแจงที ซึ่งมีองศาแห่งความเป็นอิสระ (ν) เท่ากับ $n-1$ การประมาณค่าแบบช่วงของ μ ที่ระดับความเชื่อมั่น $(1-\alpha)100\%$ สำหรับกรณีนี้ให้เริ่มที่ตัวสถิติ T โดยให้ $\Pr\left(T < -t_{\frac{\alpha}{2},\nu}\right) = \Pr\left(T > t_{\frac{\alpha}{2},\nu}\right) = \frac{\alpha}{2}$ ดังนั้น ความน่าจะเป็นที่ T มีค่าระหว่าง $-t_{\frac{\alpha}{2},\nu}$ และ $t_{\frac{\alpha}{2},\nu}$ จะเท่ากับ $1-\alpha$ ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ความน่าจะเป็นที่ T มีค่าระหว่าง $-t_{\frac{\alpha}{2},\nu}$ และ $t_{\frac{\alpha}{2},\nu}$

จากรูป

$$\Pr\left(-t_{\frac{\alpha}{2},\nu} < T < t_{\frac{\alpha}{2}}\right) = 1-\alpha$$

$$\Pr\left(-t_{\frac{\alpha}{2},\nu} < \frac{\overline{X}-\mu}{S/\sqrt{n}} < t_{\frac{\alpha}{2}}\right) = 1-\alpha$$

$$\Pr\left(-t_{\frac{\alpha}{2},\nu} \frac{S}{\sqrt{n}} < \overline{X}-\mu < t_{\frac{\alpha}{2}} \frac{S}{\sqrt{n}}\right) = 1-\alpha$$

$$\Pr\left(-\overline{X} - t_{\frac{\alpha}{2},\nu} \frac{S}{\sqrt{n}} < -\mu < -\overline{X} + t_{\frac{\alpha}{2}} \frac{S}{\sqrt{n}}\right) = 1-\alpha$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอาลบคูณตลอด จะได้ $$\Pr\left(\overline{X}+t_{\frac{\alpha}{2},v}\frac{S}{\sqrt{n}}>\mu>\overline{X}-t_{\frac{\alpha}{2}}\frac{S}{\sqrt{n}}\right)=1-\alpha$$

$$\Pr\left(\overline{X}-t_{\frac{\alpha}{2},v}\frac{S}{\sqrt{n}}<\mu<\overline{X}+t_{\frac{\alpha}{2}}\frac{S}{\sqrt{n}}\right)=1-\alpha$$

จากผลลัพธ์ข้างต้น เราสรุปได้ว่าด้วยความเชื่อมั่น $(1-\alpha)100\%$ ที่ μ จะอยู่ในช่วง

$$\left(\overline{X}-t_{\frac{\alpha}{2}}\frac{S}{\sqrt{n}},\overline{X}+t_{\frac{\alpha}{2}}\frac{S}{\sqrt{n}}\right)$$

2.1.3 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร (ดลชาติ [4])

กรณีที่ 1 ประชากรมีการแจกแจงปกติและทราบค่าความแปรปรวนของประชากร (σ^2)

ถ้าเราสุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ $(n\geq 30)$ จากประชากรที่มีการแจกแจงปกติ ซึ่งมีค่าความแปรปรวนเป็น σ^2 เพื่อใช้ทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของประชากร (μ) แล้ว ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง $(\overline{X})$ จะมีการแจกแจงปกติ มีค่าความแปรปรวนเป็น $\sigma_{\overline{X}}^2=\frac{\sigma^2}{n}$ กรณีนี้สมมติฐานทางสถิติ สถิติทดสอบ และบริเวณวิกฤตจะเป็นดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สมมติฐานทางสถิติ สถิติทดสอบ และบริเวณวิกฤต ของการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่ประชากรมีการแจกแจงปกติและทราบค่าความแปรปรวนของประชากร

H_0	H_1	สถิติทดสอบ	บริเวณวิกฤต
1. $\mu\leq\mu_0$	1. $\mu>\mu_0$	$Z=\frac{\overline{X}-\mu_0}{\sigma/\sqrt{n}}$	1. $Z>z_\alpha$
2. $\mu\geq\mu_0$	2. $\mu<\mu_0$		2. $Z<-z_\alpha$
3. $\mu=\mu_0$	3. $\mu\neq\mu_0$		3. $Z<-z_{\frac{\alpha}{2}}$ และ $Z>z_{\frac{\alpha}{2}}$

กรณีที่ 2 ประชากรมีการแจกแจงปกติหรือใกล้การแจกแจงปกติ ไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากร และตัวอย่างมีขนาดเล็ก

ถ้าเราสุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก $(n<30)$ จากประชากรที่มีการแจกแจงปกติหรือใกล้การแจกแจงปกติ แต่ไม่ทราบค่า σ^2 ให้ประมาณด้วยความแปรปรวนของตัวอย่าง S^2 จะได้ว่า $\overline{X}$ จะมีการแจกแจงปกติหรือใกล้การแจกแจงปกติ ซึ่งมีค่าความแปรปรวนเป็น $\frac{S^2}{n}$ กรณีนี้สมมติฐานทางสถิติ สถิติทดสอบ และบริเวณวิกฤตจะเป็นดังตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 สมมติฐานทางสถิติ สถิติทดสอบ และบริเวณวิกฤต ของการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่ประชากรมีการแจกแจงปกติหรือใกล้การแจกแจงปกติ ไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากร และตัวอย่างมีขนาดเล็ก

H_0	H_1	สถิติทดสอบ	บริเวณวิกฤต
1. $\mu \le \mu_0$ 2. $\mu \ge \mu_0$ 3. $\mu = \mu_0$	1. $\mu > \mu_0$ 2. $\mu < \mu_0$ 3. $\mu \ne \mu_0$	$T = \dfrac{\overline{X} - \mu_0}{S/\sqrt{n}}$ $n < 30,\ v = n-1$	1. $T > t_\alpha$ 2. $T < -t_\alpha$ 3. $T < -t_{\frac{\alpha}{2}}$ และ $T > t_{\frac{\alpha}{2}}$

2.1.4 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 2 ประชากรที่เป็นอิสระต่อกัน (ดลชาติ [4]) **กรณีประชากรทั้งสองมีการแจกแจงปกติหรือใกล้การแจกแจงปกติ แต่ไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากรทั้งสอง และตัวอย่างทั้งสองมีขนาดเล็ก**

ถ้าเราสุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก n_1, n_2 $(n_1, n_2 < 30)$ จากประชากรที่มีการแจกแจงปกติหรือใกล้การแจกแจงปกติ 2 ประชากร อย่างเป็นอิสระต่อกัน แต่ไม่ทราบค่าความแปรปรวน σ_1^2, σ_2^2 ให้ประมาณด้วย S_1^2, S_2^2 ตามลำดับ เพื่อใช้ทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับผลต่างของค่าเฉลี่ยของ 2 ประชากร $(\mu_1 - \mu_2)$ จะได้ว่า ผลต่างของค่าเฉลี่ยของ 2 ตัวอย่าง $\left(\overline{X}_1 - \overline{X}_2\right)$ จะมีการแจกแจงปกติหรือใกล้การแจกแจงปกติ สำหรับความแปรปรวนของ $\left(\overline{X}_1 - \overline{X}_2\right)$ จะแบ่งเป็น 2 กรณี คือ

1. กรณี $\sigma_1^2 \ne \sigma_2^2$ ความแปรปรวนของ $\left(\overline{X}_1 - \overline{X}_2\right)$ เป็น $\dfrac{S_1^2}{n_1} + \dfrac{S_2^2}{n_2}$

2. กรณี $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ ความแปรปรวนของ $\left(\overline{X}_1 - \overline{X}_2\right)$ เป็น $S_p^2\left(\dfrac{1}{n_1} + \dfrac{1}{n_2}\right)$

โดยที่ $S_p^2 = \dfrac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$

กรณีนี้ สมมติฐานทางสถิติ สถิติทดสอบ และบริเวณวิกฤตจะเป็นดังตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 สมมติฐานทางสถิติ สถิติทดสอบ และบริเวณวิกฤต ของการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 2 ประชากรที่เป็นอิสระต่อกัน กรณีประชากรทั้งสองมีการแจกแจงปกติหรือใกล้การแจกแจงปกติ แต่ไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากรทั้งสอง และตัวอย่างทั้งสองมีขนาดเล็ก

H_0	H_1	สถิติทดสอบ	บริเวณวิกฤต
1. $\mu_1-\mu_2\le d_0$	1. $\mu_1-\mu_2>d_0$	$T=\dfrac{\left(\overline{X}_1-\overline{X}_2\right)-d_0}{\sqrt{\left(\dfrac{S_1^2}{n_1}\right)+\left(\dfrac{S_2^2}{n_2}\right)}}$	1. $T>t_{\alpha,v}$
2. $\mu_1-\mu_2\ge d_0$	2. $\mu_1-\mu_2<d_0$	$v=\dfrac{\left(\dfrac{S_1^2}{n_1}+\dfrac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{\dfrac{\left(\dfrac{S_1^2}{n_1}\right)^2}{(n_1-1)}+\dfrac{\left(\dfrac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{(n_2-1)}}$	2. $T<-t_{\alpha,v}$
3. $\mu_1-\mu_2=d_0$	3. $\mu_1-\mu_2\ne d_0$	กรณี $\sigma_1^2\ne\sigma_2^2$	3. $T<-t_{\frac{\alpha}{2},v}$ และ $T>t_{\frac{\alpha}{2},v}$
1. $\mu_1-\mu_2\le d_0$	1. $\mu_1-\mu_2>d_0$	$T=\dfrac{\left(\overline{X}_1-\overline{X}_2\right)-d_0}{\sqrt{S_p^2\left(\dfrac{1}{n_1}+\dfrac{1}{n_2}\right)}}$	1. $T>t_{\alpha,v}$
2. $\mu_1-\mu_2\ge d_0$	2. $\mu_1-\mu_2<d_0$	$v=n_1+n_2-2$	2. $T<-t_{\alpha,v}$
3. $\mu_1-\mu_2=d_0$	3. $\mu_1-\mu_2\ne d_0$	$S_p^2=\dfrac{(n_1-1)S_1^2+(n_2-1)S_2^2}{n_1+n_2-2}$ กรณี $\sigma_1^2=\sigma_2^2$	3. $T<-t_{\frac{\alpha}{2},v}$ และ $T>t_{\frac{\alpha}{2},v}$

2.1.5 การทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 1 ประชากร (ดลชาติ [4])

ถ้าเราสุ่มตัวอย่างขนาด n ที่มีขนาดใหญ่ จากประชากรที่มีการแจกแจงทวินาม เพื่อใช้ทดสอบว่าค่าสัดส่วนของประชากร (p) มีค่าเท่ากับค่าใดค่าหนึ่งหรือไม่ จะได้ว่า สัดส่วนของตัวอย่าง $\left(\hat{p}\right)$ จะมีการแจกแจงใกล้การแจกแจงปกติ มีความแปรปรวนเป็น $\dfrac{pq}{n}$ กรณีนี้สมมติฐานทางสถิติ สถิติทดสอบ และบริเวณวิกฤตจะเป็นดังตารางที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 สมมติฐานทางสถิติ สถิติทดสอบ และบริเวณวิกฤต ของการทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 1 ประชากร

H_0	H_1	สถิติทดสอบ	บริเวณวิกฤต
1. $p \le p_0$ 2. $p \ge p_0$ 3. $p = p_0$	1. $p > p_0$ 2. $p < p_0$ 3. $p \ne p_0$	$Z = \dfrac{\hat{p} - p_0}{\sqrt{\dfrac{p_0 q_0}{n}}}$ เมื่อ $n \ge 30$	1. $Z > z_\alpha$ 2. $Z < -z_\alpha$ 3. $Z < -z_{\frac{\alpha}{2}}$ และ $Z > z_{\frac{\alpha}{2}}$

2.1.6 การทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 2 ประชากร (ดลชาติ [4])

ถ้าเราสุ่มตัวอย่าง n_1 และ n_2 จากประชากรที่มีการแจกแจงทวินาม 2 ประชากร อย่างเป็นอิสระต่อกัน เพื่อใช้ทดสอบผลต่างของค่าสัดส่วนของ 2 ประชากร $(p_1 - p_2)$ แล้ว เมื่อ n_1 และ n_2 มีขนาดใหญ่ ผลต่างของค่าสัดส่วนของ 2 ตัวอย่าง $\left(\hat{p}_1 - \hat{p}_2\right)$ จะมีการแจกแจงใกล้การแจกแจงปกติ มีความแปรปรวนเป็น $\frac{p_1 q_1}{n_1} + \frac{p_2 q_2}{n_2}$ กรณีนี้ สมมติฐานทางสถิติ สถิติทดสอบและบริเวณวิกฤตจะเป็นดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 สมมติฐานทางสถิติ สถิติทดสอบ และบริเวณวิกฤต ของการทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 2 ประชากร

H_0	H_1	สถิติทดสอบ	บริเวณวิกฤต
1. $p_1 - p_2 \le 0$ 2. $p_1 - p_2 \ge 0$ 3. $p_1 - p_2 = 0$	1. $p_1 - p_2 > 0$ 2. $p_1 - p_2 < 0$ 3. $p_1 - p_2 \ne 0$	$Z = \dfrac{\left(\hat{p}_1 - \hat{p}_2\right)}{\sqrt{\hat{p}\hat{q}\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$ $\hat{p} = \dfrac{x_1 + x_2}{n_1 + n_2}$, $\hat{q} = 1 - \hat{p}$ เมื่อ $n_1, n_2 \ge 30$	1. $Z > z_\alpha$ 2. $Z < -z_\alpha$ 3. $Z < -z_{\frac{\alpha}{2}}$ และ $Z > z_{\frac{\alpha}{2}}$
1. $p_1 - p_2 \le d_0$ 2. $p_1 - p_2 \ge d_0$ 3. $p_1 - p_2 = d_0$	1. $p_1 - p_2 > d_0$ 2. $p_1 - p_2 < d_0$ 3. $p_1 - p_2 \ne d_0$	$Z = \dfrac{\left(\hat{p}_1 - \hat{p}_2\right) - d_0}{\sqrt{\hat{p}\hat{q}\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$ $\hat{p} = \dfrac{x_1 + x_2}{n_1 + n_2}$, $\hat{q} = 1 - \hat{p}$ เมื่อ $n_1, n_2 \ge 30$	1. $Z > z_\alpha$ 2. $Z < -z_\alpha$ 3. $Z < -z_{\frac{\alpha}{2}}$ และ $Z > z_{\frac{\alpha}{2}}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.7 สหสัมพันธ์ (Correlation) (จักรภพ [7])

สหสัมพันธ์ เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป (หรือข้อมูล 2 ชุดขึ้นไป) ในการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรว่ามีมากน้อยเพียงใดนั้น จะใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) เป็นค่าที่วัดความสัมพันธ์ ซึ่งโดยวิธีการทางสถิติมีอยู่หลายวิธี การใช้สถิติตัวใดขึ้นอยู่กับลักษณะของตัวแปรหรือระดับของการวัดในตัวแปรนั้น ๆ ดังนั้น สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ จึงมีทั้งแบบที่เป็นสถิติพาราเมตริกและสถิตินอนพาราเมตริก

ในการวัดความสัมพันธ์แต่ละแบบจะต้องมีการทดสอบนัยสำคัญก่อน จึงจะสรุปได้ว่าตัวแปรคู่ใดมีความสัมพันธ์กันจริงหรือไม่ มากน้อยเพียงใด สำหรับการแปลผลจะมองในแง่ของความเกี่ยวพัน ความสอดคล้อง การแปรผันร่วมกัน หรือไปด้วยกัน แต่ไม่ได้หมายความว่าตัวแปรหนึ่งเป็นเหตุและอีกตัวแปรเป็นผล (หรือไม่สามารถระบุได้ว่าตัวแปรไหนเป็นตัวแปรต้นหรือตัวแปรตาม)

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ โดยทั่วไปนิยมใช้สัญญลักษณ์ r แทนสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของกลุ่มตัวอย่าง (บางชนิดจะใช้สัญญลักษณ์ C, W หรืออื่นๆ) และ ρ แทนสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของประชากร ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ใช้วัดขนาดของความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปร มี 2 ลักษณะ คือ $-1 \le r \le 1$ และ $0 \le r \le 1$

การบอกระดับหรือขนาดของความสัมพันธ์ จะใช้ตัวเลขของค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ หากค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์มีค่าเข้าใกล้ -1 หรือ 1 แสดงถึงการมีความสัมพันธ์กันในระดับสูง แต่หากมีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงถึงการมีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ หรือไม่มีเลย สำหรับการพิจารณาค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ โดยทั่วไปอาจใช้เกณฑ์ดังนี้

ค่า r	ระดับของความสัมพันธ์
.90 - 1.00	มีความสัมพันธ์กันสูงมาก
.70 - .90	มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง
.50 - .70	มีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง
.30 - .50	มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ
.00 - .30	มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำมาก

เครื่องหมาย +,- หน้าตัวเลขสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ จะบอกถึงทิศทางของความสัมพันธ์ โดยที่หาก

r มีเครื่องหมาย +	หมายถึง การมีความสัมพันธ์กันไปในทิศทางเดียวกัน (ตัวแปรหนึ่งมีค่าสูง อีกตัวหนึ่งจะมีค่าสูงไปด้วย)
r มีเครื่องหมาย -	หมายถึง การมีความสัมพันธ์กันไปในทิศทางตรงกันข้าม (ตัวแปรหนึ่งมีค่าสูง ตัวแปรอีกตัวหนึ่งจะมีค่าต่ำ)

เอกสารนี้เป็นเอกสจรที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.7.1 **สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson Product-Moment Correlation Coefficient)** (จักรภพ [7])

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน ใช้สัญญลักษณ์ r_{xy} เป็นวิธีที่ใช้วัดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร หรือข้อมูล 2 ชุด โดยที่ตัวแปรหรือข้อมูล 2 ชุดนั้นจะต้องอยู่ในรูปของข้อมูลในมาตราอันตรภาคหรืออัตราส่วน (Interval or Ratio scale)

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน จะใช้ได้อย่างเหมาะสมกับข้อมูลที่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นเท่านั้น ดังนั้น ในการคำนวณหากพบว่าค่า $r=0$ การตีความหมายว่าข้อมูลไม่มีความสัมพันธ์กัน อาจไม่ถูกต้อง เนื่องจากอาจเป็นไปได้ว่าข้อมูลมีความสัมพันธ์กันในลักษณะอื่นที่ไม่ใช่เชิงเส้น (เช่น เส้นโค้ง ฯลฯ) ดังนั้น ในการสรุปจึงควรสรุปว่าข้อมูล 2 ชุดไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้น จึงจะถูกต้องชัดเจนกว่า

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. ตัวแปรหรือข้อมูลทั้ง 2 ชุด อยู่ในมาตราอันตรภาคหรือมาตราอัตราส่วน
2. ข้อมูลทั้ง 2 ชุด มีการแจกแจงแบบปกติและมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง
3. ข้อมูลในแต่ละชุดจะต้องมีความเป็นอิสระต่อกัน

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน คำนวณจากสูตร

$$r_{xy}=\frac{n\sum_{i=1}^{n}X_iY_i-\left(\sum_{i=1}^{n}X_i\right)\left(\sum_{i=1}^{n}Y_i\right)}{\sqrt{\left[n\sum_{i=1}^{n}X_i^2-\left(\sum_{i=1}^{n}X_i\right)^2\right]\left[n\sum_{i=1}^{n}Y_i^2-\left(\sum_{i=1}^{n}Y_i\right)^2\right]}}$$

เมื่อ r_{xy} เป็น ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน

$\sum_{i=1}^{n}X_i$ เป็น ผลรวมของข้อมูลที่วัดได้จากตัวแปรตัวที่ 1 (X)

$\sum_{i=1}^{n}Y_i$ เป็น ผลรวมของข้อมูลที่วัดได้จากตัวแปรตัวที่ 2 (Y)

$\sum_{i=1}^{n}X_iY_i$ เป็น ผลรวมของผลคูณระหว่างข้อมูลตัวแปรที่ 1 และ 2

$\sum_{i=1}^{n}X_i^2$ เป็น ผลรวมของกำลังสองของข้อมูลที่วัดได้จากตัวแปรตัวที่ 1

$\sum_{i=1}^{n}Y_i^2$ เป็น ผลรวมของกำลังสองของข้อมูลที่วัดได้จากตัวแปรตัวที่ 2

n เป็น ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบนัยสำคัญ

<u>สมมติฐานของการทดสอบ</u>

$H_0 : \rho = 0$ (ตัวแปร X และ Y ไม่มีความสัมพันธ์กัน)

$H_1 : \rho \neq 0$ (ตัวแปร X และ Y มีความสัมพันธ์กัน)

<u>สถิติทดสอบ</u> เป็นการทดสอบแบบสองทาง

$$t = \frac{r_{xy}\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r_{xy}^{\ 2}}} \quad , \quad df = n-2$$

<u>อาณาเขตวิกฤตและการสรุปผล</u>

จะปฏิเสธ H_0 เมื่อค่า t ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่า $t_{\frac{\alpha}{2},n-2}$ ที่เปิดจากตารางหรือ t ที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่า $-t_{\frac{\alpha}{2},n-2}$

2.1.8 สถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง (Anderson-Darling) (จิรวรรณ [8])

สมมติฐานการทดสอบ

H_0 : ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ข้อมูลไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

ในปี ค.ศ. 1954 แอนเดอร์สันดาร์ลิง ได้เสนอสถิติทดสอบที่ใช้ในการทดสอบภาวะสารูปดี เมื่อข้อมูลอยู่ในมาตราเรียงอันดับ (Ordinal Scale) และลักษณะการแจกแจงของข้อมูลเป็นแบบต่อเนื่อง ซึ่งคำนวณได้ดังนี้

$$AD = -n - \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(2i-1)\left[\log \mu_i + \log(1-\mu_{n-i+1})\right]$$

เมื่อ n คือ ขนาดตัวอย่าง

$\mu_i = F_0(x_i)$ โดย $F_0(x_i)$ คือ ความถี่ที่คาดหมายในรูปสัดส่วน ภายใต้สมมติฐาน H_0

จะได้ว่า $F_0(x_i) = P(X \leq x) = P\left(z < \frac{x-\bar{x}}{s}\right)$

การตัดสินใจ จะปฏิเสธ H_0 ถ้า AD มีค่ามากกว่าค่าวิกฤตที่ได้จากตารางแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิ่ง

2.1.9 การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Linear Regression Analysis) (สุทิน [9])

การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระหลายตัวกับตัวแปรตาม 1 ตัว เพื่อศึกษาว่ามีตัวแปรอิสระตัวใดบ้างที่ร่วมกันทำนายหรือพยากรณ์ หรืออธิบายการผันแปรของตัวแปรตามได้

โดยเขียนความสัมพันธ์ในรูปแบบของสมการได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการในรูปของประชากร $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \ldots + \beta_k X_k + \varepsilon$

สมการในรูปของตัวอย่าง $y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \ldots + b_k x_k + e$

สมการทำนายผล (สมการพยากรณ์) $\hat{y} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \ldots + b_k x_k$

สัญลักษณ์ที่ใช้มีความหมายดังนี้

X_i คือ ค่าของตัวแปรอิสระแต่ละตัว (จะใช้สัญลักษณ์ x_i สำหรับค่าที่ได้จากตัวอย่าง และสำหรับค่าประมาณหรือตัวทำนาย)

Y คือ ค่าของตัวแปรตาม (จะใช้สัญลักษณ์ y สำหรับค่าที่ได้จากตัวอย่าง และใช้ค่า $\hat{Y}$ สำหรับค่าประมาณหรือตัวทำนาย)

k คือ จำนวนตัวแปรอิสระในสมการถดถอย

β_0 คือ ค่าคงที่ (Constant) ของสมการถดถอย (จะใช้สัญลักษณ์ b_0 สำหรับค่าที่ได้จากตัวอย่าง และ สำหรับค่าประมาณหรือตัวทำนาย) โดยที่ β_0 หรือ b_0 จะเป็นจุดตัด (Intercept) แกน y ของสมการ

β_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression Coefficient) ของตัวแปรอิสระ X_i แต่ละตัว (จะใช้สัญลักษณ์ b_i สำหรับค่าที่ได้จากตัวอย่าง และ สำหรับค่าประมาณหรือตัวทำนาย) โดยที่ค่า β_i หรือ b_i จะแสดงอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่า x_i ต่อค่า y ดังนี้ คือ ถ้าค่า x_i เปลี่ยนไป 1 หน่วย จะทำให้ค่า y เปลี่ยนไป b_i หน่วย

ε คือ ค่าความคลาดเคลื่อน (Error or Residual) ระหว่างค่า Y และค่า $\hat{Y}$ (จะใช้สัญลักษณ์ e สำหรับค่าที่ได้จากตัวอย่าง)

2.1.10 สถิติทดสอบเลวีน (Levene) (ดวงพร [10])

สมมติฐาน

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \ldots = \sigma_k^2$$

$$H_1 : \sigma_i^2 \neq \sigma_j^2 \text{ อย่างน้อย 1 คู่ สำหรับ } i \neq j$$

ค่าสถิติทดสอบนี้มีความแกร่ง (ความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด) เมื่อข้อมูลไม่ได้ถูกสุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปกติ และให้อำนาจการทดสอบสูง ดังนั้น ในปัจจุบันสถิติสดทอบเลวีน จึงเป็นที่นิยมใช้มากขึ้นในทางสถิติและในการประยุกต์ใช้กับด้านอื่น ๆ

ให้ n = จำนวนข้อมูลทั้งหมด n_i = ขนาดตัวอย่างของกลุ่ม i

$Z_{ij} = \left(X_{ij} - \overline{X}_i \right)^2$ โดย $\overline{X}_i$ = ค่าเฉลี่ยของกลุ่ม i

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\bar{Z}_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} Z_{ij}}{n_i}, \quad \bar{Z} = \frac{\sum_{i=1}^{k} n_i \bar{Z}_i}{n} \qquad k \text{ = จำนวนประชากร}$$

$$L_{SQ} = \frac{(n-k)\sum_{i=1}^{k} n_i \left(\bar{Z}_i - \bar{Z}\right)^2}{(k-1)\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n_j}\left(Z_{ij} - \bar{Z}_i\right)^2}$$ มีลักษณะการแจกแจงใกล้เคียงกับการแจกแจงเอฟ

ซึ่งมีองศาเสรีเท่ากับ $k-1$ และ $n-k$

2.1.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว (One-Way ANOVA) (อุมาพร [11])

ข้อตกลงเบื้องต้น 1. ข้อมูลในแต่ละกลุ่มต้องมีการแจกแจงปกติ
2. ข้อมูลในแต่ละกลุ่มต้องมีความแปรปรวนเท่ากัน
3. ข้อมูลในแต่ละกลุ่มต้องเป็นอิสระกัน

สมมติฐาน ค่าเฉลี่ยของประชากรแต่ละกรรมวิธีจะเท่ากัน นั่นคือ

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \ldots = \mu_k = \mu$

$H_1 : \mu_i \neq \mu_j$ อย่างน้อย 1 คู่ สำหรับ $i \neq j$

การทดสอบ ใช้การวิเคราะห์ด้วยความแปรปรวนหรือใช้สูตร

$F = \frac{MST_r}{MSE}$ ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว

Source of Variation (SOV)	Degree of freedom (df)	(SS.) Sum of Square	(MS.) Mean of Square	F-ratio
Treatment	$k-1$	SST_r	MST_r	$\frac{MST_r}{MSE}$
Error	$n-k$	SSE	MSE	
Total	$n-1$	SST		

เมื่อ SST_r = *Sum of square of treatment*

SSE = *Sum of square of error*

SST = *Sum of square of total*

$MST_r = \frac{SST_r}{df} = \frac{SST_r}{k-1}$

$MSE = \frac{SSE}{df} = \frac{SSE}{n-k}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรในการคำนวณ จากการใช้แบบจำลอง $X_{ij} = \bar{X}_j + \tau_j + e_{ij}$ และได้แยกผลบวกกำลังสองของความแตกต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าเฉลี่ยออกเป็นส่วนใหญ่ ๆ ดังนี้

$$SST = SST_r + SSE$$

สามารถกระจายสูตรของ Sum Square เหล่านี้ให้ง่ายในทางปฏิบัติได้ดังนี้

$$SST = \sum\sum X_{ij}^{\ 2} - C.T. \quad \text{เมื่อ } C.T. = Correction\ term = \frac{T^2}{N}$$

$$SST_r = \frac{\sum_{j=1}^{k} T_{\bullet j}^2}{n_j} - C.T.$$

และ $SSE = SST - SST_r$

2.1.12 **การเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple comparison)** (ชลิดา [12])

เทคนิคการวิเคราะห์ความแปรปรวนเป็นการทดสอบว่าจะมีค่าเฉลี่ยของประชากร k กลุ่มแตกต่างกันหรือไม่ ถ้าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Significant) ก็จะบอกเพียงว่ามีค่าเฉลี่ยอย่างน้อย 1 คู่ที่มีค่าแตกต่างกัน แต่จะไม่บอกว่าเป็นคู่ใด ซึ่งเราจะต้องทำการทดสอบหลังการวิเคราะห์ (Post hoc test) โดยวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple Comparison) ซึ่งมีหลายวิธีด้วยกัน

โดยมีสมมติฐานของการทดสอบอยู่ในรูป

$$H_0 : \mu_i = \mu_j$$

$$H_1 : \mu_i \neq \mu_j$$

เมื่อ i, j เป็นข้อมูลกลุ่มที่ i หรือ j ใด ๆ โดยที่ $i \neq j$

2.12.1 **วิธี Turkey's Honestly Significant Different (HSD)** (ชลิดา [12])

เป็นวิธีการเปรียบเทียบภายใต้เงื่อนไขที่ว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มมีขนาดเท่ากัน $(n_1 = n_2 = n_3 = \ldots = n_k = n)$ โดยมีสูตรของ Diekhoff ดังนี้

$$HSD = q_{(\alpha, df, k)} \sqrt{\frac{MSE}{n}}$$

เมื่อ $q_{(\alpha, df, k)}$ หาได้จากตารางค่าวิกฤตของ Studentized rough statistic

โดย $df = n - k$ และ MSE ได้จากตารางที่ 2.6

n จำนวนตัวอย่างทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธี HSD มีขั้นตอนดังนี้

1. คำนวณค่า HSD
2. คำนวณค่า $\left|\bar{x}_i - \bar{x}_j\right|$
3. เปรียบเทียบค่า $\left|\bar{x}_i - \bar{x}_j\right|$ กับค่า HSD โดย
   - 3.1 ถ้า $\left|\bar{x}_i - \bar{x}_j\right| > HSD$ แสดงว่า $\mu_i \neq \mu_j$
   - 3.2 ถ้า $\left|\bar{x}_i - \bar{x}_j\right| \leq HSD$ แสดงว่า $\mu_i = \mu_j$

2.1.13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองปัจจัย (Two-Way ANOVA) (ชลิดา [12])

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองปัจจัย แตกต่างจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียวคือ ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียวหน่วยตัวอย่างภายในกลุ่มเดียวกันจะต้องมีความแตกต่างกันน้อยมาก เพื่อที่จะมั่นใจได้ว่าเมื่อเกิดความแปรปรวนในการทดลอง จะนำไปสู่ข้อสรุปได้ชัดเจนว่าเป็นความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม แต่ในทางปฏิบัติอาจพบว่าการใช้หน่วยตัวอย่างที่เหมือนกันหรือมีความคล้ายคลึงกันจะเป็นไปได้ยากมาก ดังนั้นจึงอาจจะแบ่งหน่วยทดลองออกเป็นกลุ่ม ๆ เรียกว่า บล็อค (Block) โดยให้ภายในแต่ละบล็อคประกอบไปด้วยหน่วยตัวอย่างที่มีความคล้ายคลึงกัน ส่วนในต่างบล็อคก็จะเป็นหน่วยตัวอย่างที่แตกต่างกัน และจำนวนหน่วยทดลองภายในแต่ละบล็อกจะได้รับทรีทเมนต์ต่าง ๆ ครบชุด

ในกรณีนี้จะแยกแหล่งความแปรปรวนทั้งหมดออกได้เป็น
ความแปรปรวนรวม (SST) = ความแปรปรวนระหว่างทรีทเมนต์ (SSA) + ความแปรปรวนระหว่างบล็อก (SSB) + ความแปรปรวนอื่น ๆ (SSE)

หรือ $$SST = SSA + SSB + SSE$$

การคำนวณหาค่า Sum of Square เริ่มต้นจากการหาค่า

$$CM\ (corrected\ of\ Mean) = \frac{\left(\sum\sum x_{ij}\right)^2}{n}$$

SST แทนความแปรปรวนรวมคำนวณได้โดย

$$SST = \sum_{i=1}^{r}\sum_{j=1}^{c} x_{ij}^2 - CM$$

SSA แทนความแปรปรวนระหว่างทรีทเมนต์ในแต่ละคอลัมน์ คำนวณได้โดย

$$SSA = \sum_{j=1}^{c} \frac{T_j^2}{n_j} - CM$$

SSB แทนความแปรปรวนระหว่างบล็อคในแต่ละแถว คำนวณได้โดย

$$SSB = \sum_{i=1}^{r} \frac{T_i^2}{n_i} - CM$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SSE แทนความผันแปรภายในอื่น ๆ ที่ไม่ทราบสาเหตุ คำนวณได้โดย

$$SSE = SST - SSA - SSB$$

1. สมมติฐานการทดสอบ

การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับอิทธิพลร่วมของ 2 ปัจจัย คือ

$H_0 : (\tau\beta)_{ij} = 0$ ทุก i, j

$H_1 : (\tau\beta)_{ij} \neq 0$ สำหรับ i, j อย่างน้อย 1 ค่า

การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับอิทธิพลหลักของปัจจัย A คือ

$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = ... = \tau_a = 0$

$H_1 : \tau_i \neq 0$ อย่างน้อย 1 ค่า

การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับอิทธิพลหลักของปัจจัย B คือ

$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = ... = \beta_b = 0$

$H_1 : \beta_j \neq 0$ อย่างน้อย 1 ค่า

2. ตัวสถิติทดสอบและค่าวิกฤต

ตัวสถิติในการทดสอบอิทธิพลของทรีทเมนต์คือ $F = \dfrac{MSA}{MSE}$ และตัวสถิติทดสอบอิทธิพลของบล็อกคือ $F = \dfrac{MSB}{MSE}$ ซึ่งคำนวณจากตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองปัจจัย

แหล่งความแปรปรวน (Source of variation)	องศาอิสระ (df)	ผลรวมกำลังสอง (Sum of Square; SS)	ผลรวมกำลังสองเฉลี่ย (Mean of Square; MS) $\left(MS = \dfrac{ss}{df}\right)$	ค่าตัวสถิติ (F)
ระหว่างทรีทเมนต์	$c-1$	SSA	$MSA = \dfrac{SSA}{c-1}$	$F = \dfrac{MSA}{MSE}$
ระหว่างบล็อค	$r-1$	SSB	$MSB = \dfrac{SSB}{r-1}$	$F = \dfrac{MSB}{MSE}$
ความคลาดเคลื่อน	$(c-1)(r-1)$	SSE	$MSE = \dfrac{SSE}{(c-1)(r-1)}$	
รวม	$n-1$	SST		

ค่าวิกฤตในการทดสอบอิทธิพลของทรีทเมนต์คือ $f_{1-\alpha,c-1,(c-1)(r-1)}$

ค่าวิกฤตในการทดสอบอิทธิพลของบล็อคคือ $f_{1-\alpha,r-1,(c-1)(r-1)}$

และปฏิเสธ H_0 เมื่อค่าสถิติทดสอบ F มากกว่าค่าวิกฤต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.14 ดัชนีชี้วัดศักยภาพของความสามารถของกระบวนการ (Process Potential Capability, C_p) (เพียรกิจ [13])

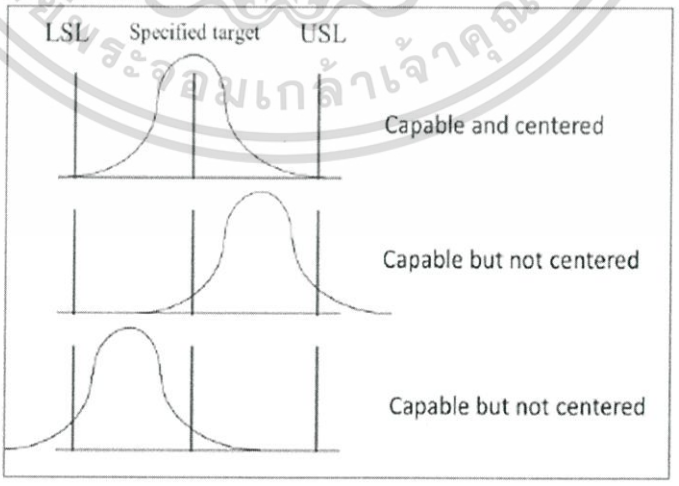
สามารถระบุได้ว่ากระบวนการดำเนินการหนึ่งมีความสามารถหรือไม่ โดยพิจารณาจากค่า C_p จากสูตรการคำนวณต่อไปนี้

$$C_p = \frac{USL - LSL}{UCL - LCL} = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

โดย $C_p = 1$ เมื่อช่วงของข้อกำหนดมาตรฐานมีค่าเท่ากับช่วงของความแปรผันตามธรรมชาติของกระบวนการ ($+3\sigma$, ความแปรผันของกระบวนการเป็นไปตามการแจกแจงปกติ (Normal Distribution) นั่นคือร้อยละ 99.73 ของค่าที่สังเกตได้ตกอยู่ในช่วง $+3\sigma$ จากค่าเฉลี่ย) ในกรณีนี้กระบวนการระบุได้ว่ามีความสามารถในระดับที่น้อยที่สุด โดยมีศักยภาพที่จะผลิตผลิตภัณฑ์ที่ไม่บกพร่องจากช่วงของข้อกำหนดเลย ก็ต่อเมื่อค่าเฉลี่ยของกระบวนการ (Process Mean) ตกอยู่ที่กึ่งกลางของช่วงของข้อกำหนดคืออยู่ที่เป้าหมายที่กำหนด ในกรณีนี้มีโอกาสที่จะผลิตผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องเพียงร้อยละ 0.27 หรือ 2700 ส่วนจากล้านส่วน (ppm) กล่าวคือมีโอกาสที่จะพบผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องออกจากช่วง $+3\sigma$ เพียง 0.0027 ส่วนจาก 1 ส่วน

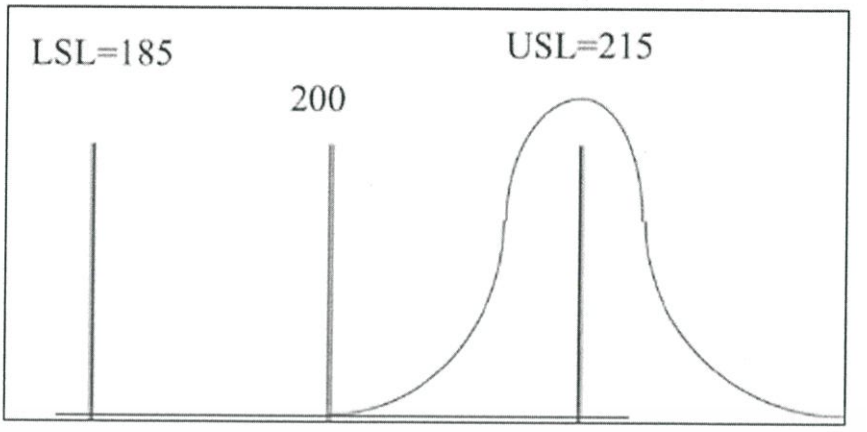
ค่า $C_p > 1$ เมื่อช่วงของข้อกำหนดมาตรฐานมีค่ามากกว่าช่วงของความแปรผันตามธรรมชาติของกระบวนการ ในกรณีนี้ระบุได้ว่ากระบวนการมีศักยภาพของความสามารถ โดยที่จะผลิตผลิตภัณฑ์ที่เป็นไปตามของข้อกำหนดได้ต่อเมื่อค่าเฉลี่ยของกระบวนการ ตกอยู่ที่กึ่งกลางของช่วงของข้อกำหนดคืออยู่ที่เป้าหมายที่กำหนด

ค่า $C_p < 1$ เมื่อช่วงของข้อกำหนดมาตรฐานมีค่าน้อยกว่าช่วงของความแปรผันตามธรรมชาติของกระบวนการ ในกรณีนี้ระบุได้ว่ากระบวนการไม่มีความสามารถ



รูปที่ 2.3 ความสามารถของกระบวนการเมื่อ C_p เท่ากับ 1 (แต่กระบวนการจะมีความสามารถหรือไม่มีความสามารถขึ้นกับค่าเฉลี่ยของกระบวนการอยู่ที่เป้าหมายของข้อกำหนดหรือไม่)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 กระบวนการผลิตที่ร้อยละ 50 ของผลิตภัณฑ์จะไม่ได้ตามข้อกำหนดแม้ว่าค่า C_p เท่ากับ 1

2.1.15 ดัชนีวัดความสามารถที่แท้จริงของกระบวนการ (Actual Process Capability Index, C_{pk}) (เพียรกิจ [13])

เมื่อค่าเฉลี่ยของกระบวนการไม่ตรงกับเป้าหมายของข้อกำหนด ค่า C_p จะไม่ให้ข้อมูลที่มีความหมายมากนัก เนื่องจากจะบอกเพียงว่าช่วงของขีดจำกัดควบคุม (Control Limit) ของกระบวนการกับช่วงของข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ค่าใดจะกว้างกว่าเท่านั้น แต่ไม่อาจบอกได้ว่ากระบวนการจะผลิตผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องหรือไม่ จำเป็นต้องใช้ค่าดัชนีวัดความสามารถ (Capability Index) อีกค่าหนึ่งเพื่อพิจารณาหาความสามารถของกระบวนการที่จะตอบสนองต่อข้อกำหนดมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ค่าดัชนีวัดความสามารถที่แท้จริงของกระบวนการ

การคำนวณหาค่า C_{pk} ทำได้โดยใช้สูตรการคำนวณต่อไปนี้

$$C_{pu} = \frac{USL - Average}{3\sigma}$$

$$C_{pl} = \frac{Average - LSL}{3\sigma}$$

C_{pk} = ค่าที่น้อยที่สุดของ $\{C_{pu}$ และ $C_{pl}\}$

ถ้า $C_{pk} < 1.0$ แล้วถือว่ากระบวนการไม่มีความสามารถ

ถ้า $C_{pk} = 1.0$ แล้วถือว่ากระบวนการมีความสามารถขั้นต่ำสุด

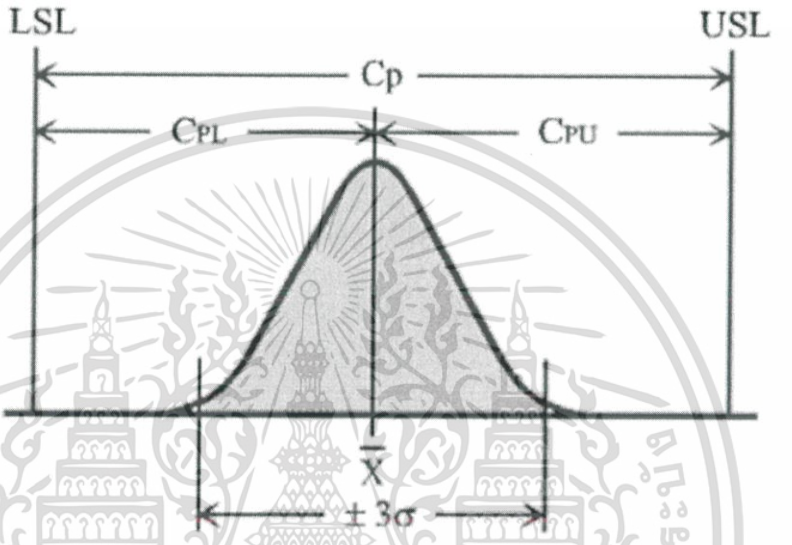
แนะนำให้ C_{pk} ควรมีค่ามากกว่า 1.33

จากรูปที่ 2.5 การที่กระบวนการผลิตจะมีความสามารถ ค่า USL และ LSL ต้องห่างจากค่าเฉลี่ยของกระบวนอย่างน้อยเท่ากับ 3σ ทำให้ความแปรปรวนโดยธรรมชาติของกระบวนการ $(+3\sigma)$ เท่ากับหรือน้อยกว่าช่วงของข้อกำหนดของกระบวนการ (Specification Limit) ในการหาค่า C_{pk} ให้เลือกค่าที่น้อยที่สุดระหว่าง C_{pu} และ C_{pl} เป็นค่า C_{pk} เพื่อความ

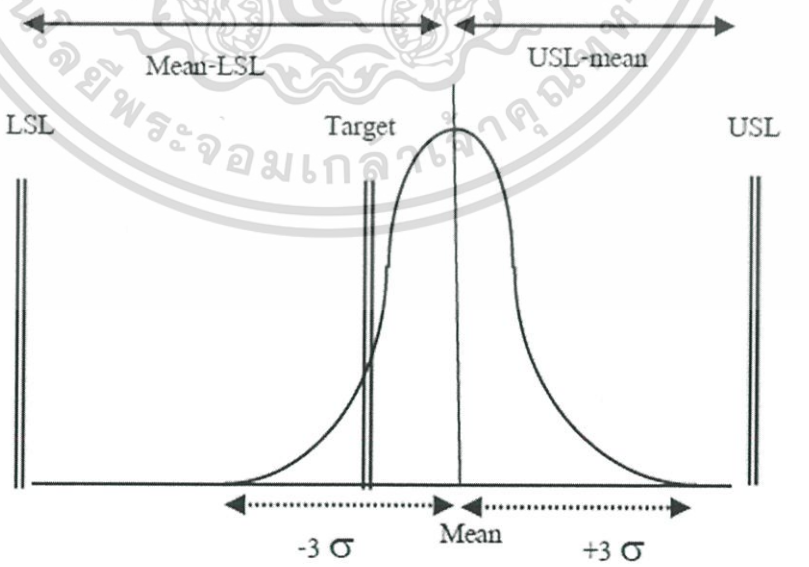
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปลอดภัยของกระบวนการในกรณีที่กระบวนการผลิตมีค่าเฉลี่ยไม่เท่ากับค่าเป้าหมายของข้อกำหนด

รูปที่ 2.5 แสดงถึงกระบวนการผลิตที่มีค่าเฉลี่ยของกระบวนการ เท่ากับค่าเป้าหมายของข้อกำหนด (Target Specification) จะเห็นได้ว่าในกรณีนี้ C_{pu} มีค่าเท่ากับ C_{pl} ดังนั้นค่า C_{pk} จึงเท่ากับ C_{pu} และ C_{pl} เนื่องจากระยะห่างระหว่าง USL กับค่าเฉลี่ยเท่ากับระยะห่างระหว่าง LSL กับค่าเฉลี่ย นอกจากนั้น C_{pk} ยังมีค่าเท่ากับ C_p



รูปที่ 2.5 รูปของกระบวนการผลิตที่มีค่าเฉลี่ยของกระบวนการตรงกับค่าเป้าหมายของข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ที่ผลิต $(C_{pu} = C_{pl} = C_{pk} = C_p)$



รูปที่ 2.6 รูปของกระบวนการผลิตที่มีค่าเฉลี่ยของกระบวนการไม่ตรงกับค่าเป้าหมายของข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ที่ผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้ากระบวนการผลิตมีค่าเฉลี่ยไม่เท่ากับเป้าหมายของข้อกำหนดตามรูปที่ 2.6 จะเห็นได้ว่าค่า C_{pu} มีค่าไม่เท่ากับ C_{pl} โดยที่ C_{pu} น้อยกว่า C_{pl} ดังนั้นค่า C_{pk} จึงเท่ากับ C_{pu} และค่า C_{pk} ในกรณีนี้จะน้อยกว่าค่า C_p ดังนั้นถ้าใช้ค่า C_p ระบุถึงความสามารถของกระบวนการอาจไม่ถูกต้องก็ได้

2.1.16 ดัชนีวัดค่าความสามารถที่แท้จริงของกระบวนการ (Actual Process Capacity Index, P_{pk}) (เพียรกิจ [13])

P_{pk} คือดัชนีชี้วัดค่าความสามารถที่แท้จริงของกระบวนการผลิตเหมือนกับ C_{pk} แต่ต่างกันที่วิธีการในการคำนวณหาค่าของความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) โดยที่ C_{pk} ใช้ค่าพิสัยของแต่ละกลุ่มย่อย (Subgroup) มาคำนวณในลักษณะที่ละเลยความแปรผันระหว่างกลุ่มย่อย ในขณะที่ P_{pk} ใช้ข้อมูลทั้งหมดในการคำนวณหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งเป็นค่าความเบี่ยงเบนของทั้งกระบวนการ ด้วยเหตุนี้ P_{pk} จึงเป็นตัวชี้วัดความสามารถของกระบวนการที่ดีกว่า เนื่องจากความเบี่ยงเบนระหว่างกลุ่มดังกล่าวที่อาจไม่มากนัก ยังคงมีผลต่อการเบี่ยงเบนทั้งหมดของผลลัพธ์ของกระบวนการผลิต

$$Process\,Capability = \min\left(\frac{USL-\mu}{3\sigma}, \frac{\mu-LSL}{3\sigma}\right)$$

โดยที่ μ คือค่าเฉลี่ยของกระบวนการ

ในกรณีที่คำนวณหา C_{pk} ใช้สูตรต่อไปนี้ในการคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$\sigma = \overline{R} / d_2$$

โดยที่ $A_2 = 3/(\mathrm{d}_2\sqrt{n})$

ค่า A_2 ดูได้จากตารางที่ใช้ในการคำนวณหาค่า $\overline{X}-chart$ และ $R-chart$

ค่า $\overline{R}$ คือค่าเฉลี่ยของค่าพิสัย (R) ของข้อมูลในกลุ่มย่อยต่าง ๆ ส่วนค่า d_2 คำนวณหาได้เมื่อทราบค่า A_2 จากตารางที่ใช้ในการสร้างแผนภูมิควบคุม

ในกรณีที่คำนวณหา P_{pk} ใช้สูตรต่อไปนี้ในการคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$\sigma = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}\sum_{i=1}^{m}(\mathrm{X}_{ij}-\overline{\overline{X}})^2/(\mathrm{nm}-1)},$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ n คือจำนวนของข้อมูลในแต่ละกลุ่มย่อย และ m คือจำนวนกลุ่มย่อยที่ทำการสุ่มมาตรวจสอบคุณภาพตามช่วงเวลาต่าง ๆ เมื่อกระบวนการผลิตดำเนินการอย่างต่อเนื่อง

2.1.17 การประเมินการวัดข้อมูลแบบนับ (Attribute Agreement Analysis) (สมพร และ ระพี [14])

ในการศึกษาความสามารถของระบบการวัดแบบอาศัยข้อมูลนับนี้ จะเป็นการประเมินแบบเปรียบเทียบชิ้นงานที่ทำการตรวจสอบกับพิกัดกับข้อกำหนดเฉพาะ ซึ่งจะทำให้สามารถประเมินผลของข้อมูลออกมาเป็นยอมรับและปฏิเสธ หรือ ผ่านและไม่ผ่าน จึงไม่สามารถประเมินผลได้ว่า คุณภาพของงานที่ตรวจสอบได้นั้นดี หรือไม่ดีอย่างไร

สำหรับการศึกษาความสามารถของระบบการวัดแบบอาศัยข้อมูลจะเป็นการประเมินโดยการเปรียบเทียบชิ้นงานที่ทำการตรวจสอบกับพิกัดของข้อกำหนดเฉพาะ ซึ่งจะทำให้สามารถประเมินผลของข้อมูลออกมาเป็นยอมรับและปฏิเสธ หรือ ผ่านและไม่ผ่าน การประเมินผลจะออกมาในรูปของความมีประสิทธิผลของการตรวจสอบ (Screen Effectiveness) อันจะหมายถึงความสามารถของระบบการวัดในการแยกแยะงานไม่ดีออกจากงานที่ดี ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้ในการยอมรับจะขึ้นอยู่กับ %ของความผิดพลาดในการตรวจสอบ (%Error) ดังนี้

1. <10% Error สามารถยอมรับความสามารถของระบบการวัดได้
2. 10% ถึง 30% อาจยอมรับได้ซึ่งขึ้นอยู่กับความสำคัญในสิ่งประยุกต์ใช้ค่าใช้จ่ายในการวัด ตลอดจนปัจจัยอื่น ๆ ฯลฯ
3. >30% ไม่สามารถยอมรับความสามารถของระบบการวัดได้และมีความจำเป็นต้องระบุถึงสาเหตุความผันแปรแล้วทำการลดหรือกำจัดทิ้ง

ในการประเมินผลกระบวนการวัดมีขั้นตอนดังนี้

1. ทำการเลือกสิ่งตัวอย่างงานจากกระบวนการผลิตประมาณ 20-30 ชิ้น โดยพยายามให้สิ่งตัวอย่างงานดังกล่าวประกอบไปด้วย สิ่งตัวอย่างงานที่มีคุณภาพดี สิ่งตัวอย่างงานที่คุณภาพไม่ดีและสิ่งตัวอย่างงานที่มีคุณภาพก้ำกึ่งในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน

2. เลือกพนักงานวัดหรือพนักงานตรวจสอบมา 2-4 คน โดยพนักงานที่เลือกมาจะต้องเป็นพนักงานที่มีหน้าที่ประจำในการตรวจสอบคุณภาพ และได้ผ่านการฝึกอบรมมาอย่างดี และผ่านการสอบประเมินผลแล้ว

3. ทำการเลือกพนักงานขึ้นมาก่อนหนึ่งคนแล้วให้ตรวจสอบสิ่งตัวอย่างสุ่มเพื่อประเมินผลของพนักงานแต่ละคนนี้ความจำเป็นต้องทำการตรวจสอบ “ซ้ำ” อย่างน้อยชิ้นงานละ 2-3 ครั้ง

4. ทำการเลือกพนักงานคนที่สองขึ้นมาแล้วดำเนินการตรวจสอบอย่างสุ่มเหมือนข้อ 3 และทำเช่นนี้กับพนักงานคนอื่น ๆ อีกจนครบทุกคนตามที่วางแผนไว้

5. ดำเนินการประเมินผลด้วยดัชนีต่าง ๆ ดังนี้

% Repeatability ของพนักงานตรวจสอบ = จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ/จำนวนครั้งที่ตรวจสอบเหมือนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

% ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ = จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ/จำนวนครั้งที่ตรวจสอบเหมือนกันและถูกต้อง

% ประสิทธิผลด้าน Repeatability ของพนักงานตรวจสอบ = จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ/จำนวนครั้งที่ทุกคนตรวจสอบได้เหมือนกัน

% ประสิทธิผลด้านความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ = จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ/จำนวนครั้งที่ทุกคนตรวจสอบถูกต้อง

% Repeatability จะใช้การวิเคราะห์ความแม่นยำในขณะที่ % ความไม่ไบอัสจะใช้วิเคราะห์ความถูกต้อง (ไบอัส หมายถึง ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าที่ได้จากการวัดอ้างอิง) และในการเปรียบเทียบเกณฑ์การยอมรับกับ %Error จะได้เท่ากับ 100 ลบค่า % เหล่านี้เป็น % Error)

ดำเนินการตัดสินใจเพื่อปฏิบัติการแก้ไขจากดัชนีที่คำนวณได้จากดัชนีตามสมการที่ หากค่า % Repeatability ของพนักงานตรวจสอบได้ต่ำกว่าเกณฑ์ (น้อยกว่า 90%) แสดงถึงการขาดความแม่นยำของพนักงานจำเป็นต้องทำการฝึกอบรมพนักงานรวมทั้งการประเมินผลพนักงานใหม่แต่หาก % ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบได้ต่ำกว่าเกณฑ์ หมายถึง การตรวจสอบของพนักงานขาดความถูกต้องจำเป็นต้องปรับปรุงวิธีการตรวจสอบเสียใหม่ และหาก % ประสิทธิผลด้านRepeatability ของการตรวจสอบ และ % ประสิทธิผลด้านความไม่ไบอัสของการตรวจสอบได้ต่ำกว่าเกณฑ์จะหมายถึงระบบการตรวจสอบขาดความแม่นยำ และขาดความถูกต้องจำเป็นต้องค้นหาสาเหตุจากดัชนีข้างต้นแล้วทำการแก้ไขให้ถูกต้อง เพื่อให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มีผู้วิจัยหลายท่านได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโปรแกรม Minitab และโปรแกรม R ได้แก่

กมล, สายทอง และสารตรัย [1] ศึกษาเปรียบเทียบความน่าเชื่อถือของโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับงานวิเคราะห์ทางสถิติ ซึ่งในงานวิจัยได้ทำการประเมินค่าทางสถิติ 3 ชนิด คือ การวิเคราะห์สถิติตัวแปรเดียว (Univariate Summary Statistic), การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียว (One-Way Analysis of Variance) และการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) ของโปรแกรมสำเร็จรูป 5 โปรแกรม ประกอบด้วย โปรแกรม SAS 9, R 2.6.2, Microsoft Excel 2007, SPSS 15 และ Minitab 15 โดยใช้ข้อมูลจาก The National Institute of Standard and Technology (NIST) ซึ่งแบ่งข้อมูลตามความยาก 3 ระดับ ระดับต่ำ, ระดับปานกลาง และระดับสูง โดยกำหนดเลขนัยสำคัญของผลลัพธ์ (Significant Digit) 15 ตำแหน่ง ซึ่งผลการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้ การวิเคราะห์สถิติตัวแปรเดียว พบว่า ค่าเฉลี่ย ให้ค่าความแม่นอยู่ในระดับสูงทั้ง 5 โปรแกรม แต่ค่าความแม่นของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในระดับสูง เมื่อความยากของข้อมูลอยู่ในระดับต่ำ และค่าความแม่นจะมีค่าต่ำลงเมื่อข้อมูลมีระดับความยากสูงขึ้นเหมือนกันทั้ง 5 โปรแกรม ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียว พบว่า โปรแกรม SAS 9, R 2.6.2, Microsoft Excel 2007 และ SPSS 15 ให้ค่าความแม่นไม่แตกต่างกัน ซึ่งค่าความแม่นของสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดสอบเอฟ และค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ขึ้นอยู่กับจำนวนค่าสังเกตกับระดับความยากของข้อมูล และโปรแกรม SPSS 15 และ Microsoft Excel 2007 จะให้ค่าต่ำลงมาก เมื่อจำนวนหลักของค่าคงตัวหน้าทศนิยมมีมากขึ้น สำหรับโปรแกรม Minitab 15 ให้ค่าความแม่นสูงสุดเมื่อข้อมูลมีระดับความยากต่ำและระดับปานกลาง เนื่องจากขีดความสามารถของโปรแกรมซึ่งไม่สามารถแสดงผลลัพธ์ได้ถึง 15 ตำแหน่ง และค่ามาตรฐานหลังทศนิยมมีค่าเป็นศูนย์ ในการวิเคราะห์การถดถอย พบว่า ค่าความแม่นของสถิติทดสอบเอฟ ของโปรแกรม SAS 9, R 2.6.2 และ Microsoft Excel 2007 มีค่าความแม่นอยู่ในระดับสูง ส่วนโปรแกรม SPSS 15 และ Minitab 15 เมื่อข้อมูลมีความยากระดับสูงจะให้ค่าความแม่นอยู่ในระดับต่ำ ส่วนค่าความแม่นของค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย เมื่อข้อมูลมีความยากระดับต่ำและปานกลางทั้ง 5 โปรแกรม จะให้ค่าความแม่นอยู่ในระดับสูง แต่เมื่อข้อมูลมีความยากระดับสูง พบว่า โปรแกรม SAS 9, R 2.6.2, Microsoft Excel 2007 และ Minitab 15 ให้ค่าความแม่นไม่แตกต่างกัน แต่โปรแกรม SPSS 15 ให้ค่าความแม่นต่ำกว่าโปรแกรมอื่น

ปรีดาภรณ์ [2] การทดสอบด้วยไคกำลังสอง เป็นการทดสอบที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลที่อยู่ในรูปความถี่ ซึ่งมีการนำมาใช้กับงานวิจัยอย่างแพร่หลาย แต่เนื่องจากงานวิจัยส่วนใหญ่มักมีข้อมูลเป็นจำนวนมาก จึงจำเป็นต้องอาศัยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติมาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านั้น โดยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติมีให้เลือกใช้หลากหลายโปรแกรม ซึ่งแต่ละโปรแกรมมีข้อดีและข้อจำกัดที่แตกต่างกัน ในบทความนี้ได้กล่าวถึงการใช้โปรแกรม 3 โปรแกรม คือ Minitab v.15, Instat v.3.36 และ R Commander 2.9.0 โดยการใช้โจทย์ปัญหา 3 ตัวอย่าง มาทดสอบด้วยไคกำลังสอง พบว่า การคำนวณค่าทางสถิติของการทดสอบด้วยไคกำลังสอง จากทั้ง 3 โปรแกรม ให้ผลลัพธ์ในข้อสรุปที่เหมือนกัน เพียงแต่มีความแตกต่างกันในเรื่องการนำเข้าข้อมูลและการแจ้งข้อความเตือนเมื่อความถี่คาดหมายมีค่าน้อยกว่า 5 เท่านั้น

นิรมลและอนัตต์ [3] การประยุกต์ใช้งานโปรแกรม R ในการวิเคราะห์ปัจจัยจากฐานข้อมูลเงินยืมทดรองจ่ายของมหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยเปรียบเทียบกับ SPSS ภายใต้แนวความคิดการทำเหมืองข้อมูล เก็บรวบรวมข้อมูลเงินยืมจากฐานข้อมูลและสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบและผู้ปฏิบัติงาน โดยใช้หลักการของการทำเหมืองข้อมูลด้วยวิธีการกรองข้อมูล เตรียมข้อมูล จากนั้นทำการสร้างโมเดลจำแนกการยืมคืนเงินยืมทดรองจ่ายโดยใช้โปรแกรม R และ SPSS และวิเคราะห์เปรียบเทียบการทำงานและประสิทธิภาพของโปรแกรม ผลการวิจัยพบว่า โปรแกรม R มีความยืดหยุ่นของรูปแบบไฟล์ข้อมูลที่นำเข้ามากกว่าโปรแกรม SPSS โปรแกรม R มีการจัดการข้อมูลที่รวดเร็ว ใช้งานง่ายไม่ต่างกับ SPSS โปรแกรม R ให้ผลวิเคราะห์ที่กระชับตรงตามความต้องการของผู้ใช้ มีความน่าเชื่อถือและให้ผลวิเคราะห์ที่เป็นรูปแบบกราฟิกที่สวยงามมีความทันสมัย ผู้ใช้งานสามารถเขียนพัฒนาโปรแกรมเพิ่มได้อีกทั้งยังไม่มีค่าใช้จ่ายในการพัฒนาโปรแกรม เหมาะสำหรับการสนับสนุนการสร้างงานวิจัยของสถานศึกษาและองค์กรที่มีข้อจำกัดด้านงบประมาณ ส่วนโปรแกรม SPSS เหมาะสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติขั้นต้นและผู้ใช้ที่ไม่มีความรู้ด้านการเขียนโปรแกรมมากนัก นอกจากนั้นจากการวิจัยสามารถนำผลการวิเคราะห์ไปใช้ช่วยแก้ปัญหาการยืมเงินเกินกว่าการใช้จ่ายจริงและลดความเสี่ยงในการสูญเงินของระบบเงินยืมทดรองจ่าย อีกทั้งยังช่วยเป็นแนวทางในการปรับปรุงและกำหนดนโยบายเงินยืมทดรองจ่ายของมหาวิทยาลัยขอนแก่นให้เข้มงวดมากขึ้นโดยออกเป็นประกาศฉบับที่ 1269/2556 ทำให้การปฏิบัติงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด ส่งผลให้ยอดการค้างชำระเงินยืมทดรองจ่ายลดลงเหลือประมาณ 10 ล้านบาทจากยอดโดยประมาณ 400 ล้านบาท ก่อนนำแนวปฏิบัติออกใช้งาน

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยขอนแก่น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากเจ้าของลิขสิทธิ์ ขอสงวนสิทธิ์ในการดำเนินการทางกฎหมายกับผู้ที่ละเมิดลิขสิทธิ์ทุกกรณี

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อศึกษาโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติที่เหมาะสมต่อเครือบริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน) โดยศึกษาจากการใช้งานคำสั่งต่าง ๆ บนโปรแกรม Minitab ที่ใช้กับแต่ละชุดข้อมูล และนำชุดข้อมูลเดียวกันนั้นมาวิเคราะห์บนโปรแกรม R เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้ว่าให้ค่าสถิติตรงกันหรือไม่ และสามารถนำมาทดแทนโปรแกรม Minitab ได้หรือไม่

1. สำรวจชุดข้อมูลและการใช้งานคำสั่งต่าง ๆ บนโปรแกรม Minitab
2. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
3. รวบรวมและศึกษาชุดข้อมูลและผลลัพธ์
4. นำชุดข้อมูลไปวิเคราะห์บนโปรแกรม R
5. เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากทั้งสองโปรแกรม
6. สรุปผลการดำเนินงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากขั้นตอนต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาข้างต้น สามารถอธิบายเป็นแผนผังแสดงลำดับขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยได้ดังรูปที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงลำดับขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยทั้งหมดที่กล่าวมานั้น สามารถอธิบายเป็นขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยอย่างละเอียด เพื่อให้การดำเนินงานวิจัยครั้งนี้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ได้ดังนี้

3.1 สำรวจชุดข้อมูลและการใช้งานคำสั่งต่าง ๆ บนโปรแกรม Minitab

การสำรวจชุดข้อมูลและการใช้งานคำสั่งต่าง ๆ บนโปรแกรม Minitab จะดำเนินงานโดยการเข้าไปสอบถามพนักงานที่ใช้โปรแกรม Minitab ในทุกแผนก เพื่อขอชุดข้อมูลและผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์บนโปรแกรม และสอบถามการใช้รูปแบบคำสั่งที่ใช้กับแต่ละชุดข้อมูล ซึ่งรูปแบบคำสั่งบนโปรแกรม Minitab แสดงได้ดังตารางที่ 3.1 จากตารางเป็นการแสดงรูปแบบคำสั่งต่าง ๆ ที่ใช้บนโปรแกรม Minitab ของทุกแผนก เพื่อแสดงให้เห็นว่ามีการใช้งานรูปแบบคำสั่งมากน้อยเพียงใด และเพื่อนำไปศึกษาต่อว่าจะสามารถประยุกต์ใช้อย่างไรบนโปรแกรม R

ตารางที่ 3.1 รูปแบบคำสั่งที่ใช้บนโปรแกรม Minitab

คำสั่งบนโปรแกรม Minitab (โดยเรียงลำดับการคลิกจาก 1 → 2 → 3 → 4)			
1	2	3	4
Stat	Basic Statistics	Display Descriptive Statistic	
		Graphical Summary	
		1 Sample Z-test	
		1 Sample T-test	
		2 Sample T-test	
		1 Proportion	
		2 Proportions	
		Correlation	
		Normality Test	
	Regression	Regression	Fit Regression Model
	ANOVA	One-Way	
		General Liner Model	Fit General Liner Model
			Comparison

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 รูปแบบคำสั่งที่ใช้บนโปรแกรม Minitab (ต่อ)

	Quality Tools	Pareto Chart	
		Capability Analysis	Normal
		Attribute Agreement Analysis	
	Power and Sample Size	2 Proportions	
Graph	Scatterplot		
	Histogram		
	Probability Plot		
	Boxplot		
	Line Plot		

การสำรวจจำนวนคอมพิวเตอร์ที่มีการลงทะเบียนโปรแกรม Minitab แสดงได้ดังตารางที่ 3.2 จากตารางเป็นการแสดงจำนวนคอมพิวเตอร์ทั้งหมดและจำนวนคอมพิวเตอร์ที่มีการลงทะเบียนโปรแกรม Minitab ในแต่ละแผนก เพื่อแสดงให้เห็นว่าในแต่ละแผนกมีการลงทะเบียนโปรแกรมดังกล่าวมากน้อยเพียงใด

ตารางที่ 3.2 จำนวนคอมพิวเตอร์ที่มีการลงทะเบียนโปรแกรม Minitab

แผนก	**จำนวนคอมพิวเตอร์**	
	ทั้งหมด	**ลงทะเบียนโปรแกรม Minitab**
1.) แผนกควบคุมคุณภาพ	14	5
2.) แผนกผลิต	25	4
3.) แผนกพัฒนาผลิตภัณฑ์	35	4
4.) แผนกไคเซ็น	9	3
5.) แผนกประกันคุณภาพ	22	2
6.) แผนกคลังสินค้า	16	-
7.) แผนกสุขาภิบาลโรงงาน	9	-
รวม	130 ≈ 100 %	18 ≈ 13.85 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษางานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจะเน้นและให้ความสำคัญกับการใช้งานคำสั่งต่าง ๆ บนโปรแกรม Minitab ของหน่วยงานซีพีดี และการนำคำสั่งต่าง ๆ ที่ใช้บนโปรแกรม Minitab ไปประยุกต์ใช้บนโปรแกรม R เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นศึกษาทฤษฎีหลักทางสถิติและรูปแบบการใช้งานของโปรแกรม R เพื่อนำมาทดแทนโปรแกรม Minitab ให้ได้ตามจุดประสงค์ของวิจัย

3.3 รวบรวมและศึกษาชุดข้อมูลและผลลัพธ์

ขั้นตอนนี้จะเป็นการรวบรวมชุดข้อมูลที่ใช้กับรูปแบบคำสั่งต่าง ๆ และผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม Minitab ของแต่ละแผนกที่มีการใช้งานโปรแกรมดังกล่าว เพื่อนำไปวิเคราะห์บนโปรแกรม R เนื่องจากชุดข้อมูลมีความแตกต่างกันตามการเก็บข้อมูลและการทำงานของแต่ละแผนก จึงต้องมีการศึกษาและทำความเข้าใจเพื่อวิเคราะห์ว่าชุดข้อมูลเหมาะสมกับรูปแบบคำสั่งที่ใช้หรือไม่ และศึกษาผลลัพธ์ที่ได้จากชุดข้อมูลว่าสามารถแปลความหมายทางสถิติอย่างไรได้บ้าง

3.4 นำชุดข้อมูลไปวิเคราะห์บนโปรแกรม R

นำชุดข้อมูลที่รวบรวมได้ไปวิเคราะห์บนโปรแกรม R โดยใช้คำสั่งต่าง ๆ ที่สะดวกต่อผู้ใช้งานและได้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับโปรแกรม Minitab มากที่สุด

3.5 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากทั้งสองโปรแกรม

เมื่อได้ผลลัพธ์จากการนำชุดข้อมูลไปวิเคราะห์บนโปรแกรม R จึงนำมาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์จากโปรแกรม Minitab ที่ได้รวบรวมมา เพื่อดูว่าผลลัพธ์ที่ได้จากทั้งสองโปรแกรมมีความใกล้เคียงกันหรือไม่ และสามารถแปลความหมายทางสถิติได้เหมือนกันหรือไม่ เพื่อหาข้อสรุปต่อไปว่าโปรแกรม R สามารถนำมาทดแทนโปรแกรม Minitab ได้หรือไม่

3.6 สรุปผลการดำเนินงานวิจัยและและข้อเสนอแนะ

รวบรวมความสามารถของโปรแกรม R และวิเคราะห์ข้อดีและข้อจำกัดเมื่อเปรียบเทียบกับโปรแกรม Minitab ในด้านต่าง ๆ รวมทั้งเสนอแนะแนวทางแก้ไขเพื่อให้เกิดความสะดวกและเหมาะสมในการใช้งานของพนักงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถของโปรแกรม Minitab และโปรแกรม R ซึ่งจากการนำข้อมูลไปวิเคราะห์บนโปรแกรมทั้งสอง สามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลบนโปรแกรม และการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม โดยจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Minitab เวอร์ชัน 16 และ 18 และโปรแกรม R เวอร์ชัน 3.4.1 และ 3.4.3

4.1 การคำนวณค่าสถิติพรรณนา (Display Descriptive Statistics)

การคำนวณค่าสถิติพรรณนา ใช้ในการนำเสนอข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาโดยนำมาบรรยายถึงลักษณะของข้อมูลที่เก็บมาได้ ทั้งในรูปแบบของ ตาราง ข้อความ แผนภูมิ หรือกราฟต่าง ๆ จะอธิบายได้เฉพาะข้อมูลชนิดนั้น ไม่สามารถนำไปใช้อ้างอิงถึงข้อมูลในส่วนอื่น ๆ จึงเป็นการสรุปเฉพาะลักษณะที่สำคัญของข้อมูลที่ศึกษาเท่านั้น ดังตารางที่ 4.1 เป็นข้อมูลเกี่ยวกับน้ำหนักก่อน-หลัง และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำของชิ้นเนื้อจากการแช่เย็น

ตารางที่ 4.1 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณค่าสถิติพรรณนา

Row	Weight Start 2hr	Weight After Chilled 2hr	%Drip loss 2hr	Weight Start 4hr	Weight After Chilled 4hr	%Drip loss 4hr	Weight Start 6hr	Weight After Chilled 6hr	%Drip loss 6hr
1	10.136	10.121	-0.148	10.141	10.106	-0.345	10.086	10.061	-0.248
2	10.186	10.171	-0.147	10.081	10.056	-0.248	10.211	10.181	-0.294
3	10.176	10.156	-0.197	10.121	10.106	-0.148	10.221	10.196	-0.245
4	10.046	10.031	-0.149	10.156	10.126	-0.295	10.126	10.101	-0.247
5	10.111	10.101	-0.099	10.091	10.001	-0.892	10.296	10.266	-0.291
6	10.146	10.131	-0.148	10.216	10.166	-0.489	10.326	10.296	-0.291
7	10.181	10.176	-0.049	10.141	10.116	-0.247	10.236	10.216	-0.195
8	10.246	10.226	-0.195	10.291	10.271	-0.194	10.146	10.131	-0.148
9	10.211	10.191	-0.196	10.181	10.161	-0.196	10.166	10.141	-0.246
10	10.186	10.166	-0.196	10.086	10.041	-0.446	10.256	10.226	-0.293
11	10.111	10.086	-0.247	10.231	10.161	-0.684	10.226	10.191	-0.342
12	10.101	10.081	-0.198	10.186	10.161	-0.245	10.181	10.146	-0.344
13	10.226	10.196	-0.293	10.211	10.186	-0.245	10.236	10.211	-0.244
14	10.071	10.056	-0.149	10.291	10.261	-0.292	10.266	10.241	-0.244
15	10.136	10.121	-0.148	10.286	10.241	-0.437	10.111	10.081	-0.297
16	10.206	10.186	-0.196	10.116	10.096	-0.198	10.246	10.216	-0.293
17	10.146	10.131	-0.148	10.196	10.156	-0.392	10.161	10.141	-0.197
18	10.081	10.121	0.397	10.066	10.041	-0.248	10.156	10.106	-0.492

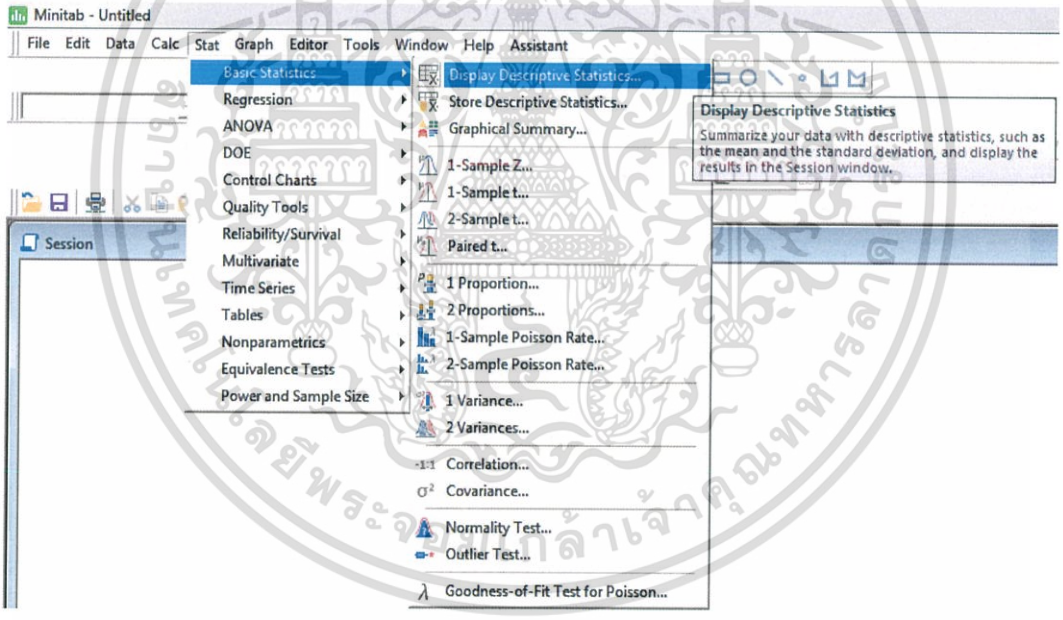
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณค่าสถิติพรรณนา (ต่อ)

19	10.191	10.171	-0.196	10.281	10.251	-0.292	10.296	10.271	-0.243
20	10.166	10.146	-0.197	10.096	10.061	-0.347	10.191	10.161	-0.294
21	10.126	10.111	-0.148	10.281	10.246	-0.340	10.131	10.106	-0.247
22	10.246	10.231	-0.146	10.276	10.221	-0.535	10.206	10.191	-0.147
23	10.156	10.136	-0.197	10.266	10.231	-0.341	10.346	10.326	-0.193
24	10.211	10.191	-0.196	10.146	10.121	-0.246	10.336	10.296	-0.387
25	10.166	10.146	-0.197	10.126	10.081	-0.444	10.156	10.136	-0.197
26	10.211	10.196	-0.147	10.121	10.076	-0.445	10.261	10.241	-0.195
27	10.196	10.171	-0.245	10.181	10.141	-0.393	10.141	10.116	-0.247
28	10.116	10.101	-0.148	10.131	10.111	-0.197	10.116	10.091	-0.247
29	10.191	10.171	-0.196	10.181	10.156	-0.246	10.176	10.151	-0.246
30	10.206	10.196	-0.098	10.141	10.116	-0.247	10.166	10.136	-0.295

โปรแกรม Minitab

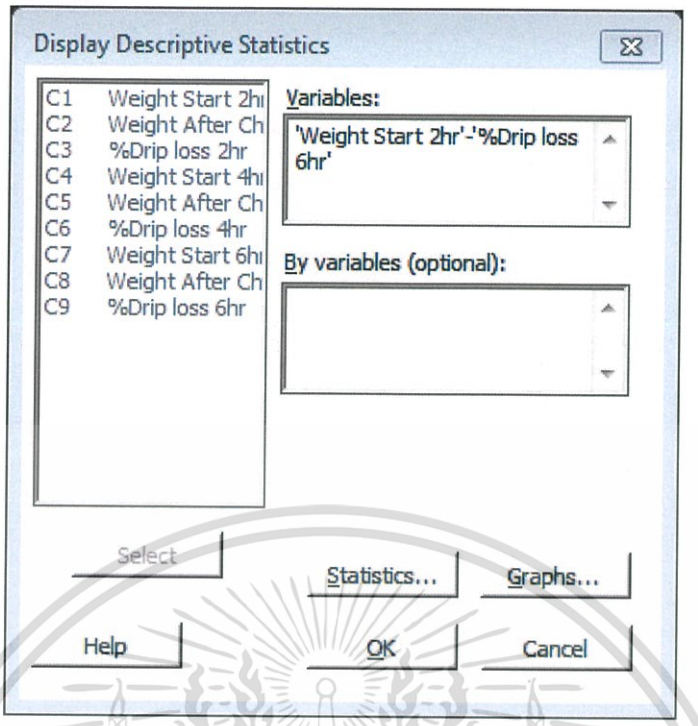
ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Stat ⟶ Basic Statistics ⟶ Display Descriptive Statistics ดังรูปที่ 4.1.1



รูปที่ 4.1.1 การใช้คำสั่งเพื่อคำนวณค่าสถิติพรรณนา สำหรับโปรแกรม Minitab

จะปรากฏหน้าต่าง Display Descriptive Statistics ดังรูปที่ 4.1.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

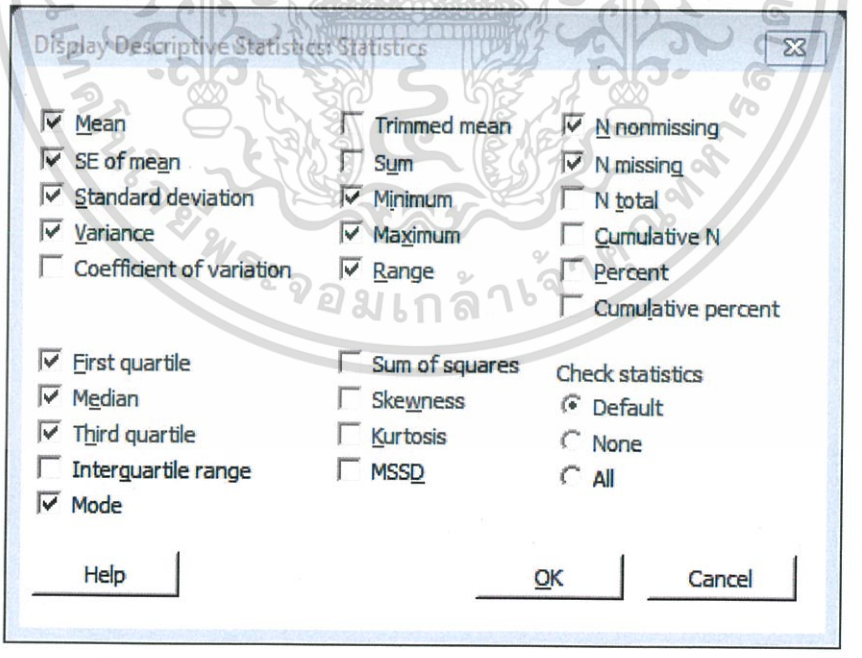


รูปที่ 4.1.2 หน้าต่าง Display Descriptive Statistics

ขั้นที่ 2 เลือกตัวแปรที่ต้องการคำนวณค่าสถิติพรรณนา ใส่ในช่อง Variables:

ขั้นที่ 3 คลิก Statistics...

จะปรากฏหน้าต่าง Display Descriptive Statistics: Statistics ดังรูปที่ 4.1.3



รูปที่ 4.1.3 หน้าต่าง Display Descriptive Statistics: Statistics

ขั้นที่ 4 เลือกค่าสถิติที่ต้องการให้แสดงผลลัพธ์ แล้วคลิก OK

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.1.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Descriptive Statistics: Weight Start 2hr, Weight After ... %Drip loss 6hr

Statistics

Variable	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Variance	Minimum	Q1
Weight Start 2hr	30	0	10.163	0.00937	0.0513	0.00263	10.046	10.124
Weight After Chilled 2hr	30	0	10.147	0.00881	0.0482	0.00233	10.031	10.119
%Drip loss 2hr	30	0	-0.1540	0.0209	0.1143	0.0131	-0.2934	-0.1966
Weight Start 4hr	30	0	10.177	0.0130	0.0712	0.0051	10.066	10.121
Weight After Chilled 4hr	30	0	10.142	0.0132	0.0723	0.0052	10.001	10.092
%Drip loss 4hr	30	0	-0.3439	0.0289	0.1583	0.0251	-0.8919	-0.4392
Weight Start 6hr	30	0	10.206	0.0128	0.0704	0.0050	10.086	10.154
Weight After Chilled 6hr	30	0	10.179	0.0128	0.0701	0.0049	10.061	10.127
%Drip loss 6hr	30	0	-0.2629	0.0127	0.0697	0.0049	-0.4923	-0.2939

Variable	Median	Q3	Maximum	Range	Mode
Weight Start 2hr	10.171	10.206	10.246	0.200	10.211
Weight After Chilled 2hr	10.151	10.187	10.231	0.200	10.171
%Drip loss 2hr	-0.1723	-0.1477	0.3968	0.6902	-0.196734, -0.196252, -0.195867, -0.147987
Weight Start 4hr	10.169	10.240	10.291	0.225	10.141, 10.181
Weight After Chilled 4hr	10.134	10.195	10.271	0.270	10.161
%Drip loss 4hr	-0.2936	-0.2455	-0.1482	0.7437	-0.246524
Weight Start 6hr	10.198	10.257	10.346	0.260	10.156, 10.166, 10.236, 10.296
Weight After Chilled 6hr	10.171	10.230	10.326	0.265	10.106, 10.136, 10.141, 10.191
%Drip loss 6hr	-0.2468	-0.2313	-0.1470	0.3453	*

Variable	N for Mode
Weight Start 2hr	3
Weight After Chilled 2hr	4
%Drip loss 2hr	2
Weight Start 4hr	3
Weight After Chilled 4hr	3
%Drip loss 4hr	2
Weight Start 6hr	2
Weight After Chilled 6hr	2
%Drip loss 6hr	0

The data contain at least five mode values. Only the smallest four are shown.

รูปที่ 4.1.4 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อคำนวณค่าสถิติพรรณนา สำหรับโปรแกรม Minitab

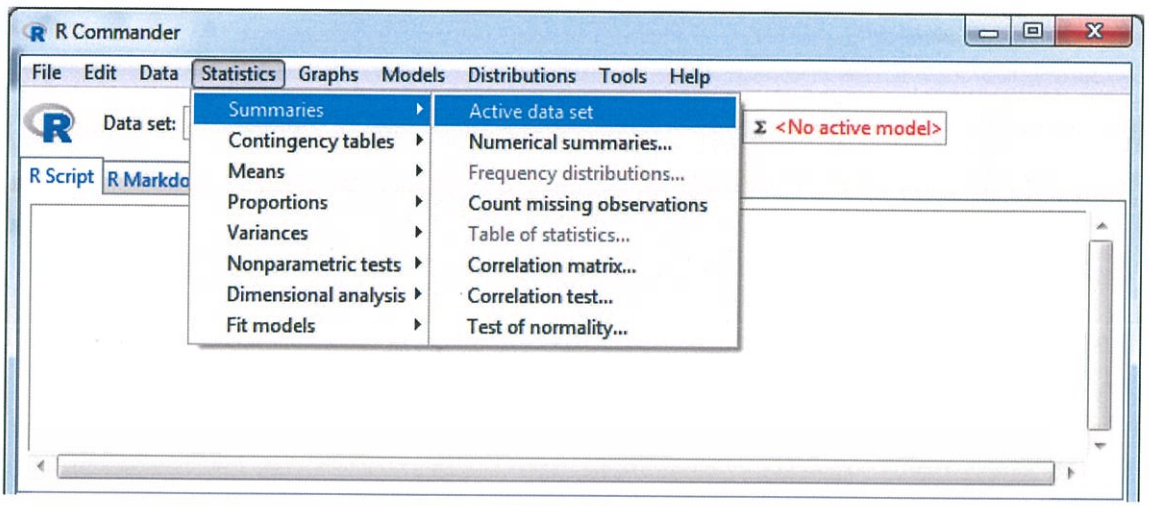
<u>โปรแกรม R</u>

○ **การใช้เมนูใน R Commander**

- **การคำนวณค่าต่ำสุด (Minimum), ค่ากลาง (Median), ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าสูงสุด (Maximum)**

  ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Statistics ⟶ Summaries ⟶ Active data set ดังรูปที่ 4.1.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1.5 การใช้คำสั่งเพื่อคำนวณค่าต่ำสุด, ค่ากลาง, ค่าเฉลี่ย และค่าสูงสุด สำหรับโปรแกรม R

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.1.6

```
> summary(Dataset)
Weight.Start.2hr Weight.After.Chilled.2hr X.Drip.loss.2hr   Weight.Start.4hr
Min.   :10.05    Min.   :10.03           Min.   :-0.2934   Min.   :10.07
1st Qu.:10.13    1st Qu.:10.12           1st Qu.:-0.1965   1st Qu.:10.12
Median :10.17    Median :10.15           Median :-0.1723   Median :10.17
Mean   :10.16    Mean   :10.15           Mean   :-0.1540   Mean   :10.18
3rd Qu.:10.20    3rd Qu.:10.18           3rd Qu.:-0.1478   3rd Qu.:10.23
Max.   :10.25    Max.   :10.23           Max.   : 0.3968   Max.   :10.29
Weight.After.Chilled.4hr X.Drip.loss.4hr   Weight.Start.6hr
Min.   :10.00            Min.   :-0.8919   Min.   :10.09
1st Qu.:10.10            1st Qu.:-0.4263   1st Qu.:10.16
Median :10.13            Median :-0.2936   Median :10.20
Mean   :10.14            Mean   :-0.3439   Mean   :10.21
3rd Qu.:10.18            3rd Qu.:-0.2458   3rd Qu.:10.25
Max.   :10.27            Max.   :-0.1482   Max.   :10.35
Weight.After.Chilled.6hr X.Drip.loss.6hr
Min.   :10.06            Min.   :-0.4923
1st Qu.:10.13            1st Qu.:-0.2935
Median :10.17            Median :-0.2468
Mean   :10.18            Mean   :-0.2629
3rd Qu.:10.22            3rd Qu.:-0.2430
Max.   :10.33            Max.   :-0.1470
```

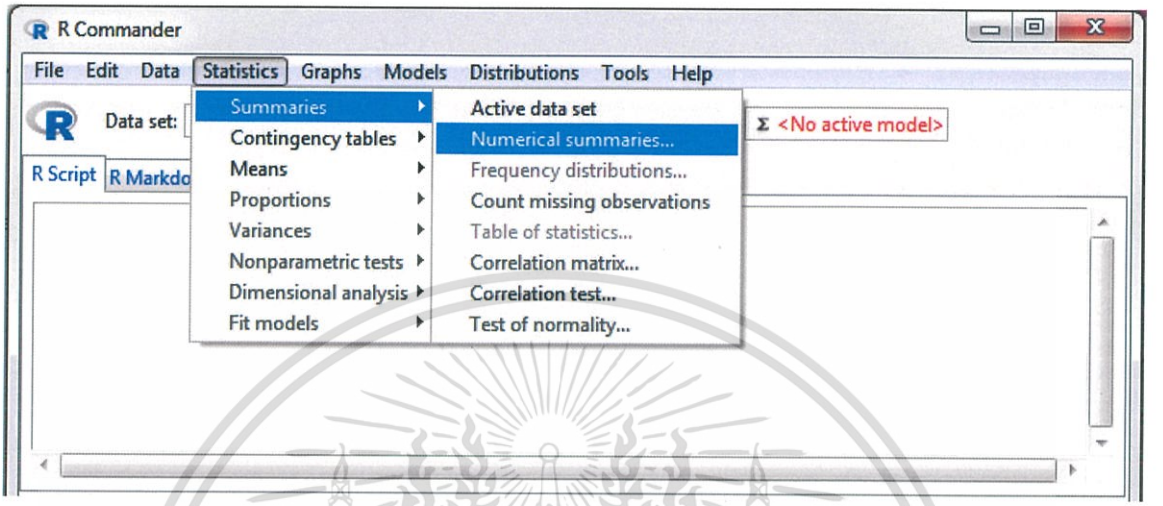
รูปที่ 4.1.6 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อคำนวณค่าต่ำสุด, ค่ากลาง, ค่าเฉลี่ย และค่าสูงสุด ของข้อมูลจากตารางที่ 4.1 สำหรับโปรแกรม R

หมายเหตุ: ค่าควอไทล์ที่ 1 (1st Quartile) และควอไทล์ที่ 3 (3rd Quartile) ที่ได้จากการใช้คำสั่ง Statistics ⟶ Summaries ⟶ Active data set บนโปรแกรม R มีความคลาดเคลื่อนจากโปรแกรม Minitab จึงควรเขียนคำสั่งเพื่อให้ได้ค่าที่ใกล้เคียงมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

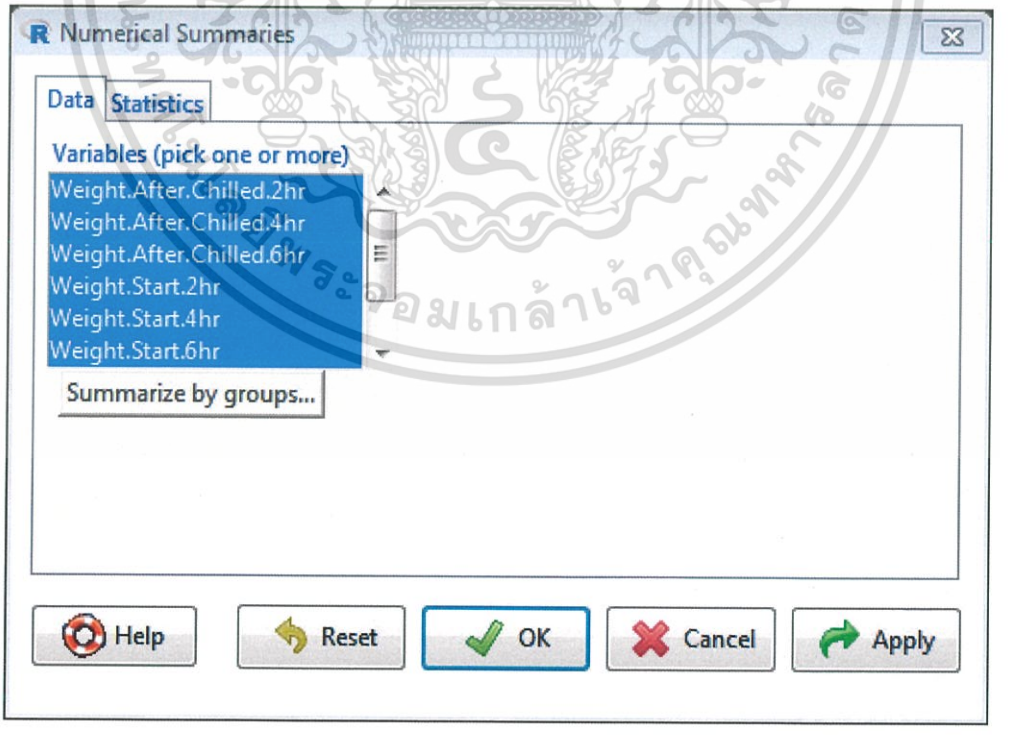
- การคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย (Standard Error of Mean), จำนวนข้อมูล (N Nonmissing) และจำนวนข้อมูลสูญหาย (N Missing)

  ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Statistics ⟶ Summaries ⟶ Numerical summaries ดังรูปที่ 4.1.7



รูปที่ 4.1.7 การใช้คำสั่งเพื่อคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย, จำนวนข้อมูล และจำนวนข้อมูลสูญหาย สำหรับโปรแกรม R

จะปรากฏหน้าต่าง Numerical Summaries ดังรูปที่ 4.1.8



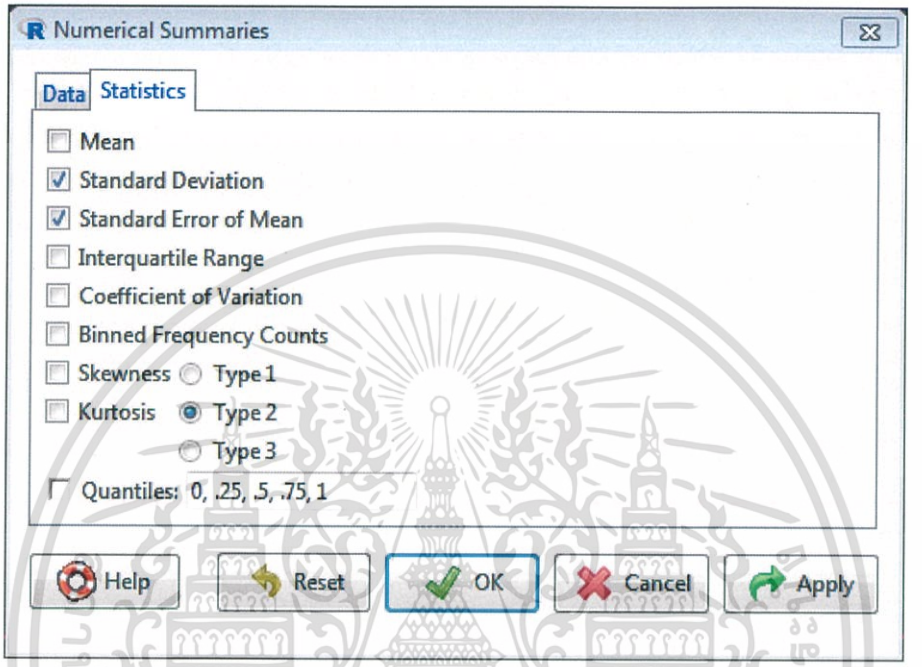
รูปที่ 4.1.8 หน้าต่าง Numerical Summaries: Data ของข้อมูลจากตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 2 เลือกตัวแปรที่ต้องการคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย, จำนวนข้อมูล และจำนวนข้อมูลสูญหาย ในช่อง Variables (pick one or more)

ขั้นที่ 3 คลิก Statistics

จะปรากฏหน้าต่าง Numerical Summaries: Statistics ดังรูปที่ 4.1.9



รูปที่ 4.1.9 หน้าต่าง Numerical Summaries: Statistics

ขั้นที่ 4 เลือกค่าสถิติที่ต้องการให้แสดงผลลัพธ์ แล้วคลิก OK

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.1.10

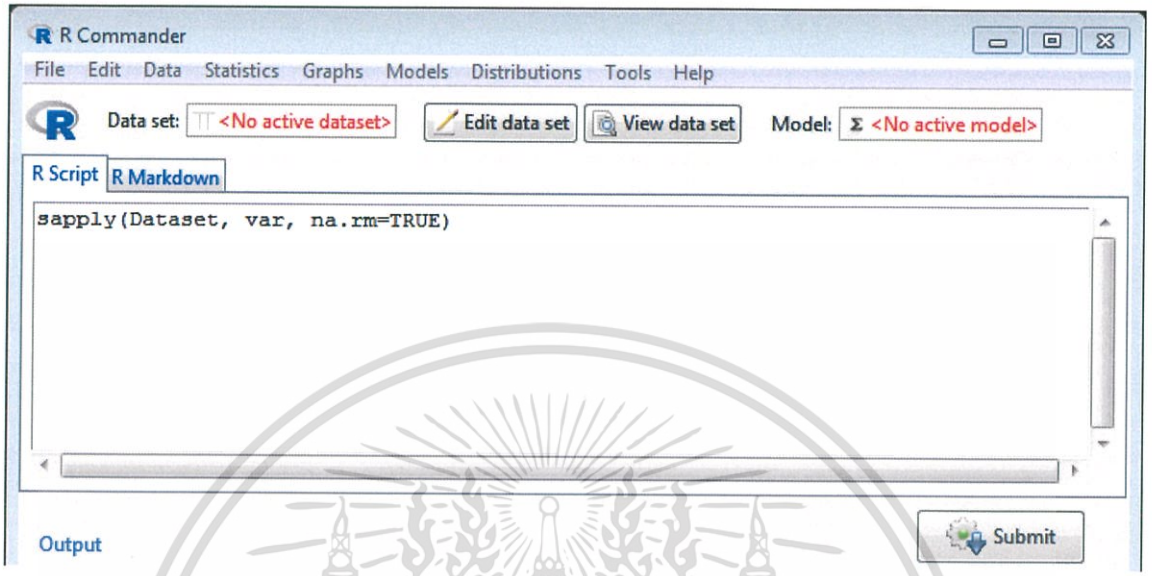
```
> numSummary(Dataset[,c("Weight.After.Chilled.2hr",
+ "Weight.After.Chilled.4hr", "Weight.After.Chilled.6hr", "Weight.Start.2hr",
+ "Weight.Start.4hr", "Weight.Start.6hr", "X.Drip.loss.2hr",
+ "X.Drip.loss.4hr", "X.Drip.loss.6hr"), drop=FALSE], statistics=c("sd",
+ "se(mean)"), quantiles=c(0,.25,.5,.75,1))
                                sd    se(mean)  n
Weight.After.Chilled.2hr 0.04823941 0.00880727 30
Weight.After.Chilled.4hr 0.07227442 0.01319544 30
Weight.After.Chilled.6hr 0.07005663 0.01279053 30
Weight.Start.2hr         0.05131853 0.00936944 30
Weight.Start.4hr         0.07121705 0.01300239 30
Weight.Start.6hr         0.07037441 0.01284855 30
X.Drip.loss.2hr          0.11431395 0.02087078 30
X.Drip.loss.4hr          0.15834618 0.02890992 30
X.Drip.loss.6hr          0.06974543 0.01273372 30
```

รูปที่ 4.1.10 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย, จำนวนข้อมูล และจำนวนข้อมูลสูญหาย ของข้อมูลจากตารางที่ 4.1 สำหรับโปรแกรม R

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การเขียนคำสั่งใน R Commander
  - การคำนวณค่าความแปรปรวน

ขั้นที่ 1 เขียนคำสั่ง sapply(Dataset, var, na.rm=TRUE) ลงบน R Script ดังรูปที่ 4.1.11



รูปที่ 4.1.11 การเขียนคำสั่งเพื่อคำนวณค่าความแปรปรวน สำหรับโปรแกรม R

ขั้นที่ 2 คลิก

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.1.12

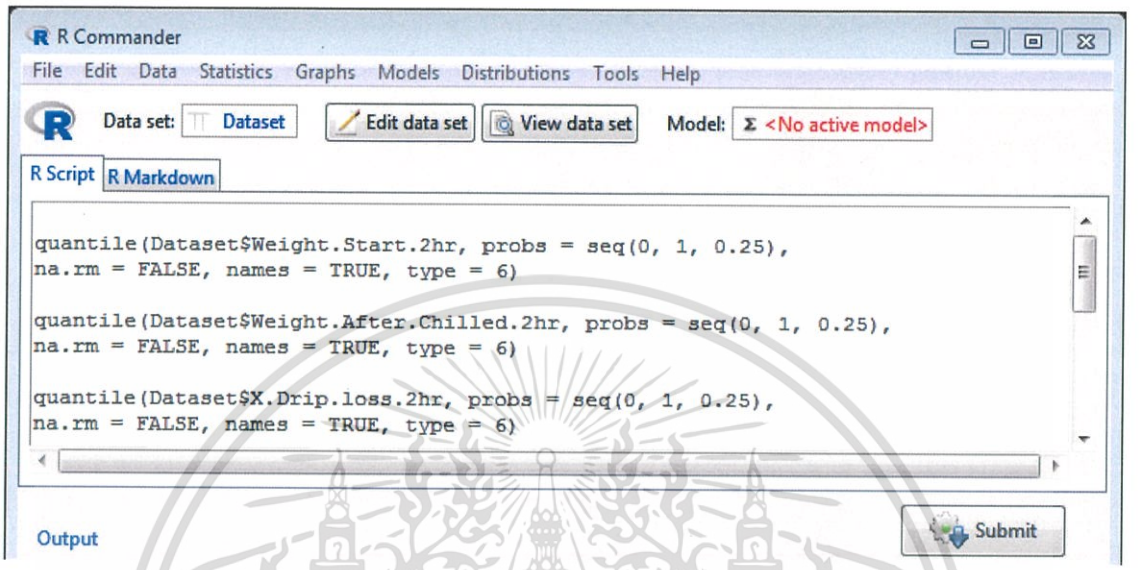
```
> sapply(Dataset, var, na.rm=TRUE)
        Weight.Start.2hr Weight.After.Chilled.2hr          X.Drip.loss.2hr
              0.002633592               0.002327040              0.013067679
        Weight.Start.4hr Weight.After.Chilled.4hr          X.Drip.loss.4hr
              0.005071868               0.005223592              0.025073512
        Weight.Start.6hr Weight.After.Chilled.6hr          X.Drip.loss.6hr
              0.004952557               0.004907931              0.004864425
```

รูปที่ 4.1.12 ผลลัพธ์จากการเขียนคำสั่งเพื่อคำนวณค่าความแปรปรวน ของข้อมูลจากตารางที่ 4.1 สำหรับโปรแกรม R

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

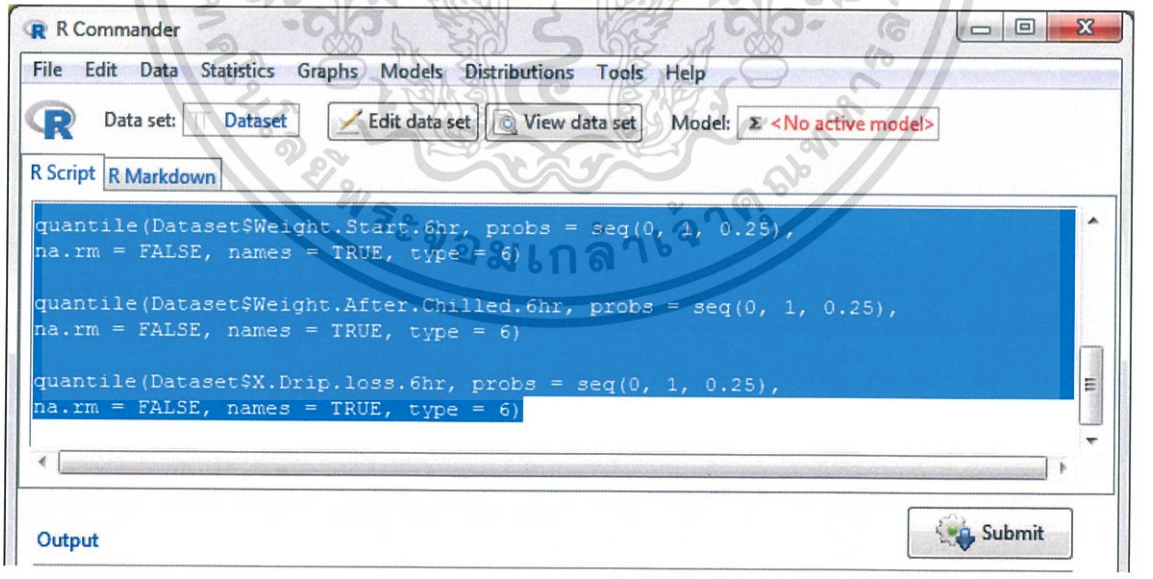
- **การคำนวณค่าควอไทล์ที่ 1 และค่าควอไทล์ที่ 3**

  ขั้นที่ 1 เขียนคำสั่ง quantile(Dataset$Weight.Start.2hr, probs = seq(0, 1, 0.25), na.rm = FALSE, names = TRUE, type = 6) ลงบน R Script โดยเขียนคำสั่งเดิมแต่เปลี่ยนชื่อตัวแปรเป็นตัวแปรตัวอื่น ๆ จนครบทุกตัว ดังรูปที่ 4.1.13



รูปที่ 4.1.13 การเขียนคำสั่งเพื่อคำนวณค่าควอไทล์ที่ 1 และค่าควอไทล์ที่ 3 ของข้อมูลจากตารางที่ 4.1 สำหรับโปรแกรม R

ขั้นที่ 2 ทำแถบดำคลุมคำสั่งทั้งหมด ดังรูปที่ 4.1.14



รูปที่ 4.1.14 การทำแถบดำคลุมคำสั่งเพื่อคำนวณค่าควอไทล์ที่ 1 และค่าควอไทล์ที่ 3 ทั้งหมด

ขั้นที่ 3 คลิก

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.1.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

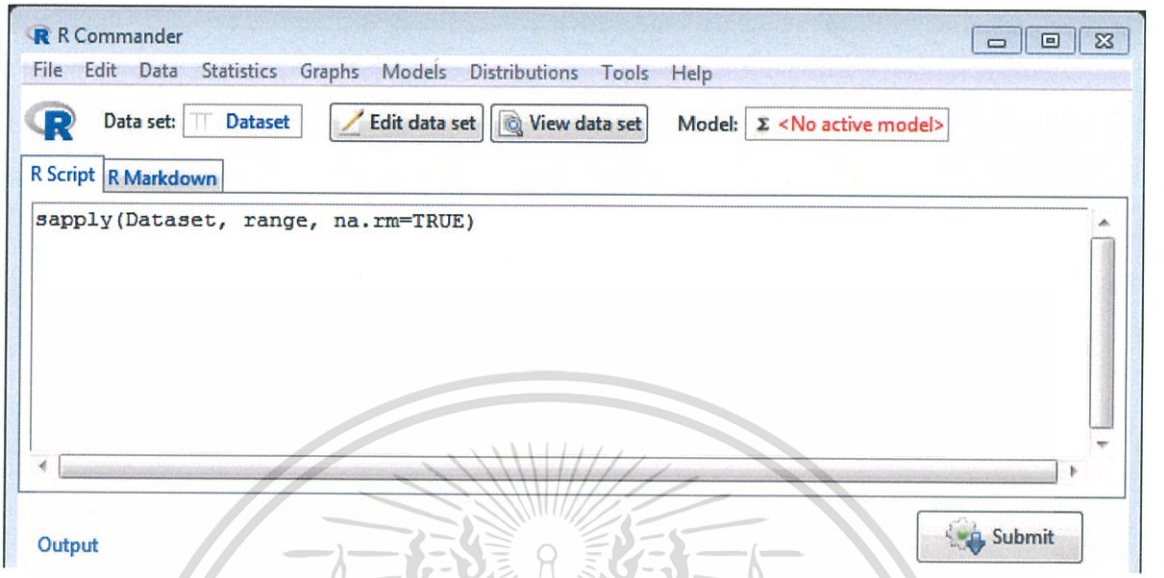
```
> quantile(Dataset$Weight.Start.2hr, probs = seq(0, 1, 0.25),
+ na.rm = FALSE, names = TRUE, type = 6)
     0%      25%      50%      75%     100%
10.0460 10.1235 10.1710 10.2060 10.2460

> quantile(Dataset$Weight.After.Chilled.2hr, probs = seq(0, 1, 0.25),
+ na.rm = FALSE, names = TRUE, type = 6)
      0%       25%       50%       75%      100%
10.03100 10.11850 10.15100 10.18725 10.23100

> quantile(Dataset$X.Drip.loss.2hr, probs = seq(0, 1, 0.25),
+ na.rm = FALSE, names = TRUE, type = 6)
        0%         25%         50%         75%        100%
-0.2933698 -0.1965892 -0.1722556 -0.1476964  0.3967860

> quantile(Dataset$Weight.Start.4hr, probs = seq(0, 1, 0.25),
+ na.rm = FALSE, names = TRUE, type = 6)
      0%       25%       50%       75%      100%
10.06600 10.12100 10.16850 10.23975 10.29100

> quantile(Dataset$Weight.After.Chilled.4hr, probs = seq(0, 1, 0.25),
+ na.rm = FALSE, names = TRUE, type = 6)
      0%       25%       50%       75%      100%
10.00100 10.09225 10.13350 10.19475 10.27100

> quantile(Dataset$X.Drip.loss.4hr, probs = seq(0, 1, 0.25),
+ na.rm = FALSE, names = TRUE, type = 6)
        0%         25%         50%         75%        100%
-0.8918839 -0.4392160 -0.2935961 -0.2455253 -0.1482067

> quantile(Dataset$Weight.Start.6hr, probs = seq(0, 1, 0.25),
+ na.rm = FALSE, names = TRUE, type = 6)
      0%       25%       50%       75%      100%
10.08600 10.15350 10.19850 10.25725 10.34600

> quantile(Dataset$Weight.After.Chilled.6hr, probs = seq(0, 1, 0.25),
+ na.rm = FALSE, names = TRUE, type = 6)
      0%       25%       50%       75%      100%
10.06100 10.12725 10.17100 10.22975 10.32600

> quantile(Dataset$X.Drip.loss.6hr, probs = seq(0, 1, 0.25),
+ na.rm = FALSE, names = TRUE, type = 6)
        0%         25%         50%         75%        100%
-0.4923198 -0.2939450 -0.2468283 -0.2313415 -0.1469724
```

รูปที่ 4.1.15 ผลลัพธ์จากการเขียนคำสั่งเพื่อคำนวณค่าควอไทล์ที่ 1 และค่าควอไทล์ที่ 3 ของข้อมูลจากตารางที่ 4.1 สำหรับโปรแกรม R

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **การคำนวณค่าพิสัย**

ขั้นที่ 1 เขียนคำสั่ง sapply(Dataset, range, na.rm=TRUE) ลงบน R Script ดังรูปที่ 4.1.16



รูปที่ 4.1.16 การเขียนคำสั่งเพื่อคำนวณค่าพิสัย สำหรับโปรแกรม R

ขั้นที่ 5 คลิก

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.1.17

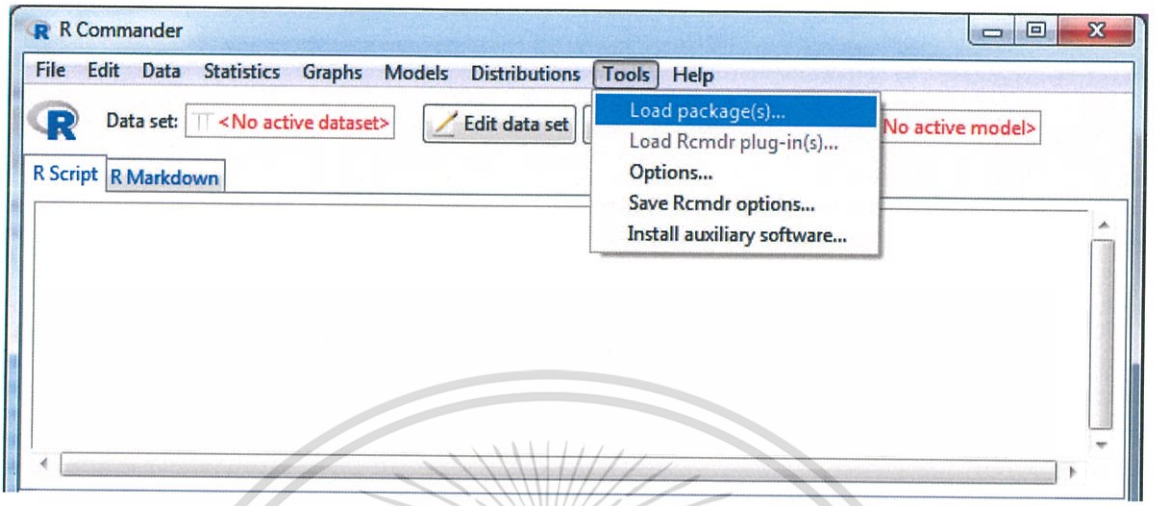
```
> sapply(Dataset, range, na.rm=TRUE)
     Weight.Start.2hr Weight.After.Chilled.2hr X.Drip.loss.2hr Weight.Start.4hr
[1,]           10.046                   10.031      -0.2933698           10.066
[2,]           10.246                   10.231       0.3967860           10.291
     Weight.After.Chilled.4hr X.Drip.loss.4hr Weight.Start.6hr
[1,]                   10.001      -0.8918839           10.086
[2,]                   10.271      -0.1482067           10.346
     Weight.After.Chilled.6hr X.Drip.loss.6hr
[1,]                   10.061      -0.4923198
[2,]                   10.326      -0.1469724
```

รูปที่ 4.1.17 ผลลัพธ์จากการเขียนคำสั่งเพื่อคำนวณค่าพิสัยของข้อมูลจากตารางที่ 4.1 สำหรับโปรแกรม R

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

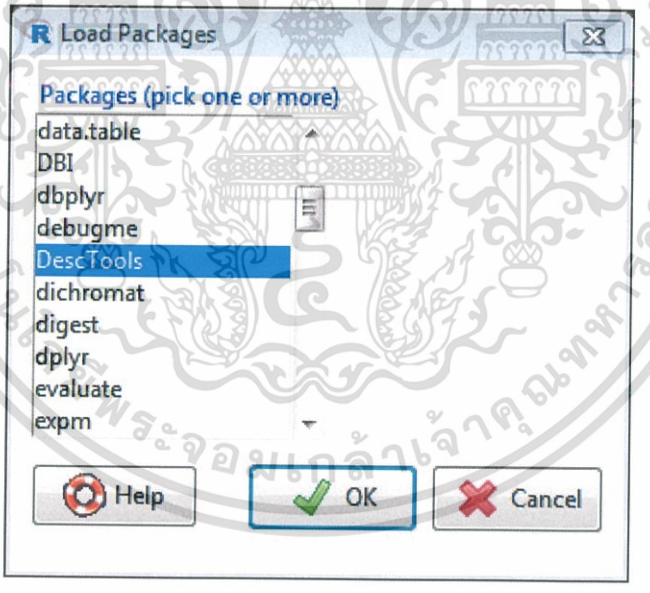
- การคำนวณค่าฐานนิยม

ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Tools ⟶ Load package(s) ดังรูปที่ 4.1.18



รูปที่ 4.1.18 การใช้คำสั่งเพื่อโหลดแพ็กเกจ สำหรับโปรแกรม R

จะปรากฏหน้าต่าง Load Packages ดังรูปที่ 4.1.19

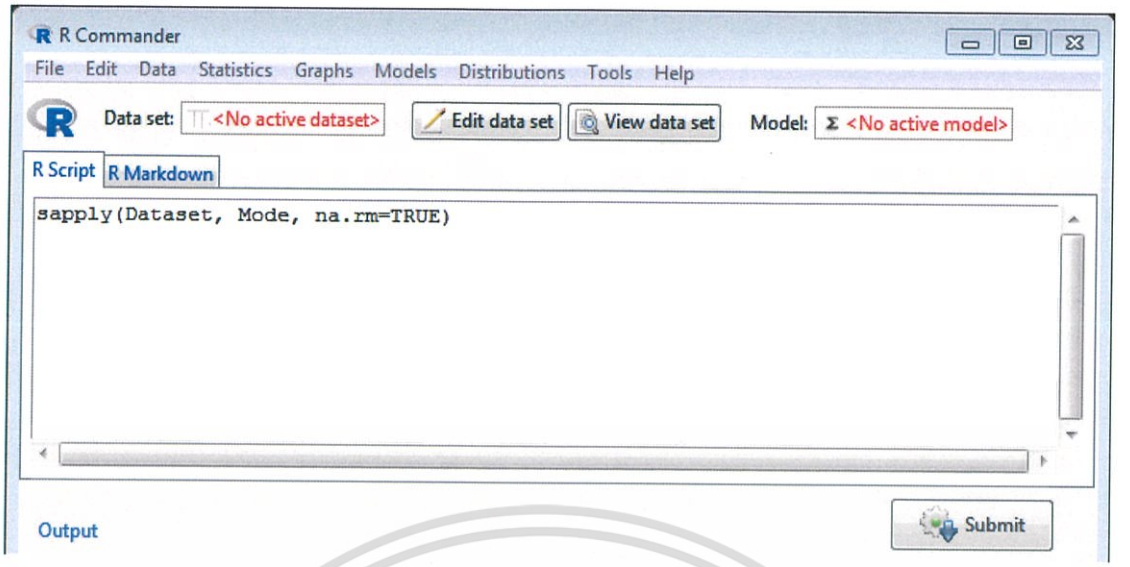


รูปที่ 4.1.19 หน้าต่าง Load Packages

ขั้นที่ 2 เลือกแพ็กเกจ DescTools เพื่อเขียนคำสั่ง “Mode” แล้วคลิก

ขั้นที่ 3 เขียนคำสั่ง sapply(Dataset, Mode, na.rm=TRUE) ลงบน R Script ดังรูปที่ 4.1.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1.20 การเขียนคำสั่งเพื่อคำนวณค่าฐานนิยม สำหรับโปรแกรม R

ขั้นที่ 4 คลิก Submit

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.1.21

```
> sapply(Dataset, Mode, na.rm=TRUE)
$Weight.Start.2hr
[1] 10.211

$Weight.After.Chilled.2hr
[1] 10.171

$X.Drip.loss.2hr
[1] -0.1967342 -0.1962516 -0.1958672 -0.1479874 -0.1478415

$Weight.Start.4hr
[1] 10.141 10.181

$Weight.After.Chilled.4hr
[1] 10.161

$X.Drip.loss.4hr
[1] -0.246524

$Weight.Start.6hr
[1] 10.156 10.166 10.236 10.296

$Weight.After.Chilled.6hr
[1] 10.106 10.136 10.141 10.191 10.216 10.241 10.296

$X.Drip.loss.6hr
 [1] -0.4923198 -0.3869969 -0.3437776 -0.3422648 -0.2967066 -0.2951013
 [7] -0.2943774 -0.2938008 -0.2927972 -0.2925117 -0.2913753 -0.2905288
[13] -0.2478683 -0.2471333 -0.2468892 -0.2467673 -0.2465240 -0.2459178
[19] -0.2456761 -0.2445945 -0.2442360 -0.2435223 -0.2428127 -0.1969279
[25] -0.1968310 -0.1953888 -0.1949128 -0.1933114 -0.1478415 -0.1469724
```

รูปที่ 4.1.21 ผลลัพธ์จากการเขียนคำสั่งเพื่อคำนวณค่าฐานนิยมของข้อมูลจากตารางที่ 4.1 สำหรับโปรแกรม R

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการคำนวณค่าสถิติพรรณนา โดยใช้ตัวแปร Weight After Chilled 6hr เป็นตัวอย่างในการเปรียบเทียบ

	โปรแกรม Minitab	โปรแกรม R
N	30	30
N missing	0	
Mean	10.179	10.18
Standard Error of Mean	0.0128	0.01279053
Standard Deviation	0.0701	0.07005663
Variance	0.0049	0.004907931
Minimum	10.061	10.06
1st Quartile	10.127	10.12725
Median	10.171	10.17
3rd Quartile	10.230	10.22975
Maximum	10.326	10.33
Range	0.265	10.061 10.326
Mode	10.106, 10.136, 10.141, 10.191	10.106, 10.136, 10.141, 10.191, 10.216, 10.241, 10.296
N for Mode	2	

จากตารางที่ 4.2 พบว่า

1. ผลลัพธ์จากโปรแกรม Minitab และ R ได้ค่าสถิติที่ใกล้เคียงกัน
2. กรณีไม่มีข้อมูลสูญหาย โปรแกรม Minitab แสดงค่าเป็น 0 ในขณะที่โปรแกรม R ไม่แสดงค่า
3. โปรแกรม Minitab แสดงค่าพิสัย ในขณะที่โปรแกรม R แสดงค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด ซึ่งสามารถนำมาคำนวณค่าพิสัยได้
4. โปรแกรม Minitab แสดงค่าฐานนิยมได้มากที่สุด 4 ค่า ในขณะที่โปรแกรม R แสดงค่าฐานนิยมได้มากกว่า 4 ค่า
5. โปรแกรม Minitab แสดงจำนวนซ้ำของค่าฐานนิยม ในขณะที่โปรแกรม R ไม่แสดงค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การคำนวณผลสรุปรวมของค่าสถิติและกราฟ (Graphical Summary)

การคำนวณผลสรุปรวมของค่าสถิติและกราฟ เป็นการสรุปข้อมูลตัวเลขด้วยสถิติต่าง ๆ เช่น ขนาดตัวอย่าง ค่ามัธยฐาน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน นอกจากนี้ยังสามารถอธิบายการแจกแจงของข้อมูลด้วยกราฟ ทดสอบการแจกแจงปกติด้วยสถิติทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง และดูช่วงความเชื่อมั่นสำหรับค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่ามัธยฐาน โดยข้อมูลที่ใช้จะเป็นข้อมูลเชิงปริมาณ ดังตารางที่ 4.3 เป็นตัวอย่างข้อมูลระยะเวลาในการนำเนื้อออกจากบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 แบบ

สมมติฐาน

H_0 : ข้อมูลถุงมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ข้อมูลถุงไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

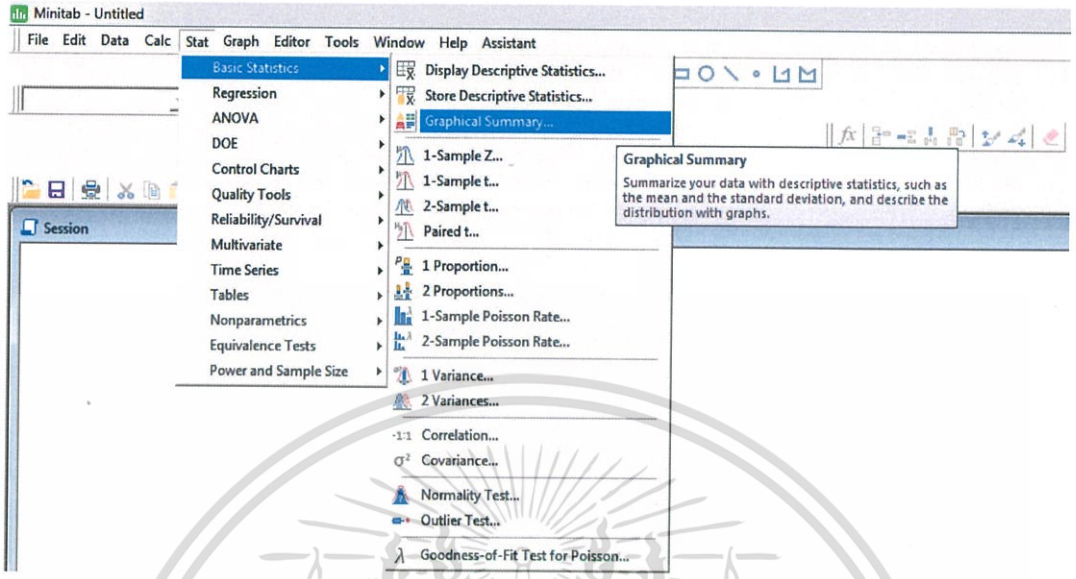
ตารางที่ 4.3 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณผลสรุปรวมของค่าสถิติและกราฟ

Row	ถุง	ถาด1	ถาด2	Row	ถุง	ถาด1	ถาด2
1	3.15	2.41	2.05	16	2.81	2.23	1.57
2	2.24	2.63	1.90	17	3.84	2.54	3.19
3	2.92	2.97	1.71	18	3.23	1.53	3.40
4	2.37	2.72	1.51	19	3.20	1.76	2.16
5	2.25	3.30	2.56	20	3.92	2.27	1.89
6	3.49	1.47	2.13	21	3.38	1.48	1.32
7	2.53	2.57	2.80	22	2.68	1.49	2.93
8	3.38	2.49	2.14	23	3.28	1.34	1.54
9	3.05	1.83	1.64	24	1.92	1.26	2.06
10	3.20	2.23	2.28	25	3.75	1.08	1.52
11	2.26	2.57	1.43	26	2.97	3.19	3.73
12	2.95	1.55	1.47	27	3.50	1.30	1.32
13	3.00	2.41	1.23	28	3.12	1.81	2.18
14	2.53	1.63	2.74	29	3.17	1.61	1.50
15	3.18	3.17	2.16	30	2.33	1.03	2.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

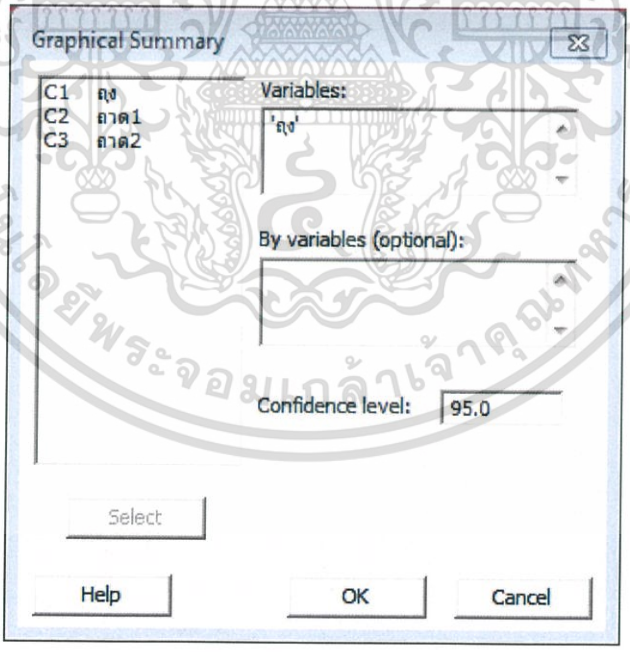
<u>โปรแกรม Minitab</u>

ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Stat ⟶ Basic Statistics ⟶ Graphical Summary ดังรูปที่ 4.2.1



รูปที่ 4.2.1 การใช้คำสั่งเพื่อคำนวณผลสรุปรวมของค่าสถิติและกราฟ สำหรับโปรแกรม Minitab

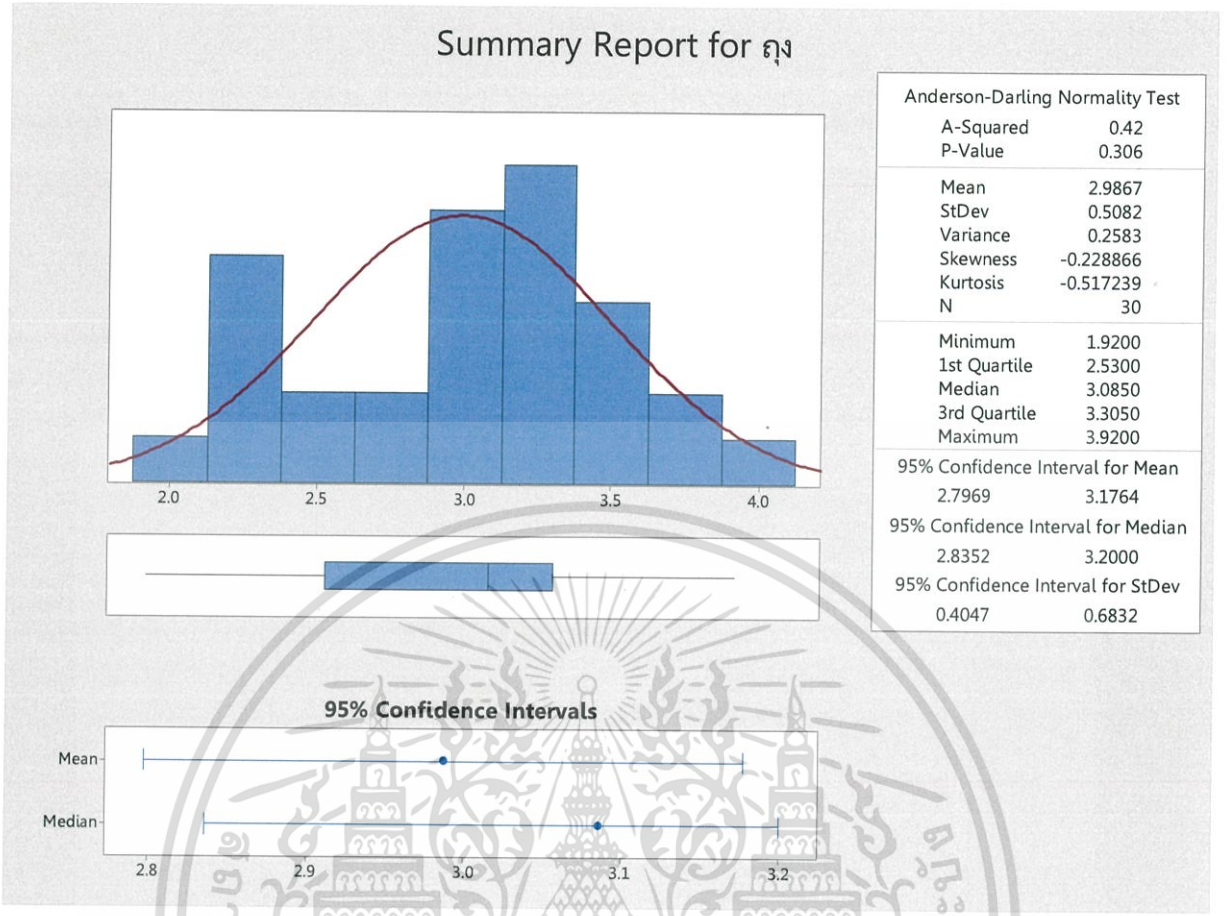
จะปรากฏหน้าต่าง Graphical Summary ดังรูปที่ 4.2.2



รูปที่ 4.2.2 หน้าต่าง Graphical Summary

ขั้นที่ 2 เลือกตัวแปรที่ต้องการคำนวณผลสรุปรวมของค่าสถิติและกราฟ ใส่ในช่อง Variables: แล้วคลิก OK จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2.3 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อคำนวณผลสรุปรวมของค่าสถิติและกราฟ สำหรับโปรแกรม Minitab

จากรูปที่ 4.2.3 ได้ค่า P-value = 0.3064 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ข้อมูลถุงมีการแจกแจงแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

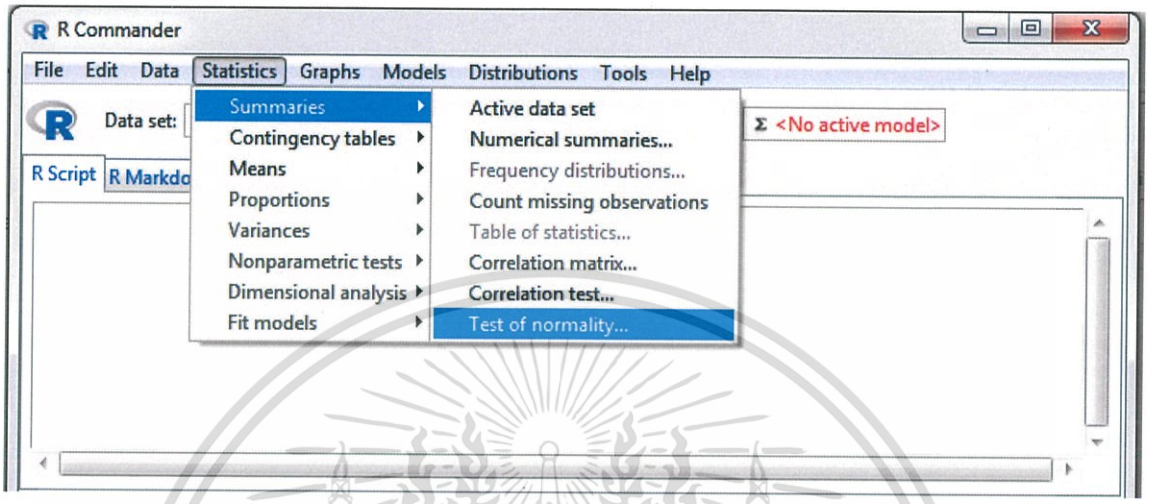
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม R

○ การใช้เมนูใน R Commander

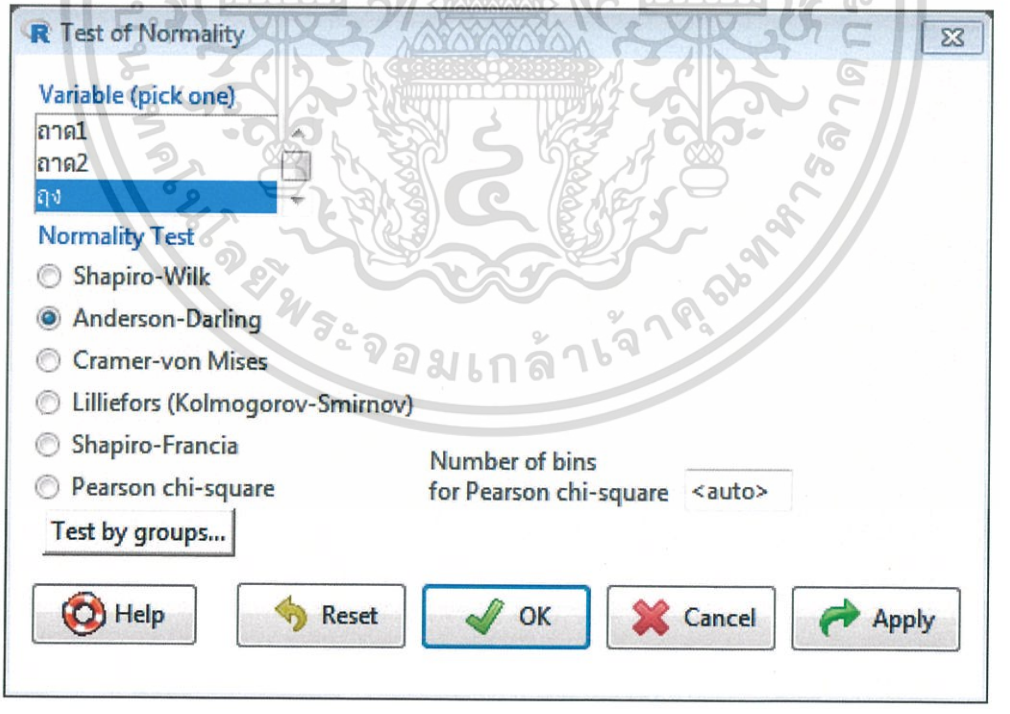
- การทดสอบการแจกแจงปกติ

ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Statistics ⟶ Summaries ⟶ Test of normality ดังรูปที่ 4.2.4



รูปที่ 4.2.4 การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ สำหรับโปรแกรม R

จะปรากฏหน้าต่าง Test of Normality ดังรูปที่ 4.2.5



รูปที่ 4.2.5 หน้าต่าง Test of Normality ของข้อมูลจากตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 2 เลือกตัวแปรที่ต้องการทดสอบการแจกแจงปกติ ในช่อง Variables (pick one) Normality Test เลือกตัวสถิติที่ต้องการทดสอบ แล้วคลิก OK จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.2.6

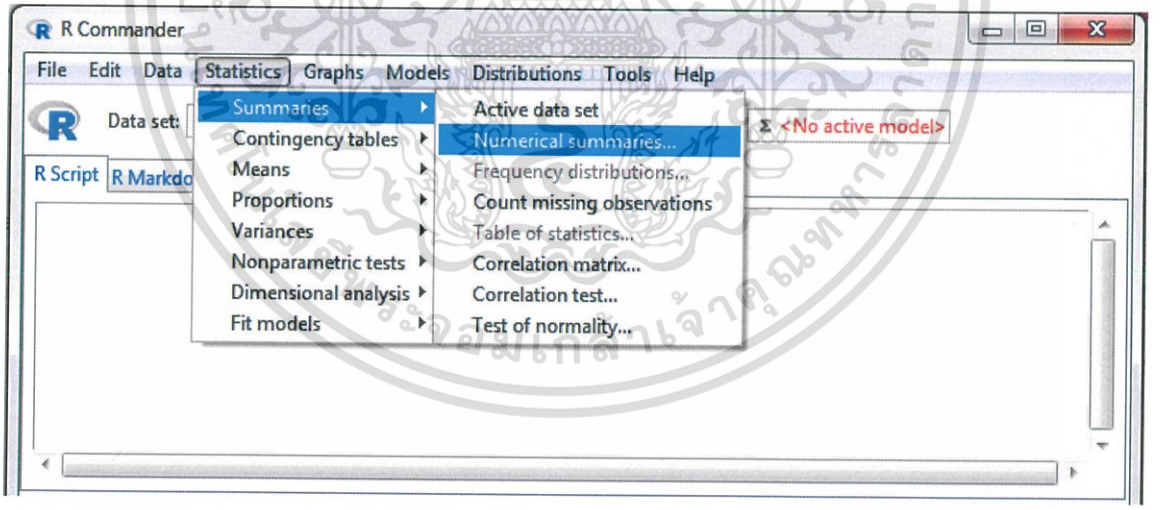
```
> normalityTest(~ถุง, test="ad.test", data=Dataset)

Anderson-Darling normality test

data:  ถุง
A = 0.41947, p-value = 0.3064
```

รูปที่ 4.2.6 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ ของข้อมูลจากตารางที่ 4.3 สำหรับโปรแกรม R

จากรูปที่ 4.2.6 ได้ค่า P-value = 0.3064 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ข้อมูลถุงมีการแจกแจงแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

- **การคำนวณค่าเฉลี่ย, ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าความเบ้, ค่าความโด่ง และจำนวนข้อมูล**

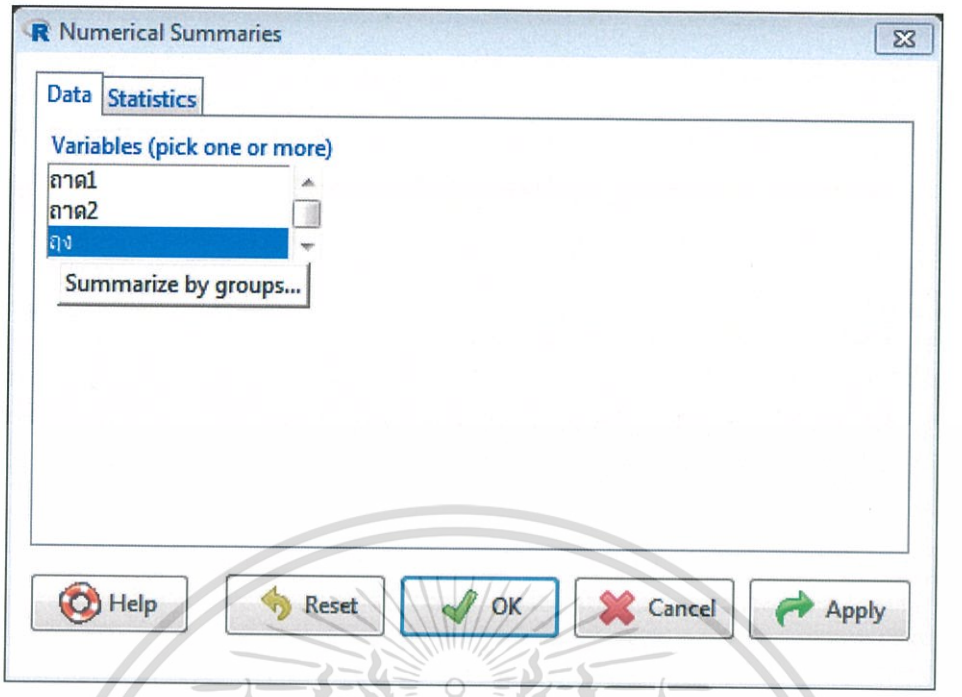
  ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Statistics ⟶ Summaries ⟶ Numerical summaries ดังรูปที่ 4.2.7



รูปที่ 4.2.7 การใช้คำสั่งเพื่อคำนวณค่าเฉลี่ย, ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าความเบ้, ค่าความโด่ง และจำนวนข้อมูล สำหรับโปรแกรม R

จะปรากฏหน้าต่าง Numerical Summaries ดังรูปที่ 4.2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

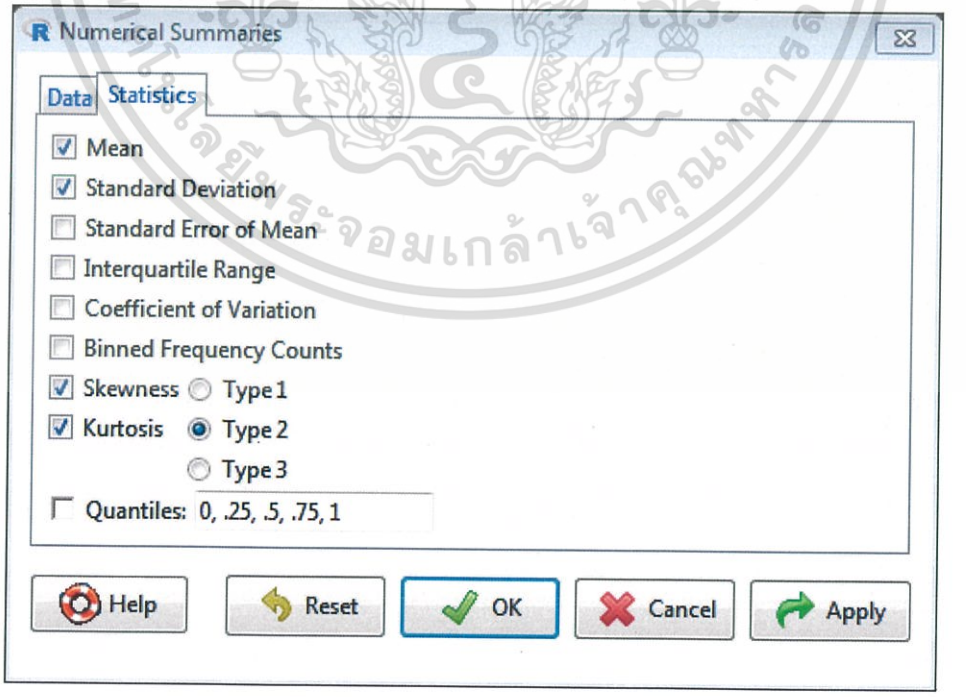


รูปที่ 4.2.8 หน้าต่าง Numerical Summaries: Data ของข้อมูลจากตารางที่ 4.3

ขั้นที่ 2 เลือกตัวแปรที่ต้องการคำนวณค่าเฉลี่ย, ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าความเบ้, ค่าความโด่ง และจำนวนข้อมูล ในช่อง Variables (pick one or more)

ขั้นที่ 3 คลิก Statistics

จะปรากฏหน้าต่าง Numerical Summaries: Statistics ดังรูปที่ 4.2.9



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2.9 หน้าต่าง Numerical Summaries: Statistics

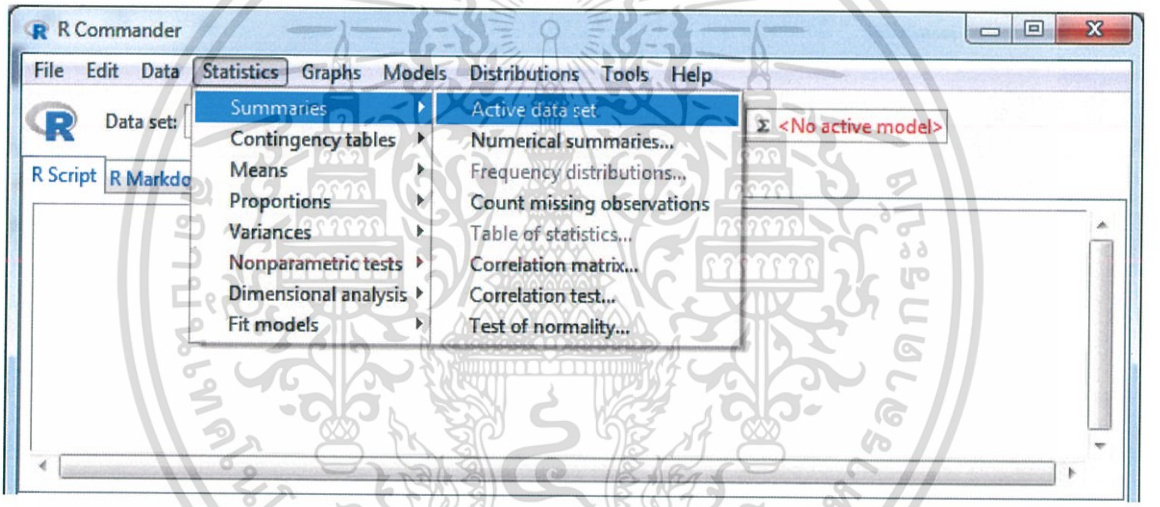
ขั้นที่ 4 เลือกค่าสถิติที่ต้องการให้แสดงผลลัพธ์ แล้วคลิก OK จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.2.10

```
> numSummary(Dataset[,"ถุง", drop=FALSE], statistics=c("mean", "sd",
+   "skewness", "kurtosis"), quantiles=c(0,.25,.5,.75,1), type="2")
     mean        sd   skewness   kurtosis  n
 2.986667 0.5082107 -0.2288664 -0.5172387 30
```

รูปที่ 4.2.10 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อคำนวณค่าเฉลี่ย, ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าความเบ้, ค่าความโด่ง และจำนวนข้อมูล ของข้อมูลจากตารางที่ 4.3 สำหรับโปรแกรม R

- **การคำนวณค่าต่ำสุด, ค่ากลาง, ค่าเฉลี่ย และค่าสูงสุด**

  ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Statistics ⟶ Summaries ⟶ Active data set ดังรูปที่ 4.2.11



รูปที่ 4.2.11 การใช้คำสั่งเพื่อคำนวณค่าต่ำสุด, ค่ากลาง, ค่าเฉลี่ย และค่าสูงสุด สำหรับโปรแกรม R

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.2.12

```
> summary(Dataset)
      ถุง             ถาด1            ถาด2
 Min.   :1.920   Min.   :1.030   Min.   :1.230
 1st Qu.:2.567   1st Qu.:1.500   1st Qu.:1.525
 Median :3.085   Median :2.030   Median :2.055
 Mean   :2.987   Mean   :2.062   Mean   :2.079
 3rd Qu.:3.268   3rd Qu.:2.562   3rd Qu.:2.310
 Max.   :3.920   Max.   :3.300   Max.   :3.730
```

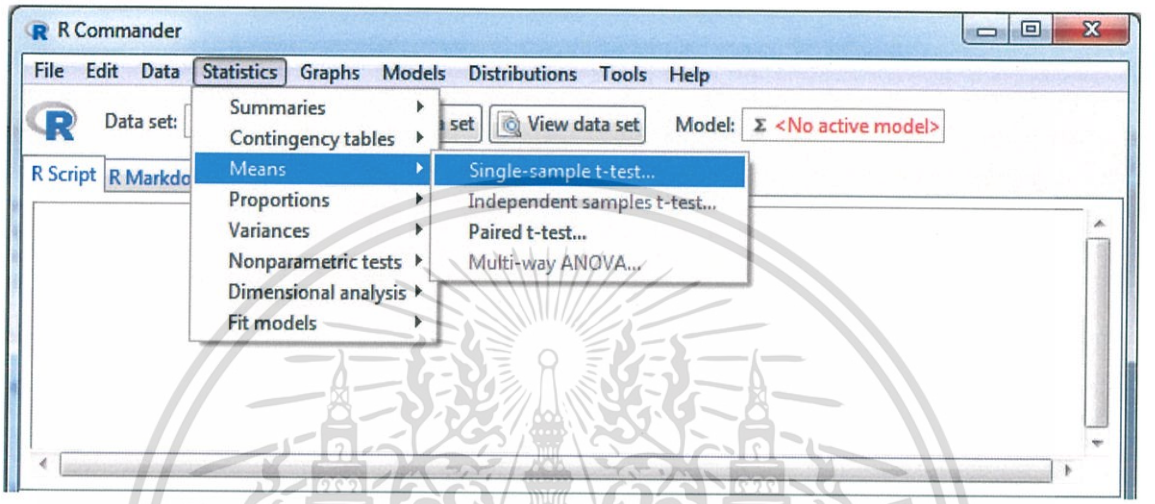
รูปที่ 4.2.12 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อคำนวณค่าต่ำสุด, ค่ากลาง, ค่าเฉลี่ย และค่าสูงสุด ของข้อมูลจากตารางที่ 4.3 สำหรับโปรแกรม R

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ: ค่าควอไทล์ที่ 1 (1st Quartile) และควอไทล์ที่ 3 (3rd Quartile) ที่ได้จากการใช้คำสั่ง Statistics ⟶ Summaries ⟶ Active data set บนโปรแกรม R มีความคลาดเคลื่อนจากโปรแกรม Minitab จึงควรเขียนคำสั่งเพื่อให้ได้ค่าที่ใกล้เคียงมากยิ่งขึ้น

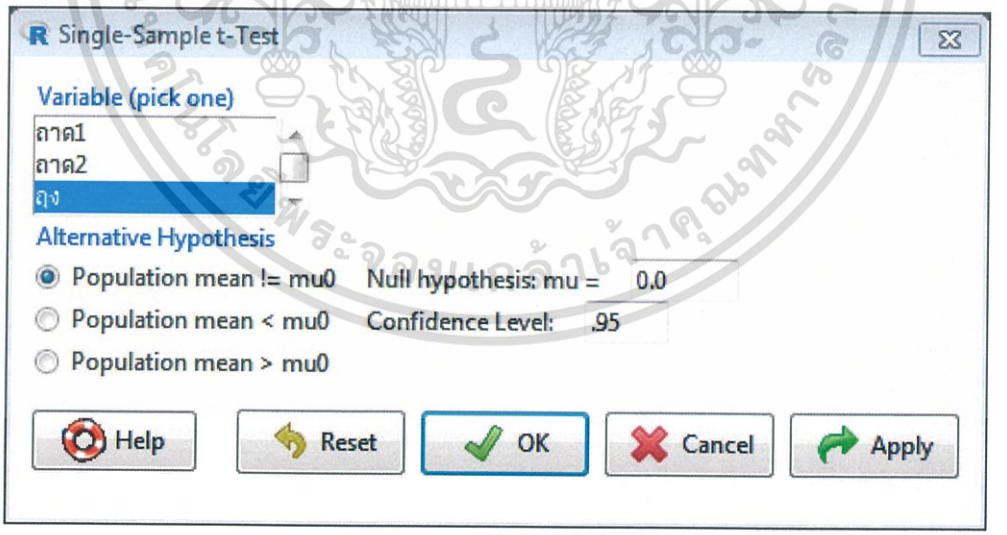
- **การคำนวณช่วงความเชื่อมั่นสำหรับค่าเฉลี่ย**

  ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Statistics ⟶ Means ⟶ Single-sample t-test ดังรูปที่ 4.2.13



รูปที่ 4.2.13 การใช้คำสั่งเพื่อคำนวณช่วงความเชื่อมั่นสำหรับค่าเฉลี่ย สำหรับโปรแกรม R

จะปรากฏหน้าต่าง Single-Sample t-Test ดังรูปที่ 4.2.14

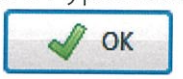


รูปที่ 4.2.14 หน้าต่าง Single-Sample t-Test ของข้อมูลจากตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 2 เลือกตัวแปรที่ต้องการคำนวณช่วงความเชื่อมั่นสำหรับค่าเฉลี่ย ในช่อง Variable (pick one)

Alternative Hypothesis เลือกเครื่องหมายของสมมติฐานทางเลือก

แล้วคลิก 

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.2.15

```
> with(Dataset, (t.test(ถุง, alternative='two.sided', mu=0.0,
+    conf.level=.95)))

      One Sample t-test

data:  ถุง
t = 32.189, df = 29, p-value < 2.2e-16
alternative hypothesis: true mean is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 2.796898 3.176436
sample estimates:
mean of x
 2.986667
```

รูปที่ 4.2.15 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อคำนวณช่วงความเชื่อมั่นสำหรับค่าเฉลี่ย ของข้อมูลจากตารางที่ 4.3 สำหรับโปรแกรม R

หมายเหตุ: 1) การคำนวณช่วงความเชื่อมั่นสำหรับค่าเฉลี่ย ในกรณีที่ขนาดตัวอย่างมีขนาดเล็ก ใช้การคำนวณด้วย t-test แทน z-test โดยโปรแกรม R มีฟังก์ชั่น t.test() มาให้แล้ว

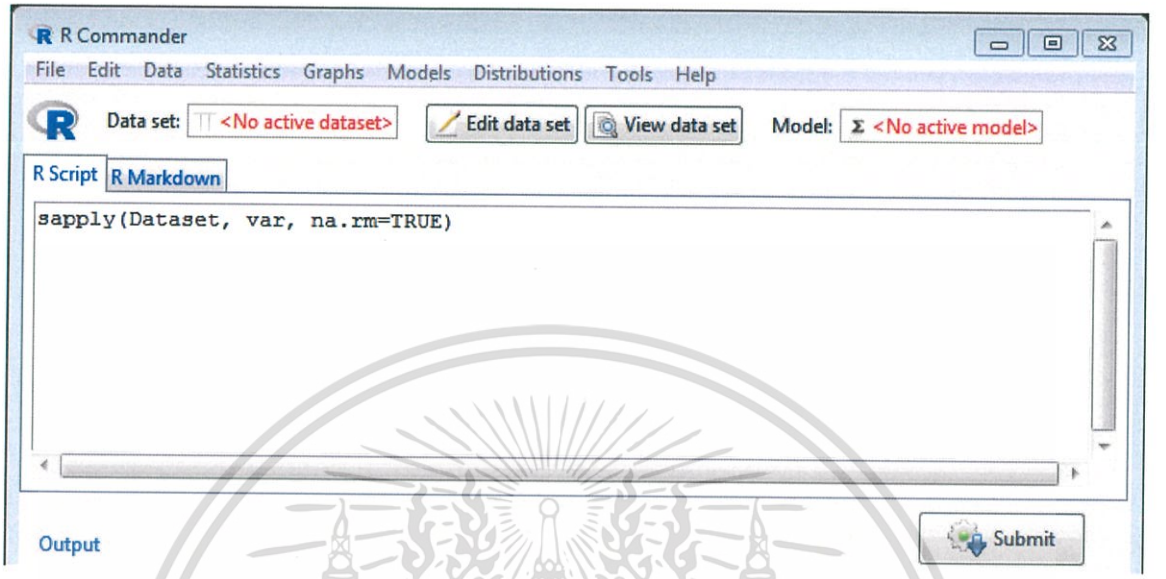
2) การคำนวณช่วงความเชื่อมั่นสำหรับค่าเฉลี่ย ในกรณีที่ขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ จากสูตรช่วงความเชื่อมั่นคือ mean $\pm$ z*sigma/sqrt(n) โดยค่า z คำนวณได้สำหรับที่ความเชื่อมั่นต่าง ๆ ด้วย qnorm() นั่นคือค่า inverse ของ cumulative distribution function

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

○ การเขียนคำสั่งใน R Commander

- การคำนวณค่าความแปรปรวน

ขั้นที่ 1 เขียนคำสั่ง sapply(Dataset, var, na.rm=TRUE) ลงบน R Script ดังรูปที่ 4.2.16



รูปที่ 4.2.16 การเขียนคำสั่งเพื่อคำนวณค่าความแปรปรวน สำหรับโปรแกรม R

ขั้นที่ 2 คลิก

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.2.17

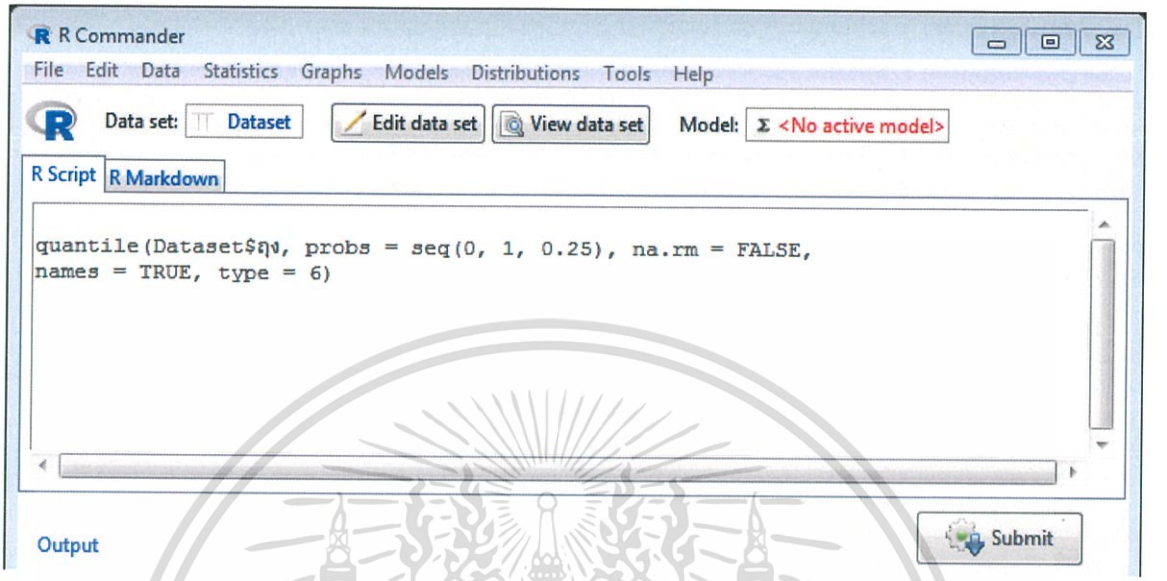
```
> sapply(Dataset, var, na.rm=TRUE)
      ถุง      ถาด1      ถาด2
0.2582782 0.4419425 0.4251582
```

รูปที่ 4.2.17 ผลลัพธ์จากการเขียนคำสั่งเพื่อคำนวณค่าความแปรปรวน ของข้อมูลจากตารางที่ 4.3 สำหรับโปรแกรม R

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **การคำนวณค่าควอไทล์ที่ 1 และค่าควอไทล์ที่ 3**

  ขั้นที่ 1 เขียนคำสั่ง quantile(Dataset$ถุง, probs = seq(0, 1, 0.25), na.rm = FALSE, names = TRUE, type = 6) ลงบน R Script ดังรูปที่ 4.2.18



รูปที่ 4.2.18 การเขียนคำสั่งเพื่อคำนวณค่าควอไทล์ที่ 1 และค่าควอไทล์ที่ 3 ของข้อมูลจากตารางที่ 4.3 สำหรับโปรแกรม R

ขั้นที่ 2 คลิก

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.2.19

```
> quantile(Dataset$ถุง, probs = seq(0, 1, 0.25), na.rm = FALSE,
+ names = TRUE, type = 6)
   0%   25%   50%   75%  100%
1.920 2.530 3.085 3.305 3.920
```

รูปที่ 4.2.19 ผลลัพธ์จากการเขียนคำสั่งเพื่อคำนวณค่าควอไทล์ที่ 1 และค่าควอไทล์ที่ 3 ของข้อมูลจากตารางที่ 4.3 สำหรับโปรแกรม R

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>สรุป</u>

ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการคำนวณผลสรุปรวมของค่าสถิติและกราฟ

	โปรแกรม Minitab	โปรแกรม R
P-value	0.306	0.3064
Anderson-Darling	0.42	0.41947
Mean	2.9867	2.986667
Standard Deviation	0.5082	0.5082107
Variance	0.2583	0.2582782
Skewness	-0.228866	-0.2288664
Kurtosis	-0.0517239	-0.5172387
Minimum	1.92	1.92
1st Quartile	2.53	2.53
Median	3.085	3.085
3rd Quartile	3.305	3.305
Maximum	3.92	3.92
95% Confidence Interval for Mean	(2.7969, 3.1764)	(2.796898, 3.176436)

จากตารางที่ 4.4 พบว่า ผลลัพธ์จากโปรแกรม Minitab และ R ได้ค่าสถิติที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถแปลความหมายทางสถิติได้เหมือนกัน นั่นคือ ถุงมีการแจกแจงแบบปกติ

4.3 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ (One Sample Z-Test)

การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ เป็นการประมาณค่าเฉลี่ยของประชากรและเปรียบเทียบกับค่าเป้าหมายหรือค่าอ้างอิง เมื่อทราบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร ซึ่งใช้ได้กับข้อมูลระดับอันตรภาคหรืออัตราส่วน ดังตารางที่ 4.5 เป็นข้อมูลคะแนนกลุ่ม B

สมมติฐาน $H_0 : \mu_B = 83$

$H_1 : \mu_B \neq 83$

โดยที่ μ_B แทนค่าเฉลี่ยของคะแนนกลุ่ม B

หรือ H_0: ค่าเฉลี่ยของคะแนนกลุ่ม B เท่ากับ 83

H_1: ค่าเฉลี่ยของคะแนนกลุ่ม B ไม่เท่ากับ 83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ตัวอย่างข้อมูล (ข้อมูลสมมติ) ที่ใช้ในการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่

Row	B	Row	B
1	75	19	69
2	95	20	70
3	85	21	90
4	64	22	83
5	88	23	85
6	91	24	86
7	72	25	75
8	71	26	76
9	81	27	81
10	86	28	84
11	95	29	86
12	74	30	83
13	72	31	83
14	91	32	82
15	85	33	77
16	86	34	74
17	81	35	71
18	82		

<u>โปรแกรม Minitab</u>

ตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption) ของการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่

1) ประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ

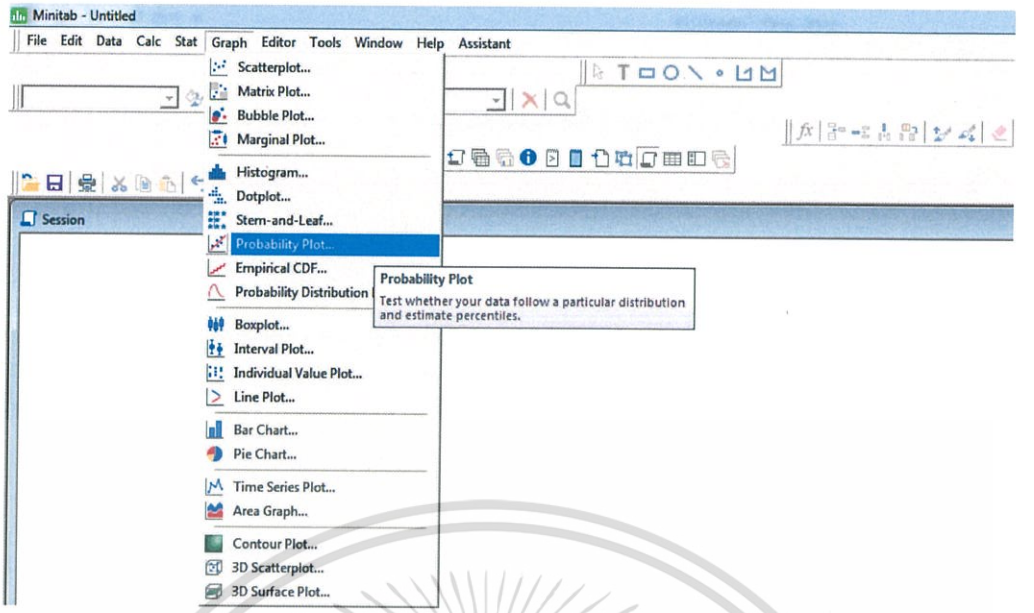
สมมติฐาน

H_0 : คะแนนกลุ่ม B มีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : คะแนนกลุ่ม B ไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

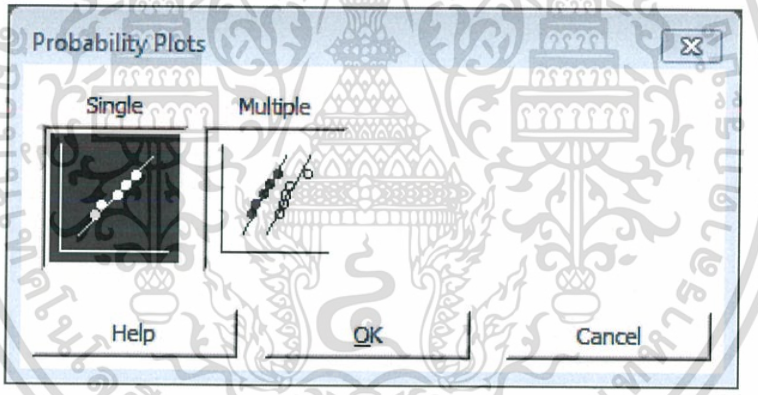
ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Graph ⟶ Probability Plot ดังรูปที่ 4.3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3.1 การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ สำหรับโปรแกรม Minitab

จะปรากฏหน้าต่าง Probability Plots ดังรูปที่ 4.3.2

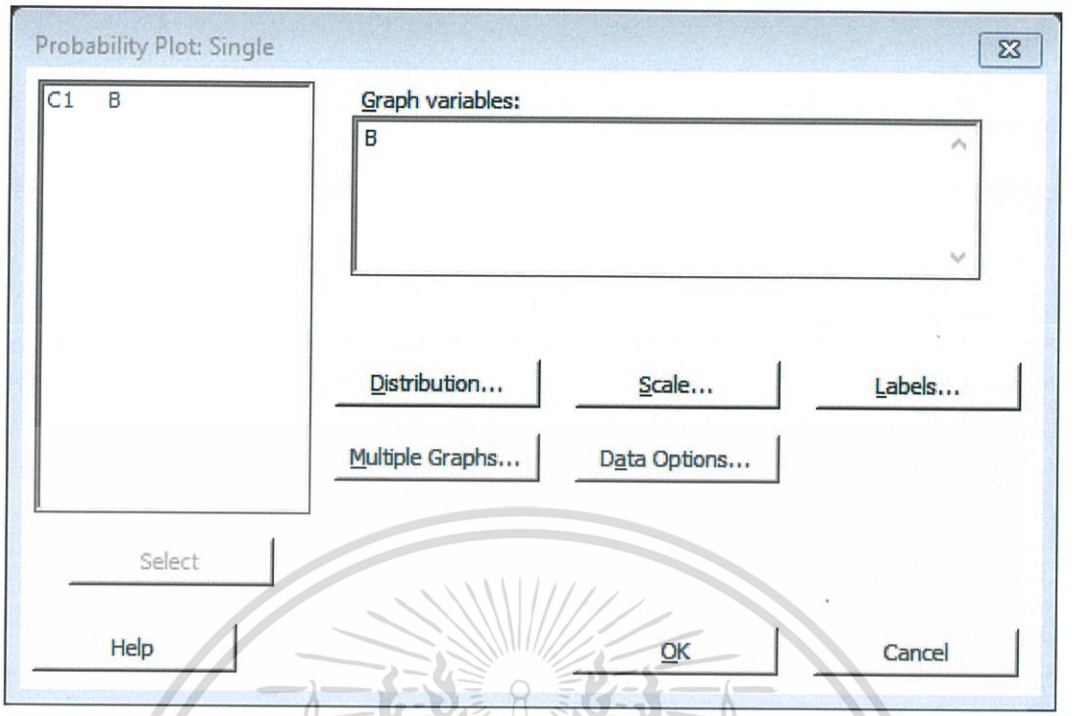


รูปที่ 4.3.2 หน้าต่าง Probability Plots

ขั้นที่ 2 เลือก Single แล้วคลิก OK

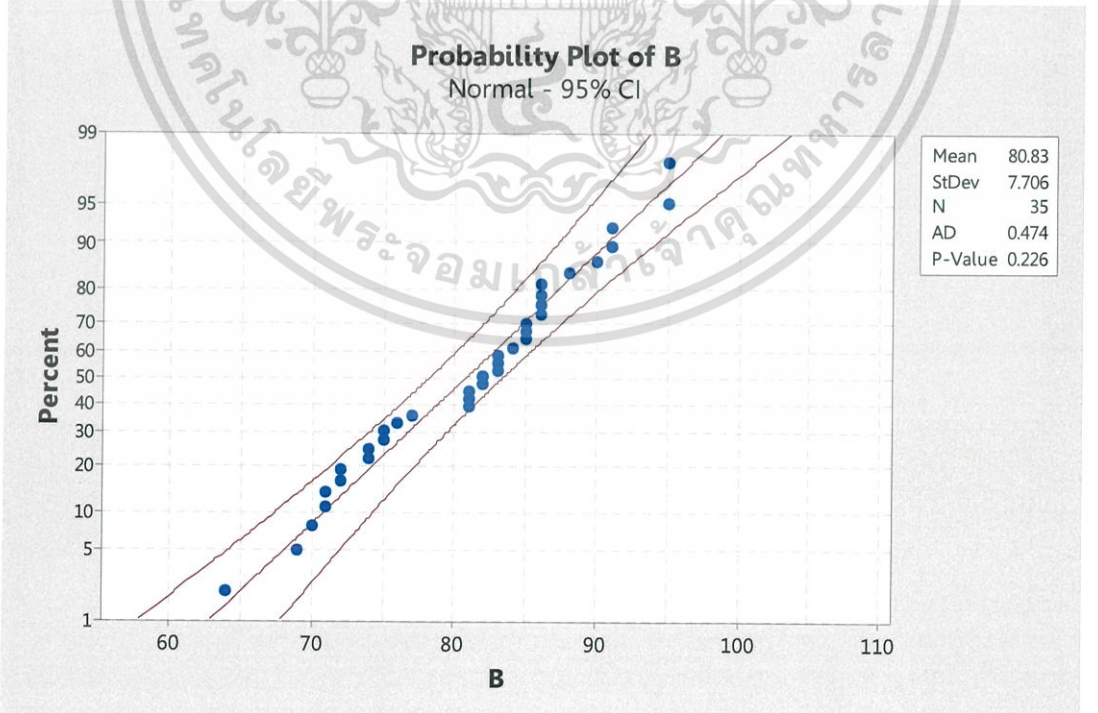
จะปรากฏหน้าต่าง Probability Plot: Single ดังรูปที่ 4.3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3.3 หน้าต่าง Probability Plot: Single ของข้อมูลจากตารางที่ 4.5

ขั้นที่ 3 เลือกตัวแปรที่ต้องการทดสอบการแจกแจงปกติ ใส่ในช่อง Graph variables: แล้วคลิก OK จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.3.4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.3.4 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ ของข้อมูลจากตารางที่ 4.5 สำหรับโปรแกรม Minitab

จากรูปที่ 4.3.4 ได้ค่า P-value = 0.226 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น คะแนนกลุ่ม B มีการแจกแจงแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2) ทราบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร (σ)

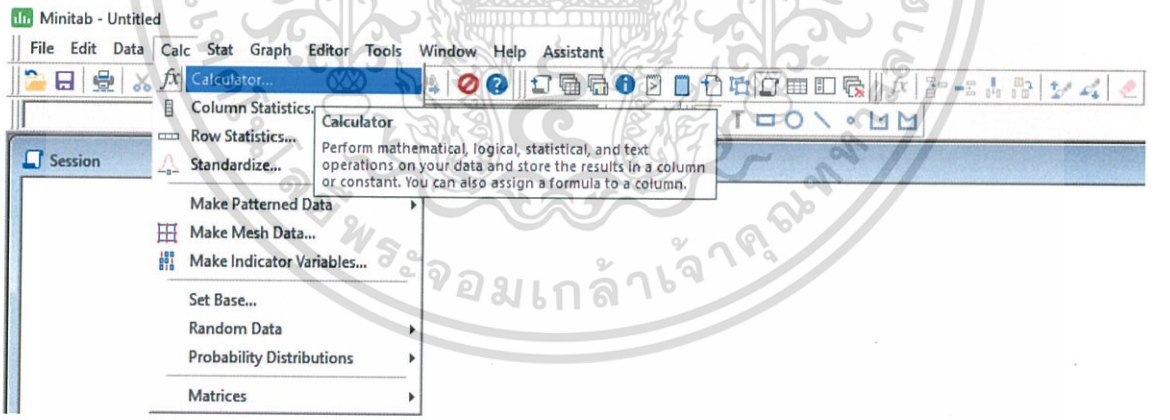
ขั้นที่ 1 สร้างตัวแปรสำหรับแสดงค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

Worksheet 1 ***

↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
	B	STDEV								
1	75									
2	95									
3	85									
4	64									
5	88									
6	91									
7	72									
8	71									
9	81									
10	86									

รูปที่ 4.3.5 หน้าต่าง Worksheet ของข้อมูลจากตารางที่ 4.5

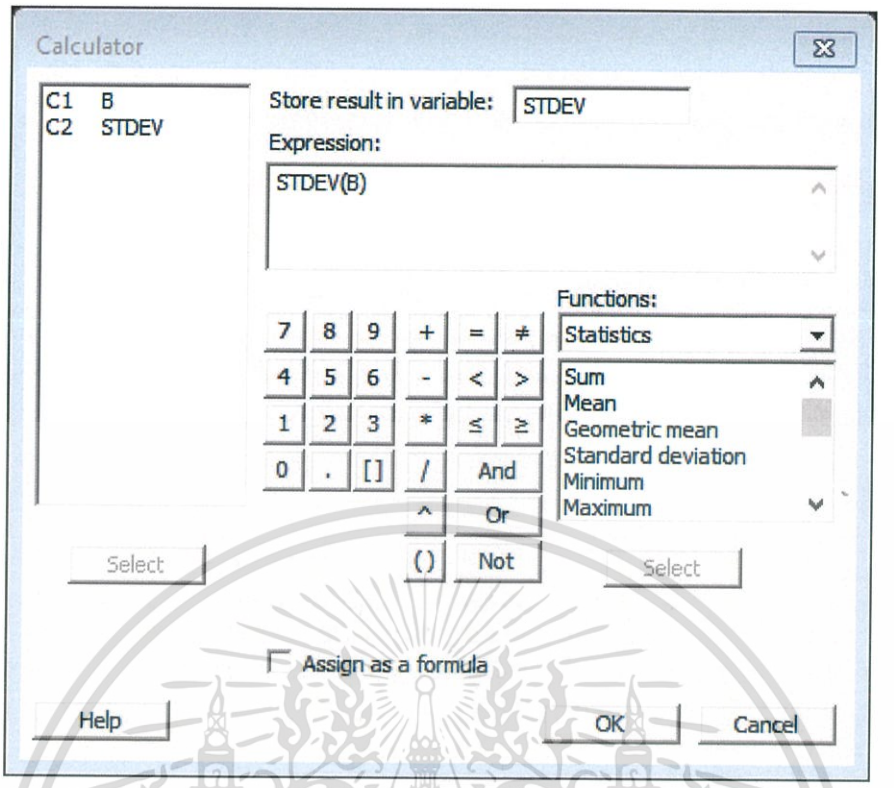
ขั้นที่ 2 ใช้คำสั่ง Calc ⟶ Calculator ดังรูปที่ 4.3.6



รูปที่ 4.3.6 การใช้คำสั่งเพื่อคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำหรับโปรแกรม Minitab

จะปรากฏหน้าต่าง Calculator ดังรูปที่ 4.3.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3.7 หน้าต่าง Calculator

ขั้นที่ 3 เลือกตัวแปรที่ต้องการให้แสดงค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ใส่ในช่อง Store result in variable:
เขียนคำสั่ง STDEV(B) ใส่ในช่อง Expression:
Functions: เลือก Statistics แล้วคลิก OK
จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.3.8

Worksheet 1 ***

↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
	B	STDEV								
1	75	7.70594								
2	95									
3	85									
4	64									
5	88									
6	91									
7	72									
8	71									
9	81									
10	86									

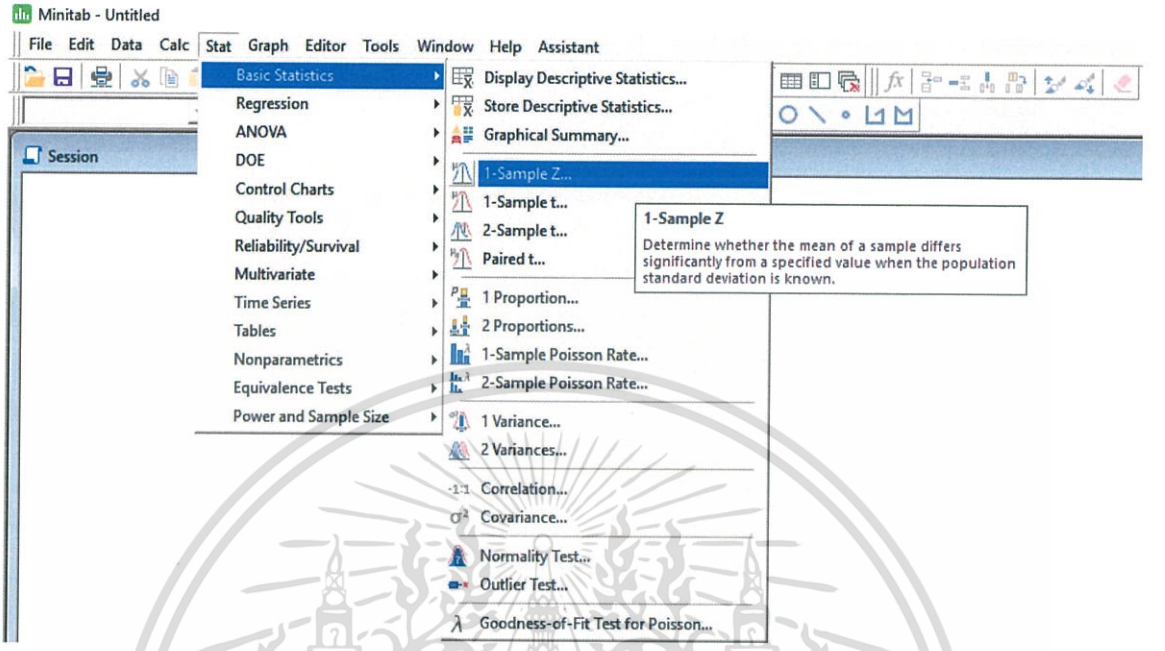
รูปที่ 4.3.8 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำหรับโปรแกรม Minitab

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) กลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่

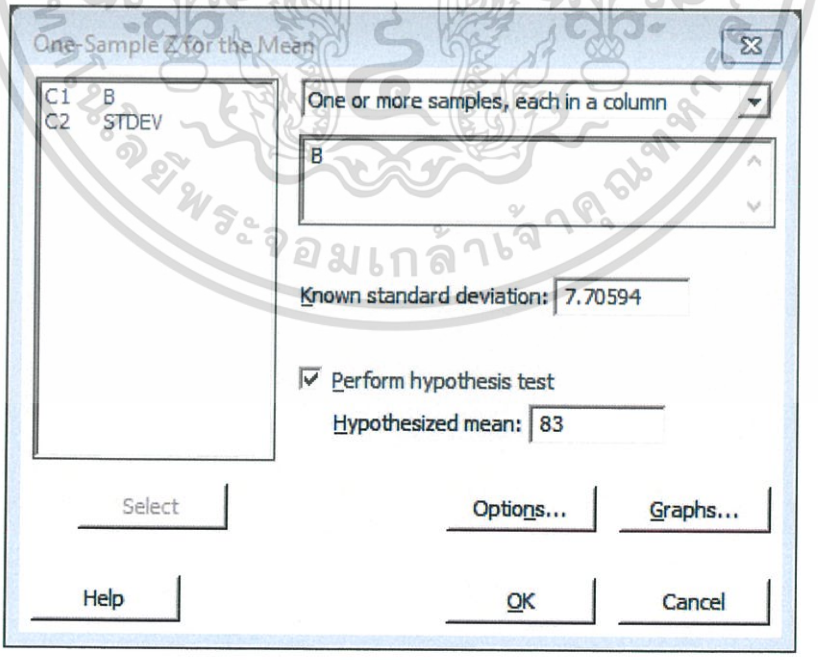
การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่

ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Stat ⟶ Basic Statistics ⟶ 1-Sample Z ดังรูปที่ 4.3.9



รูปที่ 4.3.9 การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ สำหรับโปรแกรม Minitab

จะปรากฏหน้าต่าง One-Sample Z for the Mean ดังรูปที่ 4.3.10



รูปที่ 4.3.10 หน้าต่าง One-Sample Z for the Mean

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 2 เลือกรูปแบบของข้อมูลที่นำมาทดสอบ One or more samples, each in a column

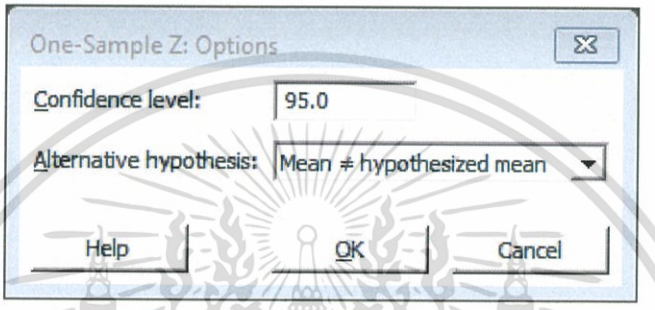
เลือกตัวแปรที่ต้องการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร ในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ใส่ในช่อง

ใส่ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล ในช่อง Known standard deviation:

เลือก Perform hypothesis test และกำหนดค่าที่ต้องการทดสอบสมมติฐาน ใส่ในช่อง Hypothesized mean:

ขั้นที่ 3 คลิก Options...

จะปรากฏหน้าต่าง One-Sample Z: Options ดังรูปที่ 4.3.11

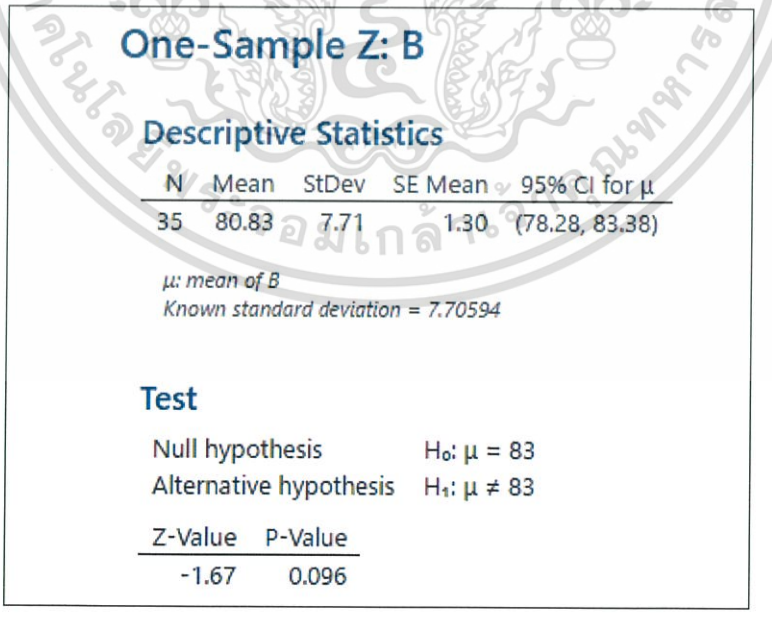


รูปที่ 4.3.11 หน้าต่าง One-Sample Z: Options

ขั้นที่ 4 Alternative hypothesis: เลือกเครื่องหมายของสมมติฐานทางเลือก

แล้วคลิก OK

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.3.12



One-Sample Z: B

Descriptive Statistics

N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI for μ
35	80.83	7.71	1.30	(78.28, 83.38)

μ: mean of B
Known standard deviation = 7.70594

Test

Null hypothesis	H_0: μ = 83
Alternative hypothesis	H_1: μ ≠ 83

Z-Value	P-Value
-1.67	0.096

รูปที่ 4.3.12 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ สำหรับโปรแกรม Minitab

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.3.12 ได้ค่า P-value = 0.096 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ค่าเฉลี่ยของคะแนนกลุ่ม B เท่ากับ 83 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

<u>โปรแกรม R</u>

○ **การใช้เมนูใน R Commander**

ตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่

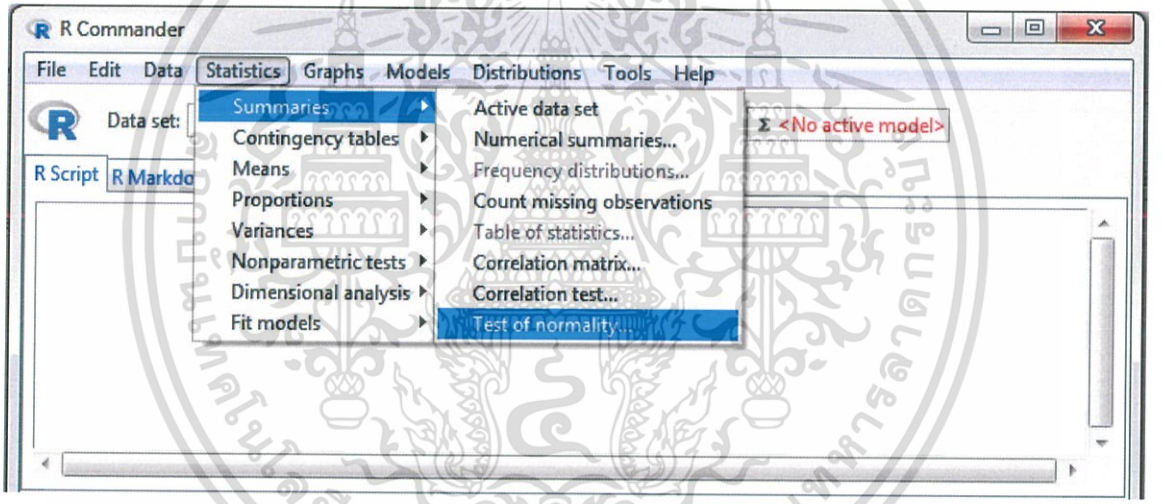
1) ประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ

สมมติฐาน

H_0 : คะแนนกลุ่ม B มีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : คะแนนกลุ่ม B ไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

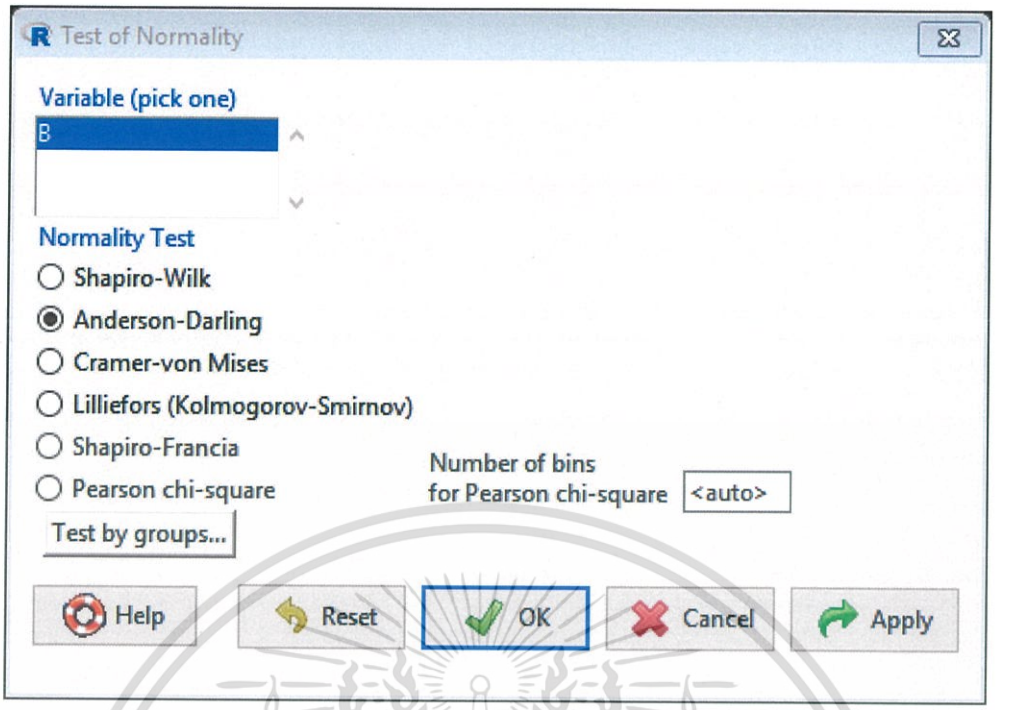
ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Statistics ⟶ Summaries ⟶ Test of normality ดังรูปที่ 4.3.13



รูปที่ 4.3.13 การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ สำหรับโปรแกรม R

จะปรากฏหน้าต่าง Test of Normality ดังรูปที่ 4.3.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3.14 หน้าต่าง Test of Normality ของข้อมูลจากตารางที่ 4.5

ขั้นที่ 2 เลือกตัวแปรที่ต้องการทดสอบการแจกแจงปกติ ในช่อง Variables (pick one) Normality Test เลือกตัวสถิติที่ต้องการทดสอบ แล้วคลิก OK จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.3.15

```
> normalityTest(~B, test="ad.test", data=Dataset)

        Anderson-Darling normality test

data:  B
A = 0.47449, p-value = 0.2265
```

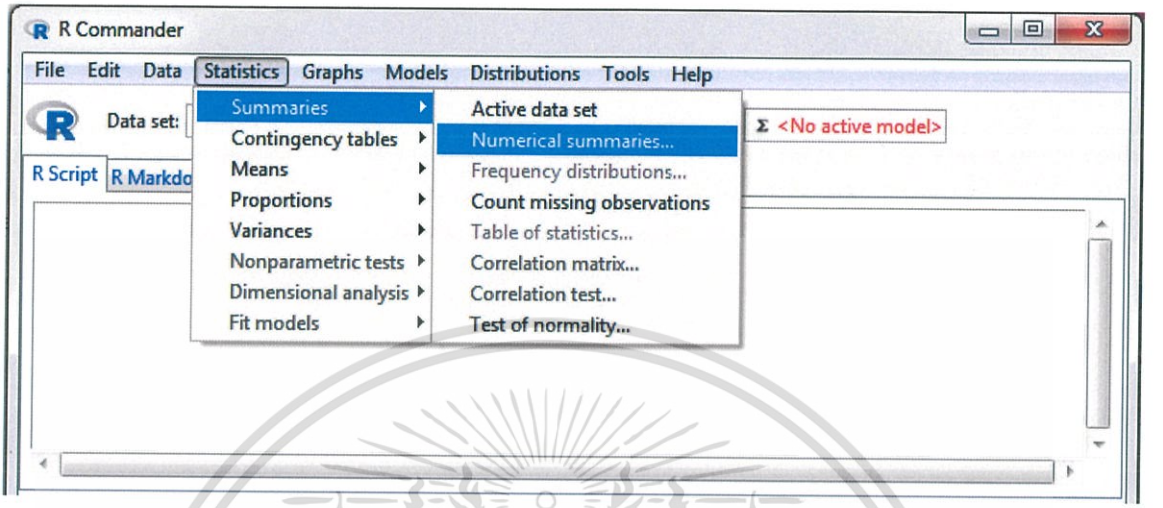
รูปที่ 4.3.15 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ ของข้อมูลจากตารางที่ 4.5 สำหรับโปรแกรม R

จากรูปที่ 4.3.15 ได้ค่า P-value = 0.2265 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น คะแนนกลุ่ม B มีการแจกแจงแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

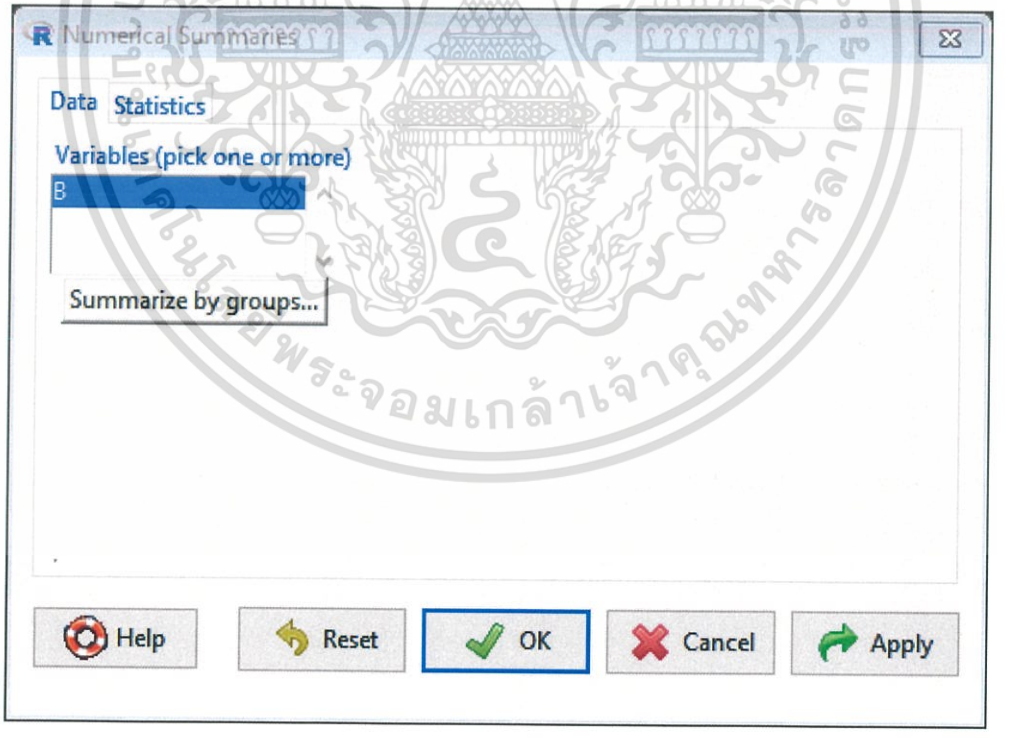
2) ทราบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร (σ)

ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Statistics ⟶ Summaries ⟶ Numerical summaries ดังรูปที่ 4.3.16



รูปที่ 4.3.16 การใช้คำสั่งเพื่อคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำหรับโปรแกรม R

จะปรากฏหน้าต่าง Numerical Summaries ดังรูปที่ 4.3.17



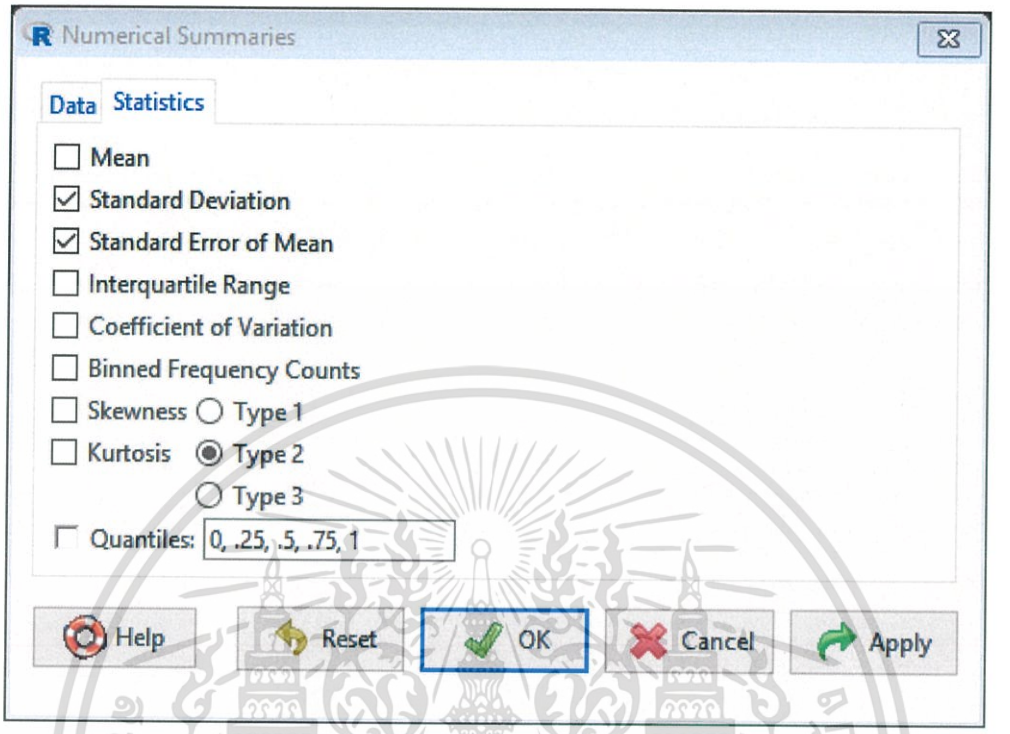
รูปที่ 4.3.17 หน้าต่าง Numerical Summaries: Data ของข้อมูลจากตารางที่ 4.5

ขั้นที่ 2 เลือกตัวแปรที่ต้องการคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ในช่อง Variables (pick one or more)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 3 คลิก Statistics

จะปรากฏหน้าต่าง Numerical Summaries: Statistics ดังรูปที่ 4.3.18



รูปที่ 4.3.18 หน้าต่าง Numerical Summaries: Statistics

ขั้นที่ 4 เลือกค่าสถิติที่ต้องการให้แสดงผลลัพธ์ แล้วคลิก OK

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.3.19

```
> numSummary(Dataset[,"B", drop=FALSE], statistics=c("sd",
"se(mean)"),
+    quantiles=c(0,.25,.5,.75,1))
       sd se(mean)  n
 7.70594 1.302542 35
```

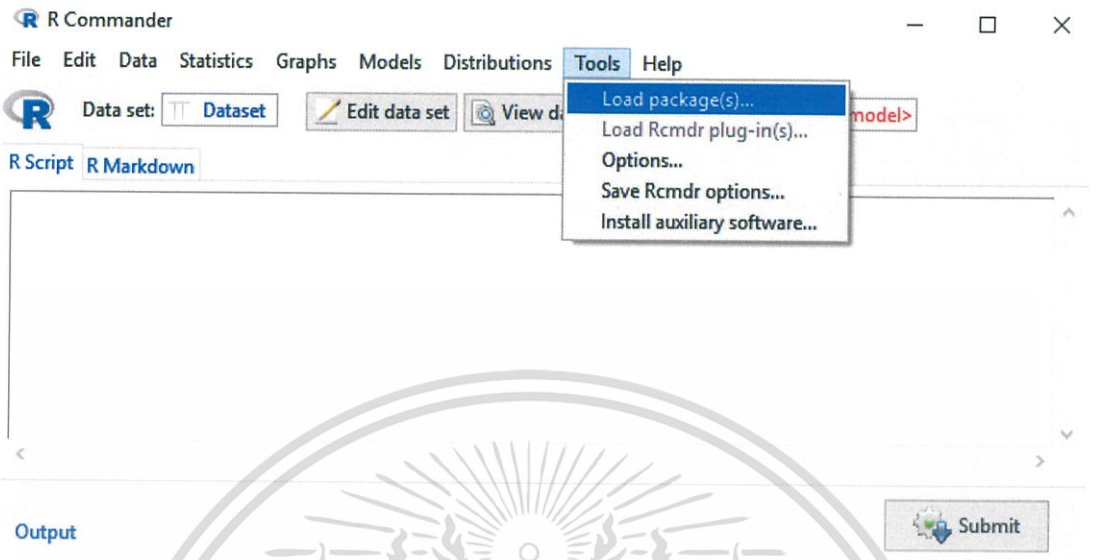
รูปที่ 4.3.19 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำหรับโปรแกรม R

3) กลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

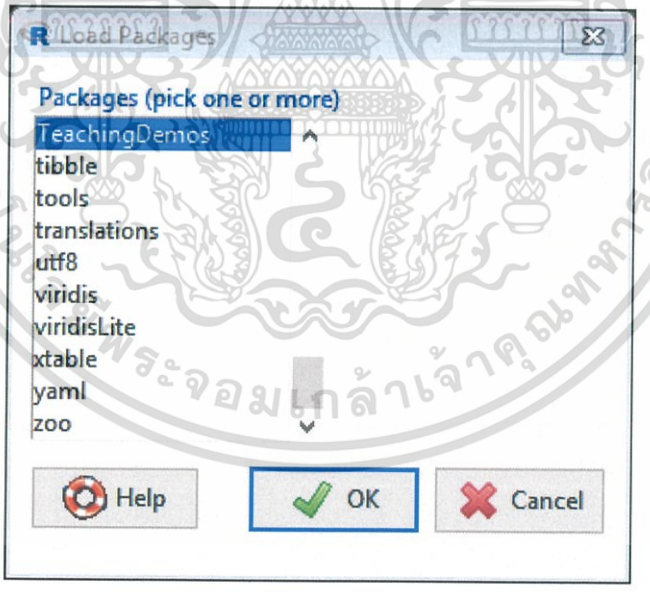
การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่

ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Tools ⟶ Load package(s) ดังรูปที่ 4.3.20



รูปที่ 4.3.20 การใช้คำสั่งเพื่อโหลดแพ็กเกจ สำหรับโปรแกรม R

จะปรากฏหน้าต่าง Load Packages ดังรูปที่ 4.3.21



รูปที่ 4.3.21 หน้าต่าง Load Packages

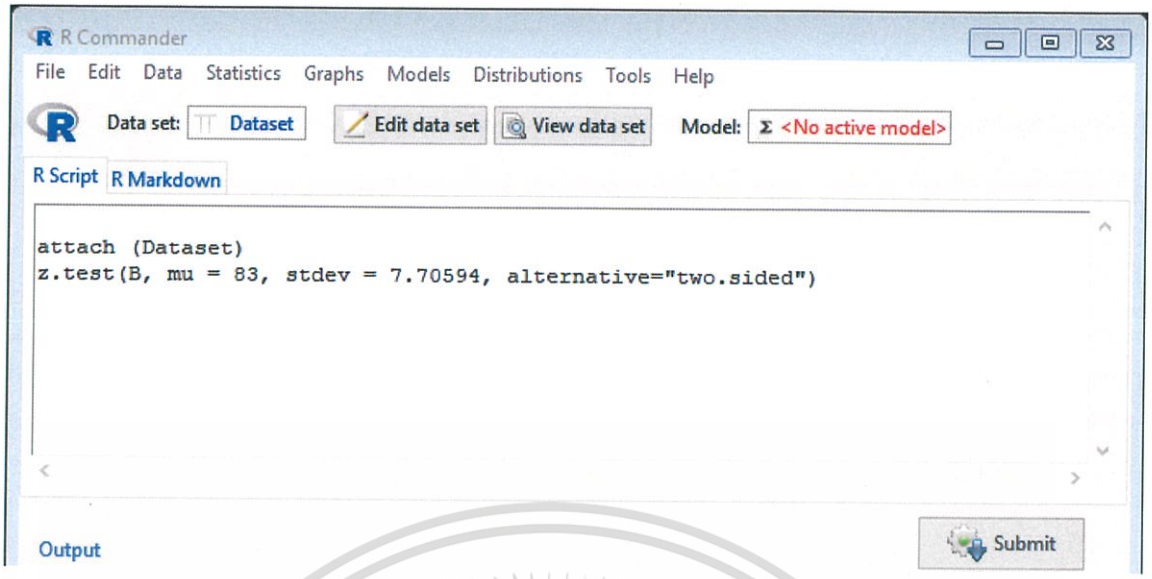
ขั้นที่ 2 เลือกแพ็กเกจ TeachingDemos เพื่อเขียนคำสั่ง “z.test()” แล้วคลิก

ขั้นที่ 3 เขียนคำสั่ง

```
attach (Dataset)
z.test(B, mu = 83, stdev = 7.70594, alternative="two.sided")
```

ลงบน R Script ดังรูปที่ 4.3.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3.22 การเขียนคำสั่งเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ สำหรับโปรแกรม R

ขั้นที่ 4 คลิก

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.3.23

```
> attach (Dataset)

> z.test(B, mu = 83, stdev = 7.70594, alternative="two.sided")

        One Sample z-test

data:  B
z = -1.6671, n = 35.0000, Std. Dev. = 7.7059, Std. Dev. of the
sample
mean = 1.3025, p-value = 0.0955
alternative hypothesis: true mean is not equal to 83
95 percent confidence interval:
 78.27564 83.38151
sample estimates:
mean of B
 80.82857
```

รูปที่ 4.3.23 ผลลัพธ์จากการเขียนคำสั่งเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ สำหรับโปรแกรม R

จากรูปที่ 4.3.23 ได้ค่า P-value = 0.0955 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ค่าเฉลี่ยของคะแนนกลุ่ม B เท่ากับ 83 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

ตารางที่ 4.6 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการทดสอบการแจกแจงปกติ (การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่)

	โปรแกรม Minitab	โปรแกรม R
Anderson-Darling	0.474	0.47449
P-value	0.226	0.2265

จากตารางที่ 4.6 พบว่า ผลลัพธ์จากโปรแกรม Minitab และ R ได้ค่า Anderson-Darling และ P-value ที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถแปลความหมายทางสถิติได้เหมือนกัน นั่นคือ คะแนนกลุ่ม B มีการแจกแจงแบบปกติ

ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

	โปรแกรม Minitab	โปรแกรม R
Standard Deviation	7.70594	7.70594

จากตารางที่ 4.7 พบว่า ผลลัพธ์จากโปรแกรม Minitab และ R ได้ค่า Standard Deviation เท่ากัน

ตารางที่ 4.8 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่

	โปรแกรม Minitab	โปรแกรม R
N	35	35
Mean	80.83	80.82857
Standard Error of Mean	1.30	1.302542
95% Confidence Interval for Mean	(78.28, 83.38)	(78.27564, 83.38151)
Z-value	-1.67	-1.6671
P-value	0.096	0.0955

จากตารางที่ 4.8 พบว่า ผลลัพธ์จากโปรแกรม Minitab และ R ได้ค่า P-value ที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถแปลความหมายทางสถิติได้เหมือนกัน นั่นคือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนกลุ่ม B เท่ากับ 83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก (One Sample T-Test)

การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร ในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก เพื่อประมาณค่าเฉลี่ยของประชากรและเปรียบเทียบกับค่าเป้าหมายหรือค่าอ้างอิง เมื่อไม่ทราบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร ซึ่งใช้ได้กับข้อมูลระดับอันตรภาคหรืออัตราส่วน ดังตารางที่ 4.9 เป็นข้อมูลคะแนนของกลุ่ม A และกลุ่ม B

สมมติฐาน $H_0: \mu_{Gen\,A} = 85$

$H_1: \mu_{Gen\,A} \neq 85$

โดยที่ $\mu_{Gen\,A}$ แทนค่าเฉลี่ยของคะแนนกลุ่ม A

หรือ H_0: ค่าเฉลี่ยของคะแนนกลุ่ม A เท่ากับ 85

H_1: ค่าเฉลี่ยของคะแนนกลุ่ม A ไม่เท่ากับ 85

ตารางที่ 4.9 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก

Row	Gen A	Gen B
1	89.7	84.7
2	81.4	86.1
3	84.5	83.2
4	84.8	91.9
5	87.3	86.3
6	79.7	79.3
7	85.1	82.6
8	81.7	89.1
9	83.7	83.7
10	84.5	88.5

<u>โปรแกรม Minitab</u>

ตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก

1) ประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ

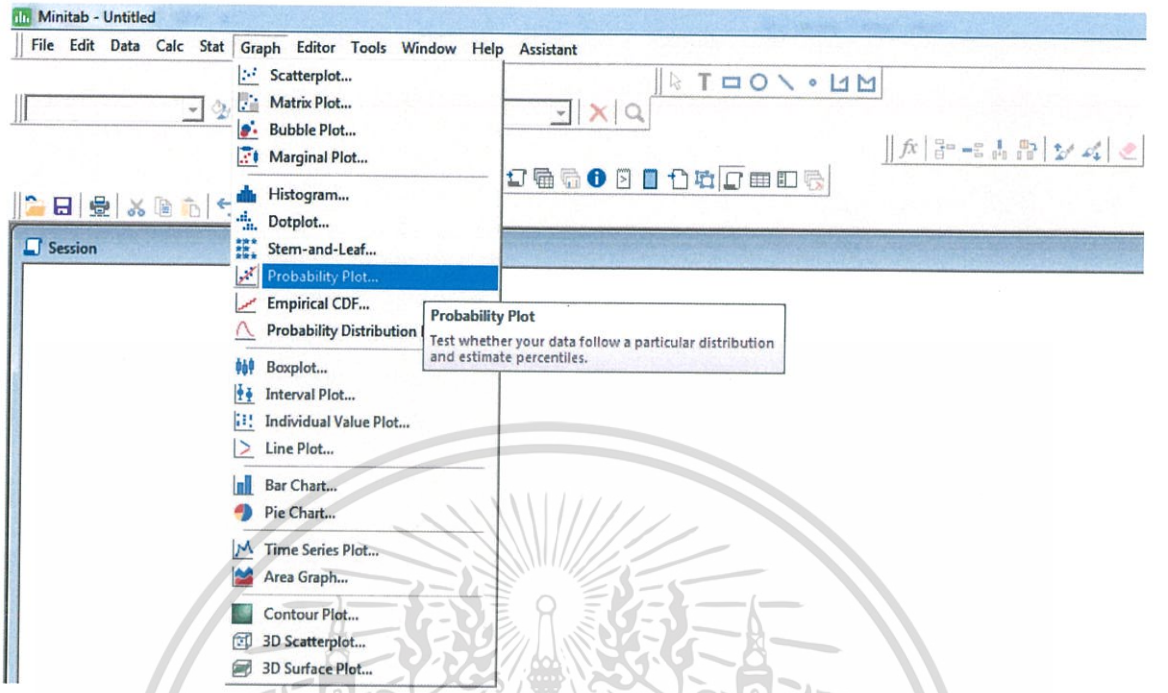
สมมติฐาน

H_0: คะแนนกลุ่ม A มีการแจกแจงแบบปกติ

H_1: คะแนนกลุ่ม A ไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

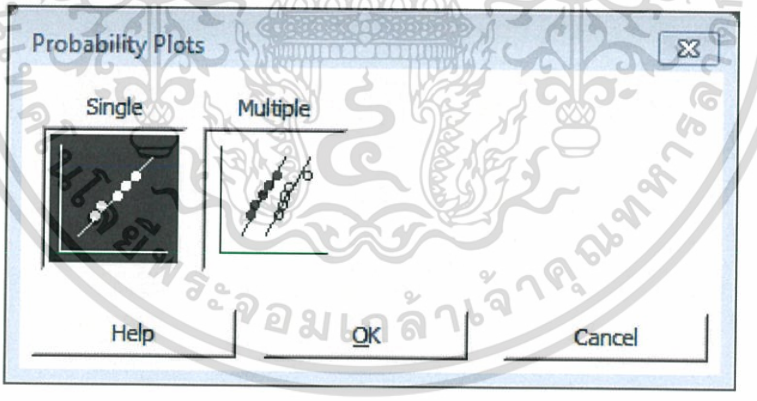
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Graph ⟶ Probability Plot ดังรูปที่ 4.4.1



รูปที่ 4.4.1 การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ สำหรับโปรแกรม Minitab

จะปรากฏหน้าต่าง Probability Plots ดังรูปที่ 4.4.2

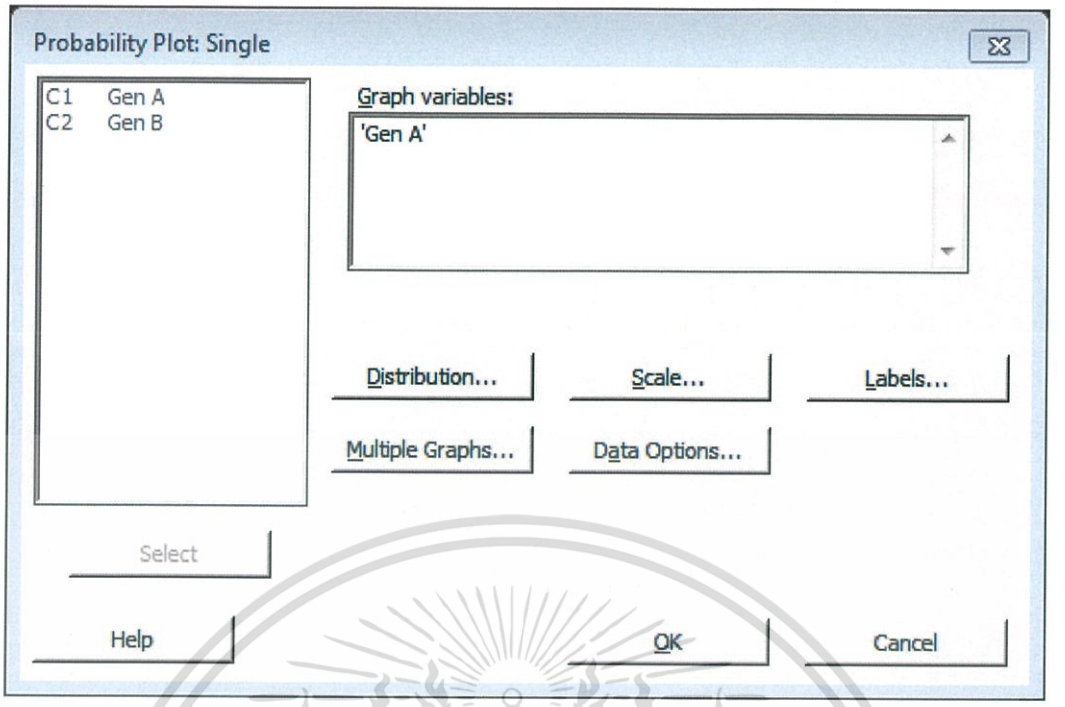


รูปที่ 4.4.2 หน้าต่าง Probability Plots

ขั้นที่ 2 เลือก Single แล้วคลิก OK

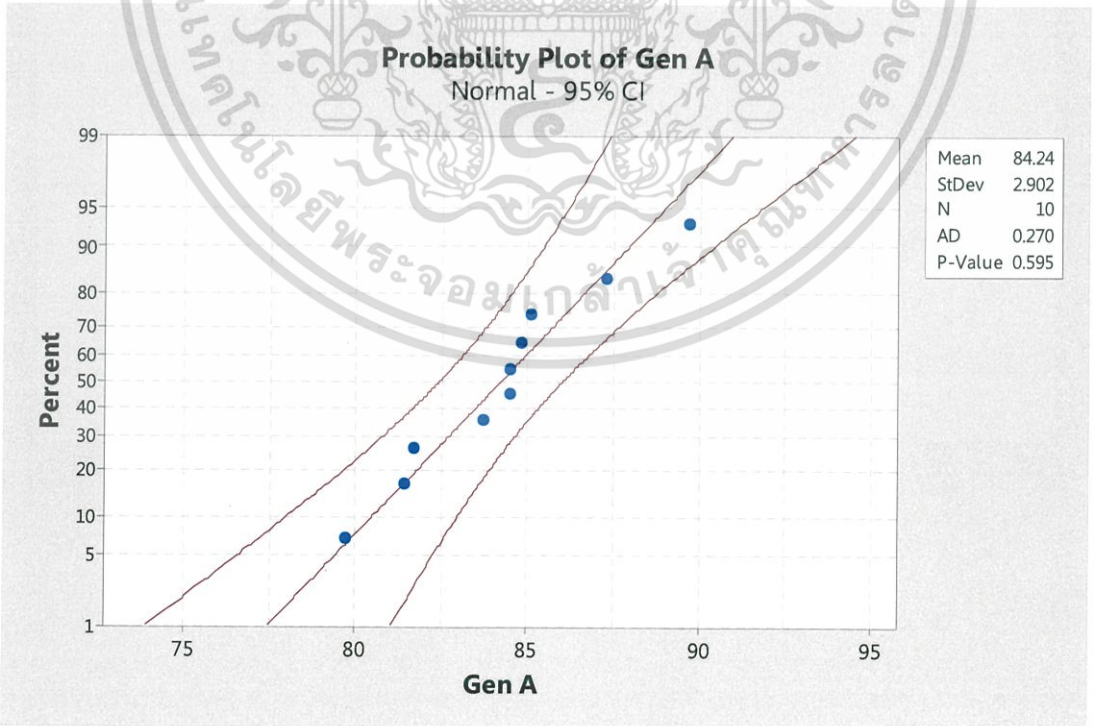
จะปรากฏหน้าต่าง Probability Plot: Single ดังรูปที่ 4.4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4.3 หน้าต่าง Probability Plot: Single ของข้อมูลจากตารางที่ 4.9

ขั้นที่ 3 เลือกตัวแปรที่ต้องการทดสอบการแจกแจงปกติ ใส่ในช่อง Graph variables: แล้วคลิก OK จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.4.4



รูปที่ 4.4.4 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ ของข้อมูลจากตารางที่ 4.9 สำหรับโปรแกรม Minitab

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

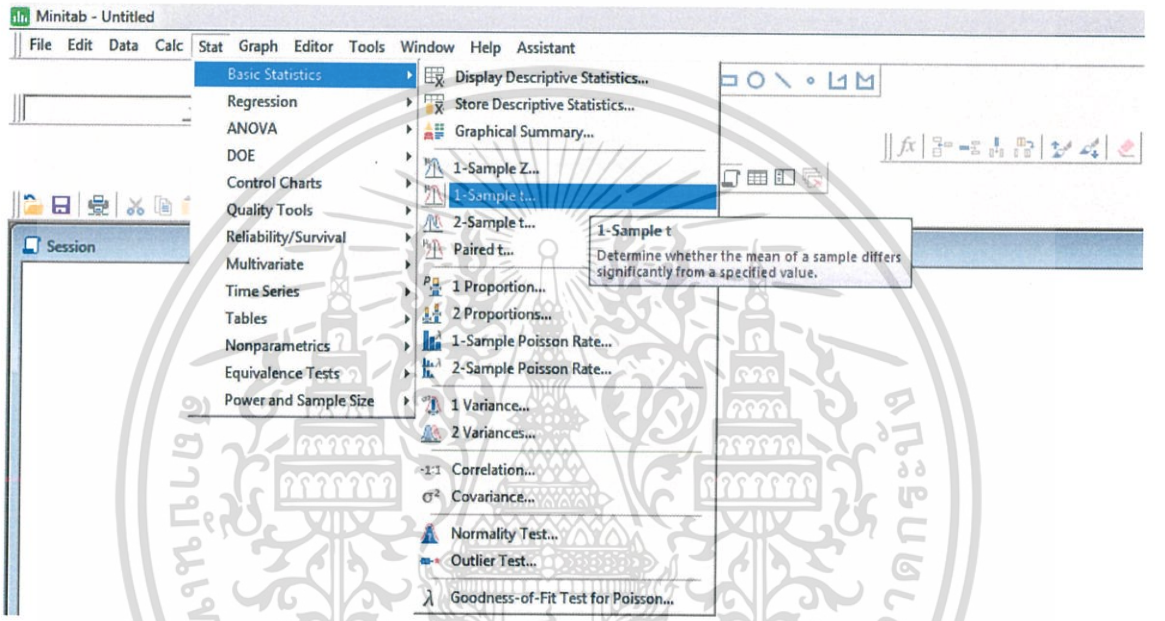
จากรูปที่ 4.4.4 คะแนนกลุ่ม A ได้ค่า P-value = 0.595 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น คะแนนกลุ่ม A มีการแจกแจงแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2) กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก

3) ไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากร (σ^2)

การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก

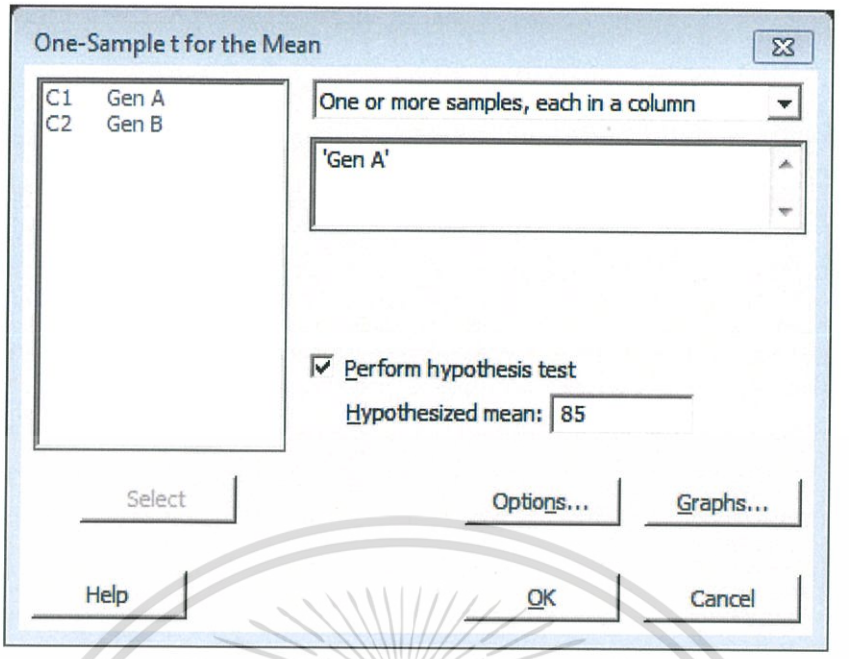
ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Stat ⟶ Basic Statistics ⟶ 1-Sample t ดังรูปที่ 4.4.5



รูปที่ 4.4.5 การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก สำหรับโปรแกรม Minitab

จะปรากฏหน้าต่าง One-Sample t for the Mean ดังรูปที่ 4.4.6

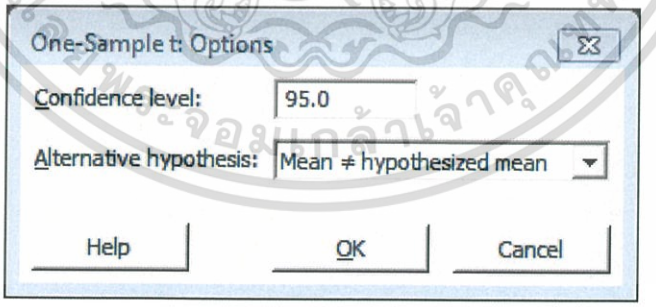
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4.6 หน้าต่าง One-Sample t for the Mean

ขั้นที่ 2 เลือกรูปแบบของข้อมูลที่นำมาทดสอบ One or more samples, each in a column
เลือกตัวแปรที่ต้องการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก ใส่ในช่อง
เลือก Perform hypothesis test และกำหนดค่าที่ต้องการทดสอบสมมติฐาน ใส่ในช่อง Hypothesized mean:

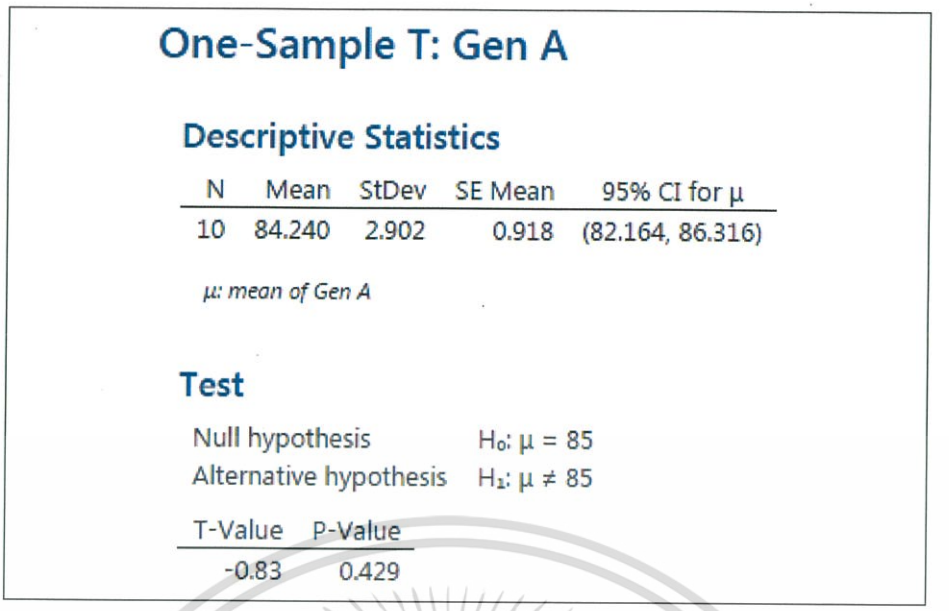
ขั้นที่ 3 คลิก Options...
จะปรากฏหน้าต่าง One-Sample t: Options ดังรูปที่ 4.4.7



รูปที่ 4.4.7 หน้าต่าง One-Sample t: Options

ขั้นที่ 4 Alternative hypothesis: เลือกเครื่องหมายของสมมติฐานทางเลือก
แล้วคลิก OK
จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



One-Sample T: Gen A

Descriptive Statistics

N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI for μ
10	84.240	2.902	0.918	(82.164, 86.316)

μ: mean of Gen A

Test

Null hypothesis H_0: $\mu = 85$
Alternative hypothesis H_1: $\mu \neq 85$

T-Value	P-Value
-0.83	0.429

รูปที่ 4.4.8 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก สำหรับโปรแกรม Minitab

จากรูปที่ 4.4.8 ได้ค่า P-value = 0.429 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ค่าเฉลี่ยของคะแนนกลุ่ม A เท่ากับ 85 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

<u>โปรแกรม R</u>

- การใช้เมนูใน R Commander

ตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก

4) **ประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ**

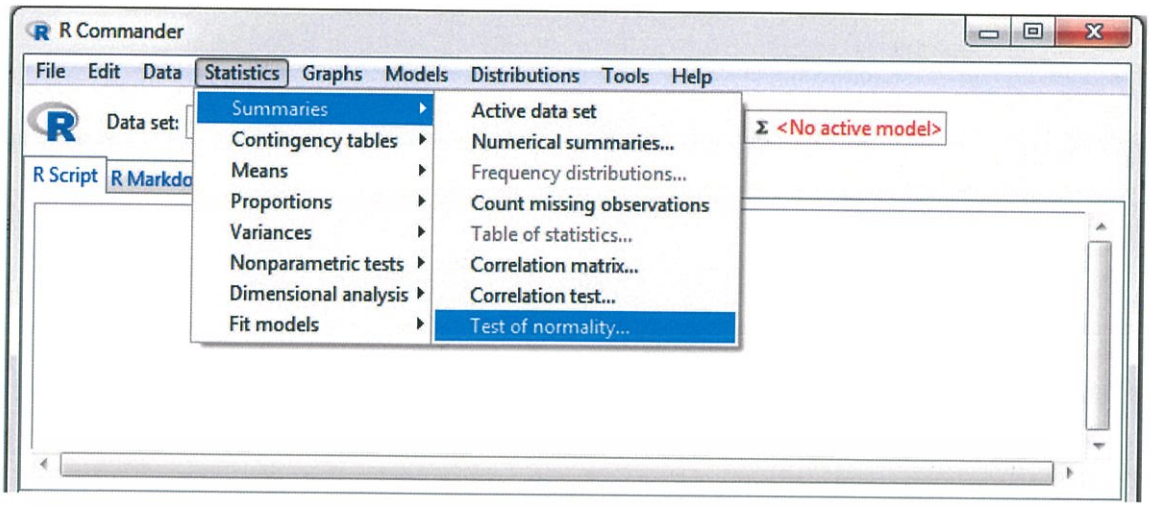
สมมติฐาน

H_0 : คะแนนกลุ่ม A มีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : คะแนนกลุ่ม A ไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

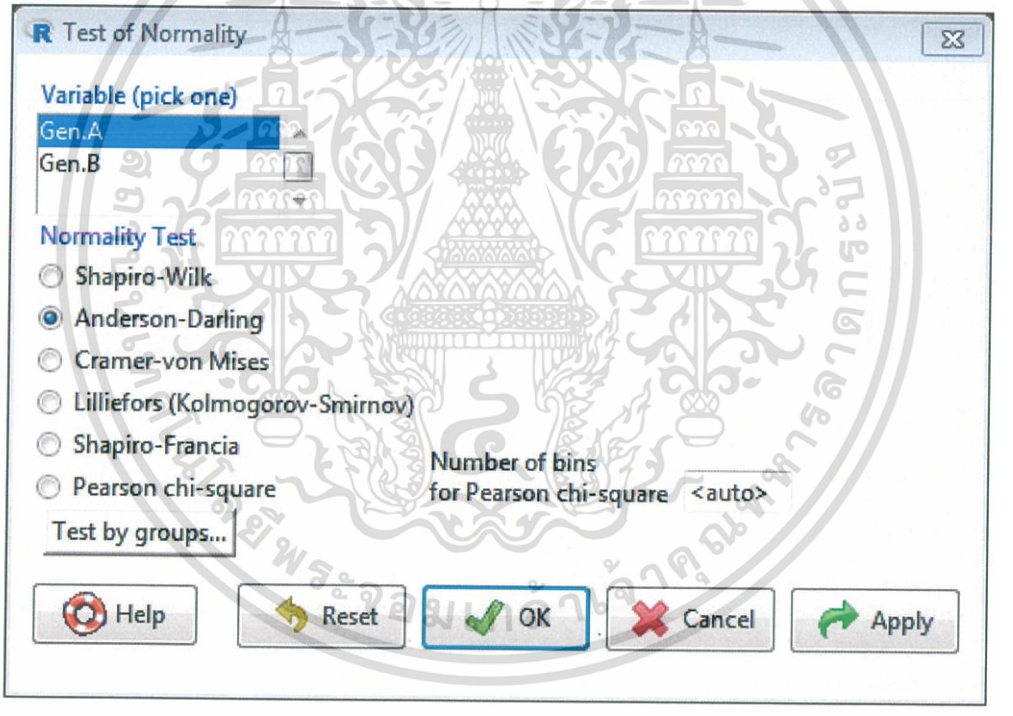
ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Statistics ⟶ Summaries ⟶ Test of normality ดังรูปที่ 4.4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4.9 การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ สำหรับโปรแกรม R

จะปรากฏหน้าต่าง Test of Normality ดังรูปที่ 4.4.10



รูปที่ 4.4.10 หน้าต่าง Test of Normality ของข้อมูลจากตารางที่ 4.9

ขั้นที่ 2 เลือกตัวแปรที่ต้องการทดสอบการแจกแจงปกติ ในช่อง Variables (pick one) Normality Test เลือกตัวสถิติที่ต้องการทดสอบ แล้วคลิก

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.4.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
> normalityTest(~Gen.A, test="ad.test", data=Dataset)

        Anderson-Darling normality test

data:  Gen.A
A = 0.26952, p-value = 0.5948
```

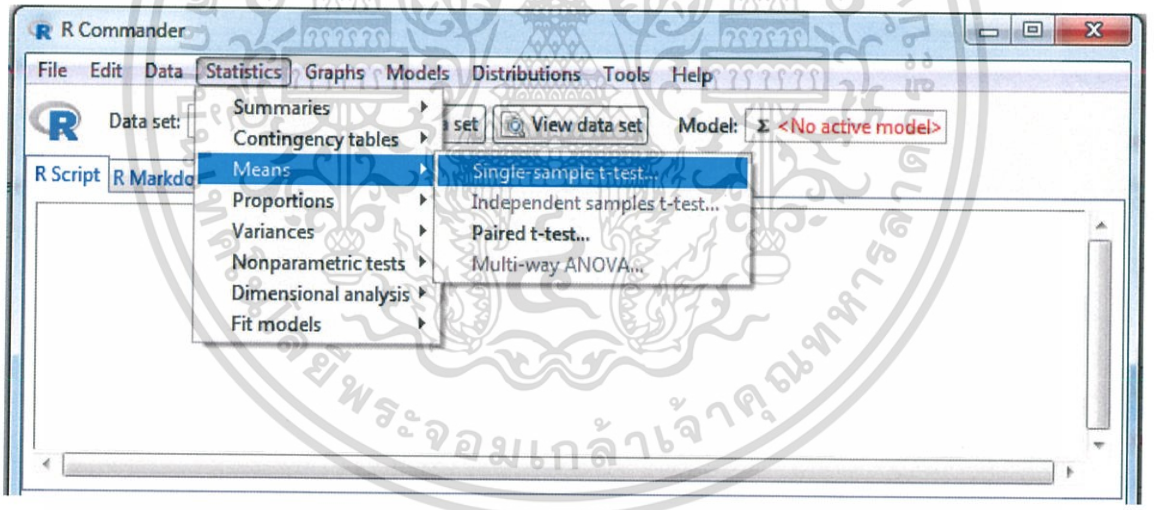
รูปที่ 4.4.11 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ ของข้อมูลจากตารางที่ 4.9 สำหรับโปรแกรม R

จากรูปที่ 4.4.11 คะแนนกลุ่ม A ได้ค่า P-value = 0.5948 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น คะแนนกลุ่ม A มีการแจกแจงแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

5) กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก
6) ไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากร (σ^2)

การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก

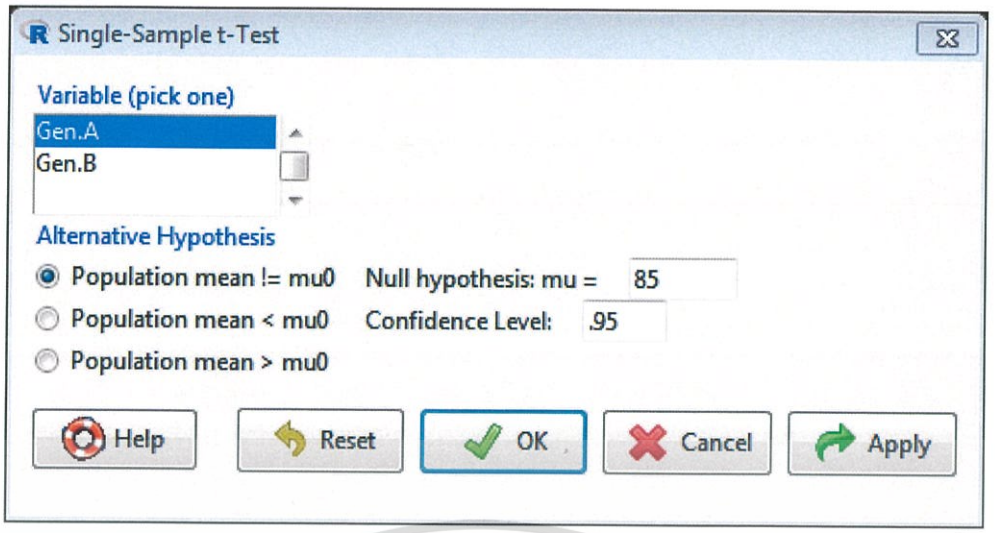
ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Statistics ⟶ Means ⟶ Single-sample t-test ดังรูปที่ 4.4.12



รูปที่ 4.4.12 การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก สำหรับโปรแกรม R

จะปรากฏหน้าต่าง Single-Sample t-Test ดังรูปที่ 4.4.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4.13 หน้าต่าง Single-Sample t-Test ของข้อมูลจากตารางที่ 4.9

ขั้นที่ 2 เลือกตัวแปรที่ต้องการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก ในช่อง Variable (pick one)
Alternative Hypothesis เลือกเครื่องหมายของสมมติฐานทางเลือก
กำหนดค่าที่ต้องการทดสอบสมมติฐาน ในช่อง Null hypothesis: mu
แล้วคลิก

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.4.14

```
> with(Dataset, (t.test(Gen.A, alternative='two.sided', mu=85,
+    conf.level=.95)))

      One Sample t-test

data:  Gen.A
t = -0.82822, df = 9, p-value = 0.429
alternative hypothesis: true mean is not equal to 85
95 percent confidence interval:
 82.16418 86.31582
sample estimates:
mean of x
    84.24
```

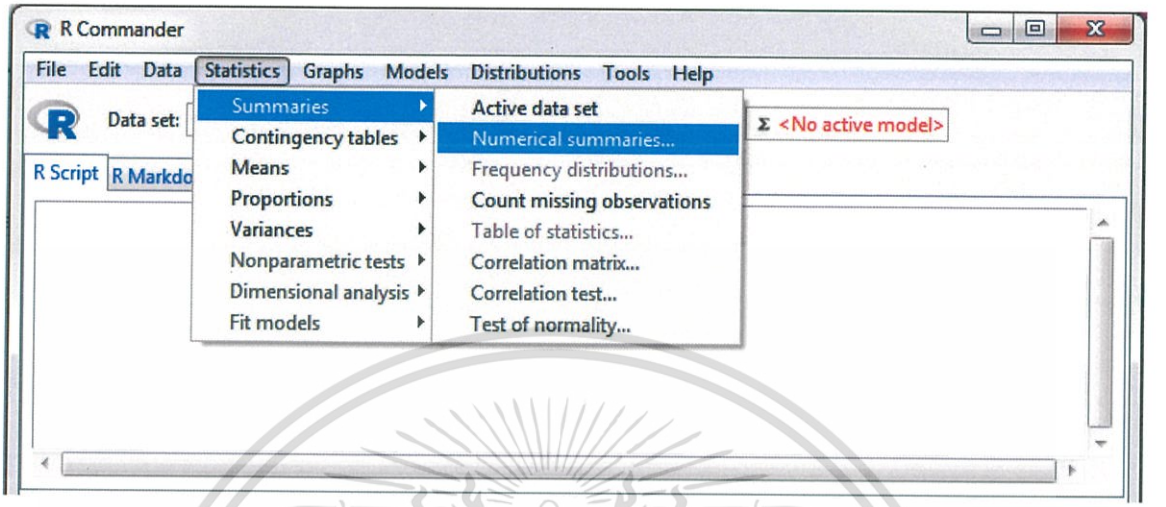
รูปที่ 4.4.14 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก สำหรับโปรแกรม R

จากรูปที่ 4.4.18 ได้ค่า P-value = 0.429 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ค่าเฉลี่ยของคะแนนกลุ่ม A เท่ากับ 85 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

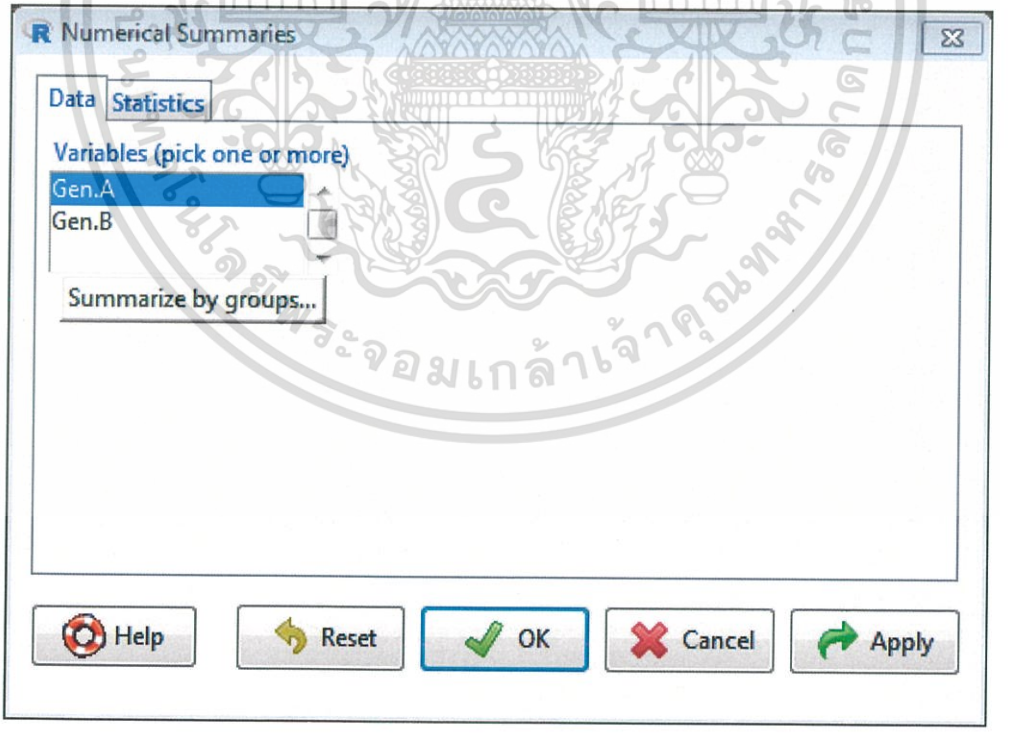
- **การคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย และจำนวนข้อมูล**

  ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Statistics ⟶ Summaries ⟶ Numerical summaries ดังรูปที่ 4.4.15



รูปที่ 4.4.15 การใช้คำสั่งเพื่อคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย และจำนวนข้อมูล สำหรับโปรแกรม R

จะปรากฏหน้าต่าง Numerical Summaries ดังรูปที่ 4.4.16



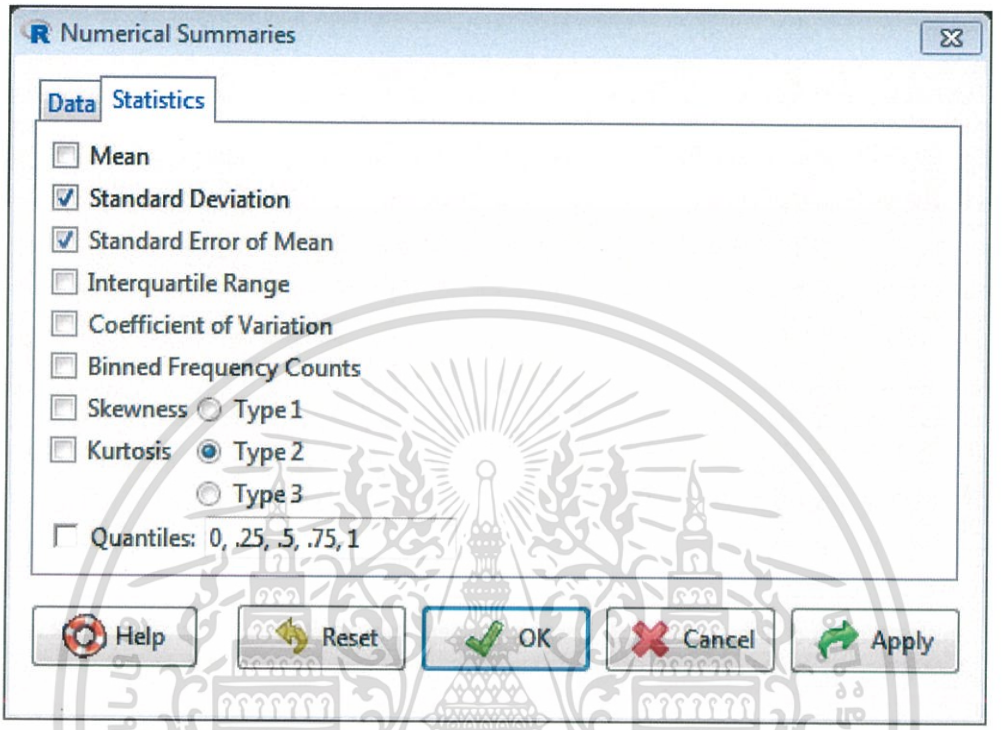
รูปที่ 4.4.16 หน้าต่าง Numerical Summaries: Data ของข้อมูลจากตารางที่ 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 2 เลือกตัวแปรที่ต้องการคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย และจำนวนข้อมูล ในช่อง Variables (pick one or more)

ขั้นที่ 3 คลิก Statistics

จะปรากฏหน้าต่าง Numerical Summaries: Statistics ดังรูปที่ 4.4.17



รูปที่ 4.4.17 หน้าต่าง Numerical Summaries: Statistics

ขั้นที่ 4 เลือกค่าสถิติที่ต้องการให้แสดงผลลัพธ์ แล้วคลิก OK

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.4.18

```
> numSummary(Dataset[,"Gen.A", drop=FALSE], statistics=c("sd", "se(mean)"),
+   quantiles=c(0,.25,.5,.75,1))
     sd  se(mean)  n
 2.9018 0.9176298 10
```

รูปที่ 4.4.18 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย และจำนวนข้อมูล ของข้อมูลจากตารางที่ 4.9 สำหรับโปรแกรม R

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

ตารางที่ 4.10 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการทดสอบการแจกแจงปกติ (การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก)

	โปรแกรม Minitab	โปรแกรม R
Anderson-Darling	0.270	0.26952
P-value	0.595	0.5948

จากตารางที่ 4.10 พบว่า ผลลัพธ์จากโปรแกรม Minitab และ R ได้ค่า Anderson-Darling และ P-value ที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถแปลความหมายทางสถิติได้เหมือนกัน นั่นคือ คะแนนกลุ่ม A มีการแจกแจงแบบปกติ

ตารางที่ 4.11 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร กรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก

	โปรแกรม Minitab	โปรแกรม R
N	10	10
Mean	84.240	84.24
Standard Deviation	2.902	2.9018
Standard Error of Mean	0.918	0.9176298
95% Confidence Interval for Mean	(82.164, 86.316)	(82.16418, 86.31582)
T-value	-0.83	-0.82822
P-value	0.429	0.429

จากตารางที่ 4.11 พบว่า ผลลัพธ์จากโปรแกรม Minitab และ R ได้ค่า P-value เท่ากัน ซึ่งสามารถแปลความหมายทางสถิติได้เหมือนกัน นั่นคือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนกลุ่ม A เท่ากับ 85

4.5 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 2 ประชากรที่เป็นอิสระต่อกัน (Independent Samples T-Test)

การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 2 ประชากรที่เป็นอิสระต่อกัน เป็นการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่าง 2 ประชากรที่เป็นอิสระต่อกัน ว่ามีความแตกต่างกัน มากกว่า หรือน้อยกว่าอีกกลุ่มหนึ่งหรือไม่ ซึ่งใช้ได้กับข้อมูลระดับอันตรภาคหรืออัตราส่วน ดังตารางที่ 4.9 เป็นข้อมูลคะแนนของกลุ่ม A และกลุ่ม B

สมมติฐาน $H_0 : \mu_{GenA} - \mu_{GenB} = 0$

$H_1 : \mu_{GenA} - \mu_{GenB} \neq 0$

โดยที่ μ_{GenA} แทนค่าเฉลี่ยของคะแนนกลุ่ม A

μ_{GenB} แทนค่าเฉลี่ยของคะแนนกลุ่ม B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือ H_0 : ค่าเฉลี่ยของคะแนนกลุ่ม A ไม่แตกต่างจากกลุ่ม B

H_1 : ค่าเฉลี่ยของคะแนนกลุ่ม A แตกต่างจากกลุ่ม B

<u>โปรแกรม Minitab</u>

ตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 2 ประชากรที่เป็นอิสระต่อกัน

1) **ประชากรทั้ง 2 กลุ่มเป็นอิสระต่อกัน**
2) **ประชากรมีการแจกแจงแบบปกติทั้ง 2 กลุ่ม**

สมมติฐาน

H_0 : คะแนนกลุ่ม A มีการแจกแจงแบบปกติ

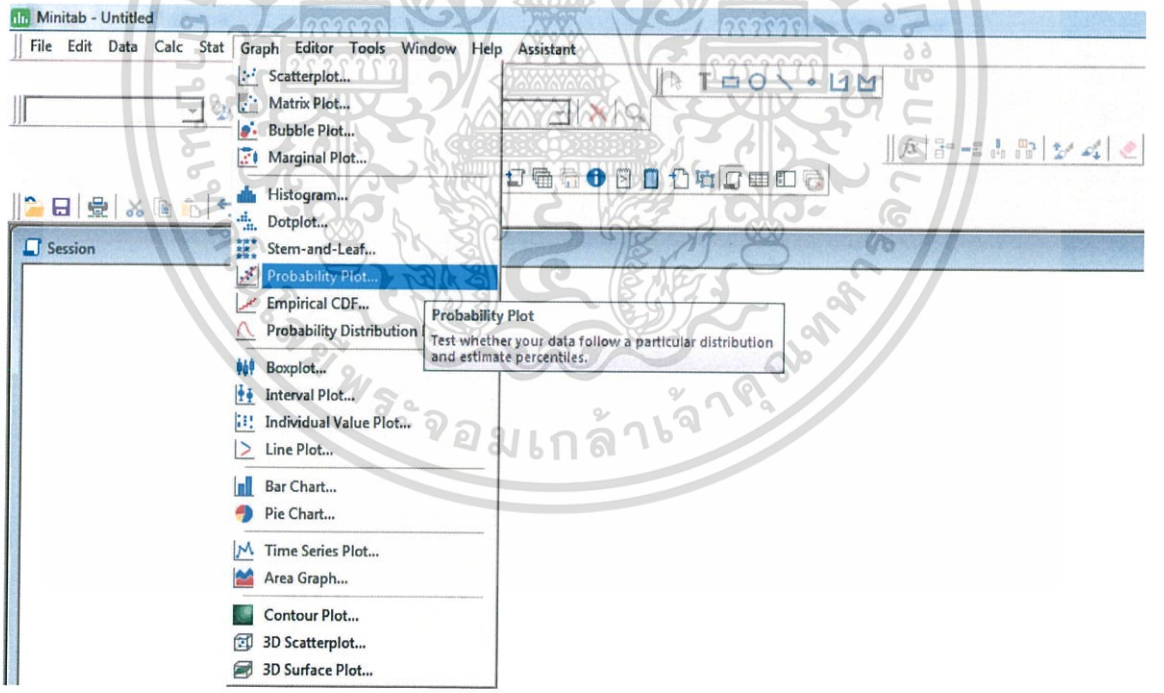
H_1 : คะแนนกลุ่ม A ไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

และ

H_0 : คะแนนกลุ่ม B มีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : คะแนนกลุ่ม B ไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

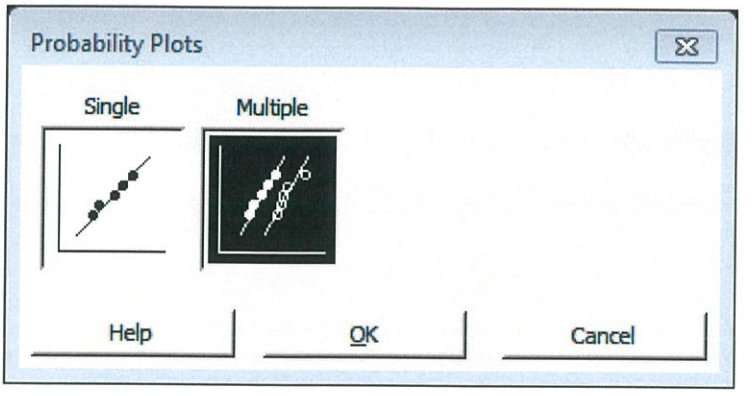
ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Graph ⟶ Probability Plot ดังรูปที่ 4.5.1



รูปที่ 4.5.1 การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ สำหรับโปรแกรม Minitab

จะปรากฏหน้าต่าง Probability Plots ดังรูปที่ 4.5.2

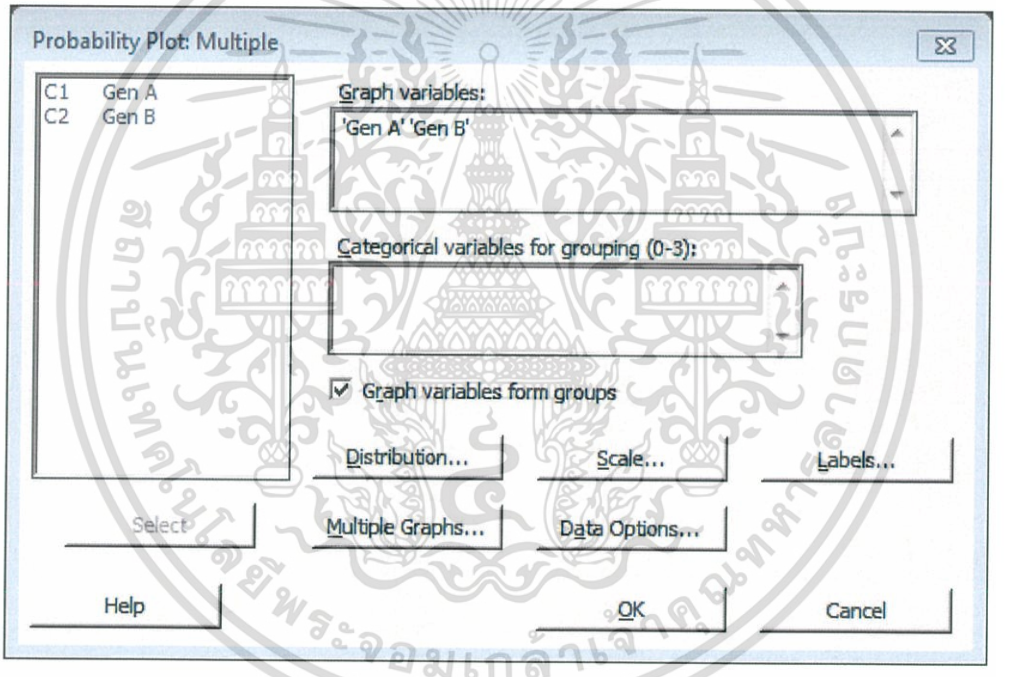
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5.2 หน้าต่าง Probability Plots

ขั้นที่ 2 เลือก Multiple แล้วคลิก OK

จะปรากฏหน้าต่าง Probability Plot: Multiple ดังรูปที่ 4.5.3



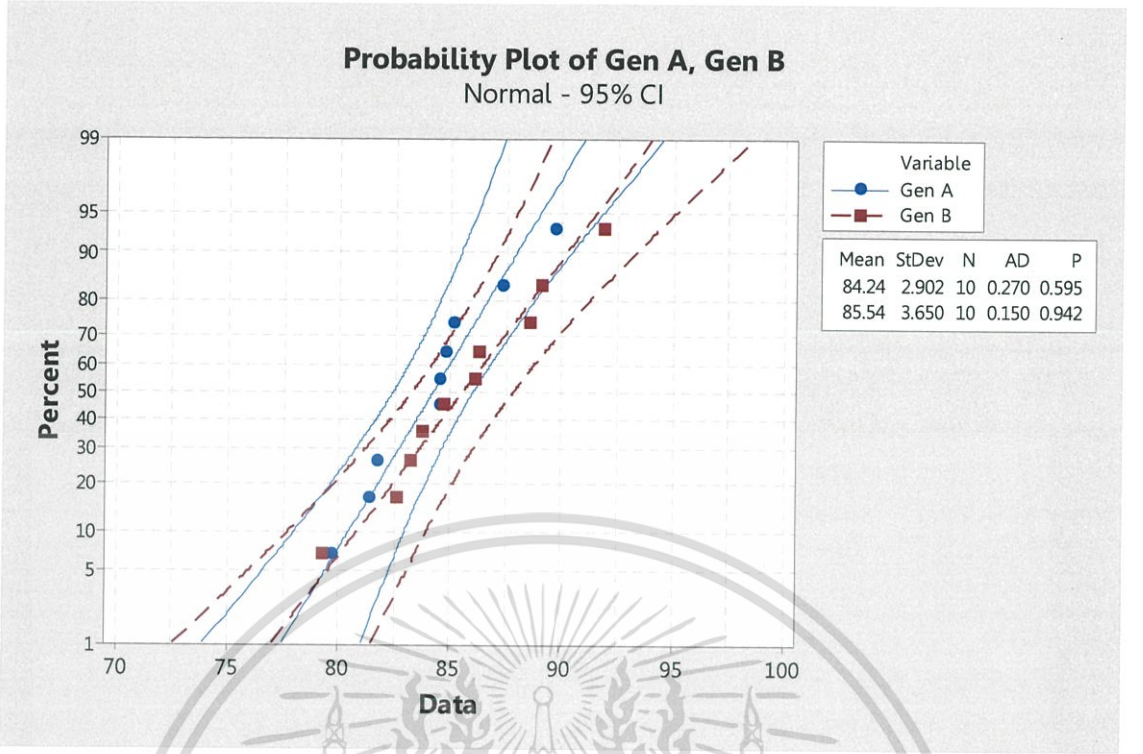
รูปที่ 4.5.3 หน้าต่าง Probability Plot: Multiple ของข้อมูลจากตารางที่ 4.9

ขั้นที่ 3 เลือกตัวแปรที่ต้องการทดสอบการแจกแจงปกติ ใส่ในช่อง Graph variables:

เลือก ☑ Graph variables form groups แล้วคลิก OK

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.5.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5.4 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ ของข้อมูลจากตารางที่ 4.9 สำหรับโปรแกรม Minitab

จากรูปที่ 4.5.4 คะแนนกลุ่ม A ได้ค่า P-value = 0.595 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น คะแนนกลุ่ม A มีการแจกแจงแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และคะแนนกลุ่ม B ได้ค่า P-value = 0.942 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น คะแนนกลุ่ม B มีการแจกแจงแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3) กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก

4) ไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากร (σ_1^2, σ_2^2) จึงต้องพิจารณาต่อว่า $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma^2$ หรือ $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$

สมมติฐาน

$$H_0 : \sigma^2_{Gen\ A} = \sigma^2_{Gen\ B}$$

$$H_1 : \sigma^2_{Gen\ A} \neq \sigma^2_{Gen\ B}$$

โดยที่ $\sigma^2_{Gen\ A}$ แทนความแปรปรวนของคะแนนกลุ่ม A

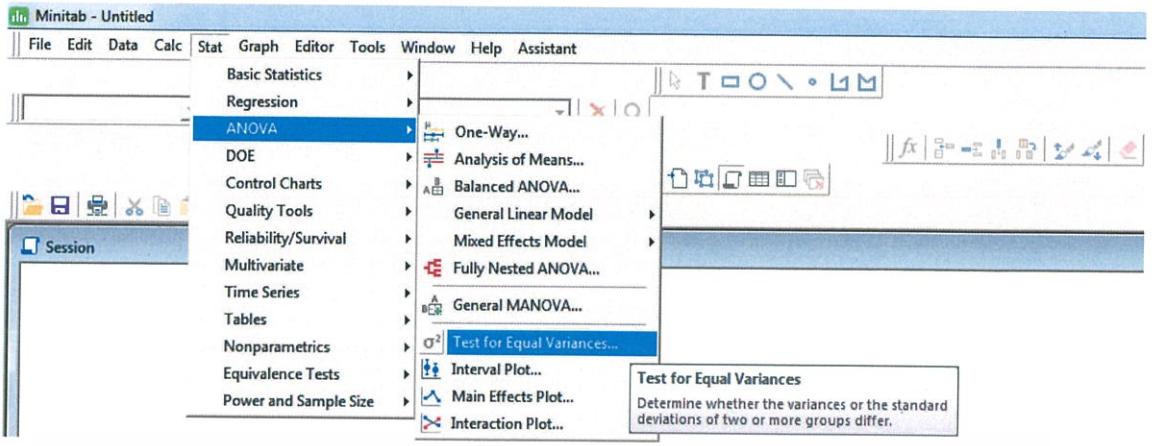
$\sigma^2_{Gen\ B}$ แทนความแปรปรวนของคะแนนกลุ่ม B

หรือ H_0 : ความแปรปรวนของคะแนนกลุ่ม A เท่ากับกลุ่ม B

H_1 : ความแปรปรวนของคะแนนกลุ่ม A ไม่เท่ากับกลุ่ม B

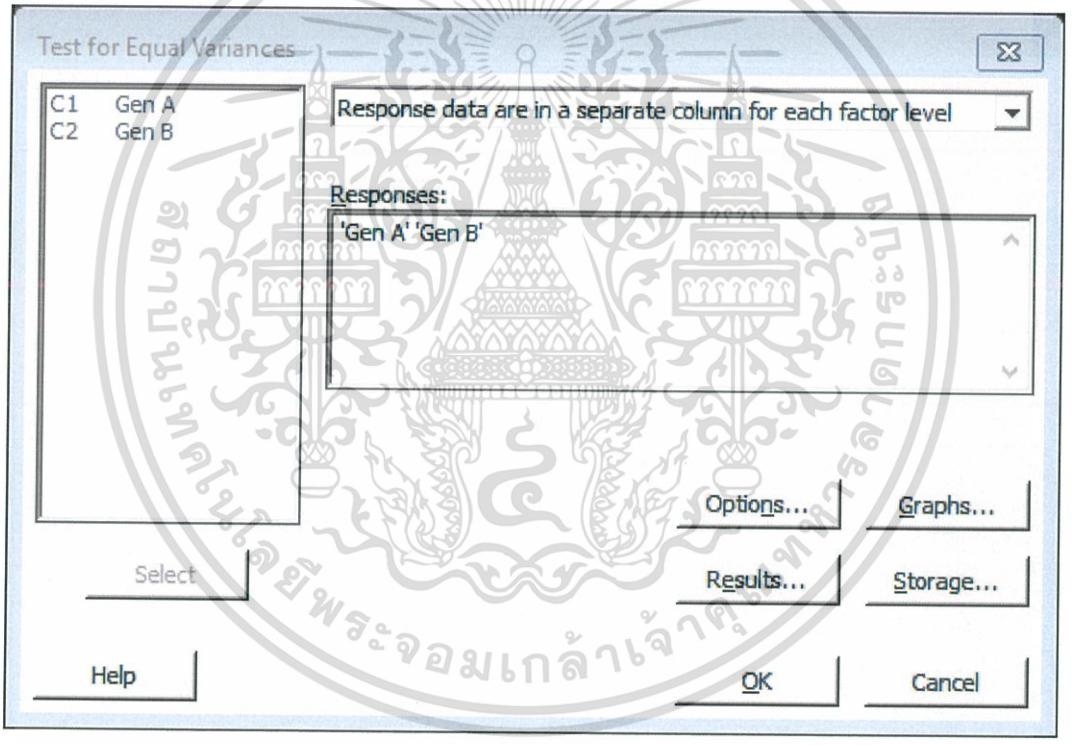
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Stat ⟶ ANOVA ⟶ Test for Equal Variances ดังรูปที่ 4.5.5



รูปที่ 4.5.5 การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแปรปรวน สำหรับโปรแกรม Minitab

จะปรากฏหน้าต่าง Test for Equal Variances ดังรูปที่ 4.5.6



รูปที่ 4.5.6 หน้าต่าง Test for Equal Variances ของข้อมูลจากตารางที่ 4.9

ขั้นที่ 2 เลือกรูปแบบของข้อมูลที่นำมาทดสอบ

Response data are in a separate column for each factor level

เลือกตัวแปรที่ต้องการทดสอบความแปรปรวน ใส่ในช่อง Responses:

แล้วคลิก OK

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.5.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test for Equal Variances: Gen A, Gen B

Method

Null hypothesis	All variances are equal
Alternative hypothesis	At least one variance is different
Significance level	$\alpha = 0.05$

95% Bonferroni Confidence Intervals for Standard Deviations

Sample	N	StDev	CI
Gen A	10	2.90180	(1.65970, 6.53916)
Gen B	10	3.65033	(2.18733, 7.85175)

Individual confidence level = 97.5%

Tests

Method	Test Statistic	P-Value
Multiple comparisons	0.48	0.487
Levene	0.78	0.390

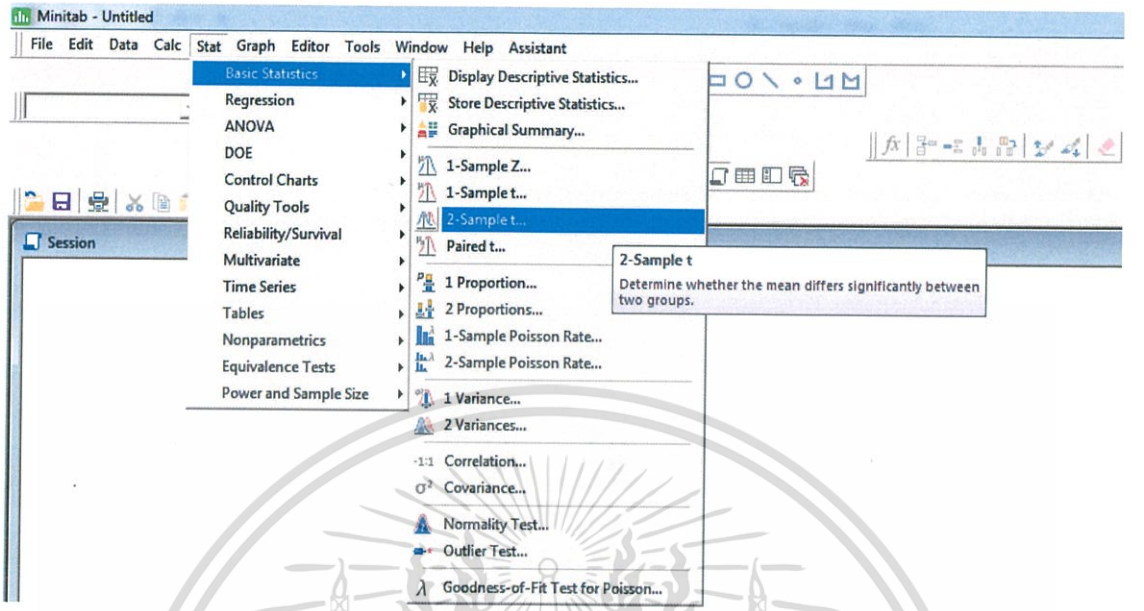
รูปที่ 4.5.7 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแปรปรวน ของข้อมูลจากตารางที่ 4.9 สำหรับโปรแกรม Minitab

จากรูปที่ 4.5.7 ได้ค่า P-value = 0.390 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ความแปรปรวนของคะแนนกลุ่ม A เท่ากับกลุ่ม B อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

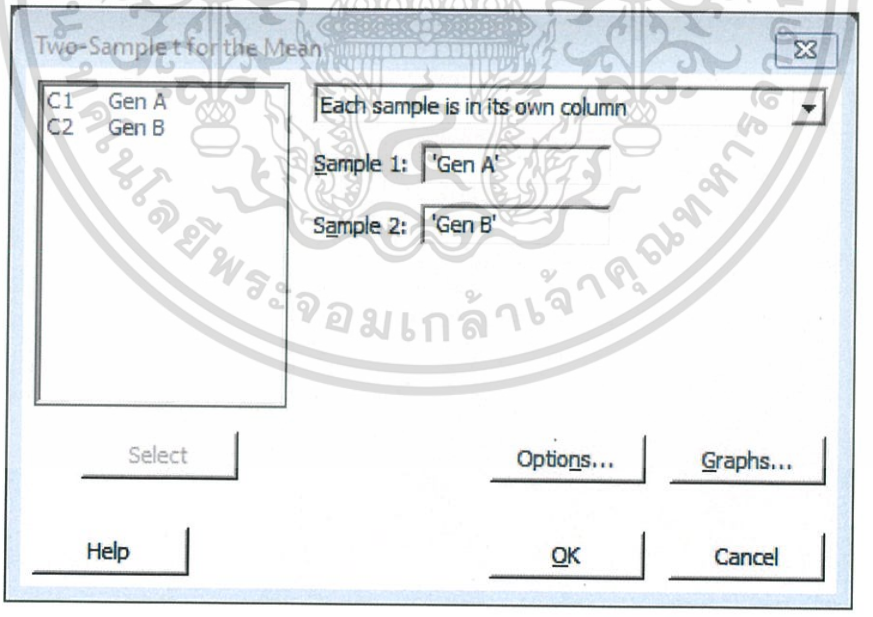
การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 2 ประชากรที่เป็นอิสระต่อกัน

ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Stat ⟶ Basic Statistics ⟶ 2-Sample t ดังรูปที่ 4.5.8



รูปที่ 4.5.8 การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 2 ประชากรที่เป็นอิสระต่อกัน สำหรับโปรแกรม Minitab

จะปรากฏหน้าต่าง Two-Sample t for the Mean ดังรูปที่ 4.5.9



รูปที่ 4.5.9 หน้าต่าง Two-Sample t for the Mean ของข้อมูลจากตารางที่ 4.9

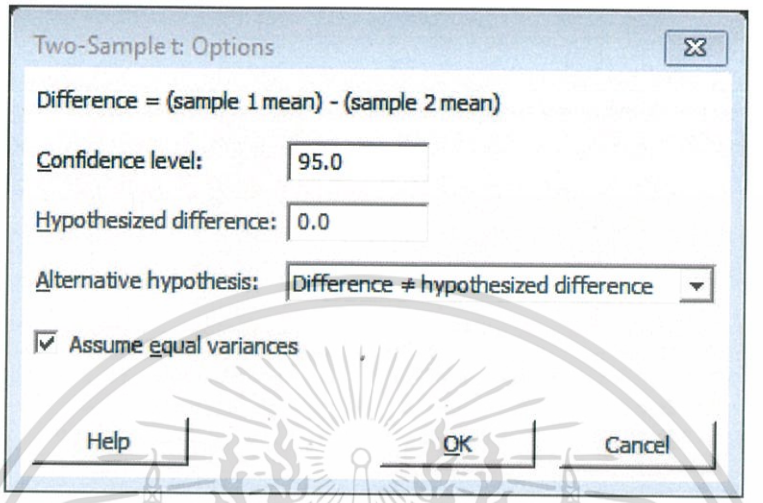
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 2 เลือกรูปแบบของข้อมูลที่นำมาทดสอบ Each sample is in its own column

เลือกตัวแปรที่ต้องการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 2 ประชากรที่เป็นอิสระต่อกัน ใส่ในช่อง Sample 1: และ Sample 2:

ขั้นที่ 3 คลิก Options...

จะปรากฏหน้าต่าง Two-Sample t: Options ดังรูปที่ 4.5.10



รูปที่ 4.5.10 หน้าต่าง Two-Sample t: Options

ขั้นที่ 4 Alternative hypothesis: เลือกเครื่องหมายของสมมติฐานทางเลือก

เลือก Assume equal variances เนื่องจากผลการทดสอบสรุปว่าความแปรปรวนของคะแนนกลุ่ม A เท่ากับกลุ่ม B แล้วคลิก OK

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.5.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Two-Sample T-Test and CI: Gen A, Gen B

Method

μ_1: mean of Gen A
μ_2: mean of Gen B
Difference: $\mu_1 - \mu_2$

Equal variances are assumed for this analysis.

Descriptive Statistics

Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
Gen A	10	84.24	2.90	0.92
Gen B	10	85.54	3.65	1.2

Estimation for Difference

Difference	Pooled StDev	95% CI for Difference
-1.30	3.30	(-4.40, 1.80)

Test

Null hypothesis H_0: $\mu_1 - \mu_2 = 0$
Alternative hypothesis H_1: $\mu_1 - \mu_2 \neq 0$

T-Value	DF	P-Value
-0.88	18	0.390

รูปที่ 4.5.11 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 2 ประชากรที่เป็นอิสระต่อกัน สำหรับโปรแกรม Minitab

จากรูปที่ 4.5.11 ได้ค่า P-value = 0.390 > $_{\alpha}$ = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ค่าเฉลี่ยของคะแนนกลุ่ม A ไม่แตกต่างจากกลุ่ม B อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม R

ตารางที่ 4.12 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 2 ประชากรที่เป็นอิสระต่อกัน สำหรับโปรแกรม R

Row	Y	Group
1	89.7	Gen A
2	81.4	Gen A
3	84.5	Gen A
4	84.8	Gen A
5	87.3	Gen A
6	79.7	Gen A
7	85.1	Gen A
8	81.7	Gen A
9	83.7	Gen A
10	84.5	Gen A
11	84.7	Gen B
12	86.1	Gen B
13	83.2	Gen B
14	91.9	Gen B
15	86.3	Gen B
16	79.3	Gen B
17	82.6	Gen B
18	89.1	Gen B
19	83.7	Gen B
20	88.5	Gen B

หมายเหตุ: จัดรูปแบบข้อมูลใหม่ เพื่อความสะดวกในการใช้เมนูใน R Commander

O การใช้เมนูใน R Commander

ตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 2 ประชากรที่เป็นอิสระต่อกัน

1) **ประชากรทั้ง 2 กลุ่มเป็นอิสระต่อกัน**
2) **ประชากรมีการแจกแจงแบบปกติทั้ง 2 กลุ่ม**

สมมติฐาน

H_0 : คะแนนกลุ่ม A มีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : คะแนนกลุ่ม A ไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

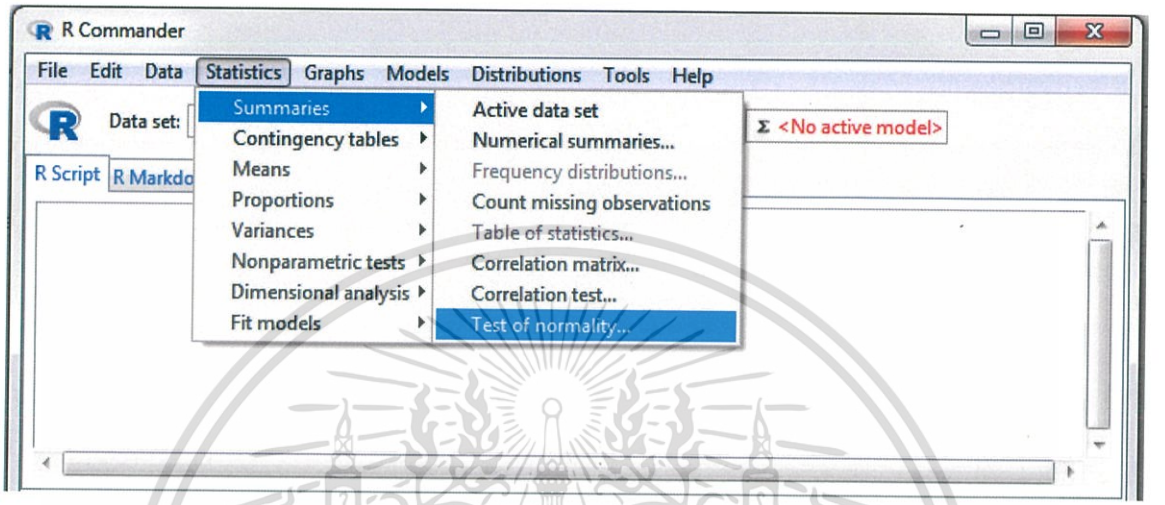
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ

H_0 : คะแนนกลุ่ม B มีการแจกแจงแบบปกติ

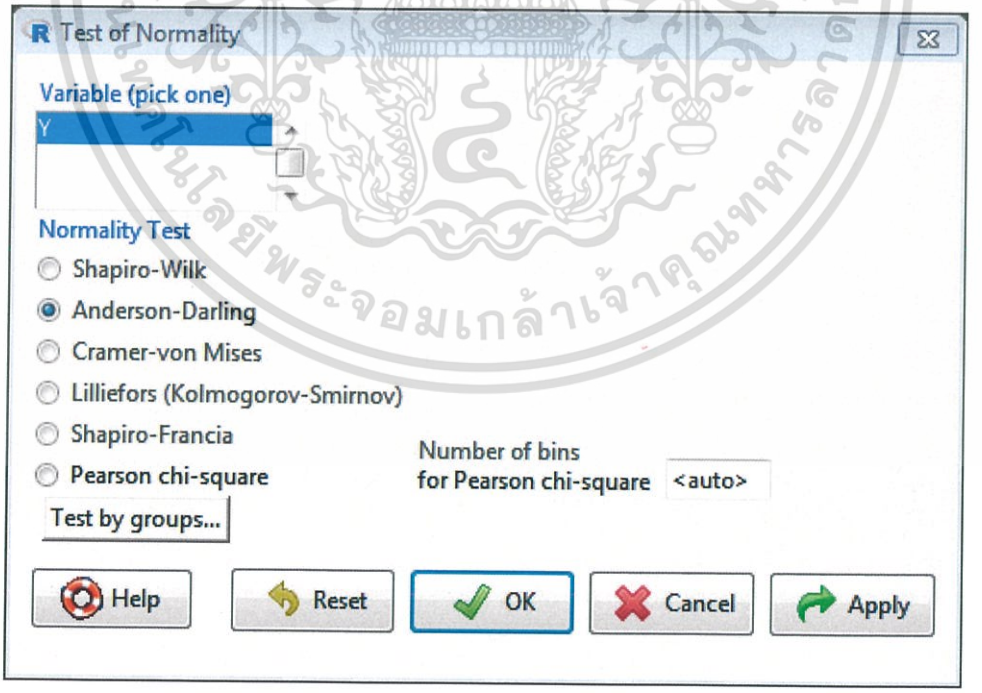
H_1 : คะแนนกลุ่ม B ไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Statistics ⟶ Summaries ⟶ Test of normality ดังรูปที่ 4.5.12



รูปที่ 4.5.12 การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ สำหรับโปรแกรม R

จะปรากฏหน้าต่าง Test of Normality ดังรูปที่ 4.5.13



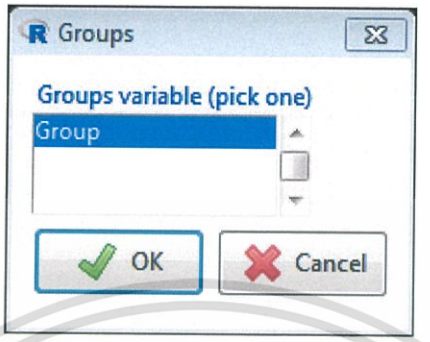
รูปที่ 4.5.13 หน้าต่าง Test of Normality ของข้อมูลจากตารางที่ 4.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 2 เลือกตัวแปรที่ต้องการทดสอบการแจกแจงปกติ ในช่อง Variable (pick one) Normality Test เลือกตัวสถิติที่ต้องการทดสอบ

ขั้นที่ 3 คลิก Test by groups...

จะปรากฏหน้าต่าง Groups ดังรูปที่ 4.5.14



รูปที่ 4.5.14 หน้าต่าง Groups ของข้อมูลจากตารางที่ 4.12

ขั้นที่ 4 เลือกตัวแปรที่ต้องการให้เป็นตัวจำแนกกลุ่ม ในช่อง Groups variable (pick one) แล้วคลิก OK

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.5.15

```
> normalityTest(Y ~ Group, test="ad.test", data=Dataset)

--------
Group = Gen A

    Anderson-Darling normality test

data:  Y
A = 0.26952, p-value = 0.5948

--------
Group = Gen B

    Anderson-Darling normality test

data:  Y
A = 0.15028, p-value = 0.9416

--------

p-values adjusted by the Holm method:
      unadjusted adjusted
Gen A 0.59482    1
Gen B 0.94162    1
```

รูปที่ 4.5.15 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ ของข้อมูลจากตารางที่ 4.12 สำหรับโปรแกรม R

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.5.15 คะแนนกลุ่ม A ได้ค่า P-value = 0.5948 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น คะแนนกลุ่ม A มีการแจกแจงแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และคะแนนกลุ่ม B ได้ค่า P-value = 0.9416 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น คะแนนกลุ่ม B มีการแจกแจงแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3) กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก

4) ไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากร (σ_1^2, σ_2^2) จึงต้องพิจารณาต่อว่า

$\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma^2$ **หรือ** $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$

สมมติฐาน

$$H_0 : \sigma^2_{Gen\ A} = \sigma^2_{Gen\ B}$$

$$H_1 : \sigma^2_{Gen\ A} \neq \sigma^2_{Gen\ B}$$

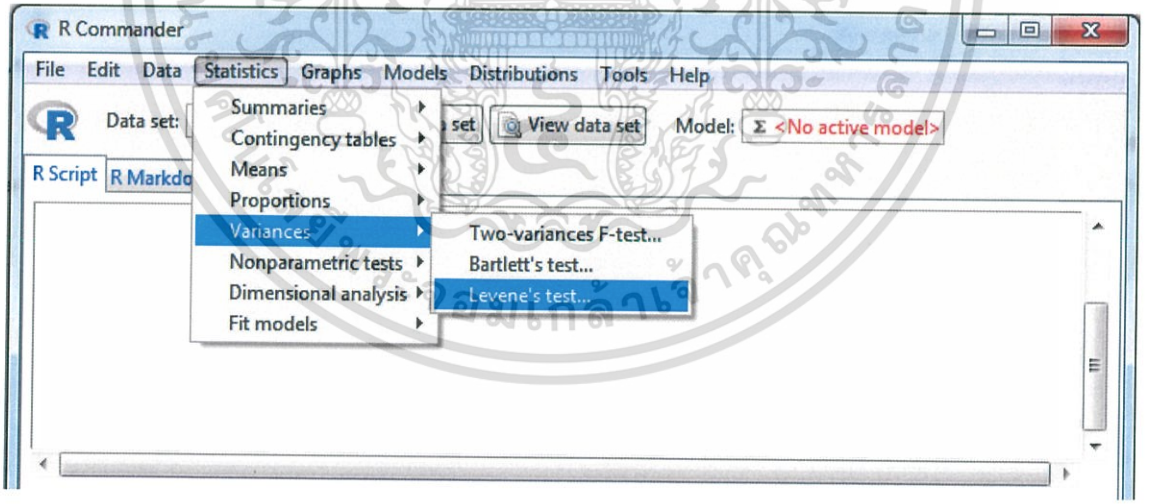
โดยที่ $\sigma^2_{Gen\ A}$ แทนความแปรปรวนของคะแนนกลุ่ม A

$\sigma^2_{Gen\ B}$ แทนความแปรปรวนของคะแนนกลุ่ม B

หรือ H_0 : ความแปรปรวนของคะแนนกลุ่ม A เท่ากับกลุ่ม B

H_1 : ความแปรปรวนของคะแนนกลุ่ม A ไม่เท่ากับกลุ่ม B

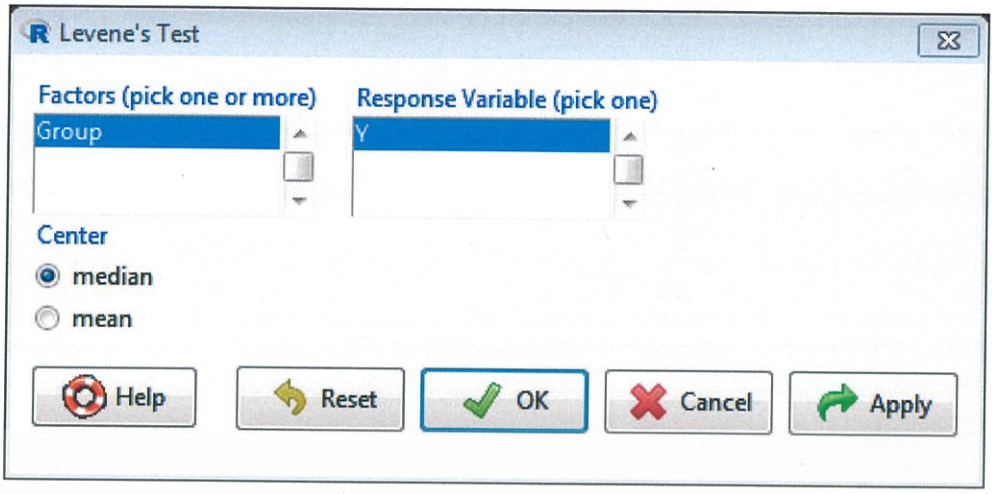
ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Statistics ⟶ Variances ⟶ Levene's test ดังรูปที่ 4.5.16



รูปที่ 4.5.16 การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแปรปรวน สำหรับโปรแกรม R

จะปรากฏหน้าต่าง Levene's Test ดังรูปที่ 4.5.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5.17 หน้าต่าง Levene's Test ของข้อมูลจากตารางที่ 4.12

ขั้นที่ 2 เลือกตัวแปรที่ต้องการให้เป็นตัวจำแนกกลุ่ม ในช่อง Factors (pick one or more) เลือกตัวแปรที่ต้องการทดสอบความแปรปรวน ในช่อง Response Variable (pick one)

Center เลือก ◉ median แล้วคลิก OK จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.5.18

```
> with(Dataset, tapply(Y, Group, var, na.rm=TRUE))
    Gen A     Gen B
 8.420444 13.324889

> leveneTest(Y ~ Group, data=Dataset, center="median")
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center =
"median")
       Df F value Pr(>F)
group   1  0.7752 0.3902
      18
```

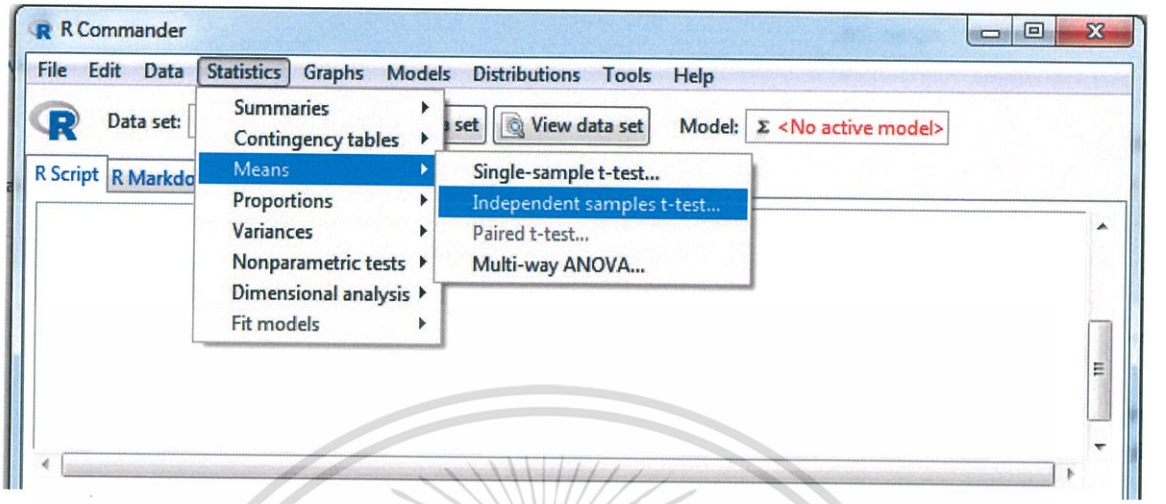
รูปที่ 4.5.18 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแปรปรวน ของข้อมูลจากตารางที่ 4.12 สำหรับโปรแกรม R

จากรูปที่ 4.5.18 ได้ค่า P-value = 0.3902 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ความแปรปรวนของคะแนนกลุ่ม A เท่ากับกลุ่ม B อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

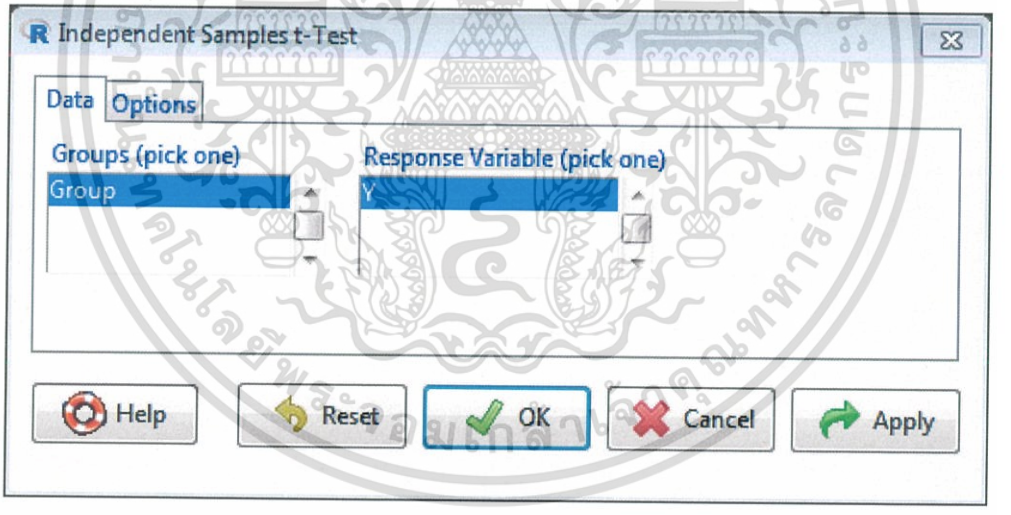
การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 2 ประชากรที่เป็นอิสระต่อกัน

ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Statistic ⟶ Means ⟶ Independent sample t-test ดังรูปที่ 4.5.19



รูปที่ 4.5.19 การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 2 ประชากรที่เป็นอิสระต่อกัน สำหรับโปรแกรม R

จะปรากฏหน้าต่าง Independent Sample t-Test: Data ดังรูปที่ 4.5.20



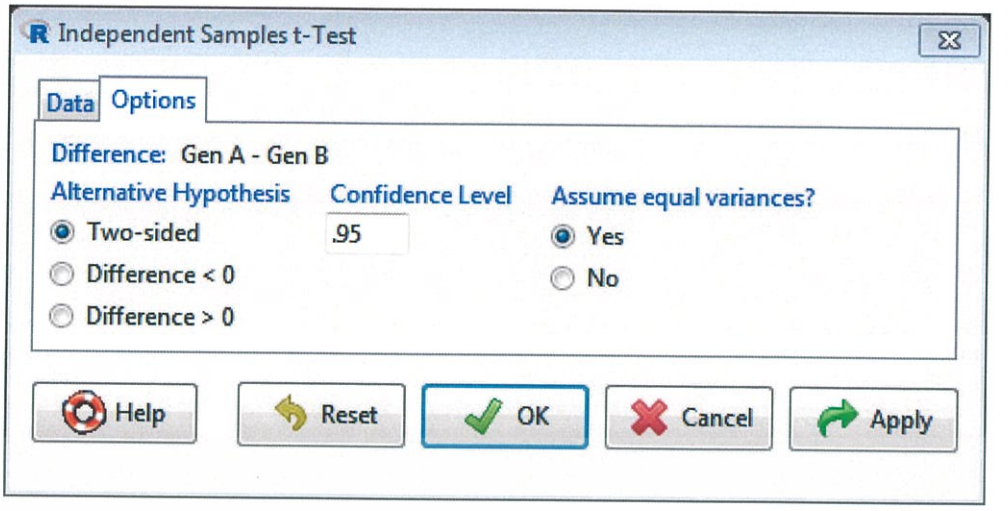
รูปที่ 4.5.20 หน้าต่าง Independent Sample t-Test: Data

ขั้นที่ 2 เลือกตัวแปรที่ต้องการให้เป็นตัวจำแนกกลุ่ม ในช่อง Groups (pick one)
เลือกตัวแปรที่ต้องการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 2 ประชากรที่เป็นอิสระต่อกัน ในช่อง Response Variable (pick one)

ขั้นที่ 3 คลิก Options

จะปรากฏหน้าต่าง Independent Sample t-Test: Options ดังรูปที่ 4.5.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5.21 หน้าต่าง Independent Sample t-Test: Options

ขั้นที่ 4 Alternative Hypothesis เลือกเครื่องหมายของสมมติฐานทางเลือก Assume equal variances? เลือก Yes เนื่องจากผลการทดสอบสรุปว่าความแปรปรวนของคะแนนกลุ่ม A เท่ากับกลุ่ม B แล้วคลิก OK จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.5.22

```
 > t.test(Y~Group, alternative='two.sided', conf.level=.95,
var.equal=TRUE,
 +    data=Dataset)

      Two Sample t-test

 data:  Y by Group
 t = -0.88158, df = 18, p-value = 0.3896
 alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
 95 percent confidence interval:
  -4.398082  1.798082
 sample estimates:
 mean in group Gen A mean in group Gen B
             84.24               85.54
```

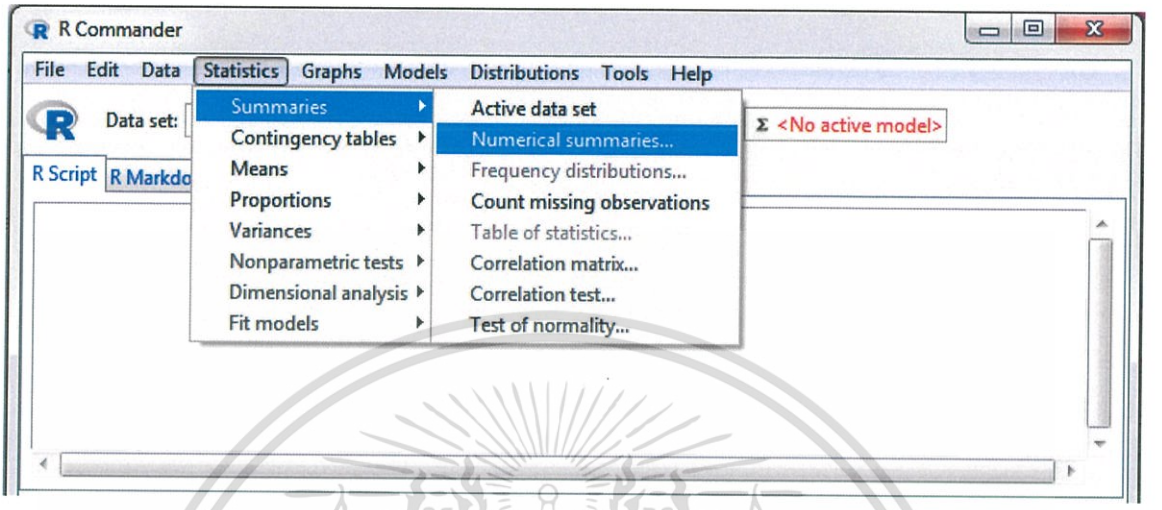
รูปที่ 4.5.22 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 2 ประชากรที่เป็นอิสระต่อกัน ของข้อมูลจากตารางที่ 4.12 สำหรับโปรแกรม R

จากรูปที่ 4.5.27 ได้ค่า P-value = 0.3896 > $_{\alpha}$ = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ค่าเฉลี่ยของคะแนนกลุ่ม A ไม่แตกต่างจาก กลุ่ม B อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

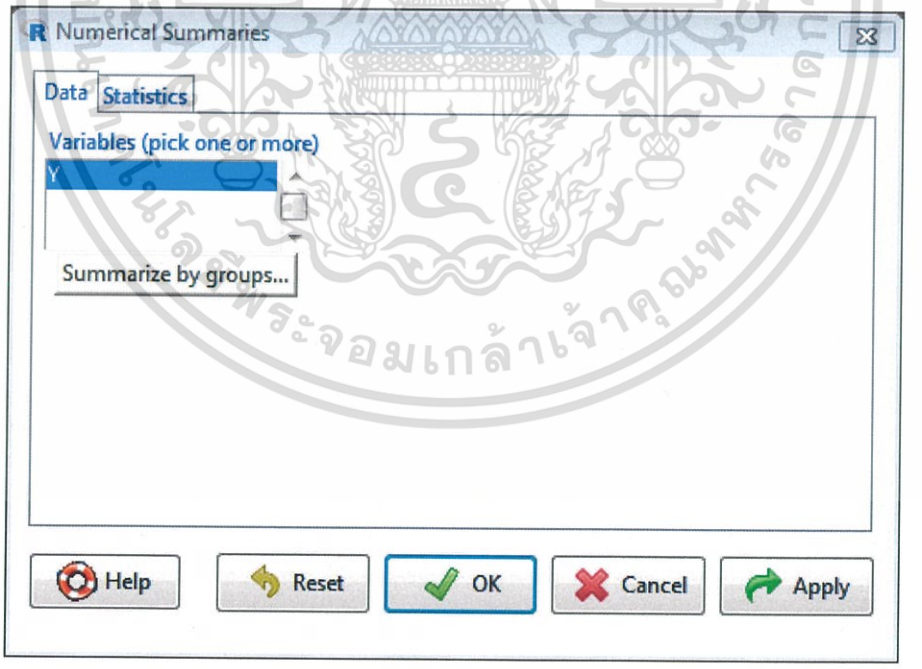
- **การคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย และจำนวนข้อมูล**

ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Statistics ⟶ Summaries ⟶ Numerical summaries ดังรูปที่ 4.5.23



รูปที่ 4.5.23 การใช้คำสั่งเพื่อคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย และจำนวนข้อมูล สำหรับโปรแกรม R

จะปรากฏหน้าต่าง Numerical Summaries ดังรูปที่ 4.5.24



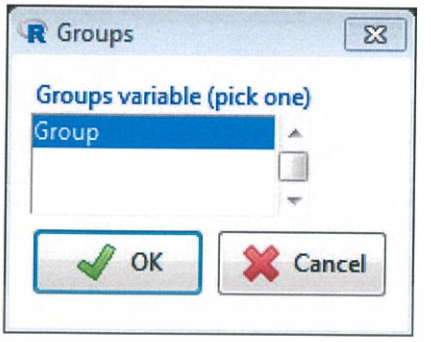
รูปที่ 4.5.24 หน้าต่าง Numerical Summaries: Data ของข้อมูลจากตารางที่ 4.12

ขั้นที่ 2 เลือกตัวแปรที่ต้องการคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย และจำนวนข้อมูล ในช่อง Variables (pick one or more)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 3 คลิก Summarize by groups...

จะปรากฏหน้าต่าง Groups ดังรูปที่ 4.5.25

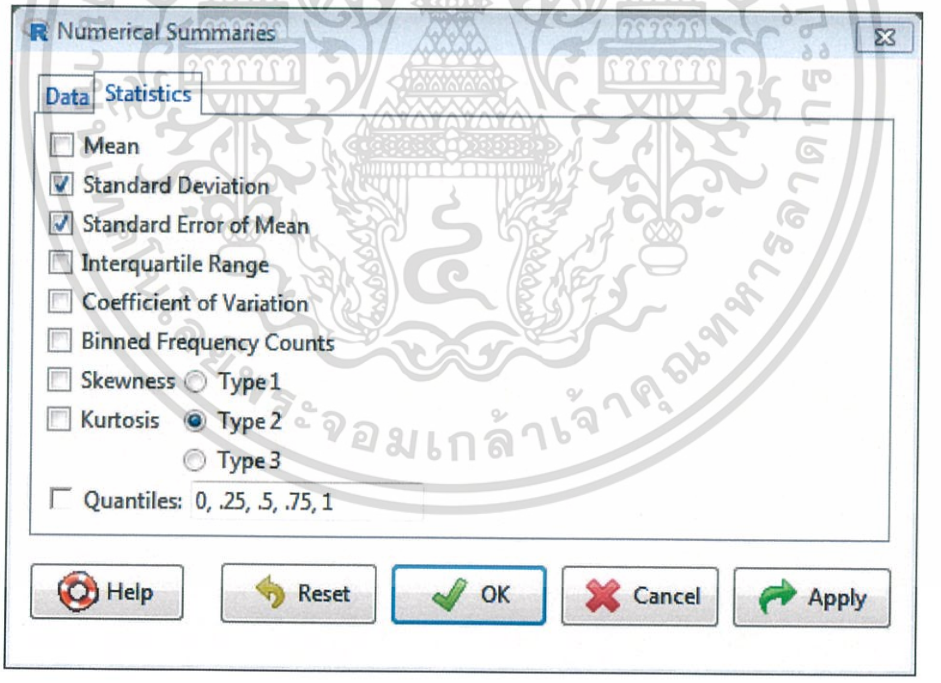


รูปที่ 4.5.25 หน้าต่าง Groups ของข้อมูลจากตารางที่ 4.12

ขั้นที่ 4 เลือกตัวแปรที่ต้องการให้เป็นตัวจำแนกกลุ่ม ในช่อง Group variable (pick one) แล้วคลิก OK

ขั้นที่ 5 คลิก Statistics

จะปรากฏหน้าต่าง Numerical Summaries: Statistics ดังรูปที่ 4.5.26



รูปที่ 4.5.26 หน้าต่าง Numerical Summaries: Statistics

ขั้นที่ 6 เลือกค่าสถิติที่ต้องการให้แสดงผลลัพธ์ แล้วคลิก OK

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.5.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  > numSummary(Dataset[,"Y", drop=FALSE], groups=Dataset$Group,
  +   statistics=c("sd", "se(mean)"),
quantiles=c(0,.25,.5,.75,1))
              sd  se(mean) Y:n
  Gen A 2.901800 0.9176298  10
  Gen B 3.650327 1.1543348  10
```

รูปที่ 4.5.27 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย และจำนวนข้อมูล ของข้อมูลจากตารางที่ 4.12 สำหรับโปรแกรม R

สรุป

ตารางที่ 4.13 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการทดสอบการแจกแจงปกติ (การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 2 ประชากรที่เป็นอิสระต่อกัน)

		โปรแกรม Minitab	โปรแกรม R
กลุ่ม A	Anderson-Darling	0.270	0.26952
	P-value	0.595	0.5948
กลุ่ม B	Anderson-Darling	0.150	0.15028
	P-value	0.942	0.9416

จากตารางที่ 4.13 พบว่า ผลลัพธ์จากโปรแกรม Minitab และ R ได้ค่า Anderson-Darling และ P-value ที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถแปลความหมายทางสถิติได้เหมือนกัน นั่นคือ คะแนนกลุ่ม A และ กลุ่ม B มีการแจกแจงแบบปกติ

ตารางที่ 4.14 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการทดสอบความแปรปรวน (การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 2 ประชากรที่เป็นอิสระต่อกัน)

	โปรแกรม Minitab	โปรแกรม R
Levene	0.78	0.7752
P-value	0.390	0.3902

จากตารางที่ 4.14 พบว่า ผลลัพธ์จากโปรแกรม Minitab และ R ได้ค่า Levene และ P-value ที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถแปลความหมายทางสถิติได้เหมือนกัน นั่นคือ ความแปรปรวนของคะแนนกลุ่ม A เท่ากับกลุ่ม B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 2 ประชากรที่เป็นอิสระต่อกัน

		โปรแกรม Minitab	โปรแกรม R
กลุ่ม A	N	10	10
	Mean	84.24	84.24
	Standard Deviation	2.90	2.901800
	Standard Error of Mean	0.92	0.9176298
กลุ่ม B	N	10	10
	Mean	85.54	85.54
	Standard Deviation	3.65	3.650327
	Standard Error of Mean	1.2	1.1543348
95% Confidence Interval for Mean		(-4.40, 1.80)	(-4.398082, 1.798082)
T-value		-0.88	-0.88158
P-value		0.390	0.3896

จากตารางที่ 4.15 พบว่า ผลลัพธ์จากโปรแกรม Minitab และ R ได้ค่า T-value และ P-value ที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถแปลความหมายทางสถิติได้เหมือนกัน นั่นคือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนกลุ่ม A ไม่แตกต่างจากกลุ่ม B

4.6 การทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 1 ประชากร (One Proportion)

การทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 1 ประชากร เป็นการทดสอบเกี่ยวกับค่าสัดส่วนของ 1 ประชากร ว่ามีลักษณะที่สนใจของประชากรมากกว่า น้อยกว่า หรือมีความแตกต่างจากค่าคาดหมายหรือไม่ โดยมีลักษณะข้อมูลเป็นความถี่ และให้ p เป็นสัดส่วนของลักษณะที่สนใจ q เป็นสัดส่วนของลักษณะที่ไม่สนใจ เช่น สุ่มชิ้นเนื้อมา 18 ชิ้น พบว่ามีชิ้นเนื้อที่ผ่านการตรวจสอบ 5 ชิ้น โดยคาดหวังว่าจะมีชิ้นเนื้อที่ผ่านการตรวจสอบร้อยละ 50 ดังตัวอย่างข้อมูลจากตารางที่ 4.16

สมมติฐาน $H_0: p = 0.5$

$H_0: p \neq 0.5$

โดยที่ p แทนสัดส่วนของชิ้นเนื้อที่ผ่านการตรวจสอบ

หรือ H_0: สัดส่วนของชิ้นเนื้อที่ผ่านการตรวจสอบ เท่ากับ 0.5

H_1: สัดส่วนของชิ้นเนื้อที่ผ่านการตรวจสอบ ไม่เท่ากับ 0.5

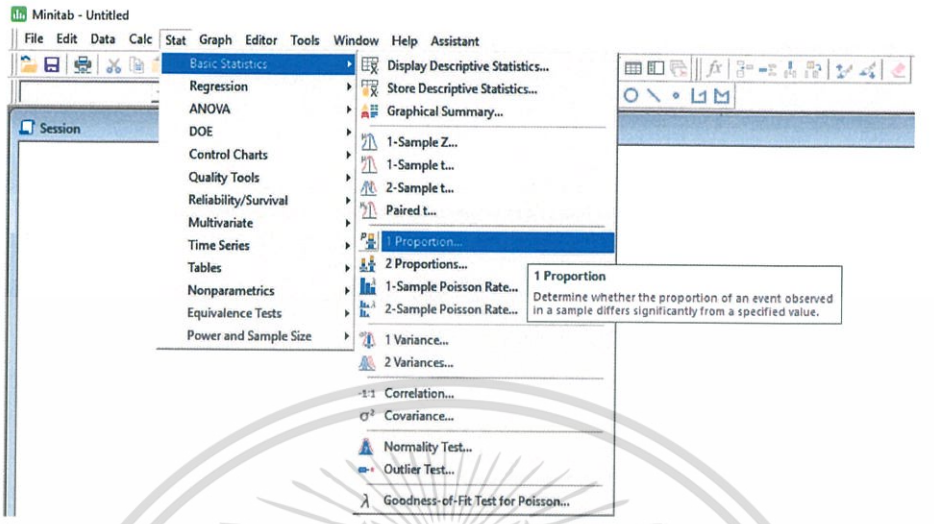
ตารางที่ 4.16 ตัวอย่างข้อมูล (ข้อมูลสมมติ) ที่ใช้ในการทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 1 ประชากร

n	18
x	5
p_0	0.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

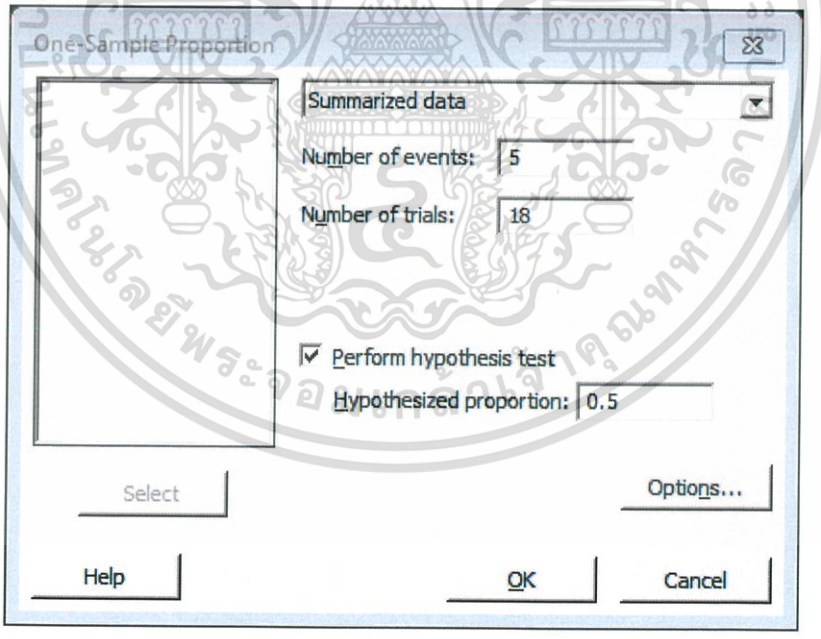
<u>โปรแกรม Minitab</u>

ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Stat ⟶ Basic Statistics ⟶ 1 Proportion ดังรูปที่ 4.6.1



รูปที่ 4.6.1 การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 1 ประชากร สำหรับโปรแกรม Minitab

จะปรากฏหน้าต่าง One-Sample Proportion ดังรูปที่ 4.6.2



รูปที่ 4.6.2 หน้าต่าง One-Sample Proportion

ขั้นที่ 2 กรณีที่ไม่มีข้อมูลดิบ เลือก

กำหนด Number of events: และกำหนด Number of trials:

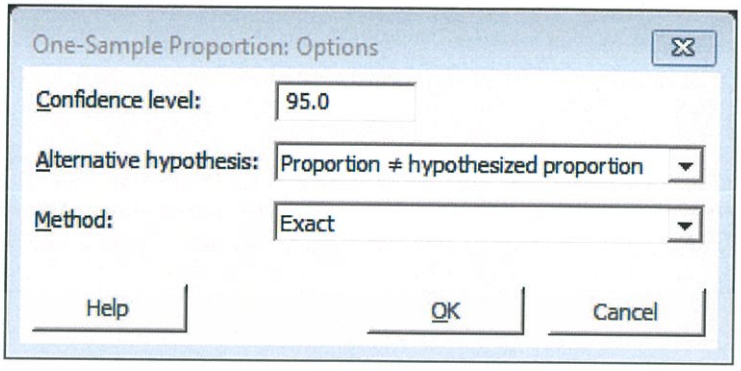
เลือก

และกำหนดค่าที่ต้องการทดสอบสมมติฐาน ในช่อง Hypothesized proportion:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 3 คลิก Options...

จะปรากฏหน้าต่าง One-Sample Proportion: Options ดังรูปที่ 4.6.3

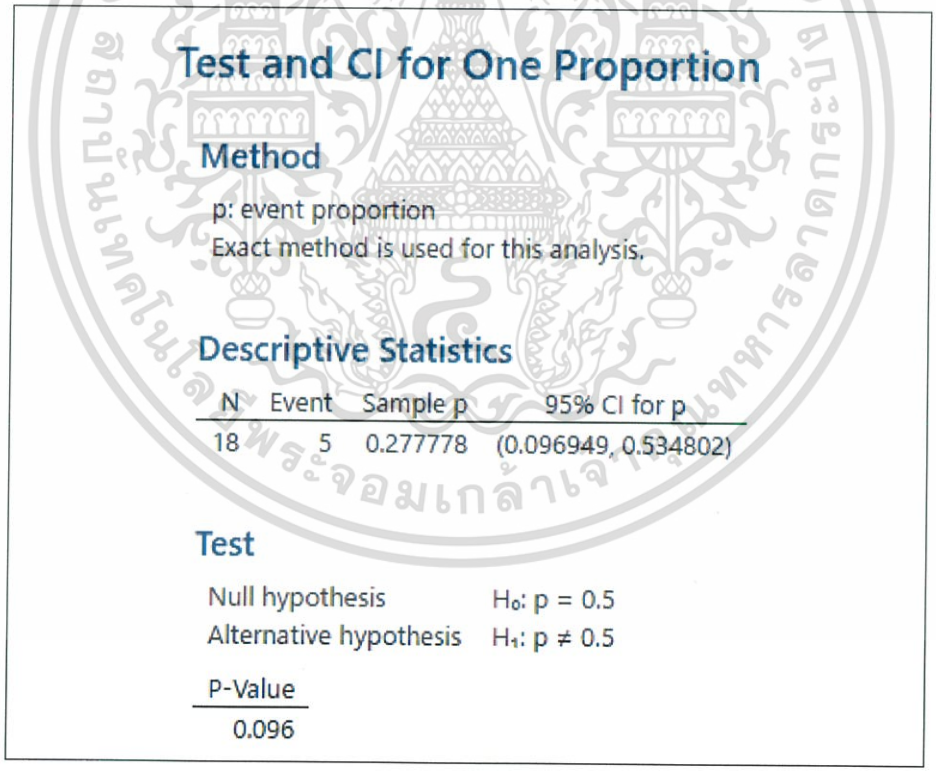


รูปที่ 4.6.3 หน้าต่าง One-Sample Proportion: Options

ขั้นที่ 4 Alternative hypothesis: เลือกเครื่องหมายของสมมติฐานทางเลือก

แล้วคลิก OK

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.6.4



Test and CI for One Proportion

Method

p: event proportion
Exact method is used for this analysis.

Descriptive Statistics

N	Event	Sample p	95% CI for p
18	5	0.277778	(0.096949, 0.534802)

Test

Null hypothesis	H_0: p = 0.5
Alternative hypothesis	H_1: p ≠ 0.5

P-Value
0.096

รูปที่ 4.6.4 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 1 ประชากร สำหรับโปรแกรม Minitab

จากรูปที่ 4.6.4 ได้ค่า P-value = 0.096 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น สัดส่วนของชิ้นเนื้อที่ผ่านการตรวจสอบ เท่ากับ 0.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

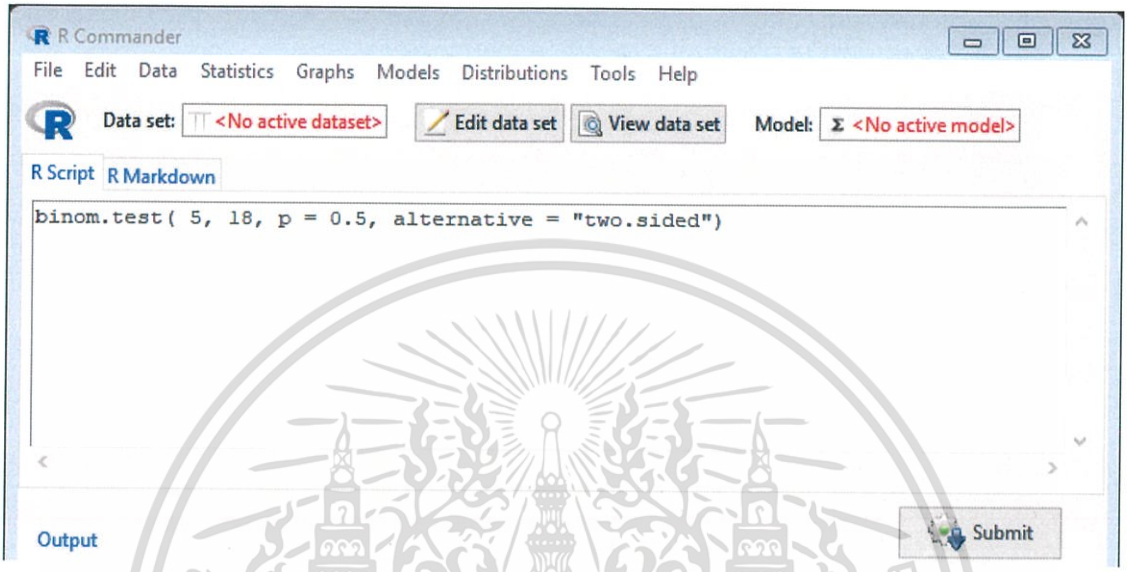
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม R

○ การเขียนคำสั่งใน R Commander

ขั้นที่ 1 กรณีที่ประชากรมีขนาดเล็ก

เขียนคำสั่ง binom.test(5, 18, p = 0.5, alternative = "two.sided") ลงบน R Script ดังรูปที่ 4.6.5



รูปที่ 4.6.5 การเขียนคำสั่งเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 1 ประชากร สำหรับโปรแกรม R

ขั้นที่ 2 คลิก

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.6.6

```
> binom.test( 5, 18, p = 0.5, alternative = "two.sided")

        Exact binomial test

data:  5 and 18
number of successes = 5, number of trials = 18, p-value = 0.09625
alternative hypothesis: true probability of success is not equal to 0.5
95 percent confidence interval:
 0.09694921 0.53480197
sample estimates:
probability of success
             0.2777778
```

รูปที่ 4.6.6 ผลลัพธ์จากการเขียนคำสั่งเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 1 ประชากร สำหรับโปรแกรม R

จากรูปที่ 4.6.6 ได้ค่า P-value = 0.09625 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น สัดส่วนของชิ้นเนื้อที่ผ่านการตรวจสอบ เท่ากับ 0.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

ตารางที่ 4.17 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 1 ประชากร

	โปรแกรม Minitab	โปรแกรม R
Sample p	0.277778	0.2777778
95% Confidence Interval for p	(0.096949, 0.534802)	(0.09694921, 0.53480197)
P-value	0.096	0.09625

จากตารางที่ 4.17 พบว่า ผลลัพธ์จากโปรแกรม Minitab และ R ได้ค่า P-value ที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถแปลความหมายทางสถิติได้เหมือนกัน นั่นคือ สัดส่วนของชิ้นเนื้อที่ผ่านการตรวจสอบเท่ากับ 0.5

4.7 การทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 2 ประชากร (Two Proportions)

การทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 2 ประชากร เป็นการทดสอบเกี่ยวกับค่าสัดส่วนของ 2 ประชากร ว่าลักษณะที่สนใจของประชากรหนึ่งมากกว่า น้อยกว่า หรือมีความแตกต่างกันหรือไม่ โดยมีลักษณะข้อมูลเป็นความถี่และให้ค่า p เป็นสัดส่วนของลักษณะที่สนใจ q เป็นสัดส่วนของลักษณะที่ไม่สนใจ เช่น การทดสอบชิ้นเนื้อที่ผ่านการตรวจสอบ 2 ชนิด ว่าสัดส่วนของชิ้นเนื้อชนิดที่ 1 ที่ผ่านการตรวจสอบแตกต่างจากสัดส่วนชนิดที่ 2 หรือไม่ โดยสุ่มชิ้นเนื้อชนิดที่ 1 และ 2 มา 401 และ 122 ชิ้น ตามลำดับ พบว่าชิ้นเนื้อชนิดที่ 1 ผ่านการตรวจสอบ 349 ชิ้น และชิ้นเนื้อชนิดที่ 2 ผ่านการตรวจสอบ 91 ชิ้น ดังตัวอย่างข้อมูลจากตารางที่ 4.18

สมมติฐาน $H_0: p_1 - p_2 = 0$

$H_0: p_1 - p_2 \neq 0$

โดยที่ p_1 แทนสัดส่วนของชิ้นเนื้อชนิดที่ 1 ที่ผ่านการตรวจสอบ

p_2 แทนสัดส่วนของชิ้นเนื้อชนิดที่ 2 ที่ผ่านการตรวจสอบ

หรือ H_0: สัดส่วนของชิ้นเนื้อชนิดที่ 1 ที่ผ่านการตรวจสอบไม่แตกต่างจากสัดส่วนของชิ้นเนื้อชนิดที่ 2 ที่ผ่านการตรวจสอบ

H_1: สัดส่วนของชิ้นเนื้อชนิดที่ 1 ที่ผ่านการตรวจสอบแตกต่างจากสัดส่วนของชิ้นเนื้อชนิดที่ 2 ที่ผ่านการตรวจสอบ

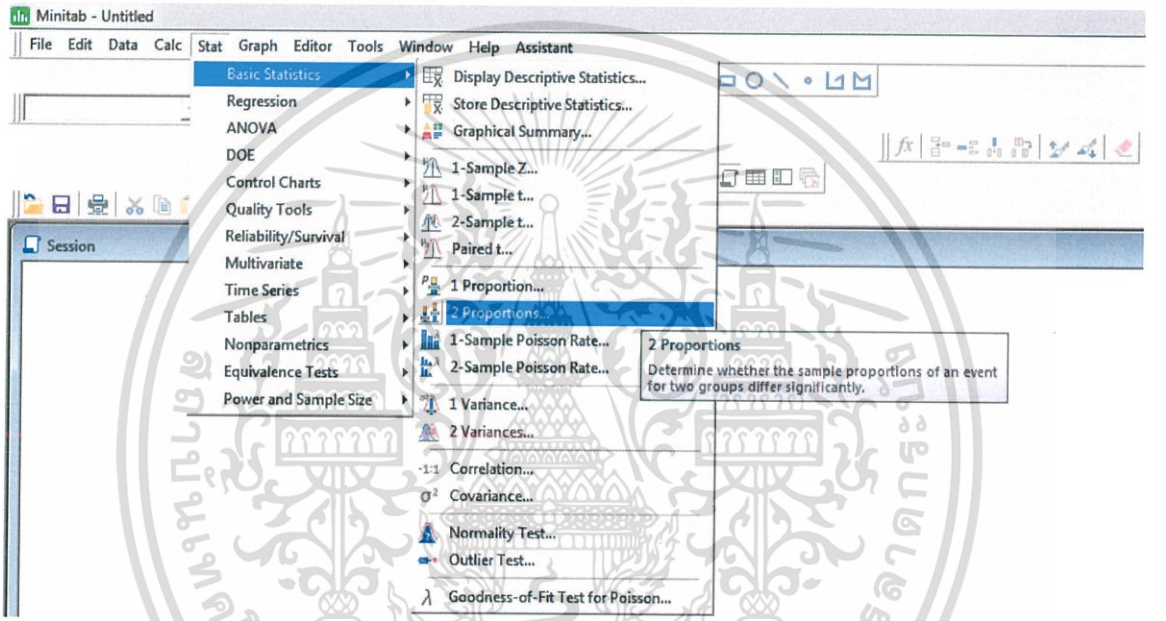
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 2 ประชากร

n_1	401
x_1	349
n_2	122
x_1	91

<u>โปรแกรม Minitab</u>

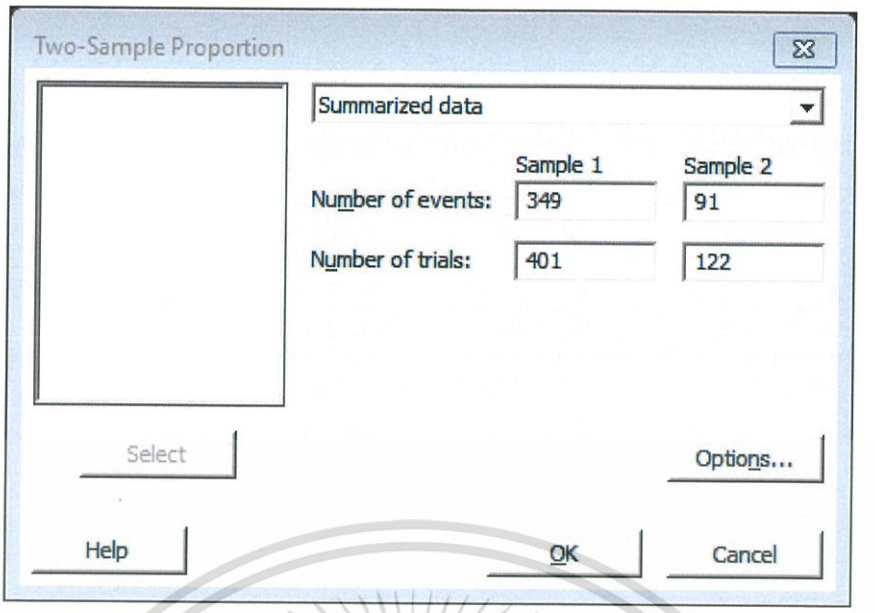
ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Stat ⟶ Basic Statistics ⟶ 2 Proportions ดังรูปที่ 4.7.1



รูปที่ 4.7.1 การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วนของ 2 ประชากร สำหรับโปรแกรม Minitab

จะปรากฏหน้าต่าง Two-Sample Proportion ดังรูปที่ 4.7.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7.2 หน้าต่าง Two-Sample Proportion

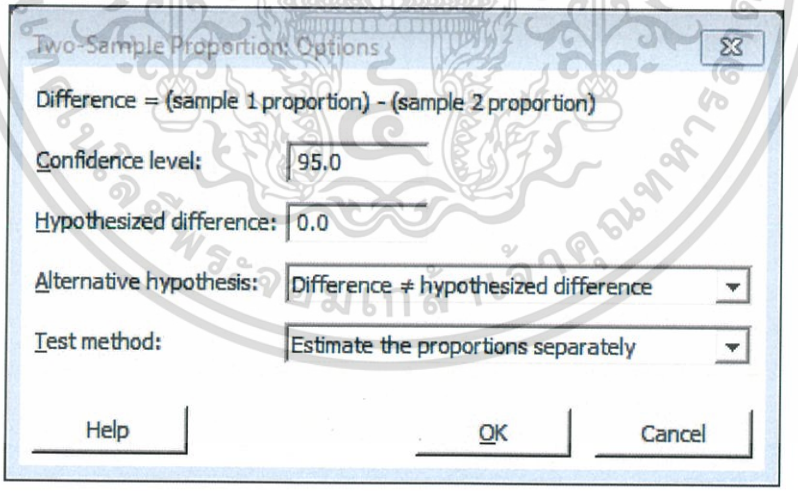
ขั้นที่ 2 กรณีที่ไม่มีข้อมูลดิบ เลือก Summarized data

กำหนด Number of events: ของ Sample 1 และ Sample 2

กำหนด Number of trials: ของ Sample 1 และ Sample 2

ขั้นที่ 3 คลิก Options...

จะปรากฏหน้าต่าง Two-Sample Proportion: Options ดังรูปที่ 4.7.3



รูปที่ 4.7.3 หน้าต่าง Two-Sample Proportion: Options

ขั้นที่ 4 Alternative hypothesis: เลือกเครื่องหมายของสมมติฐานทางเลือก แล้วคลิก OK

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.7.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test and CI for Two Proportions

Method

p_1: proportion where Sample 1 = Event
p_2: proportion where Sample 2 = Event
Difference: $p_1 - p_2$

Descriptive Statistics

Sample	N	Event	Sample p
Sample 1	401	349	0.870324
Sample 2	122	91	0.745902

Estimation for Difference

Difference	95% CI for Difference
0.124423	(0.040464, 0.208381)

CI based on normal approximation

Test

Null hypothesis $H_0: p_1 - p_2 = 0$
Alternative hypothesis $H_1: p_1 - p_2 \neq 0$

Method	Z-Value	P-Value
Normal approximation	2.90	0.004
Fisher's exact		0.002

รูปที่ 4.7.4 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วนของ 2 ประชากร สำหรับโปรแกรม Minitab

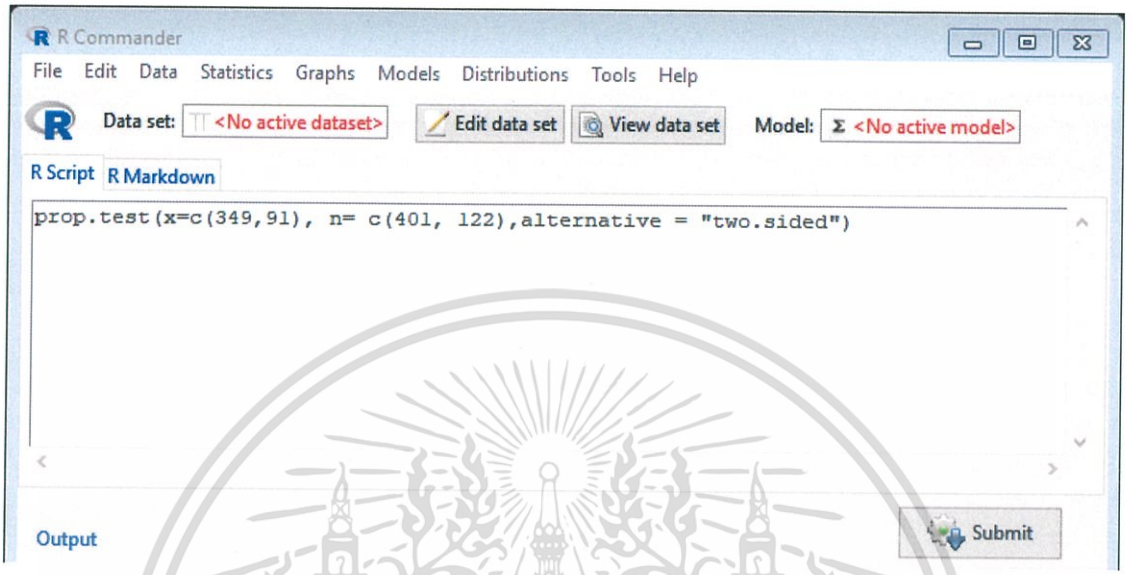
จากรูปที่ 4.7.4 ได้ค่า P-value = 0.002 < α = 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้น สัดส่วนของชิ้นเนื้อชนิดที่ 1 ที่ผ่านการตรวจสอบแตกต่างจากสัดส่วนของชิ้นเนื้อชนิดที่ 2 ที่ผ่านการตรวจสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม R

○ การเขียนคำสั่งใน R Commander

ขั้นที่ 1 เขียนคำสั่ง prop.test(x=c(349,91), n= c(401, 122),alternative = "two.sided") ลงบน R Script ดังรูปที่ 4.7.5



รูปที่ 4.7.5 การเขียนคำสั่งเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วนของ 2 ประชากร สำหรับโปรแกรม R

ขั้นที่ 2 คลิก

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.7.6

```
> prop.test(x=c(349,91), n= c(401, 122),alternative = "two.sided")

      2-sample test for equality of proportions with continuity
correction

data:  c(349, 91) out of c(401, 122)
X-squared = 9.9342, df = 1, p-value = 0.001622
alternative hypothesis: two.sided
95 percent confidence interval:
 0.03511874 0.21372636
sample estimates:
   prop 1    prop 2
0.8703242 0.7459016
```

รูปที่ 4.7.6 ผลลัพธ์จากการเขียนคำสั่งเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วนของ 2 ประชากร สำหรับโปรแกรม R

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.7.6 ได้ค่า P-value = 0.001622 < α = 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้น สัดส่วนของชิ้นเนื้อชนิดที่ 1 ที่ผ่านการตรวจสอบแตกต่างจากสัดส่วนของชิ้นเนื้อชนิดที่ 2 ที่ผ่านการตรวจสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

สรุป

ตารางที่ 4.19 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 2 ประชากร

	โปรแกรม Minitab	โปรแกรม R
Sample p1	0.870324	0.8703242
Sample p2	0.745902	0.7459016
95% Confidence Interval for Difference	(0.040464, 0.208381)	(0.03511874, 0.21372636)
P-value	0.002	0.001622

จากตารางที่ 4.19 พบว่า

1. ผลลัพธ์จากโปรแกรม Minitab และ R ได้ค่า P-value ที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถแปลความหมายทางสถิติได้เหมือนกัน นั่นคือ สัดส่วนของชิ้นเนื้อชนิดที่ 1 ที่ผ่านการตรวจสอบแตกต่างจากสัดส่วนของชิ้นเนื้อชนิดที่ 2 ที่ผ่านการตรวจสอบ
2. โปรแกรม Minitab แสดงค่า Z-value ในขณะที่โปรแกรม R แสดงค่า X-squared
3. ค่า 95% Confidence Interval for Difference ของโปรแกรม R ค่อนข้างคลาดเคลื่อนจากโปรแกรม Minitab

4.8 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation Analysis)

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ เป็นการทดสอบตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป (หรือข้อมูล 2 ชุดขึ้นไป) ว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ ในการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรว่ามีมากน้อยเพียงใดนั้น จะใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นค่าที่วัดความสัมพันธ์ ซึ่งใช้ได้กับข้อมูลระดับอันตรภาคขึ้นไป ดังตารางที่ 4.20 เป็นข้อมูลอุณหภูมิและแรงดันไฟฟ้า

สมมติฐาน $H_0 : \rho = 0$

$H_1 : \rho \neq 0$

โดยที่ ρ แทนความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและแรงดันไฟฟ้า

หรือ H_0 : อุณหภูมิและแรงดันไฟฟ้าไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1 : อุณหภูมิและแรงดันไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

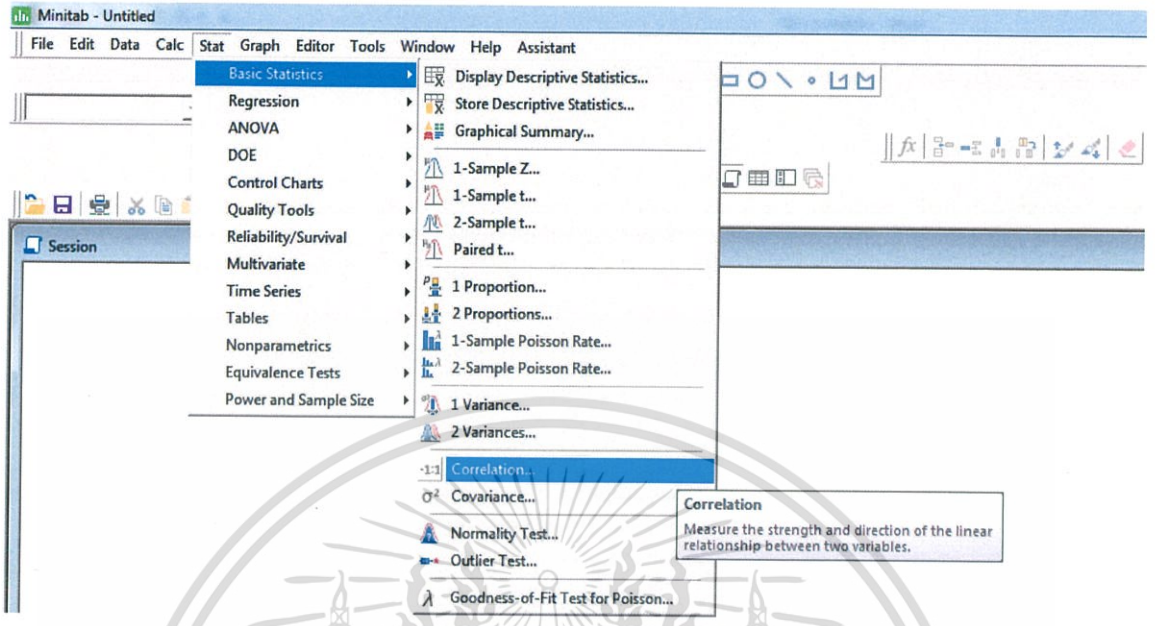
ตารางที่ 4.20 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์สหสัมพันธ์

Row	Temp	Voltage
1	200	6.173
2	210	5.252
3	220	5.970
4	230	5.711
5	240	4.638
6	250	4.875
7	260	7.662
8	270	5.204
9	280	5.317
10	290	7.326
11	300	5.919
12	310	6.222
13	320	6.083
14	330	8.533
15	340	6.868
16	350	17.840
17	360	8.770
18	370	9.621
19	380	11.353
20	390	11.853
21	400	12.552
22	410	12.002
23	420	14.538
24	430	15.354
25	440	15.948
26	450	16.820
27	460	20.705
28	470	19.519
29	480	21.979
30	490	24.818
31	500	25.540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

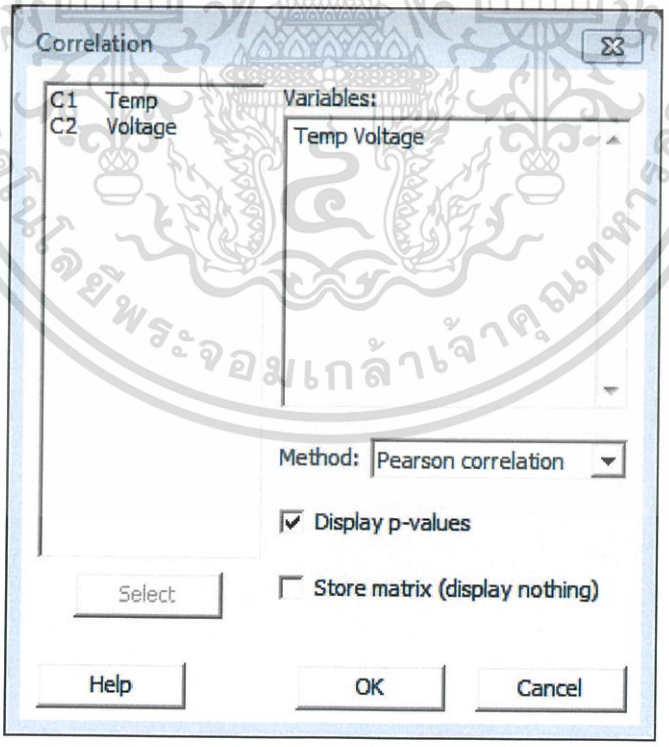
<u>โปรแกรม Minitab</u>

ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Stat ⟶ Basic Statistics ⟶ Correlation ดังรูปที่ 4.8.1



รูปที่ 4.8.1 การใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์สหสัมพันธ์ สำหรับโปรแกรม Minitab

จะปรากฏหน้าต่าง Correlation ดังรูปที่ 4.8.2



รูปที่ 4.8.2 หน้าต่าง Correlation ของข้อมูลจากตารางที่ 4.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 2 เลือกตัวแปรที่ต้องการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ ใส่ในช่อง Variables:
Method: เลือกตัวสถิติที่ต้องการทดสอบ แล้วคลิก OK
จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.8.3

Correlation: Temp, Voltage

Correlations

Pearson correlation	0.900
P-value	0.000

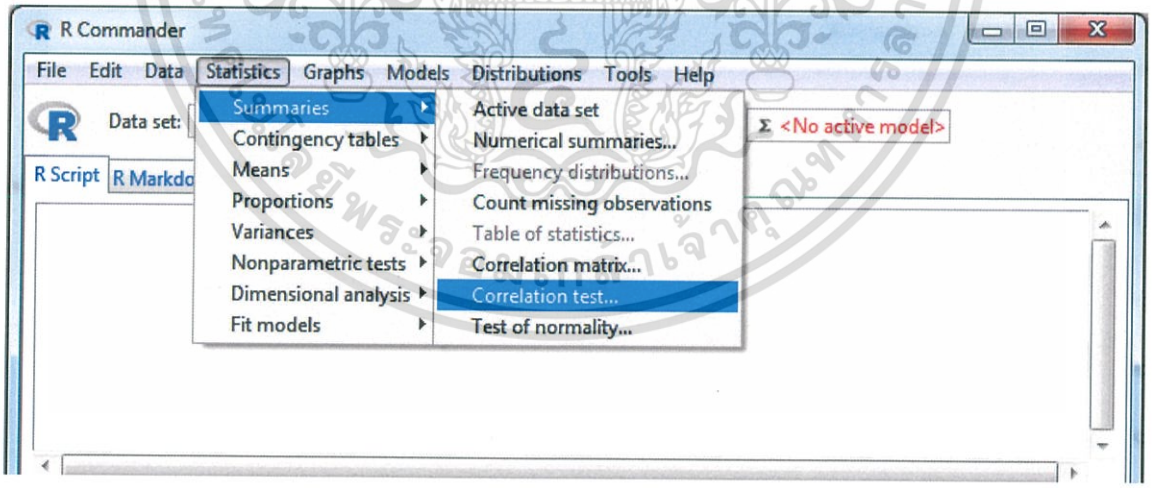
รูปที่ 4.8.3 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์สหสัมพันธ์ ของข้อมูลจากตารางที่ 4.20 สำหรับโปรแกรม Minitab

จากรูปที่ 4.8.3 ได้ค่า P-value = 0.000 < $_{\alpha}$ = 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้น อุณหภูมิและแรงดันไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และได้ค่า Pearson correlation = 0.900 แสดงว่า อุณหภูมิและแรงดันไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กันมากในทิศทางเดียวกัน

<u>โปรแกรม R</u>

○ การใช้เมนูใน R Commander

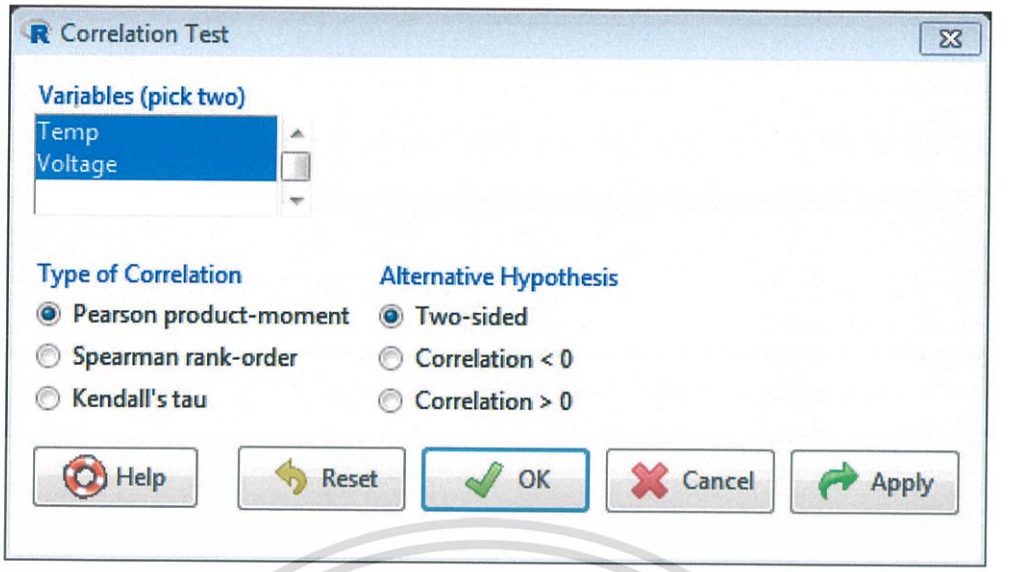
ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Statistic ⟶ Summaries ⟶ Correlation test ดังรูปที่ 4.8.4



รูปที่ 4.8.4 การใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์สหสัมพันธ์ สำหรับโปรแกรม R

จะปรากฏหน้าต่าง Correlation Test ดังรูปที่ 4.8.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8.5 หน้าต่าง Correlation Test

ขั้นที่ 2 เลือกตัวแปรที่ต้องการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ ในช่อง Variables (pick two)
Type of Correlation เลือกตัวสถิติที่ต้องการทดสอบ
Alternative Hypothesis เลือกเครื่องหมายของสมมติฐานทางเลือก
แล้วคลิก

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.8.6

```
> with(Dataset, cor.test(Temp, Voltage, alternative="two.sided",
+   method="pearson"))

        Pearson's product-moment correlation

data:  Temp and Voltage
t = 11.135, df = 29, p-value = 5.458e-12
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 0.8016034 0.9511661
sample estimates:
      cor
0.9002393
```

รูปที่ 4.8.6 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์สหสัมพันธ์ สำหรับโปรแกรม R

จากรูปที่ 4.8.6 ได้ค่า P-value = $5.458e^{-12} < \alpha = 0.05$ จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้น อุณหภูมิและแรงดันไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และได้ค่า Pearson correlation = 0.900 แสดงว่า อุณหภูมิและแรงดันไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กันมากในทิศทางเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

ตารางที่ 4.21 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์

	โปรแกรม Minitab	โปรแกรม R
Pearson correlation	0.9	0.9002393
P-value	0	$5.458\,e^{-12}$

จากตารางที่ 4.21 พบว่า ผลลัพธ์จากโปรแกรม Minitab และ R ได้ค่า Pearson correlation และ P-value ที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถแปลความหมายทางสถิติได้เหมือนกัน นั่นคือ อุณหภูมิและแรงดันไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กันมากในทิศทางเดียวกัน

4.9 การทดสอบการแจกแจงปกติ (Normality Test)

การทดสอบการแจกแจงปกติ เป็นการพิจารณาว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ โดยสามารถวิเคราะห์จากกราฟความน่าจะเป็น หรือทำการทดสอบสมมติฐาน ถ้าข้อมูลมีจำนวนน้อยกว่า 15 ข้อมูล และไม่มีการแจกแจงแบบปกติ ค่า P-value ที่ได้จากการนำไปวิเคราะห์อื่น ๆ อาจไม่ถูกต้อง จึงควรเก็บตัวอย่างให้มาก ดังตารางที่ 4.22 เป็นข้อมูลเปอร์เซ็นต์ Yield

สมมติฐาน

H_0 : เปอร์เซ็นต์ Yield มีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : เปอร์เซ็นต์ Yield ไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

ตารางที่ 4.22 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบการแจกแจงปกติ

Row	Yield	Row	Yield	Row	Yield	Row	Yield
1	130.40%	15	130.16%	29	129.53%	43	134.58%
2	126.47%	16	130.16%	30	128.17%	44	129.72%
3	129.48%	17	128.92%	31	129.37%	45	132.40%
4	129.80%	18	128.10%	32	127.24%	46	132.44%
5	130.35%	19	128.06%	33	128.07%	47	130.31%
6	126.17%	20	129.86%	34	130.24%	48	131.94%
7	129.82%	21	132.05%	35	127.98%	49	131.61%
8	129.58%	22	129.83%	36	131.45%	50	132.36%
9	129.73%	23	132.44%	37	128.60%	51	128.07%
10	126.13%	24	129.69%	38	122.59%	52	133.15%
11	131.02%	25	127.82%	39	131.49%	53	130.93%
12	126.68%	26	128.70%	40	132.32%	54	130.57%
13	125.49%	27	130.72%	41	131.98%	55	131.41%
14	132.31%	28	129.58%	42	132.51%	56	130.40%

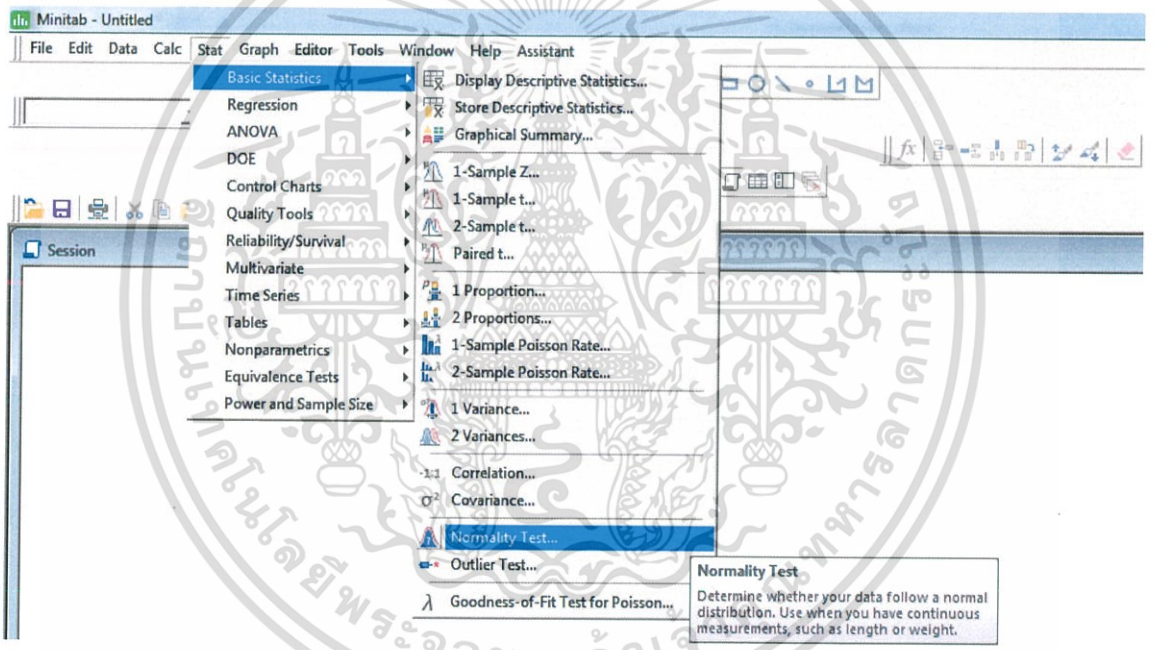
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.22 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบการแจกแจงปกติ (ต่อ)

57	132.45%	65	132.05%	73	131.59%	81	130.35%
58	130.88%	66	133.07%	74	127.37%	82	129.92%
59	132.29%	67	123.55%	75	130.10%	83	132.22%
60	132.37%	68	130.46%	76	135.13%	84	129.05%
61	131.59%	69	128.48%	77	129.69%	85	128.27%
62	129.08%	70	130.81%	78	131.04%	86	127.47%
63	129.17%	71	131.98%	79	130.51%	87	132.21%
64	161.87%	72	130.09%	80	129.54%	88	129.06%

<u>โปรแกรม Minitab</u>

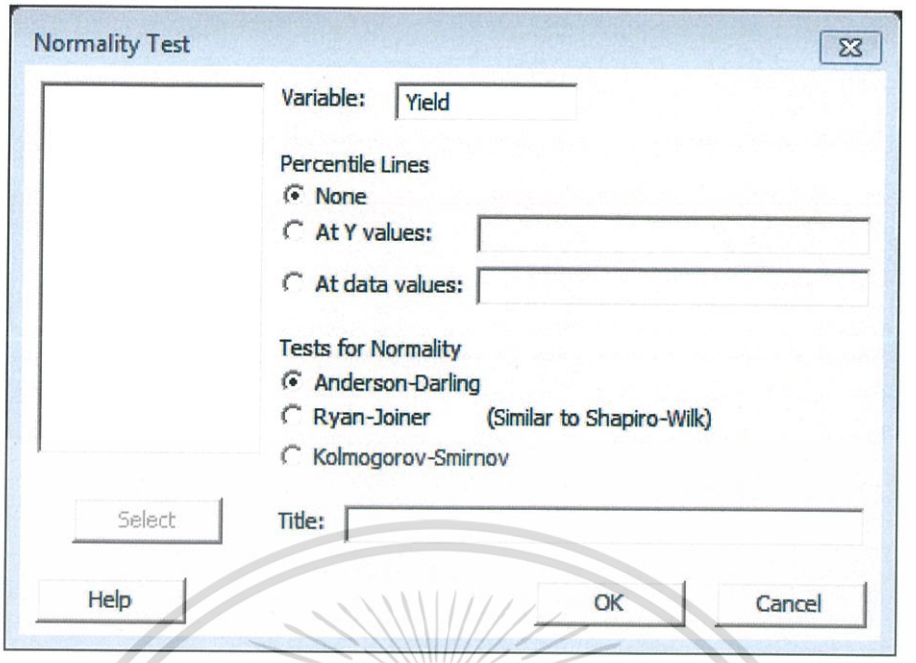
ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Stat ⟶ Basic Statistics ⟶ Normality Test ดังรูปที่ 4.9.1



รูปที่ 4.9.1 การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ สำหรับโปรแกรม Minitab

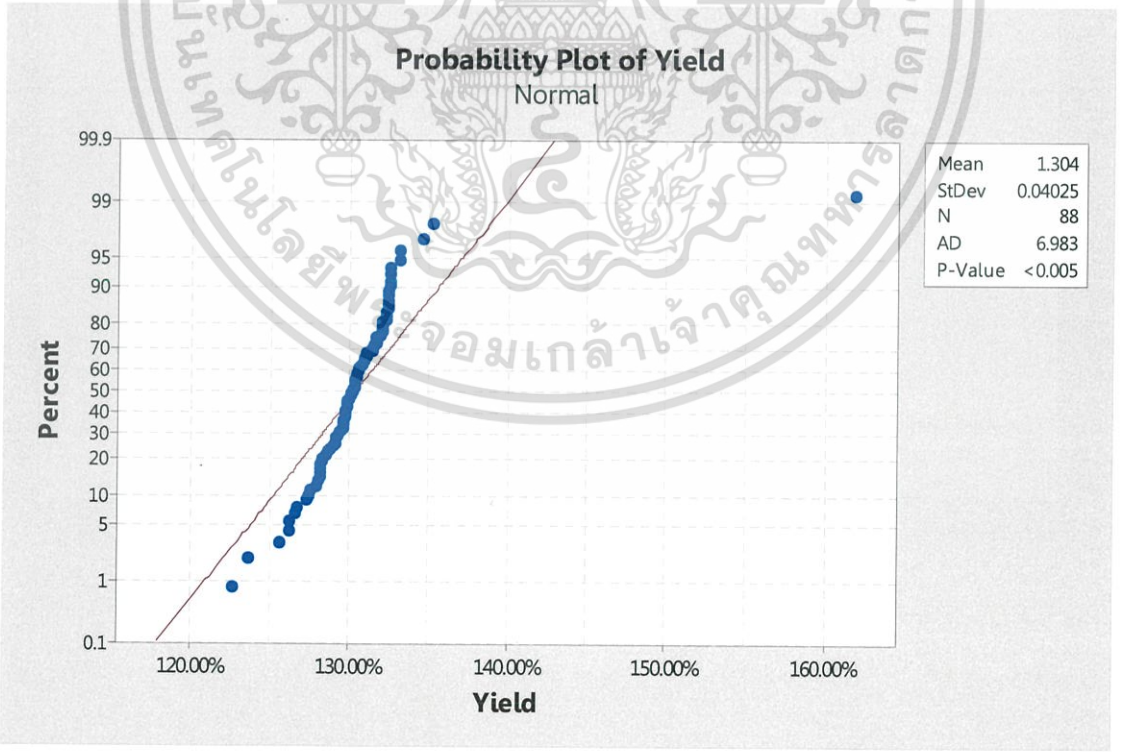
จะปรากฏหน้าต่าง Normality Test ดังรูปที่ 4.9.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9.2 หน้าต่าง Normality Test

ขั้นที่ 2 เลือกตัวแปรที่ต้องการทดสอบการแจกแจงปกติ ใส่ในช่อง Variable: Test for Normality เลือกตัวสถิติที่ต้องการทดสอบ แล้วคลิก OK จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.9.3



รูปที่ 4.9.3 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ สำหรับโปรแกรม Minitab

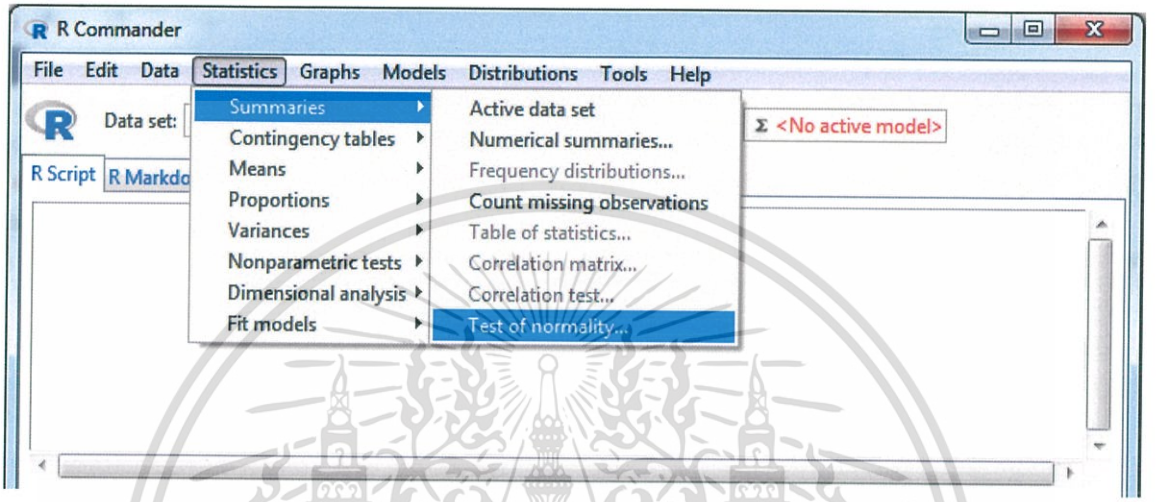
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.9.3 ได้ค่า P-value $<$ 0.005 $<$ α = 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้น เปอร์เซ็นต์ Yield ไม่มีการแจกแจงแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

<u>โปรแกรม R</u>

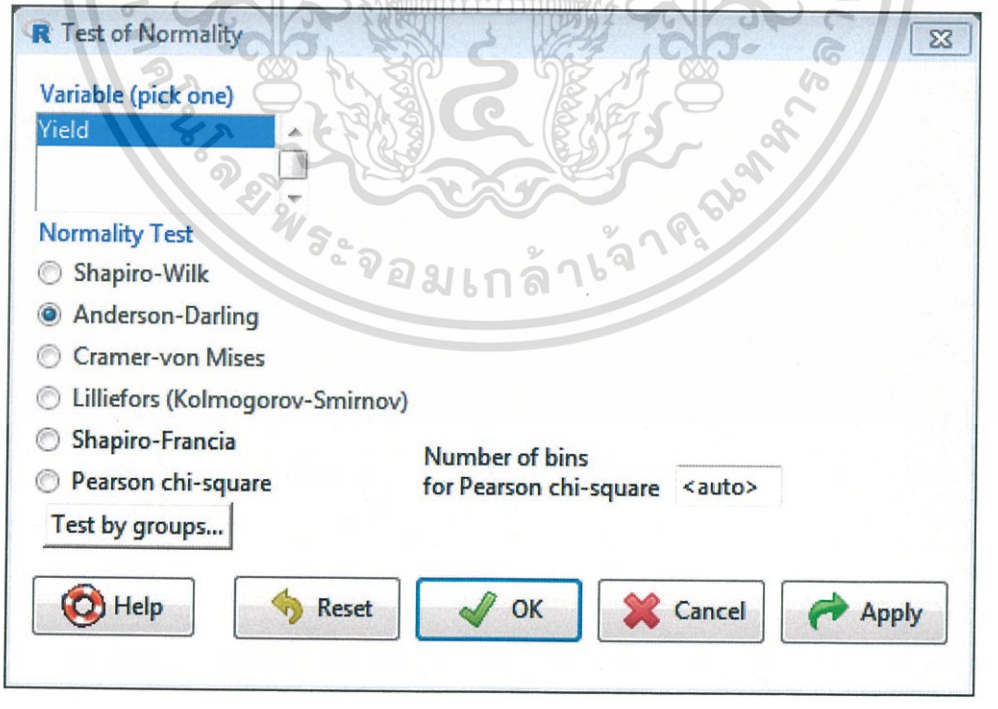
○ การใช้เมนูใน R Commander

ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Statistics ⟶ Summaries ⟶ Test of Normality ดังรูปที่ 4.9.4



รูปที่ 4.9.4 การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ สำหรับโปรแกรม R

จะปรากฏหน้าต่าง Test of Normality ดังรูปที่ 4.9.5



รูปที่ 4.9.5 หน้าต่าง Test of Normality ของข้อมูลจากตารางที่ 4.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 2 เลือกตัวแปรที่ต้องการทดสอบการแจกแจงปกติ ในช่อง Variable (pick one) Normality Test เลือกตัวสถิติที่ต้องการทดสอบ แล้วคลิก OK จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.9.6

```
> normalityTest(~Yield, test="ad.test", data=Dataset)

        Anderson-Darling normality test

data:  Yield
A = 6.9829, p-value < 2.2e-16
```

รูปที่ 4.9.6 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ ของข้อมูลจากตารางที่ 4.20 สำหรับโปรแกรม R

จากรูปที่ 4.9.6 ได้ค่า P-value $< 2.2e^{-16} < \alpha = 0.05$ จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้น เปอร์เซ็นต์ Yield ไม่มีการแจกแจงแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

สรุป

ตารางที่ 4.23 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการทดสอบการแจกแจงปกติ

	โปรแกรม Minitab	โปรแกรม R
Anderson-Darling	6.983	6.9829
P-value	< 0.005	$< 2.2e^{-16}$

จากตารางที่ 4.23 พบว่า ผลลัพธ์จากโปรแกรม Minitab และ R ได้ค่า Anderson-Darling และค่า P-value ที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถแปลความหมายทางสถิติได้เหมือนกัน นั่นคือ เปอร์เซ็นต์ Yield ไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.10 การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis)

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระหลายตัวกับตัวแปรตาม 1 ตัว เพื่อศึกษาว่ามีตัวแปรอิสระตัวใดบ้างที่ร่วมกันทำนายหรือพยากรณ์หรืออธิบายการผันแปรของตัวแปรตามได้ ดังตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.24 ตัวอย่างข้อมูล (ข้อมูลสมมติ) ที่ใช้ในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ

Row	Conc	Ratio	Temp	Time	Rating
1	8	4	100	1	1.4
2	2	4	180	7	2.25
3	7	4	180	1	4.6
4	10	7	120	5	4.9
5	7	4	180	5	4.6
6	7	7	180	1	4.75
7	7	13	140	1	4.6
8	5	4	160	7	4.5
9	4	7	140	3	4.8
10	5	1	100	7	1.4
11	8	10	140	3	4.7
12	2	4	100	3	1.6
13	4	10	180	3	4.5
14	6	7	120	7	4.7
15	10	13	180	3	4.8
16	4	10	160	5	4.6
17	4	13	100	7	4.3
18	10	10	120	7	4.9
19	5	4	100	1	1.7
20	8	13	140	1	4.6
21	10	1	180	1	2.6
22	2	13	140	1	3.1
23	6	13	180	7	4.7
24	7	1	120	7	2.5
25	5	13	140	1	4.5
26	8	1	160	7	2
27	4	1	180	7	1.8
28	6	1	160	1	1.5
29	4	1	100	1	1.3
30	7	10	100	7	4.6
31	4	1	100	1	1.4
32	4	1	100	1	1.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>โปรแกรม Minitab</u>

การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ

(1) H_0 : Conc และ Ratio ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1 : Conc และ Ratio มีความสัมพันธ์กัน

(2) H_0 : Conc และ Temp ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1 : Conc และ Temp มีความสัมพันธ์กัน

(3) H_0 : Conc และ Time ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1 : Conc และ Time มีความสัมพันธ์กัน

(4) H_0 : Ratio และ Temp ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1 : Ratio และ Temp มีความสัมพันธ์กัน

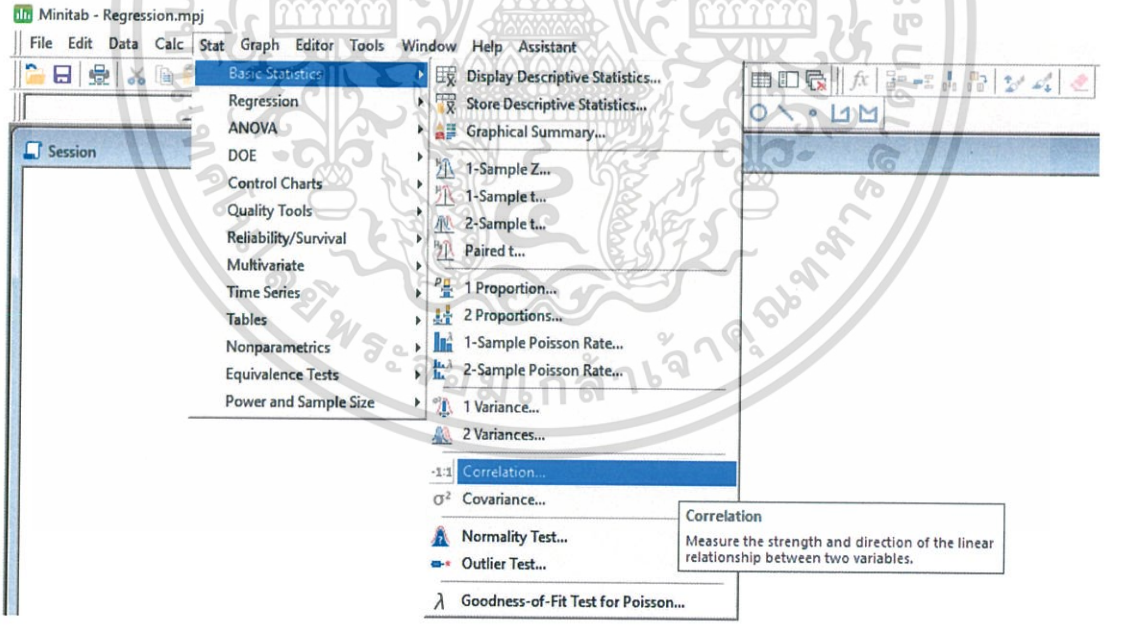
(5) H_0 : Ratio และ Time ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1 : Ratio และ Time มีความสัมพันธ์กัน

(6) H_0 : Temp และ Time ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1 : Temp และ Time มีความสัมพันธ์กัน

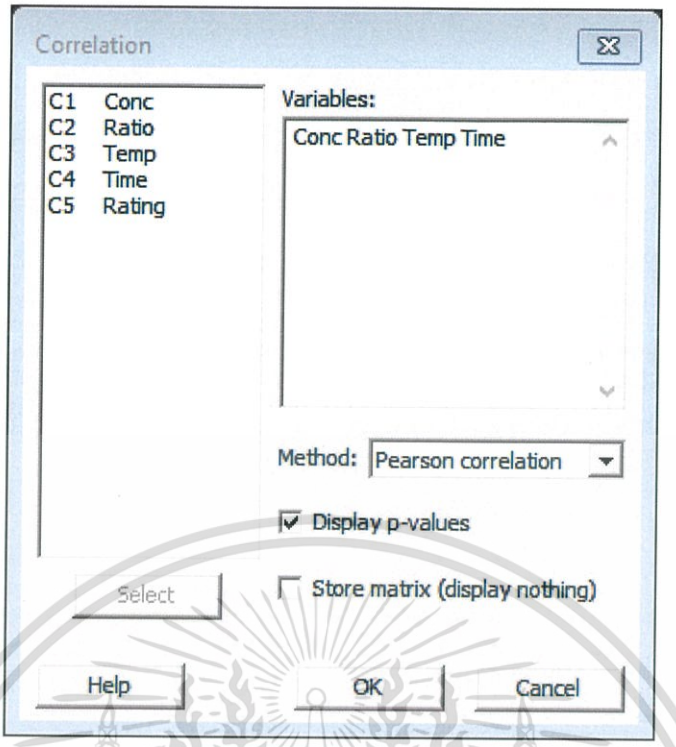
ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Stat ⟶ Basic Statistics ⟶ Correlation ดังรูปที่ 4.10.1



รูปที่ 4.10.1 การใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ สำหรับโปรแกรม Minitab

จะปรากฏหน้าต่าง Correlation ดังรูปที่ 4.10.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10.2 หน้าต่าง Correlation ของข้อมูลจากตารางที่ 4.24

ขั้นที่ 2 เลือกตัวแปรที่ต้องการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ ใส่ในช่อง Variables: Method: เลือกตัวสถิติที่ต้องการทดสอบ แล้วคลิก OK จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.10.3

Correlation: Conc, Ratio, Temp, Time

Correlations

	Conc	Ratio	Temp
Ratio	0.112		
	0.542		
Temp	0.154	0.116	
	0.399	0.526	
Time	0.008	-0.012	0.045
	0.967	0.950	0.807

Cell Contents
Pearson correlation
P-Value

รูปที่ 4.10.3 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ สำหรับโปรแกรม Minitab จากรูปที่ 4.10.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1) ตัวแปร Conc และ Ratio ได้ค่า P-value = 0.542 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ตัวแปร Conc และ Ratio ไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

(2) ตัวแปร Conc และ Temp ได้ค่า P-value = 0.399 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ตัวแปร Conc และ Temp ไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

(3) ตัวแปร Conc และ Time ได้ค่า P-value = 0.967 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ตัวแปร Conc และ Time ไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

(4) ตัวแปร Ratio และ Temp ได้ค่า P-value = 0.526 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ตัวแปร Ratio และ Temp ไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

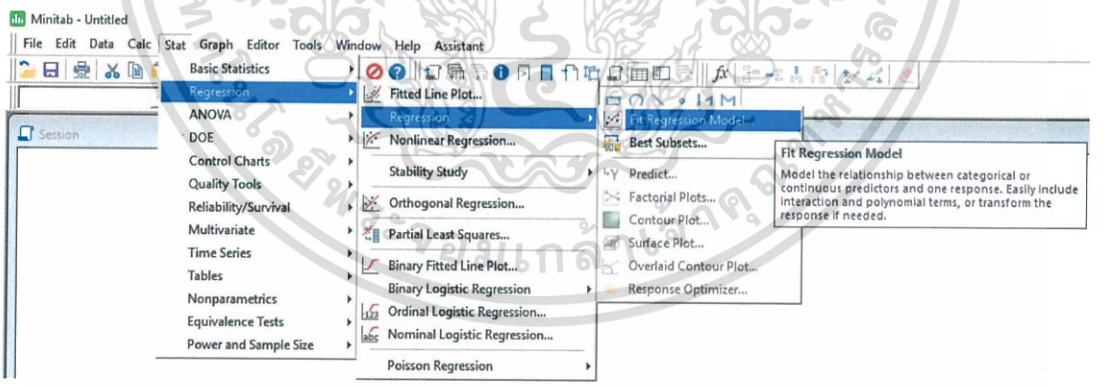
(5) ตัวแปร Ratio และ Time ได้ค่า P-value = 0.950 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ตัวแปร Ratio และ Time ไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

(6) ตัวแปร Temp และ Time ได้ค่า P-value = 0.807 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ตัวแปร Temp และ Time ไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เนื่องจากตัวแปรอิสระแต่ละคู่ได้ค่า P-value > α = 0.05 แสดงว่า ไม่มีสหสัมพันธ์กันเองระหว่างตัวแปรอิสระมากกว่า 2 ตัวขึ้นไป (Multicollinearity) ดังนั้น สามารถวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณได้

การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ

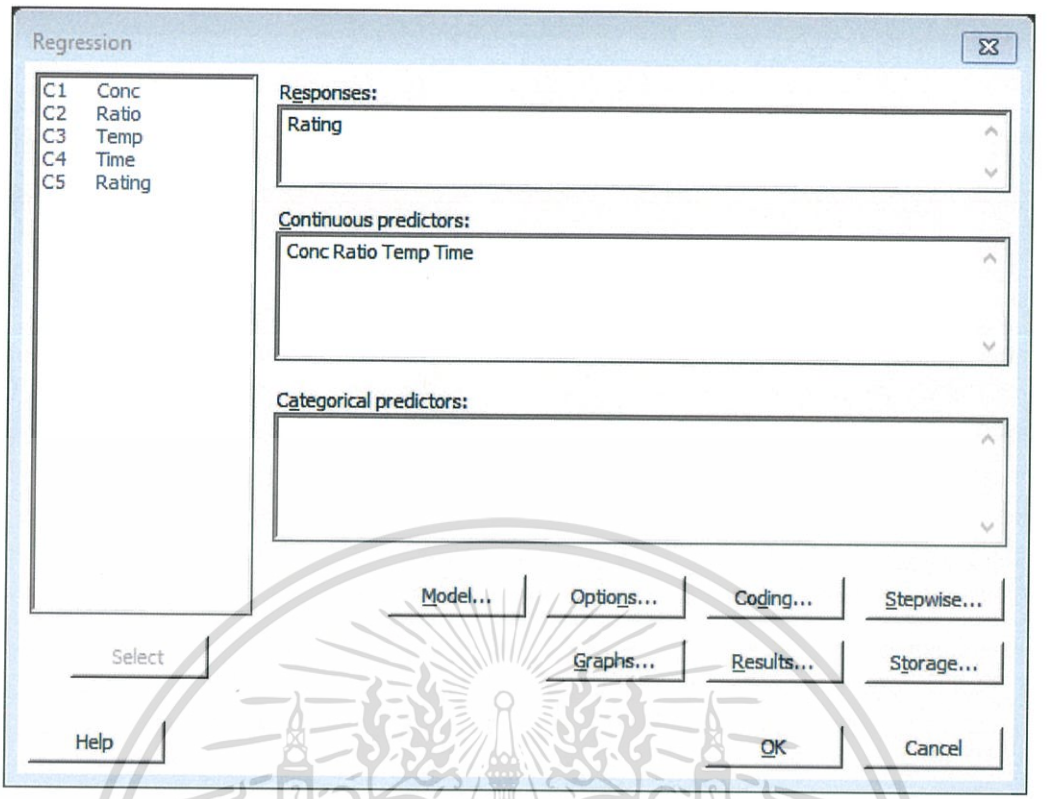
ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Stat ⟶ Regression ⟶ Regression ⟶ Fit Regression Model ดังรูปที่ 4.10.4



รูปที่ 4.10.4 การใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ สำหรับโปรแกรม Minitab

จะปรากฏหน้าต่าง Regression ดังรูปที่ 4.10.5

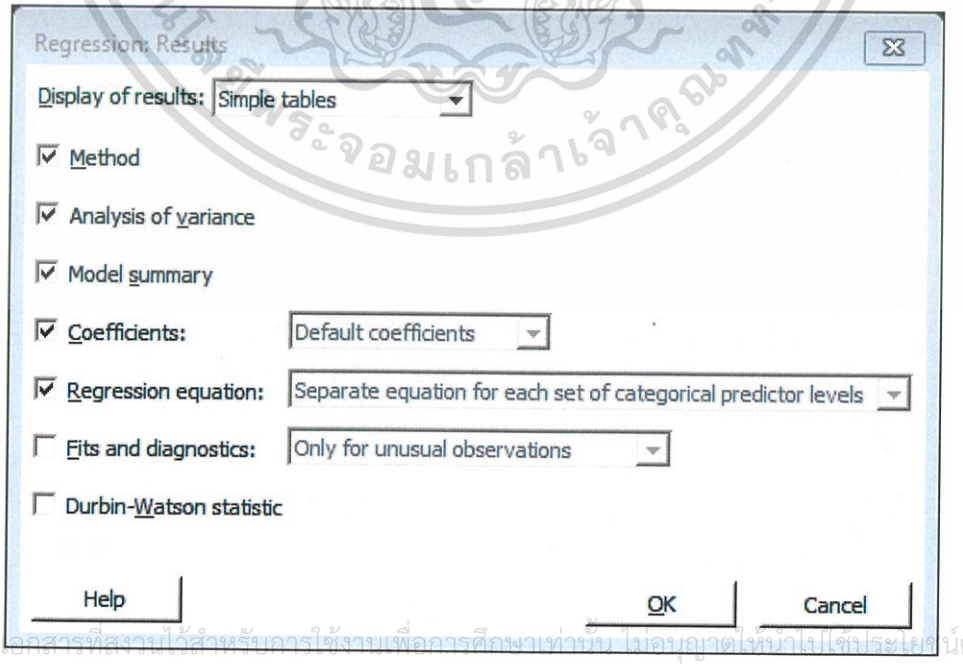
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10.5 หน้าต่าง Regression ของข้อมูลจากตารางที่ 4.24

ขั้นที่ 2 เลือกตัวแปรที่เป็นตัวแปรตาม ใส่ในช่อง Responses:
เลือกตัวแปรที่เป็นตัวแปรอิสระ (ตัวแปรทำนาย) ใส่ในช่อง Continuous predictors:

ขั้นที่ 3 คลิก Results...
จะปรากฏหน้าต่าง Regression: Results ดังรูปที่ 4.10.6



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.10.6 หน้าต่าง Regression: Results

ขั้นที่ 4 เลือกค่าสถิติที่ต้องการให้แสดงผลลัพธ์ แล้วคลิก OK
จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.10.7

Regression Analysis: Rating versus Conc, Ratio, Temp, Time

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	4	47.9096	11.9774	18.17	0.000
Conc	1	3.9232	3.9232	5.95	0.022
Ratio	1	31.0216	31.0216	47.07	0.000
Temp	1	3.6031	3.6031	5.47	0.027
Time	1	1.9839	1.9839	3.01	0.094
Error	27	17.7953	0.6591		
Lack-of-Fit	25	17.7836	0.7113	121.94	0.008
Pure Error	2	0.0117	0.0058		
Total	31	65.7049			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.811840	72.92%	68.90%	62.81%

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	-0.756	0.736	-1.03	0.314	
Conc	0.1545	0.0633	2.44	0.022	1.03
Ratio	0.2171	0.0316	6.86	0.000	1.02
Temp	0.01081	0.00462	2.34	0.027	1.04
Time	0.0946	0.0546	1.73	0.094	1.00

Regression Equation

Rating = -0.756 + 0.1545 Conc + 0.2171 Ratio + 0.01081 Temp + 0.0946 Time

รูปที่ 4.10.7 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ สำหรับโปรแกรม Minitab

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.10.7

<u>ตาราง Analysis of Variance</u>

1) ทดสอบพารามิเตอร์ทุกตัวรวมกัน

$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = 0$

$H_1:$ มี $\beta_i \neq 0$ อย่างน้อย 1 ค่า

Regression ได้ค่า F = 18.17 และ P-value = 0.000 < α = 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้น ตัวแปรตามมีอิทธิพลกับตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัว จึงควรทดสอบพารามิเตอร์บางส่วนต่อ

2) ทดสอบพารามิเตอร์บางส่วน

$H_0: \beta_1 = 0$ (เมื่อ $\beta_2, \beta_3, \beta_4$ คงที่)

$H_1: \beta_1 \neq 0$

ตัวแปร Conc ได้ค่า P-value = 0.022 < α = 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้น ตัวแปร Conc มีอิทธิพลในการประมาณ Rating เมื่อมีตัวแปร Ratio, Temp และ Time ร่วมด้วย

$H_0: \beta_2 = 0$ (เมื่อ $\beta_1, \beta_3, \beta_4$ คงที่)

$H_1: \beta_2 \neq 0$

ตัวแปร Ratio ได้ค่า P-value = 0.000 < α = 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้น ตัวแปร Ratio มีอิทธิพลในการประมาณ Rating เมื่อมีตัวแปร Conc, Temp และ Time ร่วมด้วย

$H_0: \beta_3 = 0$ (เมื่อ $\beta_1, \beta_2, \beta_4$ คงที่)

$H_1: \beta_3 \neq 0$

ตัวแปร Temp ได้ค่า P-value = 0.027 < α = 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้น ตัวแปร Temp มีอิทธิพลในการประมาณ Rating เมื่อมีตัวแปร Conc, Ratio และ Time ร่วมด้วย

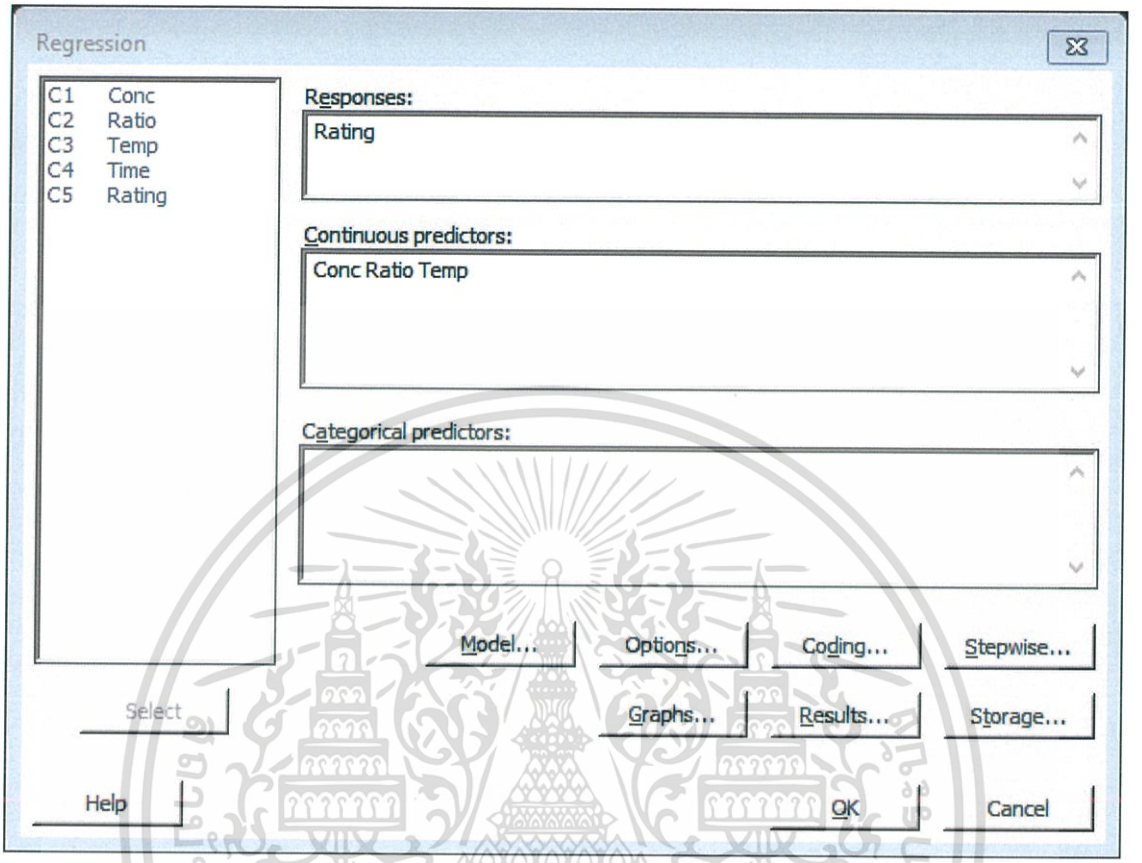
$H_0: \beta_4 = 0$ (เมื่อ $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ คงที่)

$H_1: \beta_4 \neq 0$

ตัวแปร Time ได้ค่า P-value = 0.094 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ตัวแปร Time ไม่มีอิทธิพลในการประมาณ Rating เมื่อมีตัวแปร Conc, Ratio และ Temp ร่วมด้วย จึงไม่ควรนำตัวแปร Time มาวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 5 ทำซ้ำเหมือนขั้นที่ 1 แต่ไม่เลือกตัวแปร Time ใส่ในช่อง Continuous predictors: ดังรูปที่ 4.10.8



รูปที่ 4.10.8 หน้าต่าง Regression ของข้อมูลจากตารางที่ 4.24 ที่ไม่นำตัวแปร Time มาวิเคราะห์

ขั้นที่ 6 คลิก OK

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.10.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Regression Analysis: Rating versus Conc, Ratio, Temp

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	3	45.9257	15.3086	21.67	0.000
Conc	1	3.9368	3.9368	5.57	0.025
Ratio	1	30.7620	30.7620	43.55	0.000
Temp	1	3.8607	3.8607	5.47	0.027
Error	28	19.7792	0.7064		
Lack-of-Fit	25	19.7675	0.7907	203.32	0.000
Pure Error	3	0.0117	0.0039		
Total	31	65.7049			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.840475	69.90%	66.67%	61.46%

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	-0.448	0.740	-0.61	0.549	
Conc	0.1548	0.0656	2.36	0.025	1.03
Ratio	0.2161	0.0327	6.60	0.000	1.02
Temp	0.01117	0.00478	2.34	0.027	1.03

Regression Equation

Rating = -0.448 + 0.1548 Conc + 0.2161 Ratio + 0.01117 Temp

รูปที่ 4.10.9 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ ที่ไม่นำตัวแปร Time มาวิเคราะห์ สำหรับโปรแกรม Minitab

จากรูปที่ 4.10.9

ตาราง Analysis of Variance

1) ทดสอบพารามิเตอร์ทุกตัวรวมกัน

$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$

$H_1:$ มี $\beta_i \neq 0$ อย่างน้อย 1 ค่า

Regression ได้ค่า F = 21.67 และ P-value = 0.000 < α = 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้น ตัวแปรตามมีอิทธิพลตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัว จึงควรทดสอบพารามิเตอร์บางส่วนต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ทดสอบพารามิเตอร์บางส่วน

$H_0: \beta_1 = 0$ (เมื่อ β_2, β_3 คงที่)

$H_1: \beta_1 \neq 0$

ตัวแปร Conc ได้ค่า P-value = 0.025 < α = 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้น ตัวแปร Conc มีอิทธิพลในการประมาณ Rating เมื่อมีตัวแปร Ratio และ Temp ร่วมด้วย

$H_0: \beta_2 = 0$ (เมื่อ β_1, β_3 คงที่)

$H_1: \beta_2 \neq 0$

ตัวแปร Ratio ได้ค่า P-value = 0.000 < α = 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้น ตัวแปร Ratio มีอิทธิพลในการประมาณ Rating เมื่อมีตัวแปร Conc และ Temp ร่วมด้วย

$H_0: \beta_3 = 0$ (เมื่อ β_1, β_2 คงที่)

$H_1: \beta_3 \neq 0$

ตัวแปร Temp ได้ค่า P-value = 0.027 < α = 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้น ตัวแปร Temp มีอิทธิพลในการประมาณ Rating เมื่อมีตัวแปร Conc และ Ratio ร่วมด้วย

ตาราง Model Summary

ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-squared) = 69.90% แสดงว่าตัวแปร Conc, Ratio และ Temp มีอิทธิพลต่อการประมาณ Rating ถึงร้อยละ 69.90

ตาราง Regression Equation

สมการถดถอย คือ Rating = -0.448 + 0.1548Conc + 0.2161Ratio + 0.01117Temp

จากสมการถดถอยจะได้ว่า ถ้ากำหนดให้ Ratio และ Temp คงที่ พบว่าถ้า Conc เปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วย จะได้ Rating เปลี่ยนไป 0.1548 หน่วย

ถ้ากำหนดให้ Conc และ Temp คงที่ พบว่าถ้า Ratio เปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วย จะได้ Rating เปลี่ยนไป 0.2161 หน่วย

และถ้ากำหนดให้ Conc และ Ratio คงที่ พบว่าถ้า Temp เปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วย จะได้ Rating เปลี่ยนไป 0.01117 หน่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>โปรแกรม R</u>

การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ

(1) H_0 : Conc และ Ratio ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1 : Conc และ Ratio มีความสัมพันธ์กัน

(2) H_0 : Conc และ Temp ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1 : Conc และ Temp มีความสัมพันธ์กัน

(3) H_0 : Conc และ Time ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1 : Conc และ Time มีความสัมพันธ์กัน

(4) H_0 : Ratio และ Temp ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1 : Ratio และ Temp มีความสัมพันธ์กัน

(5) H_0 : Ratio และ Time ไม่มีความสัมพันธ์กัน

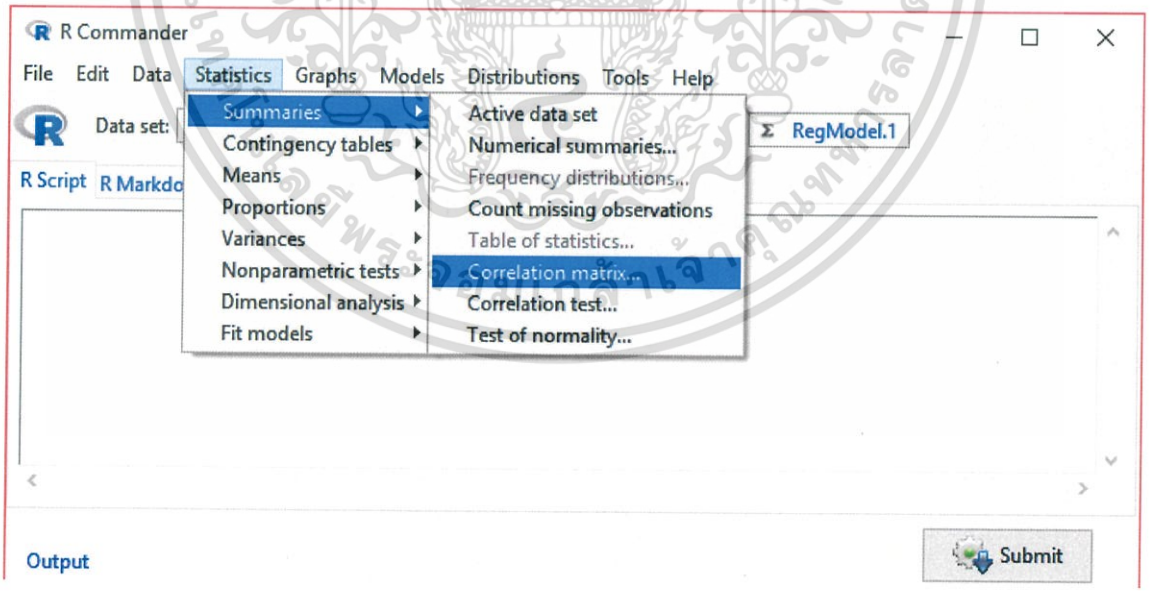
H_1 : Ratio และ Time มีความสัมพันธ์กัน

(6) H_0 : Temp และ Time ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1 : Temp และ Time มีความสัมพันธ์กัน

○ การใช้เมนูใน R Commander

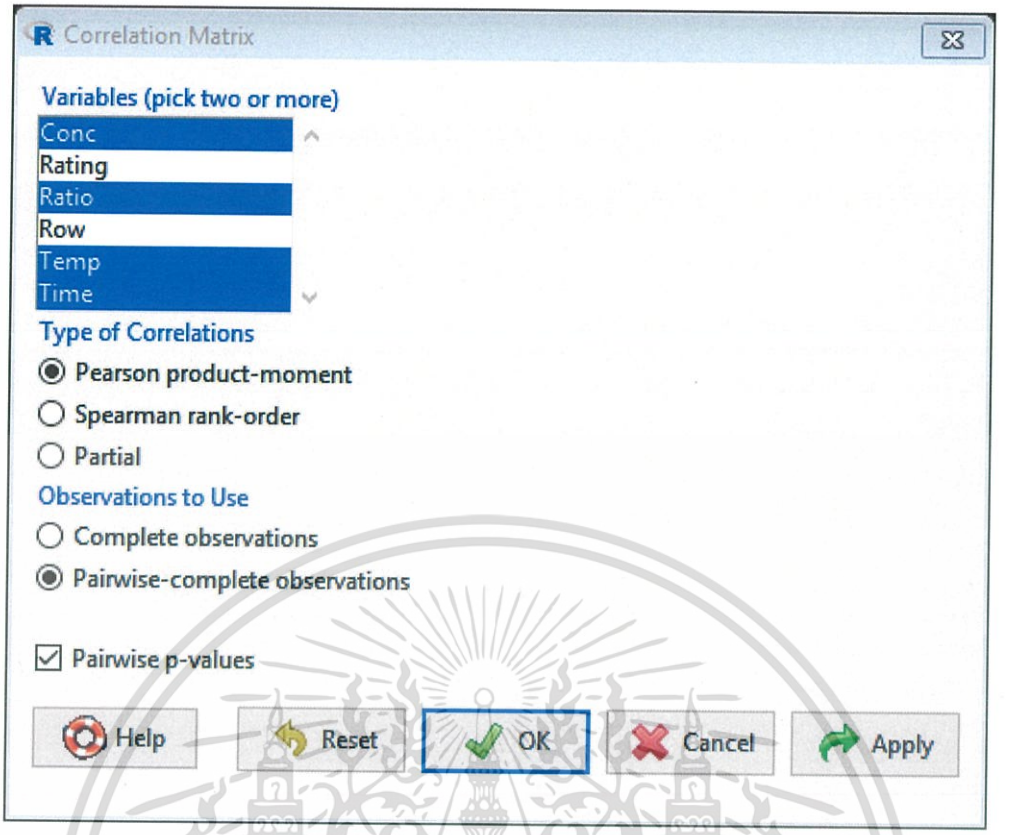
ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Statistic ⟶ Summaries ⟶ Correlation matrix ดังรูปที่ 4.10.10



รูปที่ 4.10.10 การใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ สำหรับโปรแกรม R

จะปรากฏหน้าต่าง Correlation Matrix ดังรูปที่ 4.10.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10.11 หน้าต่าง Correlation Matrix

ขั้นที่ 2 เลือกตัวแปรที่ต้องการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ ในช่อง Variables (pick or more) Type of Correlations เลือกตัวสถิติที่ต้องการทดสอบ

เลือก ☑ Pairwise p-values แล้วคลิก OK

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.10.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
> rcorr.adjust(Dataset[,c("Conc","Ratio","Temp","Time")], type="pearson",
+   use="pairwise.complete")

 Pearson correlations:
        Conc    Ratio   Temp     Time
Conc   1.0000  0.1119 0.1544  0.0077
Ratio 0.1119   1.0000 0.1163 -0.0116
Temp   0.1544  0.1163 1.0000  0.0450
Time   0.0077 -0.0116 0.0450  1.0000

 Number of observations: 32

 Pairwise two-sided p-values:
      Conc   Ratio  Temp   Time
Conc          0.5419 0.3988 0.9665
Ratio 0.5419        0.5262 0.9496
Temp  0.3988 0.5262        0.8067
Time  0.9665 0.9496 0.8067

 Adjusted p-values (Holm's method)
      Conc Ratio Temp Time
Conc         1     1    1
Ratio  1           1    1
Temp   1     1          1
Time   1     1     1
```

รูปที่ 4.10.12 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ สำหรับโปรแกรม R

จากรูปที่ 4.10.12

(1) ตัวแปร Conc และ Ratio ได้ค่า P-value = 0.5419 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ตัวแปร Conc และ Ratio ไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

(2) ตัวแปร Conc และ Temp ได้ค่า P-value = 0.3988 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ตัวแปร Conc และ Temp ไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

(3) ตัวแปร Conc และ Time ได้ค่า P-value = 0.9665 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ตัวแปร Conc และ Time ไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

(4) ตัวแปร Ratio และ Temp ได้ค่า P-value = 0.5262 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ตัวแปร Ratio และ Temp ไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

(5) ตัวแปร Ratio และ Time ได้ค่า P-value = 0.9496 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ตัวแปร Ratio และ Time ไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

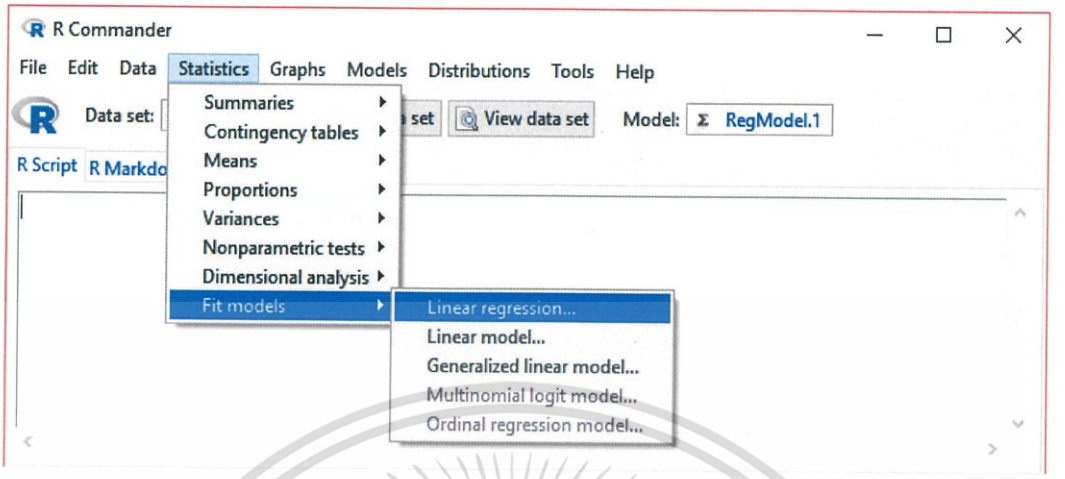
(6) ตัวแปร Temp และ Time ได้ค่า P-value = 0.8067 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ตัวแปร Temp และ Time ไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากตัวแปรอิสระแต่ละคู่ได้ค่า P-value > α = 0.05 แสดงว่า ไม่มีสหสัมพันธ์กันเองระหว่างตัวแปรอิสระมากกว่า 2 ตัวขึ้นไป สามารถวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณได้

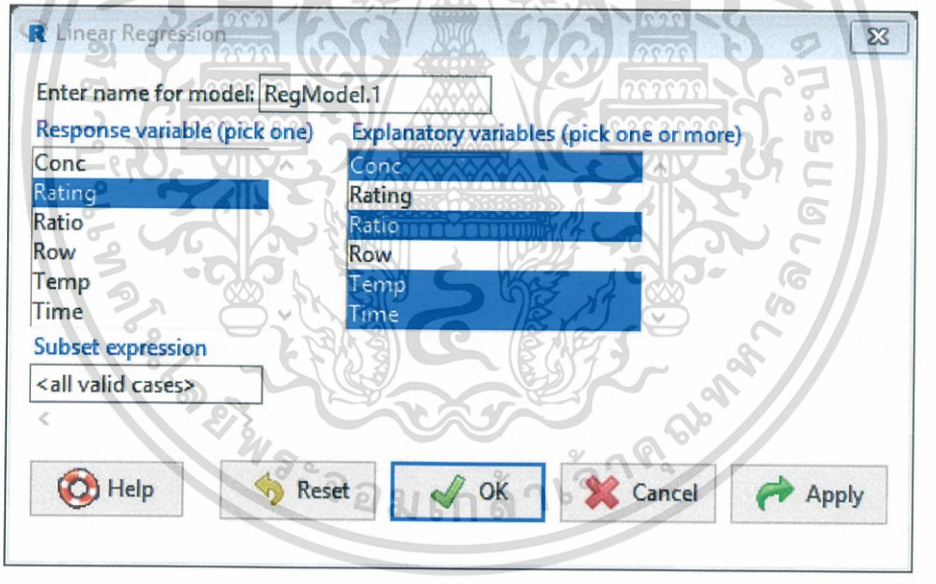
การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ

ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Statistic ⟶ Fit models ⟶ Linear regression ดังรูปที่ 4.10.13



รูปที่ 4.10.13 การใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ สำหรับโปรแกรม R

จะปรากฏหน้าต่าง Linear Regression ดังรูปที่ 4.10.14



รูปที่ 4.10.14 หน้าต่าง Linear Regression

ขั้นที่ 2 เลือกตัวแปรที่เป็นตัวแปรตาม ในช่อง Response variable (pick one)
เลือกตัวแปรที่เป็นตัวแปรอิสระ (ตัวแปรทำนาย) ในช่อง Explanatory variables (pick one or more) แล้วคลิก

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.10.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
> RegModel.1 <- lm(Rating~Conc+Ratio+Temp+Time, data=Dataset)

> summary(RegModel.1)

Call:
lm(formula = Rating ~ Conc + Ratio + Temp + Time, data = Dataset)

Residuals:
     Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.12368 -0.61057 -0.01051  0.36179  1.62172

Coefficients:
             Estimate Std. Error t value     Pr(>|t|)
(Intercept) -0.756014   0.736150  -1.027       0.3135
Conc         0.154525   0.063336   2.440       0.0215 *
Ratio        0.217052   0.031638   6.861 0.000000227 ***
Temp         0.010806   0.004622   2.338       0.0270 *
Time         0.094643   0.054550   1.735       0.0942 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.8118 on 27 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.7292,     Adjusted R-squared:  0.689
F-statistic: 18.17 on 4 and 27 DF,  p-value: 0.0000002381
```

รูปที่ 4.10.15 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ สำหรับโปรแกรม R

จากรูปที่ 4.10.15

1) ทดสอบพารามิเตอร์ทุกตัวรวมกัน

$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = 0$

$H_1:$ มี $\beta_i \neq 0$ อย่างน้อย 1 ค่า

ได้ค่า F = 18.17 และ P-value = 0.0000002381 < α = 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้น ตัวแปรตามมีอิทธิพลตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัว จึงควรทดสอบพารามิเตอร์บางส่วนต่อ

2) ทดสอบพารามิเตอร์บางส่วน

$H_0: \beta_1 = 0$ (เมื่อ $\beta_2, \beta_3, \beta_4$ คงที่)

$H_1: \beta_1 \neq 0$

ตัวแปร Conc ได้ค่า P-value = 0.0215 < α = 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้น ตัวแปร Conc มีอิทธิพลในการประมาณ Rating เมื่อมีตัวแปร Ratio, Temp และ Time ร่วมด้วย

$H_0: \beta_2 = 0$ (เมื่อ $\beta_1, \beta_3, \beta_4$ คงที่)

$H_1: \beta_2 \neq 0$

ตัวแปร Ratio ได้ค่า P-value = 0.000000227 < α = 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้น ตัวแปร Ratio มีอิทธิพลในการประมาณ Rating เมื่อมีตัวแปร Conc, Temp และ Time ร่วมด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$H_0: \beta_3 = 0$ (เมื่อ $\beta_1, \beta_2, \beta_4$ คงที่)

$H_1: \beta_3 \neq 0$

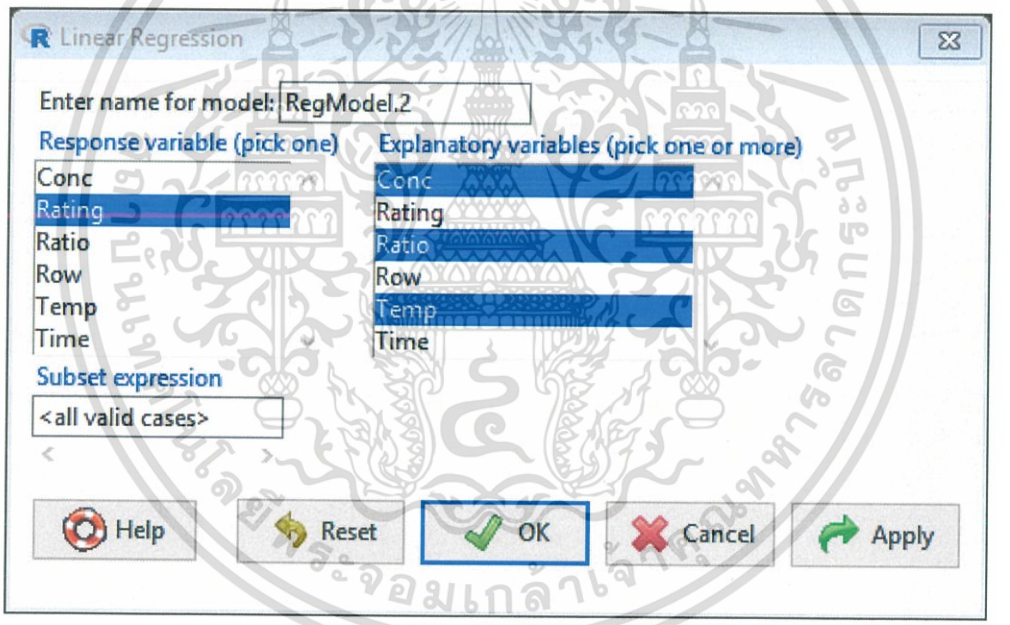
ตัวแปร Temp ได้ค่า P-value = 0.0270 < α = 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้น ตัวแปร Temp มีอิทธิพลในการประมาณ Rating เมื่อมีตัวแปร Conc, Ratio และ Time ร่วมด้วย

$H_0: \beta_4 = 0$ (เมื่อ $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ คงที่)

$H_1: \beta_4 \neq 0$

ตัวแปร Time ได้ค่า P-value = 0.094 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ตัวแปร Time ไม่มีอิทธิพลในการประมาณ Rating เมื่อมีตัวแปร Conc, Ratio และ Temp ร่วมด้วย จึงไม่ควรนำตัวแปร Time มาวิเคราะห์

ขั้นที่ 3 ทำซ้ำเหมือนขั้นที่ 1 แต่ไม่เลือกตัวแปร Time ในช่อง Explanatory variables (pick one or more) ดังรูปที่ 4.10.16



รูปที่ 4.10.16 หน้าต่าง Linear Regression ของข้อมูลจากตารางที่ 4.24 ที่ไม่นำตัวแปร Time มาวิเคราะห์

ขั้นที่ 4 คลิก

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.10.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
> RegModel.2 <- lm(Rating~Conc+Ratio+Temp, data=Dataset)

> summary(RegModel.2)

Call:
lm(formula = Rating ~ Conc + Ratio + Temp, data = Dataset)

Residuals:
    Min      1Q  Median      3Q     Max
-1.3721 -0.5992 -0.1521  0.5076  1.5518

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value     Pr(>|t|)
(Intercept) -0.44811    0.73964  -0.606       0.5495
Conc         0.15479    0.06557   2.361       0.0254 *
Ratio        0.21611    0.03275   6.599 0.000000371 ***
Temp         0.01117    0.00478   2.338       0.0268 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.8405 on 28 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.699,     Adjusted R-squared:  0.6667
F-statistic:  21.67  on  3  and  28  DF,    p-value:  0.0000001844
```

รูปที่ 4.10.17 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ ที่ไม่นำตัวแปร Time มาวิเคราะห์ สำหรับโปรแกรม R

จากรูปที่ 4.10.17

1) ทดสอบพารามิเตอร์ทุกตัวรวมกัน

$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$

$H_1:$ มี $\beta_i \neq 0$ อย่างน้อย 1 ค่า

ได้ค่า F = 21.67 และ P-value = 0.0000001844 < α = 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้น ตัวแปรตามมีอิทธิพลตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัว จึงควรทดสอบพารามิเตอร์บางส่วนต่อ

2) ทดสอบพารามิเตอร์บางส่วน

$H_0: \beta_1 = 0$ (เมื่อ β_2, β_3 คงที่)

$H_1: \beta_1 \neq 0$

ตัวแปร Conc ได้ค่า P-value = 0.0254 < α = 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้น ตัวแปร Conc มีอิทธิพลในการประมาณ Rating เมื่อมีตัวแปร Ratio และ Temp ร่วมด้วย

$H_0: \beta_2 = 0$ (เมื่อ β_1, β_3 คงที่)

$H_1: \beta_2 \neq 0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวแปร Ratio ได้ค่า P-value = 0.000000371 < α = 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้น ตัวแปร Ratio มีอิทธิพลในการประมาณ Rating เมื่อมีตัวแปร Conc และ Temp ร่วมด้วย

$H_0: \beta_3 = 0$ (เมื่อ β_1, β_2 คงที่)

$H_1: \beta_3 \neq 0$

ตัวแปร Temp ได้ค่า P-value = 0.0268 < α = 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้น ตัวแปร Temp มีอิทธิพลในการประมาณ Rating เมื่อมีตัวแปร Conc และ Ratio ร่วมด้วย

ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-squared) = 0.699 แสดงว่าตัวแปร Conc, Ratio และ Temp มีอิทธิพลต่อการประมาณ Rating ถึงร้อยละ 69.90

สมการถดถอย คือ Rating = -0.44811 + 0.15479Conc + 0.21611Ratio + 0.01117Temp

จากสมการถดถอยจะได้ว่า ถ้ากำหนดให้ Ratio และ Temp คงที่ พบว่าถ้า Conc เปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วย จะได้ Rating เปลี่ยนไป 0.15479 หน่วย

ถ้ากำหนดให้ Conc และ Temp คงที่ พบว่าถ้า Ratio เปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วย จะได้ Rating เปลี่ยนไป 0.21611 หน่วย

และถ้ากำหนดให้ Conc และ Ratio คงที่ พบว่าถ้า Temp เปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วย จะได้ Rating เปลี่ยนไป 0.01117 หน่วย

สรุป

ตารางที่ 4.25 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ

P-value	โปรแกรม Minitab	โปรแกรม R
Conc & Ratio	0.542	0.5419
Conc & Temp	0.399	0.3988
Conc & Time	0.967	0.9665
Ratio & Temp	0.526	0.5262
Ratio & Time	0.950	0.9496
Temp & Time	0.807	0.8067

จากตารางที่ 4.25 พบว่า ผลลัพธ์จากโปรแกรม Minitab และ R ได้ค่า P-value ที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งตัวแปรอิสระแต่ละคู่ได้ค่า P-value > α = 0.05 แสดงว่า ไม่มีสหสัมพันธ์กันเองระหว่างตัวแปรอิสระมากกว่า 2 ตัวขึ้นไป ดังนั้น สามารถวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณได้

ตารางที่ 4.26 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการทดสอบพารามิเตอร์ทุกตัวรวมกัน

	โปรแกรม Minitab	โปรแกรม R
F	18.17	18.17
P-value	0.000	0.0000002381

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.27 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการทดสอบพารามิเตอร์ทุกตัวรวมกัน ที่ไม่นำตัวแปร Time มาวิเคราะห์

	โปรแกรม Minitab	โปรแกรม R
F	21.67	21.67
P-value	0.000	0.0000001844

จากตารางที่ 4.26 และ 4.27 พบว่า ผลลัพธ์จากโปรแกรม Minitab และ R ได้ค่า F และ P-value ที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถแปลความหมายทางสถิติได้เหมือนกัน นั่นคือ ตัวแปรตามมีอิทธิพลตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัว จึงควรทดสอบพารามิเตอร์บางส่วนต่อ

ตารางที่ 4.28 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการทดสอบพารามิเตอร์บางส่วน

P-value	โปรแกรม Minitab	โปรแกรม R
Conc	0.022	0.0215
Ratio	0.000	0.000000227
Temp	0.027	0.0270
Time	0.094	0.0942

จากตารางที่ 4.28 พบว่า ผลลัพธ์จากโปรแกรม Minitab และ R ได้ค่า P-value ของ Conc, Ratio, Temp และ Time ที่ใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.29 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการทดสอบพารามิเตอร์บางส่วน ที่ไม่นำตัวแปร Time มาวิเคราะห์

P-value	โปรแกรม Minitab	โปรแกรม R
Conc	0.025	0.0254
Ratio	0.000	0.000000371
Temp	0.027	0.0268

จากตารางที่ 4.29 พบว่า ผลลัพธ์จากโปรแกรม Minitab และ R ได้ค่า P-value ของ Conc, Ratio และ Temp ที่ใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.30 การเปรียบเทียบสมการถดถอย

	สมการถดถอย
โปรแกรม Minitab	Rating = -0.448 + 0.1548Conc + 0.2161Ratio + 0.01117Temp
โปรแกรม R	Rating = -0.44811 + 0.15479Conc + 0.21611Ratio + 0.01117Temp

จากตารางที่ 4.30 พบว่า สมการถดถอยจากโปรแกรม Minitab และ R ได้ค่า สัมประสิทธิ์ (Coefficients) ที่ใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว (One-Way ANOVA)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว เป็นการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของตัวแปรอิสระเพียงตัวเดียวหรือมีปัจจัยเดียว แต่จำแนกเป็น 2 ระดับหรือ 2 กลุ่มขึ้นไป โดยถือว่าหน่วยที่ได้รับปัจจัยระดับเดียวกันมาจากประชากรเดียวกัน ตัวแปรตามมีเพียงตัวแปรเดียว โดยผลที่วัดได้จากตัวแปรตามนี้อยู่ในระดับอันตรภาคหรืออัตราส่วน ดังตารางที่ 4.31 เป็นข้อมูลปัจจัย Paint จำแนกเป็น 4 กลุ่ม คือ Blend 1 Blend 2 Blend 3 และ Blend 4

สมมติฐาน $H_0 : \mu_{Blend1} = \mu_{Blend2} = \mu_{Blend3} = \mu_{Blend4}$

$H_1 : \mu_i \neq \mu_j$ อย่างน้อย 1 คู่ สำหรับ $i \neq j$

โดยที่ μ_{Blend1} แทนค่าเฉลี่ยของ Hardness ของ Paint แบบ Blend 1

μ_{Blend2} แทนค่าเฉลี่ยของ Hardness ของ Paint แบบ Blend 2

μ_{Blend3} แทนค่าเฉลี่ยของ Hardness ของ Paint แบบ Blend 3

μ_{Blend4} แทนค่าเฉลี่ยของ Hardness ของ Paint แบบ Blend 4

หรือ H_0 : ค่าเฉลี่ยของ Hardness ของ Paint แบบ Blend 1, Blend 2, Blend 3 และ Blend 4 ไม่แตกต่างกัน

H_1 : ค่าเฉลี่ยของ Hardness ของ Paint แบบ Blend 1, Blend 2, Blend 3 และ Blend 4 แตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่

ตารางที่ 4.31 ตัวอย่างข้อมูล (ข้อมูลสมมติ) ที่ใช้ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว

Row	Paint	Hardness	Temp	Operator
1	Blend 2	14.9	30.3	1
2	Blend 3	13	30.9	2
3	Blend 4	15	30.5	2
4	Blend 1	17	29.4	3
5	Blend 1	13.9	30	3
6	Blend 3	16.4	29.6	1
7	Blend 1	10.4	29.6	2
8	Blend 2	3.2	29.9	2
9	Blend 2	1.9	28.9	2
10	Blend 2	7.3	28.6	1
11	Blend 4	17.8	30.8	3
12	Blend 2	9.6	30.8	3
13	Blend 4	22.9	28.9	1
14	Blend 4	17.4	30.6	3
15	Blend 3	13.3	29.8	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.31 ตัวอย่างข้อมูล (ข้อมูลสมมติ) ที่ใช้ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว (ต่อ)

16	Blend 1	19.3	30	1
17	Blend 1	16.1	29.9	3
18	Blend 3	6.5	30.6	2
19	Blend 1	11.7	30.1	3
20	Blend 4	16.9	30.7	3
21	Blend 4	18.4	29.9	1
22	Blend 3	11.9	29.5	2
23	Blend 2	14.5	29.9	1
24	Blend 3	16.8	29.9	3

<u>โปรแกรม Minitab</u>

ตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว

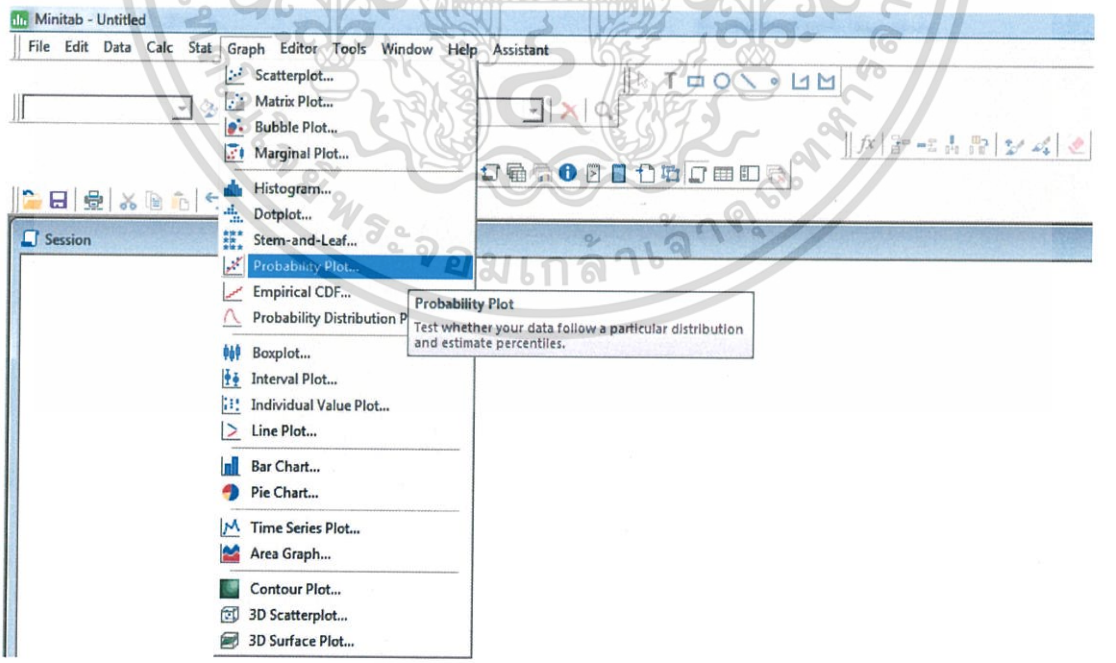
1) ข้อมูลในแต่ละกลุ่มต้องมีการแจกแจงปกติ

สมมติฐาน

H_0 : ข้อมูล Hardness ในแต่ละ Paint มีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ข้อมูล Hardness ในแต่ละ Paint ไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

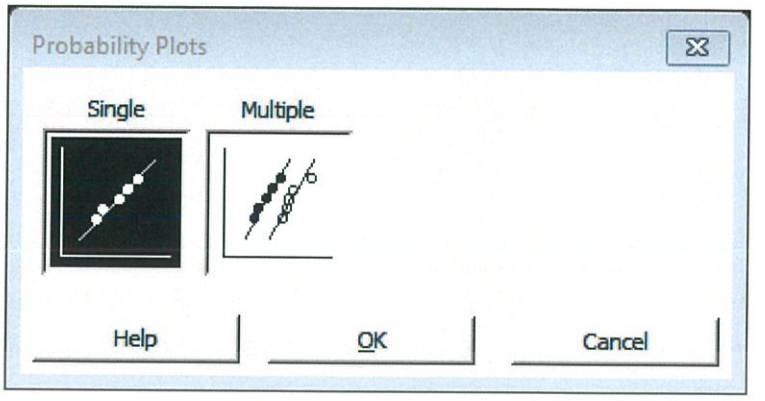
ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Graph ⟶ Probability Plot ดังรูปที่ 4.11.1



รูปที่ 4.11.1 การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ สำหรับโปรแกรม Minitab

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

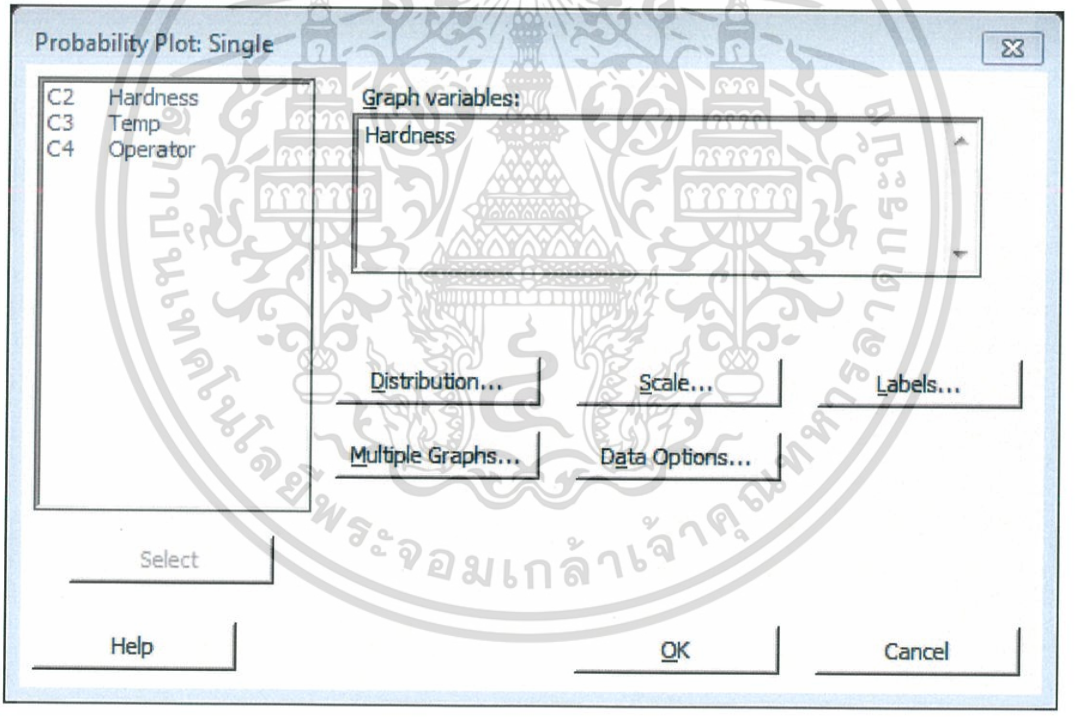
จะปรากฏหน้าต่าง Probability Plots ดังรูปที่ 4.11.2



รูปที่ 4.11.2 หน้าต่าง Probability Plots

ขั้นที่ 2 เลือก Single แล้วคลิก OK

จะปรากฏหน้าต่าง Probability Plot: Single ดังรูปที่ 4.11.3

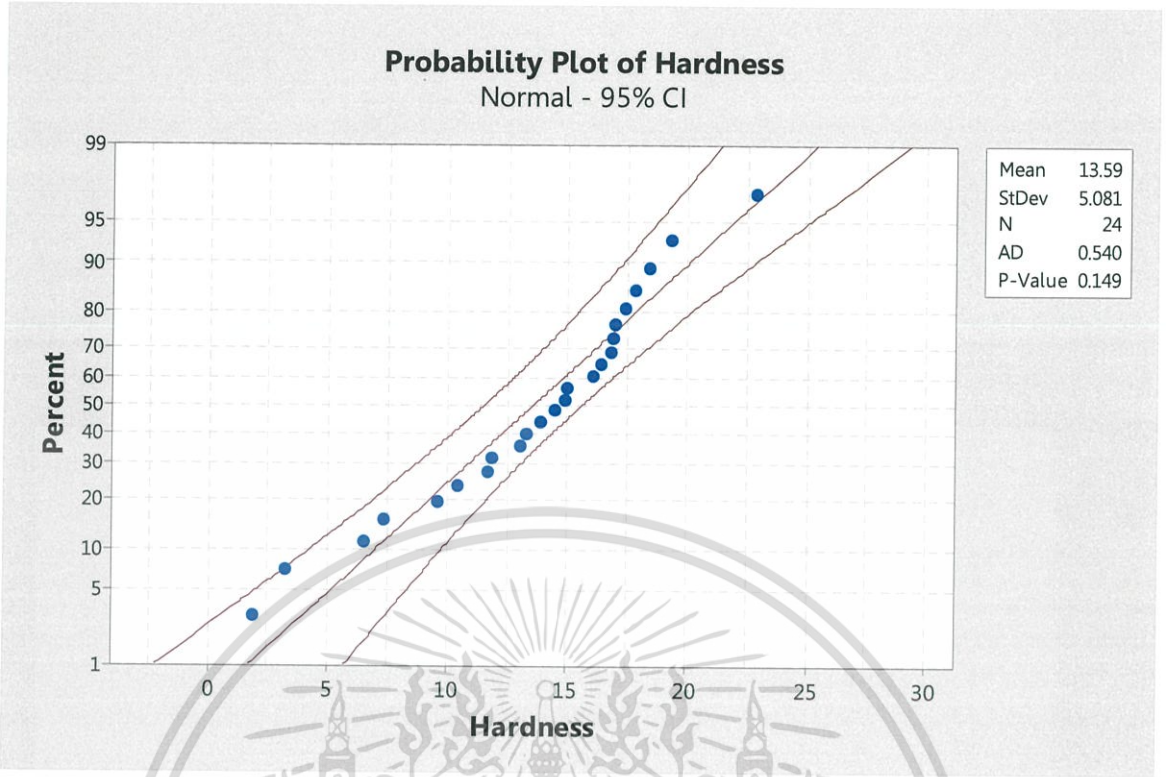


รูปที่ 4.11.3 หน้าต่าง Probability Plot: Single ของข้อมูลจากตารางที่ 4.31

ขั้นที่ 3 เลือกตัวแปรที่ต้องการทดสอบการแจกแจงปกติ ใส่ในช่อง Graph variables:
แล้วคลิก OK

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.11.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11.4 การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ ของข้อมูลจากตารางที่ 4.31 สำหรับโปรแกรม Minitab

จากรูปที่ 4.11.4 ได้ค่า P-value = 0.149 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ข้อมูล Hardness ของ Paint มีการแจกแจงแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2) ข้อมูลในแต่ละกลุ่มต้องมีความแปรปรวนเท่ากัน

สมมติฐาน $H_0 : \sigma^2_{Blend1} = \sigma^2_{Blend2} = \sigma^2_{Blend3} = \sigma^2_{Blend4}$

$H_1 : \sigma_i^2 \neq \sigma_j^2$ อย่างน้อย 1 คู่ สำหรับ $i \neq j$

โดยที่ σ^2_{Blend1} แทนความแปรปรวนของ Hardness ของ Paint แบบ Blend 1

σ^2_{Blend2} แทนความแปรปรวนของ Hardness ของ Paint แบบ Blend 2

σ^2_{Blend3} แทนความแปรปรวนของ Hardness ของ Paint แบบ Blend 3

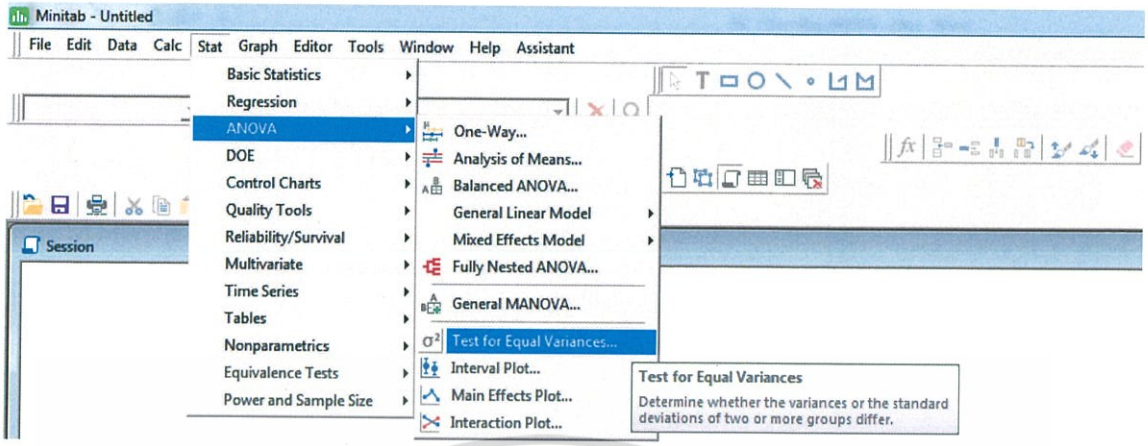
σ^2_{Blend4} แทนความแปรปรวนของ Hardness ของ Paint แบบ Blend 4

หรือ H_0 : ความแปรปรวนของ Hardness ของ Paint แบบ Blend 1, Blend 2, Blend 3 และ Blend 4 เท่ากัน

H_1 : ความแปรปรวนของ Hardness ของ Paint แบบ Blend 1, Blend 2, Blend 3 และ Blend 4 ไม่เท่ากันอย่างน้อย 1 คู่

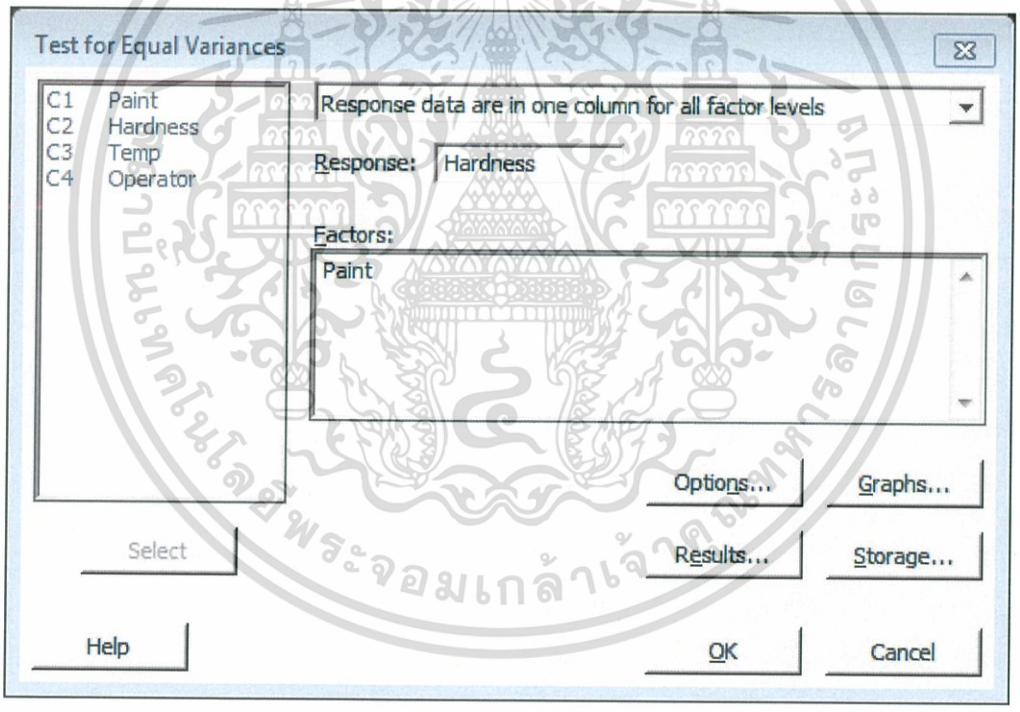
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Stat ⟶ ANOVA ⟶ Test for Equal Variances ดังรูปที่ 4.11.5



รูปที่ 4.11.5 การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแปรปรวน สำหรับโปรแกรม Minitab

จะปรากฏหน้าต่าง Test for Equal Variances ดังรูปที่ 4.11.6



รูปที่ 4.11.6 หน้าต่าง Test for Equal Variances ของข้อมูลจากตารางที่ 4.31

ขั้นที่ 2 เลือกรูปแบบของข้อมูลที่นำมาทดสอบ

Response data are in one column for all factor levels

เลือกตัวแปรที่เป็นตัวแปรตาม ใส่ในช่อง Response:

เลือกตัวแปรที่ต้องการให้เป็นตัวจำแนกกลุ่ม ใส่ในช่อง Factors: แล้วคลิก OK

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.11.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test for Equal Variances: Hardness versus Paint

Method

Null hypothesis	All variances are equal
Alternative hypothesis	At least one variance is different
Significance level	α = 0.05

95% Bonferroni Confidence Intervals for Standard Deviations

Paint	N	StDev	CI
Blend 1	6	3.36254	(1.51614, 12.7760)
Blend 2	6	5.49970	(2.78024, 18.6378)
Blend 3	6	3.72957	(1.14839, 20.7504)
Blend 4	6	2.63641	(0.55466, 21.4683)

Individual confidence level = 98.75%

Tests

Method	Test Statistic	P-Value
Multiple comparisons	—	0.305
Levene	1.69	0.201

รูปที่ 4.11.7 ผลลัพธ์จากการทดสอบความแปรปรวน ของข้อมูลจากตารางที่ 4.31 สำหรับโปรแกรม Minitab

จากรูปที่ 4.11.7 ได้ค่า P-value = 0.201 > $_{\alpha}$ = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ความแปรปรวนของ Hardness ของ Paint แบบ Blend 1, Blend 2, Blend 3 และ Blend 4 เท่ากันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

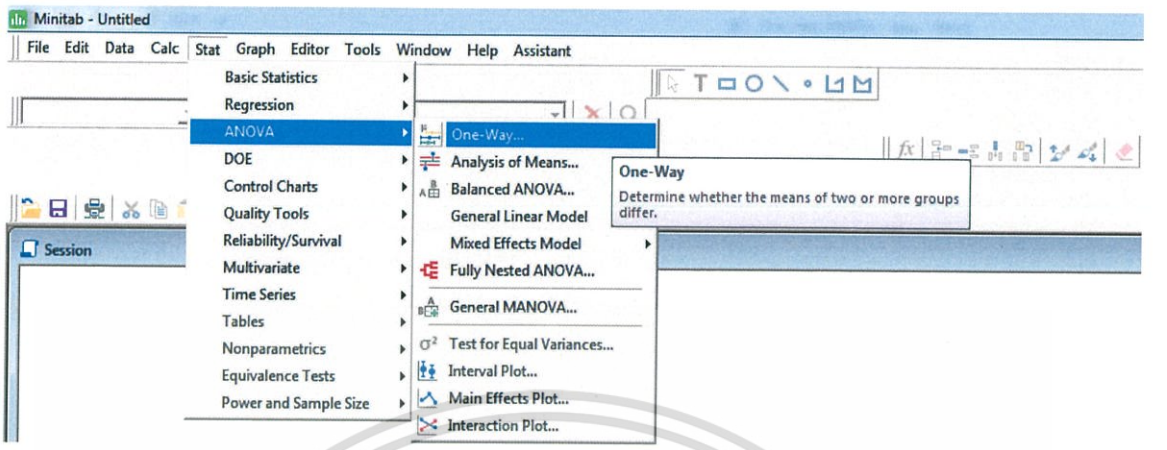
3) ข้อมูลในแต่ละกลุ่มต้องเป็นอิสระกัน

ผู้ทำการทดลองสามารถควบคุมได้ โดยการสุ่มตัวอย่าง Hardness ของ Paint ในแต่ละแบบมาทำการทดลอง จึงสามารถสรุปได้ว่า Hardness ของ Paint ทั้ง 4 แบบ เป็นอิสระกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

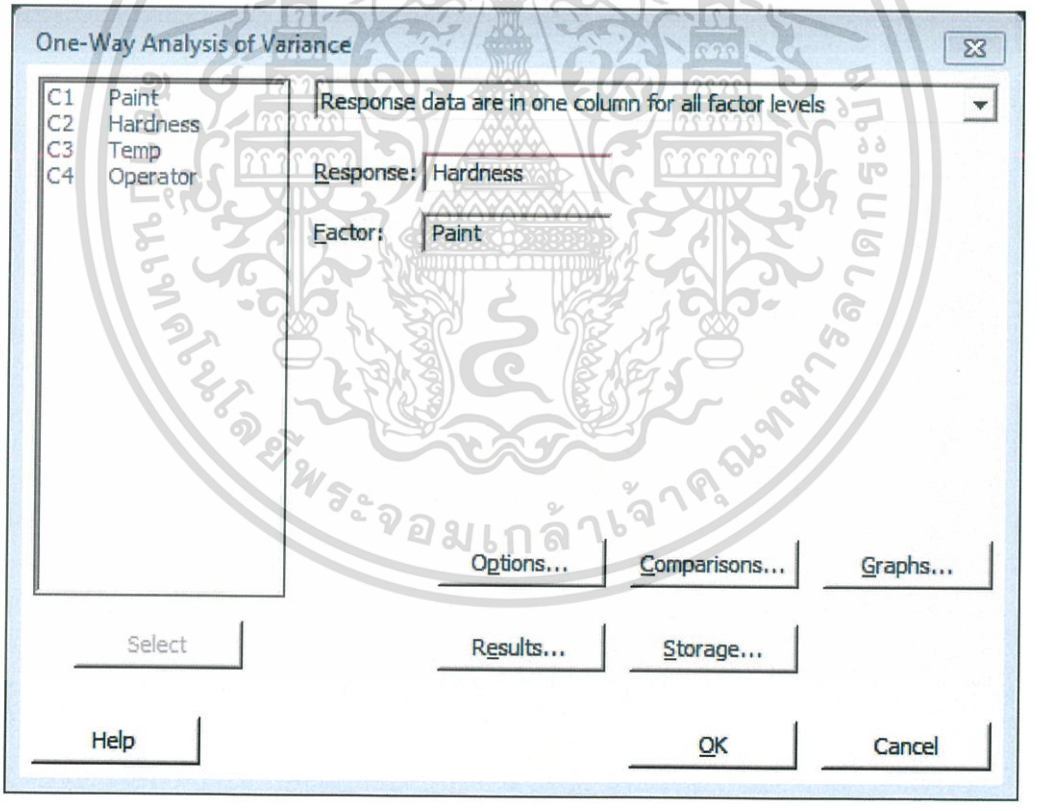
การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว

ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Stat ⟶ ANOVA ⟶ One-Way ดังรูปที่ 4.11.8



รูปที่ 4.11.8 การใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว สำหรับโปรแกรม Minitab

จะปรากฏหน้าต่าง One-Way Analysis of Variance ดังรูปที่ 4.11.9



รูปที่ 4.11.9 หน้าต่าง One-Way Analysis of Variance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

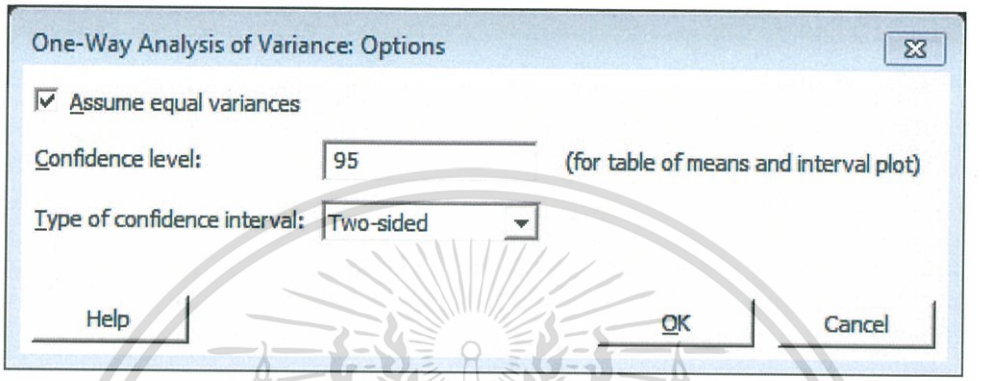
ขั้นที่ 2 เลือกรูปแบบของข้อมูลที่นำมาทดสอบ

Response data are in one column for all factor levels

เลือกตัวแปรที่ต้องการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว ใส่ในช่อง Response:
เลือกตัวแปรที่ต้องการให้เป็นตัวจำแนกกลุ่ม ใส่ในช่อง Factor:

ขั้นที่ 3 คลิก Options...

จะปรากฏหน้าต่าง One-Way Analysis of Variance: Options ดังรูปที่ 4.11.10



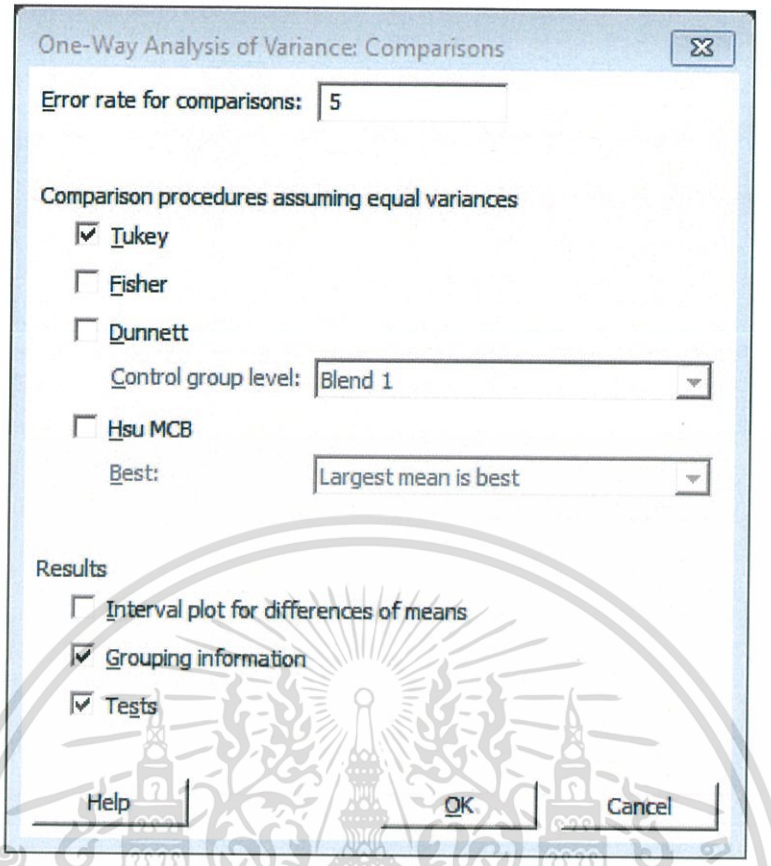
รูปที่ 4.11.10 หน้าต่าง One-Way Analysis of Variance: Options

ขั้นที่ 4 เลือก Assume equal variances เนื่องจากผลการทดสอบสรุปว่าความแปรปรวนของ Hardness ของ Paint แบบ Blend 1, Blend 2, Blend 3 และ Blend 4 เท่ากัน แล้วคลิก OK

ขั้นที่ 5 คลิก Comparisons...

จะปรากฏหน้าต่าง One-Way Analysis of Variance: Comparisons ดังรูปที่ 4.11.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11.11 หน้าต่าง One-Way Analysis of Variance: Comparisons

ขั้นที่ 6 Comparison procedures assuming equal variances เลือกตัวสถิติที่ต้องการทดสอบ Results เลือกผลลัพธ์ที่ต้องการให้แสดง แล้วคลิก OK จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.11.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

One-way ANOVA: Hardness versus Paint

Method

Null hypothesis	All means are equal
Alternative hypothesis	Not all means are equal
Significance level	α = 0.05

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Paint	4	Blend 1, Blend 2, Blend 3, Blend 4

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Paint	3	281.7	93.90	6.02	0.004
Error	20	312.1	15.60		
Total	23	593.8			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
3.95012	47.44%	39.56%	24.32%

Means

Paint	N	Mean	StDev	95% CI
Blend 1	6	14.73	3.36	(11.37, 18.10)
Blend 2	6	8.57	5.50	(5.20, 11.93)
Blend 3	6	12.98	3.73	(9.62, 16.35)
Blend 4	6	18.07	2.64	(14.70, 21.43)

Pooled StDev = 3.95012

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Paint	N	Mean	Grouping	
Blend 4	6	18.07	A	
Blend 1	6	14.73	A	B
Blend 3	6	12.98	A	B
Blend 2	6	8.57		B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Simultaneous Tests for Differences of Means

Difference of Levels	Difference of Means	SE of Difference	95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
Blend 2 - Blend 1	-6.17	2.28	(-12.55, 0.22)	-2.70	0.061
Blend 3 - Blend 1	-1.75	2.28	(-8.14, 4.64)	-0.77	0.868
Blend 4 - Blend 1	3.33	2.28	(-3.05, 9.72)	1.46	0.478
Blend 3 - Blend 2	4.42	2.28	(-1.97, 10.80)	1.94	0.245
Blend 4 - Blend 2	9.50	2.28	(3.11, 15.89)	4.17	0.002
Blend 4 - Blend 3	5.08	2.28	(-1.30, 11.47)	2.23	0.150

Individual confidence level = 98.89%

รูปที่ 4.11.12 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว สำหรับโปรแกรม Minitab

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.11.12

ตาราง Analysis of Variance

ได้ค่า P-value = 0.004 < α = 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้น ค่าเฉลี่ยของ Hardness ของ Paint แบบ Blend 1, Blend 2, Blend 3 และ Blend 4 แตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

การเปรียบเทียบพหุคูณ

สมมติฐาน

$$H_0 : \mu_i = \mu_j$$

$$H_1 : \mu_i \neq \mu_j$$

เมื่อ i, j เป็นข้อมูลกลุ่มที่ i หรือ j ใด ๆ โดยที่ $i \neq j$

ตาราง Tukey Pairwise Comparisons

Blend 4 – Blend 2 ได้ค่า Adjusted P-value = 0.002 < α = 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้น ค่าเฉลี่ยของ Hardness ของ Paint แบบ Blend 2 แตกต่างกับค่าเฉลี่ยของ Hardness ของ Paint แบบ Blend 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

โปรแกรม R

○ การใช้เมนูใน R Commander

ตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว

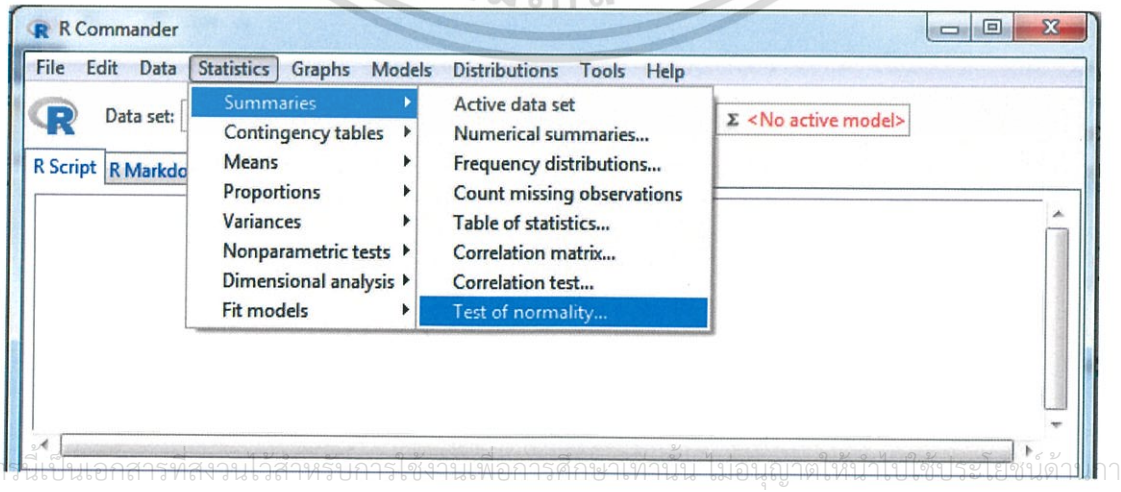
1) **ข้อมูลในแต่ละกลุ่มต้องมีการแจกแจงปกติ**

สมมติฐาน

H_0 : ข้อมูล Hardness มีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ข้อมูล Hardness ไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

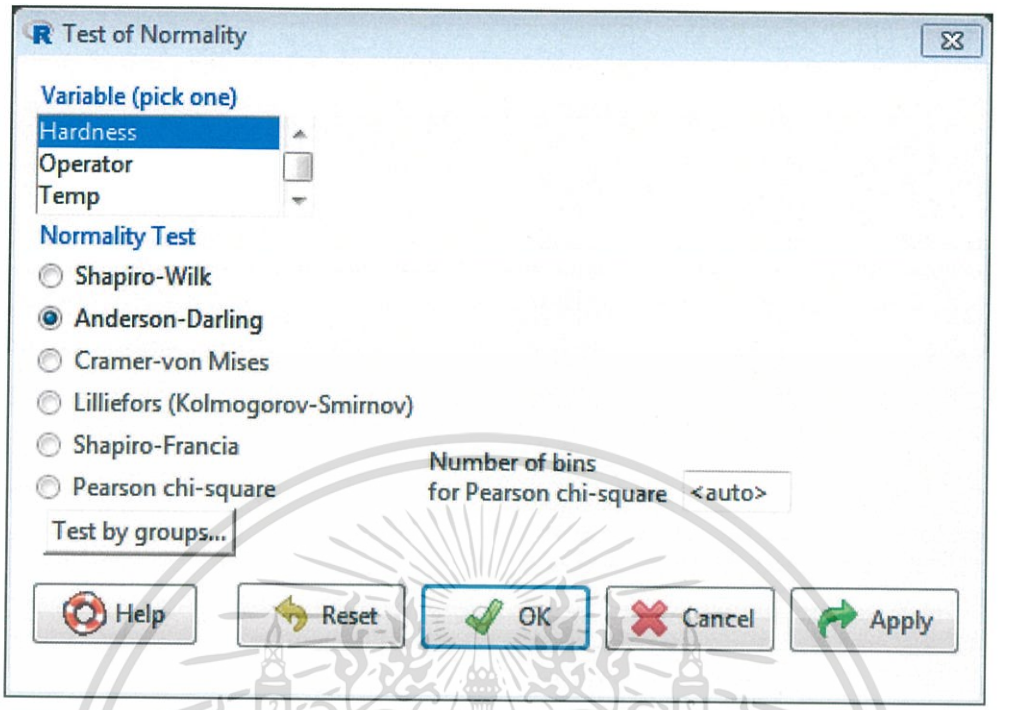
ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Statistics ⟶ Summaries ⟶ Test of normality ดังรูปที่ 4.11.13



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.11.13 การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ สำหรับโปรแกรม R

จะปรากฏหน้าต่าง Test of Normality ดังรูปที่ 4.11.14



รูปที่ 4.11.14 หน้าต่าง Test of Normality ของข้อมูลจากตารางที่ 4.31

ขั้นที่ 2 เลือกตัวแปรที่ต้องการทดสอบการแจกแจงปกติ ในช่อง Variable (pick one)

Normality Test เลือกเลือกตัวสถิติที่ต้องการทดสอบ แล้วคลิก

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.11.15

```
> normalityTest(~Hardness, test="ad.test", data=Dataset)

        Anderson-Darling normality test

data:  Hardness
A = 0.53996, p-value = 0.1488
```

รูปที่ 4.11.15 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ ของข้อมูลจากตารางที่ 4.31 สำหรับโปรแกรม R

จากรูปที่ 4.11.15 ได้ค่า P-value = 0.1488 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ข้อมูล Hardness ของ Paint มีการแจกแจงแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2) ข้อมูลในแต่ละกลุ่มต้องมีความแปรปรวนเท่ากัน

สมมติฐาน $H_0 : \sigma^2_{Blend1} = \sigma^2_{Blend2} = \sigma^2_{Blend3} = \sigma^2_{Blend4}$

$H_1 : \sigma^2_i \neq \sigma^2_j$ อย่างน้อย 1 คู่ สำหรับ $i \neq j$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ σ^2_{Blend1} แทนความแปรปรวนของ Hardness ของ Paint แบบ Blend 1

σ^2_{Blend2} แทนความแปรปรวนของ Hardness ของ Paint แบบ Blend 2

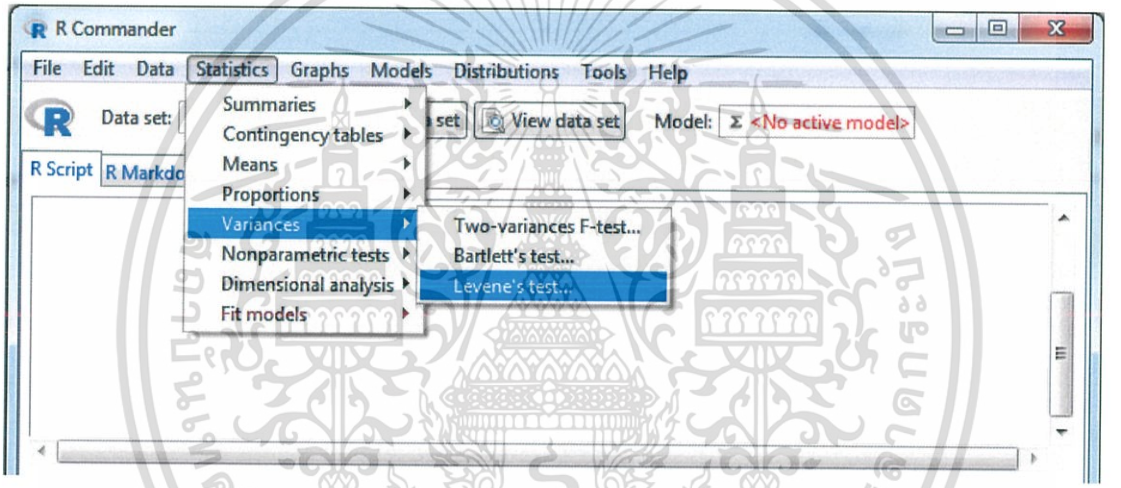
σ^2_{Blend3} แทนความแปรปรวนของ Hardness ของ Paint แบบ Blend 3

σ^2_{Blend4} แทนความแปรปรวนของ Hardness ของ Paint แบบ Blend 4

หรือ H_0 : ความแปรปรวนของ Hardness ของ Paint แบบ Blend 1, Blend 2, Blend 3 และ Blend 4 เท่ากัน

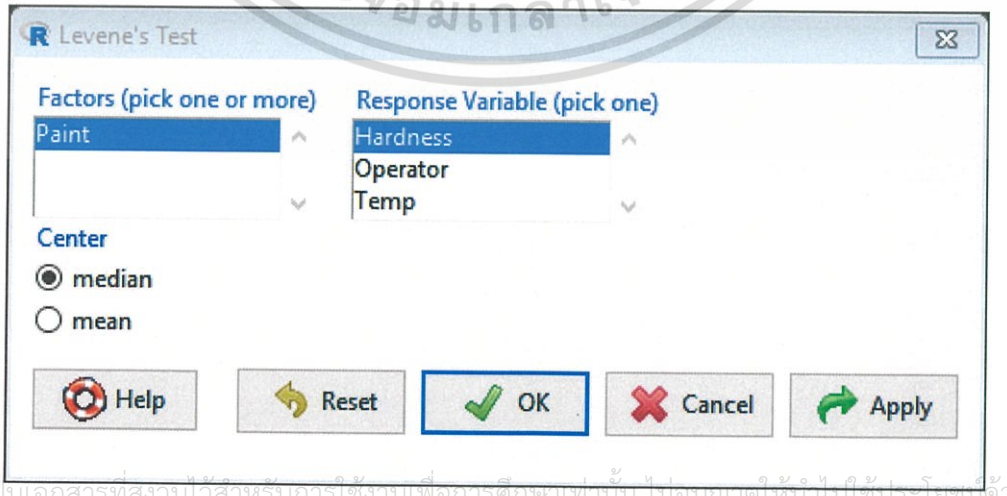
H_1 : ความแปรปรวนของ Hardness ของ Paint แบบ Blend 1, Blend 2, Blend 3 และ Blend 4 ไม่เท่ากันอย่างน้อย 1 คู่

ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Statistics ⟶ Variances ⟶ Levene's test ดังรูปที่ 4.11.16



รูปที่ 4.11.16 การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแปรปรวน สำหรับโปรแกรม R

จะปรากฏหน้าต่าง Levene's Test ดังรูปที่ 4.11.17



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.11.17 หน้าต่าง Levene's Test ของข้อมูลจากตารางที่ 4.31

ขั้นที่ 2 เลือกตัวแปรที่ต้องการให้เป็นตัวจำแนกกลุ่ม ในช่อง Factors (pick one or more)
เลือกตัวแปรที่ต้องการทดสอบความแปรปรวน ในช่อง Response Variable (pick one)
Center เลือก ◉ median แล้วคลิก OK
จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.11.18

```
> with(Dataset, tapply(Hardness, Paint, var, na.rm=TRUE))
  Blend 1   Blend 2   Blend 3   Blend 4
11.306667 30.246667 13.909667  6.950667

> leveneTest(Hardness ~ Paint, data=Dataset, center="median")
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = "median")
      Df F value Pr(>F)
group  3  1.6899 0.2012
      20
```

รูปที่ 4.11.18 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแปรปรวน ของข้อมูลจากตารางที่ 4.31 สำหรับโปรแกรม R

จากรูปที่ 4.11.18 ได้ค่า P-value = 0.201 > $_{\alpha}$ = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ความแปรปรวนของ Hardness ของ Paint แบบ Blend 1, Blend 2, Blend 3 และ Blend 4 เท่ากัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3) ข้อมูลในแต่ละกลุ่มต้องเป็นอิสระกัน

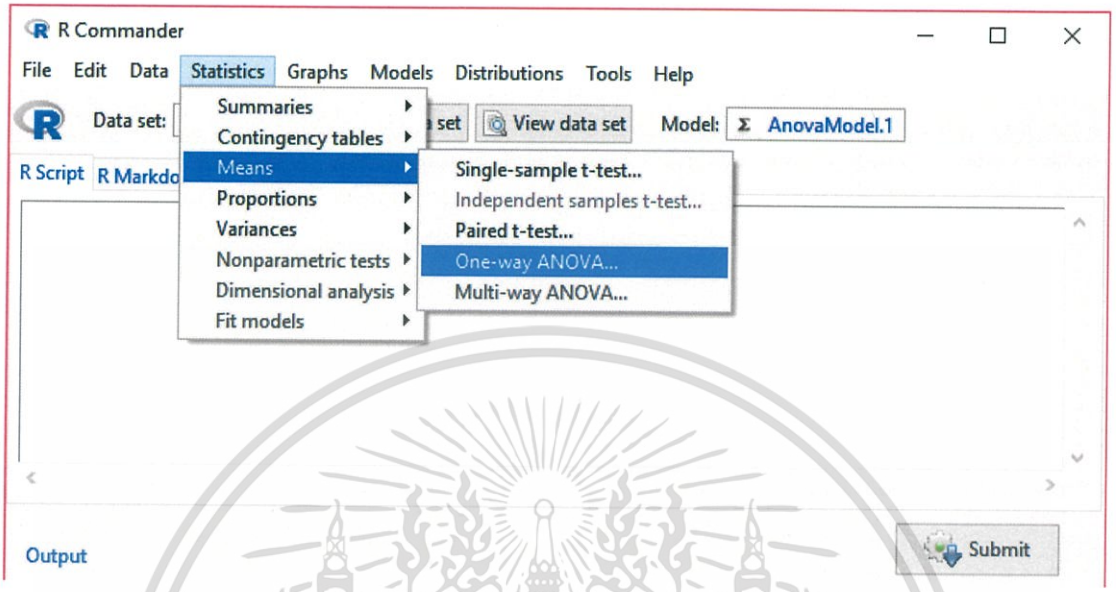
ผู้ทำการทดลองสามารถควบคุมได้ โดยการสุ่มตัวอย่าง Hardness ของ Paint ในแต่ละแบบมาทำการทดลอง จึงสามารถสรุปได้ว่า Hardness ของ Paint ทั้ง 4 แบบ เป็นอิสระกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว

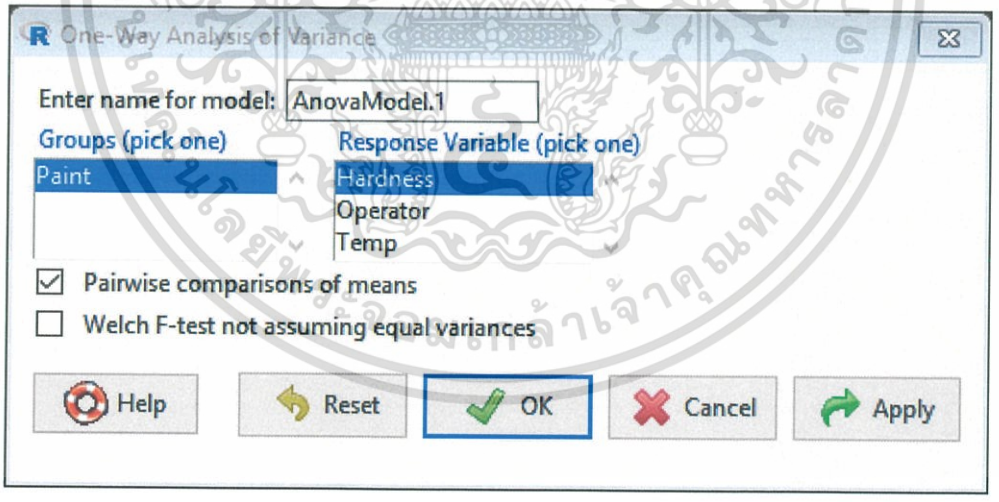
○ การใช้เมนูใน R Commander

ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Statistics ⟶ Mean ⟶ One-way ANOVA ดังรูปที่ 4.11.19



รูปที่ 4.11.19 การใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว สำหรับโปรแกรม R

จะปรากฏหน้าต่าง One-Way Analysis of Variance ดังรูปที่ 4.11.20



รูปที่ 4.11.20 หน้าต่าง One-Way Analysis of Variance

ขั้นที่ 2 เลือกตัวแปรที่ต้องการให้เป็นตัวจำแนกกลุ่ม ใส่ในช่อง Groups (pick one)
เลือกตัวแปรที่ต้องการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว ใส่ในช่อง Response Variable (pick one)
เลือก ☑ Pairwise comparisons of means เพื่อเปรียบเทียบพหุคูณ
แล้วคลิก OK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.11.21

```
> AnovaModel.1 <- aov(Hardness ~ Paint, data=Dataset)

> summary(AnovaModel.1)
            Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Paint        3  281.7    93.9   6.018 0.0043 **
Residuals   20  312.1    15.6
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

> with(Dataset, numSummary(Hardness, groups=Paint, statistics=c("mean",
+   "sd")))
             mean       sd data:n
Blend 1 14.733333 3.362539      6
Blend 2  8.566667 5.499697      6
Blend 3 12.983333 3.729567      6
Blend 4 18.066667 2.636412      6

> local({
+   .Pairs <- glht(AnovaModel.1, linfct = mcp(Paint = "Tukey"))
+   print(summary(.Pairs)) # pairwise tests
+   print(confint(.Pairs)) # confidence intervals
+   print(cld(.Pairs)) # compact letter display
+   old.oma <- par(oma=c(0,5,0,0))
+   plot(confint(.Pairs))
+   par(old.oma)
+ })

   Simultaneous Tests for General Linear Hypotheses

Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts


Fit: aov(formula = Hardness ~ Paint, data = Dataset)

Linear Hypotheses:
                       Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
Blend 2 - Blend 1 == 0   -6.167      2.281  -2.704  0.06047 .
Blend 3 - Blend 1 == 0   -1.750      2.281  -0.767  0.86816
Blend 4 - Blend 1 == 0    3.333      2.281   1.462  0.47797
Blend 3 - Blend 2 == 0    4.417      2.281   1.937  0.24500
Blend 4 - Blend 2 == 0    9.500      2.281   4.166  0.00231 **
Blend 4 - Blend 3 == 0    5.083      2.281   2.229  0.14958
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
(Adjusted p values reported -- single-step method)


   Simultaneous Confidence Intervals

Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts


Fit: aov(formula = Hardness ~ Paint, data = Dataset)

Quantile = 2.7978
95% family-wise confidence level


Linear Hypotheses:
                       Estimate lwr      upr
Blend 2 - Blend 1 == 0  -6.1667 -12.5473   0.2139
Blend 3 - Blend 1 == 0  -1.7500  -8.1306   4.6306
Blend 4 - Blend 1 == 0   3.3333  -3.0473   9.7139
Blend 3 - Blend 2 == 0   4.4167  -1.9639  10.7973
Blend 4 - Blend 2 == 0   9.5000   3.1194  15.8806
Blend 4 - Blend 3 == 0   5.0833  -1.2973  11.4639

Blend 1 Blend 2 Blend 3 Blend 4
   "ab"     "a"    "ab"     "b"
```

รูปที่ 4.11.21 ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว สำหรับโปรแกรม R

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.11.21 ได้ค่า P-value = 0.0043 < α = 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้น ค่าเฉลี่ยของ Hardness ของ Paint แบบ Blend 1, Blend 2, Blend 3 และ Blend 4 แตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

การเปรียบเทียบพหุคูณ

สมมติฐาน

$$H_0 : \mu_i = \mu_j$$

$$H_1 : \mu_i \neq \mu_j$$

เมื่อ i, j เป็นข้อมูลกลุ่มที่ i หรือ j ใด ๆ โดยที่ $i \neq j$

Blend 4 – Blend 2 ได้ค่า Adjusted P-value = 0.00231 < α = 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้น ค่าเฉลี่ยของ Hardness ของ Paint แบบ Blend 2 แตกต่างกับค่าเฉลี่ยของ Hardness ของ Paint แบบ Blend 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

สรุป

ตารางที่ 4.32 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการทดสอบการแจกแจงปกติ (การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว)

	โปรแกรม Minitab	โปรแกรม R
Anderson-Darling	0.540	0.53996
P-value	0.149	0.1488

จากตารางที่ 4.32 พบว่า ผลลัพธ์จากโปรแกรม Minitab และ R ได้ค่า Anderson-Darling และ P-value ที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถแปลความหมายทางสถิติได้เหมือนกัน นั่นคือ ข้อมูล Hardness ของ Paint มีการแจกแจงแบบปกติ

ตารางที่ 4.33 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการทดสอบความแปรปรวน (การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว)

	โปรแกรม Minitab	โปรแกรม R
Levene	1.69	1.6899
P-value	0.201	0.2012

จากตารางที่ 4.33 พบว่า ผลลัพธ์จากโปรแกรม Minitab และ R ได้ค่า Levene และ P-value ที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถแปลความหมายทางสถิติได้เหมือนกัน นั่นคือ ความแปรปรวนของ Hardness ของ Paint แบบ Blend 1, Blend 2, Blend 3 และ Blend 4 เท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.34 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว

	โปรแกรม Minitab	โปรแกรม R
F-value	6.02	6.018
P-value	0.004	0.0043

จากตารางที่ 4.34 พบว่า ผลลัพธ์จากโปรแกรม Minitab และ R ได้ค่า T-value และ P-value ที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถแปลความหมายทางสถิติได้เหมือนกัน นั่นคือ ความแปรปรวนของ Hardness ของ Paint แบบ Blend 1, Blend 2, Blend 3 และ Blend 4 เท่ากัน

ตารางที่ 4.35 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการเปรียบเทียบพหุคูณ

P-value	โปรแกรม Minitab	โปรแกรม R
Blend 2 - Blend 1	0.061	0.06047
Blend 3 - Blend 1	0.868	0.86816
Blend 4 - Blend 1	0.478	0.47797
Blend 3 - Blend 2	0.245	0.24500
Blend 4 - Blend 2	0.002	0.00231
Blend 4 - Blend 3	0.150	0.14958

จากตารางที่ 4.35 พบว่า ผลลัพธ์จากโปรแกรม Minitab และ R ได้ค่า P-value ที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถแปลความหมายทางสถิติได้เหมือนกัน นั่นคือ ค่าเฉลี่ยของ Hardness ของ Paint แบบ Blend 2 แตกต่างกับค่าเฉลี่ยของ Hardness ของ Paint แบบ Blend 4

4.12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองปัจจัย (Two-Way ANOVA)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองปัจจัย เป็นวิธีการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้นหรือปัจจัย 2 ตัว กับตัวแปรตามเพียงตัวเดียว ตามสมมติฐานที่กำหนดไว้ โดยที่การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองปัจจัยสามารถศึกษาอิทธิพลของตัวแปรอิสระทั้งสองตัว และยังสามารถศึกษาอิทธิพลร่วมระหว่างตัวแปรอิสระทั้งสองตัวด้วย โดยที่ตัวแปรอิสระเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ ที่จำแนกออกเป็นระดับหรือประเภทต่าง ๆ และตัวแปรตามเป็นข้อมูลเชิงปริมาณ ดังตารางที่ 4.36 ตัวแปรอิสระเป็นข้อมูลชนิดของโลหะ โดยแบ่งเป็นชนิดที่ 1, 2 และ 3 ข้อมูลเวลาในการเผา แบ่งเป็น 100 นาที 150 นาที และ 200 นาที และมีตัวแปรตามเป็นข้อมูลความแข็งของโลหะ

สมมติฐาน

$$H_0 : (\tau\beta)_{1100} = (\tau\beta)_{1150} = (\tau\beta)_{1200} = \ldots = (\tau\beta)_{3200} = 0$$

$H_1 : (\tau\beta)_{ij} \neq 0$ สำหรับ i, j อย่างน้อย 1 ค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ $(\tau\beta)_{1100}$ แทนอิทธิพลร่วมของโลหะชนิดที่ 1 และเวลาในการเผา 100 นาที ต่อความแข็งของโลหะ

$(\tau\beta)_{1150}$ แทนอิทธิพลร่วมของโลหะชนิดที่ 1 และเวลาในการเผา 150 นาที ต่อความแข็งของโลหะ

$(\tau\beta)_{1200}$ แทนอิทธิพลร่วมของโลหะชนิดที่ 1 และเวลาในการเผา 200 นาที ต่อความแข็งของโลหะ

$(\tau\beta)_{2100}$ แทนอิทธิพลร่วมของโลหะชนิดที่ 2 และเวลาในการเผา 100 นาที ต่อความแข็งของโลหะ

$(\tau\beta)_{2150}$ แทนอิทธิพลร่วมของโลหะชนิดที่ 2 และเวลาในการเผา 150 นาที ต่อความแข็งของโลหะ

$(\tau\beta)_{2200}$ แทนอิทธิพลร่วมของโลหะชนิดที่ 2 และเวลาในการเผา 200 นาที ต่อความแข็งของโลหะ

$(\tau\beta)_{3100}$ แทนอิทธิพลร่วมของโลหะชนิดที่ 3 และเวลาในการเผา 100 นาที ต่อความแข็งของโลหะ

$(\tau\beta)_{3150}$ แทนอิทธิพลร่วมของโลหะชนิดที่ 3 และเวลาในการเผา 150 นาที ต่อความแข็งของโลหะ

$(\tau\beta)_{3200}$ แทนอิทธิพลร่วมของโลหะชนิดที่ 3 และเวลาในการเผา 200 นาที ต่อความแข็งของโลหะ

หรือ H_0 : ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างโลหะทั้ง 3 ชนิด และเวลาในการเผาทั้ง 3 เวลา ต่อความแข็งของโลหะ

H_1 : มีอิทธิพลร่วมระหว่างโลหะทั้ง 3 ชนิดและเวลาในการเผาทั้ง 3 เวลา ต่อความแข็งของโลหะ อย่างน้อย 1 ค่า

ตารางที่ 4.36 ตัวอย่างข้อมูล (ข้อมูลสมมติ) ที่ใช้ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองปัจจัย

Row	MetalType	Strength	SinterTime
1	1	23	100
2	1	20	100
3	1	21	100
4	2	22	100
5	2	19	100
6	2	20	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.36 ตัวอย่างข้อมูล (ข้อมูลสมมติ) ที่ใช้ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองปัจจัย (ต่อ)

7	3	19	100
8	3	18	100
9	3	21	100
10	1	22	150
11	1	20	150
12	1	19	150
13	2	24	150
14	2	25	150
15	2	22	150
16	3	20	150
17	3	19	150
18	3	22	150
19	1	18	200
20	1	18	200
21	1	16	200
22	2	21	200
23	2	23	200
24	2	20	200
25	3	20	200
26	3	22	200
27	3	24	200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>โปรแกรม Minitab</u>

ตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองปัจจัย

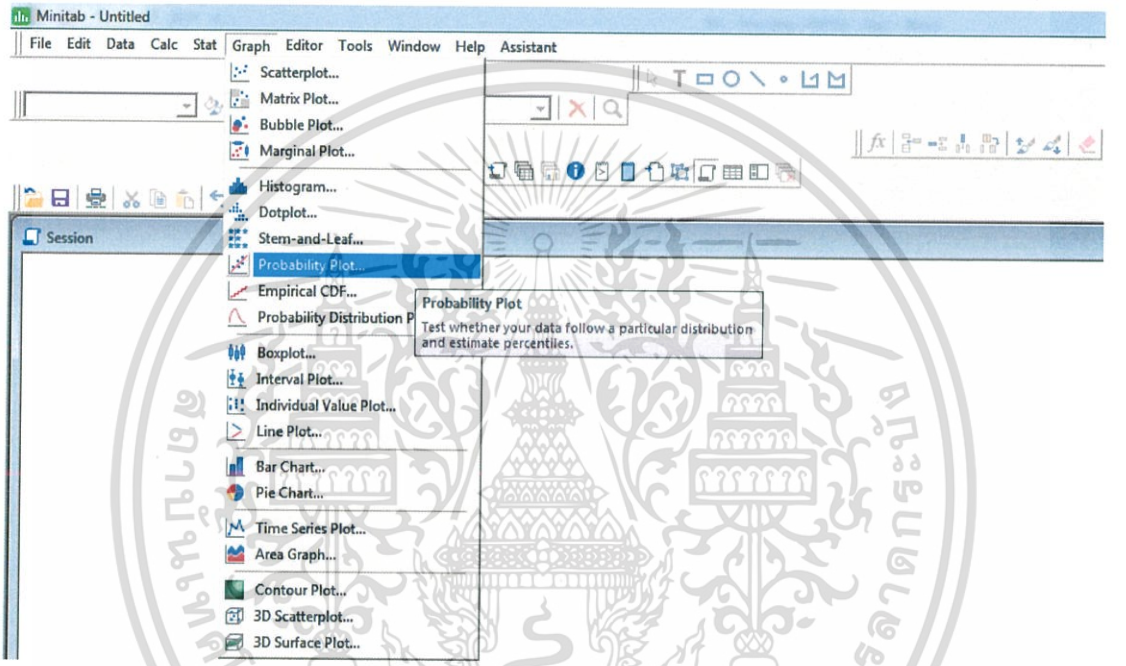
1) ข้อมูลในแต่ละกลุ่มต้องมีการแจกแจงปกติ

สมมติฐาน

H_0 : ความแข็งของโลหะมีการแจกแจงแบบปกติ

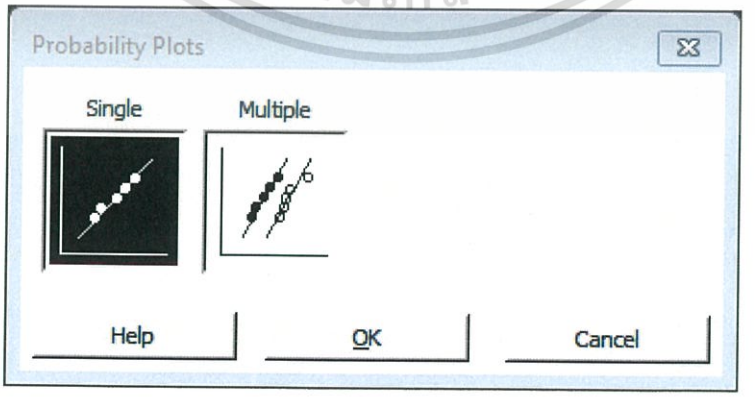
H_1 : ความแข็งของโลหะไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Graph ⟶ Probability Plot ดังรูปที่ 4.12.1



รูปที่ 4.12.1 การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ สำหรับโปรแกรม Minitab

จะปรากฏหน้าต่าง Probability Plots ดังรูปที่ 4.12.2

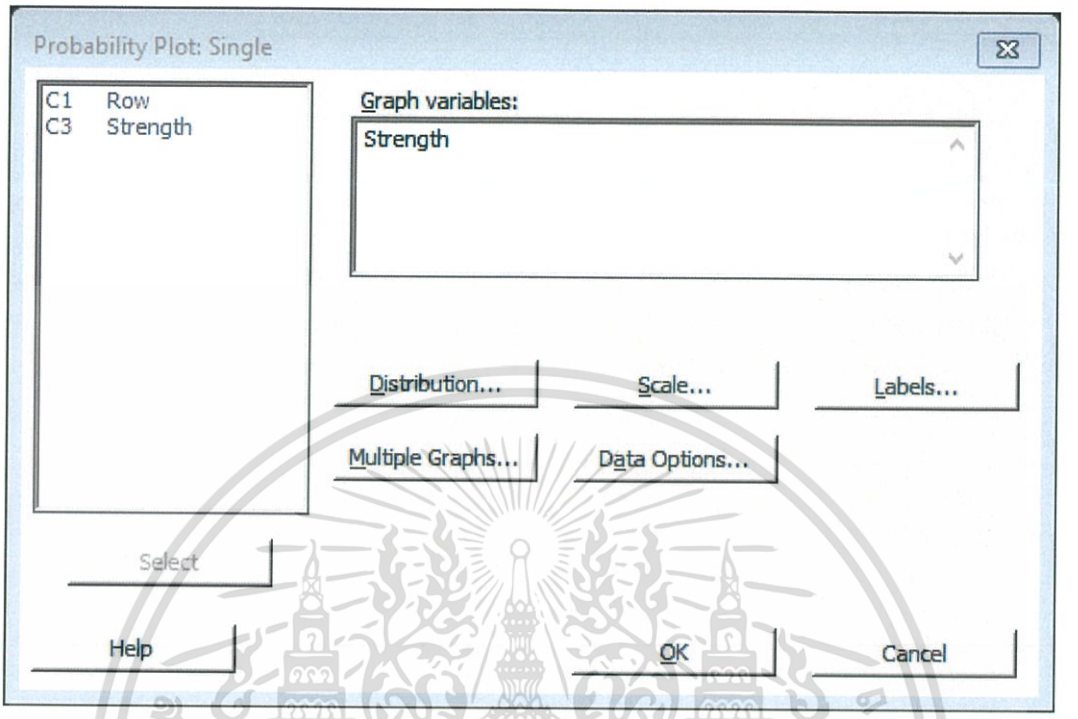


รูปที่ 4.12.2 หน้าต่าง Probability Plots

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 2 เลือก Single แล้วคลิก OK

จะปรากฏหน้าต่าง Probability Plot: Single ดังรูปที่ 4.12.3

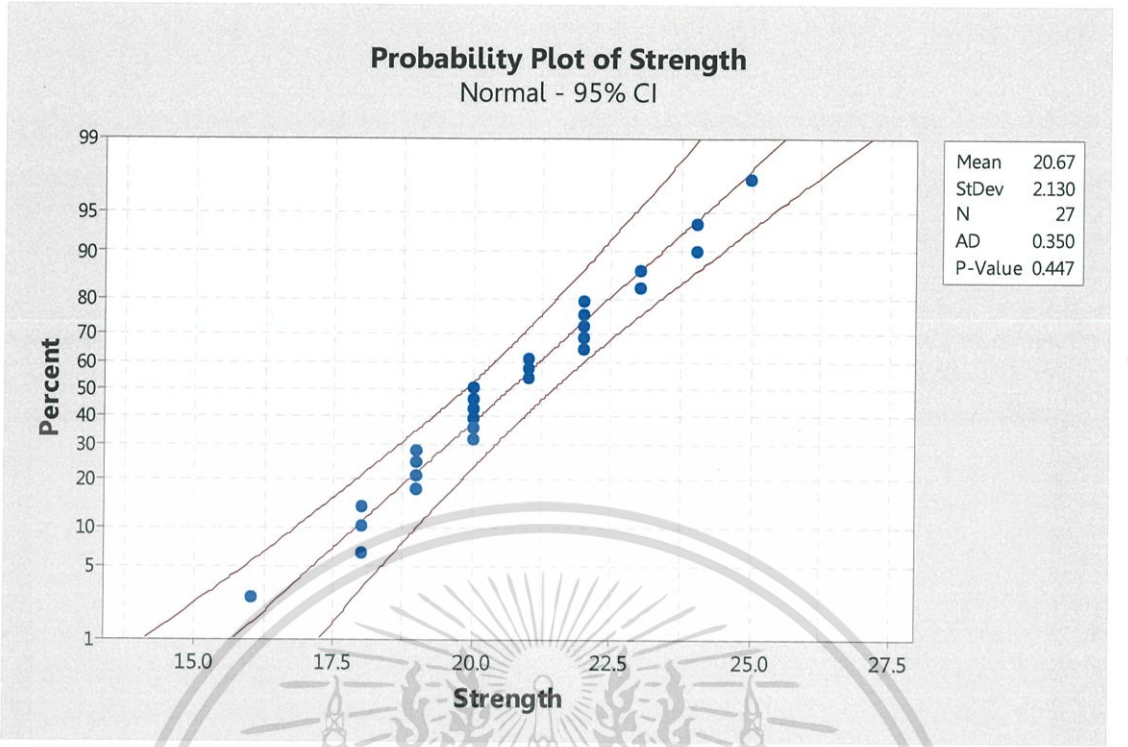


รูปที่ 4.12.3 หน้าต่าง Probability Plot: Single ของข้อมูลจากตารางที่ 4.36

ขั้นที่ 3 เลือกตัวแปรที่ต้องการทดสอบการแจกแจงปกติ ใส่ในช่อง Graph variables: แล้วคลิก OK

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.12.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12.4 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ ของข้อมูลจากตารางที่ 4.36 สำหรับโปรแกรม Minitab

จากรูปที่ 4.12.4 ได้ค่า P-value = 0.447 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ความแข็งของโลหะมีการแจกแจงแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2) ข้อมูลในแต่ละกลุ่มต้องมีความแปรปรวนเท่ากัน

สมมติฐาน $H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2$

$H_1 : \sigma_i^2 \neq \sigma_j^2$ อย่างน้อย 1 คู่ สำหรับ $i \neq j$

โดยที่ σ_1^2 แทนความแปรปรวนของโลหะชนิดที่ 1

σ_2^2 แทนความแปรปรวนของโลหะชนิดที่ 2

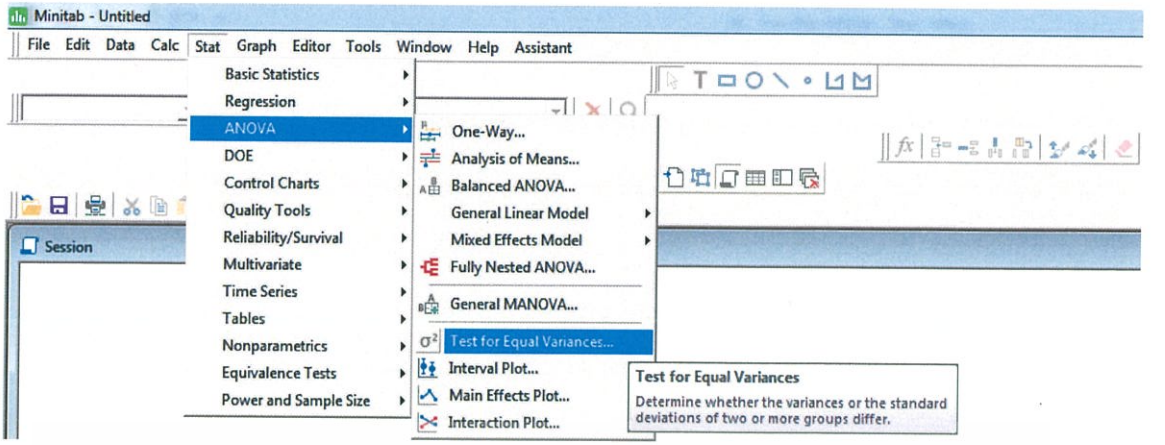
σ_3^2 แทนความแปรปรวนของโลหะชนิดที่ 3

หรือ H_0 : ความแปรปรวนของโลหะทั้ง 3 ชนิด เท่ากัน

H_1 : ความแปรปรวนของโลหะทั้ง 3 ชนิด ไม่เท่ากันอย่างน้อย 1 คู่

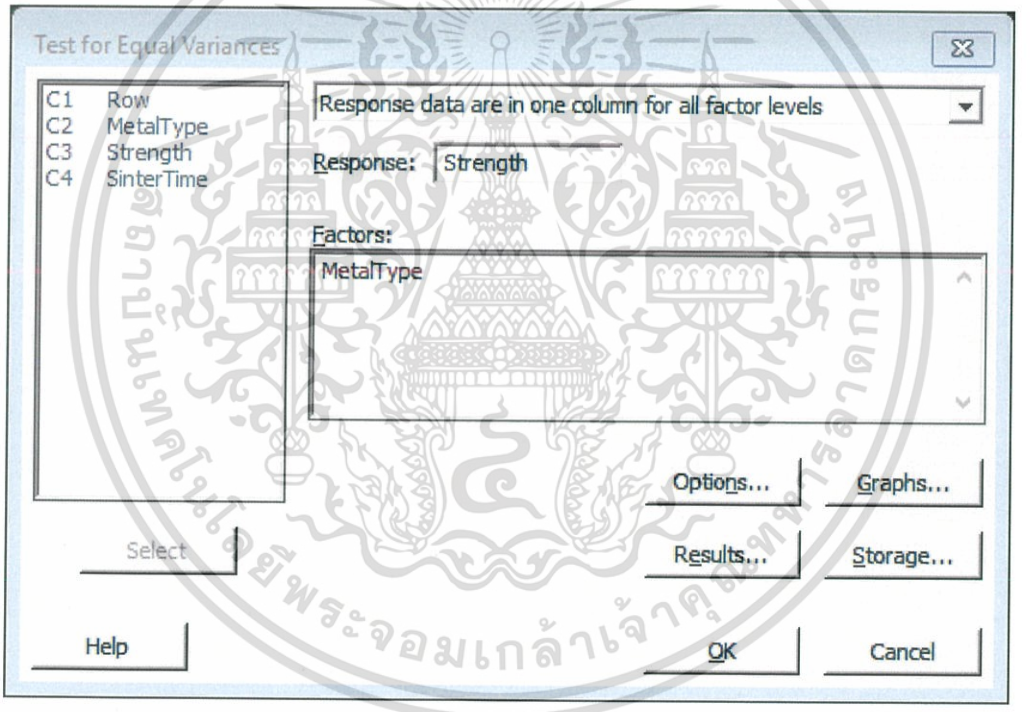
ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Stat ⟶ ANOVA ⟶ Test for Equal Variances ดังรูปที่ 4.12.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12.5 การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแปรปรวน สำหรับโปรแกรม Minitab

จะปรากฏหน้าต่าง Test for Equal Variances ดังรูปที่ 4.12.6



รูปที่ 4.12.6 หน้าต่าง Test for Equal Variances ของข้อมูลชนิดของโลหะ

ขั้นที่ 2 เลือกรูปแบบของข้อมูลที่นำมาทดสอบ

Response data are in one column for all factor levels

เลือกตัวแปรที่เป็นตัวแปรตาม ใส่ในช่อง Response:

เลือกตัวแปรที่ต้องการให้เป็นตัวจำแนกกลุ่ม ใส่ในช่อง Factors: แล้วคลิก OK

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.12.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test for Equal Variances: Strength versus MetalType

Method

Null hypothesis	All variances are equal
Alternative hypothesis	At least one variance is different
Significance level	α = 0.05

95% Bonferroni Confidence Intervals for Standard Deviations

MetalType	N	StDev	CI
1	9	2.17945	(1.24771, 5.18659)
2	9	1.98606	(1.16946, 4.59518)
3	9	1.87824	(1.00204, 4.79642)

Individual confidence level = 98.3333%

Tests

Method	Test Statistic	P-Value
Multiple comparisons	—	0.891
Levene	0.07	0.930

รูปที่ 4.12.7 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแปรปรวนของโลหะทั้ง 3 ชนิด สำหรับโปรแกรม Minitab

จากรูปที่ 4.12.7 ได้ค่า P-value = 0.930 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ความแปรปรวนของโลหะชนิดที่ 1, 2 และ 3 เท่ากันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

สมมติฐาน $H_0 : \sigma^2_{100} = \sigma^2_{150} = \sigma^2_{200}$

$H_1 : \sigma_i^2 \neq \sigma_j^2$ อย่างน้อย 1 คู่ สำหรับ $i \neq j$

โดยที่ σ^2_{100} แทนความแปรปรวนของเวลาในการเผา 100 นาที

σ^2_{150} แทนความแปรปรวนของเวลาในการเผา 150 นาที

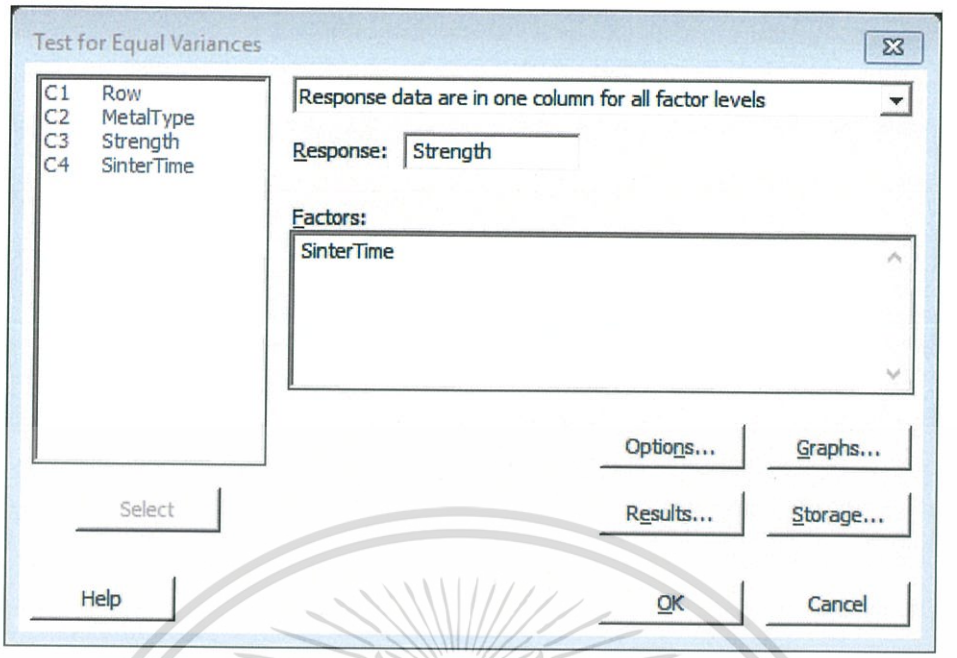
σ^2_{200} แทนความแปรปรวนของเวลาในการเผา 200 นาที

หรือ H_0 : ความแปรปรวนของเวลาในการเผาทั้ง 3 เวลา เท่ากัน

H_1 : ความแปรปรวนของเวลาในการเผาทั้ง 3 เวลา ไม่เท่ากันอย่างน้อย 1 คู่

ขั้นที่ 3 ทำซ้ำขั้นที่ 1 และ 2 โดยเลือกตัวแปรที่ต้องการให้เป็นตัวจำแนกกลุ่มตัวอื่น ใส่ในช่อง Factors: ดังรูปที่ 4.12.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12.8 หน้าต่าง Test for Equal Variances ของข้อมูลเวลาในการเผา

ขั้นที่ 4 คลิก OK

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.12.9

Test for Equal Variances: Strength versus SinterTime

Method

Null hypothesis	All variances are equal
Alternative hypothesis	At least one variance is different
Significance level	α = 0.05

95% Bonferroni Confidence Intervals for Standard Deviations

SinterTime	N	StDev	CI
100	9	1.58114	(0.89202, 3.81830)
150	9	2.12786	(1.21381, 5.08202)
200	9	2.58736	(1.55001, 5.88413)

Individual confidence level = 98.3333%

Tests

Method	Test Statistic	P-Value
Multiple comparisons	—	0.305
Levene	0.83	0.448

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.12.9 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแปรปรวนของเวลาในการเผาทั้ง 3 เวลา สำหรับโปรแกรม Minitab

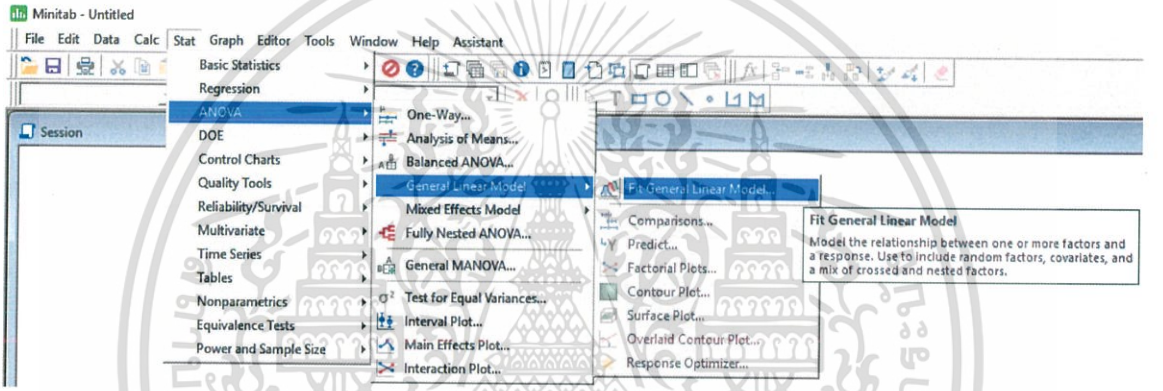
จากรูปที่ 4.12.9 ได้ค่า P-value = 0.448 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ความแปรปรวนของเวลาในการเผาทั้ง 3 เวลา เท่ากันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3) ข้อมูลในแต่ละกลุ่มต้องเป็นอิสระกัน

ผู้ทำการทดลองสามารถควบคุมได้ โดยการสุ่มตัวอย่างชนิดของโลหะและเวลาในการเผา ในแต่ละระดับมาทำการทดลอง จึงสามารถสรุปได้ว่าชนิดของโลหะทั้ง 3 ชนิด และเวลาในการเผาทั้ง 3 เวลา เป็นอิสระกัน

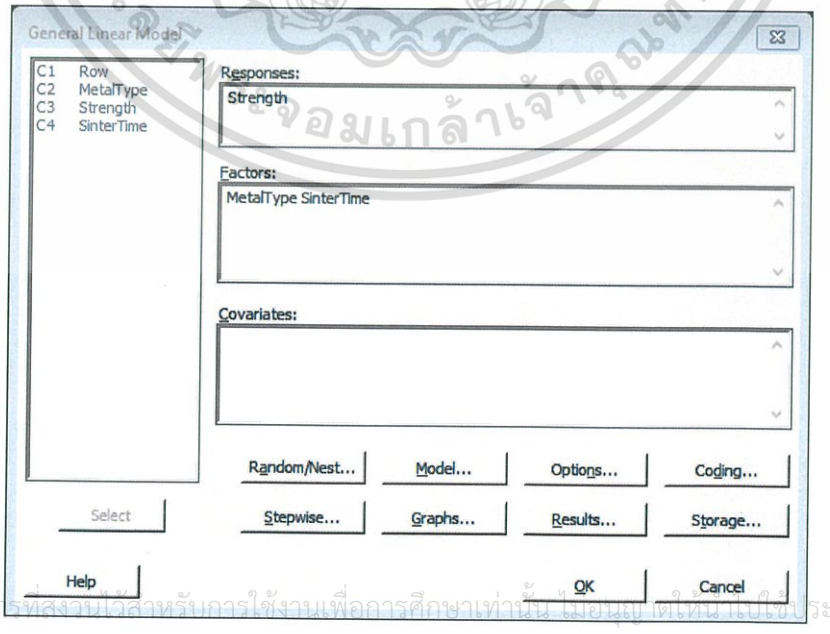
การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองปัจจัย

ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Stat ⟶ ANOVA ⟶ General Linear Model ⟶ Fit General Linear Model ดังรูปที่ 4.12.10



รูปที่ 4.12.10 การใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองปัจจัย สำหรับโปรแกรม Minitab

จะปรากฏหน้าต่าง General Linear Model ดังรูปที่ 4.12.11

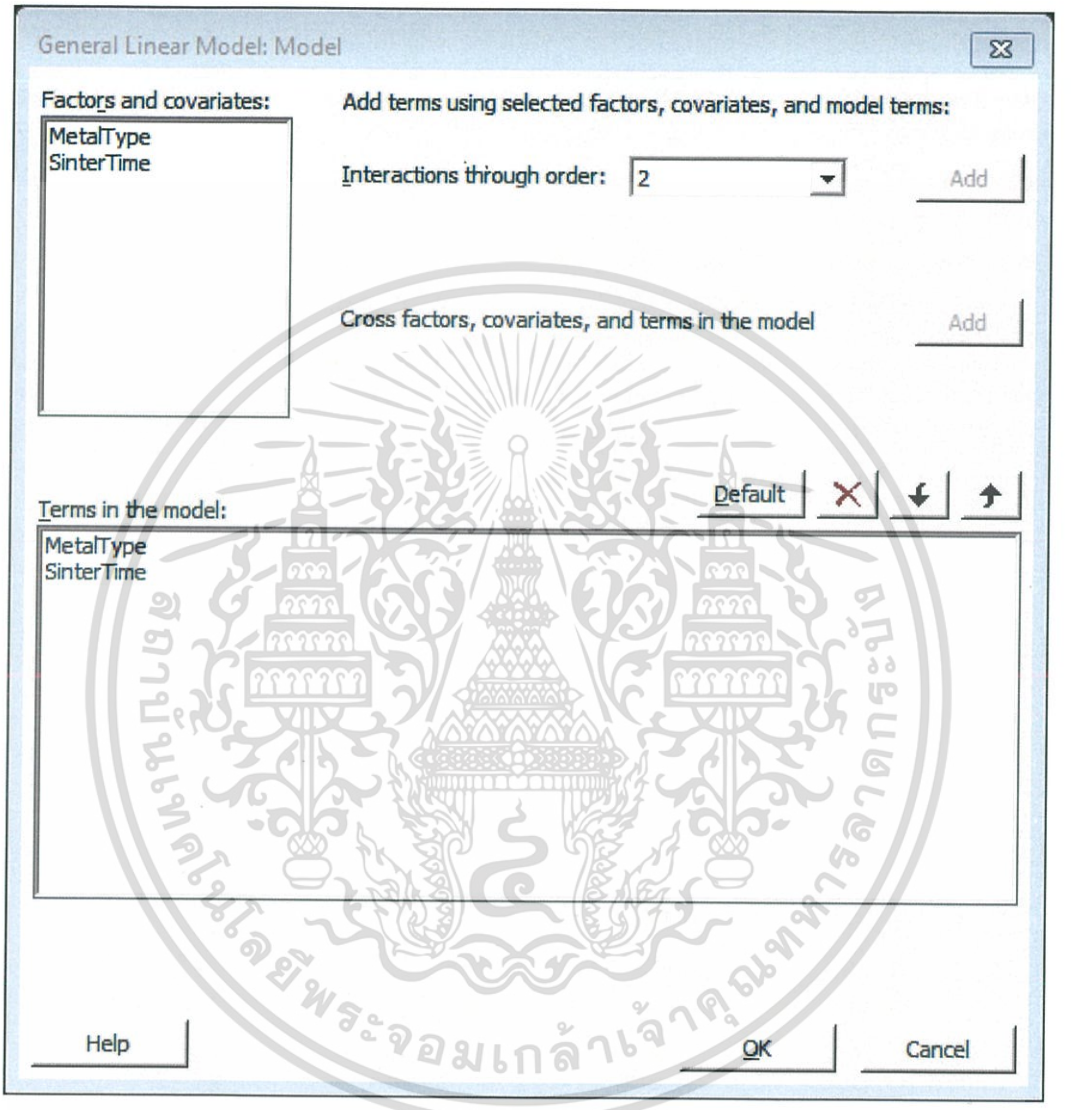


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.12.11 หน้าต่าง General Linear Model

ขั้นที่ 2 เลือกตัวแปรที่เป็นตัวแปรตาม ใส่ในช่อง Response:
เลือกตัวแปรที่เป็นปัจจัย ใส่ในช่อง Factors:

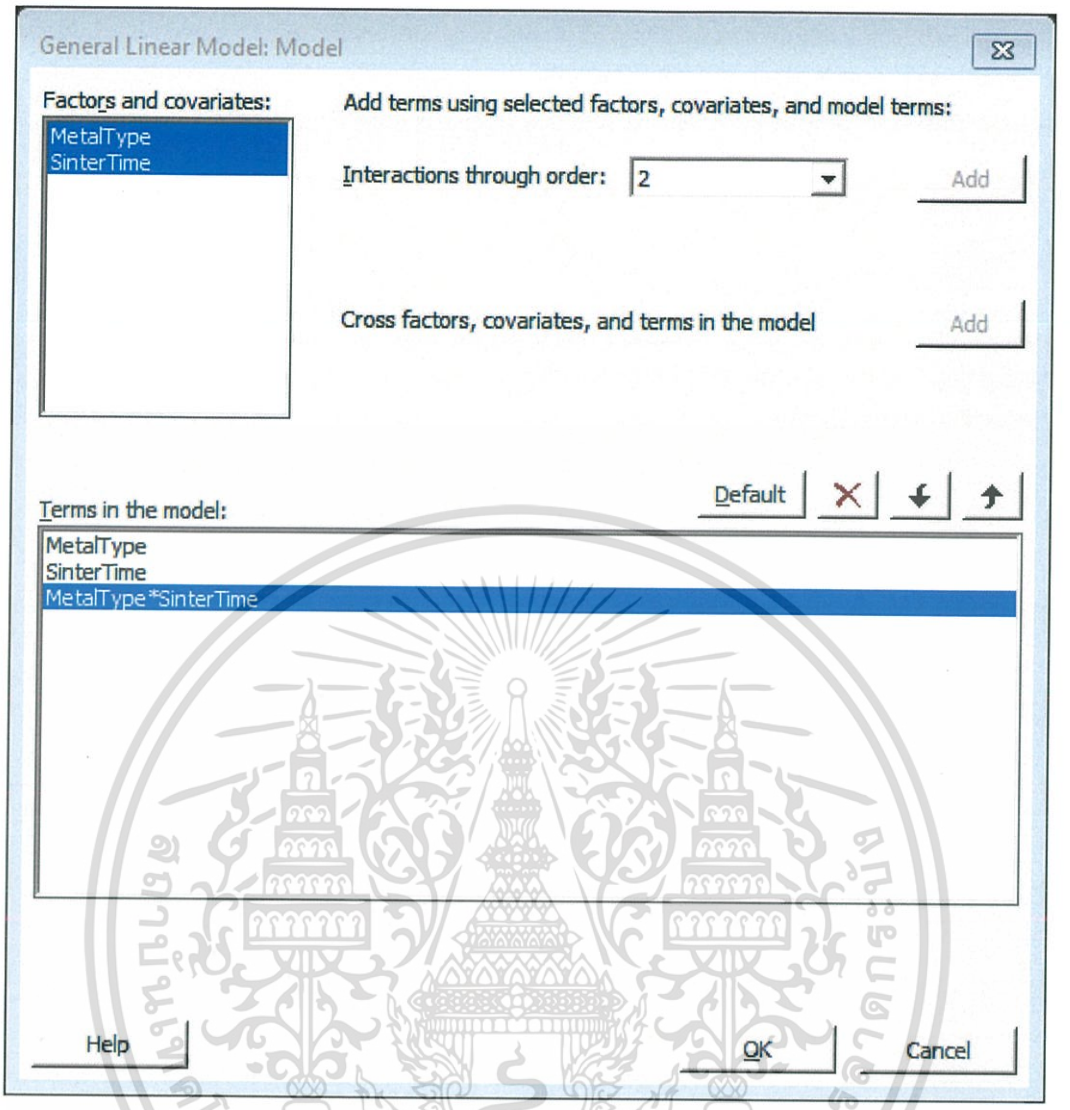
ขั้นที่ 3 คลิก Model...
จะปรากฏหน้าต่าง General Linear Model: Model ดังรูปที่ 4.12.12



รูปที่ 4.12.12 หน้าต่าง General Linear Model: Model

ขั้นที่ 4 เลือกตัวแปรปัจจัยที่ต้องการวิเคราะห์อิทธิพลร่วม ในช่อง Factors and covariates:
คลิก Add เพื่อเพิ่มปัจจัยร่วม
จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.12.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12.13 หน้าต่าง General Linear Model: Model ที่แสดงปัจจัยร่วม

ขั้นที่ 5 คลิก OK

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.12.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

General Linear Model: Strength versus MetalType, SinterTime

Method

Factor coding (-1, 0, +1)

Factor Information

Factor	Type	Levels	Values
MetalType	Fixed	3	1, 2, 3
SinterTime	Fixed	3	100, 150, 200

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
MetalType	2	20.222	10.111	4.20	0.032
SinterTime	2	8.222	4.111	1.71	0.209
MetalType*SinterTime	4	46.222	11.556	4.80	0.008
Error	18	43.333	2.407		
Total	26	118.000			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
1.55158	63.28%	46.96%	17.37%

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	20.667	0.299	69.21	0.000	
MetalType					
1	-1.000	0.422	-2.37	0.029	1.33
2	1.111	0.422	2.63	0.017	1.33
SinterTime					
100	-0.333	0.422	-0.79	0.440	1.33
150	0.778	0.422	1.84	0.082	1.33
MetalType*SinterTime					
1 100	2.000	0.597	3.35	0.004	1.78
1 150	-0.111	0.597	-0.19	0.854	1.78
2 100	-1.111	0.597	-1.86	0.079	1.78
2 150	1.111	0.597	1.86	0.079	1.78

รูปที่ 4.12.14 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองปัจจัย สำหรับโปรแกรม Minitab

จากรูปที่ 4.12.14

ตาราง Analysis of Variance

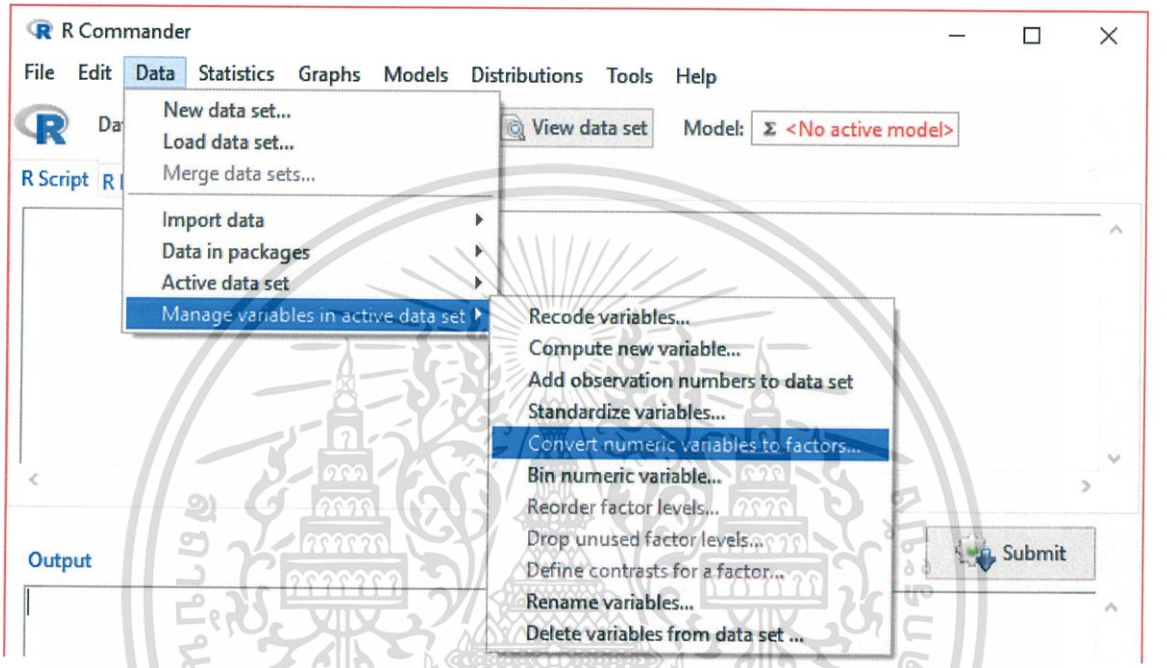
ปัจจัยร่วมได้ค่า P-value = 0.008 < α = 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้น มีอิทธิพลร่วมระหว่างโลหะทั้ง 3 ชนิดและเวลาในการเผาทั้ง 3 เวลา ต่อความแข็งของโลหะ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงไม่จำเป็นต้องทำการวิเคราะห์อิทธิพลของแต่ละปัจจัยต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม R

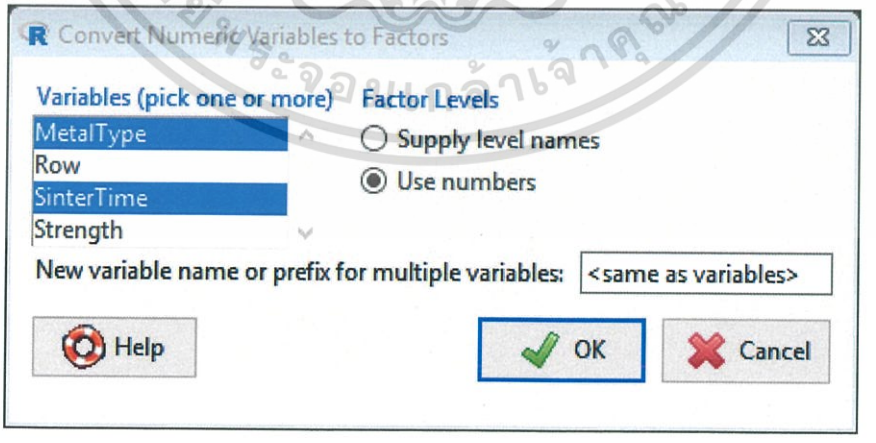
- การใช้คำสั่ง R commander
  - **การแปลงคุณลักษณะของข้อมูล เพื่อทดสอบความแปรปรวนและวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองปัจจัย**

    ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Data ⟶ Manage variables in active data set ⟶ Covert numeric variables to factors ดังรูปที่ 4.12.15



รูปที่ 4.12.15 การใช้คำสั่งเพื่อแปลงคุณลักษณะของข้อมูล สำหรับโปรแกรม R

จะปรากฏหน้าต่าง Convert Numeric Variables to Factors ดังรูปที่ 4.12.16



รูปที่ 4.12.16 หน้าต่าง Convert Numeric Variables to Factors

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 2 เลือกตัวแปรที่ต้องการแปลงคุณลักษณะของข้อมูล ในช่อง Variable (pick one or more)

Factors Levels เลือกคุณลักษณะของข้อมูล แล้วคลิก

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.12.17

```
> Dataset <- within(Dataset, {
+   MetalType <- as.factor(MetalType)
+   SinterTime <- as.factor(SinterTime)
+ })
```

รูปที่ 4.12.17 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อแปลงคุณลักษณะของข้อมูล สำหรับโปรแกรม R

- **ตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองปัจจัย**

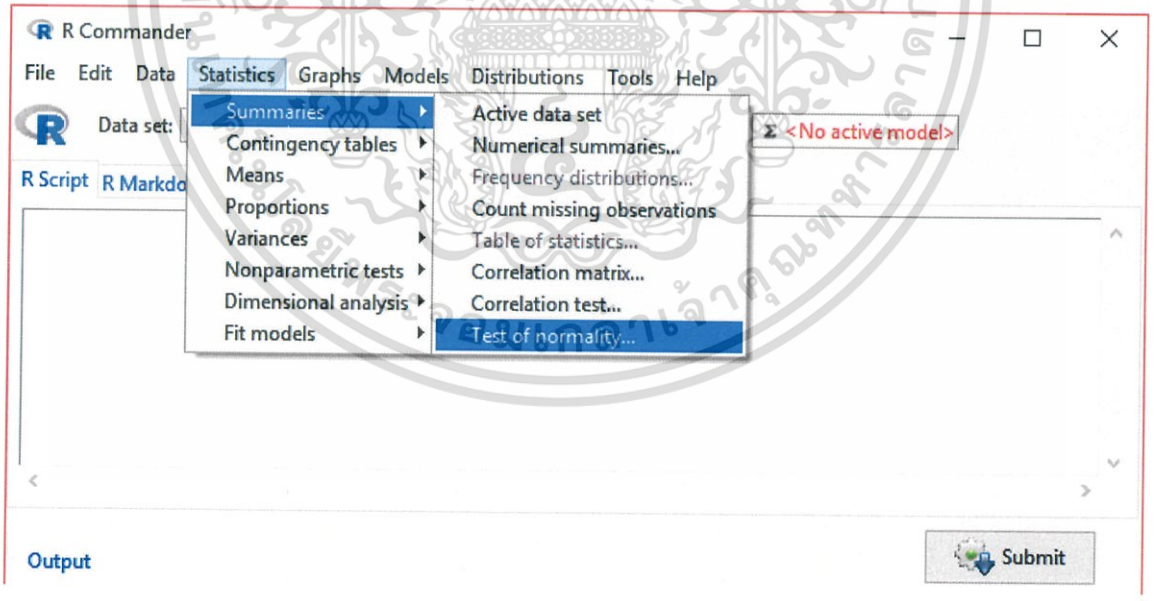
1) **ข้อมูลในแต่ละกลุ่มต้องมีการแจกแจงปกติ**

สมมติฐาน

H_0 : ความแข็งของโลหะมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ความแข็งของโลหะไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

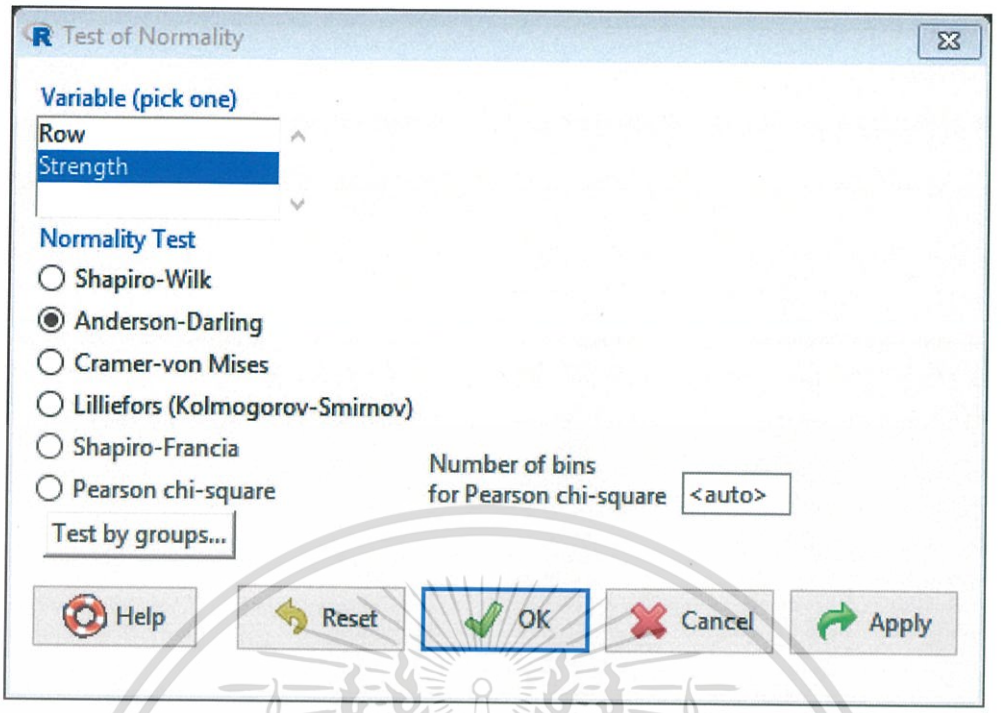
ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Statistics ⟶ Summaries ⟶ Test of normality ดังรูปที่ 4.12.18



รูปที่ 4.12.18 การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ สำหรับโปรแกรม R

จะปรากฏหน้าต่าง Test of Normality ดังรูปที่ 4.12.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12.19 หน้าต่าง Test of Normality ของข้อมูลจากตารางที่ 4.36

ขั้นที่ 2 เลือกตัวแปรที่ต้องการทดสอบการแจกแจงปกติ ในช่อง Variable (pick one)

Normality Test เลือกเลือกตัวสถิติที่ต้องการทดสอบ แล้วคลิก

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.12.20

```
> normalityTest(~Strength, test="ad.test", data=Dataset)

        Anderson-Darling normality test

data:  Strength
A = 0.34968, p-value = 0.4475
```

รูปที่ 4.12.20 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ ของข้อมูลจากตารางที่ 4.36 สำหรับโปรแกรม R

จากรูปที่ 4.12.20 ได้ค่า P-value = 0.4475 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ความแข็งของโลหะมีการแจกแจงแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2) ข้อมูลในแต่ละกลุ่มต้องมีความแปรปรวนเท่ากัน

สมมติฐาน $H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2$

$H_1 : \sigma_i^2 \neq \sigma_j^2$ อย่างน้อย 1 คู่ สำหรับ $i \neq j$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ σ_1^2 แทนความแปรปรวนของโลหะชนิดที่ 1

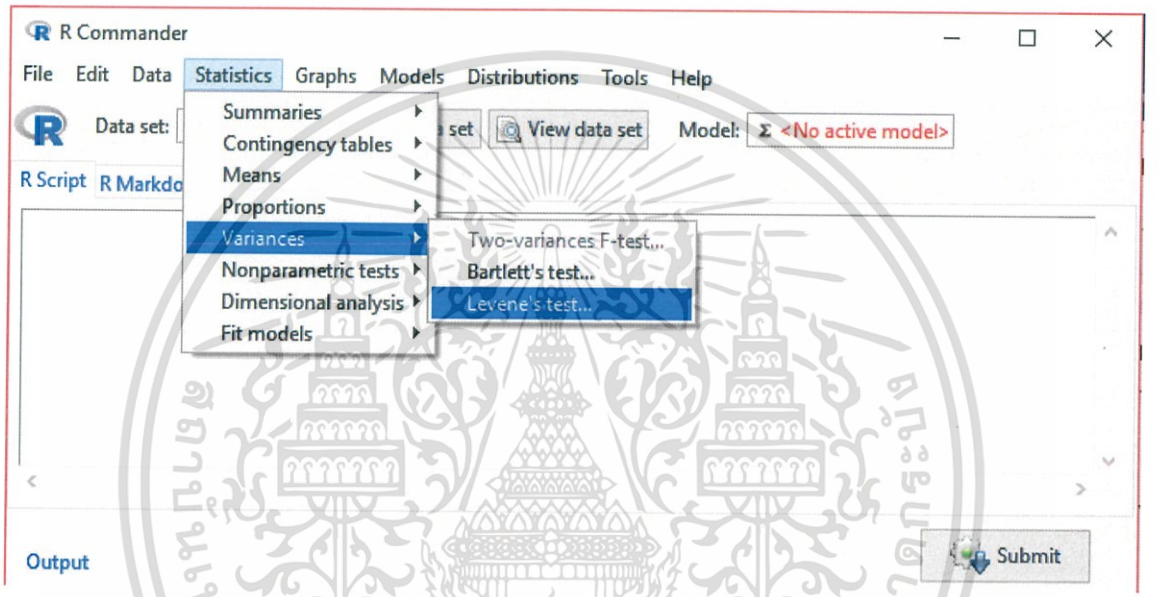
σ_2^2 แทนความแปรปรวนของโลหะชนิดที่ 2

σ_3^2 แทนความแปรปรวนของโลหะชนิดที่ 3

หรือ H_0 : ความแปรปรวนของโลหะทั้ง 3 ชนิด เท่ากัน

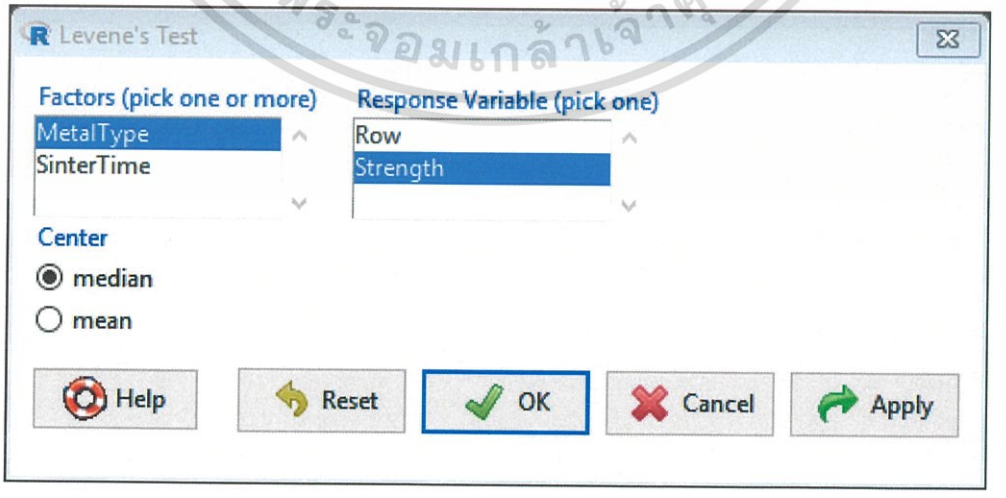
H_1 : ความแปรปรวนของโลหะทั้ง 3 ชนิด ไม่เท่ากันอย่างน้อย 1 คู่

ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Statistics ⟶ Variances ⟶ Levene's test ดังรูปที่ 4.12.21



รูปที่ 4.12.21 การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแปรปรวน สำหรับโปรแกรม R

จะปรากฏหน้าต่าง Levene's Test ดังรูปที่ 4.12.22



รูปที่ 4.12.22 หน้าต่าง Levene's Test ของข้อมูลชนิดของโลหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 2 เลือกตัวแปรที่ต้องการให้เป็นตัวจำแนกกลุ่ม ในช่อง Factors (pick one or more) เลือกตัวแปรที่ต้องการทดสอบความแปรปรวน ในช่อง Response Variable (pick one)

Center เลือก ◉ median แล้วคลิก

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.12.23

```
> with(Dataset, tapply(Strength, MetalType, var, na.rm=TRUE))
       1        2        3
4.750000 3.944444 3.527778

> leveneTest(Strength ~ MetalType, data=Dataset, center="median")
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = "median")
      Df F value Pr(>F)
group  2  0.0732 0.9296
      24
```

รูปที่ 4.12.23 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแปรปรวนของโลหะทั้ง 3 ชนิด สำหรับโปรแกรม R

จากรูปที่ 4.12.23 ได้ค่า P-value = 0.9296 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ความแปรปรวนของโลหะทั้ง 3 ชนิด เท่ากันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

สมมติฐาน $H_0 : \sigma^2_{100} = \sigma^2_{150} = \sigma^2_{200}$

$H_1 :$ $\sigma^2_i \neq \sigma^2_j$ อย่างน้อย 1 คู่ สำหรับ $i \neq j$

โดยที่ σ^2_{100} แทนความแปรปรวนของเวลาในการเผา 100 นาที

σ^2_{150} แทนความแปรปรวนของเวลาในการเผา 150 นาที

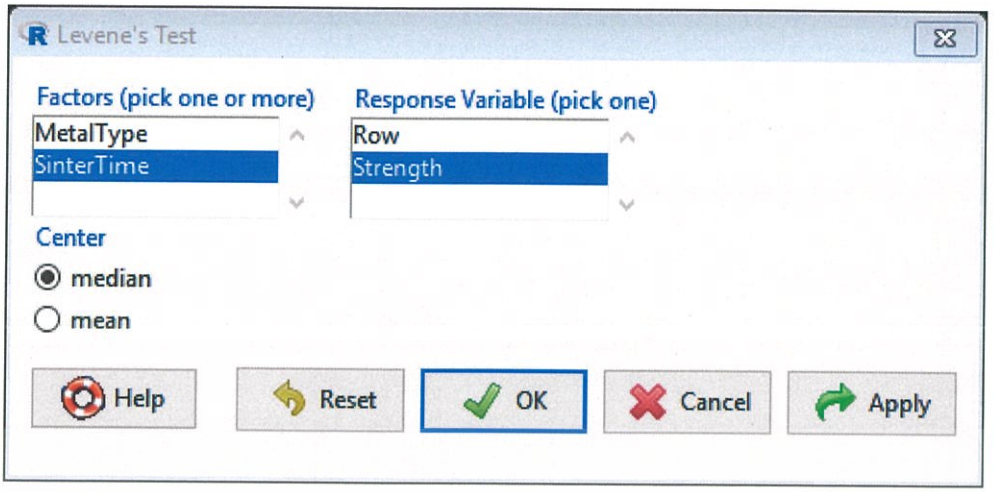
σ^2_{200} แทนความแปรปรวนของเวลาในการเผา 200 นาที

หรือ $H_0 :$ ความแปรปรวนของเวลาในการเผาทั้ง 3 เวลา เท่ากัน

$H_1 :$ ความแปรปรวนของเวลาในการเผาทั้ง 3 เวลา ไม่เท่ากันอย่างน้อย 1 คู่

ขั้นที่ 3 ทำซ้ำขั้นที่ 1 และ 2 โดยเลือกตัวแปรที่ต้องการให้เป็นตัวจำแนกกลุ่มตัวอื่น ในช่อง Factors (pick one or more) ดังรูปที่ 4.12.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12.24 หน้าต่าง Levene's Test ของข้อมูลเวลาในการเผา

ขั้นที่ 4 คลิก OK

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.12.25

```
> with(Dataset, tapply(Strength, SinterTime, var, na.rm=TRUE))
     100      150      200
2.500000 4.527778 6.694444

> leveneTest(Strength ~ SinterTime, data=Dataset, center="median")
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = "median")
      Df F value Pr(>F)
group  2  0.8315 0.4476
      24
```

รูปที่ 4.12.25 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบความแปรปรวนของเวลาในการเผาทั้ง 3 เวลา สำหรับโปรแกรม R

จากรูปที่ 4.12.25 ได้ค่า P-value = 0.4476 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ความแปรปรวนของเวลาในการเผาทั้ง 3 เวลา เท่ากันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

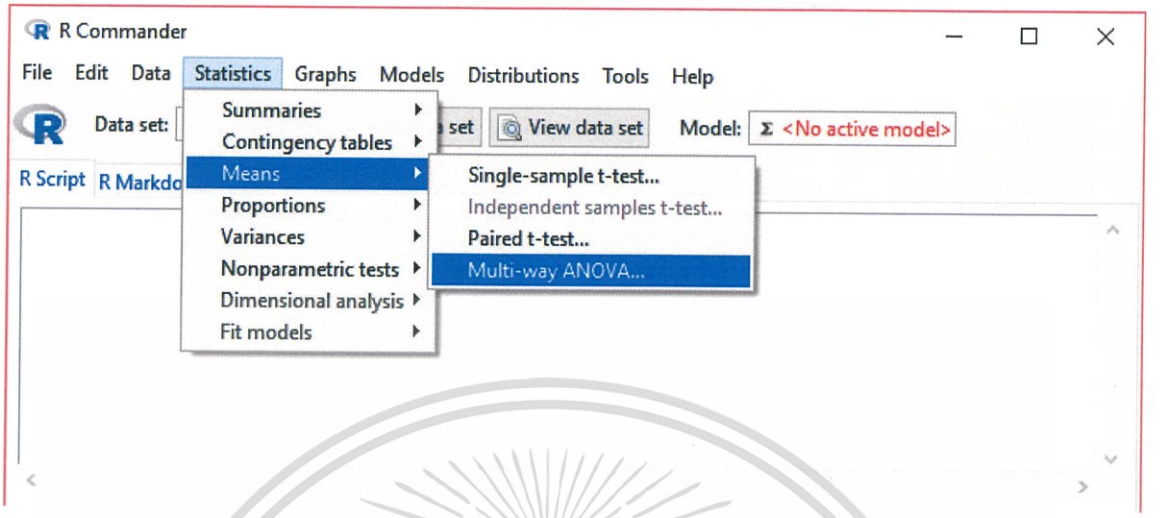
3) ข้อมูลในแต่ละกลุ่มต้องเป็นอิสระกัน

ผู้ทำการทดลองสามารถควบคุมได้ โดยการสุ่มตัวอย่างชนิดของโลหะและเวลาในการเผา ในแต่ละระดับมาทำการทดลอง จึงสามารถสรุปได้ว่าชนิดของโลหะทั้ง 3 ชนิด และเวลาในการเผาทั้ง 3 เวลา เป็นอิสระกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

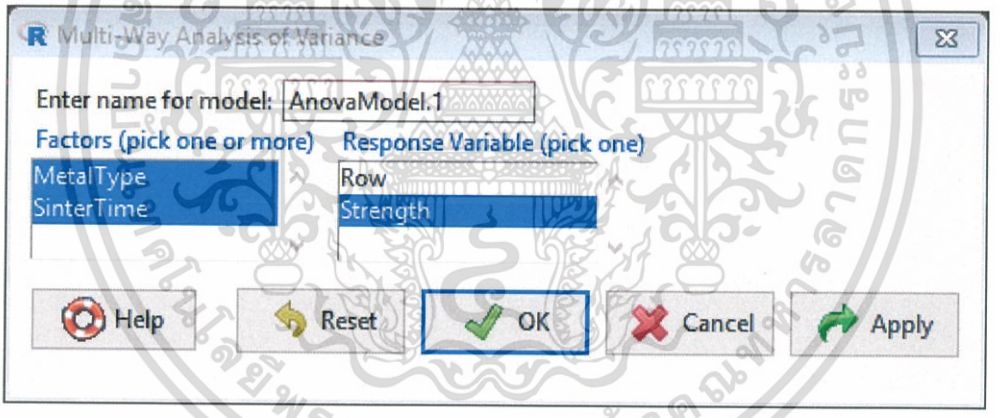
การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองปัจจัย

ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Statistics ⟶ Mean ⟶ Multi-way ANOVA ดังรูปที่ 4.12.26

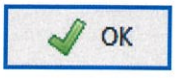


รูปที่ 4.12.26 การใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองปัจจัย สำหรับโปรแกรม R

จะปรากฏหน้าต่าง Multi-Way Analysis of Variance ดังรูปที่ 4.12.27



รูปที่ 4.12.27 หน้าต่าง Multi-Way Analysis of Variance

ขั้นที่ 2 เลือกตัวแปรที่ต้องการให้เป็นตัวจำแนกกลุ่ม ใส่ในช่อง Factors (pick one or more) เลือกตัวแปรที่ต้องการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองปัจจัย ใส่ในช่อง Response Variable (pick one) แล้วคลิก 

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.12.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
> AnovaModel.1 <- lm(Strength ~ MetalType*SinterTime, data=Dataset,
+    contrasts=list(MetalType ="contr.Sum", SinterTime ="contr.Sum"))

> Anova(AnovaModel.1)
Anova Table (Type II tests)

Response: Strength
                     Sum Sq Df F value   Pr(>F)
MetalType            20.222  2  4.2000 0.031843 *
SinterTime            8.222  2  1.7077 0.209372
MetalType:SinterTime 46.222  4  4.8000 0.008208 **
Residuals            43.333 18
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

> with(Dataset, (tapply(Strength, list(MetalType, SinterTime), mean,
+    na.rm=TRUE))) # means
        100      150      200
1 21.33333 20.33333 17.33333
2 20.33333 23.66667 21.33333
3 19.33333 20.33333 22.00000

> with(Dataset, (tapply(Strength, list(MetalType, SinterTime), sd,
+    na.rm=TRUE))) # std. deviations
        100      150      200
1 1.527525 1.527525 1.154701
2 1.527525 1.527525 1.527525
3 1.527525 1.527525 2.000000

> xtabs(~ MetalType + SinterTime, data=Dataset) # counts
          SinterTime
MetalType 100 150 200
        1   3   3   3
        2   3   3   3
        3   3   3   3
```

รูปที่ 4.12.28 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองปัจจัย สำหรับโปรแกรม R

จากรูปที่ 4.12.28 ได้ค่า P-value = 0.008208 < α = 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้น มีอิทธิพลร่วมระหว่างโลหะทั้ง 3 ชนิดและเวลาในการเผาทั้ง 3 เวลา ต่อความแข็งของโลหะ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงไม่จำเป็นต้องทำการวิเคราะห์อิทธิพลของแต่ละปัจจัยต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

ตารางที่ 4.37 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการทดสอบการแจกแจงปกติ (การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองปัจจัย)

	โปรแกรม Minitab	โปรแกรม R
Anderson-Darling	0.350	0.34968
P-value	0.447	0.4475

จากตารางที่ 4.37 พบว่า ผลลัพธ์จากโปรแกรม Minitab และ R ได้ค่า Anderson-Darling และ P-value ที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถแปลความหมายทางสถิติได้เหมือนกัน นั่นคือ ความแข็งของโลหะมีการแจกแจงแบบปกติ

ตารางที่ 4.38 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการทดสอบความแปรปรวน (การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองปัจจัย)

		โปรแกรม Minitab	โปรแกรม R
โลหะทั้ง 3 ชนิด	Levene	0.07	0.0732
	P-value	0.930	0.9296
เวลาในการเผาทั้ง 3 เวลา	Levene	0.83	0.8315
	P-value	0.448	0.4476

จากตารางที่ 4.38 พบว่า ผลลัพธ์จากโปรแกรม Minitab และ R ได้ค่า Levene และ P-value ที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถแปลความหมายทางสถิติได้เหมือนกัน นั่นคือ ความแปรปรวนของโลหะชนิดที่ 1, 2 และ 3 เท่ากัน และความแปรปรวนของเวลาในการเผาทั้ง 3 เวลา เท่ากัน

ตารางที่ 4.39 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองปัจจัย

	โปรแกรม Minitab	โปรแกรม R
F-value	4.8	4.80
P-value	0.008	0.008208

จากตารางที่ 4.39 พบว่า ผลลัพธ์จากโปรแกรม Minitab และ R ได้ค่า F-value และ P-value ที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถแปลความหมายทางสถิติได้เหมือนกัน นั่นคือ มีอิทธิพลร่วมระหว่างโลหะทั้ง 3 ชนิดและเวลาในการเผาทั้ง 3 เวลา ต่อความแข็งของโลหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.13 แผนภูมิพาเรโต (Pareto)

แผนภูมิพาเรโต คือ เครื่องมือสำหรับการตรวจสอบปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในองค์กร โดยการนำเอาปัญหา สาเหตุของปัญหา หรือชนิดของความไม่สอดคล้องกัน มาแบ่งแยกประเภท แล้วเรียงลำดับความสำคัญของข้อมูลจากมากไปหาน้อย เพื่อศึกษาหาปัญหาที่ใหญ่ที่สุด หรือ สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหามากที่สุด แล้วทำการพิจารณาแก้ปัญหาเรียงตามลำดับความมากน้อยต่อไป และใช้ตรวจสอบผลที่เกิดขึ้นจากการแก้ไขปรับปรุง มีลักษณะคล้ายกับกราฟแท่งหรือฮิสโตแกรม แตกต่างกันที่แท่งของข้อมูลตามแนวแกนนอนมีค่าลดลงตามลำดับ หลักการของแผนภูมิพาเรโตในการปรับปรุงคุณภาพ คือการหาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพ (Quality Function) และนำมาหาค่าตัวเลขหรือร้อยละของผลกระทบนั้น ดังตารางที่ 4.40 เป็นข้อมูลประเภทของข้อบกพร่อง และเปอร์เซ็นต์ที่พบข้อบกพร่องแต่ละประเภท

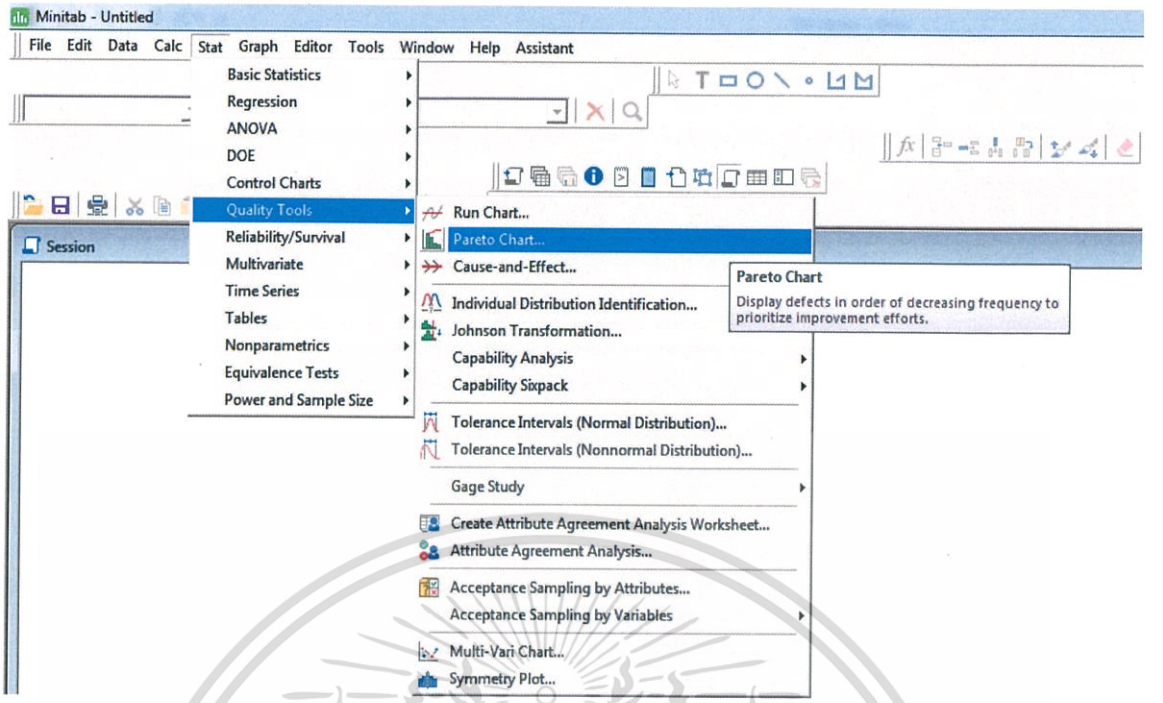
ตารางที่ 4.40 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแผนภูมิพาเรโต

Row	defect type	percent of total
1	scratch	10
2	OD Ding	30
3	scuff mark	35
4	pits	10
5	blisters	5
6	particles	3
7	stains	2
8	bumps	5

<u>โปรแกรม Minitab</u>

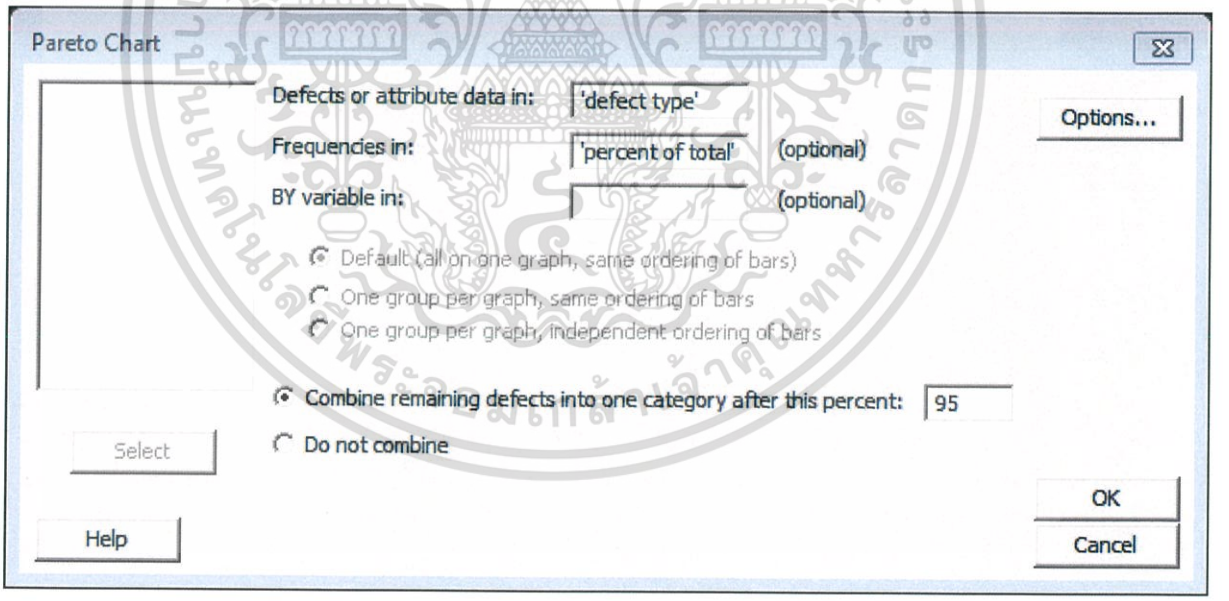
ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Stat ⟶ Quality Tools ⟶ Pareto Chart ดังรูปที่ 4.13.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13.1 การใช้คำสั่งเพื่อสร้างแผนภูมิพาเรโต สำหรับโปรแกรม Minitab

จะปรากฏหน้าต่าง Pareto Chart ดังรูปที่ 4.13.2



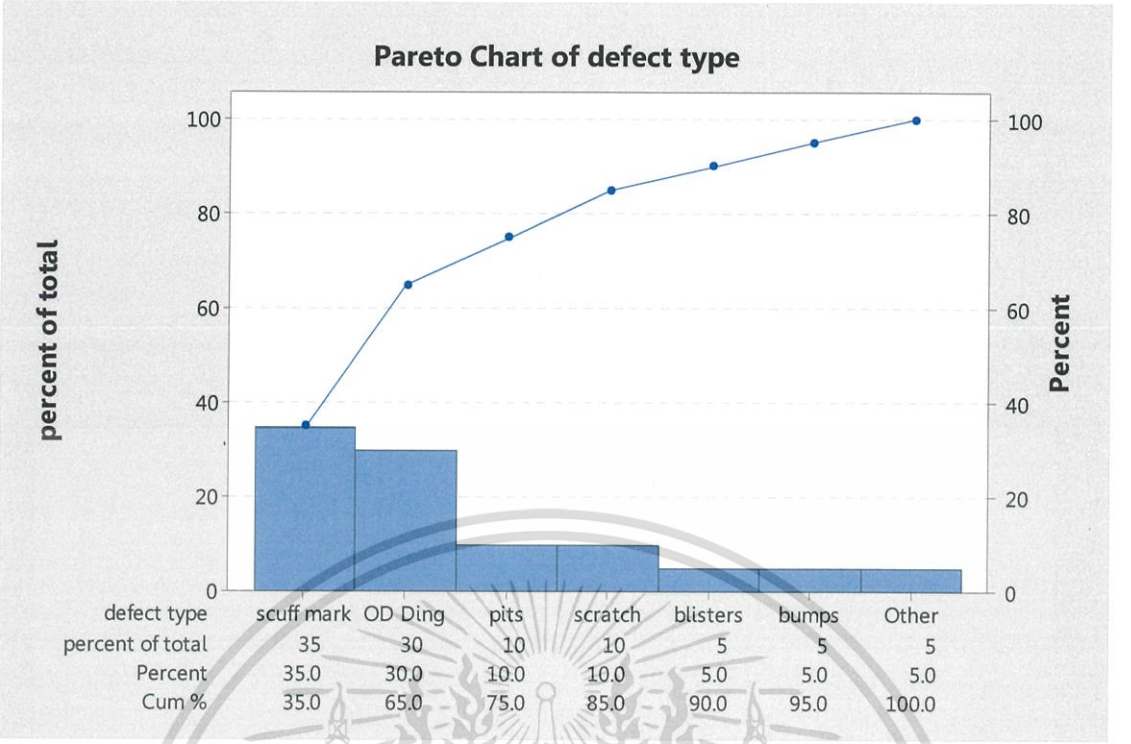
รูปที่ 4.13.2 หน้าต่าง Pareto Chart

ขั้นที่ 2 เลือกตัวแปรที่เป็นตัวแปรคุณภาพ ใส่ในช่อง Defects or attribute data in:

เลือกตัวแปรที่เป็นตัวแปรปริมาณ ใส่ในช่อง Frequencies in: แล้วคลิก OK

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.13.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



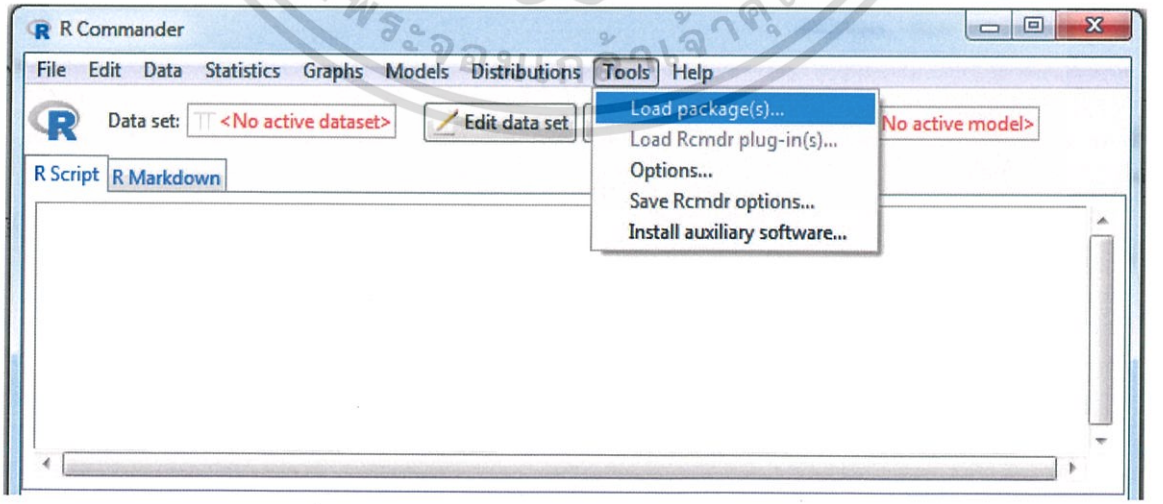
รูปที่ 4.13.3 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อสร้างแผนภูมิพาเรโต สำหรับโปรแกรม Minitab

จากรูปที่ 4.13.3 ข้อบอกพร่องประเภท scuff mark เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหามากที่สุด จึงควรปรับปรุงเป็นอันดับแรก รองลงมาคือข้อบอกพร่องประเภท OD Ding, pits และ scratch ตามลำดับ

<u>โปรแกรม R</u>

○ การใช้เมนูใน R Commander

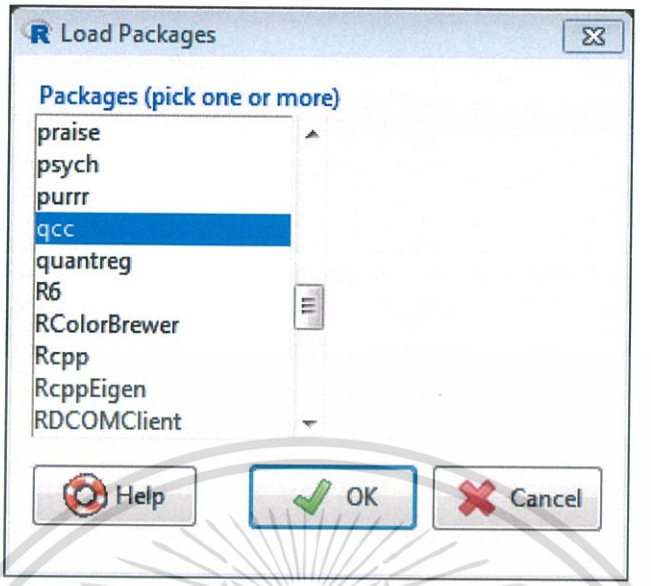
ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Tools ⟶ Load package(s) ดังรูปที่ 4.13.4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.13.4 การใช้คำสั่งเพื่อโหลดแพ็กเกจ สำหรับโปรแกรม R

จะปรากฏหน้าต่าง Load Packages ดังรูปที่ 4.13.5



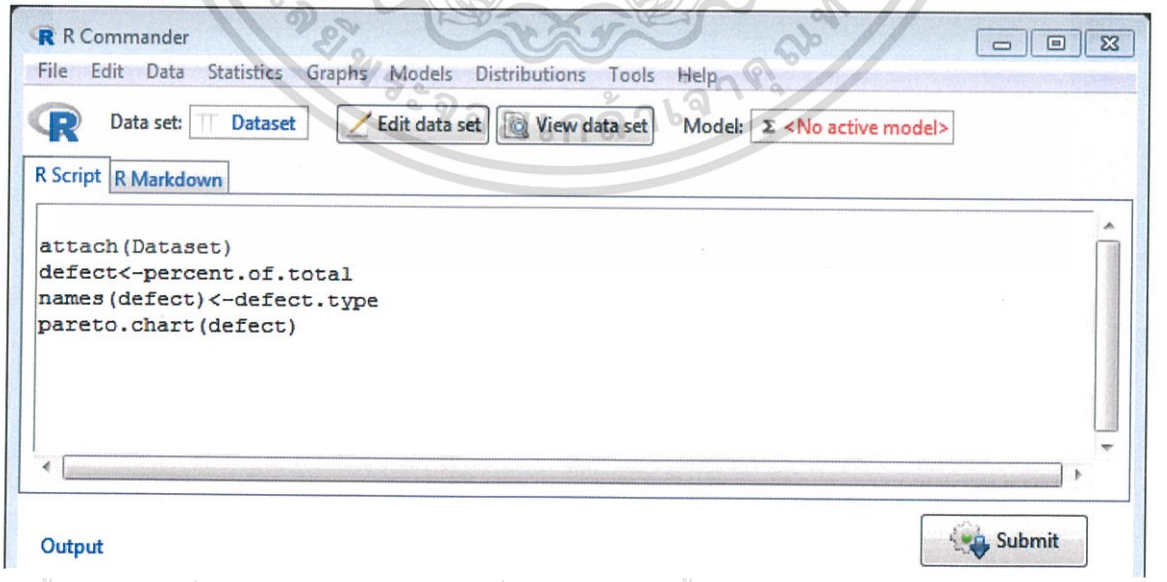
รูปที่ 4.13.5 หน้าต่าง Load Packages

ขั้นที่ 2 เลือกแพ็กเกจ qcc เพื่อเขียนคำสั่ง “pareto.chart()” แล้วคลิก

ขั้นที่ 3 เขียนคำสั่ง

```
attach(Dataset)
defect<-percent.of.total
names(defect)<-defect.type
pareto.chart(defect)
```

ลงบน R Script ดังรูปที่ 4.13.6



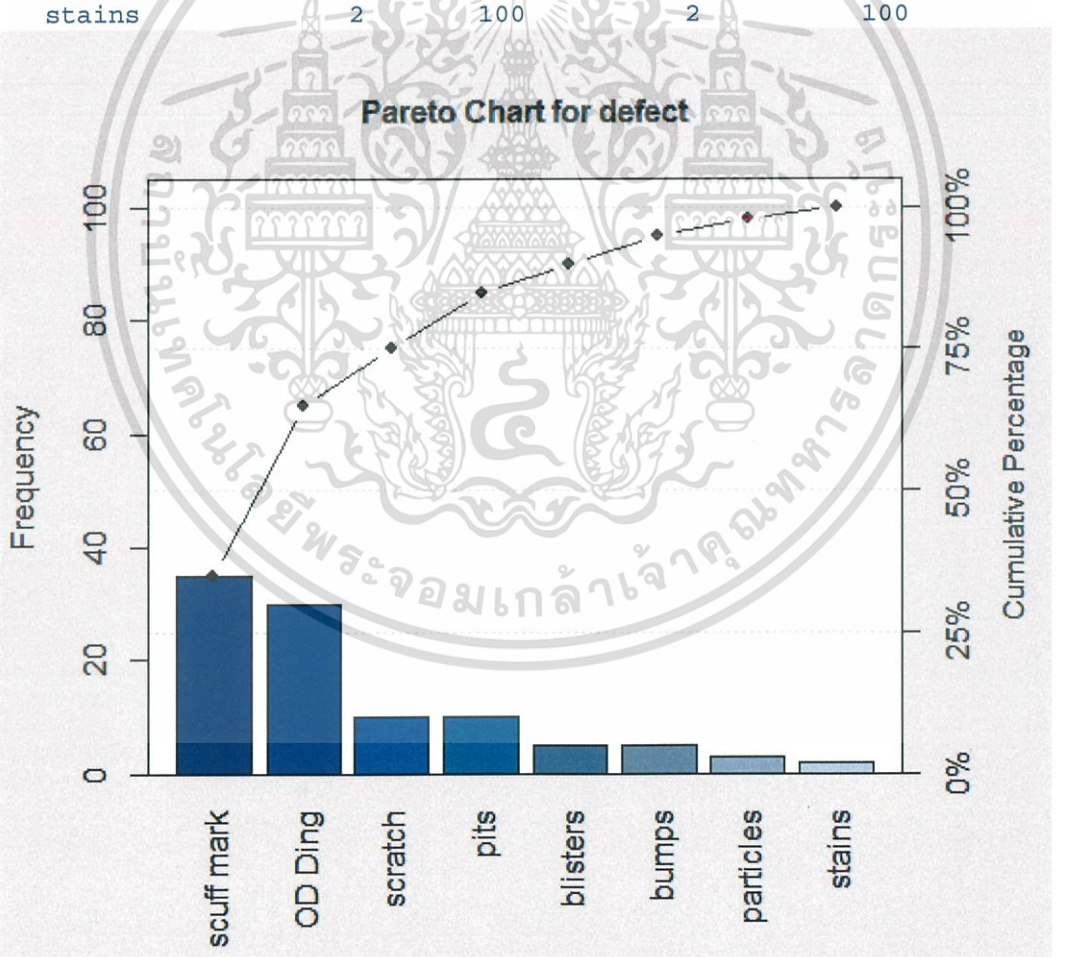
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.13.6 การเขียนคำสั่งเพื่อสร้างแผนภูมิพาเรโต สำหรับโปรแกรม R

ขั้นที่ 4 คลิก

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.13.7

```
> attach(Dataset)

> defect<-percent.of.total

> names(defect)<-defect.type

> pareto.chart(defect)

Pareto chart analysis for defect
             Frequency Cum.Freq. Percentage Cum.Percent.
  scuff mark        35         35         35           35
  OD Ding           30         65         30           65
  scratch           10         75         10           75
  pits              10         85         10           85
  blisters           5         90          5           90
  bumps              5         95          5           95
  particles          3         98          3           98
  stains             2        100          2          100
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.13.7 ผลลัพธ์จากการเขียนคำสั่งเพื่อสร้างแผนภูมิพาเรโต สำหรับโปรแกรม R

จากรูปที่ 4.13.7 ข้อบอกพร่องประเภท scuff mark เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหามากที่สุด จึงควรปรับปรุงเป็นอันดับแรก รองลงมาคือข้อบอกพร่องประเภท OD Ding, pits และ scratch ตามลำดับ

สรุป

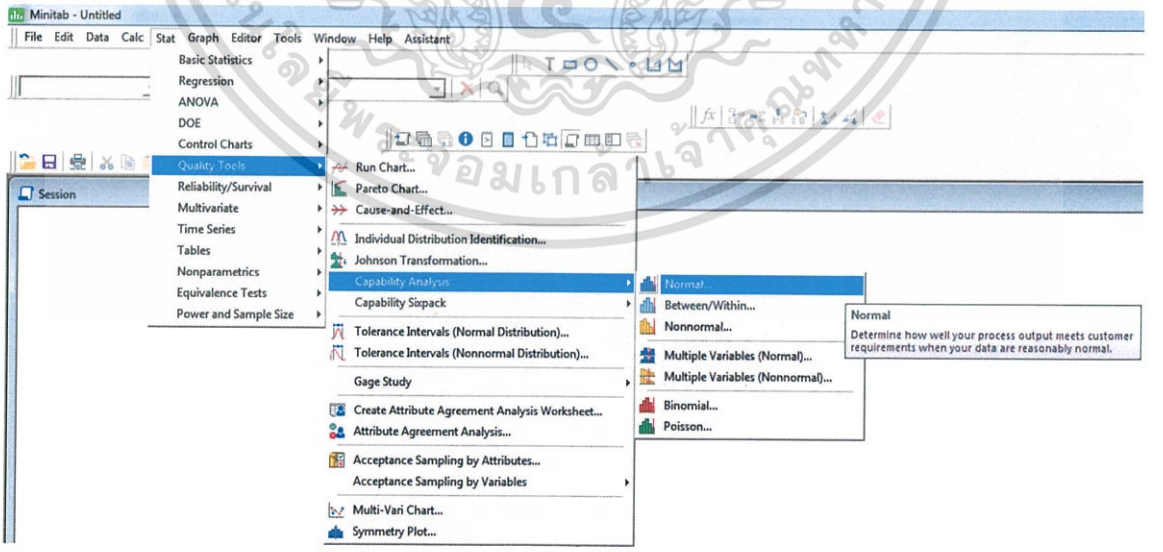
1. ผลลัพธ์จากโปรแกรม Minitab และ R ได้ค่าเปอร์เซ็นต์และเปอร์เซ็นต์สะสมเท่ากัน
2. แกน Y ทางด้านขวาของผลลัพธ์จากโปรแกรม Minitab จะเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ ในขณะที่โปรแกรม R เป็นค่าเปอร์เซ็นต์สะสม
3. แกน X ของผลลัพธ์จากโปรแกรม Minitab ที่แสดงประเภทของข้อบกพร่อง จะรวมข้อบกพร่องประเภท particles 3 และ stains 2 เป็น Other 5 ในขณะที่โปรแกรม R จะแสดงเป็น particles 3 และ stains 2 ซึ่งละเอียดกว่า

4.14 การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Analysis)

การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ เป็นเครื่องมือทางสถิติที่สำคัญ ซึ่งใช้ในการควบคุมและการปรับปรุงกระบวนการผลิต รวมทั้งใช้เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบระดับความสามารถของกระบวนการผลิต เพื่อพิจารณาว่ากระบวนการผลิตมีความสามารถที่จะผลิตสินค้าได้ตามข้อกำหนดของลูกค้าหรือไม่ หรือกระบวนการมีความสามารถในการผลิตผลิตภัณฑ์ดีอยู่ในระดับเท่าไร ดังตารางที่ 4.22 เป็นข้อมูลเปอร์เซ็นต์ Yield โดยมีขีดจำกัดบน (USL) เท่ากับ 1.3 และขีดจำกัดล่าง (LSL) เท่ากับ 1.26

โปรแกรม Minitab

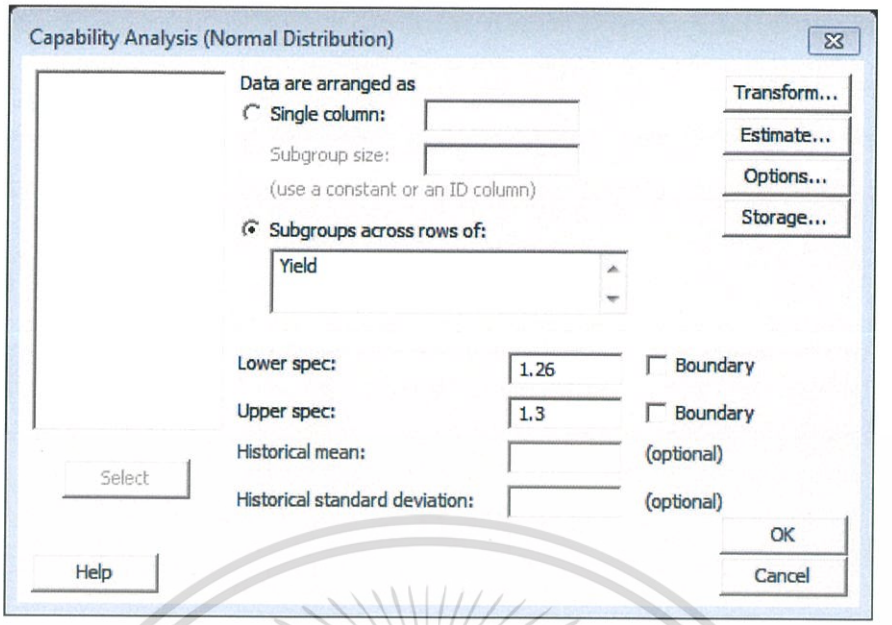
ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Stat ⟶ Quality Tools ⟶ Capability Analysis ⟶ Normal ดังรูปที่ 4.14.1



รูปที่ 4.14.1 การใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ สำหรับโปรแกรม Minitab

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะปรากฏหน้าต่าง Capability Analysis (Normal Distribution) ดังรูปที่ 4.14.2



รูปที่ 4.14.2 หน้าต่าง Capability Analysis (Normal Distribution)

ขั้นที่ 2 เลือก Subgroups across rows of:

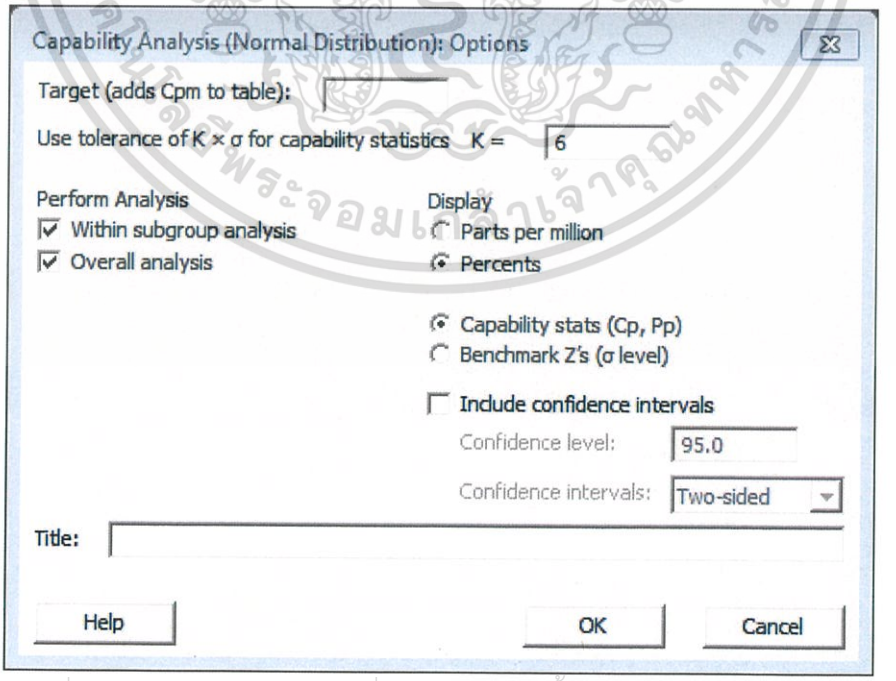
เลือกตัวแปรที่ต้องการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ ใส่ในช่อง

กำหนดค่าต่ำสุดที่ยอมรับได้ ใส่ในช่อง Lower spec:

กำหนดค่าสูงสุดที่ยอมรับได้ ใส่ในช่อง Upper spec:

ขั้นที่ 3 คลิก Options...

จะปรากฏหน้าต่าง Capability Analysis (Normal Distribution): Options ดังรูปที่ 4.14.3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

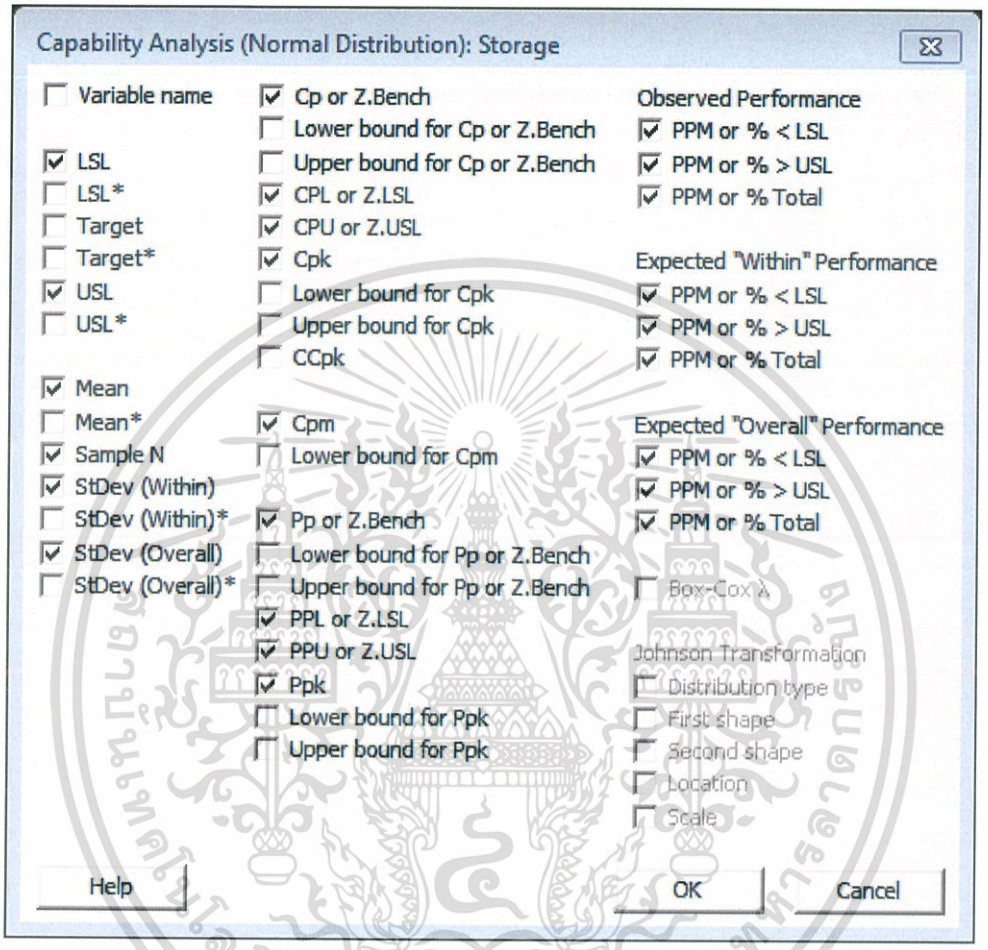
รูปที่ 4.14.3 หน้าต่าง Capability Analysis (Normal Distribution): Options

ขั้นที่ 4 Perform Analysis เลือก ☑ Within subgroup analysis และ ☑ Overall analysis

Display เลือก ◉ Percents และ ◉ Capability stats (Cp, Pp) แล้วคลิก OK

ขั้นที่ 5 คลิก Storage...

จะปรากฏหน้าต่าง Capability Analysis (Normal Distribution): Storage ดังรูปที่ 4.14.4

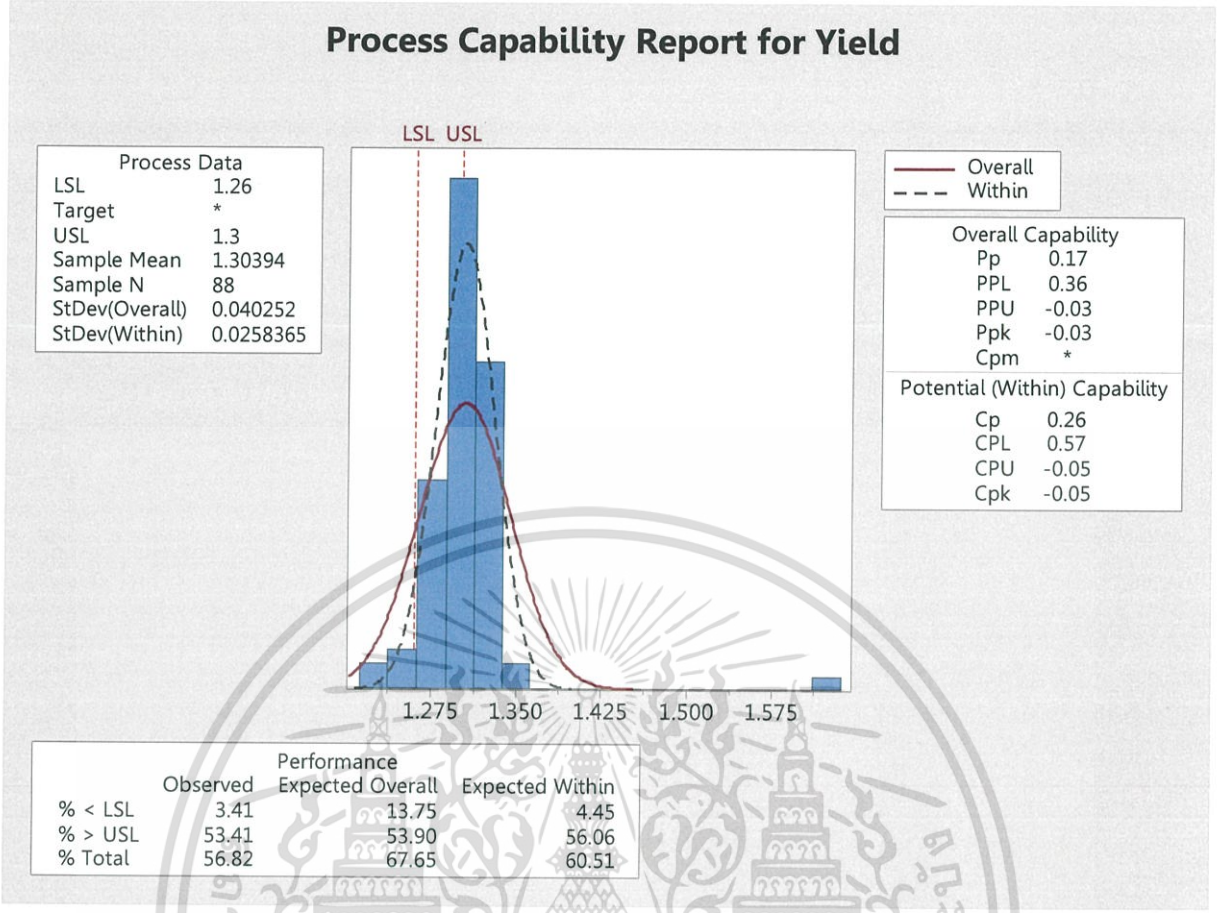


รูปที่ 4.14.4 หน้าต่าง Capability Analysis (Normal Distribution): Storage

ขั้นที่ 6 เลือกค่าสถิติที่ต้องการให้แสดงผลลัพธ์ แล้วคลิก OK

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.14.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14.5 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ สำหรับโปรแกรม Minitab

จากรูปที่ 4.14.5 ได้ค่า Cp = 0.26 แสดงว่ากระบวนการดังกล่าวมีการออกแบบที่ไม่ดีมาก ในขณะที่ Cpk = -0.05 ซึ่งมีค่าต่ำกว่า Cp = 0.26 แสดงว่าการปรับตั้งกระบวนการยังทำได้ไม่เหมือนกับที่ออกแบบไว้ และเมื่อพิจารณาจะพบว่า Cpk ดังกล่าวมาจาก CPL แสดงว่าการปรับตั้งกระบวนการเกิดการเอียงตัวไปทางขวาของค่ากลาง ซึ่งเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของกระบวนการ คือ 1.30394 จะพบว่ามีค่าสูงกว่าถิ่งกลางสเปก ซึ่งมีค่าเป็น 1.28 ดังนั้นหากต้องการปรับปรุงค่า Cpk สามารถทำได้โดยการปรับลดกระบวนการลงไปอีกเล็กน้อย

<u>โปรแกรม R</u>

ตารางที่ 4.41 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ สำหรับโปรแกรม R

Row	Yields	AverageMoving1	AverageMoving2	Sample
1	130.40%	128.44%	128.21%	1
2	126.47%	127.98%	128.81%	1
3	129.48%	129.64%	129.86%	1
4	129.80%	130.08%	129.17%	1
5	130.35%	128.26%	128.13%	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.41 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ สำหรับโปรแกรม R (ต่อ)

6	126.17%	128.00%	128.85%	1
7	129.82%	129.70%	129.68%	1
8	129.58%	129.66%	128.79%	1
9	129.73%	127.93%	128.25%	1
10	126.13%	128.58%	128.71%	1
11	131.02%	128.85%	127.47%	1
12	126.68%	126.09%	127.49%	1
13	125.49%	128.90%	130.07%	1
14	132.31%	131.24%	130.70%	1
15	130.16%	130.16%	129.85%	1
16	130.16%	129.54%	129.03%	1
17	128.92%	128.51%	128.30%	1
18	128.10%	128.08%	128.52%	1
19	128.06%	128.96%	129.96%	1
20	129.86%	130.96%	130.95%	1
21	132.05%	130.94%	131.04%	1
22	129.83%	131.14%	131.10%	1
23	132.44%	131.07%	129.91%	1
24	129.69%	128.76%	128.51%	1
25	127.82%	128.26%	128.99%	1
26	128.70%	129.71%	129.93%	1
27	130.72%	130.15%	129.85%	1
28	129.58%	129.56%	129.20%	1
29	129.53%	128.85%	128.81%	1
30	128.17%	128.77%	128.54%	1
31	129.37%	128.31%	127.98%	1
32	127.24%	127.66%	128.41%	1
33	128.07%	129.16%	129.13%	1
34	130.24%	129.11%	129.41%	1
35	127.98%	129.72%	129.87%	1
37	128.60%	125.60%	126.32%	1
38	122.59%	127.04%	129.47%	1
39	131.49%	131.91%	132.03%	1
40	132.32%	132.15%	132.20%	1
41	131.98%	132.25%	132.90%	1
42	132.51%	133.55%	132.85%	1
43	134.58%	132.15%	131.61%	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.41 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ สำหรับโปรแกรม R (ต่อ)

44	129.72%	131.06%	131.74%	1
45	132.40%	132.42%	131.90%	1
46	132.44%	131.38%	131.25%	1
47	130.31%	131.13%	131.45%	1
48	131.94%	131.78%	131.88%	1
49	131.61%	131.99%	131.10%	1
50	132.36%	130.22%	130.41%	1
51	128.07%	130.61%	131.33%	1
52	133.15%	132.04%	131.40%	1
53	130.93%	130.75%	130.87%	1
54	130.57%	130.99%	130.95%	1
55	131.41%	130.91%	131.17%	1
56	130.40%	131.43%	131.55%	1
57	132.45%	131.67%	131.63%	1
58	130.88%	131.59%	131.96%	1
59	132.29%	132.33%	132.16%	1
60	132.37%	131.98%	131.16%	1
61	131.59%	130.34%	129.73%	1
62	129.08%	129.13%	137.32%	1
63	129.17%	145.52%	146.24%	1
64	161.87%	146.96%	139.76%	1
65	132.05%	132.56%	130.44%	1
66	133.07%	128.31%	127.66%	1
67	123.55%	127.01%	128.24%	1
68	130.46%	129.47%	129.56%	1
69	128.48%	129.65%	130.52%	1
70	130.81%	131.40%	131.22%	1
71	131.98%	131.04%	130.94%	1
72	130.09%	130.84%	130.16%	1
73	131.59%	129.48%	129.11%	1
74	127.37%	128.74%	130.68%	1
75	130.10%	132.62%	132.51%	1
76	135.13%	132.41%	131.39%	1
77	129.69%	130.37%	130.57%	1
78	131.04%	130.78%	130.40%	1
79	130.51%	130.03%	129.99%	1
80	129.54%	129.95%	130.04%	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

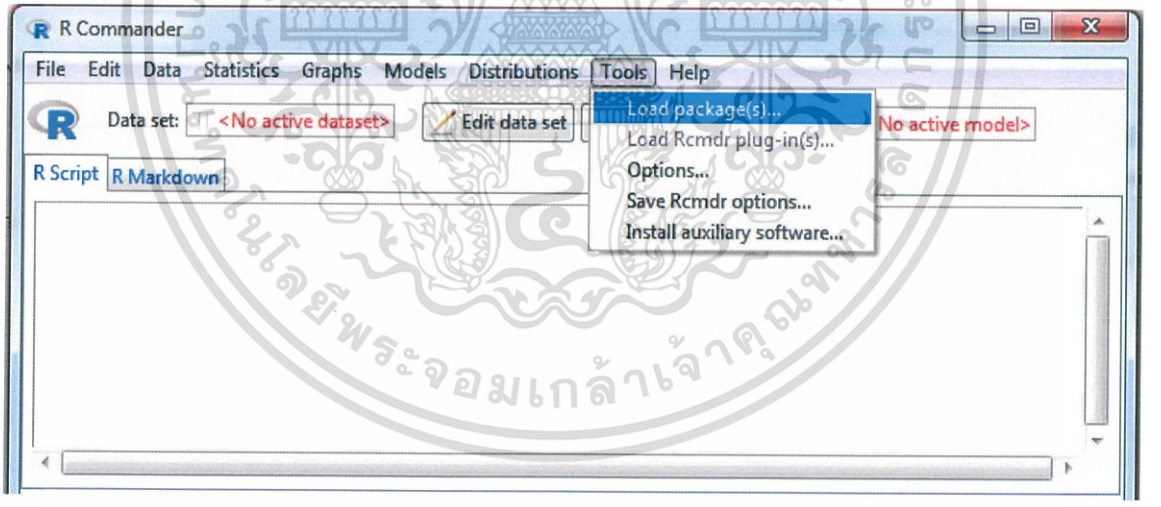
ตารางที่ 4.41 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ สำหรับโปรแกรม R (ต่อ)

81	130.35%	130.14%	130.60%	1
82	129.92%	131.07%	130.85%	1
83	132.22%	130.64%	129.65%	1
84	129.05%	128.66%	128.27%	1
85	128.27%	127.87%	128.86%	1
86	127.47%	129.84%	130.24%	1
87	132.21%	130.64%	129.85%	1
88	129.06%	129.06%	129.06%	1

หมายเหตุ: เพื่อให้ได้ผลลัพธ์เทียบเท่ากับโปรแกรม Minitab จึงต้องทำการคำนวณค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average)

- การเขียนคำสั่งใน R Commander
  - การคำนวณค่าสถิติของการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการในระยะยาว (Overall Capability)

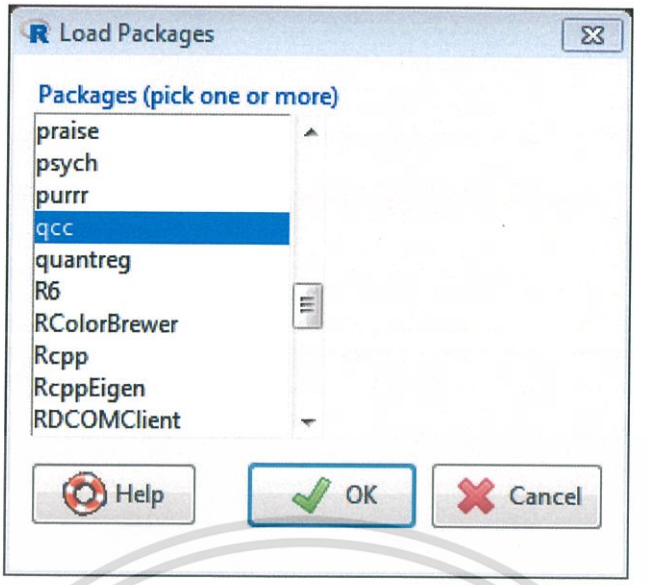
    ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Tools ⟶ Load package(s) ดังรูปที่ 4.14.6



รูปที่ 4.14.6 การใช้คำสั่งเพื่อโหลดแพ็กเกจ สำหรับโปรแกรม R

จะปรากฏหน้าต่าง Load Packages ดังรูปที่ 4.14.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



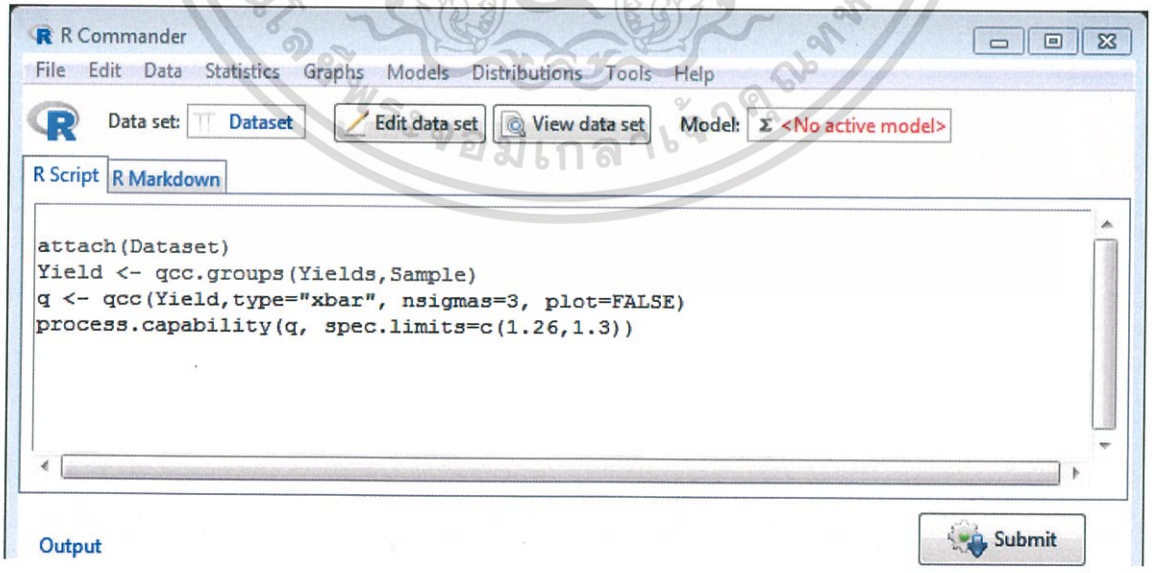
รูปที่ 4.14.7 หน้าต่าง Load Packages

ขั้นที่ 2 เลือกแพ็กเกจ qcc เพื่อเขียนคำสั่ง “qcc.groups()”, “qcc ()” และ “process.capability()” แล้วคลิก

ขั้นที่ 3 เขียนคำสั่ง

```
attach(Dataset)
Yield <- qcc.groups(Yields,Sample)
q <- qcc(Yield,type="xbar", nsigmas=3, plot=FALSE)
process.capability(q, spec.limits=c(1.26,1.3))
```

ลงบน R Script ดังรูปที่ 4.14.8

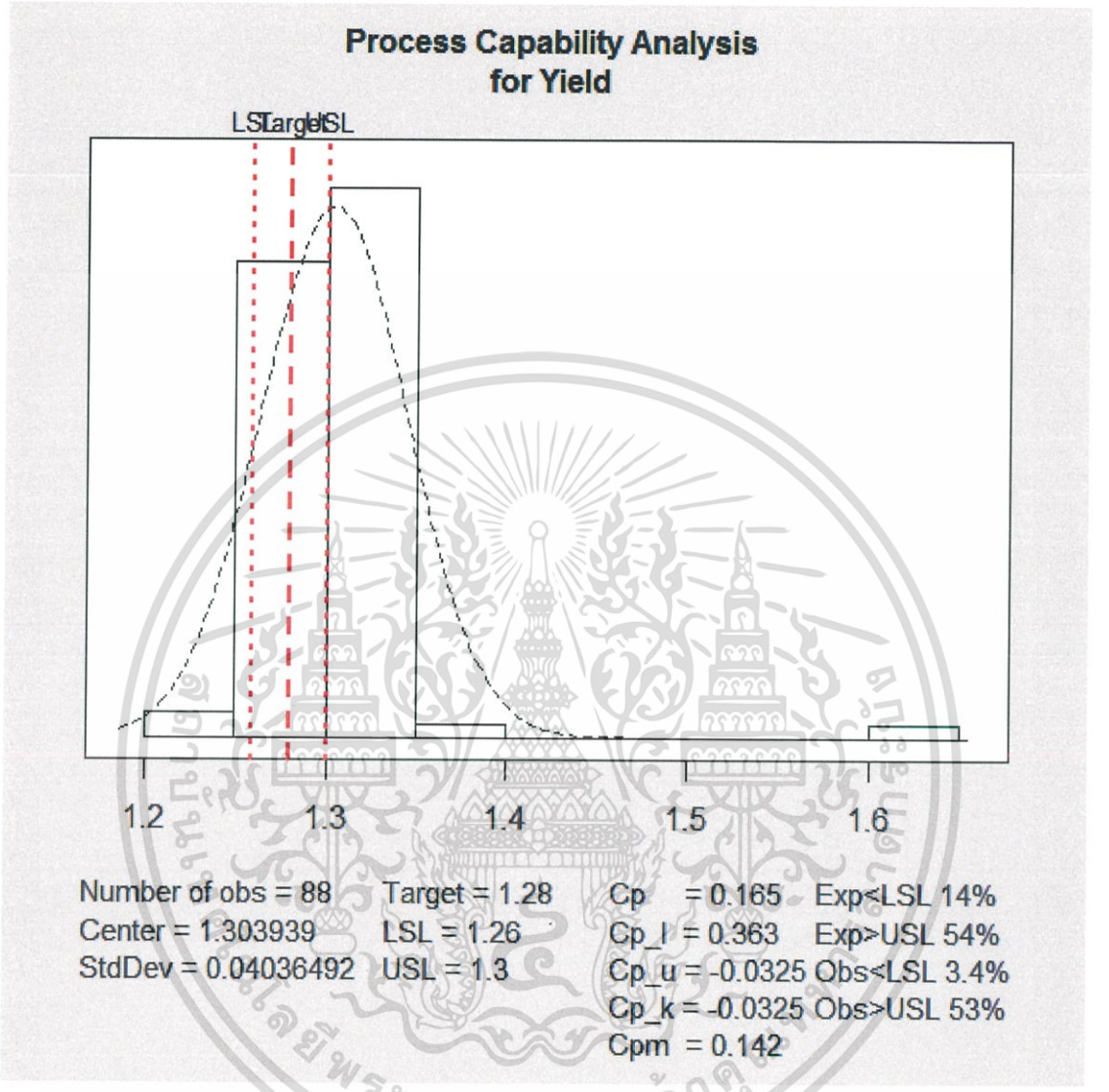


รูปที่ 4.14.8 การเขียนคำสั่งเพื่อวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการในระยะยาว สำหรับโปรแกรม R

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 4 คลิก

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.14.9



รูปที่ 4.14.9 ผลลัพธ์จากการเขียนคำสั่งเพื่อวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการในระยะยาวสำหรับโปรแกรม R

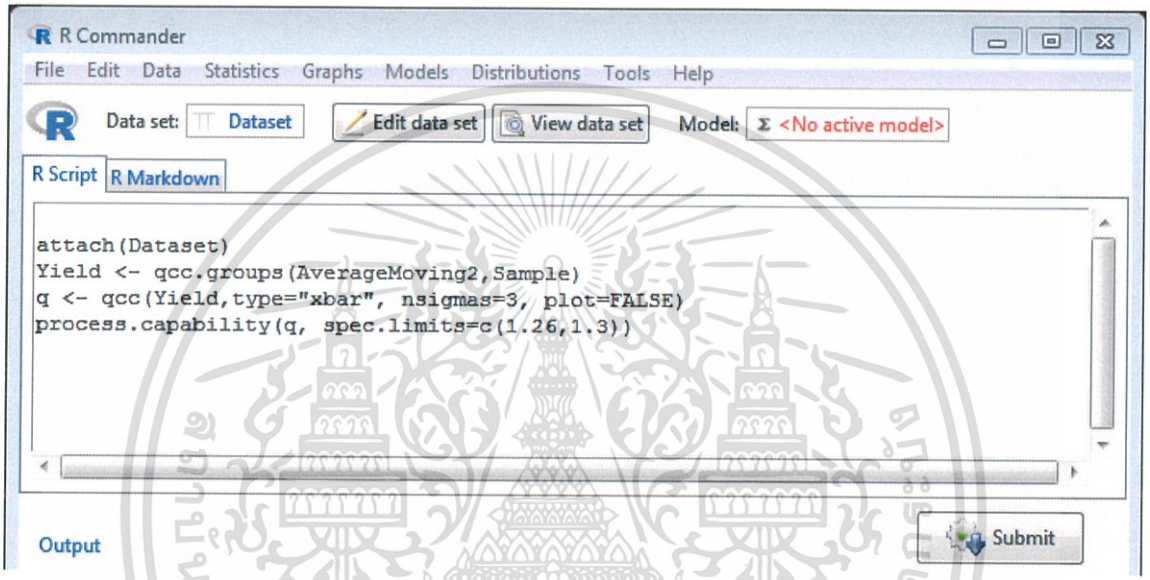
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **การคำนวณค่าสถิติของการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการในระยะสั้น (Potential (Within) Capability)**

ขั้นที่ 1 เขียนคำสั่ง

```
attach(Dataset)
Yield <- qcc.groups(AverageMoving2,Sample)
q <- qcc(Yield,type="xbar", nsigmas=3, plot=FALSE)
process.capability(q, spec.limits=c(1.26,1.3))
```

ลงบน R Script ดังรูปที่ 4.14.10

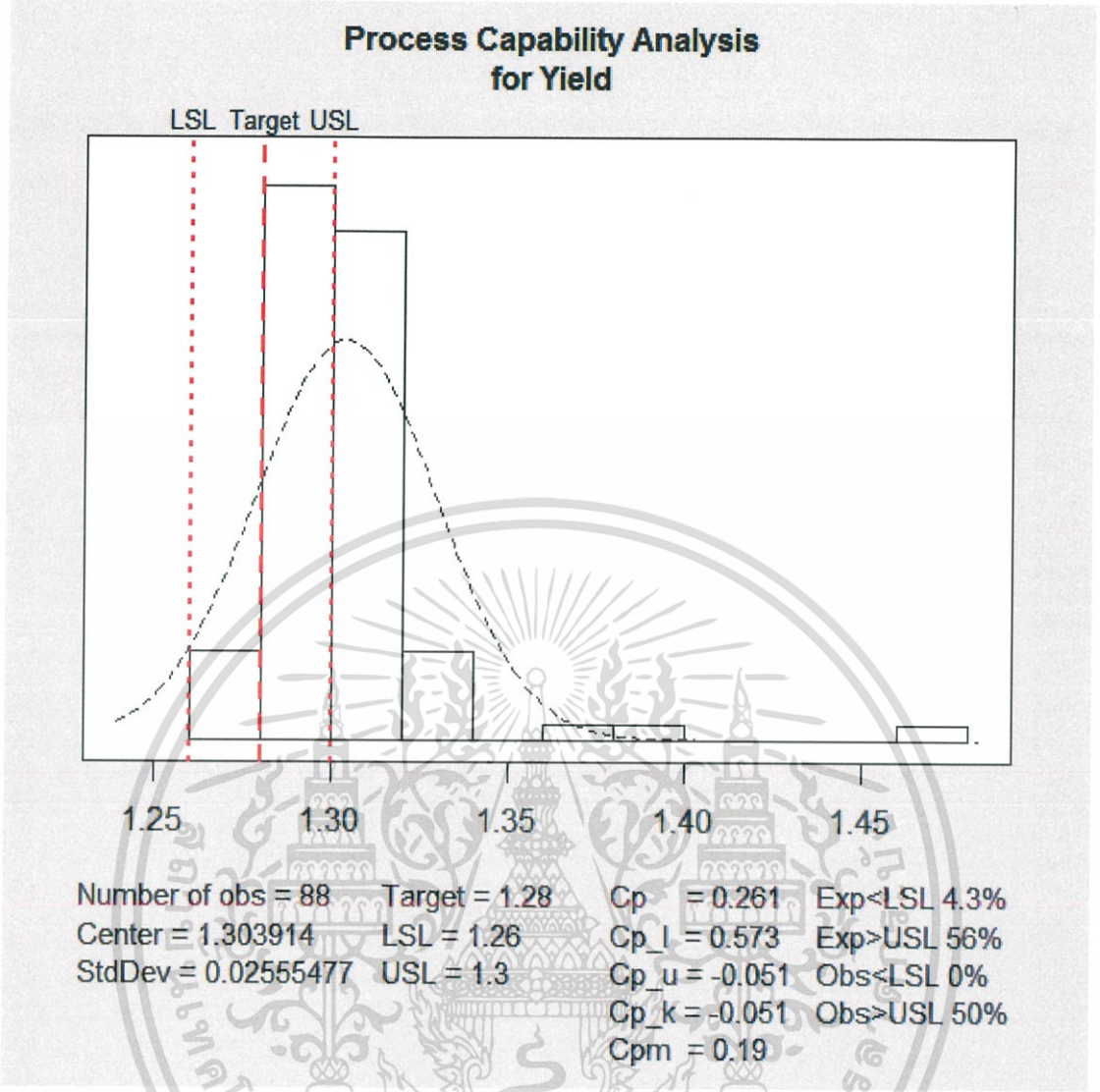


รูปที่ 4.14.10 การเขียนคำสั่งเพื่อวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการในระยะสั้น สำหรับโปรแกรม R

ขั้นที่ 2 คลิก

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.14.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14.11 ผลลัพธ์จากการเขียนคำสั่งเพื่อวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการในระยะสั้นสำหรับโปรแกรม R

จากรูปที่ 4.14.11 ได้ค่า Cp = 0.261 แสดงว่ากระบวนการดังกล่าวมีการออกแบบที่ไม่ดีมาก ในขณะที่ Cpk = -0.051 ซึ่งมีค่าต่ำกว่า Cp = 0.261 แสดงว่าการปรับตั้งกระบวนการยังทำได้ไม่เหมือนกับที่ออกแบบไว้ และเมื่อพิจารณาจะพบว่า Cpk ดังกล่าวมาจาก CPL แสดงว่าการปรับตั้งกระบวนการเกิดการเอียงตัวไปทางขวาของค่ากลาง ซึ่งเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของกระบวนการ คือ 1.303914 จะพบว่ามีค่าสูงกว่ากึ่งกลางสเปก ซึ่งมีค่าเป็น 1.28 ดังนั้นหากต้องการปรับปรุงค่า Cpk สามารถทำได้โดยการปรับลดกระบวนการลงไปอีกเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

ตารางที่ 4.42 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ

			โปรแกรม Minitab	โปรแกรม R
Process Data	LSL		1.26	1.26
	Target		*	1.28
	USL		1.3	1.3
	Sample Mean/Center		1.30394	1.303939
	Sample N/Number of obs		88	88
	StDev(Overall)		0.040252	0.04036492
	StDev(Within)		0.0258365	0.02555477
Overall Capability	Pp		0.17	0.165
	PPL		36	0.363
	PPU		-0.03	-0.0325
	Ppk		-0.03	-0.0325
	Cpm		*	0.142
Potential (Within) Capability	Cp		0.26	0.261
	CPL		0.57	0.573
	CPU		-0.05	-0.051
	Cpk		-0.05	-0.051
Performance	Observed	% < LSL	3.41	3.4
		% > USL	53.41	53
		% Total	56.82	
	Expected Overall	% < LSL	13.75	14
		% > USL	53.90	54
		% Total	67.65	
	Expected Within	% < LSL	4.45	4.3
		% > USL	56.06	56
		% Total	60.51	

1. กรณีไม่ได้กำหนดค่าเป้าหมาย (Target)
   - โปรแกรม Minitab จะแสดงค่าเป้าหมายเป็น * ในขณะที่โปรแกรม R จะคำนวณค่าเป้าหมายให้ จาก $\frac{LSL + USL}{2}$
   - โปรแกรม Minitab จะแสดงค่า Cpm เป็น * ในขณะที่โปรแกรม R คำนวณค่าเป้าหมายให้จึงแสดงค่า Cpm
2. ค่า % < LSL ของ Expected Within ที่ได้จากโปรแกรม R = 4.3 มีความคลาดเคลื่อนจากโปรแกรม Minitab = 4.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. โปรแกรม R ไม่แสดงค่า % Total ของ Observed, % Total ของ Expected Overall และ % Total ของ Expected Within ในขณะที่โปรแกรม Minitab แสดง
4. กราฟผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม Minitab จะรวมการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการในระยะยาวและการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการในระยะสั้นเป็นกราฟเดียวกัน ในขณะที่โปรแกรม R จะแสดงทีละกราฟตามการวิเคราะห์
5. ค่า Pp, PPL, PPU และ Ppk ของการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการในระยะยาวจากโปรแกรม R จะแสดงเป็นค่า Cp, CPL, CPU และ Cpk

4.15 การประเมินการวัดข้อมูลแบบนับ (Attribute Agreement Analysis)

การประเมินการวัดข้อมูลแบบนับ เพื่อพิจารณาถึงความเที่ยงและความแม่นของข้อมูลที่ได้จากการวัด การวัดมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการควบคุมและการปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการผลิต ในการวัดคุณภาพของสินค้าในบางกรณี จะใช้การตรวจสอบโดยการพิจารณาผลิตภัณฑ์ว่ามีลักษณะคุณภาพผ่านหรือไม่ผ่านตามรายละเอียดที่ลูกค้ากำหนด และนับจำนวนหรือสัดส่วนผลิตภัณฑ์ดี

การประเมินการวัดข้อมูลแบบนับหรือการตรวจสอบ ทำได้โดยการคัดเลือกชิ้นงานมาประมาณ 15 ถึง 30 ชิ้นงาน ซึ่งจำแนกเป็นตัวอย่างที่ดีอย่างชัดเจนและไม่ดีอย่างชัดเจน อย่างละ 1 ใน 3 และอีก 1 ใน 3 ควรเป็นชิ้นงานแบบก้ำกึ่ง โดยแบ่งเป็นงานดีแบบก้ำกึ่ง (Marginal Conformity) และงานบกพร่องแบบก้ำกึ่ง (Marginal Nonconformity) อย่างละเท่า ๆ กัน จากนั้นสุ่มพนักงานที่ผ่านการประเมินผลด้านทักษะแล้วประมาณ 2 ถึง 4 คน มาทำการวัดหรือตรวจสอบอย่างสุ่ม ดังตารางที่ 4.43 เป็นข้อมูลการตรวจสอบชิ้นเนื้อของพนักงาน 3 คน

ตารางที่ 4.43 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการประเมินการวัดข้อมูลแบบนับ

Row	Standard	Unit	1St Appraiser Try 1	1St Appraiser Try 2	2nd Appraiser Try 1	2nd Appraiser Try 2	3rd Appraiser Try 1	3rd Appraiser Try 2
1	P	1	F	P	P	P	F	P
2	P	2	P	P	P	P	P	P
3	F	3	F	F	F	F	P	F
4	F	4	F	F	F	F	P	F
5	F	5	F	F	F	F	F	F
6	P	6	F	P	P	P	P	P
7	P	7	F	F	P	P	P	P
8	F	8	F	F	F	F	F	F
9	F	9	F	F	F	F	P	F
10	F	10	F	F	F	F	F	F
11	P	11	F	P	P	P	P	P
12	P	12	F	P	P	P	F	P

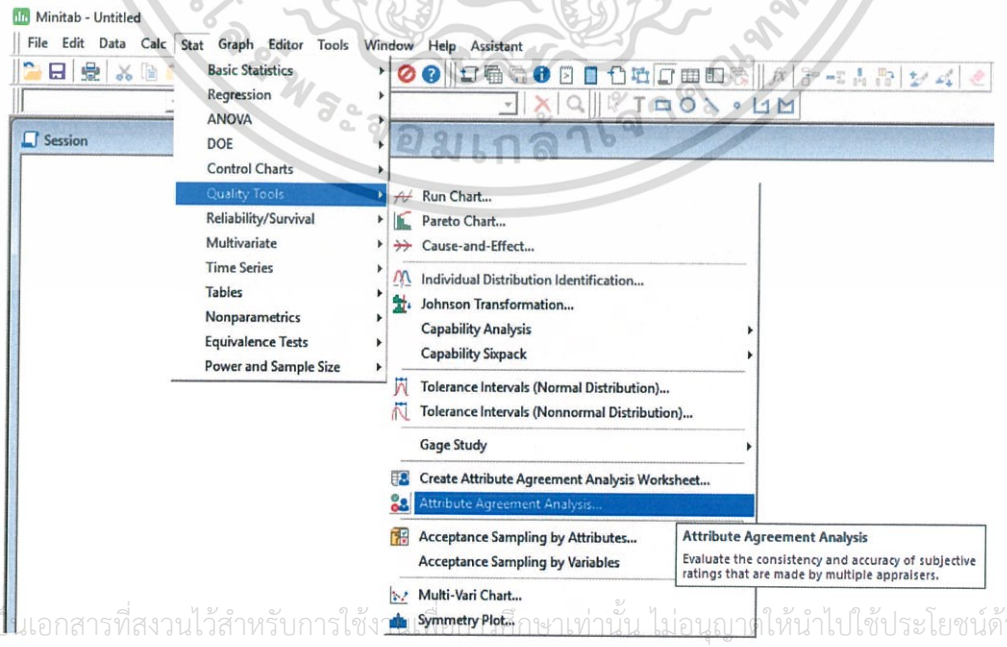
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.43 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการประเมินการวัดข้อมูลแบบนับ (ต่อ)

13	F	13	F	F	F	F	P	F
14	F	14	F	F	F	F	F	F
15	F	15	F	F	F	F	F	F
16	P	16	P	P	P	P	P	P
17	F	17	F	F	P	P	P	P
18	F	18	F	F	F	F	P	F
19	F	19	F	F	F	F	F	F
20	P	20	P	P	P	P	P	P
21	P	21	P	P	P	P	P	F
22	F	22	F	F	F	F	F	F
23	F	23	F	F	F	F	F	F
24	F	24	F	F	F	F	F	F
25	P	25	P	P	P	P	P	P
26	F	26	F	F	F	F	F	F
27	P	27	P	P	P	P	P	P
28	F	28	F	F	F	F	F	F
29	P	29	P	P	P	P	P	P
30	P	30	P	F	P	P	F	F

<u>โปรแกรม Minitab</u>

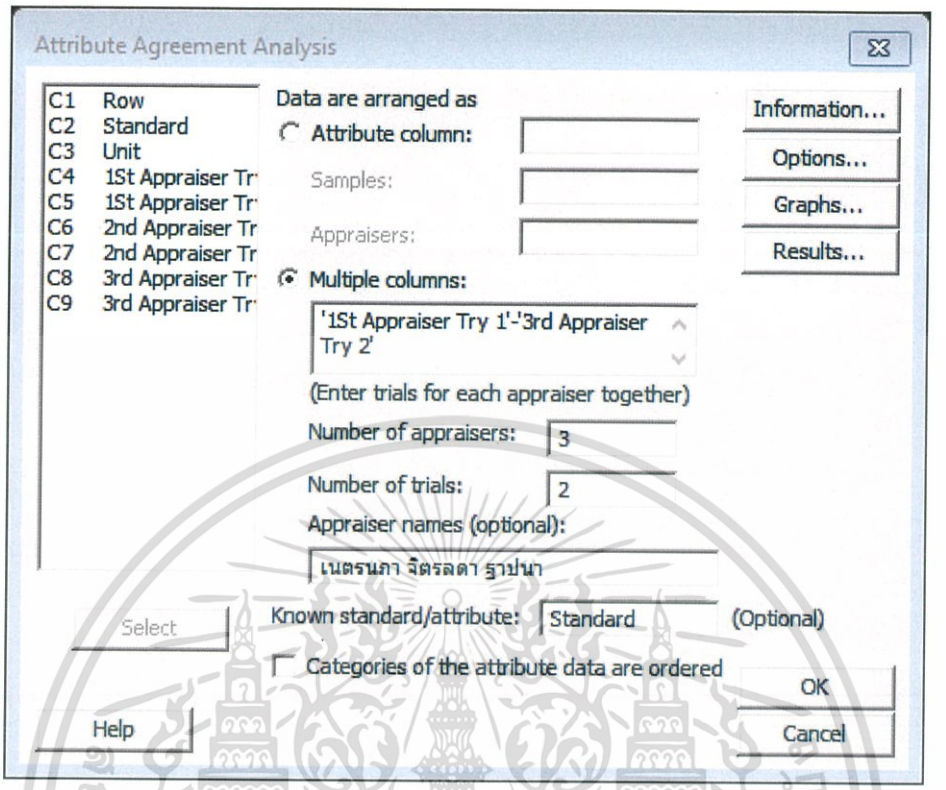
ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Stat ⟶ Quality Tools ⟶ Attribute Agreement Analysis ดังรูปที่ 4.15.1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.15.1 การใช้คำสั่งเพื่อการประเมินการวัดข้อมูลแบบนับ สำหรับโปรแกรม Minitab

จะปรากฏหน้าต่าง Attribute Agreement Analysis ดังรูปที่ 4.15.2

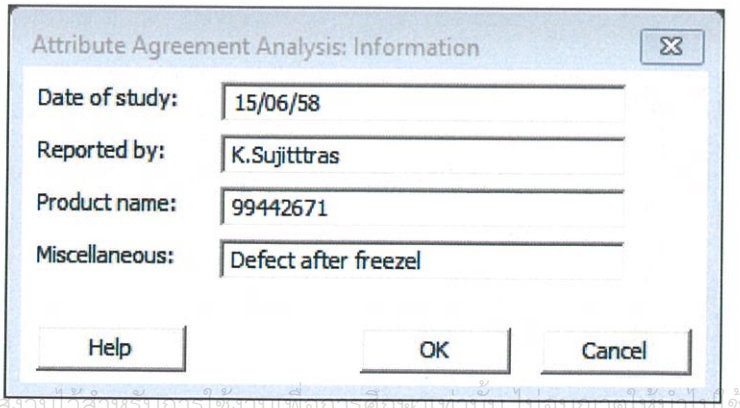


รูปที่ 4.15.2 หน้าต่าง Attribute Agreement Analysis

ขั้นที่ 2 เลือก Multiple columns: และเลือกตัวแปรที่เป็นข้อมูลผู้ทดสอบทั้งหมด ใส่ในช่อง
ใส่จำนวนผู้ทดสอบ ในช่อง Number of appraisers:
ใส่จำนวนซ้ำที่ทดสอบ ในช่อง Number of trials:
ใส่ชื่อผู้ทดสอบ ในช่อง Appraiser names (optional):
เลือกตัวแปรที่เป็นข้อมูลมาตรฐาน ใส่ในช่อง Known standard/attribute:

ขั้นที่ 3 คลิก Information...

จะปรากฏหน้าต่าง Attribute Agreement Analysis: Information ดังรูปที่ 4.15.3

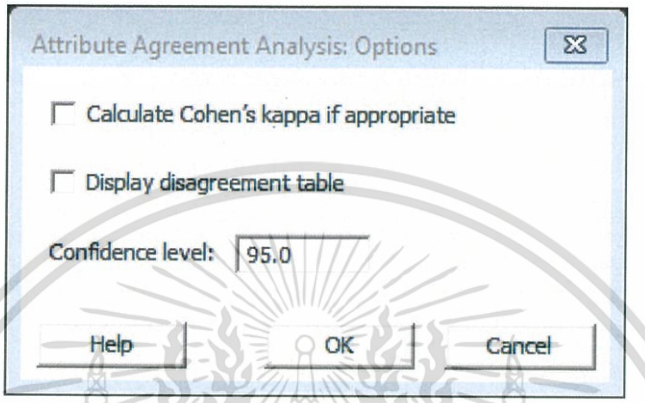


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.15.3 หน้าต่าง Attribute Agreement Analysis: Information

ขั้นที่ 4 ใส่รายละเอียดวันที่ทดสอบ ในช่อง Date of study:
ใส่ชื่อผู้วิเคราะห์ข้อมูล ในช่อง Reported by:
ใส่ชื่อผลิตภัณฑ์ที่ใช้ทดสอบ ในช่อง Product name:
ใส่ข้อมูลอื่นรายละเอียดเพิ่มเติม ในช่อง Miscellaneous: แล้วคลิก OK

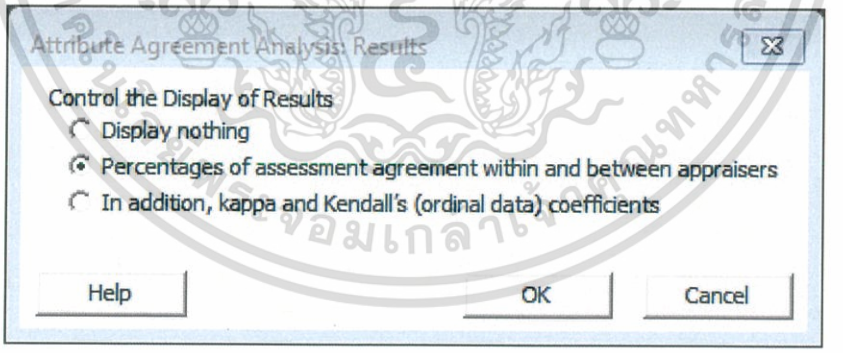
ขั้นที่ 5 คลิก Options...
จะปรากฏหน้าต่าง Attribute Agreement Analysis: Options ดังรูปที่ 4.15.4



รูปที่ 4.15.4 หน้าต่าง Attribute Agreement Analysis: Options

ขั้นที่ 6 กำหนดระดับความเชื่อมั่น ในช่อง Confidence level: แล้วคลิก OK

ขั้นที่ 7 คลิก Results...
จะปรากฏหน้าต่าง Attribute Agreement Analysis: Results ดังรูปที่ 4.15.5



รูปที่ 4.15.5 หน้าต่าง Attribute Agreement Analysis: Results

ขั้นที่ 8 เลือก Percentages of assessment agreement within and between appraisers
แล้วคลิก OK จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.15.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Attribute Agreement Analysis for 1St Appraiser Try 1, 1St ... raiser Try 2

Gage Information

Date of study: 15/06/58
Reported by: K.Sujitttras
Name of product: 99442671
Misc: Defect after freezel

Within Appraisers

Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
เนตรนภา	30	25	83.33	(65.28, 94.36)
จตรลดา	30	30	100.00	(90.50, 100.00)
ฐาปนา	30	22	73.33	(54.11, 87.72)

 # Matched: Appraiser agrees with him/herself across trials.

Each Appraiser vs Standard

Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
เนตรนภา	30	24	80.00	(61.43, 92.29)
จตรลดา	30	29	96.67	(82.78, 99.92)
ฐาปนา	30	20	66.67	(47.19, 82.71)

 # Matched: Appraiser's assessment across trials agrees with the known standard.

Assessment Disagreement

Appraiser	# P / F	Percent	# F / P	Percent	# Mixed	Percent
เนตรนภา	0	0.00	1	7.69	5	16.67
จตรลดา	1	5.88	0	0.00	0	0.00
ฐาปนา	1	5.88	1	7.69	8	26.67

 # P / F: Assessments across trials = P / standard = F.
 # F / P: Assessments across trials = F / standard = P.
 # Mixed: Assessments across trials are not identical.

Between Appraisers

Assessment Agreement

# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
30	17	56.67	(37.43, 74.54)

 # Matched: All appraisers' assessments agree with each other.

All Appraisers vs Standard

Assessment Agreement

# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
30	17	56.67	(37.43, 74.54)

 # Matched: All appraisers' assessments agree with the known standard.

รูปที่ 4.15.6 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อการประเมินการวัดข้อมูลแบบนับ สำหรับโปรแกรม Minitab

สรุป

การประเมินการวัดข้อมูลแบบนับ ไม่สามารถวิเคราะห์บนโปรแกรม R ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.16 การคำนวณกำลังของการทดสอบและขนาดตัวอย่าง สำหรับการทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 2 ประชากร (Power and Sample Size for 2 Proportions)

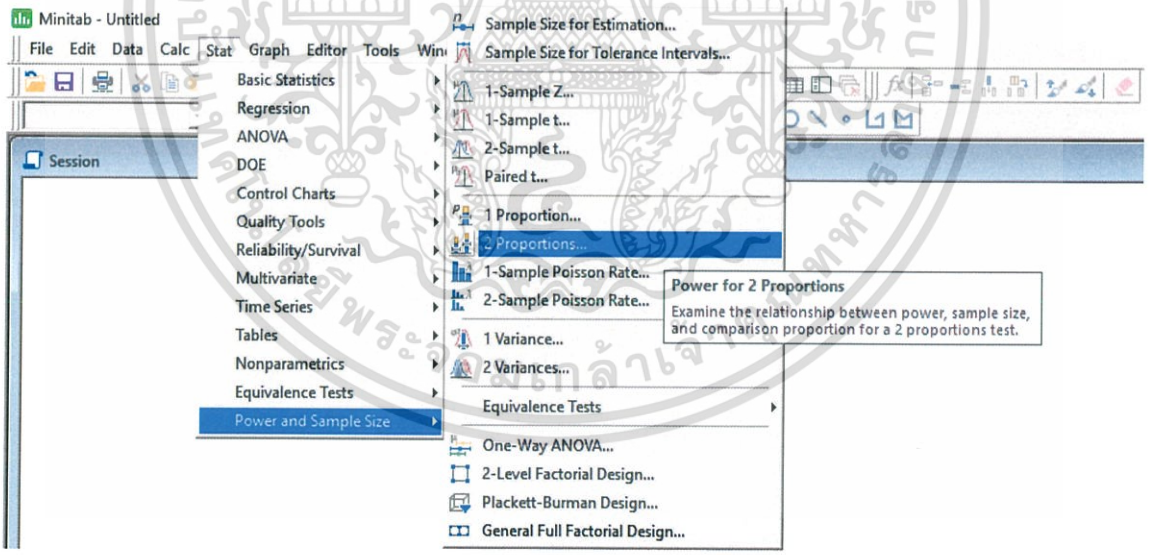
การคำนวณกำลังของการทดสอบและขนาดตัวอย่าง สำหรับการทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 2 ประชากร เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่าง กำลังการทดสอบ ขนาดตัวอย่าง และสัดส่วนการเปรียบเทียบ มักใช้ก่อนการเก็บข้อมูลสำหรับการทดสอบค่าสัดส่วน 2 กลุ่ม เพื่อให้แน่ใจว่าการทดสอบมีขนาดตัวอย่างที่เพียงพอ หรือหลังการทดสอบเพื่อปรับปรุงการทดสอบครั้งต่อไป ในการทดสอบจะใช้ข้อมูลสัดส่วนของประชากรที่สนใจ 2 กลุ่ม และกำลังของการทดสอบ ดังตารางที่ 4.44 เป็นข้อมูลสัดส่วนของเสียในเดือนมีนาคม เดือนเมษายน และกำลังการทดสอบ

ตารางที่ 4.44 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณขนาดตัวอย่าง สำหรับการทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 2 ประชากร

p_1	0.0099
p_2	0.0203
Power	0.6, 0.7 และ 0.8

<u>โปรแกรม Minitab</u>

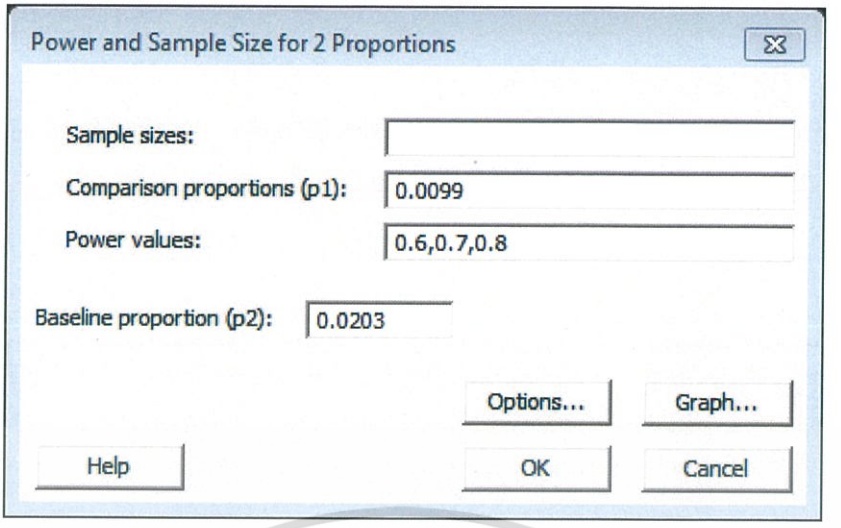
ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Stat ⟶ Power and Sample Size ⟶ 2 Proportions ดังรูปที่ 4.16.1



รูปที่ 4.16.1 การใช้คำสั่งเพื่อคำนวณขนาดตัวอย่าง สำหรับการทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 2 ประชากร สำหรับโปรแกรม Minitab

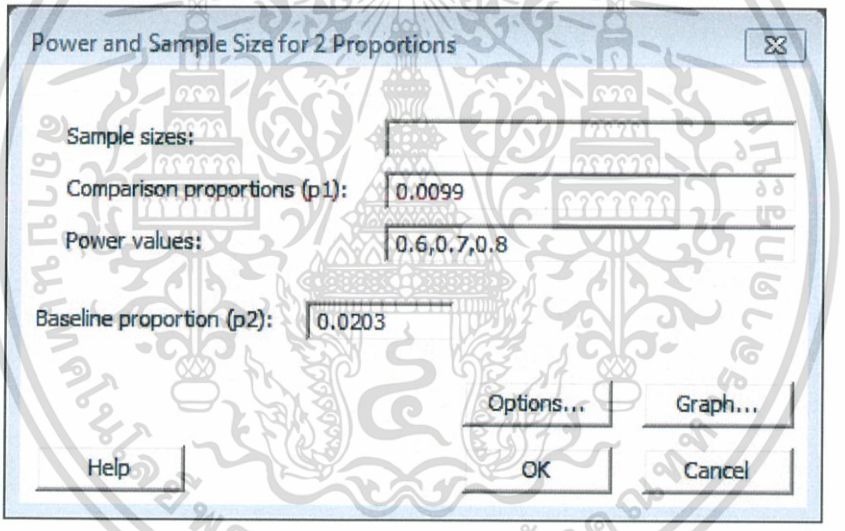
จะปรากฏหน้าต่าง Power and Sample Size for 2 Proportions ดังรูปที่ 4.16.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16.2 หน้าต่าง Power and Sample Size for 2 Proportions

จะปรากฏหน้าต่าง Power and Sample Size for 2 Proportions ดังรูปที่ 4.16.2



รูปที่ 4.16.2 หน้าต่าง Power and Sample Size for 2 Proportions

ขั้นที่ 2 กำหนดค่า Comparison proportions (p1):

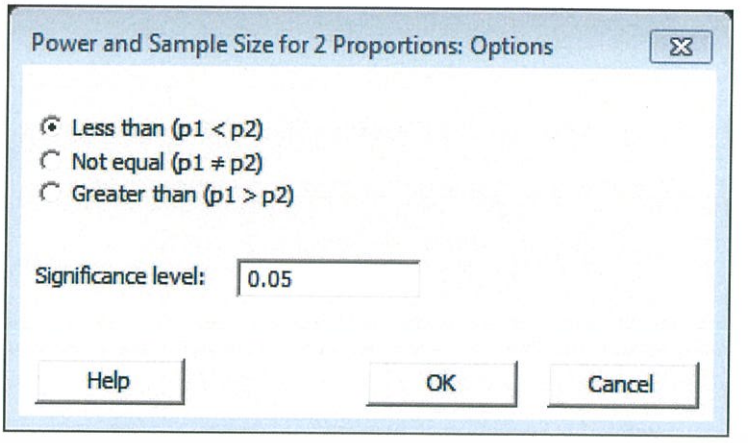
กำหนดค่า Power values:

กำหนดค่า Baseline proportion (p2):

ขั้นที่ 3 คลิก Options...

จะปรากฏหน้าต่าง Power and Sample Size for 2 Proportions: Options ดังรูปที่ 4.16.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16.3 หน้าต่าง Power and Sample Size for 2 Proportions: Options

ขั้นที่ 4 เลือกเครื่องหมายของสมมติฐานทางเลือก แล้วคลิก OK จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.16.4

Power and Sample Size

Test for Two Proportions
Testing comparison p = baseline p (versus <)
Calculating power for baseline p = 0.0203
α = 0.05

Results

Comparison p	Sample Size	Target Power	Actual Power
0.0099	991	0.6	0.600137
0.0099	1294	0.7	0.700149
0.0099	1700	0.8	0.800173

The sample size is for each group.

รูปที่ 4.16.4 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อคำนวณขนาดตัวอย่าง สำหรับการทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 2 ประชากร สำหรับโปรแกรม Minitab

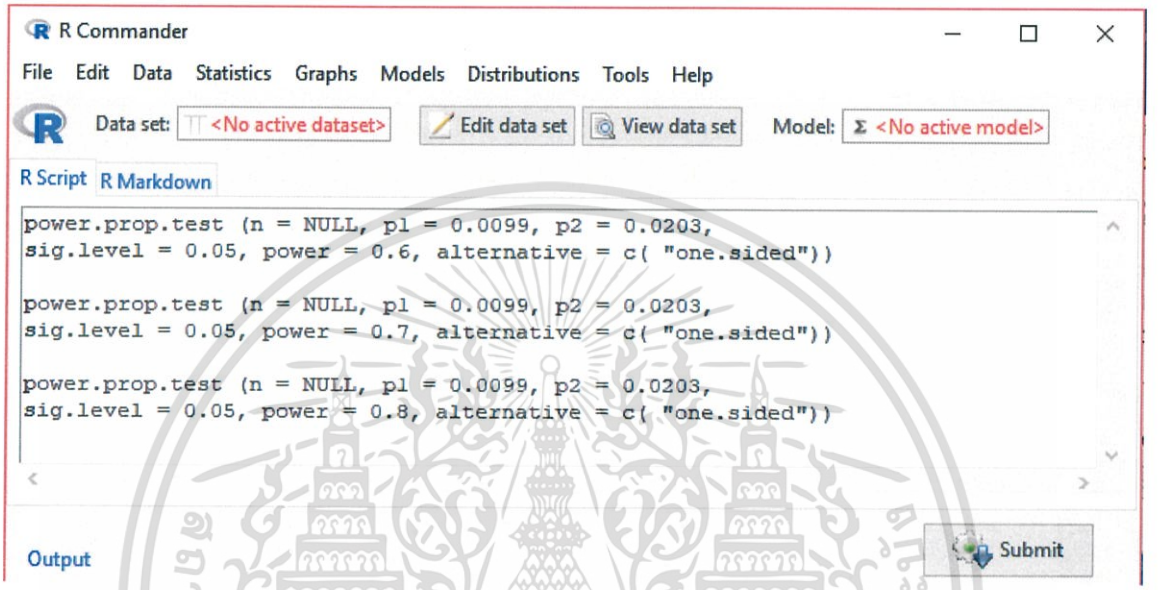
จากรูปที่ 4.16.4 จะได้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 991, 1294 และ 1700

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม R

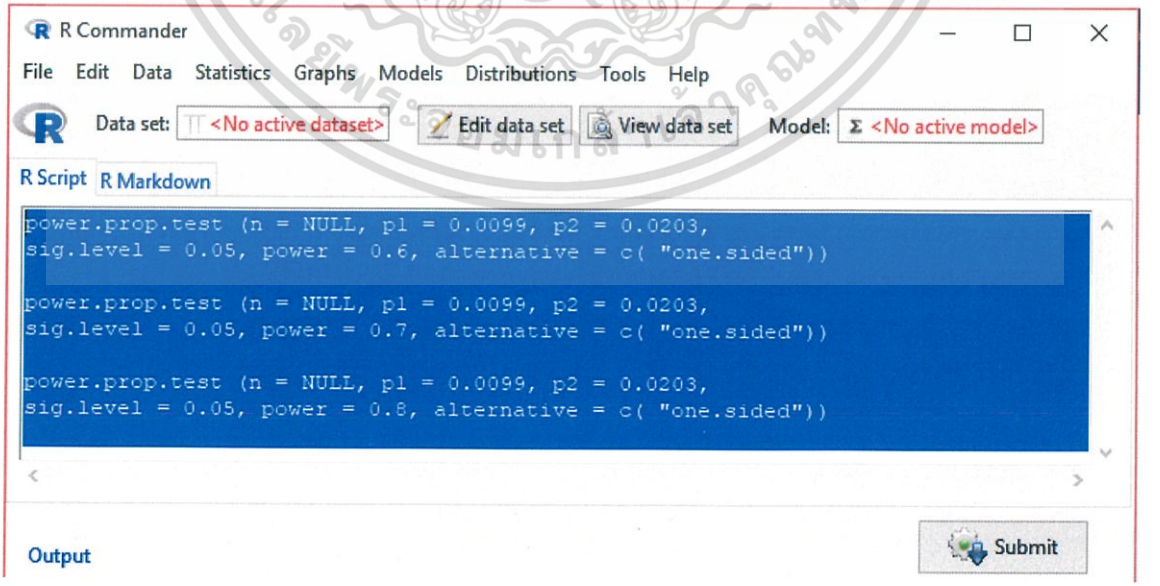
○ การเขียนคำสั่งใน R Commander

ขั้นที่ 1 เขียนคำสั่ง power.prop.test (n = NULL, p1 = 0.0099, p2 = 0.0203, sig.level = 0.05, power = 0.6, alternative = c("one.sided")) ลงบน R Script โดยเขียนคำสั่งเดิม แต่เปลี่ยนค่ากำลังของการทดสอบ (Power) เป็น 0.7 และ 0.8 ดังรูปที่ 4.16.5



รูปที่ 4.16.5 การเขียนคำสั่งเพื่อคำนวณขนาดตัวอย่าง สำหรับการทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 2 ประชากร สำหรับโปรแกรม R

ขั้นที่ 2 ทำแถบดำคลุมคำสั่งทั้งหมด ดังรูปที่ 4.16.6



รูปที่ 4.16.6 ทำแถบดำคลุมคำสั่งเพื่อคำนวณขนาดตัวอย่าง สำหรับการทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 2 ประชากร ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 3 คลิก

.จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.16.7

```
> power.prop.test (n = NULL, p1 = 0.0099, p2 = 0.0203,
+ sig.level = 0.05, power = 0.6, alternative = c( "one.sided"))

     Two-sample comparison of proportions power calculation

              n = 990.6294
             p1 = 0.0099
             p2 = 0.0203
      sig.level = 0.05
          power = 0.6
    alternative = one.sided

NOTE: n is number in *each* group


> power.prop.test (n = NULL, p1 = 0.0099, p2 = 0.0203,
+ sig.level = 0.05, power = 0.7, alternative = c( "one.sided"))

     Two-sample comparison of proportions power calculation

              n = 1293.488
             p1 = 0.0099
             p2 = 0.0203
      sig.level = 0.05
          power = 0.7
    alternative = one.sided

NOTE: n is number in *each* group


> power.prop.test (n = NULL, p1 = 0.0099, p2 = 0.0203,
+ sig.level = 0.05, power = 0.8, alternative = c( "one.sided"))

     Two-sample comparison of proportions power calculation

              n = 1699.155
             p1 = 0.0099
             p2 = 0.0203
      sig.level = 0.05
          power = 0.8
    alternative = one.sided

NOTE: n is number in *each* group
```

รูปที่ 4.16.7 ผลลัพธ์จากการเขียนคำสั่งเพื่อคำนวณขนาดตัวอย่าง สำหรับการทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 2 ประชากร สำหรับโปรแกรม R

จากรูปที่ 4.16.7 จะได้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 990.6294 ≈ 991, 1293.488 ≈ 1294 และ 1699.155 ≈ 1700

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>สรุป</u>

ตารางที่ 4.45 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการคำนวณขนาดตัวอย่าง สำหรับการทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 2 ประชากร

	โปรแกรม Minitab	โปรแกรม R
Sample Size	991	990.6294 ≈ 991
	1294	1293.488 ≈ 1294
	1700	1699.155 ≈ 1700

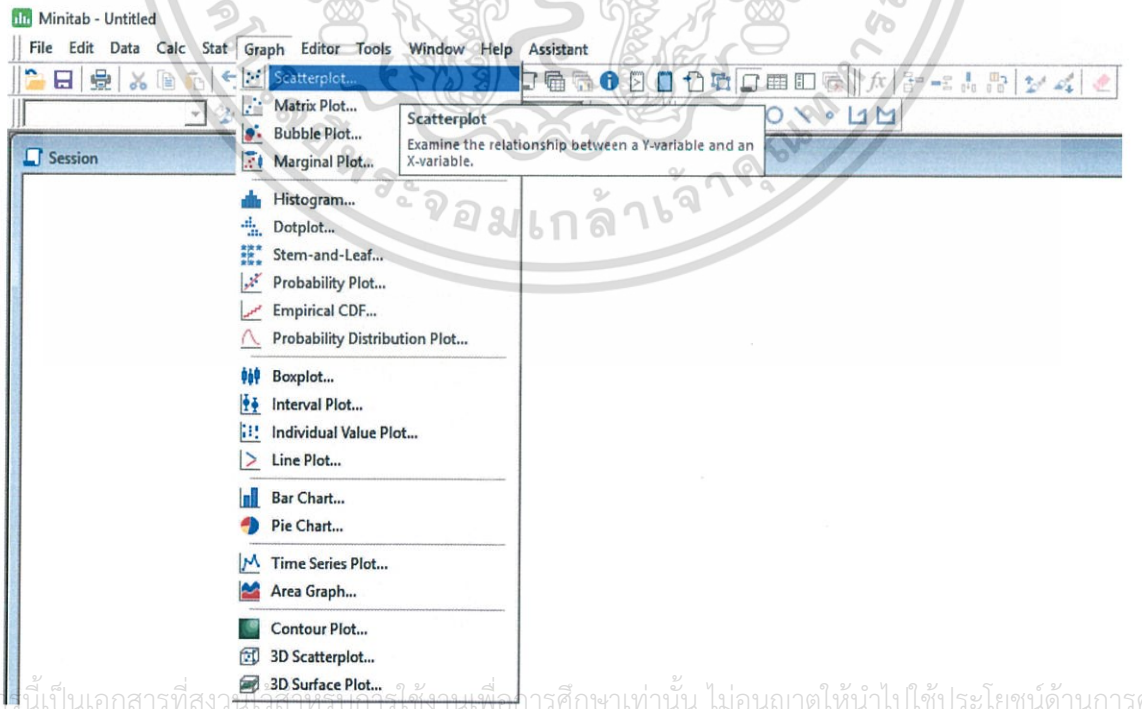
จากตารางที่ 4.45 ผลลัพธ์จากโปรแกรม Minitab และ R ได้ขนาดตัวอย่างที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งการหาขนาดตัวอย่าง ถ้าได้ค่าที่มีจุดทศนิยมจะต้องปัดขึ้นเสมอ จึงทำให้ขนาดตัวอย่างที่ได้จากทั้งสองโปรแกรมเท่ากัน

4.17 แผนภาพการกระจาย (Scatter Plot)

แผนภาพการกระจาย แสดงถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีความสอดคล้อง (Corresponding Data) ซึ่งหมายถึงข้อมูลที่เก็บได้จากตัวอย่างเดียวกัน แต่ดำเนินการวัดหรือนับข้อมูลออกเป็น 2 ชนิด โดยข้อมูลที่ใช้จะเป็นข้อมูลเชิงปริมาณ ดังตารางที่ 4.20 เป็นข้อมูลอุณหภูมิและแรงดันไฟฟ้า

<u>โปรแกรม Minitab</u>

ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Graph ⟶ Scatterplot ดังรูปที่ 4.17.1

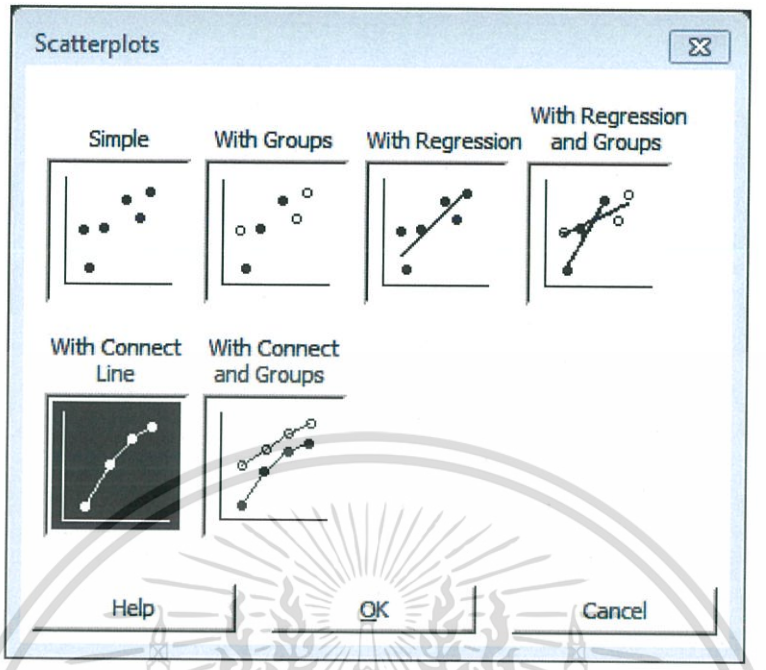


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.17.1 การใช้คำสั่งเพื่อสร้างแผนภาพการกระจาย สำหรับโปรแกรม Minitab

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

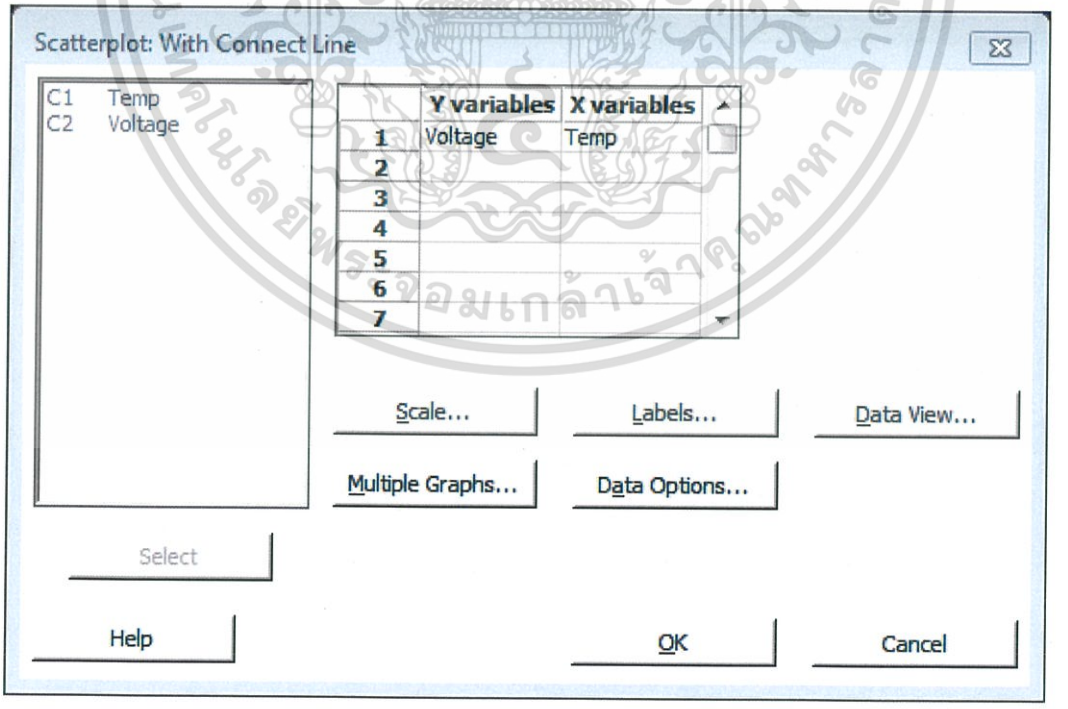
จะปรากฏหน้าต่าง Scatterplots ดังรูปที่ 4.17.2



รูปที่ 4.17.2 หน้าต่าง Scatterplots

ขั้นที่ 2 เลือก With Connect Line แล้วคลิก OK

จะปรากฏหน้าต่าง Scatterplot: With Connect Line ดังรูปที่ 4.17.3

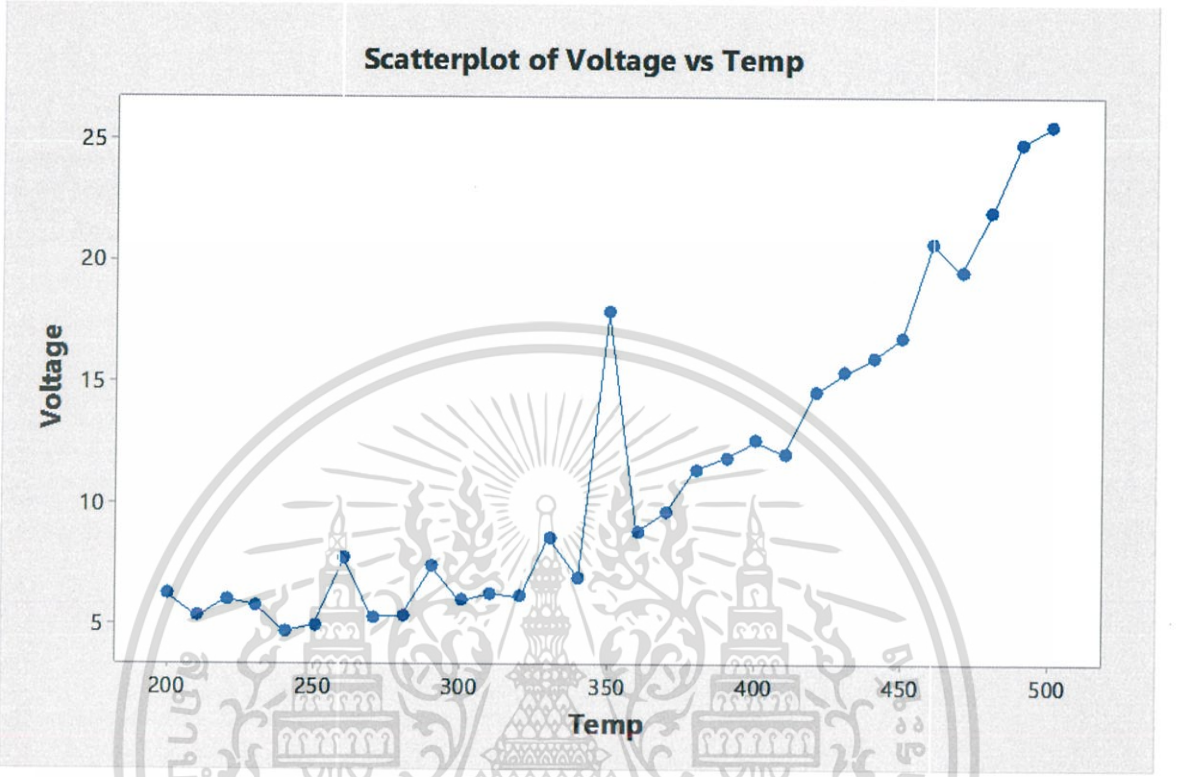


รูปที่ 4.17.3 หน้าต่าง Scatterplot: With Connect Line

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 3 เลือกตัวแปรที่ต้องการสร้างแผนภาพการกระจาย ใส่ในช่อง Y variables และ X variables แล้วคลิก OK

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.17.4



รูปที่ 4.17.4 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อสร้างแผนภาพการกระจาย สำหรับโปรแกรม Minitab

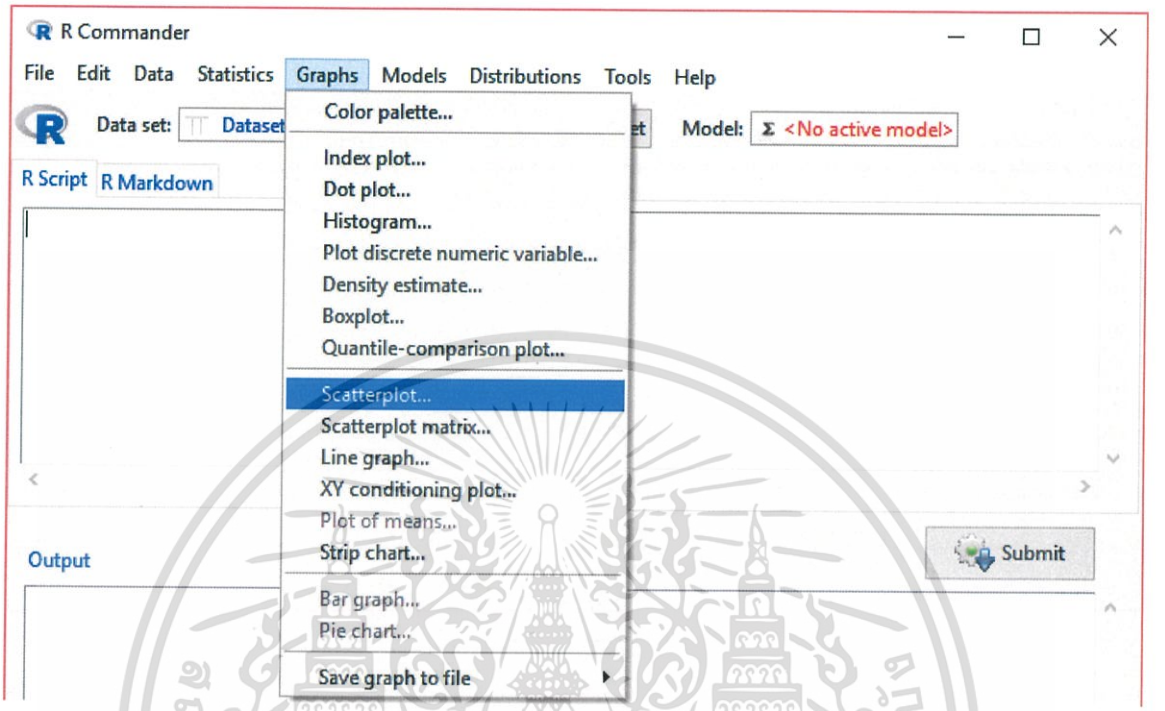
จากรูปที่ 4.17.4 แรงดันไฟฟ้าจะแปรเปลี่ยนไปเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป สามารถอธิบายได้ว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อแรงดันไฟฟ้า และมีความสัมพันธ์แบบบวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม R

○ การใช้เมนูผ่าน R Commander

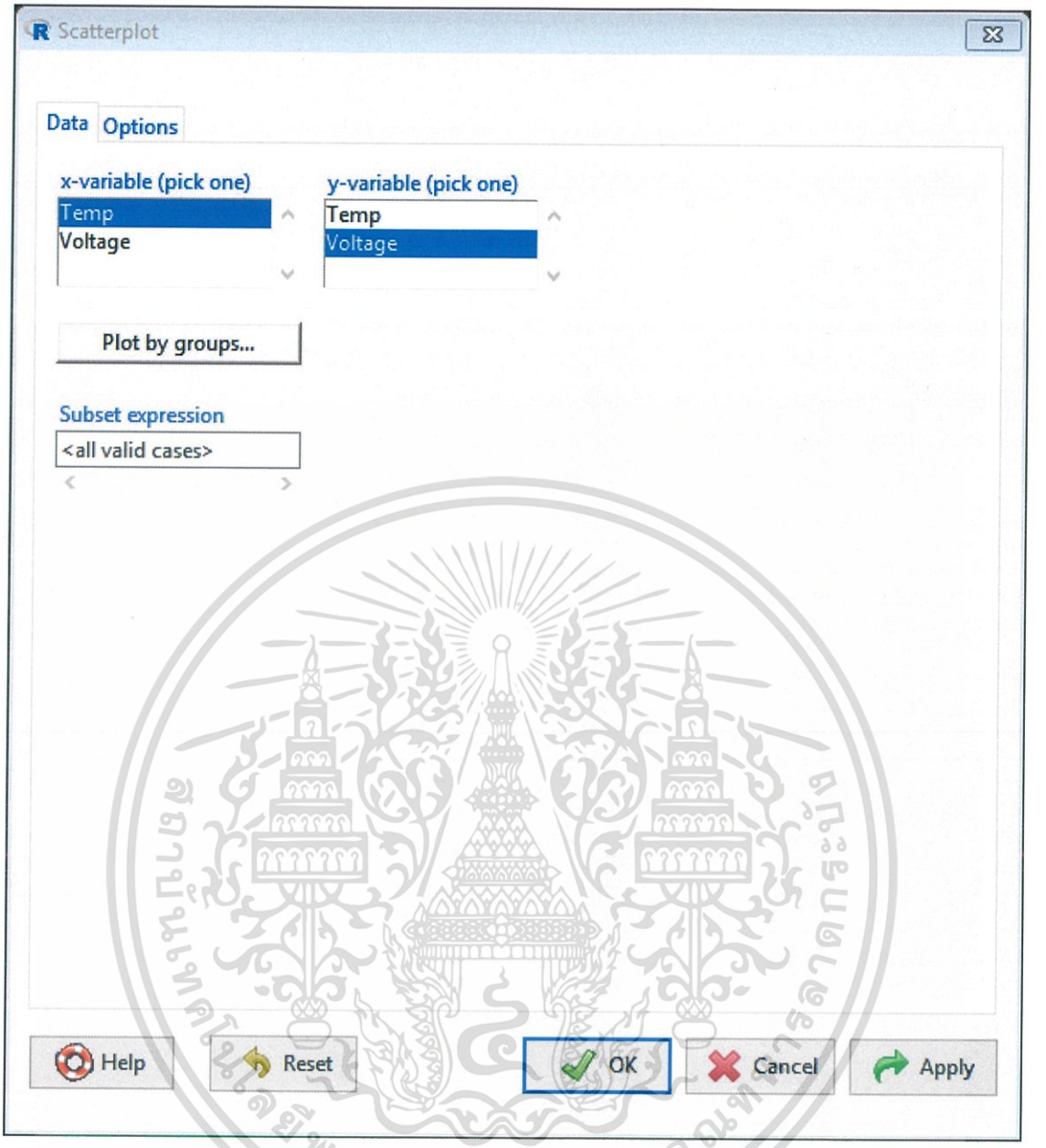
ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Graphs ⟶ Scatterplot ดังรูปที่ 4.17.5



รูปที่ 4.17.5 การใช้คำสั่งเพื่อสร้างแผนภาพการกระจาย สำหรับโปรแกรม R

จะปรากฏหน้าต่าง Scatterplot ดังรูปที่ 4.17.6

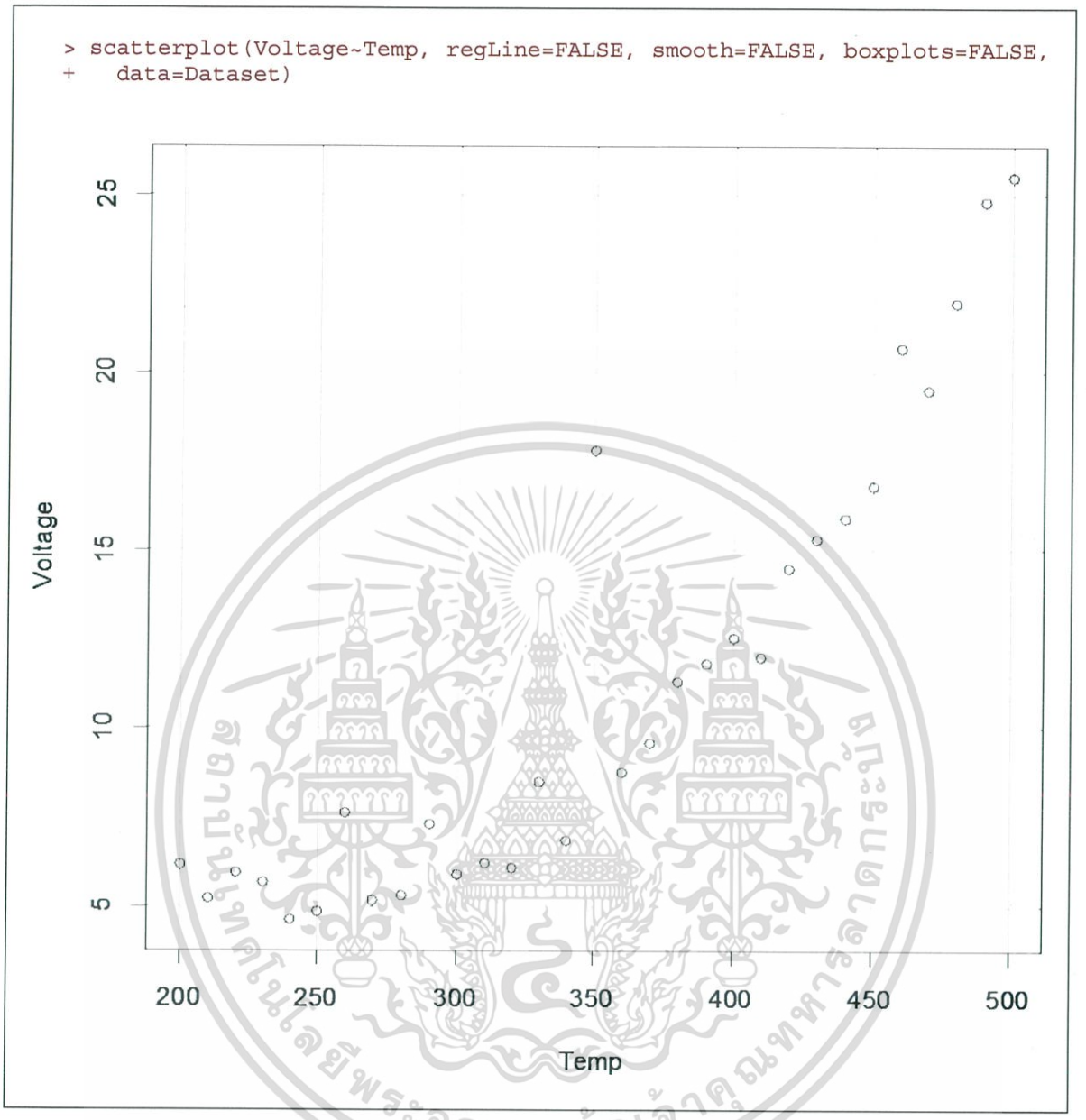
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17.6 หน้าต่าง Scatterplot

ขั้นที่ 2 เลือกตัวแปรที่ต้องการสร้างแผนภาพการกระจาย ใส่ในช่อง x-variable (pick one) และ y-variables (pick one) แล้วคลิก OK จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.17.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17.7 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อสร้างแผนภาพการกระจาย สำหรับโปรแกรม R

จากรูปที่ 4.17.7 แรงดันไฟฟ้าจะแปรเปลี่ยนไปเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป สามารถอธิบายได้ว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อแรงดันไฟฟ้า และมีความสัมพันธ์แบบบวก

สรุป

โปรแกรม Minitab และ R ได้แผนภาพการกระจายที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน เพียงแต่แผนภาพการกระจายจากโปรแกรม R ไม่มีเส้นเชื่อมระหว่างจุด

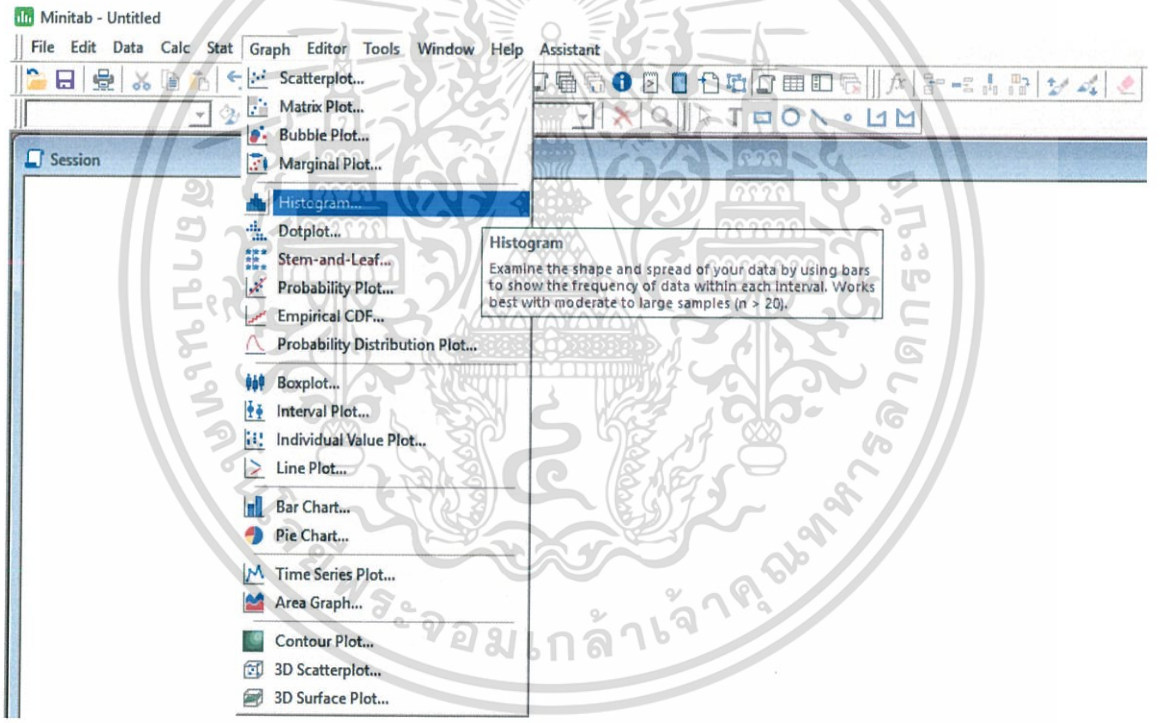
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.18 แผนภูมิฮิสโตแกรม (Histogram)

แผนภูมิฮิสโตแกรม คือแผนภูมิแท่งแบบเฉพาะ ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเป็นหมวดหมู่ที่เรียกว่าชั้นข้อมูลกับความถี่ของข้อมูล เพื่อดูการกระจายของข้อมูล ลักษณะของข้อมูลที่เป็นหมวดหมู่จะเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก โดยจำนวนหมวดหมู่ของข้อมูลจะจัดตามความเหมาะสม แกนตั้งจะเป็นตัวเลขแสดงความถี่ และแกนนอนจะเป็นข้อมูลคุณสมบัติของสิ่งที่เราสนใจ แท่งกราฟแต่ละแท่งจะมีความกว้างเท่ากัน ส่วนความสูงของกราฟแต่ละแท่งนั้นจะสูงเท่ากับจำนวนความถี่ของแต่ละชั้นข้อมูล รูปกราฟจะเปลี่ยนแปลงเมื่อจำนวนข้อมูลมากขึ้นหรือน้อยลง จึงไม่เหมาะกับข้อมูลจำนวนน้อยหรือมากเกินไป นิยมใช้กับข้อมูลที่มีลักษณะเป็นตัวแปรเชิงปริมาณที่ถูกจัดหมู่โดยตัวแปรเชิงคุณภาพ ดังตารางที่ 4.1 เป็นข้อมูลเกี่ยวกับน้ำหนักก่อน-หลัง และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำของชิ้นเนื้อจากการแช่เย็น

<u>โปรแกรม Minitab</u>

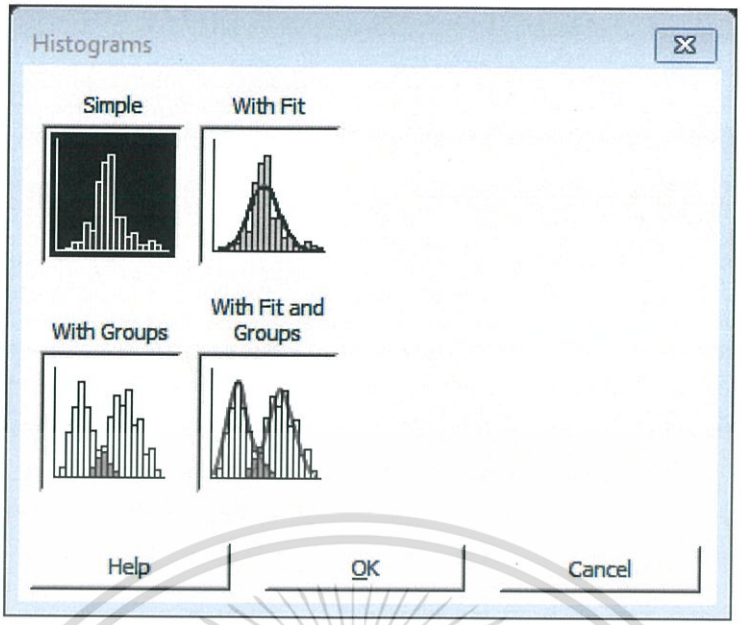
ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Graph ⟶ Histogram ดังรูปที่ 4.18.1



รูปที่ 4.18.1 การใช้คำสั่งเพื่อสร้างแผนภูมิฮิสโตแกรม สำหรับโปรแกรม Minitab

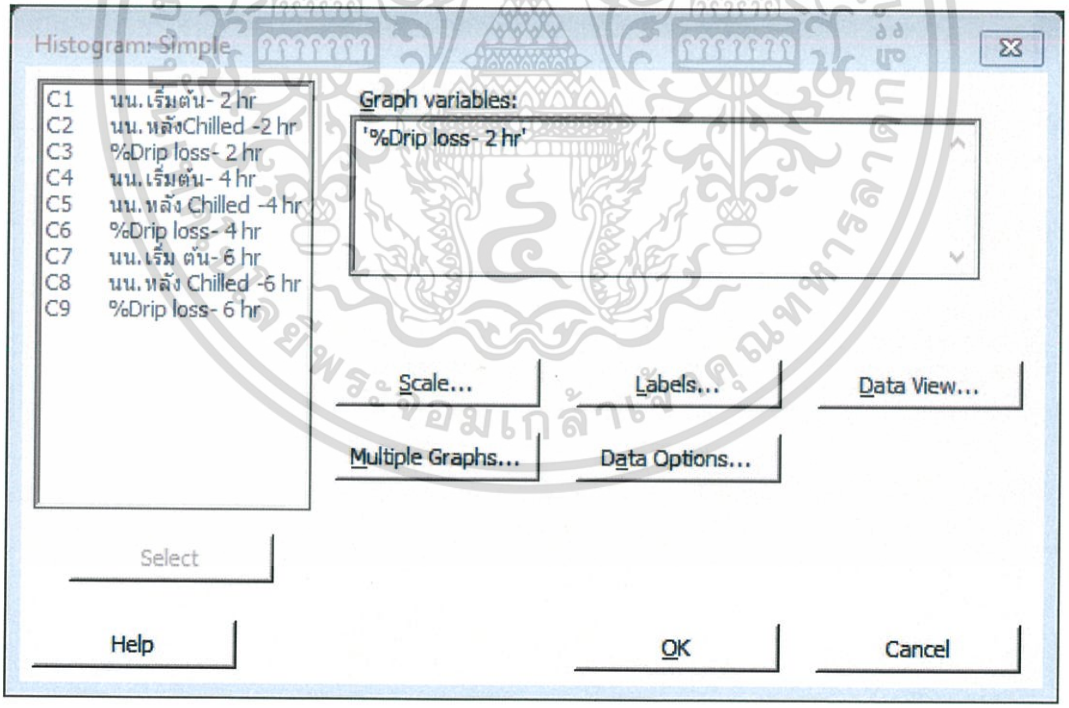
จะปรากฏหน้าต่าง Histograms ดังรูปที่ 4.18.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18.2 หน้าต่าง Histograms

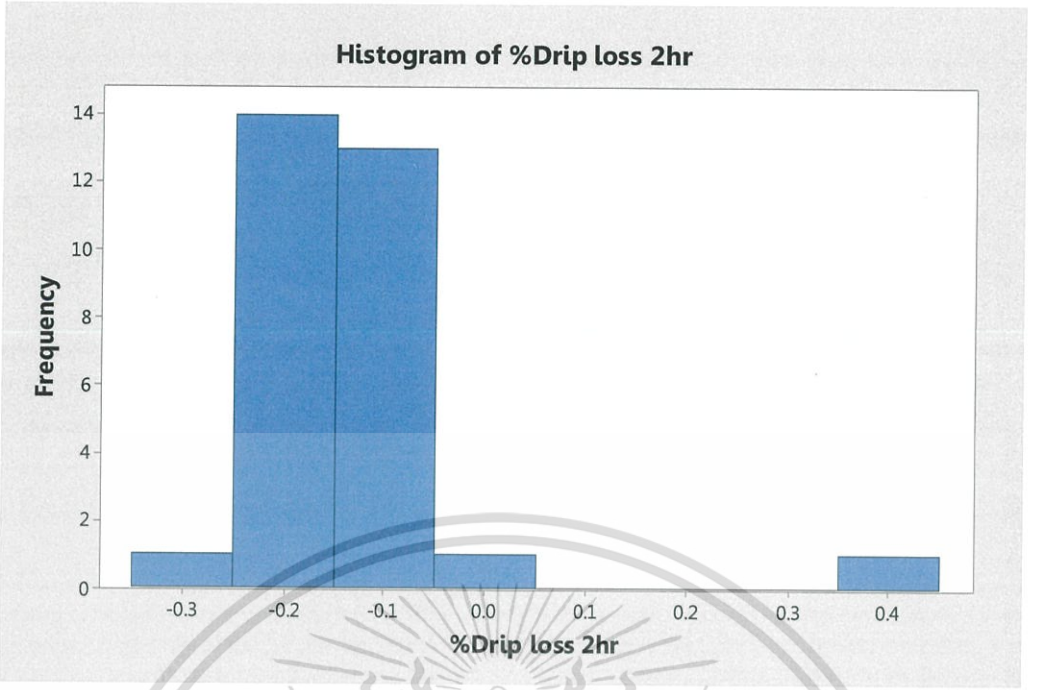
ขั้นที่ 2 เลือก Simple แล้วคลิก OK
จะปรากฏหน้าต่าง Histogram: Simple ดังรูปที่ 4.18.3



รูปที่ 4.18.3 หน้าต่าง Histogram: Simple

ขั้นที่ 3 เลือกตัวแปรที่ต้องการสร้างแผนภูมิฮิสโตแกรม ใส่ในช่อง Graph variables:
แล้วคลิก OK
จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.18.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



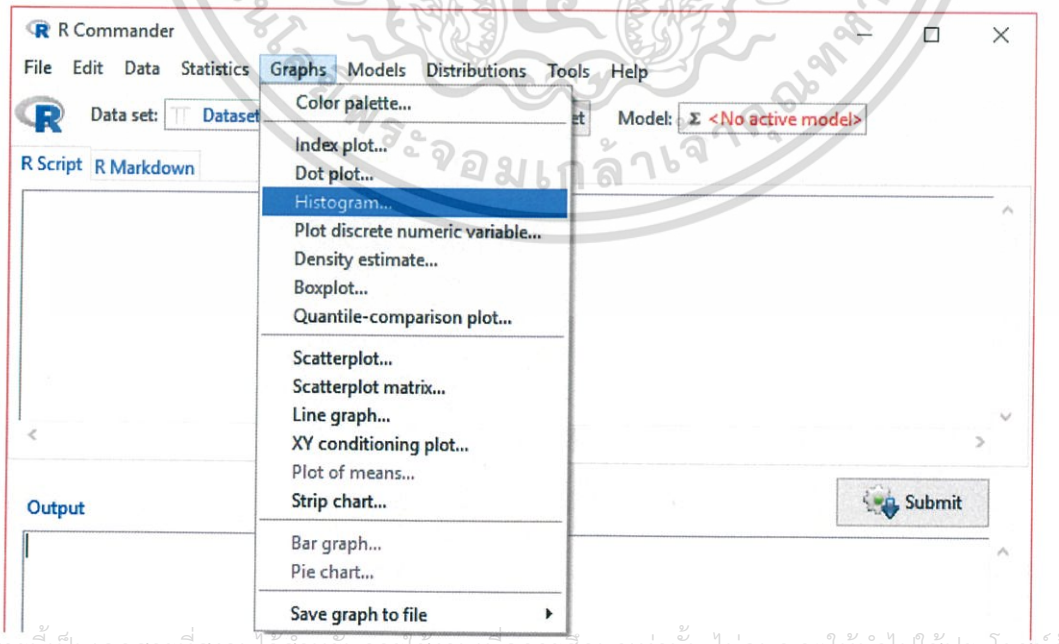
รูปที่ 4.18.4 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อสร้างแผนภูมิฮิสโตแกรม สำหรับโปรแกรม Minitab

จากรูปที่ 4.18.4 แผนภูมิฮิสโตแกรมแยกออกจากกัน ดังนั้น เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำของชิ้นเนื้อจากการแช่เย็น 2 ชั่วโมง ไม่น่าจะมีการแจกแจงแบบปกติ

<u>โปรแกรม R</u>

○ การใช้เมนูผ่าน R Commander

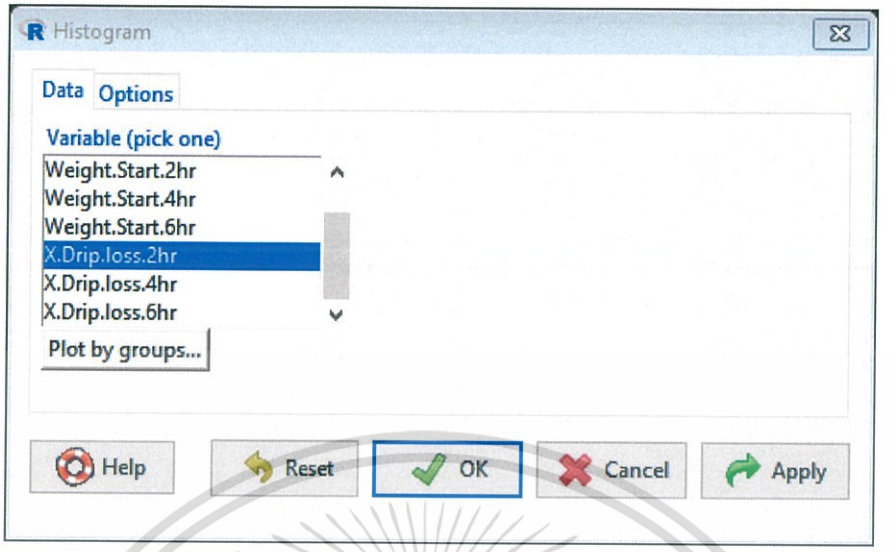
ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Graphs ⟶ Histogram ดังรูปที่ 4.18.5



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.18.5 การใช้คำสั่งเพื่อสร้างแผนภูมิฮิสโตแกรม สำหรับโปรแกรม R

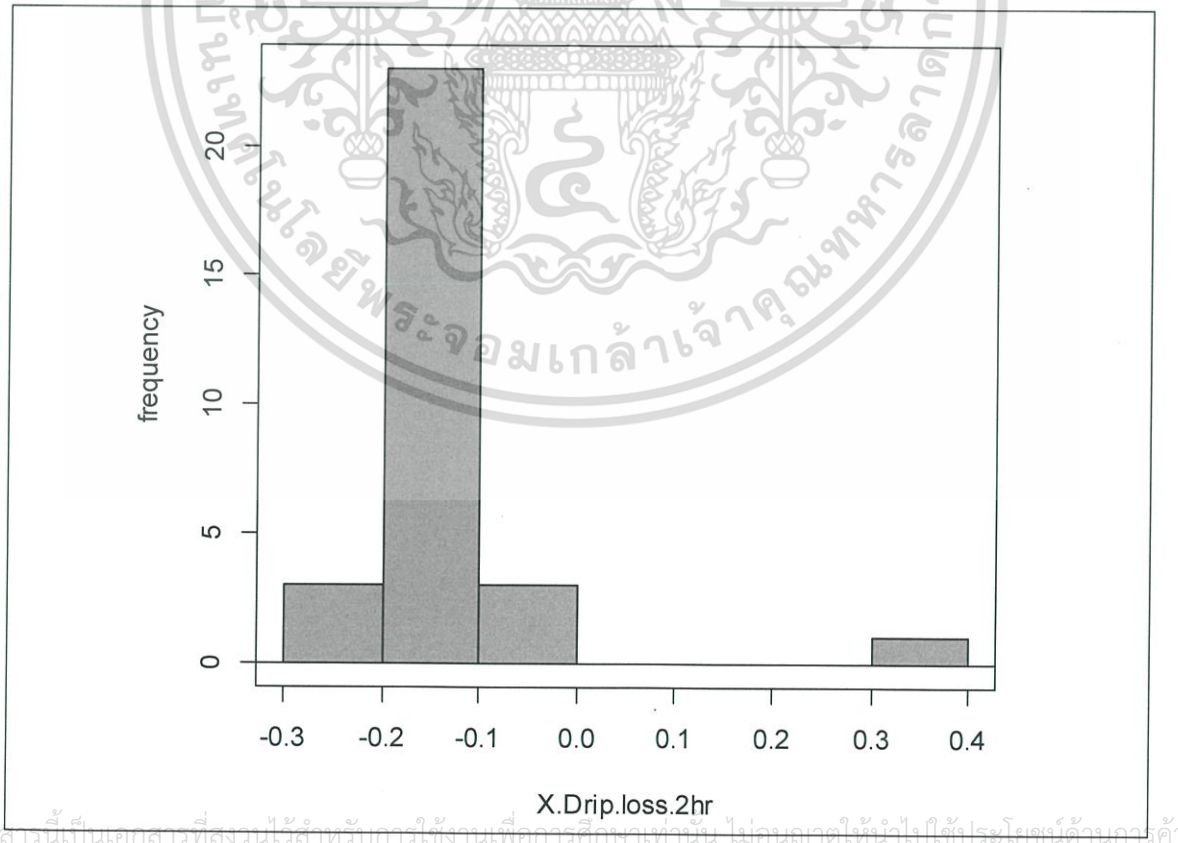
จะปรากฏหน้าต่าง Histogram ดังรูปที่ 4.18.6



รูปที่ 4.18.6 หน้าต่าง Histogram: Data

ขั้นที่ 2 เลือกตัวแปรที่ต้องการสร้างแผนภูมิฮิสโตแกรม ในช่อง Variable (pick one) แล้วคลิก

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.18.7



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.18.7 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อสร้างแผนภูมิฮิสโตแกรม สำหรับโปรแกรม R

จากรูปที่ 4.18.7 แผนภูมิฮิสโตแกรมแยกออกจากกัน ดังนั้น เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำของชิ้นเนื้อจากการแช่เย็น 2 ชั่วโมง ไม่น่าจะมีการแจกแจงแบบปกติ

<u>สรุป</u>

ผลลัพธ์จากโปรแกรม Minitab และ R ได้แผนภูมิฮิสโตแกรมที่มีลักษณะแตกต่างกัน เนื่องจากโปรแกรม Minitab ค่าที่แกน X จะอยู่กึ่งกลางของแต่ละแท่งกราฟ ในขณะที่โปรแกรมม R ค่าที่แกน X จะอยู่ที่จุดแรกของแต่ละแท่งกราฟ

4.19 กราฟความน่าจะเป็น (Probability Plot)

กราฟความน่าจะเป็น แสดงถึงการกระจายตัวของข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ว่ามีความผิดปกติหรือไม่ โดยหากจุดตัดเรียงตัวกันเป็นแนวเส้นตรง ลักษณะการเกิดจุดไม่กระจุกเป็นกลุ่ม ๆ และความห่างระหว่างจุดแต่ละจุดต้องใกล้เคียงกันเป็นส่วนใหญ่ แสดงว่าข้อมูลมีการกระจายตัวปกติ โดยข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลเชิงปริมาณ ดังตารางที่ 4.3 เป็นตัวอย่างข้อมูลระยะเวลาในการนำเนื้อออกจากบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 แบบ

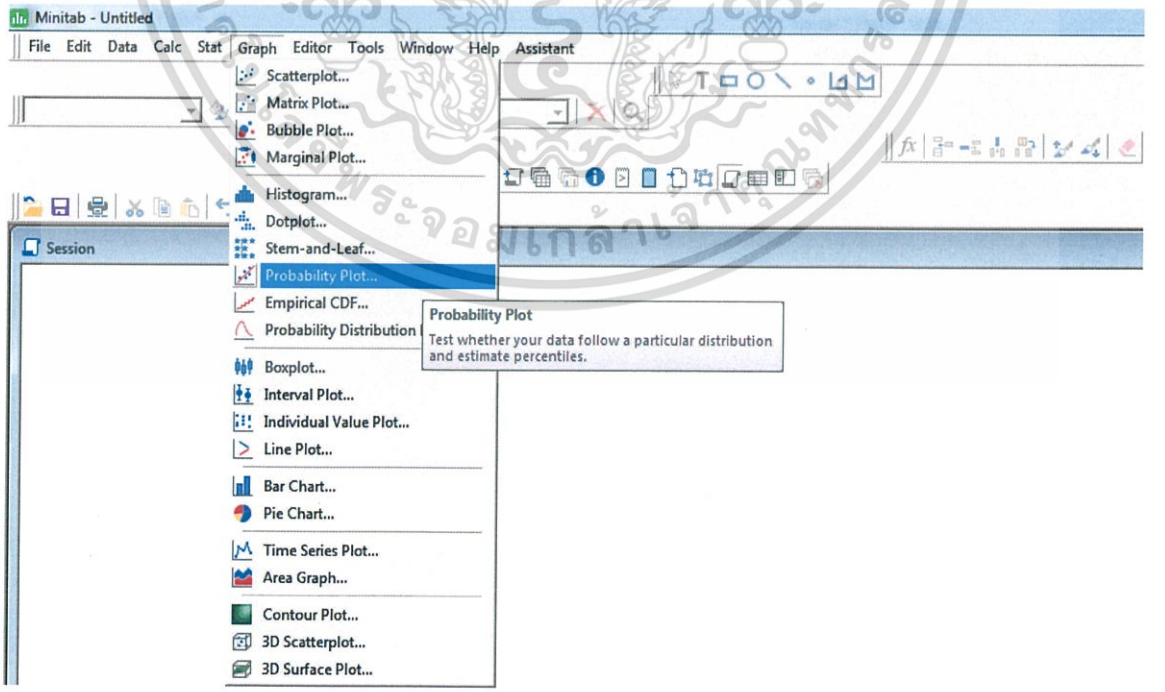
สมมติฐาน

H_0 : ข้อมูลถุงมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ข้อมูลถุงไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

<u>โปรแกรม Minitab</u>

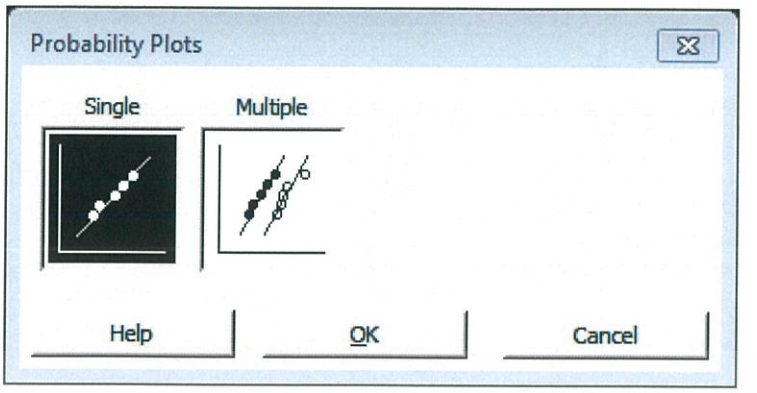
ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Graph ⟶ Probability Plot ดังรูปที่ 4.19.1



รูปที่ 4.19.1 การใช้คำสั่งเพื่อสร้างกราฟความน่าจะเป็น สำหรับโปรแกรม Minitab

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

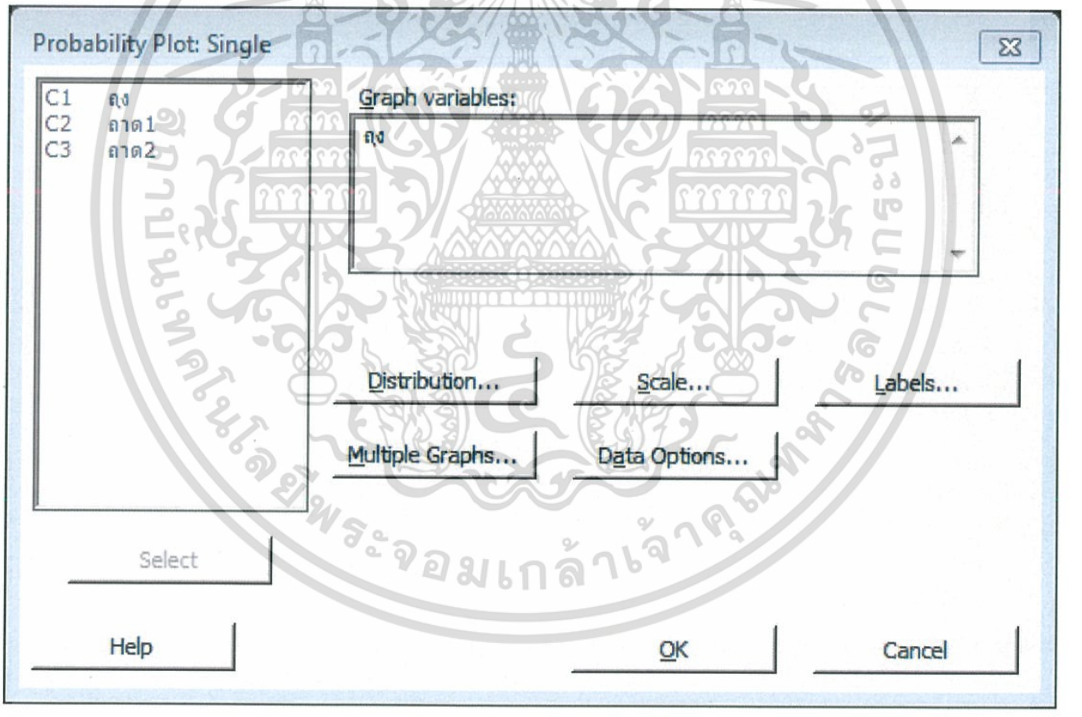
จะปรากฏหน้าต่าง Probability Plots ดังรูปที่ 4.19.2



รูปที่ 4.19.2 หน้าต่าง Probability Plots

ขั้นที่ 2 เลือก Single แล้วคลิก OK

จะปรากฏหน้าต่าง Probability Plot: Single ดังรูปที่ 4.19.3

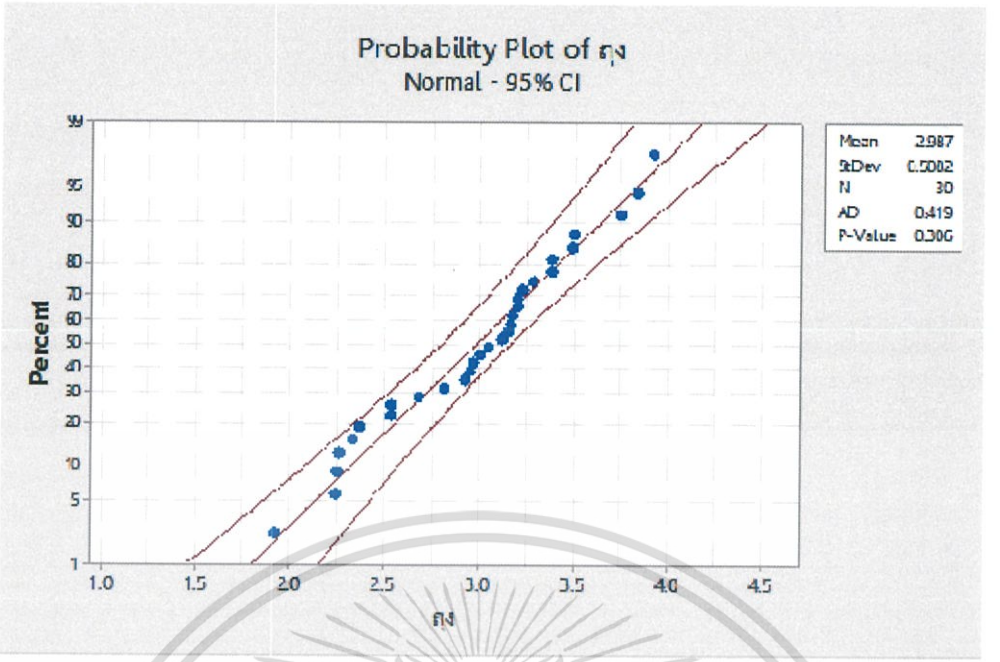


รูปที่ 4.19.3 หน้าต่าง Probability Plot: Single ของชุดข้อมูลจากตารางที่ 4.3

ขั้นที่ 3 เลือกตัวแปรที่ต้องการสร้างกราฟความน่าจะเป็น ใส่ในช่อง Graph variables: แล้วคลิก OK

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.19.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



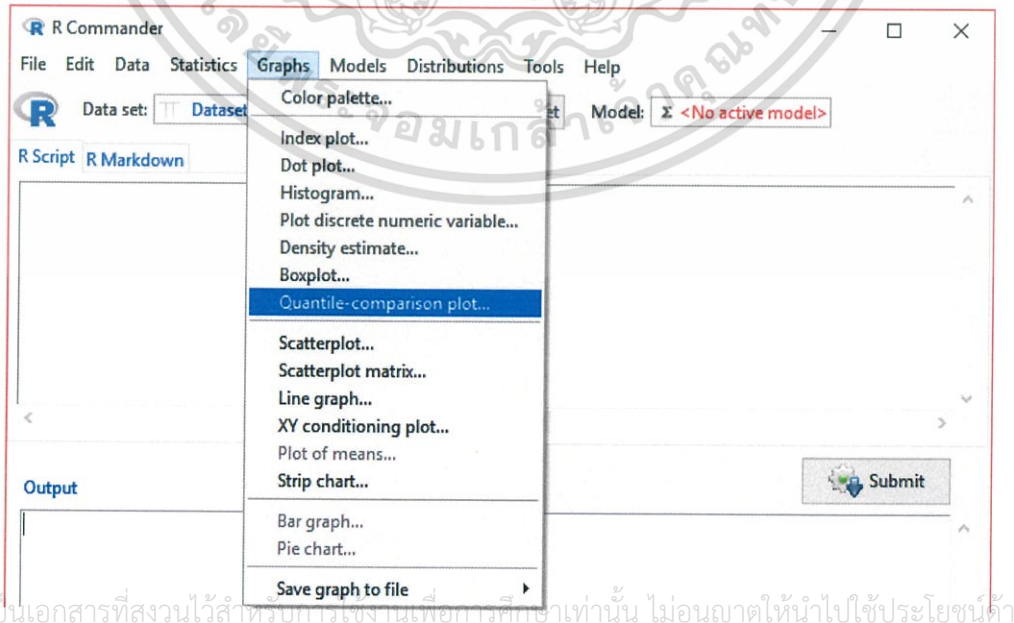
รูปที่ 4.19.4 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อสร้างกราฟความน่าจะเป็น สำหรับโปรแกรม Minitab

จากรูปที่ 4.19.4 ได้ค่า P-value = 0.306 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ข้อมูลถุงมีการแจกแจงแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

<u>โปรแกรม R</u>

- การใช้เมนูใน R Commander
  - การสร้างกราฟความน่าจะเป็น

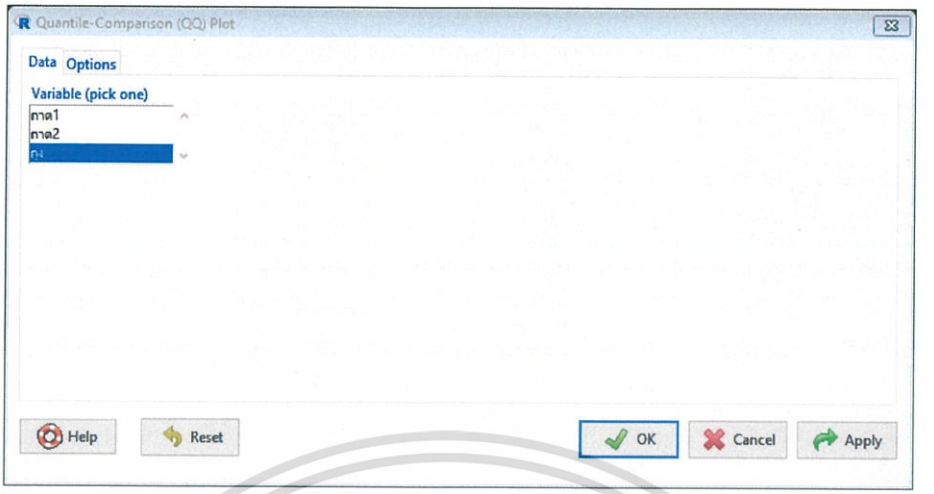
    ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Graphs ⟶ Quantile-comparison plot ดังรูปที่ 4.19.5



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.19.5 การใช้คำสั่งเพื่อสร้างกราฟความน่าจะเป็น สำหรับโปรแกรม R

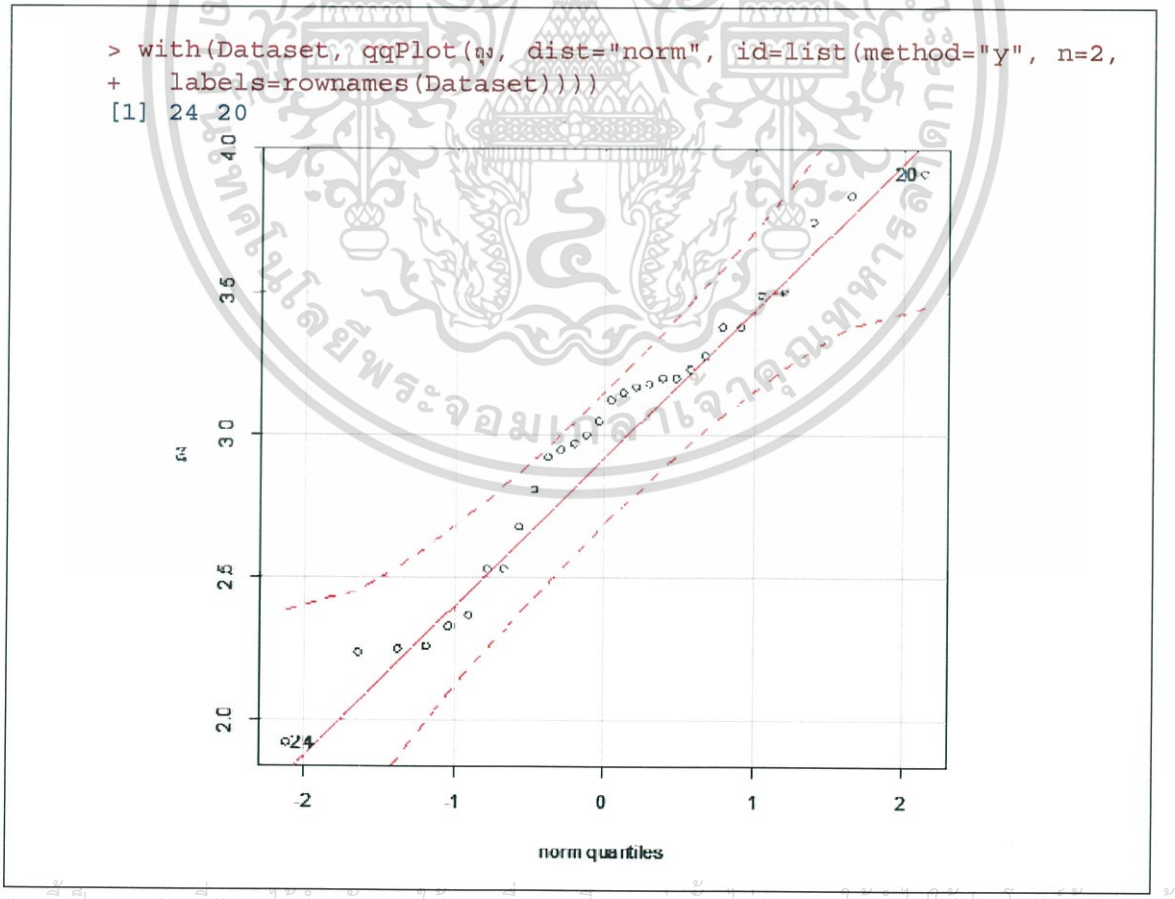
จะปรากฏหน้าต่าง Quantile-Comparison (QQ) Plot ดังนี้



รูปที่ 4.19.6 หน้าต่าง Quantile-Comparison (QQ) Plot

ขั้นที่ 2 เลือกตัวแปรที่ต้องการสร้างกราฟความน่าจะเป็น ในช่อง Variable (pick one) แล้วคลิก OK

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.19.7



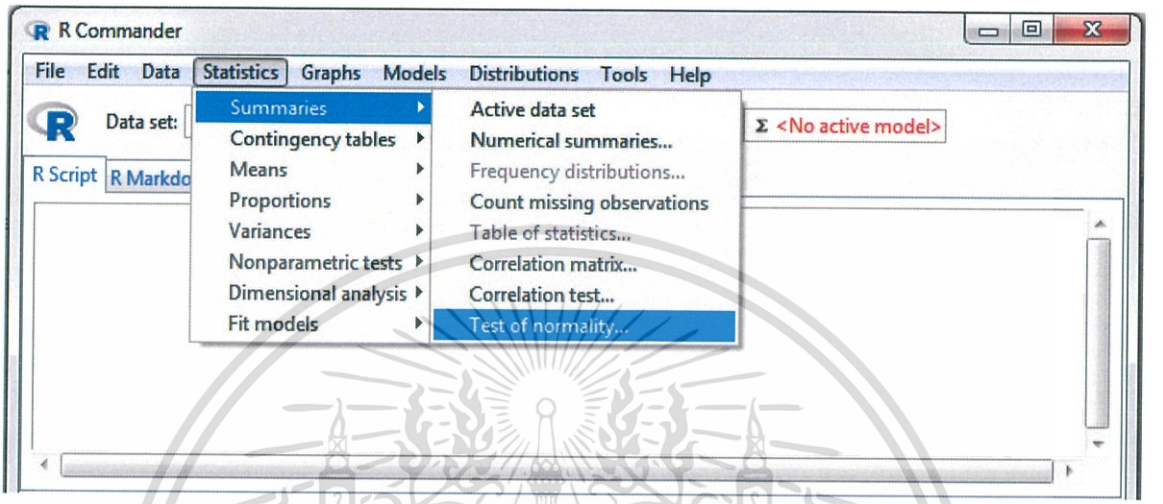
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.19.7 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อสร้างกราฟความน่าจะเป็น สำหรับโปรแกรม R

จากรูปที่ 4.19.7 เนื่องจากจุดที่พล็อตอยู่รอบ ๆ ใกล้เส้นตรง โดยไม่ออกนอกแนวเส้นประ ดังนั้น ข้อมูลถุงน่าจะมีการแจกแจงแบบปกติ

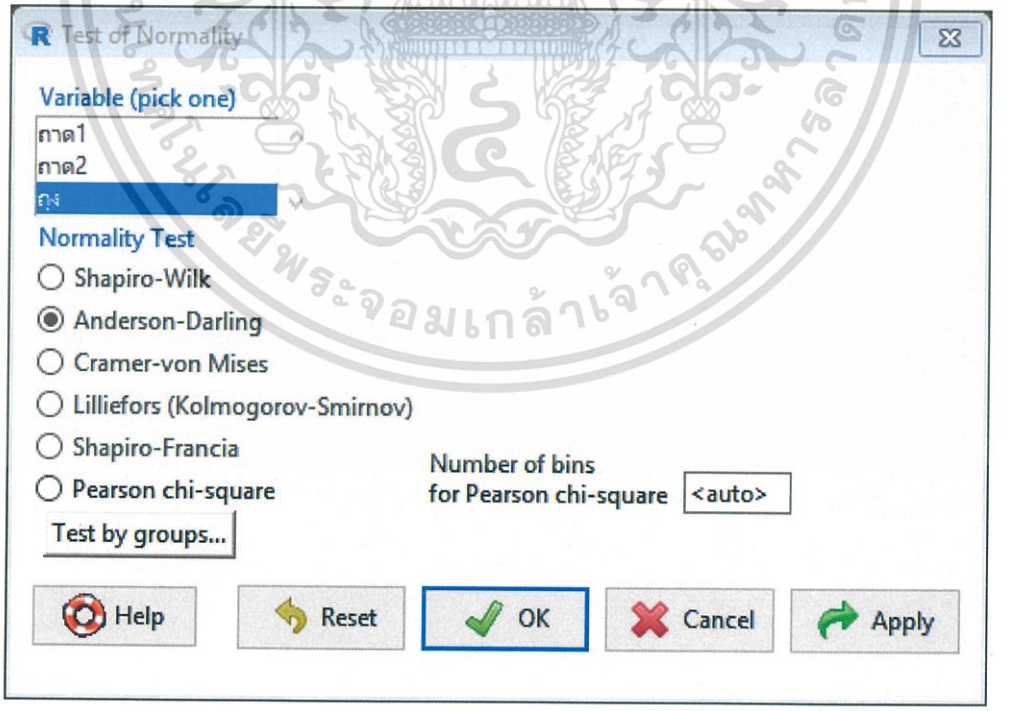
- **การทดสอบการแจกแจงปกติ**

  ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Statistics ⟶ Summaries ⟶ Test of normality ดังรูปที่ 4.19.8



รูปที่ 4.19.8 การใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ สำหรับโปรแกรม R

จะปรากฏหน้าต่าง Test of Normality ดังรูปที่ 4.19.9



รูปที่ 4.19.9 หน้าต่าง Test of Normality ของชุดข้อมูลจากตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 2 เลือกตัวแปรที่ต้องการทดสอบการแจกแจงปกติ ในช่อง Variables (pick one) Normality Test เลือกตัวสถิติที่ต้องการทดสอบ แล้วคลิก OK จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.19.10

```
> normalityTest(~ถุง, test="ad.test", data=Dataset)

        Anderson-Darling normality test

data:  ถุง
A = 0.41947, p-value = 0.3064
```

รูปที่ 4.19.10 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติ ของชุดข้อมูลจากตารางที่ 4.3 สำหรับโปรแกรม R

จากรูปที่ 4.19.10 ได้ค่า P-value = 0.3064 > α = 0.05 จึงยอมรับ H_0 ดังนั้น ข้อมูลถุงมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

<u>สรุป</u>

ผลลัพธ์จากโปรแกรม Minitab และ R ได้กราฟความน่าจะเป็นที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน และได้ค่า Anderson-Darling และค่า P-value ที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถแปลความหมายทางสถิติได้เหมือนกัน นั่นคือ ข้อมูลถุงมีการแจกแจงแบบปกติ

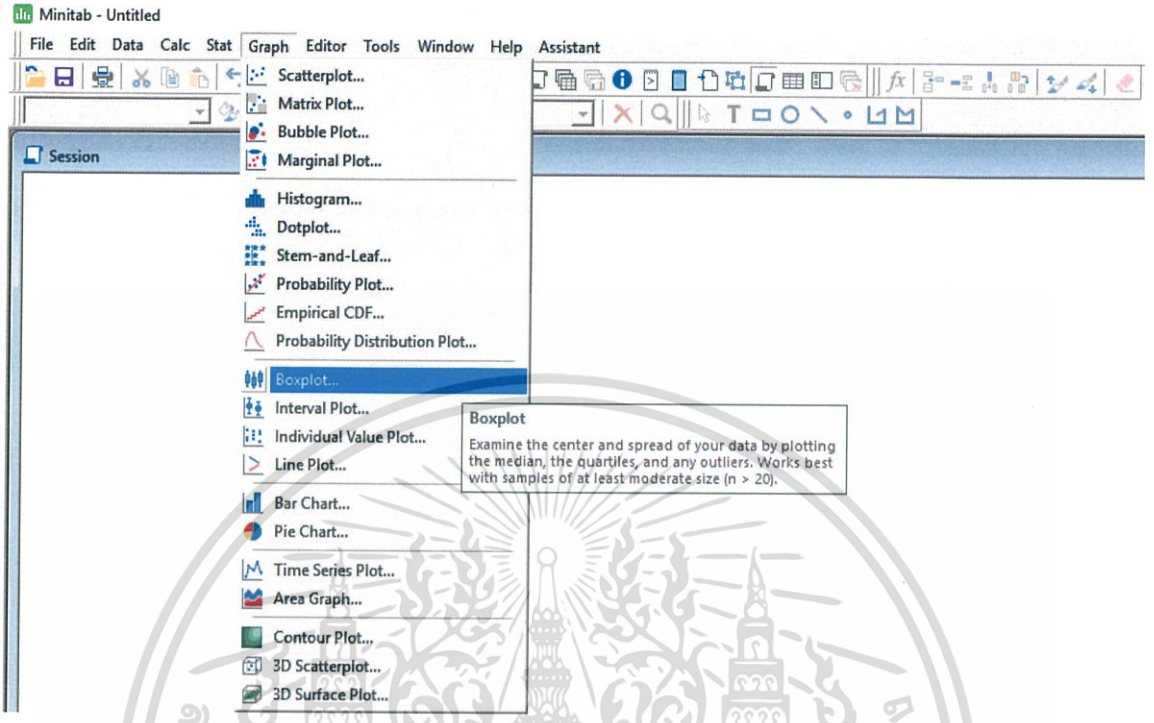
4.20 แผนภาพกล่อง (Boxplot)

แผนภาพกล่อง จะแสดงข้อมูลทั้งหมดออกมา 3 ควอไทล์ โดยมีการจัดเรียงอันดับของข้อมูลแล้ว ข้อมูลที่ตกอยู่ภายใต้ Q_1 (Quartile 1) คือข้อมูล 25% แรกจากค่าต่ำขึ้นมา จะแสดงในรูปเส้นตรงหนึ่งเส้น (Whisker) ข้อมูลที่ตกอยู่ภายใต้ Q_2 คือข้อมูลตัวที่มากกว่า 25% จนถึงตัวที่ 75% โดยแสดงออกมาในรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ภายใน Q_3 นี้ จะมีค่าที่ 50% ของข้อมูลอยู่ เขียนแทนด้วยเส้นตรงอยู่ภายในรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ค่านี้คือค่าค่ากลางของข้อมูลทั้งหมด (Median) และตรงค่าเฉลี่ย (Mean) จะแทนด้วย เครื่องหมายบวก โดยที่ค่าอาจจะเท่าหรือต่างกับค่ากลางก็ได้ ส่วนค่าที่ตกอยู่ภายใต้ Q_3 คือตัวที่มากกว่า 75% ขึ้นไป จะเขียนแทนด้วยเส้นตรงเช่นเดียวกับ Q_1 ค่าที่ต่ำกว่าค่าเริ่มต้นของ Q_1 และค่าสุดท้ายของ Q_3 จะเรียกว่า ค่าผิดปกติ (Outlier) เขียนสัญญลักญ์แทนด้วย * เส้นค่ากลางจะแบ่งจำนวนข้อมูลใน Q_2 ออกเป็นสองส่วนเท่า ๆ กัน ดังนั้น ถ้าค่ากลางนี้ไม่ได้อยู่ตรงกลางรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า นั่นหมายถึงรูปกราฟจะเบ้ไปหรือความหนาแน่นของข้อมูลจะไม่เท่ากันอัตราส่วน นอกจากนี้สามารถใช้แผนภาพกล่องเพื่อเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลสองกลุ่มหรือมากกว่านั้น ดังตารางที่ 4.9 เป็นข้อมูลคะแนนของกลุ่ม A และกลุ่ม B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

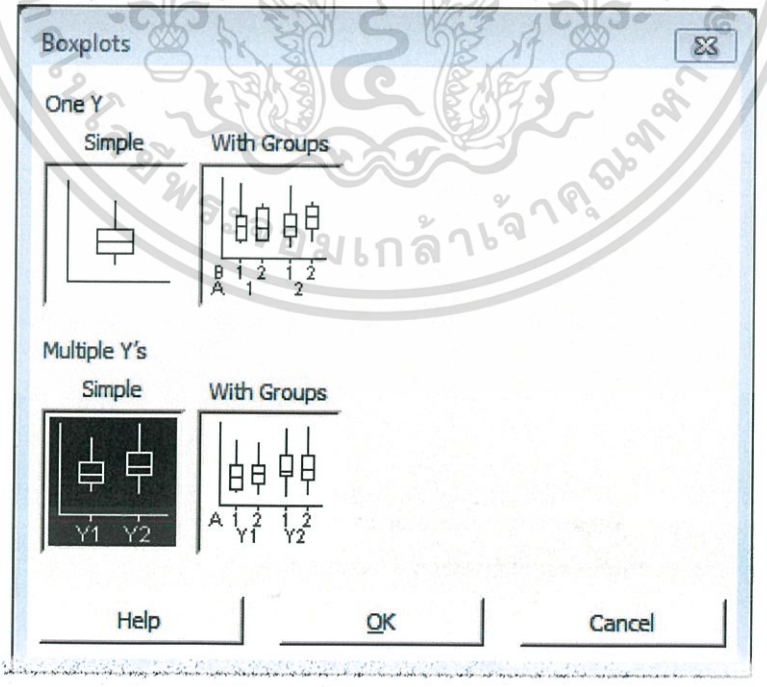
<u>โปรแกรม Minitab</u>

ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Graph ⟶ Boxplot ดังรูปที่ 4.20.1



รูปที่ 4.20.1 การใช้คำสั่งเพื่อสร้างแผนภาพกล่อง สำหรับโปรแกรม Minitab

จะปรากฏหน้าต่าง Boxplots ดังรูปที่ 4.20.2

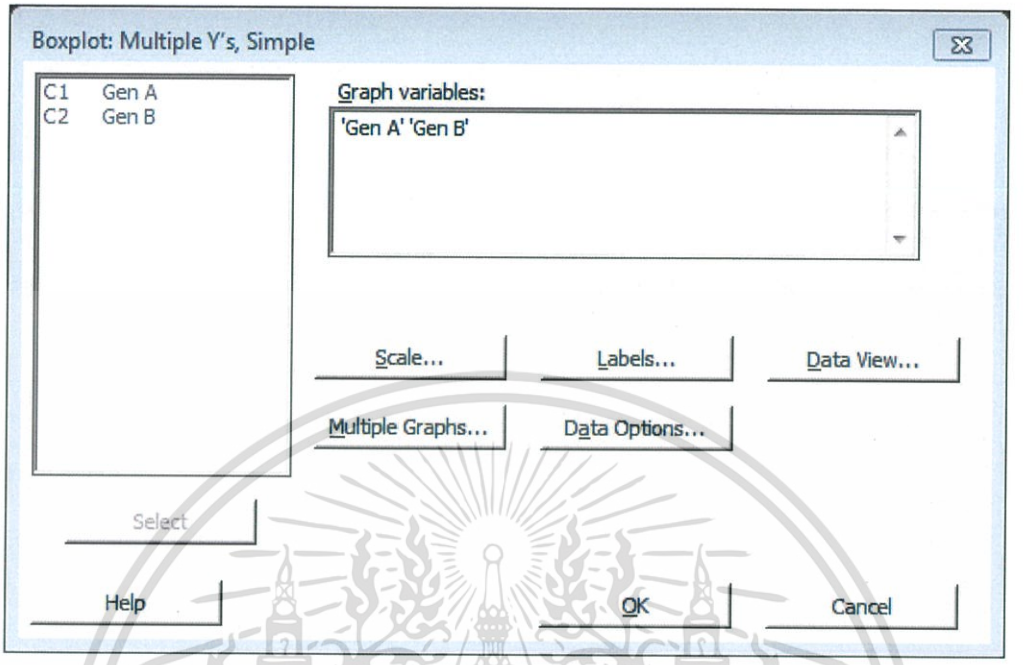


รูปที่ 4.20.2 หน้าต่าง Boxplots

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 2 เลือก Simple ในส่วนของ Multiple Y's แล้วคลิก OK

จะปรากฏหน้าต่าง Boxplot: Multiple Y's, Simple ดังรูปที่ 4.20.3

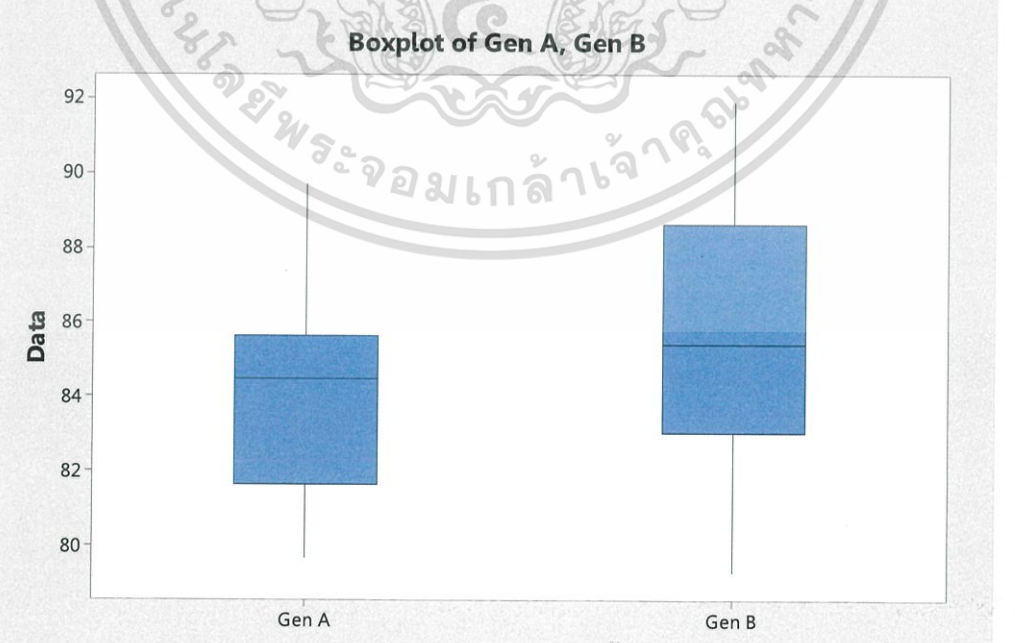


รูปที่ 4.20.3 หน้าต่าง Boxplot: Multiple Y's, Simple

ขั้นที่ 3 เลือกตัวแปรที่ต้องการสร้างแผนภาพกล่อง ใส่ในช่อง Graph variables:

แล้วคลิก OK

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.20.4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้นำไปใช้

รูปที่ 4.20.4 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อสร้างแผนภาพกล่อง สำหรับโปรแกรม Minitab

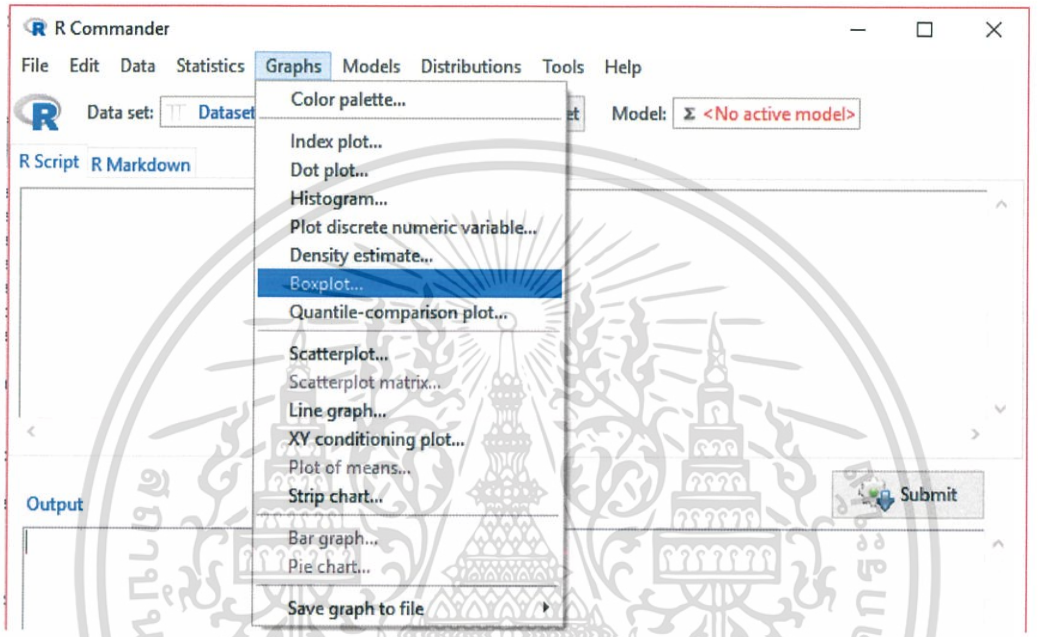
จากรูปที่ 4.20.4 สามารถอธิบายได้ว่าคะแนนของกลุ่ม A และคะแนนของกลุ่ม B ไม่มีค่าผิดปกติ คะแนนของกลุ่ม A เบ้ซ้าย และคะแนนของกลุ่ม B มีการกระจายมากกว่าคะแนนของกลุ่ม A

<u>โปรแกรม R</u>

ใช้ข้อมูลจากตารางที่ 4.12

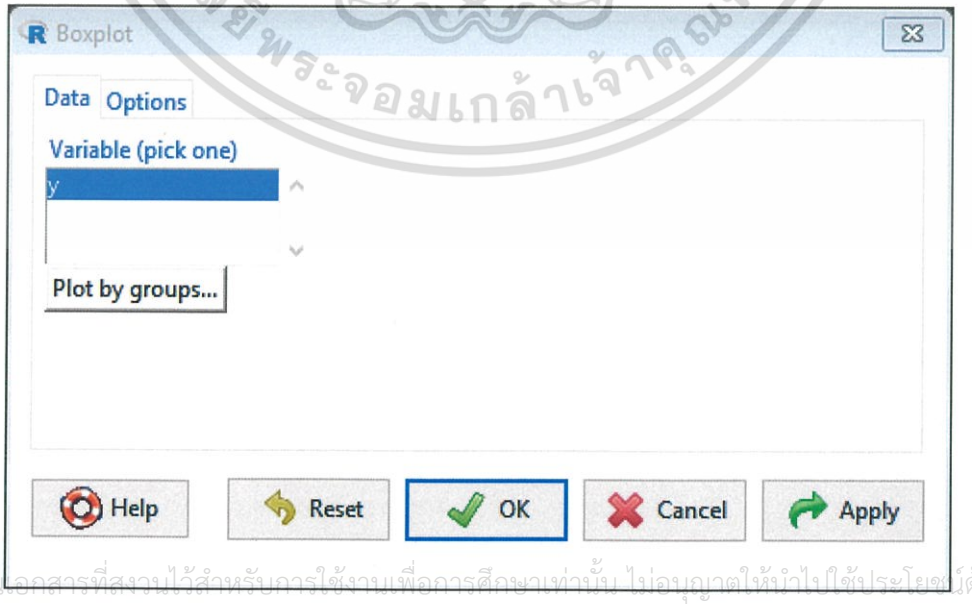
○ **การใช้เมนูผ่าน R Commander**

ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Graphs ⟶ Boxplot ดังรูปที่ 4.20.5



รูปที่ 4.20.5 การใช้คำสั่งเพื่อสร้างแผนภาพกล่อง สำหรับโปรแกรม R

จะปรากฏหน้าต่าง Boxplot ดังรูปที่ 4.20.6



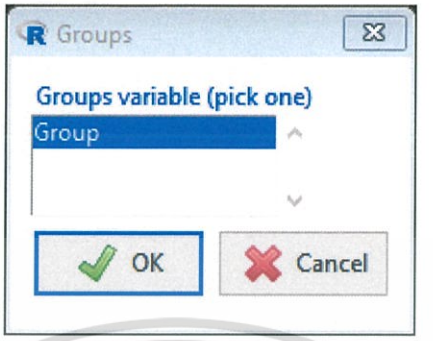
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.20.6 หน้าต่าง Boxplot: Data

ขั้นที่ 2 เลือกตัวแปรที่ต้องการสร้างแผนภาพกล่อง ในช่อง Variable (pick one)

ขั้นที่ 3 คลิกที่ Plot by groups...

จะปรากฏหน้าต่าง Groups ดังรูปที่ 4.20.7

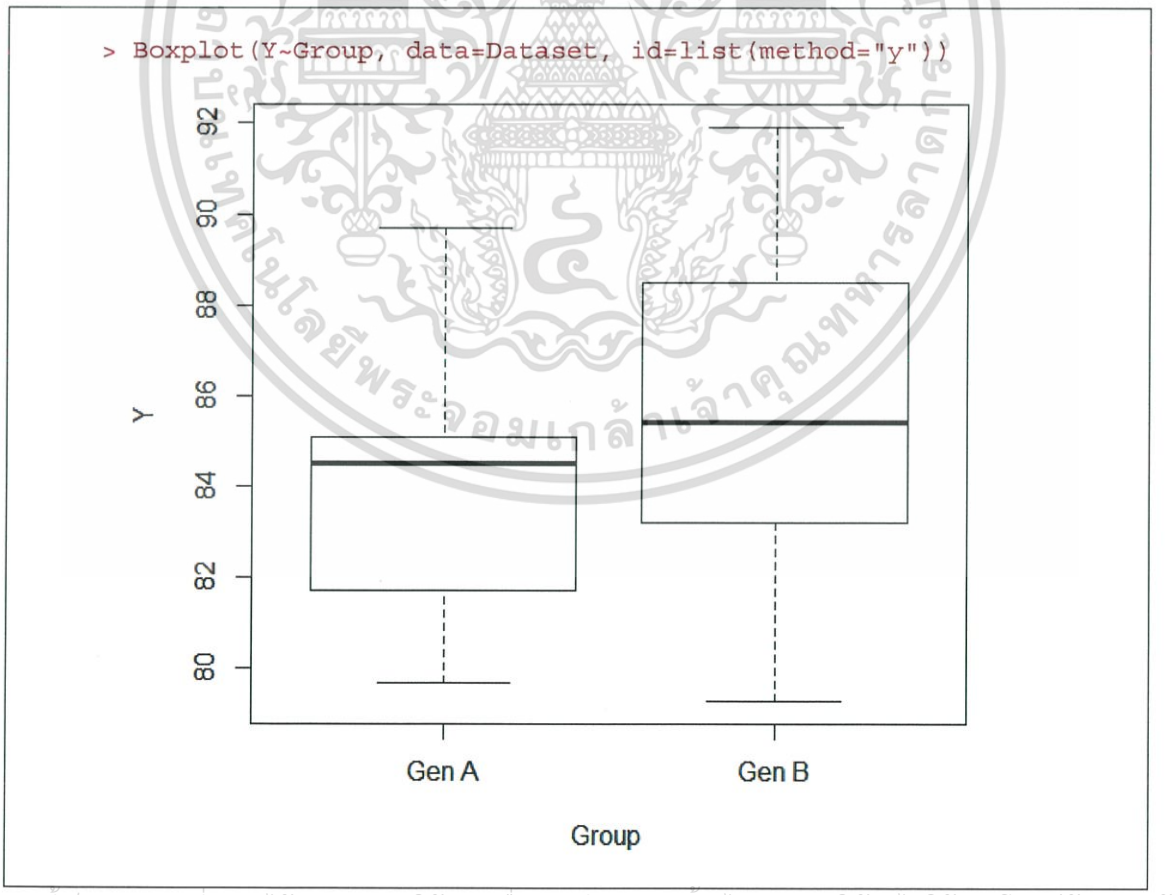


รูปที่ 4.20.7 หน้าต่าง Groups ของชุดข้อมูลจากตารางที่ 4.9

ขั้นที่ 4 เลือกตัวแปรที่ต้องการให้เป็นตัวจำแนกกลุ่ม ในช่อง Groups variable (pick one)

แล้วคลิก OK

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.20.8



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.20.8 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อสร้างแผนภาพกล่อง สำหรับโปรแกรม R

จากรูปที่ 4.20.8 สามารถอธิบายได้ว่าคะแนนของกลุ่ม A และคะแนนของกลุ่ม B ไม่มีค่าผิดปกติ คะแนนของกลุ่ม A เบ้ซ้าย และคะแนนของกลุ่ม B มีการกระจายมากกว่าคะแนนของกลุ่ม A

สรุป

ผลลัพธ์จากโปรแกรม Minitab และ R ได้แผนภาพกล่องที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน

4.21 แผนภูมิเส้น (Line Graph)

แผนภูมิเส้น เป็นวิธีการนำเสนอข้อมูล โดยใช้จุดและส่วนของเส้นตรงที่ลากเชื่อมต่อจุด ซึ่งแต่ละจุดจะบอกจำนวนหรือปริมาณของข้อมูลแต่ละรายการ โดยให้แกนตั้งแสดงค่าของข้อมูลและแกนนอนแสดงเวลา นิยมใช้แผนภูมิเส้นกับข้อมูลที่แสดงการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง ตามลำดับก่อนหลังของเวลา ดังตารางที่ 4.46 เป็นข้อมูลจำนวนพนักงานที่มาทำงานในกะ 1 และ 2 ของเดือนสิงหาคมและกันยายนของปี 2559

ตารางที่ 4.46 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแผนภูมิเส้น

Row	Date	Aug-17 (1)	Aug-17 (2)	Sep-17 (1)	Sep-17 (2)
1	1	12	8	19	15
2	2	20	10	14	15
3	3	18	12		
4	4	13	6	24	19
5	5	9	15	20	23
6	6			17	23
7	7	21	8	22	19
8	8	15	8	14	18
9	9	11	12	21	23
10	10	12	19		
11	11	17	18	34	26
12	12			25	22
13	13			24	18
14	14	17	10	18	18
15	15	11	11	29	19
16	16	15	13	27	21
17	17	10	17		
18	18	11	20	30	19
19	19	9	15	23	21
20	20			22	12

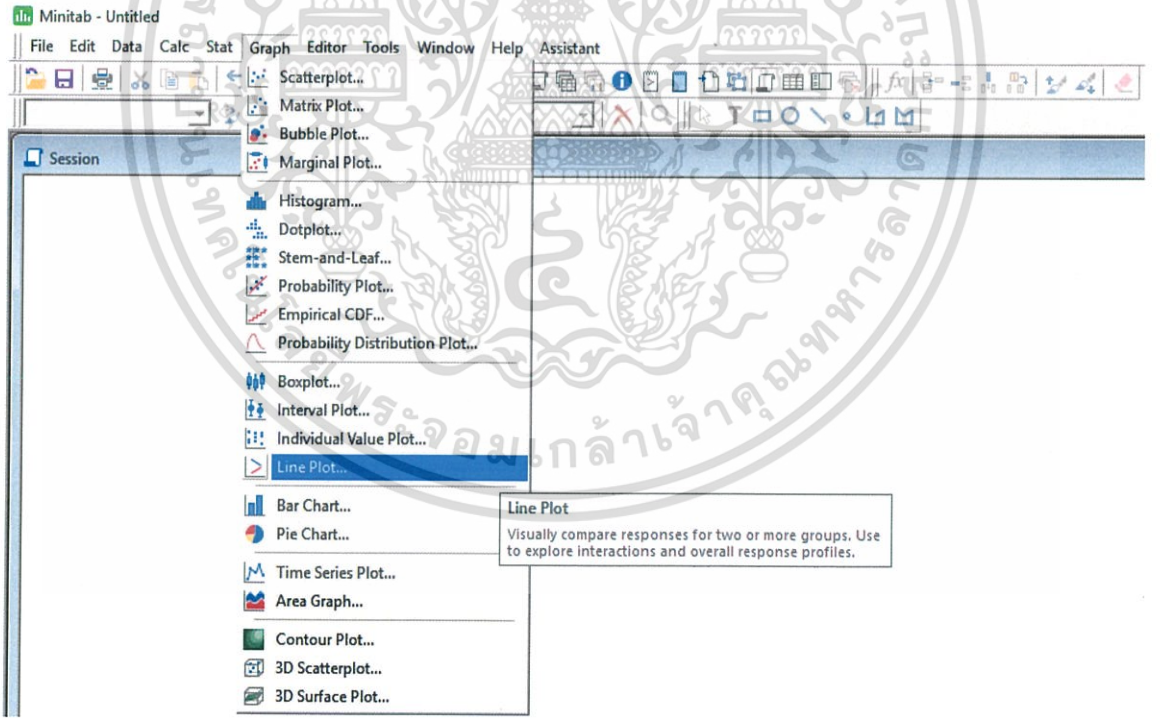
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.46 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแผนภูมิเส้น (ต่อ)

21	21	13	15	21	13
22	22	12	16	28	15
23	23	13	13	19	20
24	24	12	12		
25	25	16	13	24	19
26	26	16	20	23	13
27	27			23	17
28	28	18	11	18	19
29	29	19	12	16	13
30	30	19	10	17	12
31	31	13	10		

<u>โปรแกรม Minitab</u>

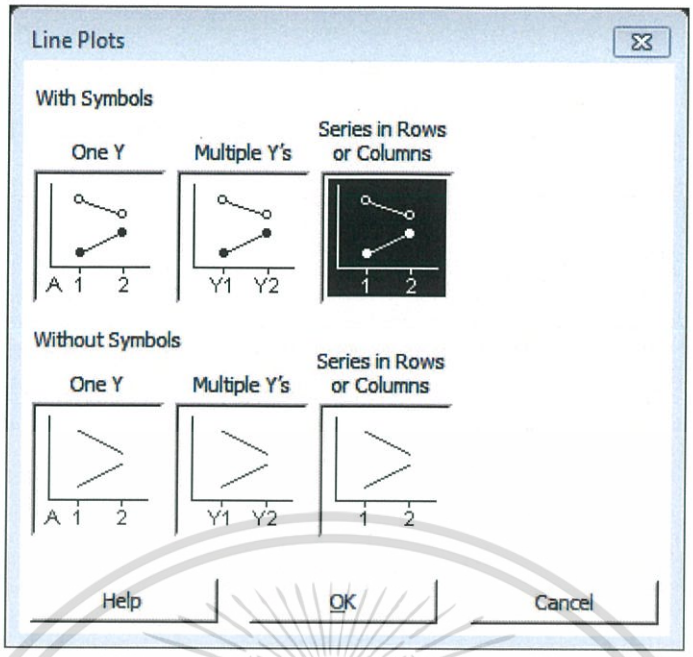
ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Graph ⟶ Line Plot ดังรูปที่ 4.21.1



รูปที่ 4.21.1 การใช้คำสั่งเพื่อสร้างแผนภูมิเส้น สำหรับโปรแกรม Minitab

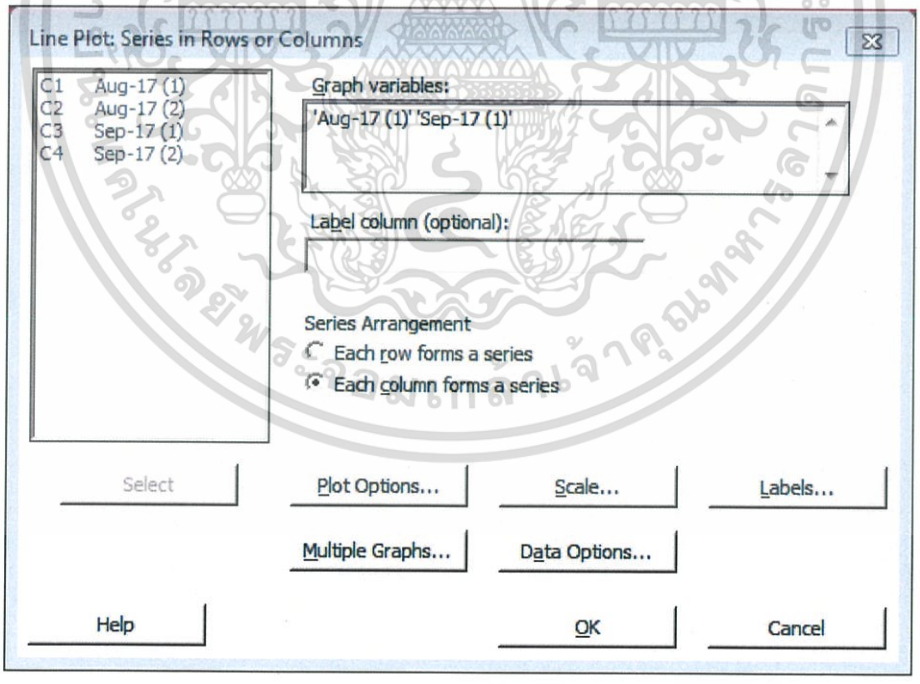
จะปรากฏหน้าต่าง Line Plots ดังรูปที่ 4.21.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21.2 หน้าต่าง Line Plots

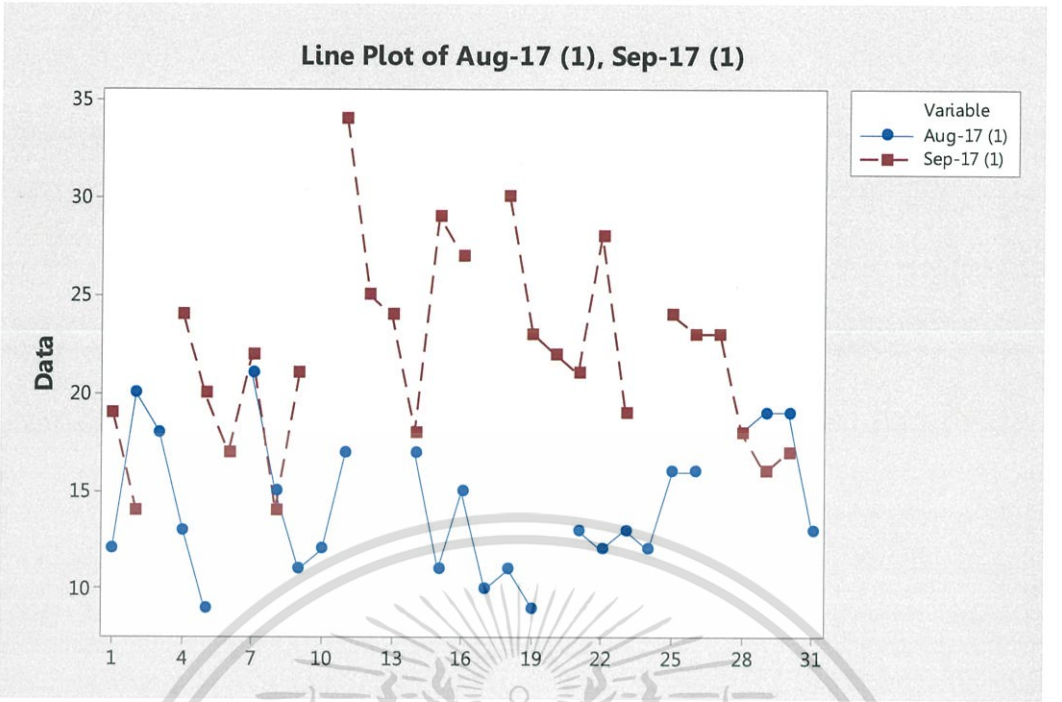
ขั้นที่ 2 เลือก Series in Rows or Columns ในส่วนของ With Symbols แล้วคลิก OK จะปรากฏหน้าต่าง Line Plot: Series in Rows or Columns ดังรูปที่ 4.21.3



รูปที่ 4.21.3 หน้าต่าง Line Plot: Series in Rows or Columns

ขั้นที่ 3 เลือกตัวแปรที่ต้องการสร้างแผนภูมิเส้น ใส่ในช่อง Graph variables: Series Arrangement เลือก Each column forms a series แล้วคลิก OK จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.21.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

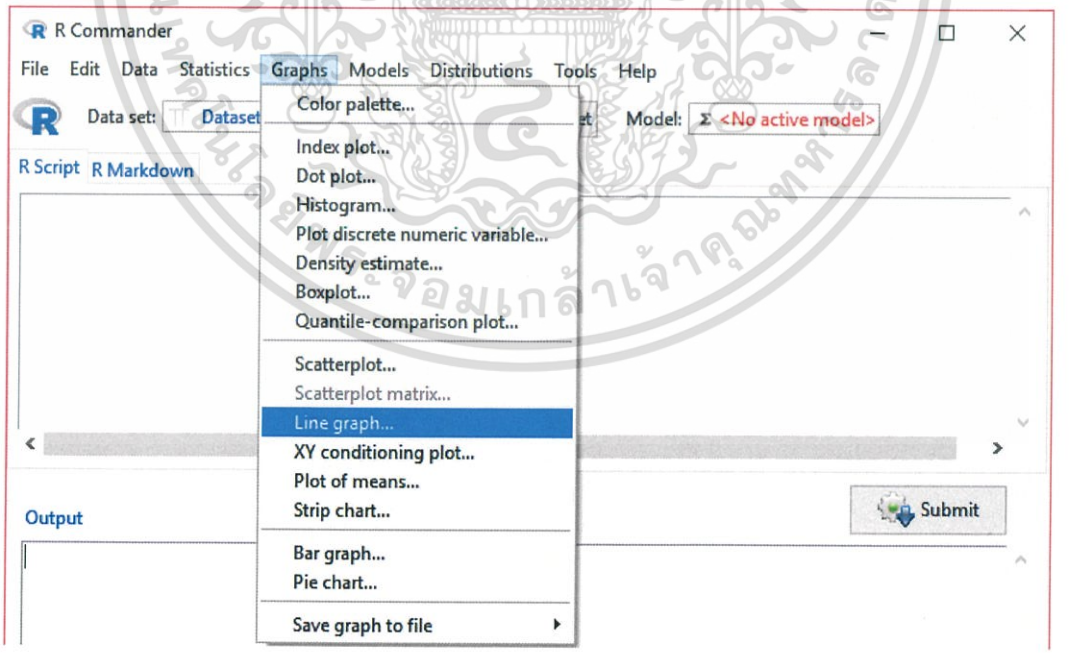


รูปที่ 4.21.4 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อสร้างแผนภูมิเส้น สำหรับโปรแกรม Minitab

<u>โปรแกรม R</u>

○ การใช้เมนูผ่าน R Commander

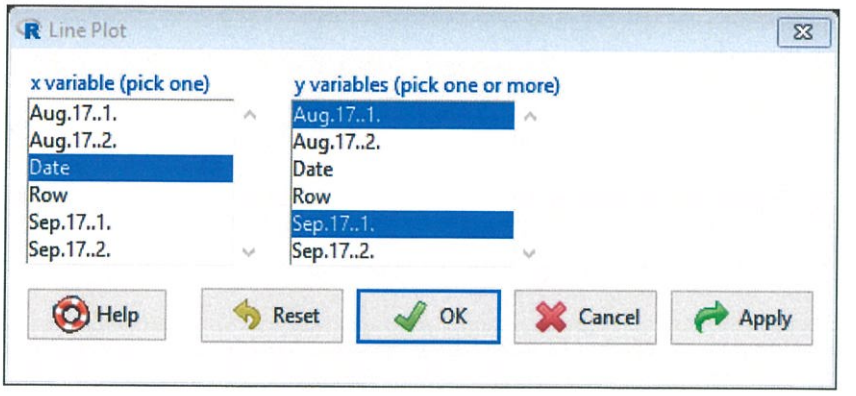
ขั้นที่ 1 ใช้คำสั่ง Graph ⟶ Line graph ดังรูปที่ 4.21.5



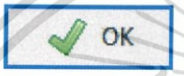
รูปที่ 4.21.5 การใช้คำสั่งเพื่อสร้างแผนภูมิเส้น สำหรับโปรแกรม R

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งนี้ ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

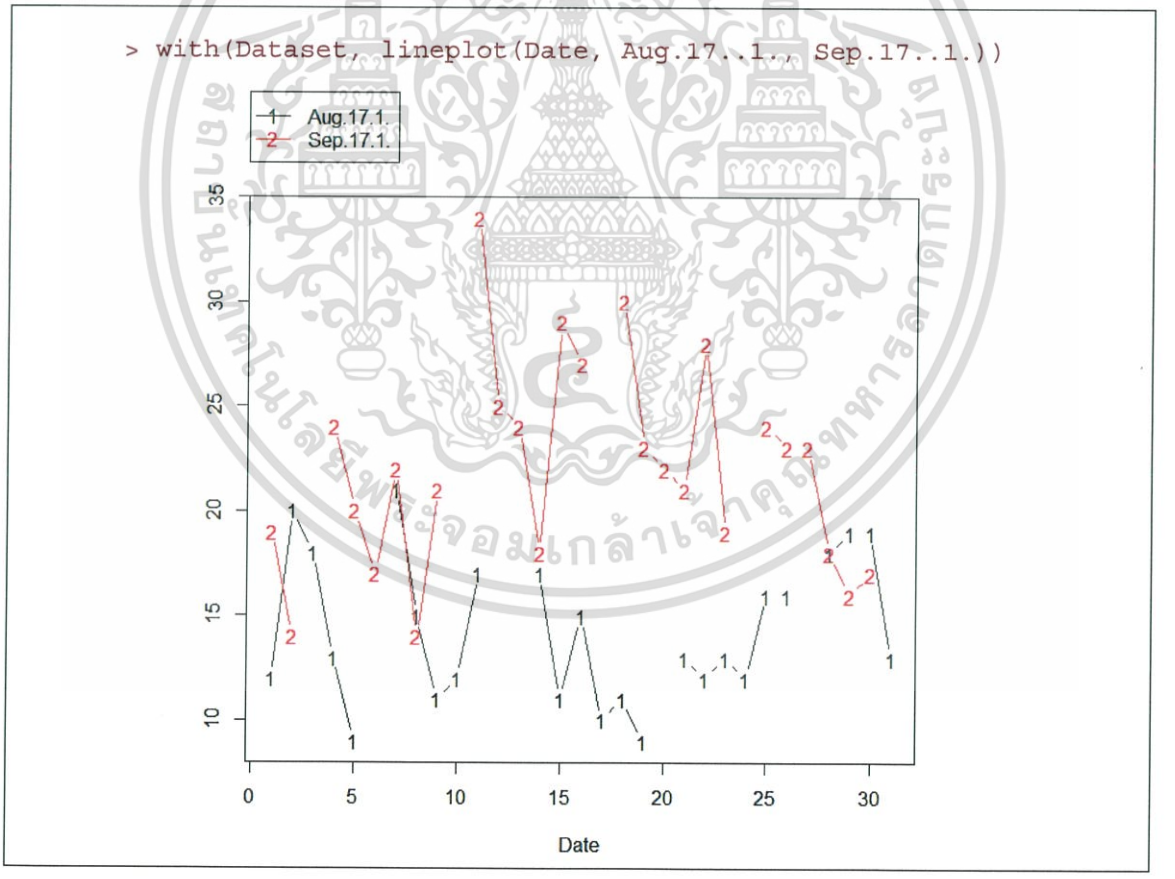
จะปรากฏหน้าต่าง Line Plot ดังรูปที่ 4.21.6



รูปที่ 4.21.6 หน้าต่าง Line Plot

ขั้นที่ 2 เลือกตัวแปรที่เป็นเวลา ในช่อง x variable (pick one)
เลือกตัวแปรที่เป็นค่าของข้อมูล ในช่อง y variables (pick one or more)
แล้วคลิก 

จะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.21.7



รูปที่ 4.21.7 ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งเพื่อสร้างแผนภูมิเส้น สำหรับโปรแกรม R

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>สรุป</u>

ผลลัพธ์จากโปรแกรม Minitab และ R ได้แผนภูมิเส้นที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลลัพธ์ของโปรแกรม Minitab และ โปรแกรม R ในคำสั่งต่าง ๆ ดังบทที่ 4 แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของรูปแบบการใช้งานโปรแกรม คำสั่ง และการแสดงผลลัพธ์ ที่ไม่ได้มีผลต่อการแปลความหมายทางสถิติ ดังนั้นในเชิงทฤษฎีจึงอาจสรุปได้ว่า โปรแกรม R สามารถนำมาทดแทนโปรแกรม Minitab ได้เกือบทุกคำสั่ง ด้วยเหตุผลดังต่อไปนี้

5.1 ความสามารถของโปรแกรม R

5.1.1 การใช้งานคำสั่ง

โปรแกรม R มีความสามารถในการใช้งานคำสั่งต่าง ๆ ได้ใกล้เคียงกับโปรแกรม Minitab ในส่วนของคำสั่งที่ต้องการคำนวนค่าสถิติ สามารถดำเนินการบนโปรแกรม R ได้สำเร็จ 15 คำสั่ง จากทั้งหมด 16 คำสั่ง หรือคิดเป็นร้อยละ 93.75 และในส่วนของคำสั่งที่ต้องการแสดงกราฟ สามารถดำเนินการบนโปรแกรม R ได้สำเร็จ 5 คำสั่ง จากทั้งหมด 5 คำสั่ง หรือคิดเป็นร้อยละ 100

5.1.2 การแสดงผลลัพธ์

5.1.2.1 ค่าสถิติ

โปรแกรม R สามารถแสดงค่าสถิติได้ใกล้เคียงกับโปรแกรม Minitab ซึ่งตรงตามจุดประสงค์ของผู้ใช้งาน ค่าสถิติที่ได้มีความละเอียดมากกว่าโปรแกรม Minitab เนื่องจากแสดงจำนวนตำแหน่งทศนิยมที่มากกว่า ซึ่งเมื่อทำการปัดเศษจุดทศนิยมตามหลักเกณฑ์แล้ว ก็สามารถสรุปผลทางสถิติได้เหมือนกัน นอกจากนี้ยังสามารถบันทึกผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้คำสั่งต่าง ๆ ออกมาเป็นไฟล์รายงาน (.txt) ได้

5.1.2.2 กราฟ

โปรแกรม R สามารถแสดงกราฟได้ลักษณะที่ใกล้เคียงกับโปรแกรม Minitab และยังสามารถนำกราฟไปแก้ไขหรือตกแต่งเพิ่มเติมได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน โดยสามารถบันทึกเป็นไฟล์ .emf เพื่อนำไปแก้ไขบนโปรแกรม Paint แล้วบันทึกเป็นไฟล์รูป (.png) ได้

5.2 ข้อจำกัดของโปรแกรม R

5.2.1 การเขียนคำสั่ง

ถ้าต้องการให้โปรแกรม R แสดงผลลัพธ์ได้เทียบเท่าโปรแกรม Minitab จำเป็นต้องมีการเขียนคำสั่งเพิ่มเติมจากการใช้เมนู ซึ่งยากต่อผู้ใช้งานที่ไม่คุ้นชิน เนื่องจากรูปแบบคำสั่งต้องอาศัยความเข้าใจในการเขียน ความเข้าใจในหลักสถิติ และในแต่ละคำสั่งมีข้อกำหนด ตัวแปร และวิธีการคำนวนที่แตกต่างกัน

5.2.2 การนำเข้าข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลบนโปรแกรม R จำเป็นต้องนำเข้ารูปแบบของข้อมูลให้ถูกต้องตามข้อจำกัดในการวิเคราะห์ต่าง ๆ จึงอาจต้องมีการแก้ไขรูปแบบของข้อมูลเพื่อให้สามารถใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่งบนโปรแกรม R ได้ ในขณะที่โปรแกรม Minitab สามารถเลือกรูปแบบของข้อมูลที่เรานำเข้ามาวิเคราะห์ได้โดยไม่ต้องแก้ไขที่ข้อมูล

5.2.3 การแก้ไขข้อมูล

ในการสร้างหรือแก้ไขข้อมูลบนโปรแกรม R ค่อนข้างทำได้ยาก เนื่องจากโปรแกรม R ไม่สามารถที่จะคัดลอกหรือวางข้อมูลได้ทั้งคอลัมน์หรือทั้งแถว สามารถแก้ไขข้อมูลได้เพียงทีละช่อง ทำให้เกิดความยุ่งยาก และค่อนข้างเสียเวลา โปรแกรม R จึงเหมาะกับการนำข้อมูลที่แก้ไขเรียบร้อยแล้วมาวิเคราะห์มากกว่า แต่เนื่องจากทางหน่วยงานซีพีดี มีการเก็บข้อมูลส่วนใหญ่เป็นไฟล์จากโปรแกรม Excel (.xlsx) จึงไม่ได้เป็นปัญหามากนัก เพราะโปรแกรม R สามารถนำเข้าข้อมูลจากโปรแกรม Excel ได้

5.3 ข้อเสนอแนะในการใช้โปรแกรม R

5.3.1 การเขียนคำสั่ง

โปรแกรม R สามารถบันทึกรูปแบบการเขียนคำสั่งได้ จึงควรบันทึกรูปแบบการเขียนคำสั่ง เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ครั้งต่อไป และหากมีข้อสงสัยในการใช้งานผู้ใช้งานสามารถดูตัวอย่างการเขียนคำสั่งและรูปแบบข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ต่าง ๆ ได้จากเอกสารประกอบการใช้งานโปรแกรม R

5.3.2 การนำเข้าและแก้ไขข้อมูล

โปรแกรม R สามารถนำเข้าข้อมูลที่เป็นไฟล์จากโปรแกรม Excel, SPSS หรือ Minitab เพื่อทำการวิเคราะห์ได้ ซึ่งการสร้างหรือแก้ไขข้อมูลบนโปรแกรมดังกล่าว มีความสะดวกมากกว่าการนำเข้าข้อมูลมาแก้ไขบนโปรแกรม R โดยตรง

5.4 ข้อเสนอแนะในเชิงธุรกิจ

เนื่องจากค่าใช้จ่ายทางด้านลิขสิทธิ์ของโปแกรม Minitab มีลักษณะเป็นค่าใช้ต่อหนึ่งผู้ใช้งาน ดังนั้นในภาคธุรกิจที่มีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง ย่อมมีจำนวนพนักงานที่มากขึ้น และด้วยระยะสิทธ์การใช้งานที่มีอย่างจำกัดและความเป็นโปรแกรมเชิงพาณิชย์ ทำให้ทางภาคธุรกิจไม่สามารถจำกัดค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ได้อย่างถาวร ซึ่งปัจจุบันโปรแกรม Minitab มีค่าใช้จ่ายทางด้านลิขสิทธิ์ประมาณ 50,000 บาทต่อ 1 ผู้ใช้งาน ทำให้หน่วยงานซีพีดี ของ บริษัท บี.ฟู้ดส์ โปรดักส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด มีค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ถึง 900,000 บาทประมาณ จาก 18 ผู้ใช้งานในปัจจุบัน และหากมีผู้ใช้งานที่ต้องการใช้งานโปรแกรมในอนาคต รวมทั้งเมื่อผู้ใช้งานเดิมต้องการอัปเดตเวอร์ชั่น หรือต่อระยะสิทธิ์ก็จะทำให้ค่าใช้จ่ายดังกล่าวเพิ่มมากขึ้น การศึกษาครั้งนี้เป็นเพียงการศึกษาในหน่วยงานหนึ่งของบริษัทในเครือเบทาโกรเท่านั้น ซึ่งก็สามารถแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ แต่ด้วยความสามารถที่ใกล้เคียงกันระหว่างโปรแกรม R และโปรแกรม Minitab ดังที่แสดงในงานวิจัยนี้ โปรแกรม R สามารถทดแทนโปรแกรม Minitab ได้ในหลายคำสั่ง ดังนั้นหากเครือเบทาโกรนำโปรแกรม R เข้ามาใช้งานจริง ทางเครือเบทาโกรจะสามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้ เนื่องจากโปรแกรม R เป็นโปรแกรมประเภท Open Source จึงไม่มีการเสียค่าใช้จ่ายในการติดตั้งหรือการอัปเดตเวอร์ชั่น อีกทั้งวิจัยนี้ ยังเป็นการเสริมความรู้ให้แก่พนักงาน ในเรื่องของการใช้งานโปรแกรมที่หลากหลาย และยังรวมถึงความรู้พื้นฐานทางสถิติอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากการนำโปรแกรม R มาทดแทนเพื่อลดค่าใช้จ่ายของเครือเบทาโกรแล้ว การวิเคราะห์ทางสถิติอย่างถูกต้องตามข้อตกลงเบื้องต้นก็เป็นสิ่งสำคัญ เพราะหากการวิเคราะห์ดังกล่าวไม่ตรงตามข้อตกลงเบื้องต้นแล้ว การวิเคราะห์นั้นอาจมีความผิดพลาด จนส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อบริษัทได้ ดังนั้นผู้ใช้งานควรทำการทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นก่อนการวิเคราะห์ทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] กมล บุษบา สายทอง อมรวิเชษฐ์ และสารตรัย วัชราภรณ์. 2552. **การศึกษาเปรียบเทียบความน่าเชื่อถือของโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับงานวิเคราะห์ทางสถิติ** มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

[2] ปรีดาภรณ์ กาญจนสำราญวงศ์. 2555. **การเปรียบเทียบการใช้โปรแกรม Minitab, Instat และ R Commander กรณีการทดสอบด้วยไคกำลังสอง** มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

[3] นิรมล พันสีมา และ อนัตต์ เจ่าสกุล. 2557. **การเปรียบเทียบการทำงานโปรแกรม R และโปรแกรม SPSS กรณีการจำแนกประเภทข้อมูลเงินยืมทดรองจ่ายของมหาวิทยาลัยขอนแก่นภายใต้แนวความคิดการทำเหมืองข้อมูล** มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[4] ดลชาติ ตันติวานิช. 2554. **สถิติเบื้องต้น** สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[5] อภิญญา อิงอาจ. 2559. **สถิติสำหรับเทคโนโลยีสารสนเทศ** มหาวิทยาลัยศิลปากร

[6] สุจิตรา สุคนธมัต. 2557. **เอกสารประกอบการสอนวิชาสถิติเบื้องต้น** สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[7] จักรภพ ธาตุสุวรรณ. 2553. **เอกสารประกอบการสอนวิชาการออกแบบวิจัยทางการพยาบาลและการวิเคราะห์ข้อมูล** มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[8] จิรวรรณ ไพบูลย์วรชาต. 2554. **การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างวิธีการแปลงกำลังของบ็อกซ์-ค็อกซ์และวิธีการแปลงกำลังแบบใหม่ สำหรับการแจกแจงเลขชี้กำลัง** มหาวิทยาลัยบูรพา

[9] สุทิน ชนะบุญ. 2560. **สถิติและการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยเบื้องต้น** สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดขอนแก่น

[10] ดวงพร หัชชะวณิช. 2559. **การเลือกใช้สถิติทดสอบ Levene Bartlett และ O'Brien ในการทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของค่าความแปรปรวน** มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

[11] อุมาพร จันทศร. 2557. **เอกสารประกอบการสอนวิชาสถิติวิเคราะห์** สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[12] ชลิดา ตระกูลสุนทร. 2555. **เอกสารประกอบการสอนโปรแกรมสำเร็จรูปด้านสถิติและวิจัย** มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

[13] เพียรกิจ แดงประเสริฐ. ปี. **ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability)** มหาวิทยาลัยรังสิต

[14] สมพร วงษ์เพ็ง และ ระพี กาญจนะ. 2554. **การวิเคราะห์ระบบการวัดของแผนกพลาสติก กรณีศึกษา : โรงงานผลิตชิ้นส่วนอุปกรณ์การเกษตร** มหาวิทยาเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

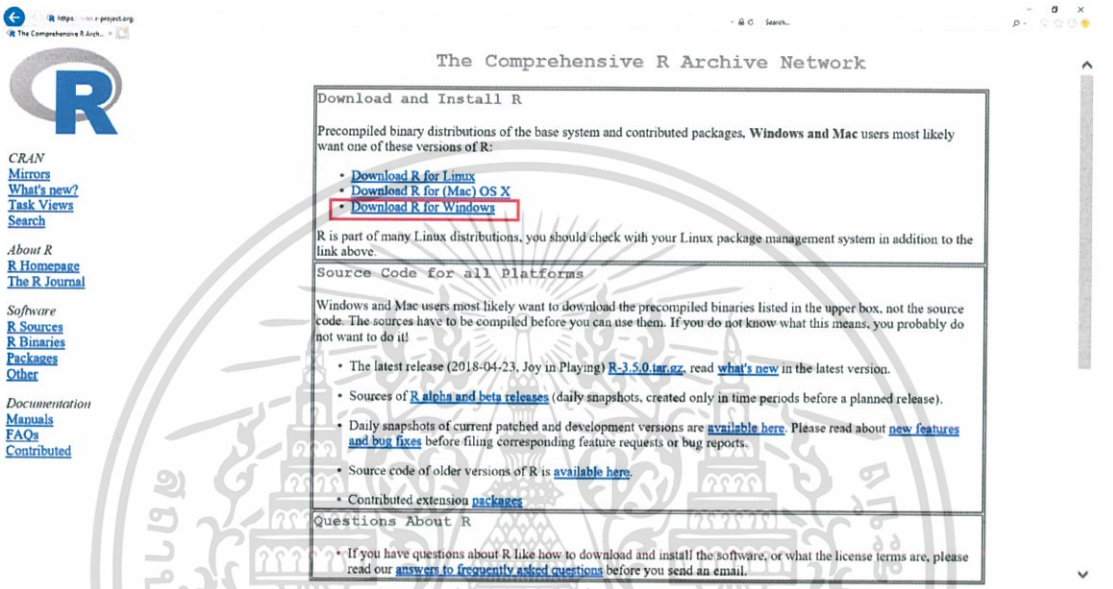
ภาคผนวก ก

การติดตั้งโปรแกรม R และแพ็กเกจ

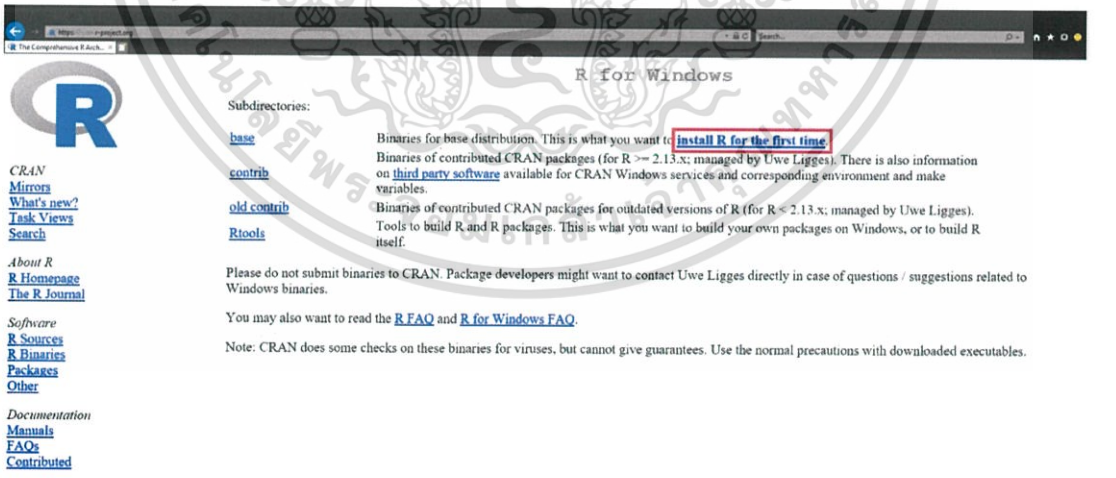
ขั้นตอนการดาวน์โหลดโปรแกรม R

ขั้นที่ 1 เข้าเว็บไซต์ https://cran.r-project.org/

แล้วคลิก Download R for Windows (กรณีผู้ใช้งานใช้ระบบ Windows)

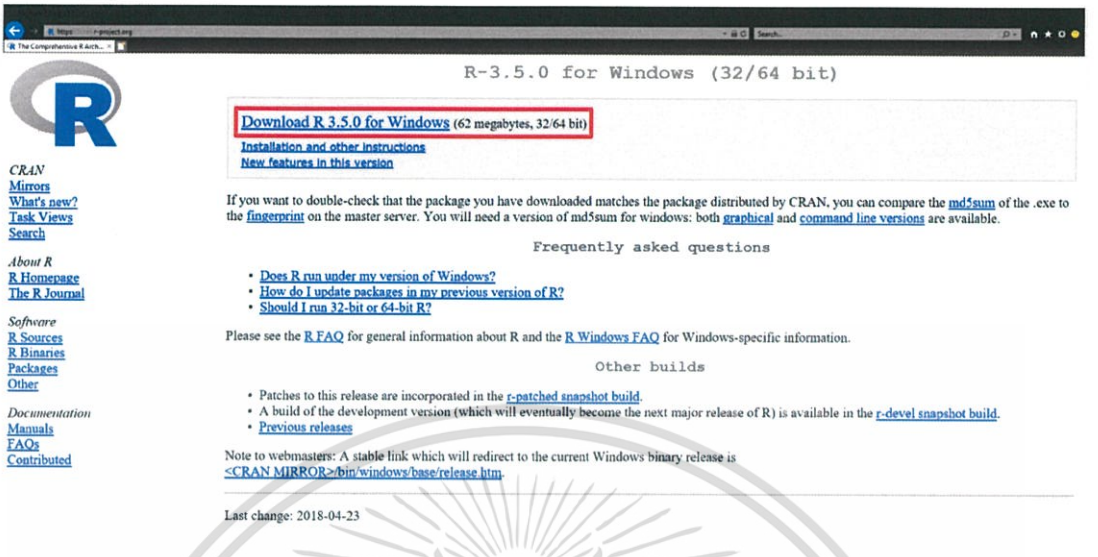


ขั้นที่ 2 คลิก Install R for the first time

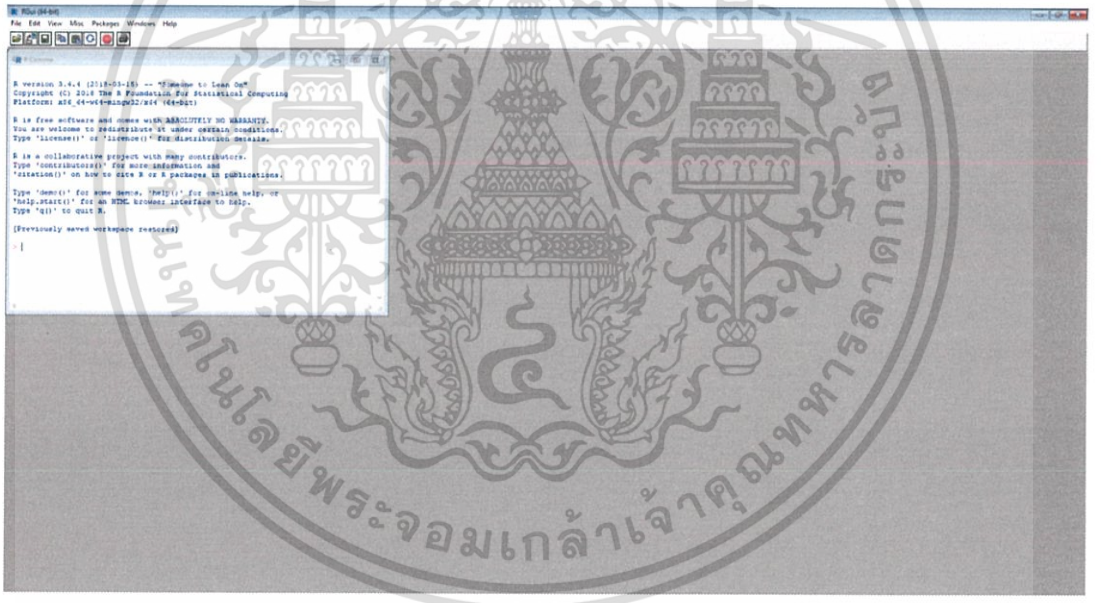


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 3 คลิก Download R 3.5.0 for Windows (เวอร์ชั่นล่าสุด) เพื่อดาวน์โหลดและติดตั้ง



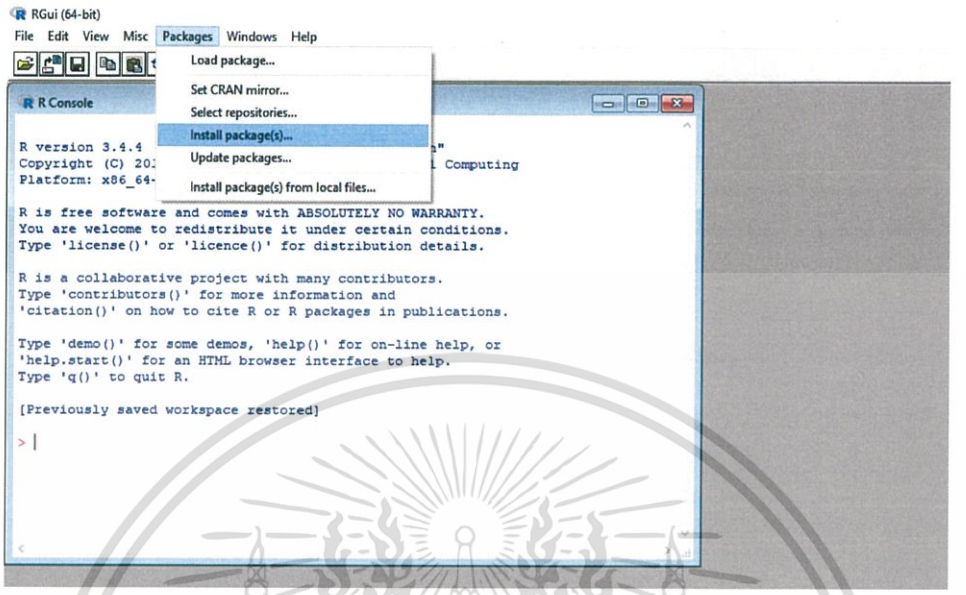
ขั้นที่ 4 หลังการติดตั้งสำเร็จ เมื่อเปิดโปรแกรม R จะแสดงหน้าต่างดังนี้



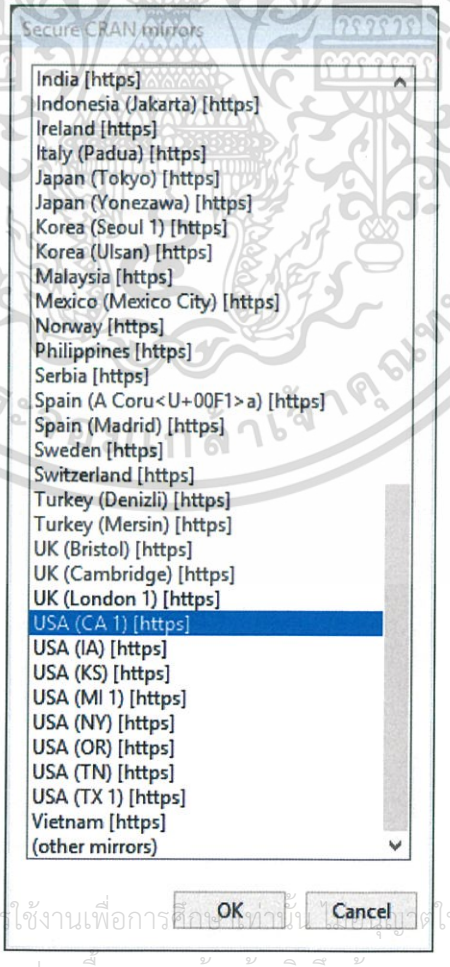
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการติดตั้งแพ็กเกจ R Commander บนโปรแกรม R

ขั้นที่ 1 เลือก Packages ⟶ Install Package(s)

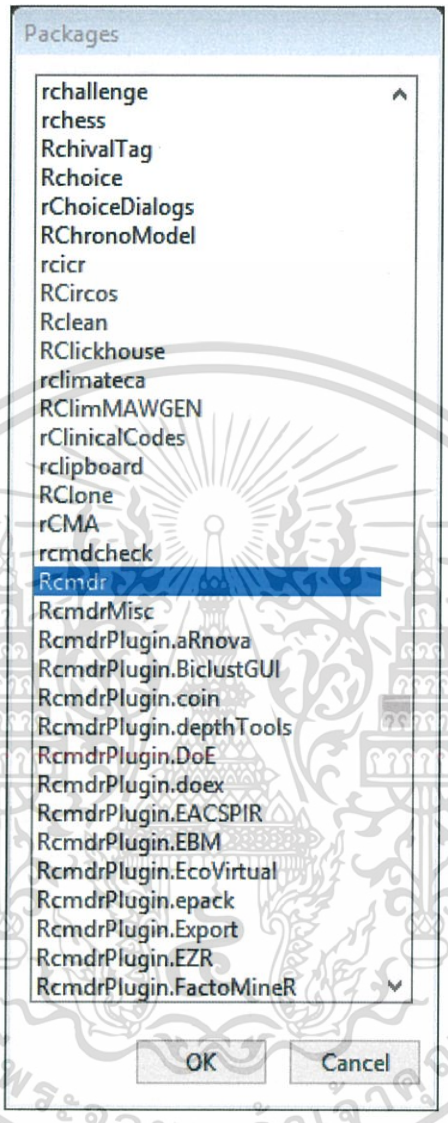


จะปรากฏหน้าต่าง Secure CRAN mirrors ดังนี้



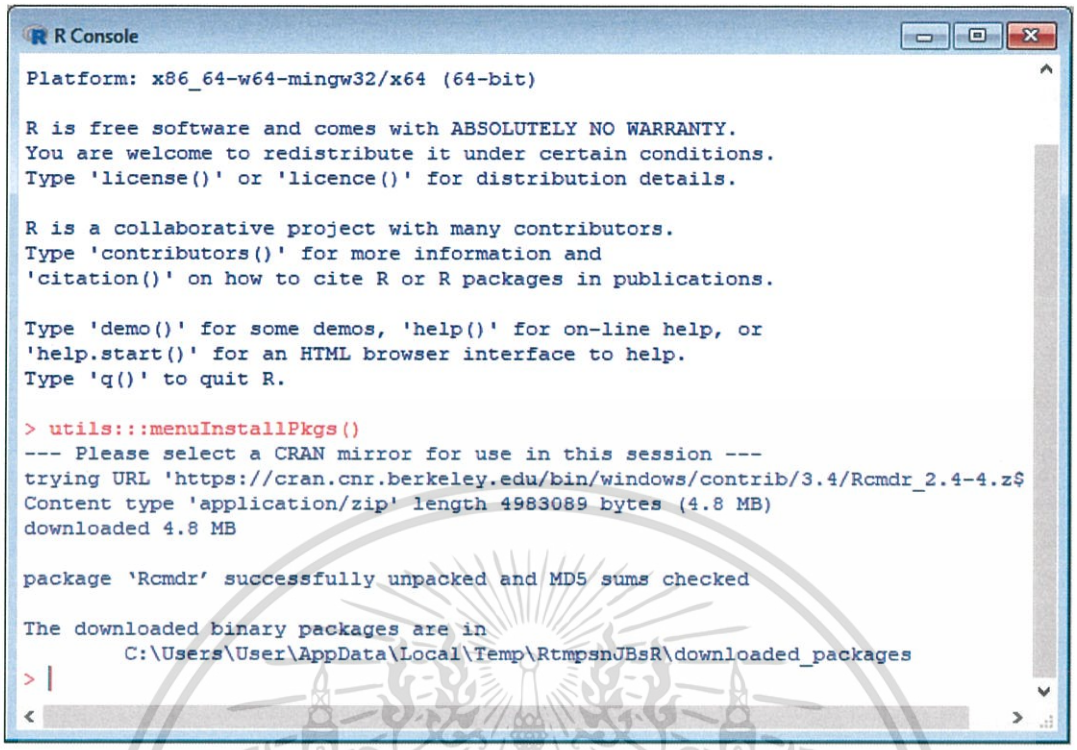
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 2 เลือกประเทศที่ต้องการ แล้วคลิก OK
จะปรากฏหน้าต่าง Packages ดังนี้

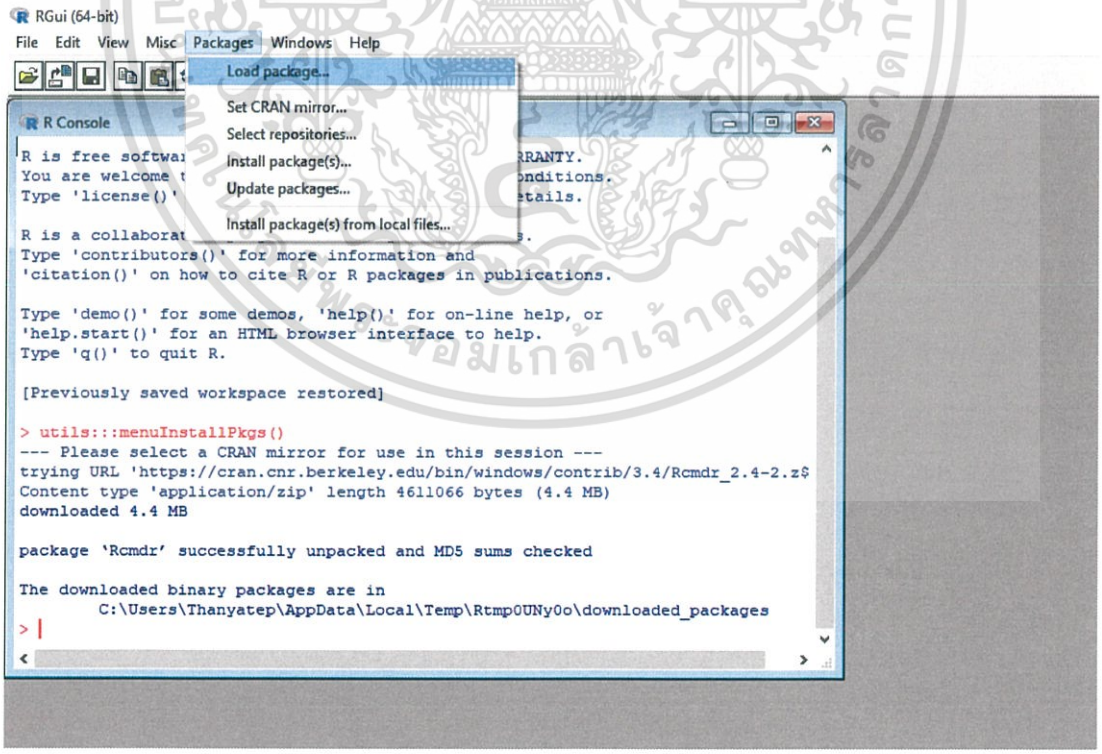


ขั้นที่ 3 เลือกแพ็กเกจ Rcmdr แล้วคลิก OK
เมื่อการติดตั้งสำเร็จจะปรากฏข้อความบนหน้าต่าง R Console ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

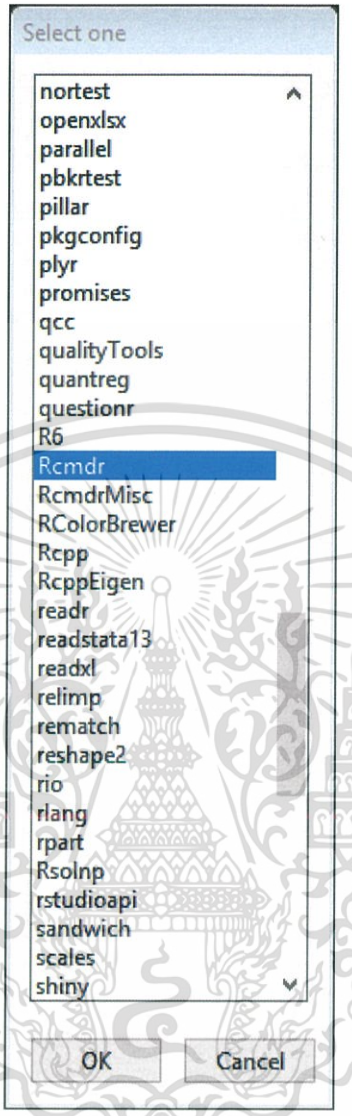


ขั้นที่ 5 เมื่อติดตั้งเสร็จแล้ว แพ็กเกจจะยังไม่สามารถใช้งานได้ ต้องทำการดาวน์โหลดแพ็กเกจก่อน โดยเลือก Packages ⟶ Load Package



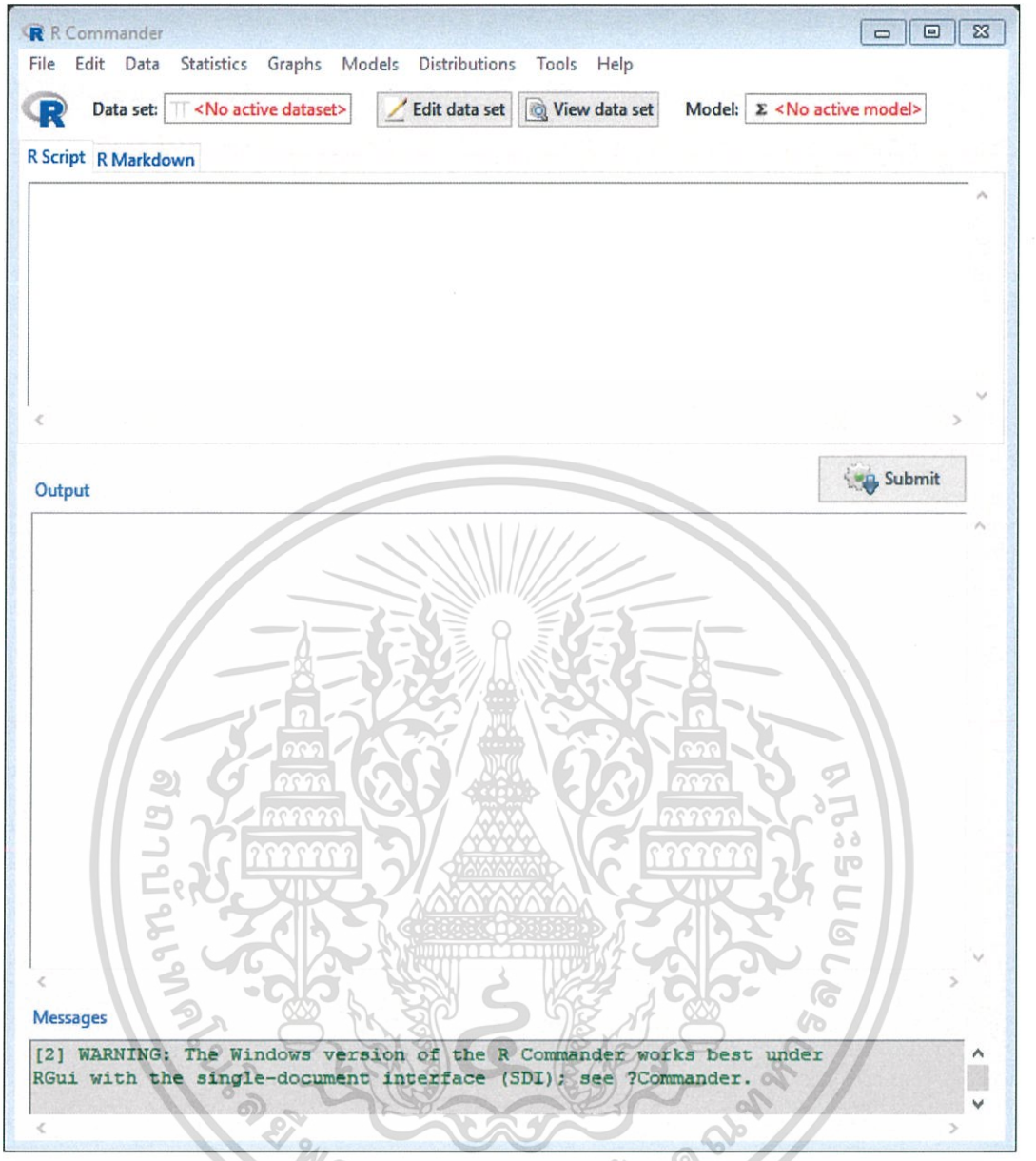
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะปรากฏหน้าต่าง Select one



ขั้นที่ 6 เลือกแพ็กเกจ Rcmdr แล้วคลิก OK
จะปรากฏหน้าต่าง R Commander

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หมายเหตุ: สำหรับขั้นที่ 5 และ 6 ต้องทำทุกครั้งหลังเปิดโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การนำเข้าชุดข้อมูล โดยวิธีต่าง ๆ

1. การสร้างชุดข้อมูลด้วยตนเอง

1.1 การสร้างชุดข้อมูลด้วยตนเอง โดยการเขียนคำสั่ง

การป้อนข้อมูลเข้าโดยตรง เป็นเวกเตอร์ โดยพิมพ์ c ตามด้วยวงเล็บบอกลำดับข้อมูล ข้อมูลที่อยู่ในเวกเตอร์ต้องเป็นข้อมูลชนิดเดียวกัน เช่น เป็นตัวเลขทั้งหมด หรือตัวอักษรทั้งหมด เช่น

```
> x = c(10, 5, 23, 18)
```

หากข้อมูลที่นำเข้าเป็นข้อมูลต่างชนิดกัน เช่น เป็นทั้งตัวเลขและตัวอักษร สามารถนำเข้าได้โดยเขียนคำสั่ง list และเลือกข้อมูลเฉพาะตำแหน่งที่ต้องการให้แสดงได้ เช่น

```
> l <- list('male',34,'single',67.8)
> l[3]
[[1]]
[1] "single"
```

ในกรณีที่ข้อมูลที่เราใช้ในการคำนวณสถิติมีตัวแปรหลายตัว ข้อมูลจะมีลักษณะเป็นตาราง โดยที่ข้อมูลแต่ละคอลัมน์แทนตัวแปรแต่ละตัว ข้อมูลหลายมิตินี้เป็นข้อมูลแบบ Metrix (ข้อมูลทุกตัวในตารางเป็นข้อมูลชนิดเดียวกัน) หรือ Data Frame (ข้อมูลที่อยู่ต่างคอลัมน์เป็นข้อมูลต่างชนิดกันได้) โดยเราสามารถรวมข้อมูลหลาย ๆ เวกเตอร์เป็น Data Frame เช่น รวมเว็กเตอร์ gend, age และ pref เข้าด้วยกันโดยเขียนคำสั่ง data.frame เช่น

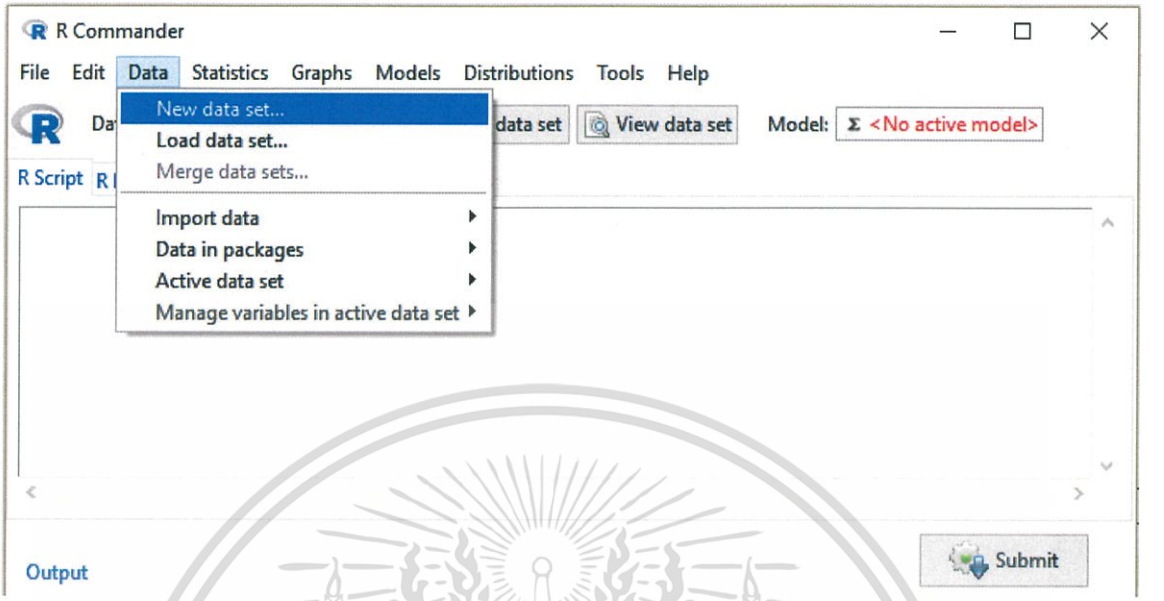
```
> gend = c('male','female','female','male','female','female','male','male','female')
> age = c('8-15','16-35','36-50','16-35','16-35','36-50','36-50','36-50','8-15')
> pref = c('red','green','blue','yellow','red','blue','green','blue','red')
>
> x = data.frame(gend,age,pref)
> x
    gend   age   pref
1   male  8-15    red
2 female 16-35  green
3 female 36-50   blue
4   male 16-35 yellow
5 female 16-35    red
6 female 36-50   blue
7   male 36-50  green
8   male 36-50   blue
9 female  8-15    red
```

ที่มา :: สถิติและการใช้โปรแกรม R ; วิโรจน์ อรุณมานะกุล ฉบับร่าง - 11 เมษายน 2560

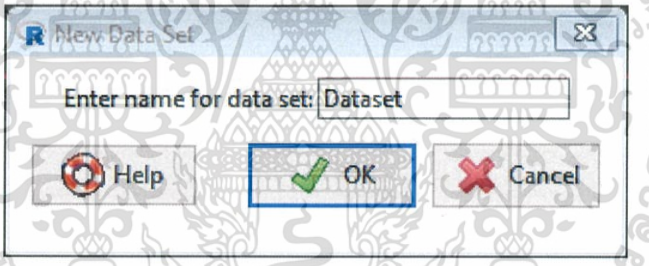
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 การสร้างชุดข้อมูลด้วยตนเอง โดยการใช้แพ็กเกจ Rcmdr

ขั้นที่ 1 เลือกเมนู Data ⟶ New data set

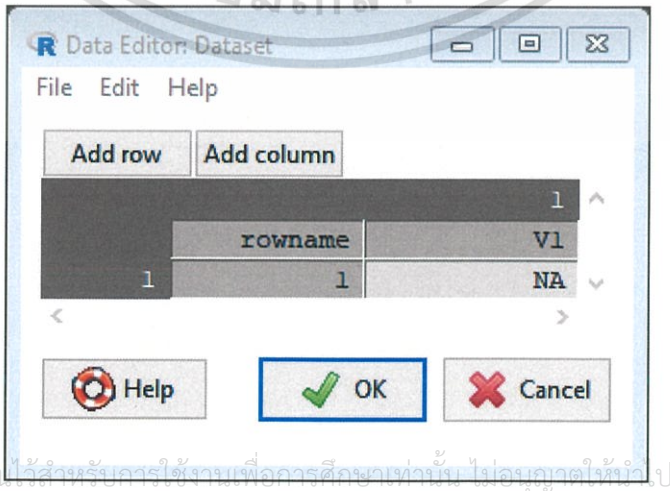


จะปรากฏหน้าต่าง New Data Set เพื่อตั้งชื่อชุดข้อมูล



ขั้นที่ 2 ตั้งชื่อชุดข้อมูล แล้วคลิก

จะปรากฏหน้าต่าง Data Editor: Dataset (ชื่อชุดข้อมูล) เพื่อกรอกข้อมูล

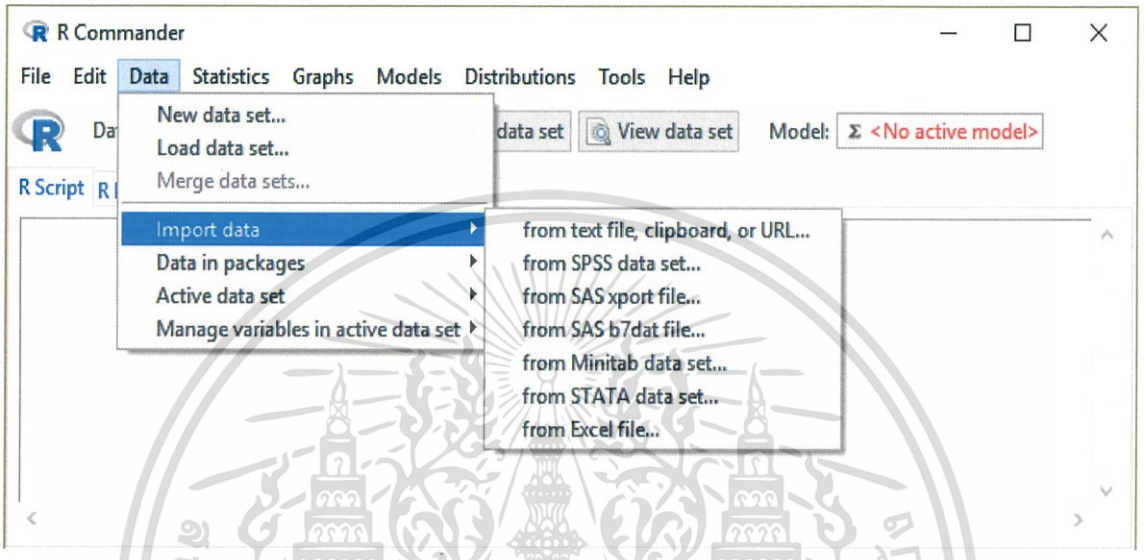


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

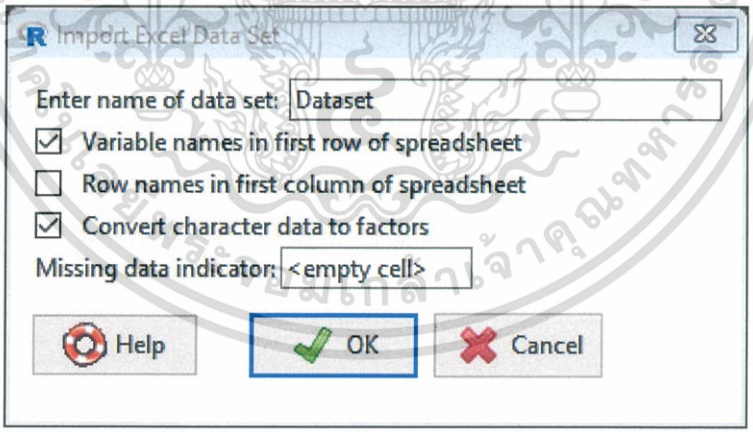
2. การนำเข้าชุดข้อมูลจากโปรแกรมอื่น

เพื่อความสะดวกในการใช้งานโปรแกรม R เราสามารถนำเข้าชุดข้อมูลจากโปรแกรมอื่นได้ เช่น SPSS, Minitab หรือ Excel โดยการใช้แพ็กเกจ Rcmdr ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 เลือกเมนู Data ⟶ Import Data และเลือกชนิดไฟล์ของชุดข้อมูลที่ต้องการนำเข้า ดังนี้



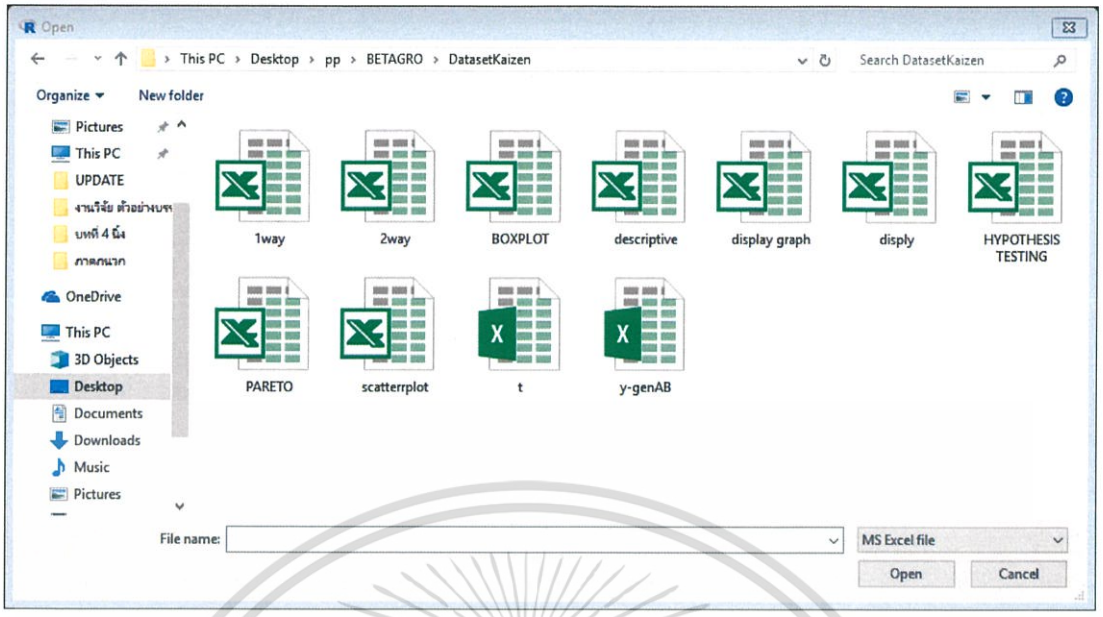
จะปรากฏหน้าต่าง Import Excel Data Set ดังนี้



ขั้นที่ 2 กำหนดชื่อและคุณลักษณะของชุดข้อมูล แล้วคลิก

จะปรากฏหน้าต่างแสดงไฟล์ชุดข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ขั้นที่ 3 เลือกไฟล์ชุดข้อมูลที่ต้องการ แล้วคลิก Open

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

รูปแบบการเขียนคำสั่งต่าง ๆ บน R Script

- **การคำนวณค่าสถิติพรรณนา**

```
sapply(X, FUN, na.rm = TRUE)
```

อธิบาย:

X	ชื่อชุดข้อมูลที่ต้องการวิเคราะห์	
FUN	ค่าสถิติที่ต้องการคำนวณ (Function)	
na.rm	เมื่อชุดข้อมูลมีข้อมูลสูญหาย (Missing Data)	
	= TRUE	ละเว้นข้อมูลสูญหาย
	= FALSE	แสดงข้อมูลสูญหาย

ตัวอย่าง: sapply(Dataset, var, na.rm=TRUE)

- **การคำนวณค่าควอไทล์**

```
quantile(X, probs = seq(0, 1, 0.25), na.rm = TRUE, names = TRUE, type = 6)
```

คำอธิบาย:

X	ชื่อชุดข้อมูลที่ต้องการวิเคราะห์	
probs	ตำแหน่งที่จะวัดหลังการแบ่งข้อมูลเป็น 10 ส่วน โดยใช้ฟังก์ชันลำดับด้วยค่า prob ระหว่าง (0,1) โดยกำหนดระยะห่างช่วงละ 0.25	
na.rm	เมื่อชุดข้อมูลมีข้อมูลสูญหาย (Missing Data)	
	= TRUE	ละเว้นข้อมูลสูญหาย
	= FALSE	แสดงข้อมูลสูญหาย
names	= TRUE	แสดงชื่อ Attribute
	= FALSE	เพื่อเพิ่มความเร็วในการคำนวณมากขึ้น
type	เลือกรูปแบบการคำนวณค่าควอไทล์ 1 ถึง 9 (เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกับโปรแกรม Minitab หรือ SPSS ควรใช้ Type ที่ 6)	

ตัวอย่าง: quantile(ถุง, probs = seq(0, 1, 0.25), na.rm = FALSE, names = TRUE, type = 6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 1 ประชากร ในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ใช้แพ็กเกจ TeachingDemos**

```
attach(Dataset)
z.test(x, mu = mu, stdev = stdev, alternative = c("two.sided", "less", "greater"))
```

คำอธิบาย:

Dataset	ชื่อชุดข้อมูลที่ต้องการวิเคราะห์	
X	ตัวแปรเชิงปริมาณที่ต้องการวิเคราะห์	
mu	ค่าเฉลี่ยของประชากรที่ต้องการทดสอบ	
stdev	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากรที่ต้องการทดสอบ	
alternative	รูปแบบเครื่องหมายของสมมติฐานทางเลือก	
	"two.sided"	เมื่อเครื่องหมายของสมมติฐานทางเลือกเป็น =
	"less"	เมื่อเครื่องหมายของสมมติฐานทางเลือกเป็น <
	"greater"	เมื่อเครื่องหมายของสมมติฐานทางเลือกเป็น >

ตัวอย่าง: attach(Dataset)
z.test(B, mu = 61, stdev = 93.4, alternative = "two.sided")

- **การทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 1 ประชากร**

1. **กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก** $(n < 30)$ **และ** $p_0 \neq 0$

```
binom.test(x, n, p = P0, alternative = c("two.sided","less", "greater"))
```

คำอธิบาย:

x	จำนวนหน่วยตัวอย่างที่มีลักษณะที่สนใจ	
n	ขนาดตัวอย่าง	
P_0	ความน่าจะเป็นที่ต้องการทดสอบ	
alternative	รูปแบบเครื่องหมายของสมมติฐานทางเลือก	
	"two.sided"	เมื่อเครื่องหมายของสมมติฐานทางเลือกเป็น =
	"less"	เมื่อเครื่องหมายของสมมติฐานทางเลือกเป็น <
	"greater"	เมื่อเครื่องหมายของสมมติฐานทางเลือกเป็น >

ตัวอย่าง: binom.test(5, 18, p = 0.5, alternative = "two.sided")

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ $(n \geq 30)$ และ $p_0 \neq 0$

```
prop.test(x = x, n = n, p = P0, alternative = c ("two.sided","less", "greater"))
```

คำอธิบาย:

x	จำนวนหน่วยตัวอย่างที่มีลักษณะที่สนใจ
n	ขนาดตัวอย่าง
P_0	ความน่าจะเป็นที่ต้องการทดสอบ
alternative	รูปแบบเครื่องหมายของสมมติฐานทางเลือก
"two.sided"	เมื่อเครื่องหมายของสมมติฐานทางเลือกเป็น =
"less"	เมื่อเครื่องหมายของสมมติฐานทางเลือกเป็น <
"greater"	เมื่อเครื่องหมายของสมมติฐานทางเลือกเป็น >

ตัวอย่าง: prop.test(x = 95, n = 160, p = 0.5, alternative = "less")

- **การทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 2 ประชากร**

1. กรณีที่กำหนด P_1 , P_2

```
prop.test(x = c(x1, x2), n= c(n1, n2), p =c(P1, P2), alternative = c ("two.sided","less", "greater"))
```

คำอธิบาย:

x_1, x_2	จำนวนหน่วยตัวอย่างที่มีลักษณะที่สนใจในตัวอย่างที่ 1 และ 2 ตามลำดับ
n_1, n_2	ขนาดตัวอย่างที่สุ่มมาจากประชากรที่ 1 และ 2 ตามลำดับ
P_1, P_2	ความน่าจะเป็นที่ต้องการทดสอบของประชากรที่ 1 และ 2 ตามลำดับ
alternative	รูปแบบเครื่องหมายของสมมติฐานทางเลือก
"two.sided"	เมื่อเครื่องหมายของสมมติฐานทางเลือกเป็น =
"less"	เมื่อเครื่องหมายของสมมติฐานทางเลือกเป็น <
"greater"	เมื่อเครื่องหมายของสมมติฐานทางเลือกเป็น >

ตัวอย่าง: prop.test(x = c(490, 400), n= c(500, 500), p =c(0.7, 0.5), alternative = "less")

2. กรณีที่ไม่กำหนด P_1 , P_2

```
prop.test(x = c(x1, x2), n = c(n1, n2), alternative = c ("two.sided","less", "greater"))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำอธิบาย:

x_1, x_2	จำนวนหน่วยตัวอย่างที่มีลักษณะที่สนใจในตัวอย่างที่ 1 และ 2 ตามลำดับ	
n_1, n_2	ขนาดตัวอย่างที่สุ่มมาจากประชากรที่ 1 และ 2 ตามลำดับ	
alternative	รูปแบบเครื่องหมายของสมมติฐานทางเลือก	
	"two.sided"	เมื่อเครื่องหมายของสมมติฐานทางเลือกเป็น =
	"less"	เมื่อเครื่องหมายของสมมติฐานทางเลือกเป็น <
	"greater"	เมื่อเครื่องหมายของสมมติฐานทางเลือกเป็น >

ตัวอย่าง: prop.test(x = c(490, 400), n = c(500, 500), alternative = "less")

- **การเปรียบเทียบพหุคูณ โดยวิธี Least Significant Difference (LSD) หลังการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว**
  ใช้แพ็กเกจ agricolae

```
model <-aov(Y ~ X, data=Dataset)
out <- LSD.test(model,"X", p.adj="bonferroni")
df <- df.residual(model)
MSerror <- deviance(model)/df
out <- with(Dataset ,LSD.test(Y , X , df , MSerror))
out <- LSD.test(model,"X",p.adj="hommel",console=TRUE)
plot(out,variation="SD")
```

คำอธิบาย:

Dataset	ชื่อชุดข้อมูลที่ต้องการวิเคราะห์
Y	ตัวแปรเชิงปริมาณที่ต้องการวิเคราะห์
X	ตัวแปรเชิงกลุ่มที่ต้องการวิเคราะห์

ตัวอย่าง:
```
model <-aov(Absorption ~ Size, data=Dataset)
out <- LSD.test(model, "Size", p.adj="bonferroni")
df <- df.residual(model)
MSerror <- deviance(model)/df
out <- with( Dataset ,LSD.test(Absorption , Size , df , MSerror))
out <- LSD.test(model, "Size",p.adj="hommel",console=TRUE)
plot(out,variation="SD")
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **การสร้างแผนภูมิพาเรโต**
  ใช้แพ็กเกจ qcc

```
attach(Dataset)
defect <- Y
names(defect) <- X
pareto.chart(defect)
```

คำอธิบาย:

Dataset	ชื่อชุดข้อมูลที่ต้องการวิเคราะห์
Y	ตัวแปรเชิงปริมาณที่ต้องการวิเคราะห์
X	ตัวแปรเชิงคุณภาพที่ต้องการวิเคราะห์

ตัวอย่าง:

```
attach(Dataset)
defect <- percent.of.total
names(defect) <- defect.type
pareto.chart(defect)
```

- **การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ**
  ใช้แพ็กเกจ qcc

```
attach(Dataset)
Yield <- qcc.groups(x , sample)
q <- qcc( Yield,type="xbar", nsigmas=3, plot=FALSE)
process.capability(q, spec.limits=c(LSL,USL))
```

คำอธิบาย:

Dataset	ชื่อชุดข้อมูลที่ต้องการวิเคราะห์
X	ตัวแปรเชิงปริมาณที่ต้องการวิเคราะห์
Sample	ตัวแปรเชิงกลุ่มที่ต้องการวิเคราะห์
LSL	ขีดจำกัดล่าง
USL	ขีดจำกัดบน

ตัวอย่าง:

```
attach(Dataset)
Yield <- qcc.groups(AverageMoving2 , sample)
q <- qcc(Yield,type="xbar", nsigmas=3, plot=FALSE)
process.capability(q, spec.limits=c(1.26,1.3))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **การหากำลังของการทดสอบและขนาดตัวอย่าง สำหรับการทดสอบความแตกต่างของค่าสัดส่วน 2 ประชากร**

```
power.prop.test (n = NULL, p1 = NULL, p2 = NULL, sig.level = 0.05,
power = NULL, alternative = c( "two.sided", "one.sided"))
```

คำอธิบาย:

n	ขนาดตัวอย่าง
p1	ความน่าจะเป็นของประชากรที่ 1
p2	ความน่าจะเป็นของประชากรที่ 2
sig.level	ระดับนัยสำคัญ
power	กำลังของการทดสอบ
alternative	รูปแบบเครื่องหมายของสมมติฐานทางเลือก
	"two.sided" เมื่อเครื่องหมายของสมมติฐานทางเลือกเป็น =
	"one.sided" เมื่อเครื่องหมายของสมมติฐานทางเลือกเป็น < หรือ >

ตัวอย่าง: power.prop.test (n = NULL, p1 = 0.0099, p2 = 0.0203, sig.level = 0.05,
power = 0.6, alternative = "one.sided")

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้