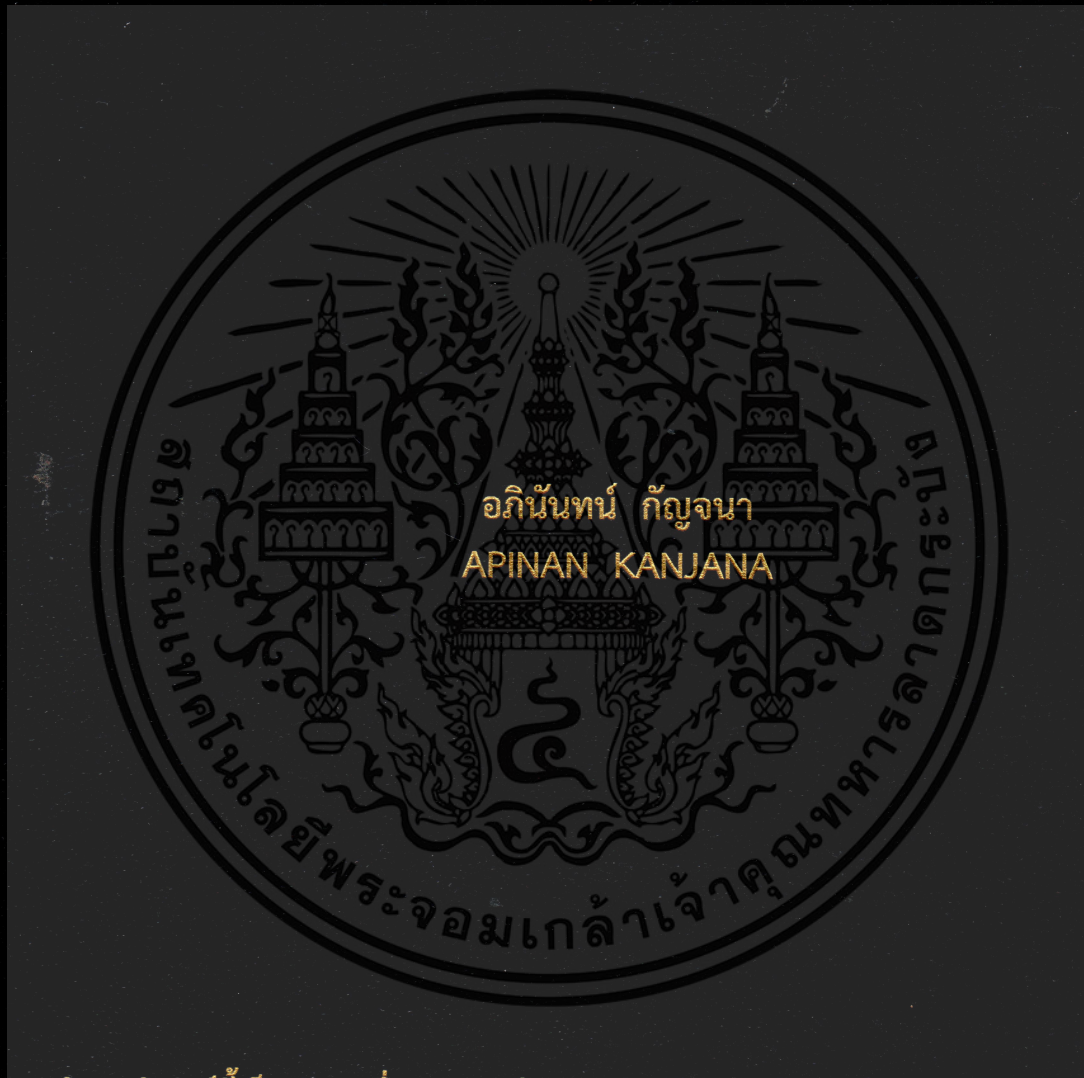


ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าเช่าเครื่องจักรและยานพาหนะ ของงานเงินทุน
หมุนเวียนค่าเครื่องจักรกล กรมทางหลวง

FACTORS AFFECTING RENT OF EQUIPMENTS AND VEHICLES OF
REVOLING FUND DIVISION, DEPARTMENT OF HIGHWAYS



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดำเนินการตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถิติประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2560

KMITL-2017-SC-M-050-006

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าเช่าเครื่องจักรและยานพาหนะ ของงานเงินทุน
หมุนเวียนค่าเครื่องจักรกล กรมทางหลวง

FACTORS AFFECTING RENT OF EQUIPMENTS AND VEHICLES OF
REVOLING FUND DIVISION, DEPARTMENT OF HIGHWAYS



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถิติประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2560
KMITL-2017-SC-M-050-006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FACTORS AFFECTING RENT OF EQUIPMENTS AND VEHICLES OF
REVOLING FUND DIVISION, DEPARTMENT OF HIGHWAYS



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN APPLIED STATISTICS
FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2017

KMITL-2017-SC-M-050-006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2017

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์

“ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าเช่าเครื่องจักรและยานพาหนะ ของงาน
เงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกล กรมทางหลวง”
(FACTORS AFFECTING RENT OF EQUIPMENTS AND
VEHICLES OF REVOLVING FUND DIVISION, DEPARTMENT
OF HIGHWAYS)

ชื่อนักศึกษา

นายอภิรักษ์ กัญญา

รหัสประจำตัว

56605080

ปริญญา

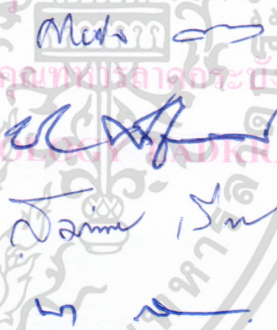
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาสถิติประยุกต์)

ภาควิชา

สถิติ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผศ.ดร.น้อมจิต กิตติโชติพาณิชย์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.สายชล สิ้นสมบุญทอง ประธานกรรมการ ดร.ชานินทร์ ศรีสุวรรณนภา อาจารย์บัณฑิตประจำ (ในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง) รศ.สมิตรา เรืองพีระกุล ผู้ทรงคุณวุฒิจากภายนอกสถาบันฯ ผศ.ดร.น้อมจิต กิตติโชติพาณิชย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	

วัน/ เดือน/ ปี ที่สอบ 27 กันยายน พ.ศ. 2560 เวลา 14.30 – 17.30 น.

สถานที่สอบ ณ ห้อง 115 ตึกจุฬารณ 1

คณะวิทยาศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.อิทธิพล แจ่มจัต)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

วันที่...11...เดือน...พ.ค...พ.ศ...60.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าเช่าเครื่องจักรและยานพาหนะ ของงานเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกล กรมทางหลวง
ชื่อนักศึกษา	นายอภิรักษ์ กัญญา
รหัสประจำตัว	56605080
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สถิติประยุกต์)
ภาควิชา	สถิติ
พ.ศ.	2560
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.น้อมจิต กิตติโชติพาณิชย์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าเช่าเครื่องจักรและยานพาหนะ ของงานเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกล กรมทางหลวง โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิจาก งานเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกล กรมทางหลวง ตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2554 ถึง กันยายน 2557 ตัวแปรอิสระที่ใช้ทั้งหมดมี 16 ตัวแปรในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression Analysis) ด้วยวิธีการคัดเลือกตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน (Stepwise Regression Procedure) เนื่องจากตัวแปรอิสระที่มีจำนวนมาก และตัวแปรอิสระบางตัวอาจมีความสัมพันธ์กัน จึงใช้การวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis) ด้วยวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis) มาช่วยในการจับกลุ่มตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กันและใช้การหมุนแกนปัจจัยร่วมเพื่อให้ตั้งฉากกันด้วยวิธีวาริแมกซ์ ผลการวิจัยพบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าเช่าเครื่องจักร ประกอบด้วยตัวแปรเชิงปริมาณ ได้แก่ ปัจจัยร่วมที่ 2 คือ ระยะเวลาเช่าตามอายุการใช้งานเครื่องจักร ปัจจัยร่วมที่ 3 คือ อายุการใช้งานเครื่องจักร และค่าเช่าเครื่องจักรเดือนก่อนหน้า ตัวแปรเชิงคุณภาพได้แก่ อายุมาตรฐาน ประเภทการเช่าและรูปแบบการเช่า สำหรับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าเช่ายานพาหนะ ประกอบด้วยตัวแปรเชิงปริมาณ ได้แก่ ปัจจัยร่วมที่ 1 คือ ค่าใช้จ่ายตามปริมาณงานของยานพาหนะ และค่าเช่ายานพาหนะเดือนก่อนหน้า ตัวแปรเชิงคุณภาพ ได้แก่ อายุมาตรฐาน ประเภทงาน ประเภทการเช่า และรูปแบบการเช่า

คำสำคัญ : เงินทุนหมุนเวียน ค่าเช่าเครื่องจักรกล ค่าเช่ายานพาหนะ

Thesis Title	Factors Affecting Rent of Equipments and Vehicles of Revolving Fund Division, Department of Highways
Student Name	Mr. Apinan Kanjana
Student ID	56605080
Degree	Master of Science (Applied Statistics)
Department	Statistics
Year	2017
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Nomchit Kittichotipanit

Abstract

The purpose of this research is to analyze factors which are major influence for lease rate of mechanical machines, vehicles and Department of Highways' revolving fund by referring to the secondary data from Department of Highways since October 2011 until September 2014. There are 17 independent variables used in Multiple Linear Regression Analysis and chosen by Backward Elimination Procedure and Stepwise Regression Procedure. Since there are plenty of independent variables and some are related, we have had factor analysis by Principle Component Analysis to group the related independent variables and by Varimax Orthogonal Rotation method. From the research, it has been found that the major influential factors in mechanical machine lease rate are consisting of quantitative variables, i.e. the second modifying factor – machine efficiency, and the third modifying factors i.e. machine operational usage and the previous month's lease rate, and qualitative variables, i.e. standard lifetime, types of lease and leasing pattern. The influential factors in vehicle lease rate consist of quantitative variables, i.e. the first modifying factor – actual operational expenditures and vehicle lease rate of the previous month, and qualitative variables, i.e. standard lifetime, types of work, types of lease and leasing pattern.

Keyword : Revolving fund, Rent of Equipments, Rent of Vehicles

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากผู้จัดทำได้รับความอนุเคราะห์จากบุคคลผู้มีพระคุณหลายท่าน ดังนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.น้อมจิต กิตติโชติพานิชย์ อาจารย์ประจำภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษาอย่างใกล้ชิด ตลอดจนเสนอแนะแนวทางในการแก้ไขปัญหา รวมทั้งตรวจทานและแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ สายชล สินสมบูรณ์ทอง ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ สุมิตรา เรืองพิระกุล และ ดร.ชานินทร์ ศรีสุวรรณนภา คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำชี้แนะ ตรวจสอบความถูกต้องของวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ให้กับข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณงานเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกล กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลเพื่อใช้ในการวิจัยในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน เป็นกำลังใจ และสนับสนุนให้การทำวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

อภิรักษ์ กัญญา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูป.....	ช
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	2
1.4 นิยามศัพท์.....	2
1.5 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย.....	4
1.6 วิธีการวิจัย.....	5
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับทุนหมุนเวียนและการเช่าเครื่องจักรยานพาหนะ.....	6
2.1.1 ความหมายของเงินทุนหมุนเวียน.....	6
2.1.2 การบริการให้เช่าเครื่องจักรและยานพาหนะของกรมทางหลวง.....	9
2.1.3 สูตรอัตราค่าเช่าเครื่องจักรกลเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกลของ กรมทางหลวง.....	11
2.2 ทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์.....	14
2.2.1 วิธีการวิเคราะห์ปัจจัย.....	14
2.2.2 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ.....	26
2.2.3 การทดสอบตกลงเบื้องต้น.....	29
2.2.4 วิธีการเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการถดถอย.....	33
2.2.5 การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ.....	36
2.2.6 ตัวแปรดัมมี่.....	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2.7 การแปลงข้อมูล.....	39
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	43
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	47
3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	47
3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลที่มีอิทธิพลต่อค่าเช่า.....	48
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	53
4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าเช่าเครื่องจักร ของงานเงินทุน หมุนเวียนค่าเครื่องจักรกล กรมทางหลวง.....	53
4.1.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ปัจจัย.....	53
4.1.2 ผลการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ.....	58
4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าเช่ายานพาหนะ งานเงินทุน หมุนเวียนค่าเครื่องจักรกลกรมทางหลวง.....	66
4.2.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ปัจจัย.....	66
4.2.2 ผลการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ.....	70
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	80
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	80
5.1.1 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าเช่าเครื่องจักร งานเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกล กรมทางหลวง.....	80
5.1.2 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าเช่ายานพาหนะ งานเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกล กรมทางหลวง.....	81
5.2 การนำสมการการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณไปใช้ในการพยากรณ์.....	82
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	84
บรรณานุกรม.....	85
ภาคผนวก.....	88
ประวัติผู้เขียน.....	100

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตารางที่ 2.1 ระบบการบริหารเงินนอกงบประมาณ (ทุนหมุนเวียน).....	8
4.1 ค่า Factor Loading เมื่อยังไม่มีหมุนแกนของตัวแปรอิสระเชิงปริมาณจำนวน 12 ตัว ของ ค่าเช่าเครื่องจักร.....	54
4.2 ค่าน้ำหนักปัจจัยเมื่อทำการหมุนแกนปัจจัยของตัวแปรอิสระเชิงปริมาณจำนวน 12 ตัว ของ ค่าเช่าเครื่องจักร.....	55
4.3 ค่าคะแนนปัจจัยของตัวแปรอิสระเชิงปริมาณจำนวน 12 ตัว ของค่าเช่าเครื่องจักร.....	56
4.4 ผลการทดสอบการแจกแจงแบบปกติของค่าเช่าเครื่องจักร งานเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกล กรมทางหลวง (Y_1) ด้วยวิธีของ Kolmogorov–Smirnov.....	58
4.5 แสดงผลการเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนของ $Z_{\sqrt{Y_1}}$	60
4.6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ $Z_{\sqrt{Y_1}}$ จากตัวแปรอิสระ 5 ตัว.....	60
4.7 ผลการเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนของ $Z_{\sqrt{Y_1}}$ เมื่อเพิ่ม ตัวแปรค่าเช่าเครื่องจักรเดือนก่อนหน้า ($Z_{Y_{t-1}}$) เป็นตัวแปรอิสระในสมการเพื่อแก้ปัญหา ความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระของ $Z_{\sqrt{Y_{t-1}}}$	61
4.8 ผลการเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนของ $Z_{\sqrt{Y_1}}$ เมื่อทำการแปลง ข้อมูลเพื่อแก้ปัญหาความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระด้วยวิธี Cochrane-Orcutt ของ $Z_{\sqrt{Y_1}}$	62
4.9 น้ำหนักปัจจัยเมื่อยังไม่มีหมุนแกนของตัวแปรอิสระเชิงปริมาณจำนวน 12 ตัว ของ ค่าเช่ายานพาหนะ.....	66
4.10 น้ำหนักปัจจัยเมื่อทำการหมุนแกนปัจจัยของตัวแปรอิสระเชิงปริมาณจำนวน 12 ตัว ของค่าเช่ายานพาหนะ.....	67
4.11 ค่าคะแนนปัจจัยเมื่อทำการหมุนแกนปัจจัยของตัวแปรอิสระเชิงปริมาณจำนวน 12 ตัว ของค่า เช่ายานพาหนะ.....	68
4.12 ผลการทดสอบการแจกแจงแบบปกติของค่าเช่ายานพาหนะ งานเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกล กรมทางหลวง (Y_2) ด้วยวิธีของ Kolmogorov–Smirnov.....	71
4.13 ผลการเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนของ $Z_{\sqrt{Y_2}}$	72
4.14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ $Z_{\sqrt{Y_2}}$ จากตัวแปรอิสระ 6 ตัวแปร.....	73

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.15 ผลการเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนของ $Z_{\sqrt{Y_2}}$ เพิ่ม ตัวแปรค่าเข้ายานพาหนะเดือนก่อนหน้า ($Z_{Y_{t-1}}$) เพื่อแก้ปัญหาคความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระ ของ $Z_{\sqrt{Y_2}}$	74
4.16 ผลการเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนของ $Z_{\sqrt{Y_2}}$ เมื่อทำการแปลง ข้อมูลเพื่อแก้ไขปัญหาคความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระด้วยวิธี Cochrane-Orcutt ของ $Z_{\sqrt{Y_2}}$	75



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงลักษณะของความคลาดเคลื่อน กรณีที่ความแปรปรวน.....	39
4.1 Scree Plot-ของค่าเช่าเครื่องจักร.....	56
4.2 ผลการแปลงค่าเช่าเครื่องจักร งานเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกล กรมทางหลวง (Y_1) ด้วยวิธี Box-Cox.....	59
4.3 แสดงผลการตรวจสอบความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนของ $\hat{Z}_{\sqrt{Y_1}}$	64
4.4 แสดงผลการตรวจสอบการแจกแจงแบบปกติของค่าความคลาดเคลื่อนของ $\hat{Z}_{\sqrt{Y_1}}$	64
4.5 Scree Plot ของค่าเช่ายานพาหนะ.....	68
4.6 ผลการแปลงค่าเช่ายานพาหนะ งานเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกล กรมทางหลวง (Y_2) ด้วยวิธี Box-Cox.....	71
4.7 แสดงผลการตรวจสอบความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนของ $\hat{Z}_{\sqrt{Y_2}}$	77
4.8 แสดงผลการตรวจสอบการแจกแจงแบบปกติของค่าความคลาดเคลื่อนของ $\hat{Z}_{\sqrt{Y_2}}$	77

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กรมทางหลวงได้นำระบบงานเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกลมาใช้ในการสนับสนุนภารกิจด้านเครื่องจักรและยานพาหนะกับงานบำรุงรักษาและก่อสร้างทางหลวงทั่วประเทศ โดยให้เครื่องจักรและยานพาหนะอยู่ในสภาพพร้อมใช้งานและมีความทันสมัย เพียงพอสำหรับการปฏิบัติงานทางหลวงอย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากกรมทางหลวงมีงบประมาณด้านการบริหารจัดการเครื่องจักรและยานพาหนะในแต่ละปีจำกัด งานเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกลของกรมทางหลวงจึงมีหน้าที่สำคัญในการจัดหาเครื่องจักรและยานพาหนะให้งานบำรุงทางและงานก่อสร้างทางหลวงเข้า นอกจากนี้งานบำรุงทางและงานก่อสร้างทางหลวงมีข้อตกลงในด้านเครื่องจักรและยานพาหนะที่จะต้องเช่าจากงานเงินทุนหมุนเวียนฯ เท่านั้น ถ้างานเงินทุนหมุนเวียนฯ ไม่มีเครื่องจักรและยานพาหนะที่งานบำรุงทางและงานก่อสร้างทางหลวงต้องการใช้ งานเงินทุนหมุนเวียนฯ จะเป็นผู้พิจารณาและอนุมัติให้เช่าจากผู้ประกอบการภายนอกงานเงินทุนหมุนเวียนฯ ได้ ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดให้ภาครัฐหรือกรมทางหลวงได้รับประโยชน์มากที่สุด ซึ่งงานเงินทุนหมุนเวียนฯ ได้รับ หน้าที่สำคัญในการบริหารจัดการด้านเครื่องจักรและยานพาหนะให้มีประสิทธิภาพเช่นนี้ทั่วประเทศจะมีเพียงหน่วยงานเดียวเท่านั้นตามเงื่อนไขการก่อตั้งเงินทุนหมุนเวียนของกระทรวงการคลัง

ค่าเช่าเครื่องจักรและยานพาหนะเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการบริหารงานเงินทุนหมุนเวียนฯ ในการจัดซื้อ จัดจ้าง การซ่อม บำรุงรักษา การจัดทำของเช่า การแลกเปลี่ยน จำหน่าย นอกจากนี้ค่าเช่าเครื่องจักรและยานพาหนะยังเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพการบริหารจัดการทรัพยากรของงานเงินทุนหมุนเวียนฯ อีกด้วย เครื่องจักรและยานพาหนะของงานเงินทุนหมุนเวียนฯ มีหลายประเภท โดยจัดสรรให้ตรงกับความต้องการของผู้เช่าคือ กรมทางหลวงและสามารถเก็บค่าเช่าได้ตรงตามเป้าหมายที่กำหนดมากที่สุด สำหรับเครื่องจักรกลที่มีให้บริการเช่าคือ เครื่องจักรกลสำหรับงานบำรุงและงานก่อสร้างซึ่งแบ่งเป็นประเภทเครื่องจักรหนัก เครื่องจักรเบา และยานพาหนะ หลายประเภทมีความต้องการเช่าสูง เช่น รถยนต์ประเภทต่างๆ ซึ่งจะมีค่าเช่าหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับระยะเวลาและลักษณะประเภทการใช้งาน เช่น รถยนต์ตรวจการ อาจจะเช่าเป็นรายเดือน หรือเช่าทั้งปี หรือ รถบดล้อเหล็ก รถเกลี่ย จะมีค่าเช่าที่สูงมากก็จะปรับมาเป็นรายชั่วโมงหรือรายวัน ให้เหมาะสมกับผลสัมฤทธิ์ของงานงบประมาณด้านค่าเช่าและของแต่ละหน่วยงานซึ่งค่าเช่าจะเป็นงบประมาณผูกพันต่อเนื่องทุกปีและกำหนดวงเงินไว้ล่วงหน้าแล้ว ทำให้ผู้เช่าต้องวางแผนการเช่าให้มีประสิทธิภาพและมีประสิทธิผลคุ้มค่ากับงบประมาณค่าเช่าเครื่องจักรและยานพาหนะที่มีอยู่อย่างจำกัด

จะเห็นได้ว่าการเช่าเครื่องจักรและยานพาหนะเพื่อปฏิบัติภารกิจต่าง ๆ ของกรมทางหลวงมีความสำคัญในการกำหนดทิศทางการดำเนินการของงานเงินทุนหมุนเวียนฯ ดังนั้นปัจจัยต่างๆที่จะมีอิทธิพลหรือเกี่ยวข้องกับค่าเช่าเป็นสิ่งที่เราต้องรู้และปรับเปลี่ยนให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากที่สุด ถ้าเก็บค่าเช่าจากกรมทางหลวงได้ครบตามที่กรมทางหลวงและงานเงินทุนหมุนเวียนฯ ได้ตกลงกันได้ ก็จะสามารรถดำเนินการจัดหาเครื่องจักรและยานพาหนะใหม่ ๆ และทันสมัยมาให้บริการได้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีค่าซ่อมบำรุงเพียงพอเมื่อเครื่องจักรและยานพาหนะมีปัญหาใช้งานไม่ได้ ไม่จอตระอ้อมให้เสียโอกาสเช่า มีงบประมาณในการจัดเตรียมอะไหล่และระบบหล่อลื่นที่เพียงพอ ทำให้เครื่องจักรและยานพาหนะ มีอายุการใช้งานที่ยืนยาว เก็บค่าเช่าได้มากขึ้น ถ้าการเก็บค่าเช่ามีปัญหา ไม่สามารถเก็บค่าเช่าได้ดังที่ควรจะเป็น (เครื่องจักรและยานพาหนะจอตระอ้อม) ไม่ว่าจะด้วยเหตุใดจะทำให้การดำเนินการดังที่กล่าวข้างต้นมีปัญหา เสียโอกาสการใช้ประโยชน์และเก็บค่าเช่า ส่งผลให้ไม่สามารถดำเนินการได้ตามตัวชี้วัดที่กรมบัญชีกลางกำหนดไว้ ซึ่งจะส่งผลต่อการดำรงอยู่ของงานเงินทุนหมุนเวียนฯ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องทราบว่าปัจจัยใดบ้างที่มีอิทธิพลหรือส่งผลกระทบต่อค่าเช่าเครื่องจักรและยานพาหนะเพื่อใช้เป็นแนวทางแก้ปัญหาและพัฒนาการเช่าเครื่องจักรและยานพาหนะของงานเงินทุนหมุนเวียนฯ ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าเช่าเครื่องจักร งานเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกล กรมทางหลวง
2. เพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าเช่ายานพาหนะ งานเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกล กรมทางหลวง

1.3 ขอบเขตการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ ข้อมูลที่ทำการวิจัยเป็นข้อมูลทุติยภูมิโดยเป็นข้อมูลจากงานงานเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกลของกรมทางหลวง ตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2554 ถึง กันยายน 2557

1.4 นิยามศัพท์

งานเงินทุนหมุนเวียน หมายถึง เงินทุนที่กิจการต้องมีสำรองไว้ใช้หมุนเวียน ตั้งแต่กิจการเริ่มจ่ายเงินสดในการชำระค่าสินค้า/วัตถุดิบหรือชำระหนี้สินเจ้าหนี้การค้า และจ่ายค่าใช้จ่ายดำเนินงานต่างๆ จนกว่ากิจการจะได้รับเงินสดจากการขายสินค้าหรือบริการ หรือรับชำระเงินจากลูกหนี้การค้า (โดยไม่นับรวมถึงการซื้อสินทรัพย์ เช่น อาคาร เครื่องจักร ยานพาหนะ อุปกรณ์ เครื่องใช้สำนักงาน เป็นต้น) เพื่อให้กิจการสามารถขายสินค้าและบริการได้ตามเป้าหมาย

ค่าเช่าเครื่องจักรและยานพาหนะ หมายถึง ค่าเช่าหรือค่าบริการที่เรียกเก็บจากผู้เช่าคือหน่วยงานของกรมทางหลวงเพื่อนำค่าเช่าดังกล่าวหมุนเวียนกลับมาจัดหา ซ่อมบำรุง และบริหารจัดการงานด้านเครื่องจักรและยานพาหนะของเงินทุนหมุนเวียน

เครื่องจักร เครื่องกล หรือ เครื่องจักรกล หมายถึง เครื่องมือชนิดหนึ่งประกอบขึ้นจากส่วนหนึ่งหรือส่วนต่าง ๆ หลายส่วน ซึ่งถูกสร้างขึ้นมาเพื่อทำให้บรรลุจุดมุ่งหมายเฉพาะเจาะจงอย่างหนึ่ง เครื่องจักรเป็นอุปกรณ์ที่มีพลังขับเคลื่อน ซึ่งมักจะเป็นพลังงานเชิงกล เคมี ความร้อน หรือไฟฟ้า เป็นต้น และบ่อยครั้งก็ถูกทำให้เป็นเครื่องยนต์ (<http://th.wikipedia.org>)

น้ำมันเชื้อเพลิง หมายถึง ของเหลวที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบ หลังจากนั้นจึงนำมาปรับปรุงคุณภาพให้เหมาะสมต่อการใช้งาน เพื่อใช้เผาให้เป็นพลังงานในการขับเคลื่อนเครื่องยนต์ เครื่องเทอร์ไบน์ หรือใช้ในงานอุตสาหกรรม โดยทั่วไปน้ำมันเชื้อเพลิงที่จำหน่ายในสถานบริการจะมีอยู่ 2

ประเภทคือ น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้กับเครื่องยนต์เบนซิน และที่ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล (www.wisanuwat.blogspot.com)

อายุมาตรฐาน หมายถึง อายุเครื่องจักรและยานพาหนะที่ต้องใช้งานให้ครบตามระยะเวลาที่กำหนดโดยกรมทางหลวงและกรมบัญชีกลาง

ซ่อมบำรุง หมายถึง การพยายามรักษาสภาพของเครื่องมือเครื่องจักรต่าง ๆ ให้มีสภาพที่พร้อมจะใช้งานอยู่ตลอดเวลา

บริการหล่อลื่น หมายถึง การเปลี่ยนน้ำมันเครื่องของเครื่องยนต์เบนซินหรือดีเซลเพื่อหล่อลื่นส่วนที่เคลื่อนไหวของเครื่องยนต์ที่มีการเผาไหม้ภายในของเครื่องยนต์ เช่น ลูกสูบ เพลาข้อเหวี่ยง เพลาลูกเบี้ยว และแบริ่งต่างๆ

ค่าเสื่อม หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่ตัดจากมูลค่าของสินทรัพย์ ที่กิจการใช้ประโยชน์ประจำงวด ทั้งนี้เพราะ อุปกรณ์ เครื่องจักร รถยนต์ เป็นสินทรัพย์ที่มีไว้ใช้งานเป็นระยะเวลายาวนานและมักจะมีมูลค่าสูง จึงมีการประมาณประโยชน์จากสินทรัพย์เหล่านี้เฉลี่ยเป็นค่าใช้จ่ายแต่ละงวด

ชั่วโมงทำงาน หมายถึง ชั่วโมงการทำงานของเครื่องจักรและยานพาหนะที่บันทึกลงในแบบบันทึกการใช้งาน(EC1)

ค่าใช้จ่ายทางตรง หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่สามารถระบุหรือสามารถจำแนกได้ ว่าเป็นของเครื่องจักรและยานพาหนะประเภทใด เช่น ค่ายาง ค่าอะไหล่ ฯลฯ

ค่าใช้จ่ายทางอ้อม หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่ไม่สามารถระบุหรือไม่สามารถชี้ชัดได้ว่าเป็นค่าใช้จ่ายของเครื่องจักรและยานพาหนะประเภทใด เช่น ค่าใช้จ่ายด้านบุคลากร ค่าใช้จ่ายในโรงงาน ฯลฯ

ประเภทงาน หมายถึง ลักษณะการใช้งานของเครื่องจักรและยานพาหนะโดยจำแนกตามลักษณะงานทาง ได้แก่ งานซ่อมบำรุงทางหลวงที่มีอยู่แล้ว และงานก่อสร้างทางหลวงใหม่

ประเภทการเช่า หมายถึง ประเภทการเช่าเครื่องจักรและยานพาหนะของกรมทางหลวงมี 6 ประเภทได้แก่ ค่าเช่าตามหน้าที่ปกติ(W) ค่าเช่างานของผู้ให้เช่า(M) ค่าเช่างานอื่นๆของกรม(C) ค่าเช่าฉุกเฉิน/สาธารณะ(V) ค่าเช่างานนอกกรม(O) และค่าเช่ารองาน (S)

เครื่องจักรกลที่ใช้งานถนนและงานดิน ประกอบด้วย

- รถแทรกเตอร์ (Tractor)
- รถตัก (Roader)
- เครื่องจักรสำหรับขุดดิน (Excavating Equipment)
- รถบรรทุก (Truck)
- รถขุดอุ้มดิน
- รถเกรด
- รถบด
- เครื่องกลในงานปูพื้นผิวจราจรด้วยแอสฟัลต์ (www2.tatc.ac.th)

ยานพาหนะทางบก หมายถึง รถที่เดินด้วยกำลังเครื่องยนต์ โดยใช้พลังงานเชื้อเพลิง เช่น น้ำมัน ก๊าซ หรือกำลังไฟฟ้าและรวมถึงรถพ่วง รถไฟ รถราง” (www.dlt.go.th)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ชื่อตัวแปร	รายละเอียด	ประเภท
ตัวแปรตาม		
ค่าเช่าเครื่องจักรและยานพาหนะ	ค่าเช่าเครื่องจักรและยานพาหนะ	ปริมาณ
ตัวแปรอิสระ		
ค่าใช้จ่ายทางตรง	ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับเครื่องจักรและยานพาหนะโดยตรง เช่น ค่าประกัน ค่าสำรองเงินเพื่อ ฯลฯ	ปริมาณ
ประเภทงาน	บำรุงหรือก่อสร้าง	คุณภาพ
อายุมาตรฐาน	ในอายุมาตรฐานหรือเกินอายุมาตรฐาน	คุณภาพ
ค่าซ่อมบำรุง	ค่าซ่อมต่าง ๆ	ปริมาณ
ค่าบริการหล่อลื่น	ค่าน้ำมันเครื่อง ฯลฯ	ปริมาณ
ประเภทการเช่า	ตามหน้าที่ปกติหรืออื่น ๆ	คุณภาพ
ค่าเสื่อมราคา	ค่าเสื่อมราคา	ปริมาณ
รูปแบบการเช่า	รายเดือนหรืออื่น ๆ	คุณภาพ
ชั่วโมงทำงาน	จำนวนชั่วโมงทำงาน	ปริมาณ
อายุการใช้งาน	อายุเครื่องจักรหรือยานพาหนะ(ปี)	ปริมาณ
น้ำมันเชื้อเพลิง	จำนวนน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้งานเครื่องจักรและยานพาหนะ(ลิตร)	ปริมาณ
ระยะเวลาเช่า	ระยะเวลาการเช่าพิจารณาตามสัญญาเช่า เช่น 30 วัน 1 ปี ฯลฯ	ปริมาณ
ราคาได้มา	ราคาซื้อ	ปริมาณ
จำนวนวันที่ทวงค่าเช่า	จำนวนวันที่เกินกำหนดจ่ายค่าเช่า	ปริมาณ
มูลค่าการจำหน่ายเครื่องจักร	เครื่องจักรเกินอายุมาตรฐานควรจำหน่ายเพื่อลดภาระการซ่อม ถ้าไม่จำหน่ายจะได้ค่าเช่าเพิ่ม แต่จะมีค่าซ่อม	ปริมาณ
ค่าใช้จ่ายทางอ้อม	ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับเครื่องจักรและยานพาหนะที่ไม่ได้เกี่ยวกับเครื่องจักรโดยตรง เช่น ค่าใช้จ่ายในการในโรงงาน ค่าใช้จ่ายในการบริหารงาน ฯลฯ	ปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 วิธีการวิจัย

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้มีกระบวนการดำเนินการคือ รวบรวมข้อมูลค่าเช่าเครื่องจักรและยานพาหนะของงานเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกล กรมทางหลวง จากการบันทึกการใช้งานผ่านระบบโปรแกรม EMS (Equipment Management System) version 2 ตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2554 ถึง กันยายน 2557 ซึ่งจะวิเคราะห์โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression Analysis) ใช้วิธีการคัดเลือกตัวแปรด้วยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระทีละขั้นตอน (Stepwise Regression Procedure) เนื่องจากตัวแปรอิสระที่มีจำนวนมาก และตัวแปรอิสระบางตัวอาจมีความสัมพันธ์กัน จึงใช้การวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis) ด้วยวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis) มาช่วยในการจับกลุ่มตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กันและใช้การหมุนแกนด้วยวิธี Orthogonal แบบ Varimax

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงปัจจัยที่สำคัญที่เป็นตัวกำหนดราคาค่าเช่าเครื่องจักรและยานพาหนะสำหรับเป็นข้อมูลพื้นฐานไปใช้กับการเช่าเครื่องจักรและยานพาหนะรูปแบบอื่น ๆ
2. เป็นแนวทางในการวางแผนการและกำหนดการเช่าเครื่องจักรและยานพาหนะให้มีประสิทธิภาพคุ้มค่ากับงบประมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับทุนหมุนเวียนและการเช่าเครื่องจักรยานพาหนะ

2.1.1 ความหมายของเงินทุนหมุนเวียน มีผู้ให้ความหมายไว้ดังนี้

เงินทุนหมุนเวียน คือ เงินลงทุนในสินทรัพย์หมุนเวียน เงินทุนหมุนเวียนสุทธิ คือ ผลต่างระหว่างสินทรัพย์หมุนเวียนกับหนี้สินหมุนเวียน

เงินทุนหมุนเวียนแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1) เงินทุนหมุนเวียนถาวร คือ มูลค่าของเงินทุนหมุนเวียนที่หน่วยงานต้องการอย่างต่ำที่สุด เพื่อรักษาไว้ซึ่งการดำเนินงานตามปกติ

2) เงินทุนหมุนเวียนผันแปร คือ มูลค่าของเงินทุนหมุนเวียนที่ต้องรักษาไว้ ซึ่งการดำเนินงานตามฤดูกาลหรือในกรณีพิเศษ

การกำหนดนโยบายเงินทุนหมุนเวียน

พิจารณาจากการแลกเปลี่ยนชดเชยระหว่างความเสี่ยงและผลตอบแทนซึ่งเกี่ยวข้องกันจาก

1) สัดส่วนระหว่างสินทรัพย์หมุนเวียนและสินทรัพย์ถาวร

2) สัดส่วนระหว่างหนี้สินหมุนเวียนและเงินทุนระยะยาวใช้ในการลงทุนสินทรัพย์หมุนเวียน

การกำหนดนโยบายแบ่งเป็น 4 แบบ คือ

1) นโยบาย Matching กำหนดให้ธุรกิจจัดหาเงินทุนตามอายุของสินทรัพย์ที่ธุรกิจต้องใช้ นโยบายนี้จะมีความเสี่ยงเกิดขึ้นเนื่องจากไม่สามารถคาดคะเนกระแสเงินสดได้อย่างถูกต้อง

2) นโยบาย Conservative ไม่แบ่งแยกสินทรัพย์หมุนเวียนออกเป็นสั้นและส่วนผันแปร ในนโยบายนี้ฝ่ายบริหารมีนโยบายที่จะจัดหาเงินทุนเพื่อนำมาลงทุนในสินทรัพย์หมุนเวียน ส่วนผันแปรหลังจากหักเจ้าหนี้การค้าและค่าใช้จ่ายค้างจ่ายด้วยการก่อนหนี้ระยะยาว การจัดหาเงินทุนในลักษณะนี้ ความเสี่ยงในเรื่องการชำระหนี้เงินกู้ระยะยาวนั้นไม่มี ธุรกิจจะมีความคล่องตัวสูง ใช้จ่ายเงินเหลือใช้ในบางเวลา

3) นโยบาย Aggressive ใช้เงินทุนระยะสั้นจัดหาสินทรัพย์ส่วนผันแปรและสินทรัพย์หมุนเวียนส่วนถาวรบางส่วน และใช้เงินทุนระยะยาวจัดหา สินทรัพย์หมุนเวียนส่วนถาวรที่เหลือ และสินทรัพย์ถาวร นโยบายนี้สามารถทำกำไรได้สูงสุด เนื่องจากใช้เงินทุนจากแหล่งเงินทุนระยะสั้น แต่จะมีความเสี่ยงจากการขาดสภาพคล่องสูง เกิดจากการที่ธุรกิจต้องจัดหาเงินทุนระยะสั้น ซึ่งมีอัตราดอกเบี้ยไม่แน่นอนอยู่เสมอ หรือเกิดจากความไม่สมดุลของกระแสเงินสดจากการดำเนินงาน

4) นโยบาย Balanced ใช้เงินทุนระยะยาวจัดหาสินทรัพย์ถาวร สินทรัพย์หมุนเวียนส่วนถาวร ตลอดจนสินทรัพย์หมุนเวียนส่วนผันแปรบางส่วน และใช้เงินทุนระยะสั้นจัดหาสินทรัพย์หมุนเวียนส่วนผันแปรส่วนที่เหลือ นโยบายนี้จะทำให้ธุรกิจมีส่วนสำรองเพื่อความปลอดภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เงินทุนหมุนเวียน (สำนักนโยบายการคลัง, 2557) หมายถึง กองทุน เงินทุน หรือเงินทุนหมุนเวียนต่างๆ ที่จัดตั้งขึ้นตามกฎหมายเฉพาะ เพื่อให้หน่วยงานภาครัฐนำเงิน งบประมาณที่ได้กำหนดเป็นเงินทุนหมุนเวียน สามารถนำไปใช้จ่ายในกิจกรรมหรือวัตถุประสงค์ตามกฎหมายนั้น ๆ หรือนำเงินรายรับที่หน่วยงานภาครัฐได้รับ จากการดำเนินงานสบทบไว้ใช้จ่ายหมุนเวียนในกิจการโดยไม่ต้องนำส่งเป็นรายได้แผ่นดิน ทั้งนี้ เงินทุนหมุนเวียนในปีงบประมาณ 2557 มีจำนวนทั้งสิ้น 115 กองทุน โดยสามารถจำแนกตามวัตถุประสงค์ของเงินทุนได้ 5 กลุ่ม ได้แก่ เงินทุนหมุนเวียนเพื่อการกักตุน กองทุนหมุนเวียนเพื่อการสงเคราะห์และสวัสดิการสังคม เงินทุนหมุนเวียนเพื่อการจำหน่ายและการผลิต เงินทุนหมุนเวียนเพื่อการบริการ และเงินทุนหมุนเวียนเพื่อการสนับสนุนส่งเสริม โดยเงินทุนหมุนเวียน สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

1) เงินทุนหมุนเวียนที่พึ่งงบประมาณเป็นหลัก เป็นกลุ่มเงินทุนหมุนเวียนที่ไม่สามารถหารายได้จากภารกิจของเงินทุนได้ จึงไม่มี เงินทุนในการบริหารงานของเงินทุนหมุนเวียนนั้น ๆ จำเป็นต้องได้รับเงินอุดหนุนจากงบประมาณอย่างต่อเนื่อง

2) เงินทุนหมุนเวียนที่มีรายได้จากภารกิจหลัก เป็นกลุ่มเงินทุนหมุนเวียนที่มีรายได้จากภารกิจของเงินทุน โดยเงินทุนหมุนเวียน บางกองทุนมีรายได้เพียงพอต่อการค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ในขณะที่เงินทุนหมุนเวียนบางกองทุนมีรายได้ไม่เพียงพอต่อค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ยังต้องได้รับเงินอุดหนุนจากรัฐบาลเป็นบางปี

เนื่องจากเงินทุนหมุนเวียนสามารถดำเนินการโดยใช้กฎระเบียบข้อบังคับของตนเอง จึงมีความคล่องตัว อีกทั้งมีประสิทธิภาพในการบริหารจัดการที่สูงขึ้น และมีความสะดวกรวดเร็วในการ อย่างไรก็ตามแม้ว่าเงินทุนหมุนเวียนมีบทบาทในการลดภาระงบประมาณของรัฐบาล เนื่องจากการเปิดโอกาสให้เงินทุนหมุนเวียน และหน่วยงานต่าง ๆ สามารถเก็บรายได้ที่ได้รับจากการดำเนินงาน เพื่อใช้ในการบริหารจัดการและดำเนินกิจการตามภารกิจของตนโดยไม่ต้องนำส่ง เป็นรายได้แผ่นดิน ซึ่งจะทำให้รัฐบาลไม่ต้องจัดสรรงบประมาณเพื่อสนับสนุน เงินทุนหมุนเวียนและหน่วยงานนั้น ๆ แต่สำหรับกรณีของประเทศไทยในปัจจุบัน เงินทุนหมุนเวียนยังมีบทบาทในการลดภาระงบประมาณของรัฐบาลได้ไม่สมบูรณ์ โดยพบว่าเงินทุนหมุนเวียนส่วนใหญ่ไม่มีแหล่งรายได้เป็นของตัวเองและต้องได้รับจัดสรรเงินจากงบประมาณแผ่นดิน

หลักการจัดตั้งทุนหมุนเวียน (สำนักกำกับและพัฒนาระบบเงินนอกงบประมาณ กรมบัญชีกลาง กระทรวงการคลัง , 2554) การจัดตั้งทุนหมุนเวียน จะกระทำเฉพาะกรณีที่เป็นกิจกรรมที่ส่วนราชการหน่วยงานของรัฐ ต้องปฏิบัติตามหน้าที่เพื่อสาธารณะประโยชน์ หรือเพื่อประโยชน์ทางเศรษฐกิจ หรือเพื่อช่วยเหลือในการครองชีพ หรืออำนวยความสะดวกแก่ประชาชน และไม่สามารถใช้วิธีการดำเนินการตามระเบียบของทางราชการได้ ทั้งนี้กิจกรรมดังกล่าวต้องกำหนดวัตถุประสงค์ที่ชัดเจน ต้องก่อให้เกิดรายได้ที่เกิดจากการดำเนินงานกลับเข้าสมทบเป็นแหล่งรายรับของทุนหมุนเวียน ซึ่งมีใช้มาจากเงินงบประมาณแผ่นดินแต่เพียงอย่างเดียว โดยอนุญาตให้นำเงินรายรับนั้นมาสมทบไว้ใช้จ่ายได้โดยไม่ต้องนำส่งคลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ระบบการบริหารเงินนอกงบประมาณ (ทุนหมุนเวียน)

ประเภท	การจัดตั้ง	การกำกับ	การประเมินผล	การยกเลิก
ทุนหมุนเวียน	- พ.ร.บ.เงินคลัง พ.ศ. 2549 (มาตรา 12) - มติครม. 26 สิงหาคม 2551 กำหนดแนวทางจัดตั้ง & คณะกรรมการกลั่นกรองจัดตั้งทุนฯ หมุนเวียน	- มติครม. 22 ก.ค. 2529 กำหนดให้เสนอคำขออนุมัติประมาณการรายจ่ายประจำปีภายในมิถุนายนพิจารณาอนุมัติงบประมาณรายจ่ายประจำปีและเพิ่มเติม - กำหนดรายงานรับจ่ายเงินตามระเบียบที่เกี่ยวข้องและหนังสือสั่งการต่างๆ - ตามมติครม.18 พฤศจิกายน 2546 กำหนดให้ร่วมเป็นคณะกรรมการในคณะกรรมการบริหารทุนหมุนเวียน	- มติครม. 30 กันยายน 2546 กำหนดให้กรมบัญชีกลางดำเนินการระบบประเมินผลทุนหมุนเวียน	- พ.ร.บ.ให้อำนาจกระทรวงการคลังก่อตั้งหรือยุบเลิกทุนหมุนเวียน พ.ศ. 2543 - กำหนดแนวทางปฏิบัติรวมหรือยุบเลิกทุนหมุนเวียนตามมาตรา 9 แห่ง พ.ร.บ.ให้อำนาจฯ

(กลุ่มพัฒนาเงินนอกงบประมาณ กรมบัญชีกลาง)

คุณลักษณะเบื้องต้นของทุนหมุนเวียนที่ขอจัดตั้ง

1) ลักษณะการดำเนินงานต้องไม่ซ้ำซ้อนกับทุนหมุนเวียนที่ได้ดำเนินการอยู่แล้ว หรือไม่ซ้ำซ้อนกับหน้าที่หลักของหน่วยงานของรัฐอื่น หรือมีการดำเนินงานในลักษณะเดียวกับการปฏิบัติงานตามภารกิจปกติ ของส่วนราชการ

2) ต้องเป็นการดำเนินงานที่ไม่เป็นการแข่งขันกับภาคเอกชน/รัฐวิสาหกิจ หรือกิจกรรมที่เอกชน/รัฐวิสาหกิจสามารถดำเนินการได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ทุนหมุนเวียนที่จัดตั้งต้องไม่มีลักษณะที่กำหนดให้ใช้จ่ายเฉพาะดอกผลโดยขอรับการจัดสรรเงินงบประมาณเป็นทุนประเดิมและเงินสมทบ เพื่อนำไปฝากสถาบันการเงินเพื่อให้ได้ดอกผลมาเป็นค่าใช้จ่าย ในการดำเนินงานของทุนหมุนเวียน

4) ทุนหมุนเวียนที่จัดตั้งตามนโยบายของรัฐบาล เพื่อประโยชน์ในการดำเนินกิจการใดกิจการหนึ่ง ที่จำเป็น และมีความสำคัญในช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง ต้องกำหนดระยะเวลาการดำเนินงานและวงเงิน ในการ ดำเนินการไว้ให้ชัดเจน

กระบวนการจัดตั้งทุนหมุนเวียน

หน่วยงานของรัฐที่มีความประสงค์จะจัดตั้งทุนหมุนเวียน จำเป็นต้องพิจารณาถึงความจำเป็นตาม หลักการในการจัดตั้งทุนหมุนเวียน และต้องคำนึงถึงความพร้อมที่จะดำเนินการภายใต้วัตถุประสงค์ของ ทุนที่ได้ จัดตั้งขึ้น ในด้านโครงสร้างการกำกับดูแลทุนหมุนเวียนและบริหารงานภายในองค์กร การกำหนด วิธีการ ระเบียบ หลักเกณฑ์และข้อปฏิบัติที่เกี่ยวข้องการดำเนินงานของทุนหมุนเวียน รวมทั้งมีการ กำหนดการควบคุม ติดตาม และประเมินผลการดำเนินงานทุนหมุนเวียนอย่างชัดเจน โดยกระบวนการ จัดตั้งทุนหมุนเวียน แบ่งออกเป็น 3 ส่วนสำคัญ ได้แก่ ส่วนที่ 1 การเสนอขอจัดตั้งทุนหมุนเวียน ส่วนที่ 2 การนำเสนอคณะรัฐมนตรีและส่วนที่ 3 การดำเนินการหลังจากจัดตั้งทุนหมุนเวียน

2.1.2 การบริการให้เช่าเครื่องจักรและยานพาหนะของกรมทางหลวง

การให้บริการให้เช่าเครื่องจักรและยานพาหนะของกรมทางหลวง โดยงานเงินทุนหมุนเวียนค่า เครื่องจักรกลของกรมทางหลวง มีระเบียบวิธีดำเนินงานดังนี้ (ส่วนแผนงานและมาตรฐาน สำนักเครื่องกล และสื่อสาร, 2558)

2.1.2.1 Pool Superintendent (PS) ตัวแทนเงินทุนหมุนเวียนฯ สำนักงานทางหลวง / ศูนย์ สร้างทาง / ศูนย์สร้างและบูรณะสะพาน มีหน้าที่และความรับผิดชอบ ดังนี้

- เป็นผู้ลงนามตกลงให้เช่า/ ให้ใช้/ เลิกเช่าเครื่องจักรกลในสังกัด
- ควบคุม กำกับการส่งมอบ/ส่งกลับเครื่องจักรกลให้เช่า
- ควบคุมดูแลการใช้งานของเครื่องจักรกลในสังกัด
- เป็นผู้ลงนามในใบแจ้งหนี้ค่าเช่าเครื่องจักรกล กรณีให้หน่วยงานภายนอกกรมทางหลวง

เช่าใช้เครื่องจักรกล

2.1.2.2 Fund District Representative (FDR) ตัวแทนเงินทุนหมุนเวียนฯ แขวงทางหลวง มีหน้าที่และความรับผิดชอบ ดังนี้

- เป็นผู้ลงนามตกลงให้เช่า/ ให้ใช้/ เลิกเช่าเครื่องจักรกลในสังกัด
- ควบคุม กำกับการส่งมอบ/ส่งกลับเครื่องจักรกลให้เช่า
- ควบคุมดูแลการใช้งานของเครื่องจักรกลในสังกัด
- เป็นผู้ลงนามในใบแจ้งหนี้ค่าเช่าเครื่องจักรกลกรณีให้หน่วยงานภายนอกกรมทางหลวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่าใช้เครื่องจักรกล

2.1.2.3 เจ้าหน้าที่เงินทุนฯ หรือเจ้าหน้าที่ผู้ซึ่ง PS/FDR มอบหมาย มีหน้าที่และความรับผิดชอบ ดังนี้

- บันทึก/ แจ้งผลการพิจารณาอนุมัติการเช่า/ ขอใช้/ เลิกเช่า ด้วยระบบ EMS ของหน่วยงานในสังกัดและส่งเอกสารผลการอนุมัติให้ผู้ขอเช่า
- ประสานงานกับเจ้าหน้าที่ของหน่วยงานในสังกัด PS และเจ้าหน้าที่ของหน่วยงานผู้เช่าในสังกัดและต่างสังกัด ในการรายงานการปฏิบัติงานเพื่อคำนวณค่าเช่าเครื่องจักรกลด้วยระบบ EMS ทุกสิ้นเดือน
- ประสานงานกับผู้ขอเช่าหน่วยงานภายในทางหลวงและหน่วยงานภายนอกกรมทางหลวงเกี่ยวกับการให้บริการเช่าเครื่องจักรกลรวมทั้งให้คำแนะนำการกรอกแบบฟอร์มที่เกี่ยวข้อง
- จัดทำ/ บันทึกสัญญาเช่าเครื่องจักรกล (ED 4)/ ขอใช้เครื่องจักรกล(ED 4M) ด้วยระบบ EMS พิมพ์เป็นเอกสาร
- จัดทำใบแจ้งเลิกเช่าเครื่องจักรกล (ED 5) โดยใช้แบบฟอร์มที่กำหนดให้จากสำนักเครื่องกลและสื่อสาร/ บันทึกใบแจ้งเลิกเช่าเครื่องจักรกล (ED 5) ด้วยระบบ EMS
- จัดทำ/บันทึกใบส่งพัสดุและโอนย้ายเครื่องจักรกล – ยานพาหนะ (พ.1-26 ถ้ามี) จากระบบ EMS พิมพ์เป็นเอกสาร
- จัดทำรายงานการปฏิบัติงานของเครื่องจักร - ยานพาหนะ (EC1-W) โดยใช้แบบฟอร์มที่กำหนดให้จากสำนักเครื่องกลและสื่อสาร และบันทึกรายงานการปฏิบัติงานของเครื่องจักรยานพาหนะด้วยระบบ EMS
- จัดทำรายงานค่าเช่าเครื่องจักรกล แยกตามเครื่องจักรกล (รายงานข้อ 13 ในระบบEMS) ส่งสำนักเครื่องกลและสื่อสาร
- นำส่งรายได้ค่าเช่าเครื่องจักรกลเข้าบัญชีเงินทุนหมุนเวียนฯ

2.1.2.4 เจ้าหน้าที่ส่วน/ฝ่าย/งานปรับซ่อมเครื่องจักรกลผู้ซึ่ง PS/FDR มอบหมาย มีหน้าที่และความรับผิดชอบ ดังนี้

- จัดเตรียมเครื่องจักรกลให้ผู้ขอเช่า โดยตรวจสอบหมายเลขและสถานะของเครื่องจักรกลตามสัญญาเช่าเครื่องจักรกล
- ประสานงานกับผู้ขอเช่าเกี่ยวกับการรับ/ส่งเครื่องจักรกลตามระเบียบราชการกรณีเช่าข้ามหน่วยงานใช้ระเบียบพัสดุกรณีเช่าภายในหน่วยงานใช้แบบฟอร์มที่กำหนดภายในหน่วยงาน
- ติดตาม ควบคุม ดูแล และรับรองการปฏิบัติงานของเครื่องจักรกลที่ให้เช่า

2.1.2.5 เจ้าหน้าที่ของ สก./ สทล./ ศท./ ศ.สส./ ขท. มีหน้าที่และความรับผิดชอบดังนี้

- จัดทำใบขอเช่า/ขอใช้เครื่องจักรกล เสนอผู้บังคับบัญชาตามลำดับ
- ตรวจสอบงบประมาณค่าเช่าเครื่องจักรกลของผู้ขอเช่า ซึ่งอยู่ในบันทึกแนบ ED4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ประสานงานระหว่างเจ้าหน้าที่เงินทุนฯ หรือเจ้าหน้าที่ผู้ซึ่ง PS/FDR มอบหมายกับผู้ขอเช่า ในการจัดทำสัญญาเช่าฯ ใบแจ้งเลิกเช่าฯ

- จัดทำบันทึกขอเลิกเช่ากรณีมีการเลิกเช่าก่อนครบสัญญา

2.1.2.6 หัวหน้าส่วนราชการ หรือผู้ที่ได้รับมอบหมายให้ควบคุมการเช่าใช้เครื่องจักรกลของกรม ทางหลวง (ผู้เช่า ได้แก่ นายช่างโครงการฯ หมวดทางหลวง) มีหน้าที่และความรับผิดชอบ ดังนี้

- พิจารณออนุมัติการขอเช่าเครื่องจักรกลของเงินทุนหมุนเวียนฯ มาปฏิบัติภารกิจของ กรม ทางหลวง

- เป็นผู้ลงนามในสัญญาเช่า/ เลิกเช่าเครื่องจักรกล

2.1.3. สูตรอัตราค่าเช่าเครื่องจักรกลเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกลของกรมทางหลวง

คณะอนุกรรมการกลั่นกรองและพัฒนากิจการเครื่องจักรกล ได้มีการกำหนดสูตรอัตราค่าเช่า เครื่องจักรกลเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกลของกรมทางหลวงไว้ (สำนักเครื่องกลและสื่อสาร กรมทาง หลวง, 2557) ดังนี้

สูตรที่ใช้ปัจจุบัน

$$R = \frac{C_f}{T_a} + \frac{C_v}{T_p}$$

โดยที่ R คือ อัตราค่าเช่า (Rental Rate)

C_f คือ ค่าใช้จ่ายในการบริหารเครื่องจักรกลคงที่ (Fixed Costs)

C_v คือ ค่าใช้จ่ายในการบริหารเครื่องจักรกลที่ไม่คงที่ (Variable Cost)

T_a คือ ระยะเวลาที่เครื่องจักรกลสามารถปฏิบัติงานได้ใน 1 ปี (Available Working Time)

T_p คือ ระยะเวลาที่เครื่องจักรกลปฏิบัติงานตามแผนใน 1 ปี (Planned Working Time)

โดยได้กำหนด T_a คือ ระยะเวลาที่เครื่องจักรกลสามารถปฏิบัติงานได้ใน 1 ปี (Available Working Time) เท่ากับ 185 วัน/ปี และ 1,295 ชั่วโมง/ปี กับเครื่องจักรกลทุกประเภท และ T_p คือ ระยะเวลาที่เครื่องจักรกลปฏิบัติงานตามแผนใน 1 ปี (Planned Working Time)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัยของค่าใช้จ่ายที่ใช้กำหนดอัตราค่าเช่า

2.1.3.1 ค่าใช้จ่ายทางตรง (Direct Costs)

ค่าเสื่อมราคา = (ราคาซื้อ-ราคาซาก)/อายุการใช้งาน

ค่าเสื่อมราคา (Depreciation)

ค่าสำรองเงินเพื่อ (Inflation และ Shortfall Reserve)

ค่าสำรองเงินเพื่อ = ค่าเสื่อมราคา x Shortfall Factor

Shortfall Factor ของเครื่องจักรที่มีอายุการใช้งานต่างกันจะไม่เท่ากัน

โดยที่ Short fall factor หาได้จากสูตร

$$\text{Short fall factor} = \frac{\text{Need} - \text{Accumulate}}{\text{Accumulate}}$$

โดยที่ NEED คือมูลค่าของเงินในอนาคต หาได้จากสูตร

$$\text{NEED} = C (1 + R)^N$$

โดยที่

C คือ มูลค่าเครื่องจักรกลที่ซื้อ

R คือ อัตราเงินเฟ้อ

N คือ อายุใช้งานมาตรฐานของเครื่องจักรกล

ค่าประกันภัย (Insurance)

ค่าประกันภัย = 0.5% ของค่าลงทุนเฉลี่ย

และค่าลงทุนเฉลี่ย สามารถหาได้จากสูตร

ค่าลงทุนเฉลี่ย = (ราคาซื้อ-ราคาซาก) x 0.5 x (อายุการใช้งาน+1)/อายุการใช้งาน

ค่าอะไหล่ (Repair)

ค่าอะไหล่ = X % ของค่าเสื่อมราคา

โดย X พิจารณาจาก

- อุปกรณ์และเครื่องจักรขนาดเล็ก เป็น 30 % ของค่าเสื่อมราคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- รถนั่งและรถตรวจการณ์ เป็น 30 % ของค่าเสื่อมราคา
- รถบรรทุกและขนส่ง เป็น 40 % ของค่าเสื่อมราคา
- เครื่องจักรกล เป็น 60 % ของค่าเสื่อมราคา

ค่าใบมีดและอุปกรณ์ที่สึกหรอ (Blade and fast moving parts)

ค่าใบมีดและอุปกรณ์ที่สึกหรอ = จำนวนชุดที่ต้องเปลี่ยนต่อปี \times จำนวนชิ้นต่อชุด \times ราคาต่อชิ้น
 ค่าบำรุงรักษาตามกำหนดเวลา (Preventive Maintenance)

ค่าบำรุงรักษาตามกำหนดเวลา = X % (ของค่าน้ำมันเชื้อเพลิง)

โดย X พิจารณาจาก

- อุปกรณ์และเครื่องจักรขนาดเล็ก เป็น 5 % ของค่าน้ำมันเชื้อเพลิง
- รถนั่งและรถตรวจการณ์ เป็น 5 % ของค่าน้ำมันเชื้อเพลิง
- รถบรรทุกและขนส่ง เป็น 10 % ของค่าน้ำมันเชื้อเพลิง
- เครื่องจักรกล เป็น 15 % ของค่าน้ำมันเชื้อเพลิง

และ

ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง = ชั่วโมงใช้งานตามแผน \times ปริมาณเชื้อเพลิง \times ราคาเชื้อเพลิงต่อลิตร

ค่ายางรถยนต์ (Tires) = จำนวนชุดที่ต้องเปลี่ยนต่อปี \times จำนวนเส้นต่อชุด \times ราคาต่อเส้น

2.1.3.2 ค่าใช้จ่ายทางอ้อม (Indirect Costs)

ค่าใช้จ่ายในโรงงาน (Workshop Center)

ค่าใช้จ่ายในโรงงาน = 2 % ของค่าใช้จ่ายทางตรง

ค่าใช้จ่ายสำหรับเครื่องจักรกลชุดสนับสนุนการบริหารงานเงินทุนฯ (Fund Support Equipments)

ค่าใช้จ่ายสำหรับเครื่องจักรกลชุดสนับสนุนฯ = 10% ของค่าใช้จ่ายทางตรง

ค่าใช้จ่ายในการบริหารงาน (Administration Overheads)

ค่าใช้จ่ายในการบริหารงาน = 7 % ของค่าใช้จ่ายทางตรง

ค่าสำรองพิเศษ (Special Reserve)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าสำรองพิเศษ = 0

การกำหนดอัตราค่าเช่าตามอายุมาตรฐาน

- 1) ใช้สูตรในการคำนวณเช่นเดียวกับหลักเกณฑ์ในการคิดอัตราค่าเช่าของเครื่องจักรกลของกรมทางหลวงที่อยู่ในอายุมาตรฐาน
- 2) กำหนดให้มีอัตราค่าเช่าตามช่วงอายุใช้งานดังนี้
 - a. อัตราค่าเช่าสำหรับเครื่องจักรกลอายุ 0 - 1 เท่าของอายุใช้งานมาตรฐานเท่ากับ อัตราค่าเช่าในอายุมาตรฐาน
 - b. อัตราค่าเช่าสำหรับเครื่องจักรกลอายุเกิน 1-1.5 เท่าของอายุใช้งานมาตรฐานโดยใช้อัตราค่าเช่าในอายุมาตรฐานคูณด้วย 0.75
 - c. อัตราค่าเช่าสำหรับเครื่องจักรกลอายุเกิน 1.5 เท่าของอายุใช้งานมาตรฐานคูณด้วย 0.50

2.2 ทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์

2.2.1 วิธีการวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis)

2.2.2 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression Analysis)

2.2.1 วิธีการวิเคราะห์ปัจจัย

วิธีการวิเคราะห์ปัจจัย คือ การวิเคราะห์ปัจจัยเป็นเทคนิคทางสถิติสำหรับวิเคราะห์ตัวแปรหลายตัว (Multivariate analysis techniques) ที่ออกแบบมาเพื่อช่วยให้ นักวิจัยได้ใช้แสวงหาความรู้ความจริงดังกล่าว เช่น นักวิจัยสามารถใช้การวิเคราะห์ปัจจัยเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis หรือ EFA) ในการพัฒนาทฤษฎีหรือนักวิจัยสามารถใช้การวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis หรือ CFA) ในการทดสอบหรือยืนยันทฤษฎี (เพชรน้อย สิ่งช่างชัย, 2549)

การวิเคราะห์ปัจจัย เป็นการวิเคราะห์หลายตัวแปรเทคนิคหนึ่งเพื่อการสรุปรายละเอียดของตัวแปรหลายตัว หรือเรียกว่าเป็นเทคนิคที่ใช้ในการลดจำนวนตัวแปรเทคนิคหนึ่งโดยการศึกษาถึงโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปร และสร้างตัวแปรใหม่เรียกว่า ปัจจัย โดย ปัจจัยที่สร้างขึ้นจะเป็นการนำตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันหรือมีความร่วมกันสูงมารวมกันเป็นปัจจัยเดียวกัน ส่วนตัวแปรที่อยู่คนละปัจจัยมีความร่วมกันน้อย หรือไม่มีความสัมพันธ์กันเลย (กัลยา วานิชปัญษา, 2551)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์ของเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย มีดังนี้

- 1) เพื่อศึกษาว่าปัจจัยรวมที่จะสามารถอธิบายความสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างตัวแปรต่างๆ โดยที่จำนวนปัจจัยรวมที่หาได้จะมีจำนวนน้อยกว่าจำนวนตัวแปรนั้นจึงทำให้ทราบว่าปัจจัยรวมอะไรบ้าง ตัวแบบนี้เรียกว่า Exploratory Factor Analysis Model: EFA
- 2) เพื่อต้องการทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับโครงสร้างของปัจจัยว่าปัจจัยแต่ละปัจจัยด้วยตัวแปรอะไรบ้าง และตัวแปรแต่ละตัวควรมีน้ำหนักหรืออัตราความสัมพันธ์กับปัจจัยมากน้อยเพียงใด ตรงกับที่คาดคะเนไว้หรือไม่ หรือสรุปได้ว่าเพื่อต้องการทดสอบว่าปัจจัยอย่างนี้ตรงกับตัวแปรหรือตรงกับทฤษฎีที่มีอยู่หรือไม่ ตัวแบบนี้เรียกว่า Confirmatory Factor Analysis Model: CFA

ประโยชน์ของเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย มีดังนี้

- 1) ลดจำนวนตัวแปรโดยการรวมตัวแปรหลาย ๆ ตัวให้อยู่ในปัจจัยเดียวกัน ปัจจัยที่ได้ถือเป็นตัวแปรใหม่ ที่สามารถหาค่าข้อมูลของปัจจัยที่สร้างขึ้นได้ เรียกว่า Factor Score จึงสามารถนำปัจจัยดังกล่าวไปเป็นตัวแปรสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป เช่น การวิเคราะห์การถดถอยและสหสัมพันธ์ (Regression and Correlation Analysis) การวิเคราะห์ ความแปรปรวน (ANOVA) การทดสอบสมมุติฐาน T - test , Z - test และการวิเคราะห์จำแนกกลุ่ม (Discriminant Analysis) เป็นต้น
- 2) ใช้ในการแก้ปัญหาอันเนื่องมาจากการที่ตัวแปรอิสระของเทคนิคการวิเคราะห์สมการถดถอยมีความสัมพันธ์กัน (Multicollinearity) ซึ่งวิธีการอย่างหนึ่งในการแก้ปัญหานี้คือ การรวมตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์ไว้ด้วยกันโดยการสร้างเป็นตัวแปรใหม่หรือเรียกว่าปัจจัยโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย แล้วนำปัจจัยดังกล่าวไปเป็นตัวแปรอิสระในการวิเคราะห์การถดถอยต่อไป
- 3) ทำให้เห็นโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ศึกษาเนื่องจากเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย จะหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation) ของตัวแปรที่ละคู่ แล้วรวมตัวแปรที่สัมพันธ์กันมากไว้ในปัจจัยเดียวกันจึงสามารถวิเคราะห์โครงสร้างที่แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่อยู่ในปัจจัยเดียวกันได้ ทำให้สามารถอธิบายความหมายของแต่ละปัจจัยได้ตามความหมายของตัวแปรต่าง ๆ ที่อยู่ในปัจจัยนั้น ทำให้สามารถนำไปใช้ในด้านการวางแผนได้

ข้อตกลงเบื้องต้นของการใช้การวิเคราะห์ปัจจัย มีดังนี้

- 1) ตัวแปรที่คัดเลือกมาวิเคราะห์ปัจจัยต้องเป็นตัวแปรที่มีค่าต่อเนื่อง หรือมีค่าในมาตราระดับช่วง (Interval scale) และมาตราอัตราส่วน (Ratio scale) เนื่องจากการวิเคราะห์ปัจจัย ตัวแปรที่คัดเลือกมาวิเคราะห์ปัจจัยควรมีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร
- 2) ตัวแปรที่คัดเลือกมาวิเคราะห์ปัจจัยควรมีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในระดับสูง รูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยและตัวแปรที่อยู่ในรูปเชิงเส้น (linear) เท่านั้น
- 3) จำนวนตัวแปรที่คัดเลือกมาวิเคราะห์ปัจจัยควรมีจำนวนมากกว่า 30 ตัวแปร
- 4) กลุ่มตัวอย่างควรมีขนาดใหญ่และควรมีมากกว่าจำนวนตัวแปรซึ่งมีบางแนวคิดที่เสนอแนะให้ใช้จำนวนข้อมูลมากกว่าจำนวนตัวแปรอย่างน้อย 5 - 10 เท่า หรืออย่างน้อยที่สุดสัดส่วนจำนวนตัวอย่าง 3 รายต่อ 1 ตัวแปร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) กรณีที่ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยหลัก (Principle component analysis) ตัวแปรแต่ละตัวหรือข้อมูลไม่จำเป็นต้องมีการแจกแจงแบบปกติ แต่ถ้าตัวแปรบางตัวมีการแจกแจงเบ้ค่อนข้างมากและมีค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดผิดปกติ (Outlier) ผลลัพธ์ที่ได้อาจจะไม่ถูกต้อง

ปัญหาการวิเคราะห์ปัจจัย ดังนี้

1) การวิเคราะห์ปัจจัยไม่มีตัวแปรตาม ซึ่งแตกต่างกับการวิเคราะห์ถดถอยเชิงพหุแบบปกติ การวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติก การวิเคราะห์จำแนกประเภทและการวิเคราะห์เส้นทาง ดังนั้น การวิเคราะห์ปัจจัย จึงไม่สามารถใช้แก้ปัญหาการวิจัยที่ต้องการหาตัวทำนายได้

2) ขั้นตอนการสกัดปัจจัยไม่สามารถระบุจำนวนรอบของการสกัดได้ ดังนั้นหลังจากขั้นตอนการสกัดปัจจัยนักวิจัยจึงไม่สามารถระบุจำนวนรอบของการสกัดปัจจัยได้ว่ามีกี่รอบจึงจะพอดี

3) ในปัจจุบันการวิจัยที่ต้องการทดสอบเพื่อลดจำนวนตัวแปร มีเพียงการวิเคราะห์ปัจจัยเท่านั้น เนื่องจากสถิตินี้สามารถรวมตัวแปรหลาย ๆ ตัวให้อยู่ในปัจจัยเดียวกัน และทำให้เห็นโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ศึกษา โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation) ของตัวแปรที่ละคู่ แล้วรวมตัวแปรที่สัมพันธ์กันมากไว้ในปัจจัยเดียวกัน หลังจากนั้นจึงสามารถวิเคราะห์ถึงโครงสร้างที่แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่อยู่ในปัจจัยเดียวกันได้ ดังนั้นเมื่อนักวิจัยต้องการวิเคราะห์ให้ได้ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวข้างต้น จึงมีสถิติให้เลือกใช้เฉพาะการวิเคราะห์ปัจจัยเพียงตัวเดียว แต่ยังไม่มียุทธศาสตร์วิธีอื่น ๆ จึงทำให้นักวิจัยต้องเลือกใช้วิธีการวิเคราะห์ปัจจัยทั้ง ๆ ที่วิธีนี้มีข้อจำกัดดังกล่าวข้างต้น

ตัวแบบปัจจัย

1. ตัวแบบประชากร

$$Z_j = a_{j1}F_1 + a_{j2}F_2 + \dots + a_{jm}F_m + u_jY_j$$

เมื่อ

Z_j คือ คะแนนมาตรฐานของตัวแปรที่ j ของประชากร

F_p คือ ปัจจัยร่วมที่ p

Y_j คือ ปัจจัยเฉพาะของตัวแปรที่ j

a_{jp} คือ น้ำหนักปัจจัยของตัวแปรที่ j บนปัจจัยที่ p

u_j คือ น้ำหนักปัจจัยของตัวแปรที่ j บนปัจจัยที่ p และ

โดยที่ $j=1,2,\dots,n$

$p=1,2,\dots,m$

ตัวแบบในรูปแบบเมทริกซ์ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\mathbf{Z} = \mathbf{AF} + \mathbf{UY}$$

เมื่อ

$$\mathbf{Z} = \begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ \vdots \\ Z_n \end{bmatrix}_{n \times 1} \quad \mathbf{F} = \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ \vdots \\ F_m \end{bmatrix}_{m \times 1} \quad \mathbf{Y} = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix}_{n \times 1}$$

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nm} \end{bmatrix} \quad \mathbf{U} = \begin{bmatrix} u_{11} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & u_{22} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & u_{nn} \end{bmatrix}_{n \times n}$$

เมื่อ \mathbf{Z} คือ เมทริกซ์ของคะแนนมาตรฐานของตัวแปร

\mathbf{F} คือ เมทริกซ์ของปัจจัยร่วม

\mathbf{Y} คือ ปัจจัยเฉพาะ

\mathbf{A} คือ เมทริกซ์ของน้ำหนักปัจจัย

\mathbf{U} คือ เมทริกซ์ของสัมประสิทธิ์ของปัจจัยเฉพาะ

ข้อตกลงเบื้องต้น (Assumptions) (Alvin C. Rencher. 2002)

1. $E(\mathbf{F}) = 0, \text{Var}(\mathbf{F}) = 1$

2. $E(\mathbf{Y}) = 0, \text{Var}(\mathbf{Y}) = \Psi$ เมื่อ Ψ คือ diagonal เมทริกซ์

3. $\text{Cov}(F_p, F_q) = \text{Cov}(F_p, Y_q) = \text{Cov}(Y_j, Y_k) = 0$; $p \neq q$ และ $j \neq k$

โดยที่ $j=1,2,\dots,n$

$p=1,2,\dots,m$

ปัจจัยความแปรปรวนของประชากร ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\Sigma = AA' + U^2$$

โดย

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_{11}^2 & \sigma_{12} & \cdots & \sigma_{1n} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22}^2 & \cdots & \sigma_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{n1} & \sigma_{n2} & \cdots & \sigma_{nn}^2 \end{bmatrix}_{n \times n}$$

เมื่อ

σ_j^2 คือ ความแปรปรวนของตัวแปรที่ j

σ_{jk}^2 คือ ความแปรปรวนระหว่างตัวแปรที่ j กับตัวแปรที่ k เมื่อ $j \neq k$

โดยที่

$j, k = 1, 2, \dots, n$

2. ตัวแบบตัวอย่าง

$$\hat{Z}_j = a_{j1}F_1 + a_{j2}F_2 + \dots + a_{jm}F_m + u_jY_j$$

เมื่อ

\hat{Z}_j คือ คะแนนมาตรฐานของตัวแปรที่ของประชากร j

F_p คือ ปัจจัยร่วมที่ p

Y_j คือ ปัจจัยเฉพาะของตัวแปรที่ j

a_{jp} คือ น้ำหนักปัจจัยของตัวแปรที่ j บนปัจจัยที่ p

u_j คือ น้ำหนักปัจจัยของตัวแปรที่บนปัจจัยที่ p

โดยที่

$j = 1, 2, \dots, n$

$p = 1, 2, \dots, m$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และให้ S^2 คือ ความแปรปรวนของตัวแปรที่ j ของตัวอย่าง

เนื่องจากปัจจัยร่วมกับปัจจัยเฉพาะเป็นอิสระต่อกันและตัวแปรแต่ละตัวอยู่ในรูปแบบมาตรฐาน มีความแปรปรวนเท่ากับ 1 จะได้รูปแบบดังนี้

$$S^2_j = 1 = \hat{a}_{j1}^2 + \hat{a}_{j2}^2 + \dots + \hat{a}_{jm}^2 + u^2_j$$

ซึ่ง

$\hat{a}_{j1}^2 + \hat{a}_{j2}^2 + \dots + \hat{a}_{jm}^2$ คือ อัตราส่วนร่วมของตัวอย่างที่ j ให้ $h^2_j = \hat{a}_{j1}^2 + \hat{a}_{j2}^2 + \dots + \hat{a}_{jm}^2$ และ u^2_j คือ ความแปรปรวนเฉพาะ (Specific variance) ของตัวแปรที่ j

ความแปรปรวนของตัวแปรทั้งหมดที่อธิบายได้ด้วยปัจจัยร่วมแต่ละตัวแปรสามารถคำนวณได้จาก ให้ V_p คือ ความแปรปรวนของตัวแปรทั้งหมดที่อธิบายได้ด้วยปัจจัยร่วมที่ $p = \sum_{j=1}^n a_{jp}$

ความแปรปรวนของตัวแปรทั้งหมดที่อธิบายได้ด้วยปัจจัยร่วม m ตัว สามารถคำนวณได้ดังนี้ ให้ V คือ ผลรวมของความแปรปรวนที่อธิบายได้ด้วยปัจจัยร่วมตัว m คือ $\sum_{p=1}^m v_p$

ในการประมาณค่าน้ำหนักปัจจัยและการหาปัจจัยร่วมที่สามารถอธิบายความแปรปรวนรวมของตัวแปรทั้งหมดให้ได้มากที่สุดและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้ดีนั้นใช้วิธี “การสกัดปัจจัย” ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการสกัดปัจจัยแบบวิธีปัจจัยหลักเป็นวิธีการที่มีจุดมุ่งหมายในการนำรายละเอียดของตัวแปรที่มีจำนวนมากมาไว้ในปัจจัยที่มีเพียงไม่กี่ปัจจัย (เกศกาญจน์ บริบูรณ์, 2551)

วิธีพิจารณาความเหมาะสมของข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัจจัย

1) หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ ซึ่งเป็นค่าที่ใช้วัดความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ ถ้ามีค่า $|r|$ มากกว่า 0.5 แสดงว่าตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันค่อนข้างสูง

2) หาค่า KMO (Kaiser Meyer Olkin) โดย

$$KMO_j = \frac{\sum_{i \neq j} r_{ij}^2}{\sum_{i \neq j} r_{ij}^2 + \sum_{i \neq j} u_{ij}^2}$$

เมื่อ r_{ij} คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ และ $0 \leq KMO_j \leq 1$ หากค่า KMO มีค่ามากกว่า 0.5 แสดงว่าวิธีวิเคราะห์ปัจจัยเหมาะสมกับข้อมูลที่มีอยู่ (Cerny, C. A., and Kaiser, H. F, 1977)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis)

เป็นหนึ่งในเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลหลายตัวแปรโดยไม่มีการแบ่งกลุ่มตัวแปรว่าตัวแปรใดเป็นตัวแปรตามและ/หรือตัวแปรอิสระ สนใจเพียงต้องการหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ เหล่านั้น โดยจะสร้างตัวแปรใหม่ซึ่งประกอบขึ้นด้วยความแปรผันหรือความแปรปรวนของตัวแปรเดิม จึงนิยมใช้การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคนี้เพื่อลดขนาดเมตริกซ์ของตัวแปรให้เล็กลงหรือใช้หาความสัมพันธ์ของข้อมูล สำหรับการประมาณค่าน้ำหนักปัจจัยของวิธีปัจจัยหลัก มีรายละเอียดดังนี้

ให้ $\mathbf{X}' = (X_1, X_2, X_3)$ เป็น r-dimensional random vector ที่มีค่าเฉลี่ย และ เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วม (covariance matrix) Σ ต้องการหาตัวแปรชุดใหม่ (F_1, F_2, \dots, F_p) ที่ไม่มีความสัมพันธ์ต่อกันและ $\text{Var}(F_1) \geq \text{Var}(F_2) \geq \text{Var}(F_p)$ โดยแต่ละ F_j เป็นผลบวกเชิงเส้น (Linear Combination) ของ \mathbf{X}

$$F_j = \gamma_{1j}F_1 + \gamma_{2j}F_2 + \dots + \gamma_{rj}F_r + \gamma'_j \mathbf{X}$$

เมื่อ $\boldsymbol{\gamma}' = (\gamma_{1j}, \gamma_{2j}, \dots, \gamma_{rj})$ เป็นเวกเตอร์ของค่าคงที่

ดังนั้น ปัจจัยแรก (F_1) ได้จากการเลือก γ_1 ที่ทำให้ F_1 มีความแปรปรวนมากที่สุดในบรรดาผลบวกเชิงเส้น (Linear Combination) ทั้งหมดของ \mathbf{X} ภายใต้ข้อบังคับว่า $\boldsymbol{\gamma}'_1 \boldsymbol{\gamma}_1 = 1$ (Normalization Constraint) นั่นคือ หาที่ γ_1

$$\text{MaxVar}(F_p) = \text{Max}(\boldsymbol{\gamma}'_1 \Sigma \boldsymbol{\gamma}_1)$$

โดย $\boldsymbol{\gamma}'_1 \boldsymbol{\gamma}_1 = 1$

หากใช้วิธีของ Lagrange Multipliers จะต้องสอดคล้องกับ p สมการเชิงเส้นพร้อมกัน

$$(\Sigma - \lambda_1 \mathbf{I}) \boldsymbol{\gamma}_1 = 0$$

เมื่อ λ_1 เป็น Lagrange Multipliers

ถ้าจะให้คำตอบสำหรับ $\boldsymbol{\gamma}_1$ ไม่ใช่ null vector $(\Sigma - \lambda_1 \mathbf{I})$ ต้องเป็น singular เมทริกซ์ ดังนั้นต้องเลือก λ_1 ที่ทำให้ $|\Sigma - \lambda_1 \mathbf{I}| = 0$ ซึ่งแสดงว่าเป็น Eigen Value ตัวหนึ่งของ Σ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{Var}(\gamma_1' \mathbf{X}) = \gamma_1' \Sigma \gamma_1 = \lambda_1$$

λ_1 ต้องเป็น Eigen Value ตัวที่ใหญ่ที่สุดของ Σ และ γ_1 ต้องเป็น Eigen Vector ของ Σ กับ Eigen Value ที่ใหญ่ที่สุด

$$\text{ปัจจัยแรก คือ } \mathbf{F}_1 = \gamma_1' \mathbf{X}$$

$$\text{ปัจจัยสอง คือ } \mathbf{F}_2 = \gamma_2' \mathbf{X}$$

ซึ่งได้จากการเลือก γ_2 ที่

$$\text{MaxVar}(\mathbf{F}_2) = \text{Max}(\gamma_2' \Sigma \gamma_2)$$

โดย $\gamma_1' \gamma_1 = 1$ และ $\gamma_2' \gamma_1 = 0$

วิธีการของ Lagrange Multipliers และ γ_2 ที่ $\text{Var}(\mathbf{F}_2)$ มากที่สุด คือ γ_2 ที่ทำให้

$$(\Sigma - \lambda_1 \mathbf{I}) \gamma_2 = 0$$

ซึ่ง λ_2 เป็น Lagrange Multipliers

λ_2 ต้องเป็น Eigen Value ตัวที่ใหญ่เป็นลำดับรองจาก λ_1 ของ Σ และ γ_2 ต้องเป็น Eigen Vector ของ Σ ที่ตรงกับ Eigen Value ที่มีขนาดเป็นลำดับสอง

ถ้า $\lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_p \geq 0$ เป็น Eigen Value ของ Σ ที่มีค่าแตกต่างกัน และ $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p$ เป็น Eigen Value แต่ละตัว ในทำนองเดียวกัน γ_j สำหรับปัจจัยตัวที่ j ก็คือ Eigen Value ที่ตรงกับ Eigen Value ตัวใหญ่เป็นลำดับที่ j (λ_j) ให้เป็น p เป็น $p \times p$ Orthogonal เมทริกซ์ ของ Eigen Vector (Alvin C. Rencher. 2002)

$$\mathbf{P} = [\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p]$$

$$\mathbf{F} = \mathbf{P}' \mathbf{X}$$

$$\text{Var}(\mathbf{F}_2) = \mathbf{P}' \Sigma \mathbf{P} = \Lambda$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\Lambda = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \lambda_2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \lambda_p \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} \text{Trace}(\Lambda) &= \text{Trace}(P' \Sigma P) \\ &= \text{Trace}(\Sigma P P') \text{ ซึ่ง } P P' = I \\ &= \text{Trace}(\Sigma) \end{aligned}$$

$$\text{จะได้ } \sum_{j=1}^p \text{Var}(F_j) = \sum_{j=1}^p \lambda_j = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^p \text{Var}(\gamma_{ij} X_i)$$

แสดงให้เห็นว่าความแปรปรวนทั้งหมดของตัวแปรเดิมจะเท่ากับผลรวมของความแปรปรวนของปัจจัยทุกตัว ดังนั้นความแปรปรวนรวมทั้งหมดที่อธิบายได้ด้วยปัจจัยตัวที่ $j = \frac{\lambda_j}{\sum_{j=1}^p \lambda_j}$

ค่าประมาณน้ำหนักปัจจัยคือ $\frac{\hat{\lambda}_{ij} \sqrt{\lambda_j}}{\sqrt{\sum_{i=1}^r S_{ii}}}$ เมื่อ S_{ii} เป็นความแปรปรวนของ X_i

การหมุนแกนปัจจัย

กรณีที่ค่าน้ำหนักปัจจัย (Factor Loading) มีค่ากลาง ๆ ทำให้ไม่สามารถจัดตัวแปรว่าควรอยู่ในปัจจัยใดได้นั้น จะต้องทำการหมุนแกน ซึ่งวัตถุประสงค์ของการหมุนแกนปัจจัยเพื่อทำให้ค่าน้ำหนักปัจจัยของตัวแปรมีค่ามากขึ้นหรือลดลงจนกระทั่งทำให้ทราบว่าตัวแปรนั้นควรอยู่ในปัจจัยใดหรือไม่ควรอยู่ในปัจจัยใด วิธีการหมุนแกนมี 2 วิธี คือ Orthogonal และ Oblique (วาสนา ประมวลพฤษก์, 2535 อ้างถึงใน สายพิน ศรีสวรรณรัตน์, 2540) ซึ่งผู้ทำการวิจัยใช้การหมุนแกนปัจจัยแบบ Orthogonal Rotation โดยเป็นการหมุนแกนไปแล้วยังคงทำให้ปัจจัยตั้งฉากกัน หรือเป็นอิสระกัน แต่ทำให้ค่าน้ำหนักปัจจัยเพิ่มขึ้นหรือลดลงมีวิธีหมุนคือ Varimax Rotation หมุนแกนโดยเน้นการเปลี่ยนสดมภ์ (Column) ให้ง่ายขึ้นวิธีนี้เป็นวิธีการหมุนแกนโดยให้กำลังสองของน้ำหนักปัจจัยแต่ละสดมภ์ในเมทริกซ์ปัจจัยมีค่าสูงสุด วิธีนี้ได้ปัจจัยที่มีโครงสร้างง่ายและได้ปัจจัยเฉพาะ (Specific Factor) ซึ่งทำให้การแปลความหมายปัจจัยสะดวกขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{เมื่อ } v = \sum_{p=1}^m \sum_{j=1}^n \left(\frac{b_{jp}}{h_j} \right)^4 - \sum_{p=1}^m \left(\sum_{j=1}^n \frac{b_{jp}^2}{h_j^2} \right)^2$$

โดยที่ b_{jp} คือ น้ำหนักปัจจัยหลังการหมุนแกนปัจจัยของตัวแปรที่ j บนปัจจัยร่วมที่ p
 h_j^2 คือ อัตราส่วนร่วมของตัวแปรที่ j
 h_j คือ รากที่ 2 ของอัตราส่วนร่วมของตัวแปรที่ j

การประมาณค่าน้ำหนักปัจจัยหลังการหมุนแกน

สามารถพิจารณาจากน้ำหนักปัจจัยหลังการหมุนแกนปัจจัยของตัวแปรที่ j บนปัจจัยร่วมที่ p ในรูปแบบ เมทริกซ์ ได้ดังนี้

$$\mathbf{B} = \mathbf{A}\mathbf{T}$$

เมื่อ \mathbf{B} คือ เมทริกซ์ น้ำหนักปัจจัยหลังการหมุนแกน ขนาด $n \times 2$
 \mathbf{A} คือ เมทริกซ์ น้ำหนักปัจจัยก่อนการหมุนแกน ขนาด $n \times 2$
 \mathbf{T} คือ เมทริกซ์ น้ำหนักปัจจัยในการหมุนแกน ขนาด 2×2

โดยที่

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \\ \vdots & \vdots \\ b_{n1} & b_{n2} \end{bmatrix} \quad \mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \\ \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} \end{bmatrix} \quad \mathbf{T} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix}$$

ซึ่งการหมุนแกนปัจจัยจะทำที่ละคู่จนครบทุกคู่

การสร้างคะแนนปัจจัย

การสร้างคะแนนปัจจัยด้วยวิธีการถดถอย (Regression Method) จะทำให้ได้คะแนนปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยสูงกว่าวิธีอื่น ๆ ดังนั้นหลังจากทำการวิเคราะห์ปัจจัยแล้วผู้วิจัยควรสร้างคะแนนปัจจัยด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอย (สุชาติ ประสิทธิ์รัฐสินธุ์, 2540)

สมการถดถอยสำหรับการประมาณปัจจัยร่วม (F_p) แต่ละตัวโดยตัวแปร (Z_j) ทั้งหมด n ตัว (Alvin C. Rencher. 2002) มีดังนี้

$$\hat{F}_p = \beta_{p1}Z_1 + \beta_{p2}Z_2 + \dots + \beta_{pn}Z_n \quad 2.1$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ

\hat{F}_p คือ ค่าประมาณของคะแนนปัจจัยร่วมที่ p

Z_j คือ คะแนนมาตรฐานของตัวแปรที่ j

β_{pj} คือ สัมประสิทธิ์การถดถอยเชิงเส้นของปัจจัยที่ p บนตัวแปรที่ j

โดยที่ $j = 1, 2, \dots, n$
 $p = 1, 2, \dots, m$

เมทริกซ์การถดถอยเชิงเส้นสำหรับการประมาณมีดังนี้

$$\mathbf{F} = \mathbf{BZ} + \mathbf{E}$$

2.2

ซึ่ง

$$\mathbf{F} = \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ \vdots \\ F_m \end{bmatrix}_{m \times 1} \quad \mathbf{Z} = \begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ \vdots \\ Z_n \end{bmatrix}_{n \times 1} \quad \mathbf{E} = \begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \\ \vdots \\ E_m \end{bmatrix}_{m \times 1}$$

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} \beta_{11} & \beta_{12} & \cdots & \beta_{1m} \\ \beta_{21} & \beta_{22} & \cdots & \beta_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{n1} & \beta_{n2} & \cdots & \beta_{nm} \end{bmatrix}_{n \times m}$$

เมื่อนำตัวแปร \mathbf{Z} และ \mathbf{F} มาเขียนรวมกันได้เมทริกซ์ คือ

$$\begin{bmatrix} \mathbf{Z} \\ \mathbf{F} \end{bmatrix}$$

และเมื่อนำ Transpose ของ $\begin{bmatrix} \mathbf{Z} \\ \mathbf{F} \end{bmatrix}$ มาคูณ จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{bmatrix} \mathbf{Z} \\ \mathbf{F} \end{bmatrix} [\mathbf{Z} \quad \mathbf{F}] = \begin{bmatrix} \mathbf{ZZ}' & \mathbf{ZF}' \\ \mathbf{FZ}' & \mathbf{FF}' \end{bmatrix} \quad 2.3$$

เมื่อ \mathbf{ZZ}' คือ เมทริกซ์ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของตัวอย่าง (\mathbf{R})
 \mathbf{ZF}' คือ เมทริกซ์ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรมาตรฐานกับปัจจัยร่วม
 \mathbf{FZ}' คือ เมทริกซ์ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรมาตรฐานกับปัจจัยร่วม
 \mathbf{FF}' คือ เมทริกซ์ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยร่วม = \mathbf{I}
 r_{z_j, F_p} คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรมาตรฐานที่ j กับปัจจัยร่วมที่ p

$$r_{F_p, F_m} = a_{j_1} r_{F_p, F_1} + a_{j_2} r_{F_p, F_2} + \dots + a_{j_m} r_{F_p, F_m} \quad 2.4$$

จากข้อกำหนดที่ว่าปัจจัยร่วมแต่ละตัวเป็นอิสระต่อกัน จะได้ $F_p F_m = 0$ นั่นคือ a_{j_p}

เขียนในรูปเมทริกซ์ จะได้ $\mathbf{ZF}' = \mathbf{A}$ เมื่อ \mathbf{A} คือ เมทริกซ์นำหน้าปัจจัยร่วม

หาก \mathbf{E} และ \mathbf{Z} เป็นอิสระต่อกัน เมื่อนำ \mathbf{Z}' คูณทั้งสองข้างของสมการ 2.2 จะได้

$$\mathbf{FZ}' = \mathbf{BZZ}' \quad 2.5$$

นำ $(\mathbf{ZZ}')^{-1}$ คูณทั้งสองข้างจะได้

$$\mathbf{ZF}'(\mathbf{ZZ}')^{-1} = \mathbf{B} \quad 2.6$$

แทนค่า \mathbf{ZZ}' ด้วย \mathbf{R} และแทน \mathbf{FZ}' ด้วย \mathbf{A}' จะได้

$$\mathbf{B} = \mathbf{A}'\mathbf{R}^{-1} \quad 2.7$$

และแทนค่า \mathbf{B} จาก 2.7 ลงใน 2.1 จะได้ค่าประมาณของคะแนนปัจจัยร่วม m ปัจจัย

$$\hat{\mathbf{F}} = \mathbf{A}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{Z} \quad 2.8$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression Analysis)

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณเป็นวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป โดยมีตัวแปรตัวหนึ่งเรียกว่า ตัวแปรตาม และตัวแปรอื่นๆเรียกว่า ตัวแปรอิสระ ซึ่งการสร้างตัวแบบสมการความสัมพันธ์ดังกล่าวเรียกว่า สมการถดถอย ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อการพยากรณ์ โดยมีตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณเขียนได้เป็น (ทรงศิริ แต่สมบัติ, 2551)

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki} + \varepsilon_i ; i = 1, 2, \dots, n , j = 1, 2, \dots, k$$

โดยที่ Y_i คือ ค่าสังเกตที่ i ของตัวแปรตามของประชากร

X_{ji} คือ ค่าสังเกตที่ i ของตัวแปรอิสระที่ j ของประชากร

β_0 คือ จุดตัดแกน Y เมื่อกำหนดให้ $X_{1i} = X_{2i} = \dots = X_{ki} = 0$

β_j คือ ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยบางส่วน (Partial Regression Coefficient) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม Y เมื่อตัวแปรอิสระ X_{ji} เปลี่ยนไป 1 หน่วย โดยกำหนดตัวแปรอิสระอื่นๆให้คงที่

ε_i คือ ค่าความคลาดเคลื่อนที่ i

ข้อตกลงเบื้องต้นในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (ทรงศิริ แต่สมบัติ, 2551)

- 1) ε มีการแจกแจงแบบปกติ ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และมีค่าความแปรปรวนคงที่เท่ากับ σ^2
- 2) ค่า ε_i และค่า ε_j สำหรับ $i \neq j$ ต้องไม่มีความสัมพันธ์กันหรือเป็นอิสระต่อกัน นั่นคือ $COV(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0$ สำหรับบางค่า $i \neq j$
- 3) ตัวแปรอิสระต้องเป็นอิสระกัน

การประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบการถดถอย จะประมาณค่า Y_i ด้วย \hat{Y}_i ซึ่งหาได้จากสมการ (ทรงศิริ แต่สมบัติ, 2551)

$$\hat{Y}_i = b_0 + b_1 X_{1i} + b_2 X_{2i} + \dots + b_k X_{ki} ; i = 1, 2, \dots, n ; j = 1, 2, \dots, m$$

เรียกสมการนี้ว่าสมการถดถอยพหุคูณของตัวอย่างสุ่ม โดยที่ \hat{Y}_i เป็นค่าประมาณของ Y_i และ b_0, b_1, \dots, b_k เป็นค่าประมาณของ $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$

โดยที่ b_0 เป็นค่าที่เส้นถดถอยตัดแกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

b_i เป็นค่าที่ X_{ij} เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 หน่วยแล้วทำให้ Y มีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงเมื่อ ต้องกำหนดให้ตัวแปรอิสระอื่นๆคงที่ จะมีค่าเป็น + หรือ - ก็ได้ และเป็นตัวประมาณของ β_i

ในการหาตัวประมาณค่า b_0, b_1, \dots, b_k ของพารามิเตอร์ $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ จะหาโดยใช้วิธีกำลังสอง น้อยที่สุด (Method of Least Squares) ซึ่งเป็นวิธีการที่ทำให้ผลบวกของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง หรือ $\sum_{i=1}^n e_i^2$ หรือ $\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2$ มีค่าต่ำที่สุดและตัวประมาณค่า b_0, b_1, \dots, b_k ที่หาได้ด้วยวิธีนี้จะเป็นตัว ประมาณค่าที่ดีที่สุดของพารามิเตอร์ $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ นั่นคือเป็นตัวประมาณค่าที่มีคุณสมบัติเป็นตัวประมาณ ค่าที่ไม่เอนเอียงและมีความแปรปรวนต่ำสุด แต่เนื่องจากค่าความคลาดเคลื่อน (e_i) นั้นไม่ทราบค่าจึงใช้ $e_i = Y_i - \hat{Y}_i$ เรียกว่าค่าเศษเหลือ (Residual) ประมาณค่าความคลาดเคลื่อน (e_i) ซึ่งจะได้ว่า

$$e_i = Y_i - (b_0 + b_1 X_{1i} + b_2 X_{2i} + \dots + b_k X_{ki})$$

และ

$$\sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - b_0 - b_1 X_{1i} - b_2 X_{2i} - \dots - b_k X_{ki})^2$$

ซึ่งเป็นค่าผลบวกกำลังสองของผลต่างของค่าสังเกตกับค่าประมาณ โดยตัวประมาณค่า b_0, b_1, \dots, b_k นี้จะ ทำให้ $\sum_{i=1}^n e_i^2$ มีค่าต่ำสุด ซึ่งจะหาได้จาก

$$\frac{\partial \sum_{i=1}^n e_i^2}{\partial b_1} = -2 \sum_{i=1}^n (Y_i - b_0 - b_1 X_{1i} - b_2 X_{2i} - \dots - b_k X_{ki}) = 0$$

$$\frac{\partial \sum_{i=1}^n e_i^2}{\partial b_1} = -2 \sum_{i=1}^n X_{1i} (Y_i - b_0 - b_1 X_{1i} - b_2 X_{2i} - \dots - b_k X_{ki}) = 0$$

⋮

$$\frac{\partial \sum_{i=1}^n e_i^2}{\partial b_k} = -2 \sum_{i=1}^n X_{ki} (Y_i - b_0 - b_1 X_{1i} - b_2 X_{2i} - \dots - b_k X_{ki}) = 0$$

นั่นคือถ้ามีตัวแปรอิสระ k ตัวในสมการ จะได้สมการปกติ (Normal Equation) จำนวน $k+1$ สมการ ดังต่อไปนี้

$$nb_0 + b_1 \sum_{i=1}^n X_{1i} + b_2 \sum_{i=1}^n X_{2i} + \dots + b_k \sum_{i=1}^n X_{ki} = \sum_{i=1}^n Y_i \quad (1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$b_0 \sum_{i=1}^n X_{1i} + b_1 \sum_{i=1}^n X_{1i}^2 + b_2 \sum_{i=1}^n X_{1i} X_{2i} + \dots + b_k \sum_{i=1}^n X_{1i} X_{ki} = \sum_{i=1}^n X_{1i} Y_i \quad (2)$$

$$b_0 \sum_{i=1}^n X_{2i} + b_1 \sum_{i=1}^n X_{2i} X_{1i} + b_2 \sum_{i=1}^n X_{2i}^2 + \dots + b_k \sum_{i=1}^n X_{2i} X_{ki} = \sum_{i=1}^n X_{2i} Y_i \quad (3)$$

⋮

$$b_0 \sum_{i=1}^n X_{ki} + b_1 \sum_{i=1}^n X_{ki} X_{1i} + b_2 \sum_{i=1}^n X_{ki} X_{2i} + \dots + b_k \sum_{i=1}^n X_{ki}^2 = \sum_{i=1}^n X_{ki} Y_i \quad (k+1)$$

ตัวประมาณ $b_0, b_1, b_2, \dots, b_k$ จะหาได้โดยการแก้สมการปกติ โดยทั่วไปในการวิเคราะห์การถดถอย พหุคูณจะใช้เมทริกซ์เป็นเครื่องมือ ซึ่งทำให้การวิเคราะห์สะดวกมากขึ้น

กำหนดให้

$$\mathbf{Y} = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix} \quad \mathbf{X} = \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & \dots & X_{k1} \\ 1 & X_{12} & \dots & X_{k2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & X_{1n} & \dots & X_{kn} \end{bmatrix}$$

$$\boldsymbol{\beta} = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_k \end{bmatrix} \quad \boldsymbol{\varepsilon} = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix} \quad \mathbf{b} = \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ \vdots \\ b_k \end{bmatrix}$$

โดยที่ \mathbf{Y} เป็นเวกเตอร์ขนาด $n \times 1$ ของตัวแปรสุ่ม หรือเวกเตอร์ขนาด n ของตัวแปรสุ่ม

\mathbf{X} เป็นเมทริกซ์ขนาด $n \times (k+1)$ ของตัวแปรอิสระ

$\boldsymbol{\beta}$ เป็นเวกเตอร์ขนาด $(k+1) \times 1$ ของพารามิเตอร์

$\boldsymbol{\varepsilon}$ เป็นเวกเตอร์ขนาด $n \times 1$ ของตัวแปรสุ่มความคลาดเคลื่อน

\mathbf{b} เป็นเวกเตอร์ขนาด $(k+1) \times 1$ ของตัวประมาณพารามิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น ตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุสามารถเขียนในรูปเมทริกซ์ได้ดังนี้

$$\mathbf{Y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon}$$

และข้อกำหนดของ $\boldsymbol{\varepsilon}$ สามารถเขียนได้ดังนี้

$$\boldsymbol{\varepsilon} \sim N_n(\mathbf{0}, \sigma^2 \mathbf{I})$$

ซึ่งหมายความว่า $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ เป็นอิสระต่อกัน และต่างมีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ σ^2 และสมการปกติในเทอมของเมทริกซ์ จะเขียนได้ดังนี้

$$\mathbf{X}'\mathbf{X}\mathbf{b} = \mathbf{X}'\mathbf{Y}$$

การแก้สมการหา \mathbf{b} จะตกลงเบื้องต้นว่าหาเมทริกซ์ผกผันของเมทริกซ์ $\mathbf{X}'\mathbf{X}$ ได้ ซึ่งเป็นจริงโดยทั่วไปในทางปฏิบัติ เพราะฉะนั้นตัวประมาณแบบกำลังสองน้อยที่สุดคือ

$$\mathbf{b} = (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}'\mathbf{Y}$$

2.2.3 การทดสอบสมมติฐาน (ทรงศิริ แต่สมบัติ, 2551)

การทดสอบสมมติฐานนี้จะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) เป็นเครื่องมือในการทดสอบ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน มีแนวคิดพื้นฐานในการทดสอบคือ เปรียบเทียบค่าความผันแปรที่อธิบายได้ด้วยสมการถดถอยพหุคูณกับค่าความแปรผันที่อธิบายไม่ได้ด้วยสมการถดถอยพหุคูณ ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างค่าทั้งสองสรุปได้ดังนี้

$$Y_i - \bar{Y} = (\hat{Y}_i - \bar{Y}) + (Y_i - \hat{Y}_i)$$

ยกกำลังสองทั้งสองข้างจะได้

$$(Y_i - \bar{Y})^2 = [(\hat{Y}_i - \bar{Y}) + (Y_i - \hat{Y}_i)]^2$$

$$\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 = \sum_{i=1}^n [(\hat{Y}_i - \bar{Y}) + (Y_i - \hat{Y}_i)]^2$$

$$\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 = \sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2 + \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 + 2 \sum_{i=1}^n [(\hat{Y}_i - \bar{Y})(Y_i - \hat{Y}_i)]$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่
$$2 \sum_{i=1}^n [(\hat{Y}_i - \bar{Y})(Y_i - \hat{Y}_i)] = 0$$

จะได้ว่า
$$\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 = \sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2 + \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2$$

หรือ
$$SST = SSR + SSE$$

โดยที่ SST (Sum Square of Total) คือผลรวมกำลังสองของผลต่างของค่าสังเกตและค่าเฉลี่ย ซึ่งใช้วัดความแปรผันของแต่ละค่าสังเกตที่ต่างจากค่าเฉลี่ย เรียก SST ว่าผลรวมกำลังสองรวมหรือผลรวมกำลังสองของความแปรผัน โดยที่

$$SST = \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2$$

SSR (Sum Square of Regression) คือค่าความแปรผันที่อธิบายได้ หรือ ค่าความแปรปรวนของ Y ที่เกิดจากอิทธิพลของ $X_1, X_2, X_3, \dots, X_k$ เรียก SSR ว่าผลรวมกำลังสองของความแปรผันเนื่องจากการถดถอย โดยที่

$$SSR = \sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2$$

SSE (Sum Square of Error) คือ ค่าความแปรผันอธิบายไม่ได้ หรือ ค่าความแปรปรวนของ Y ที่เกิดจากอิทธิพลอื่นๆที่ไม่ใช่ตัวแปรอิสระที่กำลังพิจารณา หรือ เรียกว่าค่าความแปรผันอย่างสุ่ม เรียก SSE ว่าผลรวมกำลังสองของความแปรผันไม่ใช่อเนื่องจากการถดถอย โดยที่

$$SSE = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2$$

อย่างไรก็ตาม การเปรียบเทียบ SSR กับ SSE โดยตรงนั้นเป็นการเปรียบเทียบที่เอนเอียง เนื่องจากค่าทั้งสองมีระดับความเป็นอิสระที่ต่างกัน ดังนั้นค่าทางสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมการถดถอยพหุคูณ ในการวิเคราะห์ค่าความแปรผันนี้จึงใช้ค่าความแปรผันที่ปรับด้วยระดับความเป็นอิสระกันแล้ว เรียกว่า ค่าความแปรผันเฉลี่ย (Mean Square)

ค่าความแปรผันที่อธิบายได้เฉลี่ย (Mean Square Regression) : $MSR = \frac{SSR}{k}$

ค่าความแปรผันที่อธิบายไม่ได้เฉลี่ย (Mean Square Error) : $MSE = \frac{SSE}{n - k - 1}$

ค่าสถิติที่ใช้ในการทดสอบตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ คือ

$$F = \frac{MSR}{MSE} \quad \text{โดยที่} \quad F \sim F_{(k, n-k-1)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณสามารถสรุปลงในตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ดังนี้

Sov	df	SS	MS	F
Regression	k	SSR	$MSR = \frac{SSR}{k}$	$F = \frac{MSR}{MSE}$
Error	n-k-1	SSE	$MSE = \frac{SSE}{n-k-1}$	
Total	n-1	SST		

จำนวนขั้นอิสระของแหล่งความแปรปรวนแหล่งต่างๆ ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนคือจำนวนขั้นอิสระของ Regression, Error และ Total เท่ากับ k, n-k-1 และ n-1 ตามลำดับ

สมมติฐานคือ

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$$

$$H_1 : \text{มี } \beta_i \text{ สำหรับ } i = 1, 2, 3, \dots, k \text{ อย่างน้อยหนึ่งค่าไม่เป็น } 0$$

สถิติทดสอบคือ

$$F = \frac{MSR}{MSE}$$

ถ้า $F < F_{\alpha, (k, n-k-1)}$ จะยอมรับตกลงเบื้องต้นฐาน $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$ ซึ่งสรุปได้ว่ามีค่า β_i ทุกค่าต่างจากศูนย์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติหรือตัวแปรอิสระ X_i ทุกตัวรวมกันไม่มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y

ถ้า $F \geq F_{\alpha, (k, n-k-1)}$ จะปฏิเสธตกลงเบื้องต้นฐาน $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$ อธิบายได้ว่ามีค่า β_i อย่างน้อย 1 ค่าไม่เท่ากับศูนย์หรือตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัวที่มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y จึงต้องทำการทดสอบต่อไปว่า X_i ตัวใดมีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y โดยการใช้การทดสอบ t โดยจะตั้งตกลงเบื้องต้นฐานดังนี้

ตกลงเบื้องต้นฐานคือ

$$H_0 : \beta_i = 0$$

$$H_1 : \beta_i \neq 0 \quad \text{สำหรับ } i = 1, 2, \dots, k$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถิติทดสอบคือ
$$t = \frac{b_i}{S_{b_i}}$$

โดยที่ b_i คือ ค่าประมาณของ β_i

S_{b_i} คือ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) ของ β_i

เขตปฏิเสธตกลงเบื้องพื้นฐาน H_0 จะปฏิเสธตกลงเบื้องพื้นฐาน H_0 ถ้า $t < -t_{\frac{\alpha}{2}, n-k-1}$ หรือ $t > t_{\frac{\alpha}{2}, n-k-1}$

ก. ถ้ายอมรับตกลงเบื้องพื้นฐาน $H_0: \beta_i = 0$ จะสรุปได้ว่า ตัวแปรอิสระ X_i ไม่มีส่วนในการอธิบายการผันแปรของตัวแปรตาม Y เมื่อมีตัวแปรอิสระตัวอื่นๆ อยู่ในตัวแบบการถดถอยแล้ว

ข. ถ้าปฏิเสธ H_0 จะสรุปได้ว่า ตัวแปรอิสระ X_i มีส่วนในการอธิบายการผันแปรของตัวแปรตาม Y เมื่อมีตัวแปรอิสระตัวอื่นๆ อยู่ในตัวแบบการถดถอยแล้ว

การทดสอบ F บางส่วน (Partial F Test) (ทรงศิริ แต่สมบัติ, 2551)

จากตัวแบบ $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon$ ถ้าต้องการทดสอบว่าตัวแปรอิสระตัวใดตัวหนึ่งในตัวแบบมีส่วนในการอธิบายความแปรผันของตัวแปรตาม Y เมื่อมีตัวแปรอิสระตัวอื่นๆ อยู่ในตัวแบบการถดถอยแล้ว เช่น การทดสอบว่าตัวแปรอิสระ X_3 ไม่มีส่วนในการอธิบายความแปรผันตาม Y จะกำหนด $H_0: \beta_3 = 0$ กับ $H_1: \beta_3 \neq 0$ ในกรณีที่มีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ที่มีตัวแบบ

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3$$

จะตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

$$H_0: \beta_3 = 0$$

$$H_1: \beta_3 \neq 0$$

สามารถเขียนตัวสถิติทดสอบ F ได้ดังนี้

$$F_{X_3|X_1, X_2} = \frac{SSR(X_3|X_1, X_2)/1}{MSE(X_1, X_2, X_3)} = \frac{MSR(X_3|X_1, X_2)}{MSE(X_1, X_2, X_3)}$$

ที่ระดับนัยสำคัญ α จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ถ้า $F_{X_3|X_1, X_2} \geq F_{\alpha, (1, n-k-1)}$

ก. ถ้ายอมรับสมมติฐาน $H_0: \beta_3 = 0$ สรุปได้ว่าตัวแปรอิสระ X_3 ไม่มีส่วนในการอธิบายความแปรผันของตัวแปรตาม Y เมื่อมีตัวแปรอิสระ X_1 และ X_2 อยู่ในตัวแบบการถดถอยแล้ว

ข. ถ้าปฏิเสธสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่า ตัวแปรอิสระ X_3 มีส่วนในการอธิบายความแปรผันของตัวแปรตาม Y เมื่อมีตัวแปรอิสระ X_1 และ X_2 อยู่ในตัวแบบการถดถอยแล้ว

ค่าวัดความเหมาะสมของตัวแบบ (ทรงศิริ แต่สมบัติ, 2551)

การแบ่งส่วน SST ออกเป็น SSR และ SSE จะนำไปสู่ค่าสถิติที่สำคัญที่ใช้ในการอธิบายว่าตัวแปรอิสระ X ทุกตัวรวมกันมีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y มากน้อยเพียงใด ดังนี้

ค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (Coefficient of Determination : R^2) เป็นค่าที่วัดความเหมาะสมของตัวแบบที่แสดงสัดส่วนหรือเปอร์เซ็นต์ที่ตัวแปรอิสระ X ทุกตัวรวมกันมีส่วนในการอธิบายความผันแปรของ

ตัวแปรตาม Y นั่นคือ ค่า R^2 จะหาได้จาก

$$R^2 = \frac{SSR}{SST} \quad \text{หรือ} \quad R^2 = 1 - \frac{SSE}{SST}$$

โดยที่ค่า $0 \leq R^2 \leq 1$

ถ้า R^2 มีค่าเข้าใกล้ 1 หมายความว่า SSR มีค่าใกล้ค่า SST ซึ่งเป็นการแสดงว่าตัวแปรอิสระ X ทุกตัวรวมกันมีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y สูง

ถ้า R^2 มีค่าเข้าใกล้ 0 นั่นคือ SSR มีค่าห่างจากค่า SST มาก แสดงว่าตัวแปรอิสระ X ทุกตัวรวมกันมีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y น้อย

2.2.4 วิธีการเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการถดถอย (ทรงศิริ แต่สมบัติ, 2551)

การวิเคราะห์การถดถอยที่มีตัวแปรอิสระอยู่ว่าจะมีส่วนในการอธิบายความแปรผันของตัวแปรตาม การใช้ตัวแปรอิสระทั้งหมดทันทีในรูปแบบการถดถอยจะมีทั้งผลดีและผลเสีย กล่าวคือ ถ้าใช้ตัวแปรอิสระหลายตัวจะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด R^2 ซึ่งเป็นค่าที่ใช้วัดประสิทธิภาพของรูปแบบมีค่าสูง แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นคือตัวแปรอิสระที่นำมาพิจารณานั้นอาจมีความสัมพันธ์กัน นอกจากนั้นการนำสมการถดถอยไปใช้ในการประมาณค่าตัวแปรตามจะต้องกำหนดค่าของตัวแปรอิสระที่นำมาวิเคราะห์ทั้งหมดก่อน ซึ่งค่าของตัวแปรอิสระที่กำหนดมักจะเป็นค่าที่ประมาณขึ้น จะมีผลทำให้ค่าประมาณของ Y คลาดเคลื่อนมากขึ้น ดังนั้นสมการถดถอยที่ดีควรเป็นสมการที่มีตัวแปรอิสระในสมการน้อยที่สุด แต่มีประสิทธิภาพในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตามได้อย่างน้อยใกล้เคียงกับสมการถดถอยที่มีตัวแปรอิสระมากกว่า

การเลือกสมการถดถอยที่ดีที่สุดมีหลายวิธี วิธีที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ วิธีเพิ่มตัวแปรอิสระ วิธีลดตัวแปรอิสระ และวิธีเลือกตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน (ทรงศิริ แต่สมบัติ, 2551) ในการวิจัยครั้งนี้จะใช้วิธีเลือกตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

การเลือกตัวแปรโดยวิธีเลือกตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน (Stepwise Regression Procedure) เป็นวิธีเลือกตัวแปรอิสระเข้าในตัวแบบการถดถอยครั้งละ 1 ตัว โดยเริ่มจากตัวแบบที่ไม่มีตัวแปรอิสระเลย $Y = \beta_0 + \varepsilon$ ตัวแปรใดที่เข้าอยู่ในตัวแบบการถดถอยแล้วอาจจะถูกตัดออกได้ภายหลังจากนั้นคือต้องทดสอบว่าตัวแปรอิสระตัวนี้มีส่วนในการอธิบายความแปรผันของตัวแปรตาม Y อย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ ขณะที่ไม่มีตัวแปรอิสระตัวอื่นอยู่ในตัวแบบการถดถอย วิธีเลือกตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนจึงเป็นวิธีที่รวมทั้งวิธีเพิ่มตัวแปร (Forward Regression Procedure) และ วิธีลดตัวแปร (Backward Elimination Procedure) เข้าด้วยกันตัวอย่างกรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปร X_1, X_2 และ X_3 ขั้นตอนในการเลือกตัวแปรอิสระเข้าตัวแบบ เป็นดังนี้

ขั้นที่ 1 เลือกตัวแปรอิสระตัวแรกเข้าในตัวแบบการถดถอยโดยเลือกตัวแปรอิสระที่ให้ค่า F ซึ่งได้จากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเดี่ยวแบบเส้นตรงของตัวแปรอิสระ X_i แต่ละตัวกับตัวแปรตามสูงที่สุดนั่นคือตัวแปรอิสระ X_i ที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม Y สูงที่สุด ตกลงเบื้องต้นว่าตัวแปรอิสระ X_3 เป็นตัวแปรที่ให้ค่า F สูงที่สุด

ขั้นที่ 2 ทำการทดสอบจะได้ตัวแบบการถดถอย $Y = \beta_0 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$

$$H_0 : \beta_3 = 0 \quad \text{กับ} \quad H_1 : \beta_3 \neq 0$$

โดยการทดสอบแบบ F

1) ถ้ายอมรับ H_0 แสดงว่าตัวแปรอิสระ X_3 มีส่วนในการอธิบายความแปรผันของตัวแปรตาม Y อย่างมีนัยสำคัญและกระบวนการเลือกตัวแปรโดยวิธีนี้จะสิ้นสุด นั่นคือ จะสรุปว่าไม่มีตัวแปรอิสระตัวใดที่เหมาะสมในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y แล้วจะได้ตัวแบบการถดถอยเป็น

$$Y = \beta_0 + \varepsilon$$

2) ถ้าปฏิเสธ H_0 แสดงว่าตัวแปรอิสระเป็น X_3 มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y อย่างมีนัยสำคัญ จะได้ตัวแบบการถดถอย คือ

$$Y = \beta_0 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$$

ทำขั้นที่ 3 ต่อไปเพื่อหาตัวแปรอิสระตัวใหม่เข้าในตัวแบบการถดถอย ในที่นี้สมมติว่าปฏิเสธสมมติฐาน H_0

ขั้นที่ 3 เลือกตัวแปรอิสระตัวที่สองเข้าในตัวแบบการถดถอยด้วยการพิจารณาจากค่า F บางส่วนของตัวแปรอิสระ X_i , $i=1,2$ โดยที่ตัวแปรอิสระ X_3 อยู่ในตัวแบบการถดถอยแล้ว และเลือกตัวแปรอิสระที่ทำให้ค่า F บางส่วนสูงที่สุดเข้าตัวแบบการถดถอย ตกลงเบื้องต้นว่าจากค่า $F_{X_1|X_3}$ และ $F_{X_2|X_3}$ พบว่า $F_{X_2|X_3}$ ให้ค่าสูงสุดจึงเลือกตัวแปรอิสระ X_2 เข้าในตัวแบบการถดถอย ดังนั้นตัวแบบการถดถอยคือ

$$Y = \beta_0 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$$

ขั้นที่ 4 หาค่า $F_{X_2|X_3}$ และค่า $F_{X_3|X_2}$ แล้วเลือกตัวแปรอิสระที่มีค่า F บางส่วนน้อย ทำการทดสอบ F บางส่วน สมมติว่าเป็น X_3

$$H_0 : \beta_3 = 0 \text{ กับ } H_1 : \beta_3 \neq 0$$

1) ถ้ายอมรับ H_0 แสดงว่าตัวแปรอิสระ X_3 มีส่วนในการอธิบายความแปรผันของตัวแปรตาม Y อย่างไม่มีนัยสำคัญเมื่อมี X_2 อยู่ในสมการแล้ว จะตัดตัวแปรอิสระ X_3 ออกแล้วตัวแบบการถดถอยเป็น

$$Y = \beta_0 + \beta_2 X_2 + \varepsilon$$

2) ถ้าปฏิเสธ H_0 แสดงว่าตัวแปรอิสระ X_3 มีส่วนในการอธิบายความแปรผันของตัวแปรตาม Y อย่างมีนัยสำคัญเมื่อมี X_2 อยู่ในสมการแล้ว จะได้ตัวแบบการถดถอยคือ

$$Y = \beta_0 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$$

ขั้นที่ 5 สมมติว่าขั้นตอนที่ 4 ปฏิเสธ H_0 จะเลือกตัวแปรอิสระตัวต่อไปซึ่งในที่นี้จะเป็นตัวแปรอิสระตัวสุดท้ายที่เข้ามาในตัวแบบการถดถอย ได้แก่ ตัวแปรอิสระ X_1 จะได้ตัวแบบการถดถอยคือ

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$$

จะหาค่า $F_{X_1|X_2, X_3}$, $F_{X_2|X_1, X_3}$ และ $F_{X_3|X_1, X_2}$ แล้วเลือกทดสอบตัวแปรอิสระที่มีค่า F บางส่วนน้อยที่สุด มาทำการทดสอบ F บางส่วน ตกลงเบื้องต้นว่าเป็น X_1

$$H_0 : \beta_1 = 0 \text{ กับ } H_1 : \beta_1 \neq 0$$

1) ถ้ายอมรับ $H_0 : \beta_1 = 0$ แสดงว่าตัวแปรอิสระ X_1 มีส่วนในการอธิบายความแปรผันของตัวแปรตาม Y เมื่อมีตัวแปรอิสระ X_2 และ X_3 อยู่ในตัวแบบการถดถอยอย่างไม่มีนัยสำคัญ กระบวนการเลือกตัวแปรโดยวิธีนี้จะสิ้นสุดเนื่องจากไม่มีตัวแปรอิสระตัวใหม่เข้ามาในตัวแบบแล้วตัวแบบการถดถอยคือ

$$Y = \beta_0 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$$

2) ถ้าปฏิเสธ $H_0 : \beta_1 = 0$ แสดงว่าตัวแปรอิสระ X_1 มีส่วนในการอธิบายความแปรผันของตัวแปรตาม Y เมื่อมีตัวแปรอิสระ X_2 และ X_3 อยู่ในตัวแบบการถดถอยอย่างมีนัยสำคัญ ได้ตัวแบบการถดถอยคือ

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$$

วิธีเลือกตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนจะเสร็จสิ้นเมื่อเพิ่มตัวแปรอิสระเข้ามาในตัวแบบการถดถอยไม่ได้อีกแล้ว กรณีมีตัวแปรอิสระมากกว่า 3 ตัว การเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธีนี้จะทำได้ในลักษณะเดียวกัน โดยเลือกตัวแปรอิสระเข้าในรูปแบบครั้งละหนึ่งตัว ตัวแปรอิสระที่เข้ามาในตัวแบบการถดถอยแล้วอาจจะถูกตัดออกจากตัวแบบได้ถ้าตัวแปรอิสระตัวอื่นที่เข้ามาที่หลังอธิบายตัวแปรตาม Y ได้ดีกว่า

2.2.5 การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (ทรงศิริ แต่สมบัติ, 2551)

2.2.5.1 การตรวจสอบความเป็นอิสระของตัวแปรอิสระ

ตัวแบบการถดถอยที่ดี ตามข้อตกลงเบื้องต้นของตัวแบบการถดถอย ตัวแปรอิสระทุกตัวต้องเป็นอิสระกัน การที่ตัวอิสระมีความสัมพันธ์กัน เรียกว่า เกิดสหสัมพันธ์ร่วม (Multicollinearity) การตรวจสอบว่าตัวแปรอิสระมีสหสัมพันธ์ร่วมหรือไม่นั้น พิจารณาจากค่าสถิติ VIF (Variance Inflation Factor) และค่าสถิติ Tolerance

โดยที่ค่าสถิติ VIF หาได้จาก

$$VIF_j = \frac{1}{1 - R_j^2} \quad \text{สำหรับ } j = 1, 2, 3, \dots, k$$

โดยที่ R_j^2 คือ ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของตัวแบบที่ไม่รวมตัวแปรอิสระตัวที่ j ถ้าค่า VIF_j มีค่าไม่เกิน 10 แสดงว่าตัวแปรอิสระไม่มีความสัมพันธ์กัน

และค่าสถิติ Tolerance หาได้จาก

$$TOL_j = \frac{1}{VIF_j}$$

ดังนั้นค่า Tolerance จึงเป็นส่วนกลับของค่า VIF_j ทำให้มีการปิดค่า TOL_j ที่ได้ ทำให้ค่าที่ได้มีความคลาดเคลื่อนจึงเลือกใช้ค่า VIF_j เท่านั้น

2.2.5.2 การตรวจสอบว่าความคลาดเคลื่อน (ϵ_i) มีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่

ข้อตกลงเบื้องต้นของตัวแบบการถดถอยกำหนดความคลาดเคลื่อนจะต้องมีการแจกแจงแบบปกติ จากการวิเคราะห์การถดถอยหากพบว่าความคลาดเคลื่อน (ϵ_i) ไม่มีการแจกแจงแบบปกติจะทำให้ผลการทดสอบตกลงเบื้องต้นฐานที่เกี่ยวกับพารามิเตอร์ในตัวแบบคลาดเคลื่อน การตรวจสอบสามารถทำได้หลายวิธี แต่ในการทำครั้งนี้จะใช้การทดสอบของ Kolmogorov–Smirnov โดยมีหลักเกณฑ์ในการทดสอบการแจกแจงข้อมูลของตัวอย่างคือ การเปรียบเทียบความน่าจะเป็นสะสมของตัวอย่างกับความน่าจะเป็นสะสมภายใต้สมมติฐานหลัก โดยมีข้อจำกัดว่าจะต้องทราบค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงที่ต้องการทดสอบซึ่งการแจกแจงแบบปกติจะต้องทราบค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของประชากร (อุมาพร จันทร์, 2542) ซึ่งทำการทดสอบดังนี้

สมมติฐาน

H_0 : ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ความคลาดเคลื่อนไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

สถิติการทดสอบคือ $D = \max |F(x) - S(x)|$

เมื่อ $F(x)$ คือ ความน่าจะเป็นสะสมของตัวอย่าง

$S(x)$ คือ ความน่าจะเป็นสะสมภายใต้ตกลงเบื้องต้นฐานหลัก

ค่าวิกฤตของ D_{table} หมายความว่า ความคลาดเคลื่อนไม่มีการแจกแจงแบบปกติได้จากตารางค่าวิกฤตของ Kolmogorov–Smirnov และจะทำการปฏิเสธตกลงเบื้องต้นฐานหลัก เมื่อ $D_{cal} > D_{table}$

2.2.5.3 การตรวจสอบความเป็นอิสระกันของความคลาดเคลื่อน (ϵ_i)

การตรวจสอบความเป็นอิสระกันของความคลาดเคลื่อน ถ้าความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระกันเรียกว่าเกิดปัญหาอัตสหสัมพันธ์ (Autocorrelation) โดยใช้วิธีการทดสอบทางสถิติ ค่าสถิติที่ใช้ทดสอบความเป็นอิสระกันของความคลาดเคลื่อนคือ ค่าสถิติ Durbin-Watson เป็นการทดสอบความสัมพันธ์ของ e_i กับ e_{i-1}

สมมติฐาน

H_0 : ความคลาดเคลื่อนไม่มีความสัมพันธ์กัน หรือเป็นอิสระกัน

H_1 : ความคลาดเคลื่อนมีความสัมพันธ์กัน หรือไม่เป็นอิสระกัน

หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

H_0 : ε_i และ ε_j ไม่มีความสัมพันธ์กัน หรือเป็นอิสระกัน

H_1 : ε_i และ ε_j มีความสัมพันธ์กัน หรือไม่เป็นอิสระกัน

โดยที่ p คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อน

สถิติทดสอบคือ

$$DW = d = \frac{\sum_{i=2}^n (e_i - e_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^n e_i^2}$$

โดยที่ e_i คือ ค่าของเศษเหลือที่ i

e_{i-1} คือ ค่าของเศษเหลือที่ $i-1$

สำหรับค่าวิกฤตของ Durbin-Watson จะขึ้นกับขนาดตัวอย่าง (n) และจำนวนของตัวแปรอิสระในสมการถดถอย สรุปได้ดังนี้ (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2548)

- ถ้าค่า Durbin-Watson มีค่าใกล้ 2 (นั่นคือในช่วง 1.5-2.5) จะสรุปได้ว่า e_i กับ e_j เป็นอิสระต่อกัน

- ถ้าค่า Durbin-Watson < 1.5 แสดงว่าความสัมพันธ์ของ e_i กับ e_j อยู่ในทิศทางบวกและถ้าค่า Durbin-Watson มีค่าใกล้ 0 แสดงว่า e_i กับ e_j มีความสัมพันธ์กันมาก

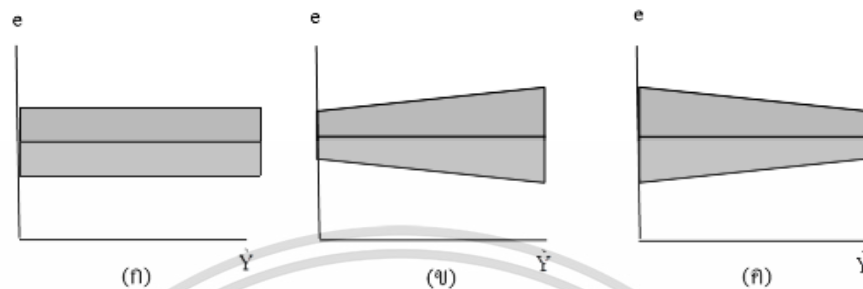
- ถ้าค่า Durbin-Watson > 2.5 แสดงว่าความสัมพันธ์ของ e_i กับ e_j อยู่ในทิศทางลบและถ้าค่า Durbin-Watson มีค่าใกล้ 4 แสดงว่า e_i กับ e_j มีความสัมพันธ์กันมาก

วิธีแก้ปัญหาคความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระกัน คือ การนำค่าย้อนหลัง 1 เดือนของตัวแปรตาม Y (one time lag ของ Y) มาเป็นตัวแปรอิสระในแบบการถดถอยด้วย (ภักดี ทองส้ม, 2556) ถ้ายังมีปัญหาความคลาดเคลื่อนมีความสัมพันธ์กันอีกให้แปลงข้อมูลเพื่อแก้ไขปัญหาคความคลาดเคลื่อนมีความสัมพันธ์กันด้วยวิธี Cochrane-Orcutt

2.2.5.4 ความคงที่ของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (Homoscedasticity)

การที่ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนไม่คงที่ นั่นคือ $V(\varepsilon_i) \neq \sigma^2$ ซึ่งจะมีผลทำให้การหาช่วงความเชื่อมั่นและการทดสอบตกลงเบื้องต้นฐานทำได้ไม่ถูกต้อง การทดสอบความคงที่ของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนทำได้โดยการพล็อตกราฟค่ามาตรฐานของเศษเหลือ e_i กับค่าประมาณของตัวแปรตาม (\hat{Y}) ถ้าพบว่าจุดต่างๆ ในภาพกระจายเป็นแบบสุ่มๆ ขนานกับแกนนอน จะ

สรุปได้ว่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนคงที่ แต่ถ้าพบว่าจุดต่างๆ ในภาพกระจายเป็นรูปปากแตร จะสรุปได้ว่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนไม่คงที่



รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะของความคลาดเคลื่อน กรณีที่ความแปรปรวน

(ก) คงที่ (ข) เพิ่มขึ้น (ค) ลดลง

วิธีแก้ปัญหสำหรับกรณีความแปรปรวนไม่เท่ากัน คือการแปลงข้อมูลที่ใช้ด้วยวิธี Box-Cox (Box and Cox, 1964)

2.2.6 ตัวแปรดัมมี่

ตัวแปรนามบัญญัติ หรือตัวแปรเชิงคุณลักษณะ (ฉัตรศิริ, 2554) เป็นตัวแปรที่แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างในเชิงคุณลักษณะ เช่น เพศ ระดับการศึกษาที่สำเร็จ อาชีพ เป็นต้น ซึ่งตัวแปรนามบัญญัติแบบนี้จะประกอบด้วยกลุ่มจำนวน g กลุ่ม เมื่อ g แทนจำนวนกลุ่มย่อยในตัวแปรนามบัญญัติ เช่น เพศ ประกอบด้วยเพศ ชาย และหญิง ดังนั้นจำนวนกลุ่มของตัวแปรคือ 2 ($g = 2$) วิธีการนำตัวแปรคุณลักษณะเหล่านี้มาวิเคราะห์การถดถอยนั้นจะต้องมีการแปลงให้เป็นตัวแปรเชิงปริมาณเสียก่อน ซึ่งสามารถทำได้โดยการนำตัวแปรเชิงคุณลักษณะมาทำการลงรหัสดัมมี่ (Dummy Code) ตัวแปรที่ได้ใหม่จะเรียกว่า ตัวแปรดัมมี่ (Dummy Variable) การลงรหัสดัมมี่ เป็นการลงรหัสตัวแปร 1 ตัวแปรที่เป็น g กลุ่ม ซึ่งจะได้ตัวแปรดัมมี่ $g - 1$

2.2.7 การแปลงข้อมูล

2.2.7.1 วิธีการแปลงข้อมูลแบบ Box-Cox Transformation เป็นวิธีที่นำเสนอโดย Box-Cox ในปี 1964 ใช้สำหรับแก้ปัญหกรณีที่ตัวแปรตามไม่มีการแจกแจงแบบปกติหรือมีความแปรปรวนไม่คงที่ การแปลงดังกล่าวมีรูปแบบ ดังนี้ (Box and Cox, 1964)

$$\text{ให้ } V = \begin{cases} (Y^k - 1) / (\lambda \dot{Y})^{\lambda-1} & \text{เมื่อ } Y \neq 0 \\ \dot{Y} \ln Y & \text{เมื่อ } Y = 0 \end{cases}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ \dot{Y} เป็นค่าเฉลี่ยเรขาคณิต ซึ่งหาได้จาก $\dot{Y} = (Y_1 \cdot Y_2 \cdot \dots \cdot Y_n)^{\frac{1}{n}}$ และ λ เป็นพารามิเตอร์ที่ทำให้ V มีการแจกแจงแบบปกติหรือมีความแปรปรวนคงที่ การหาค่าประมาณของ λ จะหาด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Estimator) ซึ่งค่าประมาณของ λ ที่ได้จะทำให้ค่า Sum Square of Error (SSE) มีค่าน้อยสุดและค่าประมาณของ λ ที่ได้นิยมปัดให้เป็นรูปดังนี้ คือ -1 , -0.5 , 0 , 0.5 และ 2 ดังนั้นจะแปลงตัวแปรตาม Y เป็น $Y' = Y^\lambda$

นั่นคือถ้า $\lambda = -1$ จะแปลงตัวแปรตาม Y เป็น $Y' = \frac{1}{Y}$

$\lambda = -0.5$ จะแปลงตัวแปรตาม Y เป็น $Y' = \frac{1}{\sqrt{Y}}$

$\lambda = 0$ จะแปลงตัวแปรตาม Y เป็น $Y' = \ln Y$

$\lambda = 0.5$ จะแปลงตัวแปรตาม Y เป็น $Y' = \sqrt{Y}$

$\lambda = 2$ จะแปลงตัวแปรตาม Y เป็น $Y' = Y^2$

จากนั้นนำค่าของ Y' ที่ได้จากการแปลงข้อมูลไปวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ โดยให้ Y' เป็นตัวแปรตามในการวิเคราะห์

เนื่องจากวิธีการแปลงข้อมูลแบบ Box-Cox เป็นวิธีการแปลงข้อมูลที่นิยมใช้อย่างกว้างขวาง เพราะมีโปรแกรมทางสถิติมารองรับ ทำให้การวิเคราะห์นั้นทำได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น จึงเลือกใช้วิธีการแปลงข้อมูลแบบ Box-Cox มาใช้ในการแก้ปัญหา

2.2.7.2 วิธี Cochrane-Orcutt เป็นวิธีการหนึ่งสำหรับการแปลงข้อมูลเพื่อแก้ไขปัญหาความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระกัน (Gujarati, Damodar N., 1995) มีวิธีการดำเนินงาน ดังนี้

การประมาณค่า ρ

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนอันดับหนึ่ง (AR (1)) ในรูปแบบการถดถอย

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_{1t} + \beta_2 X_{2t} + \dots + \beta_k X_{kt} + \varepsilon_t$$

สามารถพิจารณาให้อยู่ในรูปของสมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ

$$\varepsilon_t = \rho \varepsilon_{t-1} + v_t \quad 2.2.7.1$$

เมื่อ ε_t เป็นตัวแปรตาม ε_{t-1} เป็นตัวแปรอิสระ v_t เป็นค่าความคลาดเคลื่อนและมี ρ เป็นความชันของเส้นตรง เนื่องจากไม่ทราบค่า ε_t และ ε_{t-1} จึงใช้เศษเหลือ e_t และ e_{t-1} แทนเป็นตัวแปรตามและตัวแปรอิสระตามลำดับเมื่อ $e_t = Y_t - \hat{Y}_t$ โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\hat{Y}_t = b_0 + b_1 X_{1t} + b_2 X_{2t} + \dots + b_k X_{kt}$$

ซึ่งได้จากการประมาณโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Ordinary Least Squares : OLS) เราสามารถประมาณค่าความชัน $\hat{\rho}$ จากสูตร

$$\hat{\rho} = \frac{\sum_{i=2}^n e_i e_{i-1}}{\sum_{i=1}^n e_{i-1}^2} \quad 2.2.7.2$$

การสร้างสมการถดถอยจากข้อมูลที่แปลงแล้ว

จากสมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_{1t} + \beta_2 X_{2t} + \dots + \beta_k X_{kt} + \varepsilon_t \quad 2.2.7.3$$

ถ้าสมการนี้เป็นจริงที่เวลา t แล้วจะเป็นจริงที่เวลา $t-1$ ดังนี้

$$Y_{t-1} = \beta_0 + \beta_1 X_{1,t-1} + \beta_2 X_{2,t-1} + \dots + \beta_k X_{k,t-1} + \varepsilon_{t-1} \quad 2.2.7.4$$

คูณ 2.2.7.4 ด้วย ρ ทั้งสองข้าง จะได้

$$\rho Y_{t-1} = \rho \beta_0 + \rho \beta_1 X_{1,t-1} + \rho \beta_2 X_{2,t-1} + \dots + \rho \beta_k X_{k,t-1} + \rho \varepsilon_{t-1} \quad 2.2.7.5$$

ลบ 2.2.7.3 ด้วย 2.2.7.5 จะได้

$$Y_t - \rho Y_{t-1} = \beta_0 (1 - \rho) + \beta_1 (X_{1,t} - \rho X_{1,t-1}) + \beta_k (X_{k,t} - \rho X_{k,t-1}) + \dots + (\varepsilon_t - \rho \varepsilon_{t-1})$$

จาก $\varepsilon_t = \rho \varepsilon_{t-1} + v_t$ จะได้

$$Y_t - \rho Y_{t-1} = \beta_0 (1 - \rho) + \beta_1 (X_{1,t} - \rho X_{1,t-1}) + \beta_k (X_{k,t} - \rho X_{k,t-1}) + \dots + v_t \quad 2.2.7.6$$

เราสามารถเขียน 2.2.7.6 ได้เป็น

$$Y'_t = \beta'_0 + \beta'_1 X'_{1t} + \beta'_2 X'_{2t} + \dots + \beta'_k X'_{kt} + v_t$$

เมื่อ $\beta'_0 = \beta_0 (1 - \rho)$, $\beta'_j = \beta_j$, $Y'_t = (Y_t - \rho Y_{t-1})$ และ $X'_{j,t} = (X_{j,t} - \rho X_{j,t-1})$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ตัวประมาณค่า $\hat{\rho}$ ที่คำนวณได้จากสูตร 2.2.6.2 แปลงข้อมูลตัวแปรได้ Y'_t และ $X'_{j,t}$ ตามสูตรดังนี้

$$Y'_t = Y_t - \rho Y_{t-1}$$

$$X'_{1,t} = X_{1,t} - \rho X_{1,t-1}$$

⋮

$$X'_{k,t} = X_{k,t} - \rho X_{k,t-1}$$

เมื่อแปลงข้อมูลแล้วนำข้อมูลดังกล่าวไปสร้างสมการถดถอยโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด จะได้สมการถดถอย คือ

$$\hat{Y}'_t = b'_0 + b'_1 X'_{1t} + b'_2 X'_{2t} + \dots + b'_k X'_{kt}$$

คำนวณค่าเศษเหลือจากสมการถดถอยที่สร้างขึ้นจากข้อมูลที่แปลงแล้วโดย $e_t = Y'_t - \hat{Y}'_t$

แล้วนำมาทำการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ โดยใช้สถิติทดสอบ Durbin-Watson

ทำการแปลงสมการ $\hat{Y}'_t = b'_0 + b'_1 X'_{1t} + b'_2 X'_{2t} + \dots + b'_k X'_{kt}$ กลับไปเป็นสมการ

$$\hat{Y}_t = b_0 + b_1 X_{1t} + b_2 X_{2t} + \dots + b_k X_{kt}$$

โดย $b_0 = \frac{b'_0}{1-\hat{\rho}}$ และ $b_j = \hat{b}_j$

- ทดสอบแล้วพบว่าความคลาดเคลื่อนมีความสัมพันธ์กัน ทำการประมาณค่า $\hat{\rho}$ ใหม่ตามขั้นตอนที่ผ่านมา

- ถ้าทดสอบแล้วพบว่าความคลาดเคลื่อนไม่มีความสัมพันธ์กันก็จะสิ้นสุดวิธี

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธัชพงษ์ ผู้พัฒน์ (2554) ศึกษาการหาค่าที่เหมาะสมของตัวแบบทางทางคณิตศาสตร์ของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันสำหรับเครื่องจักรให้เข้าที่มีค่าปรับ (สำหรับจำนวนครั้งของการขัดข้องที่ $n \geq 1$) งานวิจัยนี้ได้นำเสนอตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของนโยบายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันแบบลำดับเวลาสำหรับเครื่องจักรและอุปกรณ์เข้า โดยพิจารณาเงื่อนไขของจำนวนครั้งการขัดข้องที่ยอมรับได้ในสัญญาเช่าโดยตัวแบบทางคณิตศาสตร์นี้ได้ศึกษาและพิจารณาในมุมมองของผู้ให้เช่าเป็นหลัก ซึ่งทำให้ผู้ให้เช่าสามารถคำนวณ จำนวนครั้งในการบำรุงรักษาเชิงป้องกันและช่วงเวลาในการบำรุงรักษาเชิงป้องกันแต่ละครั้งที่เหมาะสมสำหรับการบำรุงรักษาได้โดยผู้เขียนให้ ความสำคัญในส่วนของต้นทุน การบำรุงรักษาที่เกิดจากเงื่อนไขค่าปรับซึ่งระบุเงื่อนไขของจำนวนครั้งการขัดข้องที่ยอมรับได้ตลอดสัญญาเช่า จากแนวคิดดังกล่าวสามารถนำไปพัฒนาและสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม MATLAB เพื่อหาต้นทุนคาดหวังสำหรับนโยบายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันและทำการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ที่มีความสำคัญต่อตัวแบบทาง คณิตศาสตร์ของแต่ละกรณีศึกษา ผลจากการศึกษางานวิจัยนี้สามารถนำเสนอรูปแบบของการทำสัญญาเช่าเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่มีความเฉพาะเจาะจงมากยิ่งขึ้นสำหรับการทำการบำรุงรักษาเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้เช่ามากยิ่งขึ้น

ธิตาภรณ์ ไชยวงศ์ (2559) ศึกษาการจัดทำแผนธุรกิจเรื่องระบบจัดการรถเช่า มีวัตถุประสงค์เพื่อให้กลุ่มผู้ลงทุน และ ผู้สนใจที่จะเข้าร่วมลงทุนได้ทราบถึงนโยบายการบริหารจัดการของบริษัท กลยุทธ์ในการดำเนินงาน ทิศทางในการประกอบกิจการในด้านต่างๆ ตลอดจนผลประโยชน์ที่ผู้สนใจรวมลงทุนจะได้รับและเป็นแนวทางในการประกอบธุรกิจให้สามารถดำเนินการไปได้อย่างมีประสิทธิภาพตามทิศทางแผนธุรกิจที่ได้วางเอาไว้ ผลจากการจัดทำแผนธุรกิจครั้งนี้พบว่า ประมาณการเงินลงทุนขั้นต่ำอยู่ที่ 2.5 ล้านบาท โดยมาจากส่วนของผู้ถือหุ้นทั้งหมด ไม่มีการกู้ยืมเงินแต่อย่างใด โดยประมาณการรายได้อยู่ที่ 9.7 ล้านบาท ในปีแรก และเติบโตโดยเฉลี่ยขึ้นต่ำ อยู่ที่ 10% ต่อปี ในปีที่ 2-5 จะมีกำไรจากการดำเนินงานในปี 2 ที่ประมาณ 760,000 บาท คิดเป็น 30.4% และกำไรสุทธิที่ 608,000 ล้านบาท คิดเป็น 24% อัตราส่วนกำไรสุทธิต่อยอดขายโดยเฉลี่ยต่อปีที่ 8.72% และมีอัตราส่วนผลตอบแทนจากสินทรัพย์รวม (ROA) โดยเฉลี่ยที่ 21.59% และอัตราส่วนผลตอบแทนจากผู้ถือหุ้น (ROE) โดยเฉลี่ยที่ 21.59% หากแผนธุรกิจนี้สามารถดำเนินไปตามที่คาดการณ์ในกรณีปกติ (Base Case) กิจการจะสามารถคืนทุนได้ใน 1 ปี 9 เดือน (PB=1.82 ปี) สามารถสร้างผลตอบแทนภายในโครงการนี้ IRR= 45.32% โดยกิจการสามารถสร้างมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เป็นเงิน 2,935,657 บาท เมื่อสิ้นสุดโครงการ 5 ปี จากผลการวิเคราะห์ทางการเงินจะเห็นว่าอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ค่อนข้างสูงและมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เป็นบวก แสดงให้เห็นว่าโครงการนี้เป็นโครงการที่น่าลงทุนและคุ้มค่ากับการลงทุน

พิระพา อุตซี (2553) ศึกษาแนวปฏิบัติและปัญหาทางการบัญชีเกี่ยวกับสัญญาเช่า : กรณีศึกษากิจการให้เช่าเครื่องจักรการโดยศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวปฏิบัติและปัญหาทางการบัญชีเกี่ยวกับสัญญาเช่าตามมาตรฐานการบัญชี ฉบับที่ 17 (ปรับปรุง 2552) โดยศึกษาบริษัทผู้ให้เช่าและผู้เช่าถึงแนวปฏิบัติและปัญหาทางการบัญชี ในการดำเนินธุรกรรม การรับรู้รายได้และรายจ่ายสินทรัพย์และ

หนังสือผลการศึกษาพบว่า บริษัทกรณีศึกษาที่เป็นผู้ให้เข้ามีแนวทางการปฏิบัติด้านบัญชีเกี่ยวกับสัญญาเช่า โดยส่วนใหญ่เป็นไปตามมาตรฐานการบัญชี ฉบับที่ 17 สัญญาเช่า (ปรับปรุง 2552) ส่วนปัญหาที่พบคือ เอกสารประกอบการบันทึกบัญชีมีข้อความไม่ครบถ้วนตามที่กำหนด ส่วนแนวทางการปฏิบัติงานด้านบัญชีในด้านที่เป็นผู้เช่าพบว่า การปฏิบัติด้านบัญชีส่วนใหญ่เป็นไปตามมาตรฐานการบัญชี เรื่อง สัญญาเช่า ยกเว้นการรับรู้ดอกเบียจ่ายเป็นค่าใช้จ่ายซึ่งรับรู้ตามสัญญา โดยใช้อัตราคงที่ตัดจ่ายเท่ากันทุกงวด แต่ตามมาตรฐานการบัญชีกำหนดให้ใช้อัตราดอกเบียตามนัยของสัญญาเช่าหรือหากไม่สามารถกำหนดได้ให้ใช้อัตราดอกเบียเงินกู้ยืมส่วนเพิ่มของผู้เช่าเป็นอัตราคิดลดเพื่อคำนวณมูลค่าปัจจุบัน

สภรณ์ นัยนานนท์ (2559) วิเคราะห์เปรียบเทียบความคุ้มค่าในการตัดสินใจลงทุนเครื่องจักรเคลื่อนที่บริเวณลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์และคลังสินค้า กรณีศึกษา บริษัท XYZ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประเมินความคุ้มค่าของการลงทุนในการเลือกซื้อหรือ เช่าเครื่องจักรอุปกรณ์เคลื่อนที่ และจำนวนของเครื่องจักรที่เหมาะสมในการลงทุนเพื่อให้สอดคล้อง กับแผนการพยากรณ์ยอดขายและแผนกำลังการผลิตที่กำหนดไว้ โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย การใช้หลักการตัดสินใจในการลงทุนที่คุ้มค่าในส่วนของทางเลือกการจัดหา เครื่องจักร และจำนวนที่เหมาะสมในการลงทุน โดยทางผู้วิจัยเลือกที่จะนำหลักการคำนวณหาจุดคุ้มทุน (Break Event Point: B.E.P.) และหลักการตัดสินใจในแต่ละทางเลือกมาใช้วิเคราะห์ และการตัดสินใจลงทุน (Decision making) ผลการวิจัยพบว่าจากผลการศึกษาและวิเคราะห์เกี่ยวกับความคุ้มค่าในการตัดสินใจเลือก ลงทุนเครื่องจักรเคลื่อนที่หลักทั้ง 3 ชนิดที่ทางผู้วิจัยได้นำมาใช้ในการวิเคราะห์คือ Forklift, Reach truck และ Reach stacker พบว่า ผลลัพธ์ในการคำนวณหาความคุ้มค่าในการลงทุนเครื่องจักร ดังกล่าวตัดสินใจในการเช่าเครื่องจักรประเภท Forklift และ Reach truck เนื่องจากมีต้นทุนค่าเช่า โดยรวมต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการซื้อเป็นสินทรัพย์ของทางบริษัท ๆ มูลค่า 406,729 บาท และ 344,559 บาท ตามลำดับ ในส่วนของ Reach stacker พบว่าการตัดสินใจซื้อมีต้นทุนโดยรวมต่ำกว่า การเช่า มูลค่า 11,228,470 บาท ผลการวิจัยในส่วนถัดไป แสดงถึงจำนวนเครื่องจักรที่ลงทุนหลังจากทำการวิเคราะห์ โดยพิจารณาจากแผนการพยากรณ์ยอดขายที่วางไว้กับกำลังการผลิตที่จะเกิดขึ้นในช่วงระยะเวลา ตั้งแต่ปัจจุบัน จนถึง ปี พ.ศ. 2563 แสดงให้เห็นว่า ตั้งแต่ช่วงปัจจุบันจนถึงช่วงไตรมาสที่ 2 ปี พ.ศ. 2560 มีความต้องการใช้เครื่องจักร Reach stacker 1 คัน และในช่วงไตรมาสที่ 3 ปี 2560 ถึง ไตรมาสที่ 4 ปี พ.ศ. 2562 มีความต้องการใช้เครื่องจักร Reach stacker 3 คัน และในช่วงไตรมาสที่ 1 ปี พ.ศ. 2563 เป็นต้นไป มีความต้องการใช้เครื่องจักร Reach stacker ทั้งสิ้น 5 คัน ซึ่งสามารถที่จะ ตอบสนองต่อความต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดอรรถประโยชน์มากที่สุด

ชัยวัฒน์ ธรรมาสถิตนุกุล (2556) ศึกษาเรื่องการปรับแต่งประสิทธิภาพชุดคำสั่ง SQL กรณีศึกษาการบริหารเครื่องจักรกล กรมทางหลวงการศึกษาโครงการเฉพาะเรื่องนี้ได้ทำการศึกษา การปรับแต่งประสิทธิภาพชุดคำสั่ง SQL กรณีศึกษาการบริหารเครื่องจักรกล กรมทางหลวง เพื่อเป็นการทดสอบความเร็วในการประมวลผล ชุดคำสั่งของระบบฐานข้อมูลของระบบบริหารเครื่องจักรกล และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ รวมถึงลดเวลาในการตอบสนองให้มีความรวดเร็วยิ่งขึ้น เนื่องจากชุดคำสั่งของระบบฐานข้อมูลนี้มีการประมวลผลช้าลงอันเกิดจากข้อมูลที่เพิ่มขึ้นในปริมาณมากจากการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากทำการศึกษาแล้วสามารถสรุปได้ว่า ระบบฐานข้อมูลเมื่อมีการใช้ระบบงานไปได้สักระยะหนึ่ง จึงควรมีการพิจารณาปรับแต่งชุดคำสั่ง SQL เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของชุดคำสั่ง การศึกษานี้เป็นการทดสอบการปรับแต่งชุดคำสั่ง SQL ด้วยวิธีการ Optimizing SQL Statements และการสร้าง Index ผลที่ได้จากการทดสอบคือ เมื่อทำการปรับแต่งให้ตรงตามวิธีการ Optimizing SQL Statements ด้วยการศึกษากการเขียนชุดคำสั่งให้มีความรวดเร็วในการประมวลผลแล้ว การสร้าง View ให้กับชุดคำสั่งที่มีการเรียกใช้งานบ่อยก็สามารถช่วยลดเวลาในการประมวลผลได้ในระดับหนึ่ง

สุพิชฌาย์ ขจรชัยกุล (2553) ศึกษาเรื่องกลยุทธ์การตลาดของธุรกิจรถเช่า กรณีศึกษา บริษัทรถเช่าแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมความต้องการเช่ารถยนต์ ศึกษาจุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรค และศึกษาวิเคราะห์วางแผนกลยุทธ์ทางการตลาดให้กับบริษัทรถเช่าแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร โดยศึกษาจากการเก็บข้อมูลลูกค้า 2 ชุด ชุดแรกเป็นข้อมูลนิติบุคคลที่เป็นลูกค้าเช่ารถของบริษัทรถเช่าแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร จำนวน 624 ตัวอย่าง ชุดที่สองเป็นข้อมูลจากการเก็บข้อมูลผ่านแบบสอบถาม โดยการสัมภาษณ์บริษัทที่เป็นลูกค้าบริษัทรถเช่าจำนวน 85 ตัวอย่าง ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมความต้องการเช่ารถยนต์ของบริษัทที่เป็นลูกค้าของบริษัทรถเช่าแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานครมีผลมากน้อยต่างกัน วิเคราะห์โดยใช้ ทฤษฎีพฤติกรรมผู้บริโภค การตัดสินใจเกี่ยวกับการซื้อหรือการเช่า การประหยัดต่อขนาดมาใช้วิเคราะห์พฤติกรรมต่าง ๆ ของกลุ่มตัวอย่าง ทฤษฎีส่วนประสมทางการตลาด กลยุทธ์การตลาด สำหรับธุรกิจบริการ การวิเคราะห์จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรค เพื่อใช้ในการอธิบายปัจจัย ที่มีผลต่อพฤติกรรมความต้องการเช่ารถยนต์และวางแผนทางการตลาดเพื่อเพิ่มกลุ่มลูกค้า เป้าหมายและสร้างความพึงพอใจให้ลูกค้า บริษัทที่เช่ารถยนต์เพื่อการดำเนินงานส่วนมากเป็นบริษัทร่วมทุนระหว่างไทยและต่างชาติ ลักษณะธุรกิจให้บริการ ขนาดของธุรกิจมีขนาดเล็ก (เงินทุนจดทะเบียนต่ำกว่า 50 ล้านบาท) ระยะเวลาที่เปิดดำเนินกิจการของลูกค้ามากกว่า 10 ปี รถยนต์ที่ให้เช่าลูกค้านิยมใช้รถญี่ปุ่น ประเภทรถที่ลูกค้านิยมใช้คือรถเก๋งใหม่ ยี่ห้อที่นิยมใช้คือยี่ห้อโตโยต้า จำนวนรถที่ลูกค้าเช่าต่ำกว่า 5 คัน เนื่องจากกลุ่มลูกค้าที่นำมาศึกษาไม่ใช่หน่วยงานรัฐบาลหรือ รัฐวิสาหกิจที่ใช้ประมุขการเช่า รถยนต์ ดังนั้นจำนวนรถที่ลูกค้าเช่าใช้จึงมีจำนวนไม่มาก ส่วนมากที่ลูกค้าใช้รถเช่าเพราะเป็นนโยบายของบริษัท ปัจจัยทางการตลาดที่มีอิทธิพลต่อทัศนคติของกลุ่มลูกค้าตัวอย่างมากที่สุดคือ ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์หรือบริการ รองลงมาคือปัจจัยด้านราคา ปัจจัยด้านพนักงาน ปัจจัยด้าน กระบวนการดำเนินงาน ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ ปัจจัยด้านสถานที่และช่องทางการจัดจำหน่าย และปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาด ตามลำดับ

ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์หรือบริการ กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญกับมีรถทดแทน กรณีเกิดอุบัติเหตุหรือรถมีปัญหามากที่สุด รองลงคือ ศักยภาพขององค์กร โดยมีภาพลักษณ์เป็นบริษัทมหาชน ปัจจัยด้านราคา กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญกับการเปรียบเทียบราคากับคุณภาพ ที่ได้รับพบว่ามีความเหมาะสมและราคาที่น่าเสนอได้มีการเปิดเผยรายละเอียดอย่างครบถ้วน สามารถเข้าใจได้ง่ายและไม่เกิดความสับสน ปัจจัยด้านสถานที่และช่องทางการจัดจำหน่าย กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญกับการที่สามารถติดต่อเจ้าหน้าที่ได้อย่างรวดเร็ว และมีศูนย์บริการทั่วประเทศ ปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาด กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญด้านบริการหลังการเช่ารถยนต์ที่ดีให้การดูแลลูกค้าอย่างทั่วถึงและแก้ปัญหาให้ท่านได้ตรงตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความต้องการ และทางบริษัทมีทีมงานสอบถามปัญหาและความพึงพอใจของลูกค้าเป็นระยะ ปัจจัยด้านพนักงาน กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญกับพนักงานที่ให้บริการแต่งกายเรียบร้อย สุภาพอ่อนน้อมและยิ้มแย้มอยู่ตลอดเวลา มีมารยาท และมนุษยสัมพันธ์ที่ดีกับลูกค้า และพนักงานมีความรู้ความสามารถในการให้บริการจนประสบผลสำเร็จในเวลารอคอยที่ไม่นาน เช่น การจัดทำเอกสารเช่ารถยนต์ ปัจจัยด้านกระบวนการดำเนินงาน กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญกับขั้นตอนการขอรับบริการมีความชัดเจน เข้าใจง่าย และบริษัทสามารถดำเนินการตามขั้นตอนในการบริการที่วางไว้ได้อย่างรวดเร็วตรงตามมาตรฐานภายในเวลาที่เหมาะสม เช่น ขั้นตอนการให้บริการ การจัดลำดับคิว การนัดหมายทำสัญญา เป็นต้น ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญด้านสถานที่บริการของบริษัทมีเครื่องมือและอุปกรณ์ทันสมัยและได้มาตรฐานอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน และห้องรับรองลูกค้าเป็นสัดส่วนชัดเจน และเพียงพอ รวมถึงมีอุปกรณ์อำนวยความสะดวกในสภาพพร้อมใช้งานไว้บริการท่าน กลยุทธ์การตลาดที่ควรนำมาปรับใช้คือกลยุทธ์ด้านราคา ควรมีการจัด Package การเช่ารถมากกว่า 5 คันขึ้นไป เพื่อเพิ่มจำนวนรถเช่าในกลุ่มลูกค้าที่บริษัทได้พิจารณาคุณสมบัติ ของลูกค้าแล้ว นโยบายเกี่ยวกับคุณภาพงานบริการ ขยายตลาดระยะสั้นเพิ่มขึ้น และรักษาส่วนแบ่งตลาดเดิม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย มีขั้นตอนในการดำเนินงานต่าง ๆ ดังนี้

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสร้างตัวแบบ

รายละเอียดและขั้นตอนในการดำเนินงานต่าง ๆ ดังนี้

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลในการวิจัยนี้เป็นข้อมูลทุติยภูมิโดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากโปรแกรมระบบ EMS (Equipment Management System) ซึ่งเป็นแอปพลิเคชันในการบริหารจัดการเครื่องจักรกลและยานพาหนะงานเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกลของกรมทางหลวง กระทรวงคมนาคมตั้งแต่เดือนตุลาคม 2554 ถึง กันยายน 2557 โดยเก็บข้อมูลตัวแปรเป็นรายเดือนจำนวน 36 เดือน โดยมีตัวแปรดังนี้

1. ค่าเช่าเครื่องจักรและยานพาหนะ (Y)
2. ค่าใช้จ่ายทางตรง (X_1)
3. อายุมาตรฐาน (X_2)
4. ประเภทงาน (X_3)
5. ค่าซ่อมบำรุง (X_4)
6. ค่าบริการหล่อลื่น (X_5)
7. ประเภทการเช่า (X_6)
8. ค่าเสื่อม (X_7)
9. รูปแบบการเช่า (X_8)
10. จำนวนชั่วโมงทำงาน (X_9)
11. อายุการใช้งาน (X_{10})
12. จำนวนน้ำมันเชื้อเพลิง (X_{11})
13. ระยะเวลาเช่า (X_{12})
14. ราคาได้มา (X_{13})
15. จำนวนวันที่ทวงค่าเช่า (X_{14})
16. มูลค่าการจำหน่ายเครื่องจักร (X_{15})
17. ค่าใช้จ่ายทางอ้อม (X_{16})

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลที่มีอิทธิพลต่อค่าเช่า

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าเช่าเครื่องจักรและยานพาหนะงานเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกล กรมทางหลวง มีขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าเช่าเครื่องจักรและยานพาหนะและเพื่อสร้างตัวแบบพยากรณ์ค่าเช่าเครื่องจักรกลและยานพาหนะงานเงินทุนหมุนเวียนของกรมทางหลวงดังนี้

3.2.1 เนื่องจากตัวแปร X_2, X_3, X_6 และ X_8 เป็นตัวแปรคุณภาพจะไม่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ปัจจัย

3.2.2 ใช้วิธีการวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis) เพื่อจัดตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.2.2.1 ทำการแปลงค่าสังเกต X_{ji} ให้เป็นค่ามาตรฐาน Z_{ji} เนื่องจากตัวแปรแต่ละตัวมีหน่วยแตกต่างกัน

3.2.2.2 หาค่า KMO ของแต่ละการเช่าเครื่องจักรและยานพาหนะ โดยนำค่าตัวแปรอิสระ $Z_1, Z_4, Z_5, Z_7, Z_9, Z_{10}, Z_{11}, Z_{12}, Z_{13}, Z_{14}, Z_{15}$ และ Z_{16} มาวิเคราะห์เพื่อดูวิธีวิเคราะห์ปัจจัยเหมาะสมกับข้อมูลที่มีอยู่หรือไม่

3.2.2.3 สร้างเมตริกซ์สหสัมพันธ์ (R) หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรจากค่ามาตรฐานที่หาได้ก่อนหน้า จะได้เมตริกซ์สหสัมพันธ์สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลที่มีอิทธิพลต่อค่าเช่า ดังนี้

$$R = \begin{bmatrix} 1 & r_{z_1 z_2} & \cdots & r_{z_1 z_{12}} \\ r_{z_2 z_1} & 1 & \cdots & r_{z_2 z_{12}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{z_{12} z_1} & r_{z_{12} z_2} & \cdots & 1 \end{bmatrix}_{12 \times 12}$$

3.2.2.4 สกัดปัจจัย ทำการประมาณค่าน้ำหนักปัจจัย ด้วยวิธีองค์ประกอบหลัก (Principal Component) และพิจารณาว่าจะมีปัจจัยร่วมกี่ปัจจัย แต่ละปัจจัยประกอบด้วยตัวแปรอะไรบ้าง

3.2.2.5 หมุนแกนปัจจัย ถ้าพิจารณาจำนวนปัจจัยร่วม หรือจัดตัวแปรให้เข้าไปอยู่ในปัจจัยร่วมต่าง ๆ ไม่ได้ตามข้อ 3.2.2.4 จะทำการหมุนแกนปัจจัย โดยวิธีวาริแมกซ์ (Varimax) จะทำให้ได้ค่าปัจจัยใหม่ที่เกิดจากการหมุนแกนปัจจัยเป็นอิสระกัน

3.2.2.6 การคำนวณค่าคะแนนปัจจัย (Factor Score) เมื่อจัดตัวแปรให้เข้าไปอยู่ในปัจจัยร่วมแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะทำการคำนวณหาคะแนนปัจจัยด้วยวิธี Regression Method ค่าคะแนนปัจจัยจะถือว่า

เป็นตัวแทนของแต่ละปัจจัยและถือว่าเป็นตัวแปรใหม่ที่จะนำไปวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าเช่า ด้วยวิธีการการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis)

3.2.3 สร้างตัวแบบโดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ เมื่อได้ค่าคะแนนปัจจัย (Factor Score) ซึ่งเป็นตัวแปรอิสระใหม่ที่ได้จากการวิเคราะห์ปัจจัย m ตัวแปร ได้แก่ F_1, F_2, \dots, F_m นำตัวแปรอิสระใหม่และตัวแปรอิสระเชิงคุณภาพ X_2, X_3, X_6 และ X_8 มาวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีอิทธิพลที่มีต่อค่าเช่า เครื่องจักรและยานพาหนะด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.2.3.1 ตรวจสอบตัวแปรตาม Y มีการแจกแจงปกติหรือไม่

- หากมีการแจกแจงปกติ ใช้ Y เป็นตัวแปรตาม
- หากไม่มีการแจกแจงปกติ แปลงตัวแปรตาม Y โดยใช้วิธี Box-Cox และใช้ตัวแปรตาม Y ที่แปลงแล้วเป็นตัวแปรตาม
- ทำการแปลงค่าตัวแปรตาม Y หรือตัวแปรตาม Y ที่แปลงค่าแล้วให้เป็นค่ามาตรฐาน Z

3.2.3.2 ตรวจสอบลักษณะความสัมพันธ์ของตัวแปรตาม Z กับตัวแปรอิสระ F ทุกตัวทีละคู่โดยการสร้างแผนภาพกระจายว่ามีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรงหรือไม่ หากพบว่าตัวแปรตาม Z กับตัวแปรอิสระ F ไม่มีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรงจะแปลงตัวแปรอิสระ F เพื่อให้ได้ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับตัวแปรตาม Z จะได้ตัวแบบการถดถอยพหุคูณ ดังนี้

$$Z_i = \beta_0 + \beta_1 F_{1i} + \beta_2 F_{2i} + \dots + \beta_m F_{mi} + \beta_{m+1} X_2 + \beta_{m+2} X_3 + \beta_{m+3} X_6 + \beta_{m+4} X_8 + \varepsilon_i$$

3.2.3.3 ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการถดถอยโดยประมาณค่าของ $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m, \beta_{m+1}, \dots, \beta_{m+4}$ ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square Method)

$$\mathbf{b} = (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}'\mathbf{Z}$$

โดยที่

$$\mathbf{b} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_{m+4} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{Z} = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix}, \quad \mathbf{X} = \begin{bmatrix} 1 & F_{11} & \dots & F_{m1} & X_{21} & X_{31} & X_{61} & X_{81} \\ 1 & F_{21} & \dots & F_{m2} & X_{22} & X_{32} & X_{62} & X_{82} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & F_{1n} & \dots & F_{mn} & X_{2n} & X_{3n} & X_{6n} & X_{8n} \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้สมการสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีอิทธิพลต่อค่าเช่า ซึ่งอาจมีรูปแบบดังนี้

$$\hat{Z}_i = b_0 + b_1 F_{1i} + b_2 F_{2i} + \dots + b_m F_{mi} + b_{m+1} X_2 + b_{m+2} X_3 + b_{m+3} X_6 + b_{m+4} X_8$$

เมื่อ $i = 1, 2, \dots, n$

3.2.3.4 ทาสผลการการถดถอยที่ดีที่สุด โดยใช้วิธีการเลือกตัวแปรโดยวิธีเลือกตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน (Stepwise Regression Procedure)

3.2.3.5 หาเศษเหลือ (e_i) ของการพยากรณ์ $e_i = Z_i - \hat{Z}_i$

3.2.4 ตรวจสอบสมมติฐาน และแก้ปัญหาการวิเคราะห์การถดถอย โดยการ

3.2.4.1 ตรวจสอบการแจกแจงปกติของความคลาดเคลื่อน พล็อตกราฟ Normal Probability Plot และทดสอบการแจกแจงปกติของความคลาดเคลื่อนด้วยการทดสอบของ Kolmogorov-Smirnov ของค่าเศษเหลือ

3.2.4.2 ตรวจสอบความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อน โดยทดสอบแบบ Durbin-Watson

- หากอยู่ระหว่าง 1.5 - 2.5 แสดงว่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระต่อกัน

- หากผลการทดสอบแบบ Durbin-Watson มีค่าน้อยกว่า 1.5 หรือมากกว่า 2.5 ให้เพิ่ม

ตัวแปรอิสระ Y_{t-1} ในสมการถดถอยและถ้ายังมีปัญหาความคลาดเคลื่อนมีความสัมพันธ์กันอีก ให้แปลงข้อมูลเพื่อแก้ไขปัญหาความคลาดเคลื่อนมีความสัมพันธ์กันด้วยวิธี Cochrane-Orcutt ดังนี้

$$\hat{\rho} = \frac{\sum_{i=2}^n e_i e_{i-1}}{\sum_{i=1}^n e_i^2}$$

และแปลงข้อมูลใหม่เป็น

$$Z'_t = Z_{t-1} - \hat{\rho} Z_{t-1}$$

$$F'_{1,t} = F_{1,t} - \hat{\rho} F_{1,t-1}$$

⋮

$$F'_{m,t} = F_{m,t} - \hat{\rho} F_{m,t-1}$$

$$X'_{1,t} = X_{1,t} - \hat{\rho} X_{1,t-1}$$

⋮

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$X'_{k,t} = X_{k,t} - \hat{\rho}X_{k,t-1}$$

สร้างสมการถดถอยโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด จากข้อมูลที่แปลงแล้วได้สมการถดถอยคือ

$$\hat{Z}'_t = b'_0 + b'_1F'_{1t} + b'_2F'_{2t} + \dots + b'_mF'_{mt} + b'_{m+1}X'_2 + b'_{m+2}X'_3 + b'_{m+3}X'_6 + b'_{m+4}X'_8$$

ทำการแปลงสมการ

$$\hat{Z}'_t = b'_0 + b'_1F'_{1t} + b'_2F'_{2t} + \dots + b'_mF'_{mt} + b'_{m+1}X'_2 + b'_{m+2}X'_3 + b'_{m+3}X'_6 + b'_{m+4}X'_8$$

กลับเป็นสมการ

$$\hat{Z}_t = b_0 + b_1F_{1t} + b_2F_{2t} + \dots + b_mF_{mt} + b_{m+1}X_2 + b_{m+2}X_3 + b_{m+3}X_6 + b_{m+4}X_8$$

โดย $b_0 = \frac{b'_0}{1-\hat{\rho}}$ และ $b_j = b'_j$

3.2.4.3 ตรวจสอบความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนครั้งที่ โดยการพล็อตกราฟระหว่างค่าเศษเหลือ

(e_i) กับค่าพยากรณ์ของตัวแปรตาม ถ้าค่าเศษเหลือ (e_i) กระจายอยู่รอบค่า 0 อย่างสม่ำเสมอ นั่นคือมีความเคลื่อนไหวอยู่เหนือเส้นและใต้เส้นศูนย์อย่างสม่ำเสมอและเป็นแนวขนานตามแกนนอน แสดงว่ามีความแปรปรวนคงที่

3.2.4.4 ตรวจสอบความเป็นอิสระของตัวแปรอิสระทุกตัว โดยใช้ค่า VIF ทดสอบ มีค่าไม่เกิน 10 แสดงว่า ตัวแปรในสมการเป็นอิสระต่อกัน

3.2.4.5 แปลงค่า \hat{Z}_i กลับเป็น \hat{Y}_i โดย

$$\hat{Z}_i = b_0 + b_1F_{1i} + b_2F_{2i} + \dots + b_mF_{mi} + b_{m+1}X_2 + b_{m+2}X_3 + b_{m+3}X_6 + b_{m+4}X_8$$

$$\left(\frac{\sqrt{\hat{Y}} - \sqrt{\hat{Y}}}{S(\sqrt{\hat{Y}})} \right)_i = b_0 + b_1F_{1i} + b_2F_{2i} + \dots + b_mF_{mi} + b_{m+1}X_2 + b_{m+2}X_3 + b_{m+3}X_6 + b_{m+4}X_8$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\widehat{\sqrt{Y}}_i = \{(b_0 + b_1 F_{1i} + b_2 F_{2i} + \dots + b_m F_{mi} + b_{m+1} X_2 + b_{m+2} X_3 + b_{m+3} X_6 + b_{m+4} X_8) \times S(\sqrt{Y})\} + \sqrt{Y}$$

$$\widehat{Y}_i = [\{(b_0 + b_1 F_{1i} + b_2 F_{2i} + \dots + b_m F_{mi} + b_{m+1} X_2 + b_{m+2} X_3 + b_{m+3} X_6 + b_{m+4} X_8) \times S(\sqrt{Y})\} + \sqrt{Y}]^2$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยนี้ต้องการหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าเช่าเครื่องจักรและยานพาหนะ ของงานเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกล กรมทางหลวง โดยข้อมูลที่ใช้ทำการวิจัยเป็นข้อมูลทุติยภูมิจากงานเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกลกรมทางหลวง ตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2554 ถึง กันยายน 2557 ตัวแปรอิสระที่ใช้ทั้งหมดมี 16 ตัว โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression Analysis) ทำการคัดเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน (Stepwise Regression Procedure) แต่เนื่องจากตัวแปรอิสระมีจำนวนมาก และตัวแปรอิสระบางตัวอาจมีความสัมพันธ์กัน จึงใช้การวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis) ด้วยวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis) มาช่วยในการจับกลุ่มตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กันและใช้การหมุนแกนปัจจัยร่วมเพื่อให้ตั้งฉากกันด้วยวิธีวาริแมกซ์ ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าเช่าเครื่องจักร ของงานเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกล กรมทางหลวง

4.1.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ปัจจัย

ตัวแปรอิสระที่นำมาศึกษามีทั้งหมด 16 ตัว เป็นตัวแปรเชิงปริมาณ 12 ตัว และเชิงคุณภาพ 4 ตัว แต่เนื่องจากตัวแปรอิสระเชิงปริมาณมีเป็นจำนวนมากและตัวแปรอิสระเชิงปริมาณดังกล่าวอาจมีความสัมพันธ์กันจึงใช้การวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis) เพื่อรวมกลุ่มตัวแปรอิสระเชิงปริมาณที่มีความสัมพันธ์กันไว้ด้วยกันซึ่งเป็นการแก้ปัญหาตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กัน (Multicollinearity) แต่ตัวแปรอิสระ X_2, X_3, X_6 และ X_8 เป็นตัวแปรเชิงคุณภาพจึงไม่นำมาวิเคราะห์ปัจจัย เนื่องจากตัวแปรอิสระมีหน่วยที่แตกต่างกันจึงทำการแปลงข้อมูลตัวแปรอิสระให้อยู่ในรูปคะแนนมาตรฐาน (Standardized Score :Z) นั่นคือ $Z_1, Z_4, Z_5, Z_7, Z_9, Z_{10}, Z_{11}, Z_{12}, Z_{13}, Z_{14}, Z_{15}$ และ Z_{16} เพื่อให้มีหน่วยเดียวกันก่อนทำการวิเคราะห์ปัจจัยต่อไป

4.1.1.1 นำตัวแปรอิสระเชิงปริมาณจำนวน 12 ตัว ได้แก่ $Z_1, Z_4, Z_5, Z_7, Z_9, Z_{10}, Z_{11}, Z_{12}, Z_{13}, Z_{14}, Z_{15}$ และ Z_{16} ไปทำการตรวจสอบความเหมาะสมด้วยค่า KMO ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.773 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.5 แสดงว่าข้อมูลมีความเหมาะสมที่จะทำการวิเคราะห์ปัจจัยได้

4.1.1.2 สกัดปัจจัยใช้วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis)

จากตารางที่ 4.1 พบว่าการสกัดปัจจัยใช้วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบได้ปัจจัยร่วม 4 ปัจจัย แต่การจัดกลุ่มตัวแปรอิสระในแต่ละปัจจัยร่วมทำได้ยาก เนื่องจากค่าน้ำหนักปัจจัย (Factor Loading) ของตัวแปรอิสระในปัจจัยร่วมแต่ละปัจจัยไม่ชัดเจนจึงต้องทำการหมุนแกน

ตารางที่ 4.1 ค่าน้ำหนักปัจจัย เมื่อยังไม่มีหมุนแกนของตัวแปรอิสระเชิงปริมาณจำนวน 12 ตัว ของค่าเช่าเครื่องจักร

ตัวแปร	Component			
	1	2	3	4
Z ₁	.864	-.243	.118	-.121
Z ₄	.821	-.263	.116	-.092
Z ₅	.855	-.220	.095	-.120
Z ₇	.632	.554	.067	.190
Z ₉	-.346	.389	.179	-.639
Z ₁₀	-.546	-.631	.235	.121
Z ₁₁	-.132	.064	.788	-.066
Z ₁₂	.237	.337	-.698	-.134
Z ₁₃	.888	-.079	.081	.089
Z ₁₄	-.080	.534	.300	.632
Z ₁₅	-.038	-.421	-.371	.361
Z ₁₆	.540	-.113	.143	.030
Eigenvalues	4.130	1.631	1.491	1.057
% of Variance	34.421	13.593	12.424	8.804
Cumulative % of variance	34.421	48.014	60.438	69.242

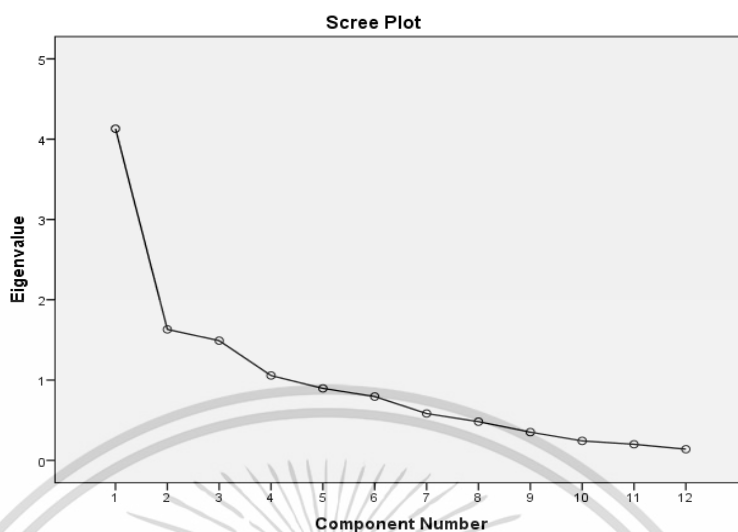
4.1.1.3 หมุนแกนปัจจัยร่วมให้ตั้งฉากกันด้วยวิธีวาริแมกซ์ (Varimax) ปรากฏว่าได้ปัจจัยร่วม 4 ปัจจัย ที่สามารถจัดกลุ่มตัวแปรอิสระเชิงปริมาณในแต่ละปัจจัยร่วมได้ง่ายขึ้นซึ่งสามารถอธิบายความแปรผันได้ 69.24% ดังแสดงในตารางที่ 4.2

4.1.1.4 กำหนดจำนวนปัจจัยร่วมที่เหมาะสม โดยพิจารณาค่าไอเก็น (Eigen Value) ที่มากกว่า 1 ดังแสดงในตารางที่ 4.2 และพิจารณารูปที่ 4.1 Scree Plot พบว่าปัจจัยร่วมที่เหมาะสมเท่ากับ 4 ปัจจัย

ตารางที่ 4.2 ค่าน้ำหนักปัจจัยเมื่อทำการหมุนแกนปัจจัยของตัวแปรอิสระเชิงปริมาณจำนวน 12 ตัว ของค่าเช่าเครื่องจักร

ตัวแปร	Component			
	1	2	3	4
Z ₁	0.908	0.048	-0.079	-0.033
Z ₄	0.869	0.025	-0.08	-0.064
Z ₅	0.889	0.074	-0.07	-0.029
Z ₇	0.479	0.323	0.615	0.184
Z ₉	-0.314	0.022	-0.177	0.761
Z ₁₀	-0.346	-0.638	-0.362	-0.329
Z ₁₁	0.034	-0.665	0.188	0.41
Z ₁₂	0.018	0.821	-0.015	-0.006
Z ₁₃	0.836	0.192	0.272	-0.016
Z ₁₄	-0.183	-0.143	-0.852	-0.023
Z ₁₅	-0.059	0.066	-0.143	-0.647
Z ₁₆	0.564	-0.028	0.066	-0.046
eigenvalue	3.874	1.700	1.419	1.317
% of variance	32.281	14.163	11.823	10.976
cumulative % of variance	32.281	46.444	58.267	69.242

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 Scree Plot ของค่าเช่าเครื่องจักร

ตารางที่ 4.3 ค่าคะแนนปัจจัยของตัวแปรอิสระเชิงปริมาณจำนวน 12 ตัว ของค่าเช่าเครื่องจักร

ตัวแปร	Factor Score			
	1	2	3	4
Z_1	0.2575	-0.0571	-0.1233	0.0226
Z_4	0.2474	-0.0679	-0.1151	-0.0043
Z_5	0.2489	-0.0386	-0.1177	0.0237
Z_7	0.0664	0.1217	0.3844	0.0771
Z_9	-0.0488	0.0722	-0.2299	0.6188
Z_{10}	-0.0207	-0.3539	-0.1597	-0.2320
Z_{11}	0.0792	-0.4297	0.1201	0.2838
Z_{12}	-0.0769	0.5208	-0.0636	0.0148
Z_{13}	0.1977	0.0200	0.1372	-0.0177
Z_{14}	-0.1000	-0.1271	0.6741	-0.1589
Z_{15}	-0.0382	0.0435	-0.0096	-0.4919
Z_{16}	0.1566	-0.0799	0.0183	-0.0249

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.5 การกำหนดความหมายของปัจจัยร่วม

ปัจจัยร่วมที่ 1 (F_1) คือ ค่าใช้จ่ายของเครื่องจักร สามารถอธิบายความแปรผันของตัวแปรได้ร้อยละ

ละ 32.281 ประกอบด้วยตัวแปร 5 ตัว ได้แก่

1. ค่าใช้จ่ายทางตรง (X_1)
2. ค่าซ่อมบำรุง (X_4)
3. ค่าบริการหล่อลื่น (X_5)
4. ราคาได้มา (X_{13})
5. ค่าใช้จ่ายทางอ้อม (X_{16})

ปัจจัยร่วมที่ 2 (F_2) คือ ระยะเวลาเช่าตามอายุการใช้งานเครื่องจักร สามารถอธิบายความแปรผันของตัวแปรได้ร้อยละ 14.163 ประกอบด้วยตัวแปร 3 ตัว ได้แก่

1. อายุการใช้งาน (X_{10})
2. จำนวนน้ำมันเชื้อเพลิง (X_{11})
3. ระยะเวลาเช่า (X_{12})

ปัจจัยร่วมที่ 3 (F_3) คือ อายุการใช้งานเครื่องจักร สามารถอธิบายความแปรผันของตัวแปรได้ร้อยละ 11.823 ประกอบด้วยตัวแปร 2 ตัว ได้แก่

1. ค่าเสื่อม (X_7)
2. จำนวนวันที่ทวงค่าเช่า (X_{14})

ปัจจัยร่วมที่ 4 (F_4) คือ จำนวนชั่วโมงการทำงานตามสภาพเครื่องจักรสามารถอธิบายความแปรผันของตัวแปรได้ร้อยละ 10.976 ประกอบด้วยตัวแปร 2 ตัว ได้แก่

1. ชั่วโมงทำงาน (X_9)
2. มูลค่าการจำหน่ายเครื่องจักร (X_{15})

4.1.1.6 ค่าของปัจจัยร่วม หรือค่าคะแนนปัจจัย (Factor Score) คำนวณได้จากสมการดังนี้

$$F_1 = 0.2575Z_1 + 0.2474Z_4 + 0.2489Z_5 + 0.0664Z_7 - 0.0488Z_9 - 0.0207Z_{10} + 0.0792Z_{11} - 0.0769Z_{12} \\ 0.1977Z_{13} - 0.1000Z_{14} - 0.0382Z_{15} + 0.1566Z_{16}$$

$$F_2 = -0.0571Z_1 - 0.0679Z_4 - 0.0386Z_5 + 0.1217Z_7 + 0.0722Z_9 - 0.3539Z_{10} - 0.4297Z_{11} + 0.5208Z_{12} \\ 0.0200Z_{13} - 0.1271Z_{14} + 0.0435Z_{15} - 0.0799Z_{16}$$

$$F_3 = -0.1233Z_1 - 0.1151Z_4 - 0.1177Z_5 + 0.3844Z_7 - 0.2299Z_9 - 0.1597Z_{10} + 0.1201Z_{11} - 0.0636Z_{12} \\ 0.1372Z_{13} + 0.6741Z_{14} - 0.0096Z_{15} + 0.0183Z_{16}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$F_4 = 0.0226Z_1 - 0.0043Z_4 + 0.0237Z_5 + 0.0771Z_7 + 0.6188Z_9 - 0.2320Z_{10} + 0.2838Z_{11} + 0.0148Z_{12} - 0.0177Z_{13} - 0.1589Z_{14} - 0.4919Z_{15} - 0.0249Z_{16}$$

(ดังรายละเอียดในตารางที่ 4.3)

4.1.2 ผลการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ

นำคะแนนปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ปัจจัยในข้อ 4.1.1.6 มาวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าเช่าเครื่องจักร งานเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกล กรมทางหลวง โดยการคัดเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการถดถอย ด้วยวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน

4.1.2.1 ตรวจสอบการแจกแจงของค่าเช่าเครื่องจักร งานเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกล กรมทางหลวง (Y_1) ว่ามีการแจกแจงปกติหรือไม่ โดยใช้การทดสอบของ Kolmogorov-Smirnov ได้ผลดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบการแจกแจงปกติของค่าเช่าเครื่องจักร งานเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกล กรมทางหลวง (Y_1) ด้วยวิธีของ Kolmogorov-Smirnov

ตัวแปรตาม	Kolmogorov-Smirnov		
	Statistic	df	p-value
Y_1	.154	269	.000

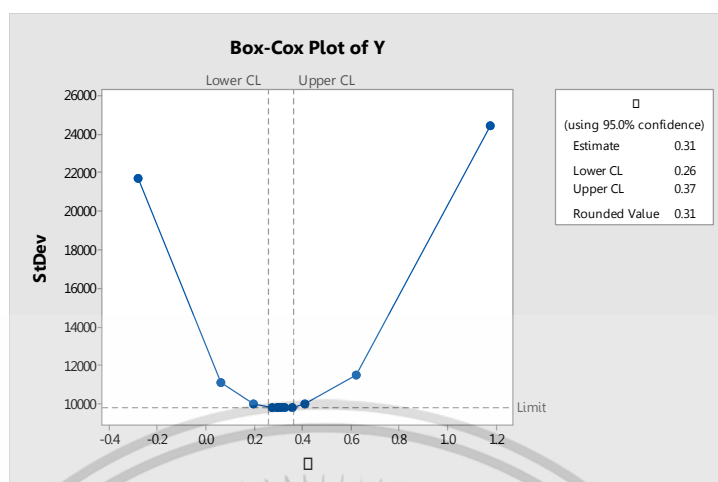
สมมติฐาน

H_0 : Y_1 มีการแจกแจงปกติ

H_1 : Y_1 ไม่มีการแจกแจงปกติ

สถิติทดสอบ $D = \text{Max} |F(Z_i) - S(Z_i)| = 0.154$

และ p-value = 0.000 มีค่าน้อยกว่า $\alpha = 0.05$ แสดงว่าปฏิเสธสมมติฐานหลัก นั่นคือค่าเช่าเครื่องจักร งานเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกล กรมทางหลวง (Y_1) ไม่มีการแจกแจงปกติ



รูปที่ 4.2 ผลการแปลงค่าเช่าเครื่องจักร งานเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกล กรมทางหลวง (Y_1) ด้วยวิธี Box-Cox

ดังนั้น จึงทำการแปลง Y_1 ด้วยวิธี Box-Cox (Neter. Et., 1996) ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.2 ซึ่งได้ค่า $\lambda = 0.31$ ดังนั้นจะใช้ค่าประมาณ $\lambda = 0.50$ ในการแปลงตัวแปร นั่นคือทำการแปลง Y_1 เป็น $\sqrt{Y_1}$ ซึ่งมีการแจกแจงปกติ

4.1.2.2 การหาสมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณของตัวแปรตามคือราคาที่สองของค่าเช่าเครื่องจักรเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกลของกรมทางหลวง ($\sqrt{Y_1}$) ที่แปลงเป็นค่ามาตรฐาน $Z_{\sqrt{Y_1}}$ แล้วตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม $Z_{\sqrt{Y_1}}$ โดยใช้แผนภาพการกระจาย (Scatter Plot) แล้วพบว่ามีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง ดังนั้นตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ คือ

$$Z_{\sqrt{Y_1}} = \beta_0 + \beta_1 F_1 + \beta_2 F_2 + \beta_3 F_3 + \beta_4 F_4 + \beta_5 X_2 + \beta_6 X_3 + \beta_7 X_6 + \beta_8 X_8 + \varepsilon$$

โดยที่
$$Z_{\sqrt{Y_1}} = \frac{\sqrt{Y_1} - \overline{\sqrt{Y_1}}}{S(\sqrt{Y_1})}$$

เนื่องจากตัวแปรอิสระมีจำนวนมาก ดังนั้นจึงต้องเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนของ $Z_{\sqrt{F}}$

ตัวแปร	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients (Beta)	t	p-value	Collinearity Statistics (VIF)
	B	Std. Error				
Constant	.492	.054		9.139	.000	
F ₂	-.189	.028	-.189	-6.676	.000	2.341
F ₃	-.042	.021	-.042	-2.003	.046	1.277
X ₂	.352	.060	.147	5.841	.000	1.840
X ₆	-.293	.060	-.147	-4.896	.000	2.619
X ₈	-1.870	.044	-.882	-42.723	.000	1.238

ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยทดสอบว่าตัวแปรอิสระมีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตามหรือไม่

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ $Z_{\sqrt{F}}$ จากตัวแปรอิสระ 5 ตัว

Sov	df	Sum of Squares	Mean Square	F	p-value
Regression	5	243.748	48.750	528.656	.000
Residual	263	24.252	.092		
Total	268	268.000			

สมมติฐานคือ

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_5 \text{ สำหรับ } i = 1, 2, \dots, 5$$

$$H_1 : \beta_i \neq 0 \text{ สำหรับ } i = 1, 2, \dots, 5 \text{ อย่างน้อย 1 ค่า}$$

สถิติทดสอบคือ

$$F = \frac{MSR}{MSE} = 528.656$$

และ p-value = 0.000 มีน้อยกว่า $\alpha = 0.05$ แสดงว่าปฏิเสธสมมติฐานหลัก นั่นคือ มีค่า β_i อย่างน้อย 1 ตัว ที่แตกต่างจากศูนย์ หมายความว่า มีตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัว ที่มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม $Z_{\sqrt{F}}$ จึงต้องทำการทดสอบต่อไปว่า ตัวแปรอิสระตัวใดมีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม $Z_{\sqrt{F}}$ โดยใช้การทดสอบ t-test

สมมติฐานคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$H_0 : \beta_i = 0 \text{ สำหรับ } i = 1, 2, \dots, 5$$

$$H_1 : \beta_i \neq 0 \text{ สำหรับ } i = 1, 2, \dots, 5$$

สถิติทดสอบคือ

$$t = \frac{b_i}{S_{b_i}}$$

จากตารางที่ 4.5 พบว่า ตัวแปรอิสระทุกตัว มีค่า p-value อยู่ระหว่าง 0.000 ถึง 0.046 ซึ่งน้อยกว่า $\alpha = 0.05$ แสดงว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลัก นั่นคือเมื่อเพิ่มตัวแปรอิสระแต่ละตัวในตัวแบบการถดถอยเป็นตัวสุดท้ายแล้ว พบว่าตัวแปรอิสระแต่ละตัวมีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม $Z_{\sqrt{Y_t}}$ เมื่อมีตัวแปรอิสระอื่น ๆ อยู่ในตัวแบบการถดถอยแล้วซึ่งได้สมการถดถอยได้สมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ ดังนี้

$$\hat{Z}_{\sqrt{Y_t}} = 0.492 - 0.189F_2 - 0.042F_3 + 0.352X_2 - 0.293X_6 - 1.87X_8$$

โดยมีค่า $R^2 = 0.91$ แต่เมื่อตรวจสอบความเป็นอิสระกันของค่าความคลาดเคลื่อนด้วยวิธีการทดสอบ Durbin-Watsonปรากฏว่าได้ $DW = 0.716$ ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 1.5 แสดงว่าความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระกัน จึงทำการเพิ่มตัวแปรอิสระค่าเช่าเครื่องจักรเดือนก่อนหน้า ($Z_{\sqrt{Y_{t-1}}}$) เพื่อแก้ไขปัญหาความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระกันด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดโดยวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลการเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนของ $Z_{\sqrt{Y_t}}$ เมื่อเพิ่มตัวแปรค่าเช่าเครื่องจักรเดือนก่อนหน้า ($Z_{\sqrt{Y_{t-1}}}$) เป็นตัวแปรอิสระในสมการเพื่อแก้ไขปัญหาความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระกันของ $Z_{\sqrt{Y_{t-1}}}$

ตัวแปร	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients (Beta)	t	p-value	Collinearity Statistics VIF
	B	Std. Error				
Constant	.247	.036		6.943	.000	
F_2	-.161	.021	-.163	-7.597	.000	3.067
F_3	-.030	.014	-.030	-2.136	.034	1.287
X_2	.231	.042	.098	5.439	.000	2.164
X_6	-.249	.042	-.126	-5.856	.000	3.101
X_8	-.968	.044	-.466	-22.153	.000	2.968
$Z_{\sqrt{Y_{t-1}}}$	.482	.025	.491	19.647	.000	4.178

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งได้สมการถดถอยได้สมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ ดังนี้

$$\hat{Z}_{\sqrt{Y}_t} = 0.247 - 0.161F_2 - 0.03F_3 + 0.231X_2 - 0.249X_6 - 0.968X_8 + 0.482Z_{\sqrt{Y}_{t-1}}$$

โดยมีค่า $R^2 = 0.963$ แต่เมื่อตรวจสอบความคลาดเคลื่อนแต่ละตัวเป็นอิสระกันด้วยการทดสอบ Durbin-Watson อีกครั้งปรากฏว่าได้ $D = 1.179$ ซึ่งยังมีค่าน้อยกว่า 1.5 แสดงว่าความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระกัน ดังนั้นจึงทำการแปลงข้อมูลเพื่อแก้ไขปัญหาความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระกันด้วยวิธี Cochrane-Orcutt ด้วยค่า $\hat{\rho} = 0.3597$ ดังนี้

$$\hat{Z}'_{\sqrt{Y}_t} = \hat{Z}_{\sqrt{Y}_t} - \hat{\rho}\hat{Z}_{\sqrt{Y}_{t-1}}$$

$$F'_{i,t} = F_{i,t} - \hat{\rho}F_{i,t-1}$$

$$X'_{m,t} = X_{m,t} - \hat{\rho}X_{m,t-1}$$

$$Z'_t = Z_t - \hat{\rho}Z_{t-1}$$

เมื่อแปลงตัวแปรตามสูตรดังกล่าวโดยค่า $\hat{\rho} = 0.3597$ แล้วด้วยวิธีการเลือกตัวแปรอิสระโดยวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ผลการเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนของ $Z_{\sqrt{Y}_t}$ เมื่อทำการแปลงข้อมูลเพื่อแก้ไขปัญหาความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระกันด้วยวิธี Cochrane-Orcutt ของ $Z_{\sqrt{Y}_t}$

ตัวแปร	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients (Beta)	t	p-value.	Collinearity Statistics (VIF)
	B	Std. Error				
Constant	.0790	.022		3.642	.000	
F'_2	-.1079	.015	-.139	-6.967	.000	2.175
F'_3	-.02687	.009	-.042	-2.840	.005	1.192
X'_2	.2997	.028	.205	10.518	.000	2.079
X'_6	-.2227	.029	-.181	-7.770	.000	2.963
X'_8	-.6747	.027	-.528	-25.096	.000	2.410
$Z'_{\sqrt{Y}_{t-1}}$	.3680	.022	.401	16.850	.000	3.081

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้สมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ คือ

$$\hat{Z}'_{\sqrt{Y_t}} = 0.0790 + 0.2997X'_2 - 0.2227X'_6 - 0.6747X'_8 - 0.1079F'_2 - 0.02687F'_3 + 0.3680Z'_{\sqrt{Y_{t-1}}}$$

โดยมีค่า $R^2 = 0.9567$

4.1.2.3 การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์การถดถอย

ทำการตรวจสอบโดยใช้ค่าเศษเหลือ $e = Z'_{\sqrt{Y_t}} - \hat{Z}'_{\sqrt{Y_t}}$ ซึ่งเป็นค่าประมาณของค่าความ

คลาดเคลื่อน (ε)

1) ตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนแต่ละตัวเป็นอิสระกันด้วยการทดสอบ Durbin-Watson สมมติฐาน

H_0 : ค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

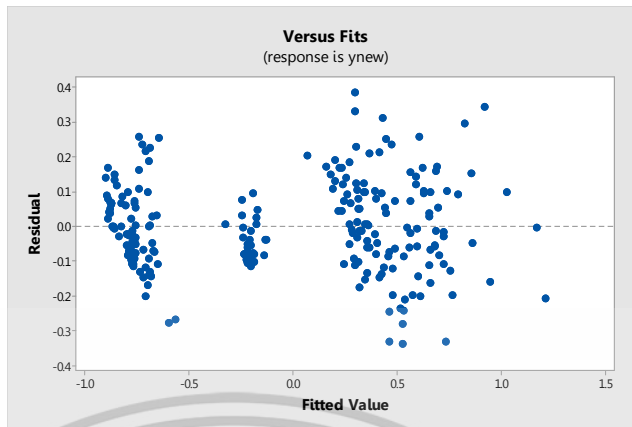
H_1 : ค่าความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระกัน

สถิติทดสอบ $DW = \frac{\sum_{i=2}^n (e_i - e_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^n e_i^2} = 1.43$

ซึ่งมีค่าผลการทดสอบ Durbin-Watson ใหม่เป็น 1.43 ใกล้เคียงกับ 1.5 จึงอนุมูลงว่าค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

2) ตรวจสอบความเป็นอิสระกันของตัวแปรอิสระทุกตัว โดยใช้ค่า VIF ทดสอบ จากตารางที่ 4.8 พบว่าตัวแปรในสมการทุกตัวมีค่า VIF น้อยกว่า 10 ดังนั้นตัวแปรอิสระทุกตัวเป็นอิสระกัน

3) ตรวจสอบความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนคงที่ โดยการพล็อตกราฟระหว่างค่าเศษเหลือ (e_i) กับค่าพยากรณ์ของตัวแปรตาม ($\hat{Z}'_{\sqrt{Y_t}}$) จากรูปที่ 4.3 จะเห็นว่าค่าเศษเหลือ (e_i) กระจายอยู่เท่า ๆ กัน บนด้านบวกและด้านล่างรอบค่า 0 อย่างสุ่มและขนานตามแกนนอน แสดงว่ามีความแปรปรวนคงที่



รูปที่ 4.3 ผลการตรวจสอบความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนของ $\hat{Z}_i/\sqrt{V_i}$

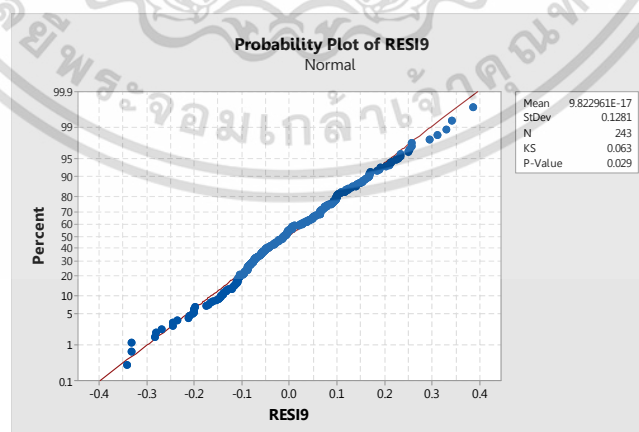
4) ตรวจสอบการแจกแจงปกติของค่าความคลาดเคลื่อน โดยการพล็อตกราฟ Normal Probability Plot ดังรูปที่ 4.4 และทดสอบการแจกแจงปกติของค่าความคลาดเคลื่อนด้วยการทดสอบของ Kolmogorov–Smirnov ของค่าเศษเหลือ

สมมติฐาน H_0 : ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

H_1 : ค่าความคลาดเคลื่อนไม่มีการแจกแจงปกติ

สถิติทดสอบ $D = \text{Max} |F(Z_i) - S(Z_i)| = 0.063$

และได้ค่า p-value เท่ากับ 0.029 ซึ่งมากกว่า $\alpha = 0.01$ พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ



รูปที่ 4.4 ผลการตรวจสอบการแจกแจงปกติของค่าความคลาดเคลื่อนของ $\hat{Z}_i/\sqrt{V_i}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นได้ว่าสมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณได้ผ่านข้อตกลงเบื้องต้นทุกข้อแล้ว ดังนั้นสมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณคือ

$$\hat{Z}'_{\sqrt{Y_1}} = 0.0790 + 0.2997X'_2 - 0.2227X'_6 - 0.6747X'_8 - 0.1079F'_2 - 0.02687F'_3 + 0.3680Z'_{\sqrt{Y_{t-1}}}$$

โดยมีค่า $R^2 = 0.9567$

และเพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้พยากรณ์จะแปลงสมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณให้อยู่ในรูป \hat{Y}_1 จึงทำการแปลงสมการ

$$\hat{Z}'_{\sqrt{Y_1}} = 0.0790 + 0.2997X'_2 - 0.2227X'_6 - 0.6747X'_8 - 0.1079F'_2 - 0.02687F'_3 + 0.3680Z'_{\sqrt{Y_{t-1}}}$$

กลับเป็นสมการ

$$\hat{Z}_{\sqrt{Y_1}} = 0.12338 + 0.2997X_2 - 0.2227X_6 - 0.6747X_8 - 0.1079F_2 - 0.02687F_3 + 0.3680Z_{\sqrt{Y_{t-1}}}$$

แปลงค่า $\hat{Z}_{\sqrt{Y_1}}$ กลับเป็น $\sqrt{\hat{Y}_1}$

$$\begin{aligned} \sqrt{\hat{Y}_1} &= 1,063.87 + 1,176.93X_2 - 1,127.55X_6 - 1,417.39X_8 - 1,053.94F_2 \\ &\quad - 1,001.98F_3 + 1,220.73Z_{\sqrt{Y_{t-1}}} \end{aligned}$$

และแปลงค่า $\sqrt{\hat{Y}_1}$ กลับเป็น \hat{Y}_1

$$\begin{aligned} \hat{Y}_1 &= (1,063.87 + 1,176.93X_2 - 1,127.55X_6 - 1,417.39X_8 - 1,053.94F_2 \\ &\quad - 1,001.98F_3 + 1,220.73Z_{\sqrt{Y_{t-1}}})^2 \end{aligned}$$

ซึ่งอธิบายได้ว่า

ปัจจัยร่วมที่ 2 (F_2) คือ ระยะเวลาเช่าตามอายุการใช้งานเครื่องจักรเพิ่มขึ้น 1 หน่วย จะทำให้ราคาที่สองของค่าเครื่องจักรลดลง 1,053.94 บาท เมื่อตัวแปรอิสระอื่น ๆ คงที่

ปัจจัยร่วมที่ 3 (F_3) คือ อายุการใช้งานเครื่องจักรเพิ่มขึ้น 1 หน่วย จะทำให้ราคาที่สองของค่าเครื่องจักรลดลง 1,001.98 บาท เมื่อตัวแปรอิสระอื่น ๆ คงที่

ค่าเช่าเครื่องจักรเดือนก่อนหน้า ($Z_{\sqrt{Y_{t-1}}}$) คือ ค่าเช่าเครื่องจักรเดือนก่อนหน้าเพิ่มขึ้น 1 หน่วยจะทำให้ราคาที่สองของค่าเช่าเครื่องจักรเพิ่มขึ้น 1,220.73 บาท เมื่อตัวแปรอิสระอื่น ๆ คงที่

อายุมาตรฐาน (X_2) คือ เครื่องจักรไม่อยู่ในอายุมาตรฐาน (1) จะทำให้ราคาที่สองของค่าเช่าเครื่องจักรเพิ่มขึ้น 1,176.93 บาท เมื่อตัวแปรอิสระอื่น ๆ คงที่

ประเภทการเช่า (X_6) คือ ประเภทการเช่าที่ไม่ใช่งานปกติ (1) จะทำให้ราคาที่สองของค่าเช่าเครื่องจักรลดลง 1,127.55 บาท เมื่อตัวแปรอิสระอื่น ๆ คงที่

รูปแบบการเช่า (X_8) คือ รูปแบบการเช่าที่ไม่ใช่รายเดือน (1) จะทำให้ราคาที่สองของค่าเช่าเครื่องจักรลดลง 1,417.39 บาท เมื่อตัวแปรอิสระอื่น ๆ คงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าเช่ายานพาหนะ งานเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกล กรมทางหลวง

4.2.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ปัจจัย

ตัวแปรอิสระที่นำมาศึกษามีทั้งหมด 16 ตัว เป็นตัวแปรเชิงปริมาณ 12 ตัว และเชิงคุณภาพ 4 ตัว แต่เนื่องจากตัวแปรอิสระเชิงปริมาณมีเป็นจำนวนมากและตัวแปรอิสระเชิงปริมาณดังกล่าวอาจมีความสัมพันธ์กันจึงใช้การวิเคราะห์ปัจจัยเพื่อรวมกลุ่มตัวแปรอิสระเชิงปริมาณที่มีความสัมพันธ์กันไว้ด้วยกันซึ่งเป็นการแก้ปัญหาตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กัน แต่ตัวแปรอิสระ X_2, X_3, X_6 และ X_8 เป็นตัวแปรเชิงคุณภาพจึงไม่นำมาวิเคราะห์ปัจจัย เนื่องจากตัวแปรอิสระมีหน่วยที่แตกต่างกันจึงทำการแปลงข้อมูลตัวแปรอิสระให้อยู่ในรูปคะแนนมาตรฐาน นั่นคือ $Z_1, Z_4, Z_5, Z_7, Z_9, Z_{10}, Z_{11}, Z_{12}, Z_{13}, Z_{14}, Z_{15}$ และ Z_{16} เพื่อให้มีหน่วยเดียวกันก่อนทำการวิเคราะห์ปัจจัยต่อไป

4.2.1.1 นำตัวแปรอิสระเชิงปริมาณจำนวน 12 ตัว ได้แก่ $Z_1, Z_4, Z_5, Z_7, Z_9, Z_{10}, Z_{11}, Z_{12}, Z_{13}, Z_{14}, Z_{15}$ และ Z_{16} ไปทำการตรวจสอบความเหมาะสมด้วยค่า KMO ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.767 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.5 แสดงว่าข้อมูลมีความเหมาะสมที่จะทำการวิเคราะห์ปัจจัยได้

4.2.1.2 สกัดปัจจัยใช้วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก

ตารางที่ 4.9 ค่าน้ำหนักปัจจัย เมื่อยังไม่มีหมุนแกนของตัวแปรอิสระเชิงปริมาณจำนวน 12 ตัว ของค่าเช่ายานพาหนะ

ตัวแปร	Component			
	1	2	3	4
Z_1	.913	.035	.207	-.002
Z_4	.907	-.110	.060	.041
Z_5	.943	.001	.083	-.061
Z_7	.217	.694	-.040	.367
Z_9	.859	-.115	-.299	-.227
Z_{10}	-.349	-.734	.125	.041
Z_{11}	.670	-.088	-.516	-.144
Z_{12}	.487	-.160	.245	.396
Z_{13}	.006	.723	.435	.033
Z_{14}	-.071	.420	-.555	.261
Z_{15}	.215	-.446	.083	.701
Z_{16}	.278	.060	.555	-.277

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 (ต่อ) ค่า Factor Loading เมื่อยังไม่มีหมุนแกนของตัวแปรอิสระเชิงปริมาณจำนวน 12 ตัว ของค่าเช่ายานพาหนะ

ตัวแปร	Component			
	1	2	3	4
Eigenvalues	4.269	1.982	1.298	1.008
% of Variance	35.575	16.513	10.818	8.403
Cumulative% of variance	35.575	52.088	62.907	71.310

จากตารางที่ 4.9 พบว่าการสกัดปัจจัยใช้วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก ได้ปัจจัยร่วม 4 ปัจจัย แต่การจัดกลุ่มตัวแปรอิสระในแต่ละปัจจัยร่วมทำได้ยาก เนื่องจากค่าน้ำหนักปัจจัยของตัวแปรอิสระในปัจจัยร่วมแต่ละปัจจัยไม่ชัดเจนจึงต้องทำการหมุนแกน

4.2.1.3 หมุนแกนปัจจัยร่วมให้ตั้งฉากกันด้วยวิธีแมกซ์ปรากกว่าได้ปัจจัยร่วม 4 ปัจจัย ที่สามารถจัดกลุ่มตัวแปรอิสระเชิงปริมาณในแต่ละปัจจัยร่วมได้ง่ายขึ้นซึ่งสามารถอธิบายความแปรผันได้ 71.310% ดังแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ค่าน้ำหนักปัจจัยเมื่อทำการหมุนแกนปัจจัยของตัวแปรอิสระเชิงปริมาณจำนวน 12 ตัว ของค่าเช่ายานพาหนะ

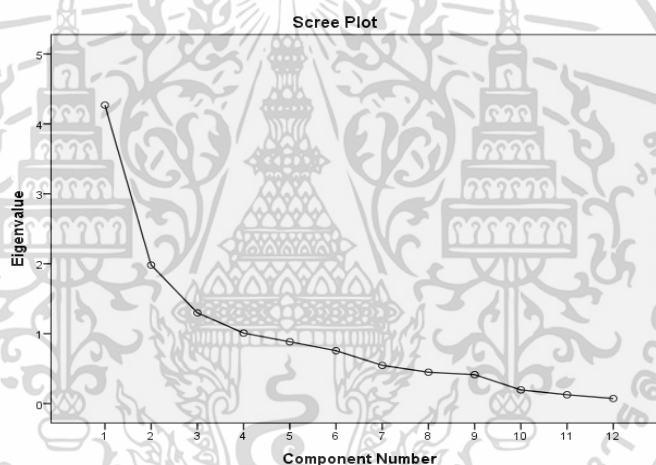
ตัวแปร	Component			
	1	2	3	4
Z_1	0.777	0.24	0.298	0.359
Z_4	0.816	0.092	0.341	0.22
Z_5	0.858	-0.18	0.233	0.278
Z_7	0.073	0.778	0.133	-0.193
Z_9	0.943	-0.045	0.001	-0.008
Z_{10}	-0.312	-0.725	0.217	0.091
Z_{11}	0.814	-0.068	-0.05	-0.274
Z_{12}	0.295	0.082	0.596	0.174
Z_{13}	-0.19	0.752	-0.091	0.32
Z_{14}	0.009	0.36	-0.089	-0.648
Z_{15}	0.045	-0.186	0.832	-0.117
Z_{16}	0.149	0.125	-0.027	0.654

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 (ต่อ) คำนวณน้ำหนักปัจจัยเมื่อทำการหมุนแกนปัจจัยของตัวแปรอิสระเชิงปริมาณจำนวน 12 ตัว ของค่าเช่ายานพาหนะ

ตัวแปร	Component			
	1	2	3	4
eigenvalue	3.808	1.989	1.392	1.368
% of variance	31.730	16.576	11.601	11.402
cumulative % of variance	31.730	48.306	59.908	71.310

4.2.1.4 กำหนดจำนวนปัจจัยร่วมที่เหมาะสม โดยพิจารณาค่าไอเกนที่มากกว่า 1 ดังแสดงในตารางที่ 4.10 และพิจารณารูปที่ 4.5 Scree Plot พบว่าปัจจัยร่วมที่เหมาะสมเท่ากับ 4 ปัจจัย



รูปที่ 4.5 Scree Plot ของค่าเช่ายานพาหนะ

ตารางที่ 4.11 ค่าคะแนนปัจจัยเมื่อทำการหมุนแกนปัจจัยของตัวแปรอิสระเชิงปริมาณจำนวน 12 ตัวของค่าเช่ายานพาหนะ

ตัวแปร	Factor Score			
	1	2	3	4
Z_1	0.1481	0.0814	0.0960	0.1836
Z_4	0.1766	0.0066	0.1254	0.0708
Z_5	0.1984	0.0374	0.0271	0.1230
Z_7	-0.0558	0.4247	0.2008	-0.1866

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 (ต่อ) ค่าคะแนนปัจจัยเมื่อทำการหมุนแกนปัจจัยของตัวแปรอิสระเชิงปริมาณจำนวน 12 ตัวของค่าเช่ายานพาหนะ

ตัวแปร	Factor Score			
	1	2	3	4
Z_9	0.3117	-0.1074	-0.1812	-0.0773
Z_{10}	-0.0849	-0.3377	0.1618	0.0861
Z_{11}	0.3015	-0.1080	-0.1737	-0.2692
Z_{12}	-0.0369	0.0743	0.4476	0.0469
Z_{13}	-0.1359	0.4010	-0.0007	0.2592
Z_{14}	0.0370	0.1951	0.0286	-0.5047
Z_{15}	-0.1170	-0.0159	0.7024	-0.1813
Z_{16}	-0.0074	0.0367	-0.1096	0.5001

4.2.1.5 การกำหนดความหมายของปัจจัยร่วม

ปัจจัยร่วมที่ 1 (F_1) คือ ค่าใช้จ่ายของยานพาหนะ สามารถอธิบายความแปรผันของตัวแปรได้ร้อยละ 31.730 ประกอบด้วยตัวแปร 5 ตัว ได้แก่

1. ค่าใช้จ่ายทางตรง (X_1)
2. ค่าซ่อมบำรุง (X_4)
3. ค่าบริการหล้อลื่น (X_5)
4. จำนวนชั่วโมงทำงาน (X_9)
5. จำนวนน้ำมันเชื้อเพลิง (X_{11})

ปัจจัยร่วมที่ 2 (F_2) คือ มูลค่าของยานพาหนะสามารถอธิบายความแปรผันของตัวแปรได้ร้อยละ 16.576 ประกอบด้วยตัวแปร 3 ตัว ได้แก่

1. ค่าเสื่อม (X_7)
2. อายุการใช้งาน (X_{10})
3. ราคาได้มา (X_{13})

ปัจจัยร่วมที่ 3 (F_3) คือ อายุการใช้งานยานพาหนะสามารถอธิบายความแปรผันของตัวแปรได้ร้อยละ 11.601 ประกอบด้วยตัวแปร 2 ตัว ได้แก่

1. ระยะเวลาเช่า (X_{12})
2. มูลค่าการจำหน่ายยานพาหนะ (X_{15})

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัยร่วมที่ 4 (F_4) คือ ค่าใช้จ่ายในการทวงค่าเช่า สามารถอธิบายความแปรผันของตัวแปรได้ร้อยละ 11.402 ประกอบด้วยตัวแปร 2 ตัว ได้แก่

1. จำนวนวันที่ทวงค่าเช่า (X_{14})
2. ค่าใช้จ่ายทางอ้อม (X_{16})

4.2.1.6 ค่าของปัจจัยร่วม หรือค่าคะแนนปัจจัยคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$F_1 = 0.1481Z_1 + 0.1766Z_4 + 0.1984Z_5 - 0.0558Z_7 + 0.3117Z_9 - 0.0849Z_{10} + 0.3015Z_{11} - 0.0369Z_{12} - 0.1359Z_{13} + 0.0370Z_{14} - 0.1170Z_{15} - 0.0074Z_{16}$$

$$F_2 = 0.0814Z_1 + 0.0066Z_4 + 0.0374Z_5 + 0.4247Z_7 - 0.1074Z_9 - 0.3377Z_{10} - 0.1080Z_{11} + 0.0743Z_{12} + 0.4010Z_{13} + 0.1951Z_{14} - 0.0159Z_{15} + 0.0367Z_{16}$$

$$F_3 = 0.0960Z_1 + 0.1254Z_4 + 0.0271Z_5 + 0.2008Z_7 - 0.1812Z_9 + 0.1618Z_{10} - 0.1737Z_{11} + 0.4476Z_{12} - 0.0007Z_{13} + 0.0286Z_{14} + 0.7024Z_{15} - 0.1096Z_{16}$$

$$F_4 = 0.1836Z_1 + 0.0708Z_4 + 0.1230Z_5 - 0.1866Z_7 - 0.0773Z_9 + 0.0861Z_{10} - 0.2692Z_{11} + 0.0469Z_{12} + 0.2592Z_{13} - 0.5047Z_{14} - 0.1813Z_{15} + 0.5001Z_{16}$$

(ดังรายละเอียดในตารางที่ 4.11)

4.2.2 ผลการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ

นำคะแนนปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ปัจจัยในข้อ 4.2.1.6 มาวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าเช่ายานพาหนะ งานเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกล กรมทางหลวง โดยการคัดเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการถดถอย ด้วยวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน

4.2.2.1 ตรวจสอบการแจกแจงของค่าเช่ายานพาหนะ งานเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกล กรมทางหลวง (Y_2) ว่ามีการแจกแจงปกติหรือไม่ โดยใช้การทดสอบของ Kolmogorov-Smirnov ได้ผลดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ผลการทดสอบการแจกแจงปกติของค่าเช่ายานพาหนะ งานเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกล กรมทางหลวง (Y_2) ด้วยวิธีของ Kolmogorov–Smirnov

	Kolmogorov–Smirnov		
	Statistic	df	p-value
Y_2	.290	505	.000

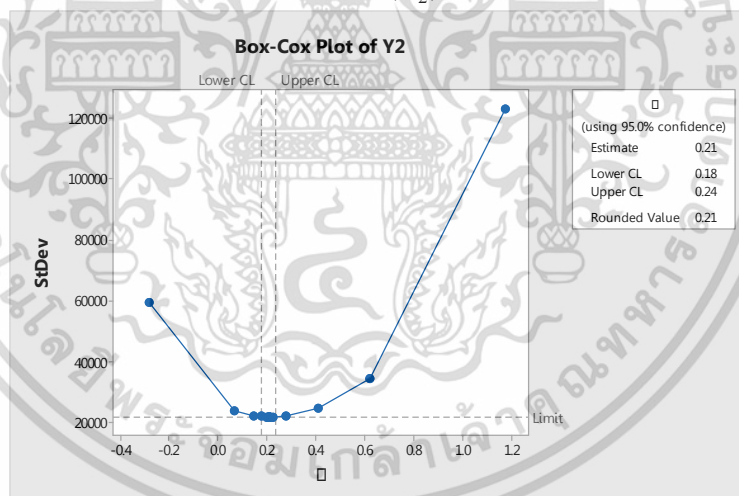
สมมติฐาน

H_0 : Y_2 มีการแจกแจงปกติ

H_1 : Y_2 ไม่มีการแจกแจงปกติ

สถิติทดสอบ $D = \text{Max} |F(Z_i) - S(Z_i)| = 0.290$

และ p-value = 0.000 มีค่าน้อยกว่า $\alpha = 0.05$ แสดงว่าปฏิเสธสมมติฐานหลัก นั่นคือค่าเช่ายานพาหนะงานเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกล กรมทางหลวง (Y_2) ไม่มีการแจกแจงปกติ



รูปที่ 4.6 ผลการแปลงค่าเช่ายานพาหนะ งานเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกล กรมทางหลวง (Y_2) ด้วยวิธี Box-Cox

จึงทำการแปลงค่าเช่า Y_2 ด้วยวิธี Box-Cox ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.6 ซึ่งได้ค่า $\lambda = 0.21$ ซึ่งประมาณค่า $\lambda = 0.0$ ดังนั้นจึงแปลงค่าตัวแปรตามค่าเช่ายานพาหนะ Y_2 เป็น $\ln(Y_2)$ แต่ $\ln(Y_2)$ นั้นไม่มีการแจกแบบปกติจึงแปลงค่าตัวแปรตาม Y_2 เป็น $\sqrt{Y_2}$ ซึ่งมีการแจกแจงปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.2 การหาสมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณตัวแปรตามได้แก่รากที่สองของค่าเข้า ยานพาหนะ เงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกลกรมทางหลวง ($\sqrt{Y_2}$) ที่แปลงเป็นค่ามาตรฐานแล้ว ($Z_{\sqrt{Y_2}}$) แต่เมื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม $Z_{\sqrt{Y_2}}$ โดยใช้แผนภาพการกระจาย(Scatter Plot) แล้วพบว่า F_1 มีความสัมพันธ์กับ $Z_{\sqrt{Y_2}}$ เป็นเส้นโค้งจึงเพิ่มตัวแปรอิสระ F_1^2 ดังนั้น ตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ คือ

$$Z_{\sqrt{Y_2}} = \beta_0 + \beta_1 F_1 + \beta_2 F_2 + \beta_3 F_3 + \beta_4 F_4 + \beta_5 X_2 + \beta_6 X_3 + \beta_7 X_6 + \beta_8 X_8 + \beta_9 F_1^2 + \varepsilon$$

โดยที่
$$Z_{\sqrt{Y_2}} = \frac{\sqrt{Y_2} - \overline{\sqrt{Y_2}}}{S(\sqrt{Y_2})}$$

เนื่องจากตัวแปรอิสระมีจำนวนมาก ดังนั้นจึงต้องเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบ ขั้นตอนได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ผลการเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนของ $Z_{\sqrt{Y_2}}$

ตัวแปร	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients (Beta)	t	p-value	Collinearity Statistics (VIF)
	B	Std. Error				
Constant	1.208	.071		17.026	.000	
F_1	.619	.075	.619	8.230	.000	8.393
F_1^2	-.134	.023	-.382	-5.937	.000	6.151
X_2	-.641	.054	-.320	-11.783	.000	1.098
X_3	-.486	.057	-.241	-8.453	.000	1.207
X_6	-.518	.059	-.259	-8.749	.000	1.305
X_8	-.568	.065	-.281	-8.725	.000	1.543

ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยทดสอบว่าตัวแปรอิสระมีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ $Z_{\sqrt{Y_2}}$ จากตัวแปรอิสระ 6 ตัวแปร

Sov	df	Sum of Squares	Mean Square	F	p-value
Regression	6	334.945	55.824	164.446	.000
Residual	498	169.055	.339		
Total	504	504.000			

สมมติฐานคือ

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_6 \text{ สำหรับ } i = 1, 2, \dots, 6$$

$$H_1 : \beta_i \neq 0 \text{ สำหรับ } i = 1, 2, \dots, 6 \text{ อย่างน้อย 1 ค่า}$$

สถิติทดสอบคือ

$$F = \frac{MSR}{MSE} = 164.446$$

และ p-value = 0.000 มีน้อยกว่า $\alpha = 0.05$ แสดงว่าปฏิเสธสมมติฐานหลัก นั่นคือ มีค่า β_i อย่างน้อย 1 ตัว ที่แตกต่างจากศูนย์ หมายความว่า มีตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัว ที่มีส่วนในการอธิบายความแปรผันของตัวแปรตาม $Z_{\sqrt{Y_2}}$ จึงต้องทำการทดสอบต่อไปว่า ตัวแปรอิสระตัวใดมีส่วนในการอธิบายความแปรผันของตัวแปรตาม $Z_{\sqrt{Y_2}}$ โดยใช้การทดสอบ t-test

สมมติฐานคือ

$$H_0 : \beta_i = 0 \text{ สำหรับ } i = 1, 2, \dots, 6$$

$$H_1 : \beta_i \neq 0 \text{ สำหรับ } i = 1, 2, \dots, 6$$

สถิติทดสอบคือ

$$t = \frac{b_i}{S_{b_i}}$$

จากตารางที่ 4.13 พบว่า ตัวแปรอิสระทุกตัว มีค่า p-value เท่ากับ 0.00 ซึ่งน้อยกว่า $\alpha = 0.05$ แสดงว่าปฏิเสธสมมติฐานหลัก นั่นคือเมื่อเพิ่มตัวแปรอิสระแต่ละตัวในตัวแบบการถดถอยเป็นตัวสุดท้ายแล้วพบว่าตัวแปรอิสระแต่ละตัวมีส่วนในการอธิบายความแปรผันของตัวแปรตาม $Z_{\sqrt{Y_2}}$ เมื่อมีตัวแปรอิสระอื่นๆ อยู่ในตัวแบบการถดถอยแล้ว ซึ่งได้สมการถดถอยได้สมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ ดังนี้

$$\hat{Z}_{\sqrt{Y_2}} = 1.208 + 0.619F_1 - 0.641X_2 - 0.486X_3 - 0.518X_6 - 0.568X_8 - 0.134F_1^2$$

โดยมีค่า $R^2 = 0.965$ แต่เมื่อตรวจสอบความเป็นอิสระกันของค่าความคลาดเคลื่อนด้วยการทดสอบ Durbin-Watson ปรากฏว่าได้ $DW = 0.779$ ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 1.5 แสดงว่าความคลาดเคลื่อนไม่เป็น

อิสระกัน จึงทำการเพิ่มตัวแปรอิสระค่าเช่ายานพาหนะเดือนก่อนหน้า ($Z_{\sqrt{Y_{t-1}}}$) เพื่อแก้ไขปัญหาความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระกันดังแสดงในตารางที่ 4.15 แต่เนื่องจาก $Z_{\sqrt{Y_{t-1}}}$ มีความสัมพันธ์กับ $Z_{\sqrt{Y_t}}$ เป็นเส้นโค้งจึงเพิ่มตัวแปรอิสระ $Z^2_{\sqrt{Y_{t-1}}}$ ด้วยด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดโดยการเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ผลการเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนของ $Z_{\sqrt{Y_t}}$ เพิ่มตัวแปรค่าเช่ายานพาหนะเดือนก่อนหน้า ($Z_{\sqrt{Y_{t-1}}}$) เพื่อแก้ไขปัญหาความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระกันของ $Z_{\sqrt{Y_t}}$

ตัวแปร	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients (Beta)	t	p-value	Collinearity Statistics (VIF)
	B	Std. Error				
Constant	0.3913	.019		19.26	.000	
F_1	0.1235	.023	.115	5.14	.000	10.93
X_2	-0.1383	.015	-.067	-9.00	.000	1.15
X_3	-0.0841	.017	-.038	-4.79	.000	1.5
X_6	-0.0641	.016	-.026	-3.71	.002	1.43
X_8	-0.1558	.017	-.081	-8.64	.000	1.55
$Z_{\sqrt{Y_{t-1}}}$	1.2749	.025	1.314	48.82	.000	12.6
$Z^2_{\sqrt{Y_{t-1}}}$	-0.1292	.005	-.453	-22.59	.000	6.35
F^2_1	-0.0596	.006	-.166	-9.28	.000	6.41

ซึ่งได้สมการถดถอยได้สมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ ดังนี้

$$\hat{Z}_{\sqrt{Y_t}} = 0.3913 + 0.1235F_1 - 0.1383X_2 - 0.0841X_3 - 0.0641X_6 - 0.1558X_8 + 1.2749Z_{\sqrt{Y_{t-1}}} - 0.1292Z^2_{\sqrt{Y_{t-1}}} - 0.0596F^2_1$$

โดยมีค่า $R^2 = 0.9734$ แต่เมื่อตรวจสอบความเป็นอิสระกันของความคลาดเคลื่อนด้วยวิธีการทดสอบ Durbin-Watson อีกครั้งปรากฏว่าได้ $DW = 1.12632$ ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 1.5 จึงทำการแปลงข้อมูลเพื่อแก้ไขปัญหาความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระด้วยวิธี Cochrane-Orcutt ด้วยค่า $\hat{\rho} = 0.436$ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\hat{Z}'_{\sqrt{Y_2}} = \hat{Z}_{\sqrt{Y_2}} - \hat{\rho}\hat{Z}_{\sqrt{Y_2}}$$

$$F'_{i,t} = F_{i,t} - \hat{\rho}F_{i,t-1}$$

$$X'_{m,t} = X_{m,t} - \hat{\rho}X_{m,t-1}$$

$$Z'_t = Z_t - \hat{\rho}Z'_{t-1}$$

เมื่อแปลงตัวแปรตามโดยสูตรดังกล่าวโดยค่า $\hat{\rho} = 0.436$ แล้วด้วยวิธีการเลือกตัวแปรอิสระโดยวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนดังแสดงในตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ผลการเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนของ $Z_{\sqrt{Y_2}}$ เมื่อทำการแปลงข้อมูลเพื่อแก้ไขปัญหาความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระด้วยวิธี Cochrane-Orcutt ของ $Z_{\sqrt{Y_2}}$

ตัวแปร	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients (Beta)	t	p-value	Collinearity Statistics (VIF)
	B	Std. Error				
Constant	.20839	.009		24.219	.000	
F'_1	-.0264	.012	-.031	-2.114	.035	5.460
X'_2	-.07835	.007	-.080	-11.990	.000	1.098
X'_3	-.02882	.008	-.029	-3.780	.000	1.493
X'_6	-.02412	.007	-.024	-3.217	.001	1.399
X'_8	-.08497	.008	-.085	-11.287	.000	1.410
$Z'_{\sqrt{Y_{t-1}}}$	1.4813	.024	1.498	60.550	.000	15.253
$Z^{2'}_{\sqrt{Y_{t-1}}}$	-.1600	.005	-.573	-34.351	.000	6.940
$F^{2'}_1$	-.03729	.003	-.128	-10.911	.000	3.416

จะได้สมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ ดังนี้

$$\hat{Z}'_{\sqrt{Y_2}} = 0.20839 - 0.07835 X'_2 - 0.02882 X'_3 - 0.02412 X'_6 - 0.08497 X'_8 - 0.0264 F'_1 + 1.4813 Z'_{\sqrt{Y_{t-1}}} - 0.16000 Z^{2'}_{\sqrt{Y_{t-1}}} - 0.03729 F^{2'}_1$$

โดยมีค่า $R^2 = 0.9829$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.3 การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์การถดถอย

ทำการตรวจสอบโดยใช้ค่าเศษเหลือ $e = Z'_{\sqrt{Y_2}} - \hat{Z}'_{\sqrt{Y_2}}$ ซึ่งเป็นค่าประมาณของค่าความคลาดเคลื่อน (ε)

1) ตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนแต่ละตัวเป็นอิสระกันด้วยการทดสอบ Durbin-Watson สมมติฐาน

H_0 : ค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

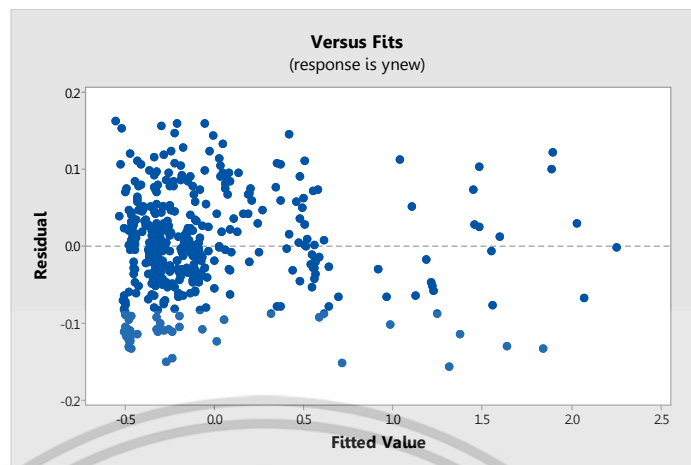
H_1 : ค่าความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระกัน

สถิติทดสอบ $DW = \frac{\sum_{i=2}^n (e_i - e_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^n e_i^2} = 1.56$

ซึ่งมีค่าผลการทดสอบ Durbin-Watson ใหม่เป็น 1.56 ซึ่งมีความมากกว่า 1.5 จึงถือว่าค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

2) ตรวจสอบความเป็นอิสระกันของตัวแปรอิสระทุกตัว โดยใช้ค่า VIF ทดสอบ จากตารางที่ 4.16 พบว่าตัวแปรอิสระส่วนใหญ่มีค่า VIF < 10 มีเพียงตัวแปรอิสระ $Z'_{\sqrt{Y_{i-1}}}$ ที่มีค่า VIF > 10 แต่ไม่มาก เนื่องจาก $Z'_{\sqrt{Y_{i-1}}}$ และ $Z^2'_{\sqrt{Y_{i-1}}}$ มีความสัมพันธ์กันจึงถือว่าตัวแปรอิสระเป็นอิสระกัน

3) ตรวจสอบความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนคงที่ โดยการพล็อตกราฟระหว่างค่าเศษเหลือ (e_i) กับค่าพยากรณ์ของตัวแปรตาม ($\hat{Z}'_{\sqrt{Y_2}}$) จากรูปที่ 4.7 จะเห็นว่าค่าเศษเหลือ (e_i) กระจายอยู่เท่า ๆ กัน บนด้านบวกและด้านล่างรอบค่า 0 อย่างสุ่มและขนานตามแกนนอน แสดงว่ามีความแปรปรวนคงที่



รูปที่ 4.7 ผลการตรวจสอบความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนของ $\hat{Z}_{\sqrt{Y_2}}$

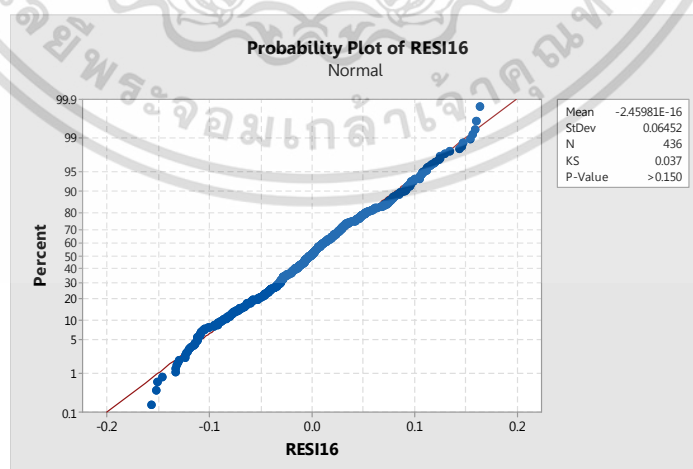
4) ตรวจสอบการแจกแจงปกติของค่าความคลาดเคลื่อนโดยการพล็อตกราฟ Normal Probability Plot ดังรูปที่ 4.8 และทดสอบการแจกแจงปกติของค่าความคลาดเคลื่อนด้วยการทดสอบของ Kolmogorov-Smirnov ของค่าเศษเหลือ สมมติฐาน

H_0 : ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

H_1 : ค่าความคลาดเคลื่อนไม่มีการแจกแจงปกติ

สถิติทดสอบ $D = \text{Max} |F(Z_i) - S(Z_i)| = 0.037$

และได้ค่า p-value มากกว่า 0.15 ซึ่งมากกว่า $\alpha = 0.01$ พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ



รูปที่ 4.8 ผลการตรวจสอบการแจกแจงปกติของค่าความคลาดเคลื่อนของ $\hat{Z}_{\sqrt{Y_2}}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นได้ว่าสมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณได้ผ่านข้อตกลงเบื้องต้นทุกข้อแล้ว ดังนั้นสมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณคือ

$$\hat{Z}'_{\sqrt{Y_2}} = 0.20839 - 0.07835 X'_2 - 0.02882 X'_3 - 0.02412 X'_6 - 0.08497 X'_8 - 0.0264 F'_1 + 1.4813 Z'_{\sqrt{Y_{t-1}}} - 0.16000 Z'^2_{\sqrt{Y_{t-1}}} - 0.03729 F'^2_1$$

โดยมีค่า $R^2 = 0.9829$

และเพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้พยากรณ์จะแปลงสมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณให้อยู่ในรูป \hat{Y}_2 จึงทำการแปลงสมการ

$$\hat{Z}'_{\sqrt{Y_2}} = 0.20839 - 0.07835 X'_2 - 0.02882 X'_3 - 0.02412 X'_6 - 0.08497 X'_8 - 0.0264 F'_1 + 1.4813 Z'_{\sqrt{Y_{t-1}}} - 0.16000 Z'^2_{\sqrt{Y_{t-1}}} - 0.03729 F'^2_1$$

กลับเป็นสมการ

$$\hat{Z}_{\sqrt{Y_2}} = 0.3695 - 0.07835 X_2 - 0.02882 X_3 - 0.02412 X_6 - 0.08497 X_8 - 0.0264 F_1 + 1.4813 Z_{\sqrt{Y_{t-1}}} - 0.16000 Z^2_{\sqrt{Y_{t-1}}} - 0.03729 F^2_1$$

แปลงค่า $\hat{Z}_{\sqrt{Y_2}}$ กลับเป็น $\sqrt{\hat{Y}_2}$

$$\sqrt{\hat{Y}_2} = 2,149.57 - 571.32 X_2 - 1,683.25 X_3 - 1,676.82 X_6 - 1,760.11 X_8 - 1,679.94 F_1 + 3,671.46 Z_{\sqrt{Y_{t-1}}} - 1,862.82 Z^2_{\sqrt{Y_{t-1}}} - 1,694.85 F^2_1$$

และแปลงค่า $\sqrt{\hat{Y}_2}$ กลับเป็น \hat{Y}_2

$$\hat{Y}_2 = (2,149.57 - 571.32 X_2 - 1,683.25 X_3 - 1,676.82 X_6 - 1,760.11 X_8 - 1,679.94 F_1 + 3,671.46 Z_{\sqrt{Y_{t-1}}} - 1,862.82 Z^2_{\sqrt{Y_{t-1}}} - 1,694.85 F^2_1)^2$$

ซึ่งอธิบายได้ว่า

ปัจจัยร่วมที่ 1 (F_1) คือ ค่าใช้จ่ายตามปริมาณงานของยานพาหนะเพิ่มขึ้น 1 หน่วย จะทำให้ราคาสองของค่าเช่ายานพาหนะลดลง 1,679.94 บาท เมื่อตัวแปรอิสระอื่น ๆ คงที่ และค่าใช้จ่ายตามปริมาณงานของยานพาหนะยกกำลังสอง (F^2_1) เพิ่มขึ้น 1 หน่วยจะทำให้ราคาสองของค่าเช่ายานพาหนะลดลง 1694.85 บาท เมื่อตัวแปรอิสระอื่น ๆ คงที่

ค่าเช่ายานพาหนะเดือนก่อนหน้า ($Z_{\sqrt{Y_{t-1}}}$) คือ ค่าเช่ายานพาหนะเดือนก่อนหน้าเพิ่มขึ้น 1 หน่วย จะทำให้ราคาสองของค่าเช่ายานพาหนะเพิ่มขึ้น 3,671.46 บาท เมื่อตัวแปรอิสระอื่น ๆ คงที่ และค่าเช่า

ยานพาหนะเดือนก่อนหน้ายกกำลังสอง ($Z^2 \sqrt{X_{t-1}}$) เพิ่มขึ้น 1 หน่วย จะทำให้ราคที่สองของค่าเช่ายานพาหนะลดลง 1,862.82 บาท เมื่อตัวแปรอิสระอื่น ๆ คงที่

อายุมาตรฐาน (X_2) คือ ยานพาหนะไม่อยู่ในอายุมาตรฐาน (1) จะทำให้ราคที่สองของค่าเช่ายานพาหนะลดลง 571.32 บาท เมื่อตัวแปรอิสระอื่น ๆ คงที่

ประเภทงาน (X_3) คือ ยานพาหนะที่ไม่ใช่ของงานบำรุง (1) จะทำให้ราคที่สองของค่าเช่ายานพาหนะลดลง 1,683.25 บาท เมื่อตัวแปรอิสระอื่น ๆ คงที่

ประเภทการเช่า (X_6) คือ ประเภทการเช่าที่ไม่ใช่งานปกติ (1) จะทำให้ราคที่สองของค่าเช่ายานพาหนะลดลง 1,676.82 บาท เมื่อตัวแปรอิสระอื่น ๆ คงที่

รูปแบบการเช่า (X_8) คือ รูปแบบการเช่าที่ไม่ใช่รายเดือน (1) จะทำให้ราคที่สองของค่าเช่ายานพาหนะลดลง 1,760.11 บาท เมื่อตัวแปรอิสระอื่น ๆ คงที่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าเช่าเครื่องจักรและยานพาหนะ งานเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกลกรรมทางหลวงโดยข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็นข้อมูลทุติยภูมิจาก งานเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกลกรรมทางหลวง ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2554 ถึงกันยายน 2557 ตัวแปรอิสระที่ใช้ทั้งหมดมี 16 ตัว ในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณด้วยวิธีการคัดเลือกตัวแปรอิสระแบบเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนเนื่องจากตัวแปรอิสระที่มีจำนวนมาก และตัวแปรอิสระบางตัวอาจมีความสัมพันธ์กัน จึงใช้การวิเคราะห์ปัจจัยด้วยวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบหลักมาช่วยในการจับกลุ่มตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กันและใช้การหมุนแกนปัจจัยร่วมเพื่อให้ตั้งฉากกันด้วยวิธีวาริแมกซ์ สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้ดังนี้

5.1.1 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าเช่าเครื่องจักร งานเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกล กรรมทางหลวง

การวิเคราะห์ปัจจัยมีตัวแปรอิสระที่นำมาศึกษามีทั้งหมด 16 ตัว เป็นตัวแปรเชิงปริมาณ 12 ตัว และเชิงคุณภาพ 4 ตัว แต่เนื่องจากตัวแปรอิสระเชิงปริมาณมีเป็นจำนวนมากและตัวแปรอิสระเชิงปริมาณดังกล่าวอาจมีความสัมพันธ์กันจึงใช้การวิเคราะห์ปัจจัยเพื่อรวมกลุ่มตัวแปรอิสระเชิงปริมาณที่มีความสัมพันธ์กันไว้ด้วยกันซึ่งเป็นการแก้ปัญหาตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กัน แต่ตัวแปรอิสระ X_2, X_3, X_6 และ X_8 เป็นตัวแปรอิสระเชิงคุณภาพจึงไม่นำมาวิเคราะห์ปัจจัย เนื่องจากตัวแปรอิสระเชิงปริมาณที่จะนำมาใช้วิเคราะห์ปัจจัยมีหน่วยที่แตกต่างกันจึงทำการแปลงข้อมูลตัวแปรอิสระให้อยู่ในรูปคะแนนมาตรฐาน (Standardized Score :Z) นั่นคือ $Z_1, Z_4, Z_5, Z_7, Z_9, Z_{10}, Z_{11}, Z_{12}, Z_{13}, Z_{14}, Z_{15}$ และ Z_{16} เพื่อให้มีหน่วยเดียวกันก่อนทำการวิเคราะห์ปัจจัยต่อไป

นำตัวแปรอิสระเชิงปริมาณจำนวน 12 ตัวตรวจสอบความเหมาะสมด้วยค่า KMO ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.773 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.5 แสดงว่าข้อมูลมีความเหมาะสมที่จะทำการวิเคราะห์ปัจจัยได้ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ปัจจัย พบว่าตัวแปรอิสระเชิงปริมาณจำนวน 12 ตัว สามารถจัดกลุ่มเป็นปัจจัยร่วมได้ทั้งหมด 4 ปัจจัยร่วม และสามารถอธิบายความแปรผันได้ 69.242%

นำปัจจัยร่วมทั้ง 4 ปัจจัย และตัวแปรอิสระเชิงคุณภาพที่ไม่ได้นำเข้าการวิเคราะห์ปัจจัย 4 ตัว ไปวิเคราะห์เพื่อหาตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณของค่าเช่าเครื่องจักร งานเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกล กรรมทางหลวง (Y_1) โดยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณด้วยวิธีคัดเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน แต่เนื่องจากตัวแปรตาม Y_1 ไม่มีการแจกแจงปกติจึงต้องแปลง

ข้อมูลตัวแปรตาม Y_1 โดยใช้วิธี Box-Cox ได้ผลคือแปลงเป็น $\sqrt{Y_1}$ และแปลงเป็นค่ามาตรฐานได้สมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ คือ

$$\hat{Z}_{\sqrt{Y_1}} = 0.492 - 0.189F_2 - 0.042F_3 + 0.352X_2 - 0.293X_6 - 1.87X_8$$

โดยมีค่า $R^2 = 0.91$

แต่เนื่องจากเมื่อตรวจสอบความเป็นอิสระกันของความคลาดเคลื่อนปรากฏว่าความคลาดเคลื่อนมีความสัมพันธ์กันจึงแก้ปัญหาด้วยการเพิ่มเทอม $\sqrt{Y_{t-1}}$ และแปลงตัวแปรทุกตัวด้วยวิธีCochrane-Orcutt โดยใช้ค่า $\hat{\rho} = 0.3597$ ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดโดยการเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน ได้สมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ คือ

$$\hat{Z}'_{\sqrt{Y_1}} = 0.0790 + 0.2997X'_2 - 0.2227X'_6 - 0.6747X'_8 - 0.1079F'_2 - 0.02687F'_3 + 0.3680Z'_{\sqrt{Y_{t-1}}}$$

โดยมีค่า $R^2 = 0.9567$

5.1.2 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าเช่ายานพาหนะ งานเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกล กรมทางหลวง

การวิเคราะห์ปัจจัยมีตัวแปรอิสระที่นำมาศึกษา 16 ตัว เป็นตัวแปรเชิงปริมาณ 12 ตัว และเชิงคุณภาพ 4 ตัว แต่เนื่องจากตัวแปรอิสระเชิงปริมาณมีเป็นจำนวนมากและตัวแปรอิสระเชิงปริมาณดังกล่าวอาจมีความสัมพันธ์กันจึงใช้การวิเคราะห์ปัจจัยเพื่อรวมกลุ่มตัวแปรอิสระเชิงปริมาณที่มีความสัมพันธ์กันไว้ด้วยกันซึ่งเป็นการแก้ปัญหาตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กัน แต่ตัวแปรอิสระ X_2, X_3, X_6 และ X_8 เป็นตัวแปรเชิงคุณภาพจึงไม่นำมาวิเคราะห์ปัจจัย เนื่องจากตัวแปรอิสระเชิงปริมาณที่จะนำมาวิเคราะห์ปัจจัยมีหน่วยที่แตกต่างกันจึงทำการแปลงข้อมูลตัวแปรอิสระให้อยู่ในรูปคะแนนมาตรฐาน (Standardized Score :Z) นั่นคือ $Z_1, Z_4, Z_5, Z_7, Z_9, Z_{10}, Z_{11}, Z_{12}, Z_{13}, Z_{14}, Z_{15}$ และ Z_{16} เพื่อให้มีหน่วยเดียวกันก่อนทำการวิเคราะห์ปัจจัยต่อไปนำตัวแปรอิสระเชิงปริมาณจำนวน 12 ตัว ตรวจสอบความเหมาะสมด้วยค่า KMO ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.767 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.5 แสดงว่าข้อมูลมีความเหมาะสมที่จะทำการวิเคราะห์ปัจจัยได้ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ปัจจัย พบว่าตัวแปรอิสระเชิงปริมาณจำนวน 12 ตัว สามารถจัดกลุ่มเป็นปัจจัยร่วมได้ทั้งหมด 4 ปัจจัยร่วม และสามารถอธิบายความแปรผันได้ 71.31%

นำปัจจัยร่วมทั้ง 4 ปัจจัย และตัวแปรอิสระเชิงคุณภาพที่ไม่ได้นำเข้าการวิเคราะห์ปัจจัย 4 ตัว ไปวิเคราะห์เพื่อหาตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณของค่าเช่ายานพาหนะ งานเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกล กรมทางหลวง (Y_2) โดยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ ด้วยวิธีการเลือกตัวแปรอิสระแบบเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน แต่เนื่องจากตัวแปรตาม Y_2 ไม่มีการแจกแจงปกติจึงต้องแปลงข้อมูลตัวแปรตาม Y_2 โดยใช้วิธี Box-Cox ได้ผลคือแปลงเป็น $\sqrt{Y_2}$ และแปลงเป็นค่ามาตรฐานได้สมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ คือ

$$\hat{Z}_{\sqrt{Y_2}} = 1.208 + 0.619F_1 - 0.641X_2 - 0.486X_3 - 0.518X_6 - 0.568X_8 - 0.134F_1^2$$

โดยมีค่า $R^2 = 0.965$ แต่เนื่องจากเมื่อตรวจสอบความเป็นอิสระกันของความคลาดเคลื่อน ปรากฏว่า ความคลาดเคลื่อนมีความสัมพันธ์กัน จึงแก้ปัญหาด้วยการเพิ่มเทอม $\sqrt{Y_{t-1}}$ และแปลงตัวแปรทุกตัวด้วย วิธี Cochrane-Orcutt โดยใช้ค่า $\hat{\rho} = 0.436$ ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดโดยการเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธี เพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนได้สมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ คือ

$$\hat{Z}'_{\sqrt{Y_2}} = 0.20839 - 0.07835 X'_2 - 0.02882 X'_3 - 0.02412 X'_6 - 0.08497 X'_8 - 0.0264 F'_1 + 1.4813 Z'_{\sqrt{Y_{t-1}}} - 0.16000 Z'_{\sqrt{Y_{t-1}}} - 0.03729 F'^2_1$$

โดยมีค่า $R^2 = 0.9829$

5.2 การนำสมการการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณไปใช้ในการพยากรณ์

5.2.1 สมการการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณสำหรับการพยากรณ์ค่าเช่าเครื่องจักร งานเงินทุน หมุนเวียนค่าเครื่องจักรกรรมทางหลวง (Y_1)

$\hat{Z}'_{\sqrt{Y_1}} = 0.0790 + 0.2997X'_2 - 0.2227X'_6 - 0.6747X'_8 - 0.1079F'_2 - 0.02687F'_3 + 0.3680Z'_{\sqrt{Y_{t-1}}}$
เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้พยากรณ์จะได้สมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณที่ดีที่สุดสำหรับการพยากรณ์ ดังนี้

$$\sqrt{\hat{Y}_1} = 1,063.87 + 1,176.93X_2 - 1,127.55X_6 - 1,417.39X_8 - 1,053.94F_2 - 1,001.98F_3 + 1,220.73Z_{\sqrt{Y_{t-1}}}$$

$$\hat{Y}_1 = (1,063.87 + 1,176.93X_2 - 1,127.55X_6 - 1,417.39X_8 - 1,053.94F_2 - 1,001.98F_3 + 1,220.73Z_{\sqrt{Y_{t-1}}})^2$$

ซึ่งอธิบายได้ว่า

ปัจจัยร่วมที่ 2 (F_2) คือ ระยะเวลาเช่าตามอายุการใช้งานเครื่องจักรเพิ่มขึ้น 1 หน่วย จะทำให้ รากที่สองของค่าเครื่องจักรลดลง 1,053.94 บาท เมื่อตัวแปรอิสระอื่น ๆ คงที่

ปัจจัยร่วมที่ 3 (F_3) คือ อายุการใช้งานเครื่องจักรเพิ่มขึ้น 1 หน่วย จะทำให้รากที่สองของค่า เครื่องจักรลดลง 1,001.98 บาท เมื่อตัวแปรอิสระอื่น ๆ คงที่

ค่าเช่าเครื่องจักรเดือนก่อนหน้า ($Z_{\sqrt{Y_{t-1}}}$) คือ ค่าเช่าเครื่องจักรเดือนก่อนหน้าเพิ่มขึ้น 1 หน่วย จะทำให้รากที่สองของค่าเช่าเครื่องจักรเพิ่มขึ้น 1,220.73 บาท เมื่อตัวแปรอิสระอื่น ๆ คงที่

อายุมาตรฐาน (X_2) คือ เครื่องจักรไม่อยู่ในอายุมาตรฐาน (1) จะทำให้รากที่สองของค่าเช่า เครื่องจักรเพิ่มขึ้น 1,176.93 บาท เมื่อตัวแปรอิสระอื่น ๆ คงที่

ประเภทการเช่า (X_6) คือ ประเภทการเช่าที่ไม่ใช้งานปกติ (1) จะทำให้รากที่สองของค่าเช่า เครื่องจักรลดลง 1,127.55 บาท เมื่อตัวแปรอิสระอื่น ๆ คงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบการเช่า (X_8) คือ รูปแบบการเช่าที่ไม่ใช่รายเดือน (1) จะทำให้ราคาที่สองของค่าเช่าเครื่องจักรลดลง 1,417.39 บาท เมื่อตัวแปรอิสระอื่น ๆ คงที่

5.2.2 สมการการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณสำหรับการพยากรณ์ค่าเช่ายานพาหนะ งานเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกล กรมทางหลวง (Y_2)

$$\hat{Y}_2 = 0.20839 - 0.07835 X_2' - 0.02882 X_3' - 0.02412 X_6' - 0.08497 X_8' - 0.0264 F_1' + 1.4813 Z_{\sqrt{Y_{t-1}}} - 0.16000 Z_{\sqrt{Y_{t-1}}}^2 - 0.03729 F_1^2$$

เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้พยากรณ์ จะได้สมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณที่ดีที่สุดสำหรับการพยากรณ์ ดังนี้

$$\widehat{\sqrt{Y}}_2 = 2,149.57 - 571.32 X_2 - 1,683.25 X_3 - 1,676.82 X_6 - 1,760.11 X_8 - 1,679.94 F_1 + 3,671.46 Z_{\sqrt{Y_{t-1}}} - 1,862.82 Z_{\sqrt{Y_{t-1}}}^2 - 1,694.85 F_1^2$$

$$\hat{Y}_2 = (2,149.57 - 571.32 X_2 - 1,683.25 X_3 - 1,676.82 X_6 - 1,760.11 X_8 - 1,679.94 F_1 + 3,671.46 Z_{\sqrt{Y_{t-1}}} - 1,862.82 Z_{\sqrt{Y_{t-1}}}^2 - 1,694.85 F_1^2)^2$$

ซึ่งอธิบายได้ว่า

ปัจจัยร่วมที่ 1 (F_1) คือ ค่าใช้จ่ายตามปริมาณงานของยานพาหนะเพิ่มขึ้น 1 หน่วยจะทำให้ราคาที่สองของค่าเช่ายานพาหนะลดลง 1,679.94 บาท และค่าใช้จ่ายตามปริมาณงานของยานพาหนะยกกำลังสอง (F_1^2) จะทำให้ราคาที่สองของค่าเช่ายานพาหนะลดลง 1,694.85 บาท เมื่อตัวแปรอิสระอื่น ๆ คงที่

ค่าเช่ายานพาหนะเดือนก่อนหน้า ($Z_{\sqrt{Y_{t-1}}}$) คือ ค่าเช่ายานพาหนะเดือนก่อนหน้าเพิ่มขึ้น 1 หน่วย จะทำให้ราคาที่สองของค่าเช่ายานพาหนะเพิ่มขึ้น 3,671.46 บาท เมื่อตัวแปรอิสระอื่น ๆ คงที่ และค่าเช่ายานพาหนะเดือนก่อนหน้ายกกำลังสอง ($Z_{\sqrt{Y_{t-1}}}^2$) เพิ่มขึ้น 1 หน่วย จะทำให้ราคาที่สองของค่าเช่ายานพาหนะลดลง 1,862.82 บาท เมื่อตัวแปรอิสระอื่น ๆ คงที่

อายุมาตรฐาน (X_2) คือ ยานพาหนะไม่อยู่ในอายุมาตรฐาน (1) จะทำให้ราคาที่สองของค่าเช่ายานพาหนะลดลง 571.32 บาท เมื่อตัวแปรอิสระอื่น ๆ คงที่

ประเภทงาน (X_3) คือ ยานพาหนะที่ไม่ใช่ของงานบำรุง (1) จะทำให้ราคาที่สองของค่าเช่ายานพาหนะลดลง 1,683.25 บาท เมื่อตัวแปรอิสระอื่น ๆ คงที่

ประเภทการเช่า (X_6) คือ ประเภทการเช่าที่ไม่ใช่งานปกติ (1) จะทำให้ราคาที่สองของค่าเช่ายานพาหนะลดลง 1,676.82 บาท เมื่อตัวแปรอิสระอื่น ๆ คงที่

รูปแบบการเช่า (X_8) คือ รูปแบบการเช่าที่ไม่ใช่รายเดือน (1) จะทำให้ราคาที่สองของค่าเช่ายานพาหนะลดลง 1,760.11 บาท เมื่อตัวแปรอิสระอื่น ๆ คงที่

5.3 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาครั้งนี้ ทำการศึกษาเฉพาะกรณีค่าเช่าเครื่องจักรและยานพาหนะ งานเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกล กรมทางหลวงซึ่งเงินทุนลักษณะนี้มีเพียงแห่งเดียวจึงทำให้ทราบปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าเช่าเครื่องจักรและยานพาหนะจำกัดเฉพาะในงานราชการเท่านั้น ในการศึกษาครั้งต่อไป ควรศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าเช่าเครื่องจักรและยานพาหนะกับผู้ใช้เช่าในรูปแบบอื่นเพื่อให้ทราบถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าเช่าเครื่องจักรและยานพาหนะมากยิ่งขึ้นนอกจากนี้อาจเพิ่มหรือเปลี่ยนตัวแปรอิสระอื่นที่มีอิทธิพลต่อค่าเช่าเครื่องจักรและยานพาหนะมาวิเคราะห์ด้วย เพื่อให้ได้ผลการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณที่ดีที่สุดสำหรับการพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- กรมการขนส่งทางบก. 2558. ยานพาหนะทางบก. [Online]. Available : www.dlt.go.th
- กรมทางหลวง. 2556. รายงานประจำปีเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกลของกรมทางหลวง ประจำปี 2556. กรุงเทพฯ : สำนักเครื่องกลและสื่อสาร.
- กัลยา วานิชย์บัญชา. 2542. การวิเคราะห์สถิติ : สถิติเพื่อการตัดสินใจ. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : ภาควิชาสถิติ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กัลยา วานิชย์บัญชา. 2548. การสำหรับงานวิจัย. กรุงเทพฯ : ภาควิชาสถิติ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กัลยา วานิชย์บัญชา. 2551. การวิเคราะห์ข้อมูลหลายตัวแปร. กรุงเทพฯ : ธรรมสาร.
- คณะอนุกรรมการกลั่นกรองและพัฒนาการบริหารเครื่องจักรกล. 2557. สูตรอัตราค่าเช่าเครื่องจักรกลเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกลของกรมทางหลวง. กรุงเทพฯ : กรมทางหลวง.
- ชัยวัฒน์ ธรรมาสถิตินุกูล. 2556. ศึกษาเรื่องการปรับแต่งประสิทธิภาพชุดคำสั่ง SQL กรณีศึกษาการบริหารเครื่องจักรกล กรมทางหลวง. [Online]. Available : http://www.sit.kmutt.ac.th/tqf/is_report/pdf56/55432011.pdf
- ทรงศิริ แต่สมบัติ. 2551. การวิเคราะห์การถดถอย. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : พิสิษฐ์เซ็นเตอร์.
- ธัชพงษ์ ผู้พัฒนา. 2554. การหาค่าที่เหมาะสมของตัวแบบทางทางคณิตศาสตร์ของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันสำหรับเครื่องจักรให้เข้าที่มีค่าปรับ (สำหรับจำนวนครั้งของการขัดข้องที่ ≥ 1). [Online]. Available : <http://digi.library.tu.ac.th/thesis/en/0610/01title-figures.pdf>
- ธิดาภรณ์ ไชยวงศ์. 2559. ศึกษาการจัดทำแผนธุรกิจเรื่องระบบจัดการรถเช่า. [Online]. Available : <http://www.m bainnovationram.com/pdf/5714980030.pdf>
- พิระพา อุดสี. 2553. ศึกษาแนวปฏิบัติและปัญหาทางการบัญชีเกี่ยวกับสัญญาเช่า : กรณีศึกษา กิจการให้เช่าเครื่องจักรการ. [Online]. Available : <http://www.research.rmutt.ac.th/?p=3972>
- เพชรน้อย สิงห์ช่างชัย. 2549. หลักการและการใช้สถิติการวิเคราะห์ตัวแปรหลายตัวสำหรับการวิจัยทางการพยาบาล (พิมพ์ครั้งที่ 3). สงขลา: ชานเมืองการพิมพ์.
- ภักดี ทองส้ม. 2556. แบบจำลอง Macromodel ของ SMEs. [Online]. Available : www.sme.go.th/SiteCollectionDocuments
- วาสนา ประवालพฤกษ์. 2535. การวัดจริยธรรม : การวัดผลการศึกษา. กรุงเทพฯ.
- วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2560. เครื่องจักร เครื่องกล. [Online]. Available : <https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B9%80%E0%B8%84%E0%B8%A3%E0%B8%B7%E0%B9%88%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B8%88%E0%B8%B1%E0%B8%81%E0%B8%A3>
- วิรัช พานิชวงศ์. 2549. การวิเคราะห์การถดถอย. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ. : ศูนย์ผลิตตำราเรียนสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- วิศณุวัฒน์บลิ้อค. 2560. น้ำมันเชื้อเพลิง. [Online]. Available : www.wisanuwat.blogspot.com
- ศิวรา จำกัต์. 2560. น้ำมันหล่อลื่น. [Online]. Available : <http://www.sriwaragroup.com/knew.html>
- สกนธ์ นัยนานนท์. 2559. วิเคราะห์เปรียบเทียบความคุ้มค่าในการตัดสินใจลงทุนเครื่องจักร เคลื่อนที่บริเวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์และคลังสินค้า กรณีศึกษา บริษัท XYZ. [Online]. Available : http://digital_collect.lib.buu.ac.th/dcms/files/57920044.pdf
- สมชาย วรวิเศษมงคล. 2554. ระเบียบวิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. [Online]. Available : <http://www.udrc.ac.th>
- สุชาติ ประสิทธิ์รัฐสินธุ์. 2540. เทคนิคการวิเคราะห์ตัวแปรหลายตัวสำหรับการวิจัยทางสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : เลียงเชียง.
- สุพิชฌาย์ ขจรชัยกุล. 2553 ศึกษาเรื่องกลยุทธ์การตลาดของธุรกิจรถเช่า กรณีศึกษา บริษัทรถเช่าแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร. [Online]. Available : <http://digi.library.tu.ac.th/thesis/ec/1420/06chapter5.pdf>
- ส่วนแผนงานและมาตรฐาน. 2558. คู่มือมาตรฐานการให้บริการเช่าเครื่องจักรกล. กรุงเทพฯ : สำนักเครื่องกลและสื่อสาร กรมทางหลวง.
- สำนักกำกับและพัฒนาระบบเงินนอกงบประมาณ. 2554. เงินนอกงบประมาณ. กรุงเทพฯ : กรมบัญชีกลาง. [Online]. Available : http://web.rid.go.th/fad/fad_pro/simina/knowledge%202556/avance%20ac/14.pdf
- สำนักนโยบายการคลัง. 2557. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเงินนอกงบประมาณ. [Online]. Available : <http://www.fpo.go.th/FPO/modules/Content/getfile.php?contentfileID=7148>
- กลุ่มพัฒนาเงินนอกงบประมาณ. 2557. การบริหารเงินนอกงบประมาณ. กรุงเทพฯ : กรมบัญชีกลาง. [Online]. Available : goo.gl/JGr7Tx
- สำราญ มีแจ้ง. 2557. สถิติขั้นสูงสำหรับงานวิจัย ทฤษฎีและปฏิบัติ. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ออยเชิร์ฟ จำกัด. 2560. การบำรุงรักษา (maintenance). [Online]. Available : <http://www.oilservehai.com/index.php?lay=show&ac=article&id=539679359&Ntype=11>
- อุมาพร จันทร. 2542. สถิติที่ไม่ใช่พารามิเตอร์. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ฟิลิปปินส์เซ็นเตอร์.
- เอ็ม.ดี.ซอฟต์แวร์ จำกัด. 2560. ค่าเสื่อมราคา หรือ Depreciation. [Online]. Available : <https://www.mdsoft.co.th/ความรู้/167-depreciation.html>
- Alvin, C. Rencher. 2002. *Methods of Multivariate Analysis*. 2nd ed. A Wiley Interscience Publication.
- Box, and Cox. 1964. *An Analysis of Transformations*. A Wiley for the Royal Statistical Society.
- Cerny, C.A. and Kaiser, H.F. 1977. *A Study of a Measure of Sampling Adequacy for Factor-Analytic Correlation Matrices*. *Multivariate Behavioral Research*. 12, 43 -47.
- Gujarati, D. N. 1995. *Basic Econometrics*. New York : McGraw-Hill.
- Neter , J. et. al. 1990. *Applied Linear Statistical Model*. 3rd ed. Tokyo : Toppan Company, Ltd. Pennstate Eberly College of Science. *Stat 501 Regression Methods*. [Online]. Available : <https://onlinecourses.science.psu.edu/stat501/node/365>.
- Richard A. Johnson. 2002. *Applied Mutivariate Statistical Analysis*. 5th ed. New Jersey : Prentice-Hall.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Valentine, Laurie. 1983. **Technical Assistance Services for Highway Maintenance Equipment Revolving Fund.** Thailand. Ministry of Communications Department of Highways.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ผลการวิเคราะห์ปัจจัยค่าเช่าเครื่องจักร ของงานเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกล กรมทางหลวง

ตาราง ก-1.1 ค่าสถิติ Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) ของตัวแปรอิสระเชิงปริมาณ 12 ตัว

KMO and Bartlett's Test

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.773
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	1390.917
	df	66
	p-value	.000



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก-1.2 ค่าคะแนนปัจจัย (Factor Score)

	Factor			
	1	2	3	4
1	-0.3214	-0.4242	-0.0719	-0.9672
2	-0.5726	-0.9236	1.2231	-1.0195
3	-0.4948	-0.3414	2.1290	-0.8881
4	-0.4820	0.2045	-0.5645	-1.3131
5	-0.4186	0.1199	-0.4865	-0.8259
6	-0.4276	0.1406	-0.6156	-0.8095
7	-0.4540	0.1160	-0.5592	-0.8078
8	-0.5762	0.0943	-0.1253	-0.8514
9	-0.6776	0.2471	-0.1499	-2.6512
10	-0.7069	-0.0111	0.5582	-1.0189
11	-0.3475	-0.5079	-0.6674	-0.7595
12	-0.7933	0.5276	-0.6532	-4.9824
13	-0.2972	0.1222	-0.5545	-0.7857
14	-0.3510	0.1845	0.2439	-0.2802
15	-0.3459	0.1922	0.2083	-0.2733
16	-0.3630	0.1704	0.3251	-0.3033
17	-0.3531	0.1492	0.1339	-0.2985
18	-0.3454	0.1574	0.0852	-0.2886
19	-0.3587	0.1414	0.1729	-0.3081
20	-0.3490	0.1538	0.1090	-0.2955
21	-0.5317	-0.4888	0.5385	-1.0409
22	-0.2340	0.0770	-0.7030	-0.8029
23	-0.6795	0.0314	0.4229	-0.9488
24	-0.4867	0.1952	-0.6706	-0.7623
25	-0.3724	0.0661	-0.5532	-0.7929

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก-1.2 (ต่อ)

	Factor			
	1	2	3	4
26	-0.8623	-0.3371	2.1275	-1.3785
27	-0.3494	0.2983	0.3377	-0.1408
28	-0.7002	-0.0517	0.8605	-1.0546
29	-0.3582	0.2873	0.3953	-0.1521
30	-0.4726	0.1621	-0.6197	-1.0754
31	-0.4100	-0.2331	1.5551	-0.7507
32	-0.4910	0.2734	-0.5949	-1.8384
33	-0.3811	0.2610	0.5305	-0.1602
34	-0.5031	-0.4235	-0.6609	-0.8353
35	-0.6460	0.4651	-0.7693	-4.5523
36	-0.1509	-0.6941	-0.1878	-0.8026
37	-0.3374	-0.7168	-0.6536	-0.6450
38	-0.3012	0.1359	-0.7250	-0.7699
39	-0.7688	-0.0921	1.0174	-1.1354
40	-0.2033	-0.4617	-0.8318	-0.8335
41	-0.8481	-0.1474	1.4633	-1.2005
42	-0.4515	0.2734	-0.8327	-1.7677
43	-0.6304	-0.0807	2.2854	-0.5898
44	-0.5462	0.0285	1.7086	-0.4446
45	-0.4780	0.1144	1.2350	-0.3088
46	-0.4069	0.2331	0.6854	-0.1783
47	-0.4129	0.2267	0.7199	-0.1799
48	-0.7429	-0.2013	2.9764	-0.7408
49	-0.5745	0.0178	1.8317	-0.4691
50	-0.5080	0.1087	1.3578	-0.3318

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก-1.3 การหาค่า $\hat{\rho} = 0.3597$ เพื่อแปลงข้อมูลค่าเช่าเครื่องจักร ด้วยวิธี Cochrane-Orcutt

ei(t)	ei(t-1)	ei(t)*ei(t-1)	ei(t-1)^2
-0.1977	0	0	0
-0.18501	-0.1977	0.0365753	0.039084
-0.17953	-0.18501	0.0332148	0.034227
-0.1372	-0.17953	0.0246324	0.032232
-0.21489	-0.1372	0.029484	0.018825
-0.14297	-0.21489	0.0307224	0.046179
-0.21255	-0.14297	0.0303871	0.020439
-0.21802	-0.21255	0.0463397	0.045177
-0.1896	-0.21802	0.0413364	0.047532
-0.20606	-0.1896	0.0390691	0.035948
-0.12874	-0.20606	0.026528	0.042461
-0.16539	-0.12874	0.0212922	0.016574
-0.18559	-0.16539	0.0306955	0.027354
-0.14945	-0.18559	0.0277375	0.034445
-0.18254	-0.14945	0.0272809	0.022336
-0.09585	-0.18254	0.0174956	0.03332
-0.15526	-0.09585	0.0148811	0.009186
-0.10396	-0.15526	0.0161417	0.024106
-0.16239	-0.10396	0.0168833	0.010809
-0.1128	-0.16239	0.0183178	0.026372
-0.19909	-0.1128	0.0224565	0.012723
-0.09614	-0.19909	0.0191411	0.039635
-0.13018	-0.09614	0.0125158	0.009244
-0.09405	-0.13018	0.0122431	0.016946

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

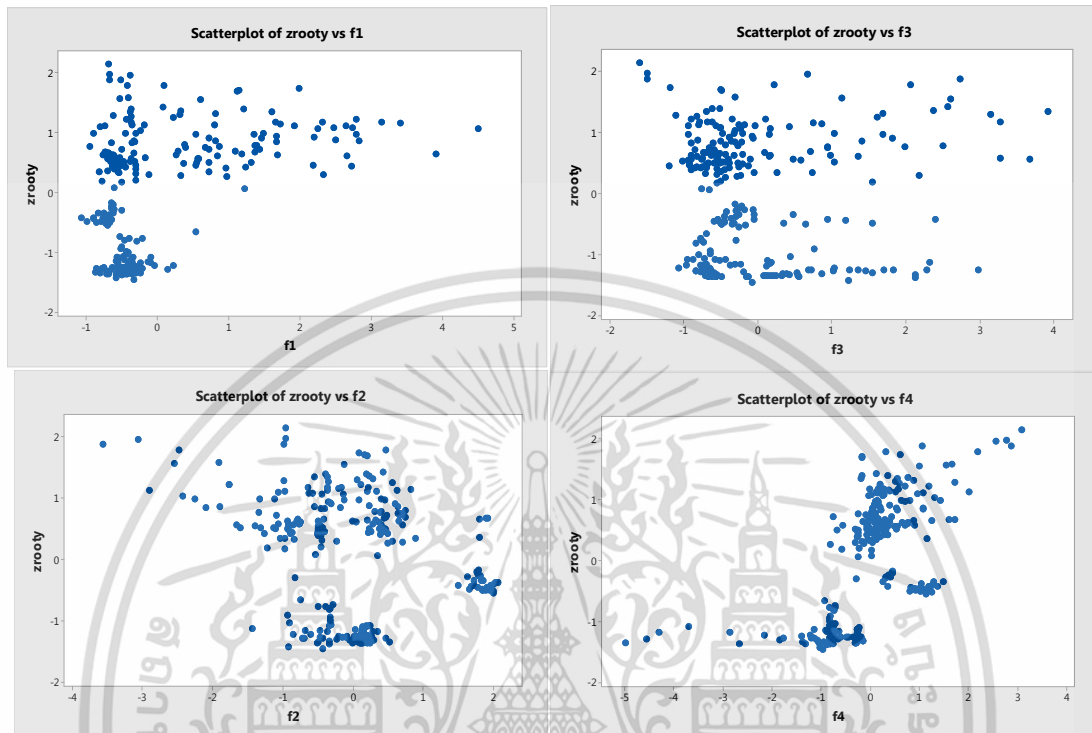
ตาราง ก-1.3 (ต่อ)

ei(t)	ei(t-1)	ei(t)*ei(t-1)	ei(t-1)^2
⋮	⋮	⋮	⋮
0.163996	0.09206	0.0150975	0.008475
-0.08712	0.163996	-0.014288	0.026895
-0.10278	-0.08712	0.0089549	0.007591
-0.08667	-0.10278	0.0089081	0.010564
-0.06784	-0.08667	0.00588	0.007511
-0.24328	-0.06784	0.016505	0.004603
-0.19417	-0.24328	0.0472358	0.059183
-0.03615	-0.19417	0.0070197	0.0377
-0.16645	-0.03615	0.0060178	0.001307
-0.22125	-0.16645	0.0368285	0.027706
-0.10032	-0.22125	0.0221968	0.048954
0.099863	-0.10032	-0.010019	0.010065
0.171768	0.099863	0.0171533	0.009973
0.131852	0.171768	0.022648	0.029504
-0.02137	0.131852	-0.002818	0.017385
-0.05468	-0.02137	0.0011687	0.000457
0.224163	-0.05468	-0.012257	0.00299
0.015772	-0.15288	-0.002411	0.023372
0.216534	0.015772	0.0034152	0.000249
0.037817	0.216534	0.0081886	0.046887
รวม		2.563101	7.124041

จากสูตร $\hat{\rho} = \frac{\sum_{i=2}^n e_i e_{i-1}}{\sum_{i=1}^n e_i^2}$ จะได้ $\hat{\rho} = \frac{2.563101}{7.124041} = 0.3597$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก-1.4 ผลการ Plot Graph Scatter plot ระหว่าง $Z_{\sqrt{V_1}}$ กับ ปัจจัยร่วม 4 ปัจจัย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผลการวิเคราะห์ปัจจัยค่าเช่ายานพาหนะ ของงานเงินทุนหมุนเวียนค่าเครื่องจักรกล กรมทางหลวง

ตาราง ก-2.1 ค่าสถิติ Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) ของตัวแปรอิสระเชิงปริมาณ 12 ตัว

KMO and Bartlett's Test

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.767
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	3302.024
	df	66
	Sig.	.000



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก-2.2 ค่าคะแนนปัจจัย (Factor Score)

	Factor			
	1	2	3	4
1	-0.59677	1.22706	-0.98145	0.38362
2	-0.55986	1.42136	-0.95301	-0.11899
3	-0.46504	1.88049	-0.88956	-1.31966
4	-0.16854	-0.12573	-0.27133	-0.12412
5	-0.66847	-0.51556	0.20377	0.52621
6	-0.20797	-0.12562	-0.28611	-0.02142
7	-0.51366	-0.40365	0.36651	0.37521
8	-0.19748	-0.15052	-0.25839	-0.08589
9	-0.32539	0.9549	-0.24472	-0.87073
10	-0.67385	-0.49789	0.2339	0.47628
11	-0.58081	0.08659	0.30058	-0.90331
12	-0.65928	-0.45426	0.24273	0.37426
13	-0.44278	-0.36989	0.41268	0.3719
14	-0.67306	0.06023	-0.54107	3.53509
15	-0.74599	1.30479	-0.52735	-0.06231
16	-0.86148	-1.27033	2.48944	-0.37772
17	-0.53227	0.24297	0.3385	-1.45651
18	-0.37706	-0.37365	0.42344	0.38203
19	-0.62126	-0.218	0.27199	-0.25971
20	-0.63782	-0.41086	0.25113	0.24904
21	-0.5864	-0.08938	0.25848	-0.60482
22	-0.55753	-0.39971	0.22883	0.27064
23	-0.31742	-0.90427	0.49487	0.18474
24	-0.34899	0.82564	-0.23329	-0.52589
25	-0.59302	-0.21038	0.24528	-0.15323

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก-2.3 การหาค่า $\hat{\rho} = 0.43657$ เพื่อแปลงข้อมูลค่าเช่าเครื่องจักร ด้วยวิธี Cochrane-Orcutt

eit	eit-1	eit*eit-1	eit-1 ²
-0.1977	0	0	0
-0.18501	-0.1977	0.036575	0.039084
-0.17953	-0.18501	0.033215	0.034227
-0.1372	-0.17953	0.024632	0.032232
-0.21489	-0.1372	0.029484	0.018825
-0.14297	-0.21489	0.030722	0.046179
-0.21255	-0.14297	0.030387	0.020439
-0.21802	-0.21255	0.04634	0.045177
-0.1896	-0.21802	0.041336	0.047532
-0.20606	-0.1896	0.039069	0.035948
-0.12874	-0.20606	0.026528	0.042461
-0.16539	-0.12874	0.021292	0.016574
-0.18559	-0.16539	0.030696	0.027354
-0.14945	-0.18559	0.027738	0.034445
-0.18254	-0.14945	0.027281	0.022336
-0.09585	-0.18254	0.017496	0.03332
-0.15526	-0.09585	0.014881	0.009186
-0.10396	-0.15526	0.016142	0.024106
-0.16239	-0.10396	0.016883	0.010809
-0.1128	-0.16239	0.018318	0.026372
-0.19909	-0.1128	0.022457	0.012723
-0.09614	-0.19909	0.019141	0.039635
-0.13018	-0.09614	0.012516	0.009244
-0.09405	-0.13018	0.012243	0.016946

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

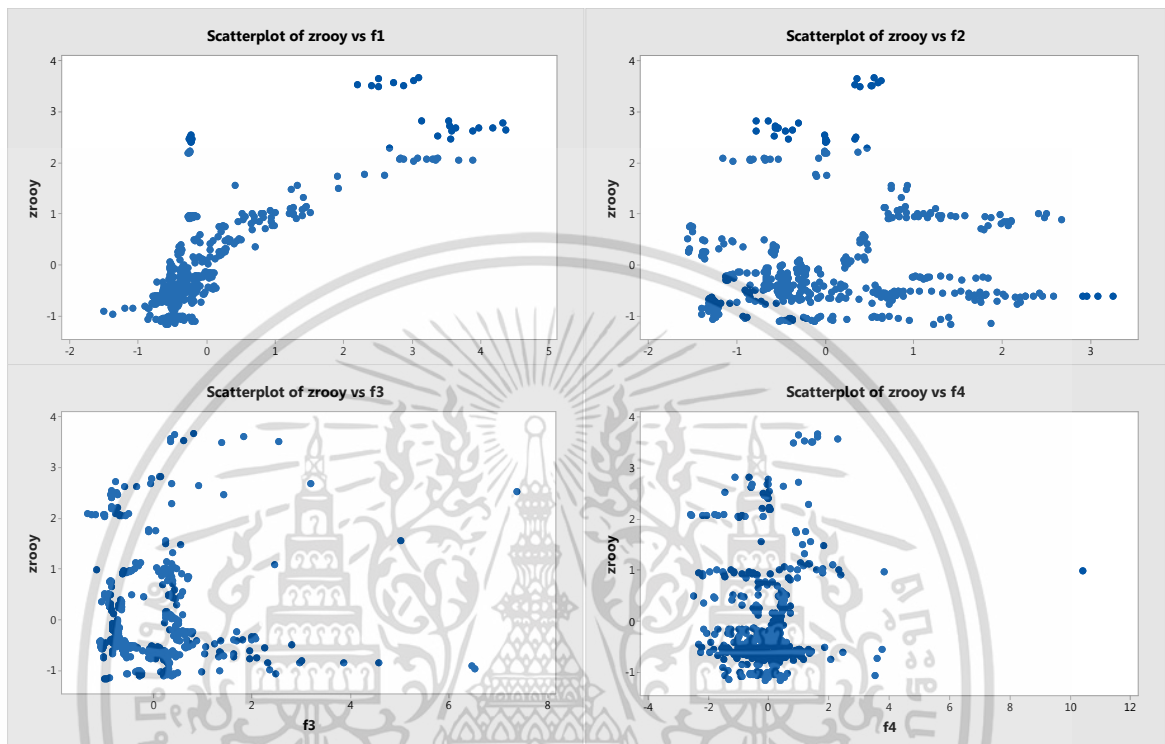
ตาราง ก-2.3 (ต่อ)

eit	eit-1	eit*eit-1	eit-1^2
⋮	⋮	⋮	⋮
-0.16645	-0.03615	0.006018	0.001307
-0.22125	-0.16645	0.036828	0.027706
-0.10032	-0.22125	0.022197	0.048954
0.099863	-0.10032	-0.01002	0.010065
0.171768	0.099863	0.017153	0.009973
0.131852	0.171768	0.022648	0.029504
-0.02137	0.131852	-0.00282	0.017385
-0.05468	-0.02137	0.001169	0.000457
0.224163	-0.05468	-0.01226	0.00299
0.067657	0.224163	0.015166	0.050249
-0.06804	0.067657	-0.0046	0.004577
0.06765	-0.06804	-0.0046	0.00463
-0.15288	0.06765	-0.01034	0.004576
0.015772	-0.15288	-0.00241	0.023372
0.216534	0.015772	0.003415	0.000249
0.037817	0.216534	0.008189	0.046887
รวม		1.816707	4.16188

$$\text{จากสูตร } \hat{\rho} = \frac{\sum_{i=2}^n e_t e_{t-1}}{\sum_{i=1}^n e_{t-1}^2} \text{ จะได้ } \hat{\rho} = \frac{1.816707}{4.16188} = 0.43657$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก-2.4 ผลการ Plot Graph Scatter plot ระหว่าง $Z_{\sqrt{V_2}}$ กับ ปัจจัยร่วม 4 ปัจจัย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายอภิรักษ์ กัญญา
 วัน เดือน ปีเกิด 5 มีนาคม 2519
 ที่อยู่ปัจจุบัน 399/671 ถนนวิภาวดีรังสิต 16/5 แขวงจอมพล เขตจตุจักร กรุงเทพฯ

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2542 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาสถิติ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
 พ.ศ. 2554 เศรษฐศาสตรบัณฑิต สาขาการคลัง มหาวิทยาลัยรามคำแหง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้