The Sci J of PhetchaburiRajabhat University
2019. 16(2): 23-39

# กำลังการทดสอบของการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ กรณีตัวแปรอิสระเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพ

# The Power of a Test of Multiple Linear Regression Analysis:Qualitative Independent Variables

พรรณนา เอี่ยมสุวรรณ์ วาสนา จันทร์ขำ สุมิตรา เรืองพีระกุล และ ชัชวาลย์ กองน้ำ

Phannana Aiemsuwan*, Wassana Chankham, Sumitra Ruengpeerakul and Chatchawan Kongnam

*ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหงกรุงเทพมหานครฯ 10240*

*Department of Statistics, Faculty of Science, Ramkhamhaeng University, Bangkok, 10240*

***Corresponding author; E-mail:** phannana.a@rumail.ru.ac.th

Received: 4 September 2019 / Revised: 1October 2019 / Accepted: 13 November 2019

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากำลังการทดสอบของการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณกรณีที่ตัวแปรอิสระเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยกรณีศึกษา 3 กรณี ได้แก่ กรณีที่ 1 วิเคราะห์ตัวแบบการถดถอยโดยไม่ตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น กรณีที่ 2 วิเคราะห์ตัวแบบการถดถอยโดยตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น ทำการแปลงค่าข้อมูลตัวแปรตามกรณีที่ไม่ผ่านข้อตกลงเบื้องต้น และกรณีที่ 3 วิเคราะห์ตัวแบบการถดถอยโดยตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น ทำการแปลงค่าข้อมูลตัวแปรตามและตัวแปรอิสระที่เป็นตัวแปรเชิงปริมาณ 1 ตัว กรณีที่ไม่ผ่านข้อตกลงเบื้องต้นเฉพาะกรณีที่ 2 และ 3 ทำการตรวจสอบการแจกแจงตัวแปรตามและตัวแปรอิสระที่เป็นตัวแปรเชิงปริมาณ และตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของค่าความคลาดเคลื่อนใช้วิธีการตรวจสอบ 2 วิธี คือ ใช้กราฟ และใช้ตัวสถิติทดสอบ ทำการสุ่มตัวอย่างขนาด 400 โดยทำการทดลองซ้ำ 10,000 ครั้ง ด้วยโปรแกรม R พบว่าตัวแบบการถดถอยในกรณีที่ 3 เป็นตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดโดยมีจำนวนตัวแปรอิสระในตัวแบบ 2 ถึง 4 ตัวแปร ซึ่งสามารถควบคุมค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้และให้ค่ากำลังการทดสอบสูงที่สุด ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 และ0.05ขณะที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ไม่สามารถควบคุมค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี

**คำสำคัญ**: การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณข้อตกลงเบื้องต้นความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1
ค่ากำลังการทดสอบ

## Abstract

In this study, the authors examined the power of a test of multiple linear regression analysis in cases in which independent variables are qualitative variables. The authors considered the three cases studies. In case one, the regression model was analyzed without checking assumptions.In case two, the authors analyzed the regression model with checking assumptions and then transformed the data for the dependent variable when assumptions did not pass. In case three, the authors analyzed the regression model with checkingassumptions and then transformed the data ofthe dependent variable and one quantitative independent variable when assumptions did not pass. For case two and three,dependent and quantitative independent variables were checked the distribution andthe assumptions were checked for residuals using graphs and statistical tests. Four hundred samples were randomized by repeating an experiment 10,000 times using anR program. It was found that the regression model in case three was an appropriate model when two to four independent variables were presence. The probability of type I errors could be controlled in this case. The power of a test was therefore at the highest level in this instance at significance levels of 0.10 and 0.05, whereas the probability of type I errors could not be controlled in all cases at a significance level of 0.01.

**Keywords:**Multiple linear regression analysis, Assumptions, Type I Error, Power of a test

## บทนำ

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามที่เป็นข้อมูลเชิงปริมาณและตัวแปรอิสระตั้งแต่ 1 ตัวขึ้นไป ที่อาจเป็นตัวแปรเชิงปริมาณหรือเชิงคุณภาพ ถ้าตัวแปรอิสระตัวใดๆ ที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตามจริงก็สามารถนำสมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณที่ได้ไปใช้พยากรณ์ค่าของตัวแปรตามได้ ซึ่งในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรดังกล่าวได้นำมาประยุกต์ใช้ในหลายสาขา เช่น การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างราคาที่พักอาศัยกับปัจจัยทางเศรษฐกิจและสังคม จะเห็นว่ามีตัวแปร อายุ สถานภาพ อาชีพ รายได้เฉลี่ย ฯลฯ [1] บางครั้งตัวแปรอิสระที่สำคัญมีส่วนในการพยากรณ์ตัวแปรตามที่ได้จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องรวมทั้งทฤษฎีต่างๆนั้นนอกจากจะเป็นตัวแปรเชิงปริมาณซึ่งเป็นตัวแปรต่อเนื่องแล้วตัวแปรเชิงคุณภาพก็มีบทบาทในการพยากรณ์และมีส่วนสำคัญเช่นเดียวกันซึ่งตัวแปรเหล่านี้ไม่สามารถวัดค่าออกมาได้ว่ามากหรือน้อยและไม่สามารถตัดออกจากการศึกษาได้ ซึ่งอาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ได้

อีกทั้งในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณมีความจำเป็นที่ต้องพิจารณาถึงข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปรกติที่มีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ความแปรปรวนของค่าความ

คลาดเคลื่อนจะต้องคงที่ ค่าความคลาดเคลื่อนจะต้องเป็นอิสระต่อกัน และตัวแปรอิสระจะต้องไม่มีความสัมพันธ์กัน เมื่อมีการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นแล้วพบว่าตัวแปรอิสระบางตัวที่อยู่ในสมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น แต่จากการศึกษาพบว่าตัวแปรอิสระตัวนั้นมีบทบาทสำคัญในการวิเคราะห์และไม่สามารถตัดออกจากสมการถดถอยได้ จึงเกิดการละเมิดข้อตกลงเบื้องต้นได้ นอกจากนี้การวิจัยใด ๆ ที่มีการใช้การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณและการวิจัยที่มีตัวแปรอิสระเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพหลาย ๆ ตัวซึ่งตัวแปรเชิงคุณภาพเหล่านั้นต้องแปลงค่าข้อมูลให้เป็นตัวแปรเทียม (Dummy variable) ผลที่ได้จากการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับพารามิเตอร์ในตัวแบบของการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณรวมถึงกำลังการทดสอบที่ได้มีความถูกต้องและมีค่ามากเพียงใด เพราะจากตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณกรณีที่ตัวแปรอิสระเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพ การทดสอบสมมติฐานจะเป็นการทดสอบเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของตัวแปรตามที่ระดับต่าง ๆ กันของตัวแปรอิสระที่เป็นตัวแปรเชิงคุณภาพ จึงไม่ใช่การทดสอบว่าตัวแปรตามมีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระนั้น ๆ หรือไม่ [2]ซึ่งจากการศึกษาข้างต้นอาจถูกตั้งคำถามจากนักวิชาการที่มีความเคร่งครัดต่อการนำสถิติมาใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ตัวแบบว่ามีความถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือมากน้อยเพียงใด การเลือกใช้สถิติที่เหมาะสมกับข้อมูลจะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติเบื้องต้นของหลักสถิติโดยพิจารณาจากขนาดของกลุ่มตัวอย่าง การสุ่มตัวอย่างหรืออาจจะเป็นข้อตกลงเบื้องต้น ซึ่งธรรมชาติของค่าสังเกตที่ได้จากการสำรวจนั้น บางครั้งรูปแบบการกระจายของค่าสังเกตมีโอกาสเป็นไปได้หลากหลาย ซึ่งหากมีความประสงค์ที่ยังต้องวิเคราะห์ข้อมูลด้วยตัวแบบการวิเคราะห์นั้น ๆ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการแปลงข้อมูลให้ตรงตามข้อตกลงเบื้องต้น โดย Tukey [3]ให้คำแนะนำว่าหากข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ไม่ผ่านข้อตกลงเบื้องต้นของวิธีการวิเคราะห์นั้นๆ ก็สามารถที่จะแปลงข้อมูลให้เหมาะสมกับข้อตกลงเบื้องต้นของวิธีการวิเคราะห์หรือพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ที่ดีกว่าขึ้นมาใหม่ ถ้าพบว่าการแปลงข้อมูลเป็นที่น่าพอใจ การแปลงข้อมูลจะเป็นวิธีที่ง่ายกว่าการที่จะพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ขึ้นมาใหม่ Montgomery [4] ได้อธิบายว่าการแปลงข้อมูลถูกนำมาใช้เพื่อให้ความแปรปรวนของตัวแปรมีความเสถียร เพื่อให้ตัวแปรตามมีการแจกแจงใกล้เคียงกับการแจกแจงปรกติ และเพื่อปรับปรุงข้อมูลให้เหมาะสมกับตัวแบบ ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาสถิติทดสอบจากตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณว่ากรณีใดบ้างที่สามารถควบคุมค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และให้ค่ากำลังการทดสอบสูงที่สุดโดยพิจารณาตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ ที่มีตัวแปรตามเป็นตัวแปรเชิงปริมาณ ตัวแปรอิสระเป็นตัวแปรเชิงปริมาณจำนวน 1 ตัว และตัวแปรเชิงคุณภาพตั้งแต่ 1 ตัว โดยตัวแปรเชิงคุณภาพตัวที่ 1 เป็นตัวแปรเชิงคุณภาพที่มี 2 ลักษณะ แล้วเพิ่มตัวแปรเชิงคุณภาพครั้งละ 1 ตัว พร้อมทั้งจำนวนลักษณะของตัวแปรเชิงคุณภาพเพิ่มขึ้นครั้งละ 1 ลักษณะ จนกระทั่งแนวโน้มของผลการวิเคราะห์เป็นไปในทิศทางเดียวกัน

**ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง**

1. ตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น พหุคูณตัวแปรตามที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ต้องมีมาตรวัดแบบช่วงหรือแบบอัตราส่วนและต้องมีลักษณะเป็นตัวแปร

แบบต่อเนื่อง สำหรับตัวแปรอิสระอาจเป็นตัวแปรต่อเนื่องหรือไม่ต่อเนื่อง มีมาตรวัดในระดับใดก็ได้ แต่จะต้องไม่มีสหสัมพันธ์เชิงเส้นในระหว่างตัวแปรอิสระด้วยกันสูงมากนัก มิฉะนั้นจะก่อให้เกิดปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นแบบพหุ (Multicollinearity) มีตัวแบบการถดถอย ดังนี้

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \ldots + \beta_k X_k + \varepsilon \quad (1)$$

เมื่อ $Y$ เป็นตัวแปรตาม

$\beta_0, \beta_1, \ldots, \beta_k$ เป็นพารามิเตอร์ของตัวแบบ

$X_1, X_2, \ldots, X_k$ เป็นค่าสังเกตของตัวแปรอิสระและตัวแปรเหล่านี้ต้องไม่มีสหสัมพันธ์เชิงเส้นที่สมบูรณ์ต่อกัน และ $\varepsilon$ เป็นความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม

เนื่องจากตัวแปรอิสระเป็นตัวแปรที่ต้องทราบค่า ทำให้สามารถหาค่าความคลาดเคลื่อนจากตัวแบบของการถดถอย เพื่อตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นที่ว่าค่าความคลาดเคลื่อนเป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงปรกติ ส่งผลให้ตัวแปรตามมีการแจกแจงปรกติ [5]

**1. การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น**

การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์การถดถอยนั้นใช้ 2วิธี คือ การใช้กราฟและการใช้สถิติทดสอบ

2.1 การทดสอบการแจกแจงปรกติของค่าความคลาดเคลื่อน

2.1.1การใช้กราฟเพื่อทดสอบการแจกแจงปรกติของค่าความคลาดเคลื่อน

ก.ฮิสโตแกรมเป็นเครื่องมือการนำเสนอข้อมูลในลักษณะกราฟแท่งที่แสดงการกระจายความถี่ของข้อมูล [6] ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลเป็นแบบสมมาตรหรือไม่

ข.Quantile-comparison plot (Q-Q plot) โดยการสร้าง Q-Q plotสำหรับค่าความคลาดเคลื่อน $(e_i)$ ดังนี้ ถ้าค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปรกติค่าเฉลี่ยเป็น 0 ความแปรปรวนคงที่ จุดที่ได้จากการพล็อต $(E(e_i), e_i)$ อยู่ในแนวเส้นตรง [7]

2.1.2การใช้สถิติทดสอบเพื่อทดสอบการแจกแจงปรกติของค่าความคลาดเคลื่อน โดยงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้การทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง (Anderson-Darling test) [8] ซึ่งการทดสอบถ้าตัวอย่างขนาดใหญ่ โดยใช้สูตรตัวสถิติทดสอบ $A$ เพื่อประเมินข้อมูลเรียงลำดับ $Y_i$ มาจากการแจกแจงหนึ่งที่มีฟังก์ชันการแจกแจงสะสม $F$ มีสูตรคือ

$$A^2 = -n - S \quad (2)$$

$$S = \sum_{i=1}^{n} \frac{2i-1}{n} \left[ \ln F(Y_i) + \ln(1 - F(Y_{n+1-i})) \right] \quad (3)$$

$n$ เป็นจำนวนข้อมูลทั้งหมด

$F$ เป็นฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของการแจกแจงที่ระบุ

ในการเปรียบเทียบกำลังการทดสอบ Stephen [9]พบว่า $A^2$ เป็นตัวสถิติที่มีฟังก์ชันการแจกแจงสะสมตัวหนึ่งที่ดีที่สุดสำหรับตรวจสอบการห่างไกลจากความปกติ ตัวสถิติทดสอบนี้คล้ายคลึงกับตัวสถิติทดสอบ $W^2$ ของ Cramer-von-Misesมีขั้นตอนการทดสอบ ดังนี้

1) สมมติฐานในการทดสอบ

$H_0 : \varepsilon \sim$ Normal $\quad H_A : \varepsilon \sim$ Nonnormal

2)เรียงค่าข้อมูล $Y_i$ ; $i=1,...,n$ จากน้อยไปมากคำนวณหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างจากนั้นทำให้ค่า $Y_i$ เป็นค่ามาตรฐานโดยแปลงเป็นค่าใหม่ $Y_i$ ในรูป $Y_i^{'}=\left(Y_i-\bar{Y}\right)/S$

3) จากฟังก์ชันการแจกแจงสะสมปรกติมาตรฐาน $\phi$ คำนวณค่า $A^2$ จากสูตร

$$A^2=-n-\frac{1}{n}-\sum_{i=1}^{N}(2i-1)\left[\ln\phi\left(Y_i^{'}\right)+ln\left(1-\phi\left(Y_{n+1-i}^{'}\right)\right)\right] \qquad (4)$$

4)หาค่าสถิติทดสอบ $A^{*2}$ ซึ่งเป็นการปรับค่าโดยประมาณสำหรับขนาดตัวอย่าง คำนวณค่า $A^{*2}$ จากสูตร

$$A^{*2}=A^2\left[1+\left(4/n\right)+\left(25/n^2\right)\right] \qquad (5)$$

ขอบเขตวิกฤต คือค่า $A^{*2}$ มีค่ามากกว่า 0.631, 0.751และ1.029แล้วจะปฏิเสธสมมติฐานหลักที่ระดับนัยสำคัญ 0.10, 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

1.2 การทดสอบค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อน

1.2.1 การใช้กราฟเพื่อทดสอบค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อน ถ้าจุดแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนกับค่าพยากรณ์อยู่ในแนวขนานกับแกนนอน มีค่ากระจายรอบค่าคลาดเคลื่อนเป็น 0 และเป็นจุดที่ไม่มีรูปแบบที่แน่นอนแสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์

1.2.2 การใช้สถิติทดสอบค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าเท่ากับ 0 หรือไม่นั้น ใช้การทดสอบซี(Z-test) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบนัยสำคัญของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรที่สมมติขึ้น $\mu_0$ และค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง ใช้ในกรณีที่ตัวอย่างมีขนาดใหญ่[8]โดยสมมติฐานการทดสอบคือ

$$H_0:\mu=0 \quad H_A:\mu\neq 0$$

ตัวสถิติทดสอบ คือ

$$Z=\frac{\bar{Y}-\mu_0}{S/\sqrt{n}} \qquad (6)$$

เมื่อ $\bar{Y}$ เป็นค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง

$\mu_0$ เป็นค่าเฉลี่ยของประชากรที่สมมุติขึ้นให้เท่ากับ 0

$S$ เป็นส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง

$n$ เป็นขนาดของตัวอย่าง

1.3 การทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนมีความแปรปรวนคงที่

1.3.1 การใช้กราฟเพื่อตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนมีความแปรปรวนคงที่หากความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่แล้ว กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนและค่าพยากรณ์จะมีการกระจายแบบสุ่มอยู่ในแนวนอนรอบ ๆ เส้นศูนย์กลางของกราฟ

1.3.2 การใช้สถิติทดสอบเพื่อตรวจสอบความคงที่ความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนใช้การทดสอบ Breusch-Pagan [8] วิธีนี้ใช้ในกรณีตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ซึ่งความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อน $\sigma_i^2$ มีความสัมพันธ์กับค่าของ $X_i$ ในรูป $\log\sigma_i^2=\gamma_0+\gamma_1X_i$ ถ้า $\gamma_1=0$ แล้วความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่ ดังนั้นสมมติฐานของการทดสอบ คือ $H_0:\gamma_1=0$ $H_A:\gamma_1\neq 0$ และสถิติทดสอบ คือ

$$\chi^2_{BP} = \left[ SSR^* / (q+1) \right] \div \left( SSE/n \right)^2 \quad (7)$$

เมื่อ $SSR^*$ คือผลบวกกำลังสองของสมการถดถอยที่มี $e^2$ เป็นค่าของตัวแปรตาม โดย $SSE$ คือผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อน ของสมการถดถอยที่มี $Y$ เป็นตัวแปรตามและ $X_1, X_2, ..., X_k$ เป็นค่าของตัวแปรอิสระของสมการถดถอยทั้งสอง โดย $\chi^2_{BP} \sim \chi^2_{\alpha,q}$ เมื่อ $q$ คือจำนวนตัวแปรอิสระ

ดังนั้นถ้า $\chi^2_{BP}$ มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าวิกฤต จึงสรุปได้ว่าค่าความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนไม่คงที่

1.4 การทดสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อน

เมื่อใดก็ตามที่การเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นไปตามลำดับของเวลาหรือลำดับใด ๆ อาจทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระกัน ซึ่งเรียกว่าข้อมูลมีสหสัมพันธ์ในตัว หรือการเกิด Autocorrelation

1.4.1 การใช้กราฟเพื่อตรวจสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อนสามารถทำได้โดยใช้แผนภาพการกระจายระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนของเวลาปัจจุบันกับค่าความคลาดเคลื่อนของเวลาที่ล่าช้าไป 1 หน่วยเวลา

1.4.2 การใช้สถิติทดสอบเพื่อตรวจสอบค่าความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อนใช้การทดสอบของ Durbin-Watson test [8] ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้ตัวแบบของความคลาดเคลื่อนมีสมการของการถดถอยในตัวอันดับที่ 1 คือ $\varepsilon_i = \varphi\varepsilon_{i-1} + u_i$ โดยที่ $\varphi$ เป็นพารามิเตอร์สหสัมพันธ์ในตัว และ $u_i$ เป็นตัวแปรสุ่มมีการแจกแจงปรกติที่เป็นอิสระกัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ $\sigma^2$ สมมติฐานที่ใช้ทดสอบคือ $H_0 : \varphi = 0$ และ $H_A : \varphi \neq 0$

ตัวสถิติทดสอบ คือ

$$d = \left\{ \sum_{i=2}^{n} \left( e_i - e_{i-1} \right)^2 \right\} \div \left\{ \sum_{i=1}^{n} e_i^2 \right\} \quad (8)$$

โดยที่ $e_i$ เป็นค่าความคลาดเคลื่อนของการถดถอยสำหรับหน่วยเวลา $i$

$e_{i-1}$ เป็นค่าความคลาดเคลื่อนของการถดถอยสำหรับหน่วยเวลาที่ $i-1$

$n$ เป็นจำนวนของหน่วยเวลาที่ใช้ในตัวแบบการถดถอย

ซึ่งขอบเขตวิกฤตสำหรับการทดสอบนี้หาได้จากตารางค่าวิกฤตสำหรับการทดสอบ Durbin-Watson

**2. การแปลงข้อมูลกรณีไม่ผ่านข้อตกลงเบื้องต้น**

การแปลงข้อมูล[10] หมายถึง การเปลี่ยนแปลงสภาพของข้อมูลที่ศึกษา ให้มีการแจกแจงปรกติหรือทำให้ความแปรปรวนมีค่าคงที่ การแปลงข้อมูลมีวัตถุประสงค์เพื่อแปลงข้อมูลเป็นมาตราใหม่ แล้วข้อมูลที่ได้จากการแปลงมีการแจกแจงปรกติหรือใกล้เคียงกับการแจกแจงปรกติ ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของข้อมูลที่แปลงเป็นอิสระต่อกันจะทำให้ความแปรปรวนมีค่าคงที่ หากข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ไม่ผ่านข้อตกลงเบื้องต้นของวิธีการวิเคราะห์นั้นๆ ก็สามารถที่จะแปลงข้อมูลให้เหมาะสมกับข้อตกลงเบื้องต้นของวิธีการวิเคราะห์หรือพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ที่ดีกว่าขึ้นมาใหม่[3]การแปลงข้อมูลกระทำได้โดยการยกกำลังข้อมูลเดิม โดยประมาณตัวยกกำลังตามเกณฑ์ที่กำหนดจากความสัมพันธ์ระหว่างความแปรปรวนที่เป็นสัดส่วนกับ

ค่าเฉลี่ยของประชากรในแต่ละทรีทเมนต์โดยที่ $k$ เป็นค่าคงที่โดยมีเกณฑ์ดังนี้

1. การแปลงโดยใช้รากที่สอง (Square Root Transformation)ถ้าข้อมูลที่มีความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยเป็นสัดส่วนกัน นั่นคือ $\sigma^2 = k\mu$ การแปลงข้อมูลโดยใช้ $Y^* = \sqrt{Y}$ เมื่อ $Y$ เป็นค่าสังเกตเดิม และ $X_1^* = \sqrt{X_1}$ เมื่อ $X_1$ เป็นค่าสังเกตเดิม

2. การแปลงโดยใช้ลอการิทึม (Logarithmic transformation)ถ้าข้อมูลมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าเฉลี่ยเป็นสัดส่วนกัน นั่นคือ $\sigma = k\mu$ การแปลงข้อมูลโดยใช้ $Y^* = log(Y)$ และ $X_1^* = log(X_1)$

3. การแปลงโดยรากที่สองของการกลับเศษส่วน(Reciprocal root transformation)ถ้าข้อมูลมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าเฉลี่ยยกกำลังสามส่วนสองเป็นสัดส่วนกัน นั่นคือ $\sigma = k\mu^{3/2}$ การแปลงข้อมูลโดยใช้ $Y^* = 1/\sqrt{Y}$ และ $X_1^* = 1/\sqrt{X_1}$

4. การแปลงโดยใช้เศษส่วน (Reciprocaltransformation)ถ้าข้อมูลมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าเฉลี่ยยกกำลังสองเป็นสัดส่วนกัน นั่นคือ $\sigma = k\mu^2$ การแปลงข้อมูลโดยใช้ $Y^* = 1/Y$ และ $X_1^* = 1/X_1$

ในงานวิจัยนี้ จากการตรวจสอบค่าข้อมูลของตัวแปร $Y$ และตัวแปร $X_1$ มีความสัมพันธ์กันในรูปแบบที่ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าเฉลี่ยยกกำลังสองเป็นสัดส่วนกัน จึงเลือกรูปแบบการแปลงข้อมูลโดยใช้เศษส่วน คือ $Y^* = 1/Y$ และ $X_1^* = 1/X_1$

## วิธีดำเนินการวิจัย

**1. จำลองข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ**

ในการดำเนินการวิจัย คณะผู้วิจัยศึกษาจากตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณที่มีตัวแปรตาม $Y$ เป็นตัวแปรเชิงปริมาณ 1 ตัว ตัวแปรอิสระ $X_1$ เป็นตัวแปรเชิงปริมาณ 1 ตัวและตัวแปรอิสระ $X_2$ ที่เป็นตัวแปรเชิงคุณภาพ 1 ตัว โดย $X_2$ เป็นตัวแปรเชิงคุณภาพที่มี 2 ลักษณะ ในสมการถดถอยทุกตัวแบบแล้วเพิ่มจำนวนตัวแปรอิสระที่เป็นตัวแปรเชิงคุณภาพครั้งละ 1 ตัว พร้อมทั้งจำนวนลักษณะของตัวแปรเชิงคุณภาพเพิ่มขึ้นครั้งละ 1 ลักษณะด้วย จนกระทั่งแนวโน้มของผลการวิเคราะห์เป็นไปในทิศทางเดียวกัน ในแต่ละตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณได้มีการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น แล้ววิเคราะห์ข้อมูลของตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ แบ่งเป็นการวิเคราะห์3กรณีศึกษา โดยทุก ๆ ตัวแบบของการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณดำเนินการหาค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และกำลังการทดสอบ ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการเริ่มจากทำการจำลองข้อมูลของตัวแปร $Y$ เป็นข้อมูลเชิงปริมาณที่มีทศนิยม 2 ตำแหน่งและอยู่ในช่วง 1 ถึง 5จำลองข้อมูลของตัวแปร $X_1$ เป็นข้อมูลเชิงปริมาณที่มีค่าเป็นจำนวนเต็มและมีอยู่ช่วง 1 ถึง 10จากนั้นจำลองข้อมูลของตัวแปร $X_2, X_3, \ldots$ เป็นตัวแปรเชิงคุณภาพ โดย $X_2$ เป็นตัวแปรเชิงคุณภาพที่มี 2 ลักษณะ แล้วจำลองตัวแปรเชิงคุณภาพเพิ่มครั้งละ 1 ตัวแปร พร้อมทั้งเพิ่มจำนวนลักษณะของตัวแปรเชิงคุณภาพครั้งละ 1 ลักษณะจำนวน 1,000 ชุด โดยใช้โปรแกรมR จากนั้นทำการแปลง $X_2, X_3, \ldots$ ให้เป็นตัวแปรเทียม (Dummy variables) การวิเคราะห์ข้อมูลมีการดำเนินการ 3 กรณีดังนี้

กรณีที่ 1วิเคราะห์ตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณโดยไม่มีการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น ขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

1) ทำการสุ่มข้อมูลที่ได้จากการจำลองแบบใส่คืนสำหรับตัวแปร $Y$ , $X_1$ และ $X_2$ ตัวแปรละ 400 ค่า

2) จากตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณคือ

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \varepsilon \qquad (9)$$

ทำการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับสัมประสิทธิ์ของการถดถอยในตัวแบบว่ามีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่

3)ตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และกำลังการทดสอบ

4)ทำซ้ำตามขั้นตอนที่ 1-3จนกระทั่งครบ 10,000 รอบ จากนั้นคำนวณหาสัดส่วนของค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และสัดส่วนของกำลังการทดสอบ

5)ทำการสุ่มข้อมูลแบบใส่คืนสำหรับตัวแปร $Y$ , $X_1$ , $X_2$ และ $X_3$ ตัวแปรละ400 ค่าทำซ้ำตามขั้นตอนที่ 2-5โดยสุ่มข้อมูลของตัวแปรเชิงคุณภาพจากโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติเพิ่มครั้งละ 1 ตัวแปร คือ ตัวแปร $X_4, X_5, \ldots$ ตามลำดับ

กรณีที่ 2วิเคราะห์ตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณโดยตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น ทำการแปลงค่าข้อมูลตัวแปรตามกรณีไม่ผ่านข้อตกลงเบื้องต้น มีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

1) ตรวจสอบการแจกแจงของตัวแปร $Y$ ที่ได้จากการจำลองข้างต้น โดยใช้กราฟและใช้สถิติทดสอบถ้าพบว่าตัวแปร $Y$ ไม่มีการแจกแจงปรกติ จะทำการแปลงค่าข้อมูลตัวแปร $Y$ ได้เป็น $Y^* = 1/Y$ คือ ใช้เศษส่วน เมื่อทดสอบ $Y^*$ ได้ $Y^*$ มีการแจกแจงปรกติ

2)วิเคราะห์ข้อมูลจากตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ คือ

$$Y^* = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \varepsilon \qquad (10)$$

3) ตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของค่าความคลาดเคลื่อนทั้ง 4 ข้อโดยใช้กราฟและใช้ตัวสถิติทดสอบ หากไม่ผ่านข้อตกลงเบื้องต้นให้ย้อนกลับไปพิจารณาการแปลงค่าข้อมูลตัวแปร $Y$ ในขั้นตอนที่ 1

4) ทำการสุ่มข้อมูลแบบใส่คืน สำหรับตัวแปร $Y^*$, $X_1$ และ $X_2$ ตัวแปรละ 400 ค่า

5) ทำการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับสัมประสิทธิ์ของการถดถอยในตัวแบบ (10) ว่ามีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่

6) ตรวจสอบค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และกำลังการทดสอบ

7)ทำซ้ำตามขั้นตอนที่ 1-6 จนกระทั่งครบ 10,000รอบจากนั้นคำนวณหาสัดส่วนของค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และสัดส่วนของกำลังการทดสอบ

8) ทำการสุ่มข้อมูลแบบใส่คืน สำหรับตัวแปร $Y^*$, $X_1$ , $X_2$ และ $X_3$ ตัวแปรละ 400 ค่า ทำซ้ำตามขั้นตอนที่4-8 โดยสุ่มข้อมูลของตัวแปรเชิงคุณภาพจากโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติเพิ่มครั้งละ 1 ตัวแปร คือ ตัวแปร $X_4, X_5, \ldots$ ตามลำดับ

กรณีที่ 3วิเคราะห์ตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณโดยตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น ทำการแปลงค่าข้อมูลของตัวแปรตามและตัวแปรอิสระที่เป็นตัวแปรเชิงปริมาณ กรณีไม่ผ่านข้อตกลงเบื้องต้น

1) ตรวจสอบการแจกแจงของตัวแปร $X_1$ ที่ได้จากการจำลองข้างต้น โดยใช้กราฟและใช้สถิติทดสอบ ถ้าพบว่าตัวแปร $X_1$ ไม่มีการแจกแจงปรกติ จะทำการแปลงค่าข้อมูลตัวแปร $X_1$ ได้เป็น $X_1^* = 1/X_1$ คือใช้เศษส่วน เมื่อทดสอบ $X_1^*$ ได้ $X_1^*$ มีการแจกแจงปรกติ

2) วิเคราะห์ข้อมูลจากตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ คือ

$$Y^* = \beta_0 + \beta_1(X_1^*) + \beta_2 X_2 + \varepsilon \qquad (11)$$

โดยใช้ $Y^*$ ที่ได้จากขั้นตอนที่ 1) ในกรณีที่ 2

3) ตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของค่าความคลาดเคลื่อนทั้ง 4 ข้อโดยใช้กราฟและใช้ตัวสถิติทดสอบ หากไม่ผ่านข้อตกลงเบื้องต้นให้ย้อนกลับไปพิจารณาการแปลงค่าข้อมูลตัวแปร $X_1$ ในขั้นตอนที่ 1)

4) ทำการสุ่มข้อมูลแบบใส่คืนสำหรับตัวแปร $Y^*$, $X_1^*$ และ $X_2$ ตัวแปรละ 400 ค่า

5) ทำการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับสัมประสิทธิ์ของการถดถอยในตัวแบบ (11) ว่ามีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่

6) ตรวจสอบค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และกำลังการทดสอบ

7)ทำซ้ำตามขั้นตอนที่ 1-6 จนกระทั่งครบ 10,000รอบจากนั้นคำนวณหาสัดส่วนของค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และค่าสัดส่วนของกำลังการทดสอบ

8)ทำการสุ่มข้อมูลแบบใส่คืนสำหรับตัวแปร $Y^*$, $X_1^*$, $X_2$ และ $X_3$ ตัวแปรละ 400 ค่า ทำซ้ำตามขั้นตอนที่ 4-8 โดยสุ่มข้อมูลของตัวแปรเชิงคุณภาพจากโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติเพิ่มครั้งละ 1 ตัวแปร คือ ตัวแปร $X_4, X_5, \ldots$ ตามลำดับ

**2. เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ**

การพิจารณาประสิทธิภาพของตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณในแต่ละกรณี มีขั้นตอนดังนี้

2.1 พิจารณาค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่1 (T1)จากผลการวิเคราะห์ทั้ง 3 กรณีโดยใช้เกณฑ์ Bradley [11] สถิติทดสอบจะควบคุมค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ก็ต่อเมื่อ T1จากผลการทดลองอยู่ในช่วง[0.5$\alpha$ , 1.5$\alpha$ ] สถิติทดสอบจากตัวแบบการถดถอยที่สามารถควบคุมค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จะนำมาพิจารณาค่ากำลังการทดสอบต่อไป

2.2 เปรียบเทียบกำลังการทดสอบ(PW)จากตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณในแต่ละกรณีที่สามารถควบคุมค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ โดยเลือกสถิติทดสอบจากตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณที่มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด เป็นตัวแบบที่ดีที่สุด

## ผลการวิจัย

พิจารณาผลการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบ และพิจารณาค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และกำลังการทดสอบ 3 กรณีเมื่อตัวแบบการถดถอยมีตัวแปรอิสระ 2 ถึง 8 ตัว ได้ผลดังนี้

**Table1.**The results of the assumptions checking of the regression models in 3cases with2 to 8independent variables

| Cases | Significance levels | Normality | Expected = 0 | Homoscedasticity | No Autocorrelation |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.10<br>0.05<br>0.01 | Not Passed | Passed | Passed* | Passed |
| 2 | 0.10<br>0.05<br>0.01 | Passed | Passed | Passed | Passed |
| 3 | 0.10<br>0.05<br>0.01 | Passed | Passed | Passed | Passed |

*Passed only when the models contained up to 4 independent variables.

จาก Table1กรณีที่ 1เมื่อตัวแบบการถดถอยไม่มีการแปลงค่าข้อมูลพบว่าตัวแบบการถดถอยที่มีตัวแปรอิสระ 2, 3 และ 4 ตัว ค่าความคลาดเคลื่อนไม่มีการแจกแจงปรกติ แต่ค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ ความแปรปรวนคงที่และเป็นอิสระต่อกัน และเมื่อตัวแบบการถดถอยมีตัวแปรอิสระ5,6,7 และ 8 ตัว ค่าความคลาดเคลื่อนไม่มีการแจกแจงปรกติและมีความแปรปรวนไม่คงที่ แต่ค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์และเป็นอิสระต่อกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.10,0.05และ 0.01 กรณีที่ 2และ 3เมื่อพิจารณาตัวแบบการถดถอยที่มีการแปลงค่าข้อมูลตัวแปรตาม และตัวแบบการถดถอยที่มีการแปลงค่าข้อมูลตัวแปรตามและตัวแปรอิสระที่เป็นตัวแปรเชิงปริมาณนั้นให้ค่าความคลาดเคลื่อนจากตัวแบบที่ผ่านข้อตกลงเบื้องต้นทุกข้อที่ระดับนัยสำคัญ 0.10, 0.05และ 0.01

ผลจากการหาค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และกำลังการทดสอบ 3 กรณีเมื่อตัวแบบการถดถอยมีตัวแปรอิสระ 2 ถึง 8 ตัว ได้ผลใน Table2 ดังนี้

**Table2.**The probability of type I errors and the power of a test in 3 cases of the regression models with 2 to 8 independent variables

| Number of Xi | Significance levels | Measurements | Case 1 | Case 2 | Case 3 |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 0.10 | T1 (PW) | 0.0988* (0.8545) | 0.0745* (0.8550) | 0.0732* (0.8565)** |
| | 0.05 | T1 (PW) | 0.0612* (0.9119) | 0.0440* (0.9167) | 0.0395* (0.9217)** |
| | 0.01 | T1 (PW) | 0.0020 (0.9879) | 0.0019 (0.9886) | 0.0017 (0.9913) |
| 3 | 0.10 | T1 (PW) | 0.0776* (0.7782) | 0.0564* (0.7864) | 0.0534* (0.7970)** |
| | 0.05 | T1 (PW) | 0.0533* (0.8570) | 0.0348* (0.8618) | 0.0293* (0.8682)** |
| | 0.01 | T1 (PW) | 0.0019 (0.9686) | 0.0018 (0.9709) | 0.0015 (0.9708) |
| 4 | 0.10 | T1 (PW) | 0.0559* (0.6580) | 0.0536* (0.6621) | 0.0501* (0.6916)** |
| | 0.05 | T1 (PW) | 0.0436* (0.7836) | 0.0281* (0.7916) | 0.0275* (0.8003)** |
| | 0.01 | T1 (PW) | 0.0017 (0.9401) | 0.0017 (0.9421) | 0.0014 (0.9423) |
| 5 | 0.10 | T1 (PW) | 0.0397 (0.5850) | 0.0306 (0.5607) | 0.0294 (0.5639) |

| Number of Xi | Significance levels | Measurements | Case 1 | Case 2 | Case 3 |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 0.05 | T1 | 0.0323* | 0.0259* | 0.0242 |
| | | (PW) | (0.7101) | (0.7222)** | (0.7204) |
| | 0.10 | T1 | 0.0013 | 0.0012 | 0.0010 |
| | | (PW) | (0.9217) | (0.9030) | (0.9060) |
| | 0.05 | T1 | 0.0268 | 0.0207 | 0.0202 |
| | | (PW) | (0.5096) | (0.5013) | (0.4954) |
| | 0.01 | T1 | 0.0254* | 0.0167 | 0.0161 |
| | | (PW) | (0.6758)** | (0.6757) | (0.6719) |
| 7 | 0.10 | T1 | 0.0011 | 0.0009 | 0.0008 |
| | | (PW) | (0.8552) | (0.8651) | (0.8620) |
| | 0.05 | T1 | 0.0168 | 0.0112 | 0.0119 |
| | | (PW) | (0.4310) | (0.4299) | (0.4285) |
| | 0.01 | T1 | 0.0179 | 0.0124 | 0.0121 |
| | | (PW) | (0.6185) | (0.6178) | (0.6175) |
| 8 | 0.10 | T1 | 0.0011 | 0.0007 | 0.0007 |
| | | (PW) | (0.8097) | (0.8177) | (0.7586) |
| | 0.05 | T1 | 0.0092 | 0.0078 | 0.0070 |
| | | (PW) | (0.3801) | (0.3798) | (0.3751) |
| | 0.01 | T1 | 0.0114 | 0.0090 | 0.0076 |

*The probability of Type I errors could be controlled.
**The highest power of a test among3 cases when the probability of type I errors could be controlled.

ผลที่ได้จาก Table2 ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ของตัวแบบการถดถอยมีตัวแปรอิสระ 2 ถึง 4 ตัว พบว่าตัวแบบการถดถอยนั้นมีค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 อยู่ในช่วง [0.05, 0.15] และ [0.025, 0.075] ตามลำดับ ทั้ง3 กรณี โดยมีแนวโน้มของค่าความน่าจะเป็นของความ

คลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ลดลงเมื่อมีการแปลงค่าข้อมูลของตัวแปรตาม และตัวแปรอิสระที่เป็นตัวแปรเชิงปริมาณ

เมื่อพิจารณาค่ากำลังการทดสอบของตัวแบบการถดถอยพบว่ากรณีที่ 3 การวิเคราะห์ตัวแบบการถดถอยโดยตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น ทำการแปลงค่าข้อมูลตัวแปรตามและค่าข้อมูลตัวแปรอิสระที่เป็นตัวแปรเชิงปริมาณ กรณีที่ไม่ผ่านข้อตกลงเบื้องต้น ให้ค่ากำลังการทดสอบสูงที่สุดที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 และ 0.05 โดยมีแนวโน้มของกำลังการทดสอบเพิ่มขึ้นเมื่อมีการแปลงค่าข้อมูลของตัวแปรตาม และตัวแปรอิสระที่เป็นตัวแปรเชิงปริมาณ แต่ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวแบบการถดถอยมีตัวแปรอิสระ 5 ตัว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 พบว่าทุกกรณีตัวแบบการถดถอยให้ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ไม่อยู่ในช่วง [0.05, 0.15] จึงไม่ทำการพิจารณากำลังการทดสอบในทุกกรณี ส่วนที่ระดับนัยสำคัญ0.05 พบว่าตัวแบบการถดถอยมีค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 อยู่ในช่วง [0.025, 0.075] เฉพาะกรณีที่ 1 การวิเคราะห์ตัวแบบการถดถอยโดยไม่ตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น และกรณีที่ 2 การวิเคราะห์ตัวแบบการถดถอยโดยตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น ทำการแปลงค่าข้อมูลตัวแปรตาม กรณีที่ไม่ผ่านข้อตกลงเบื้องต้น โดยมีแนวโน้มของค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ลดลงเมื่อมีการแปลงค่าข้อมูล เมื่อพิจารณาค่ากำลังการทดสอบของตัวแบบการถดถอยพบว่ากรณีที่ 2 การวิเคราะห์ตัวแบบการถดถอยโดยตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น ทำการแปลงค่าข้อมูลตัวแปรตาม กรณีที่ไม่ผ่านข้อตกลงเบื้องต้นให้ค่ากำลังการทดสอบสูงที่สุด เมื่อพิจารณาค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวแบบการถดถอยมีตัวแปรอิสระ 6 ตัวที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 พบว่าทุกกรณีตัวแบบการถดถอยให้ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ไม่อยู่ในช่วง [0.05, 0.15]จึงไม่ทำการพิจารณากำลังการทดสอบในทุกกรณี ส่วนที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่าตัวแบบการถดถอยมีค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 อยู่ในช่วง [0.025, 0.075] ในกรณีที่ 1 การวิเคราะห์ตัวแบบการถดถอยโดยไม่ตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น เพียงกรณีเดียวโดยมีกำลังการทดสอบสูงที่สุด และเมื่อพิจารณาค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวแบบการถดถอย 3 กรณี เมื่อตัวแบบการถดถอยมีตัวแปรอิสระ 7 ถึง 8 ตัว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 และ 0.05 พบว่าทุกกรณี ตัวแบบการถดถอยนั้นให้ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ไม่อยู่ในช่วง [0.05, 0.15] และ [0.025, 0.075] ตามลำดับ จึงไม่ทำการพิจารณากำลังการทดสอบในทุกกรณี ส่วนที่ระดับนัยสำคัญ0.01 พบว่าตัวแบบการถดถอยทุกกรณี เมื่อมีตัวแปรอิสระ 2 ถึง 8ตัว มีค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ไม่อยู่ในช่วง [0.005, 0.015]จึงไม่ทำการพิจารณากำลังการทดสอบในทุกกรณี

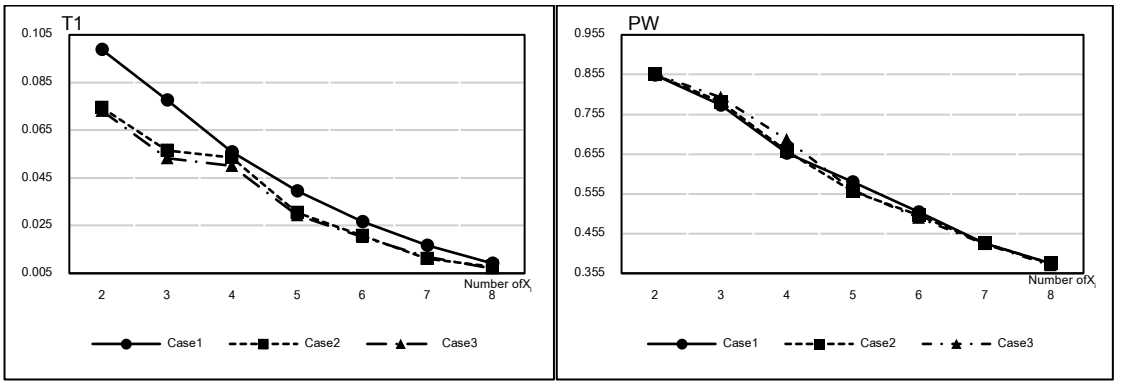


**Figure1**.The probability of type I errors and the power of a test of 3cases for the regression model with2- 8independent variables for a significance level of 0.10

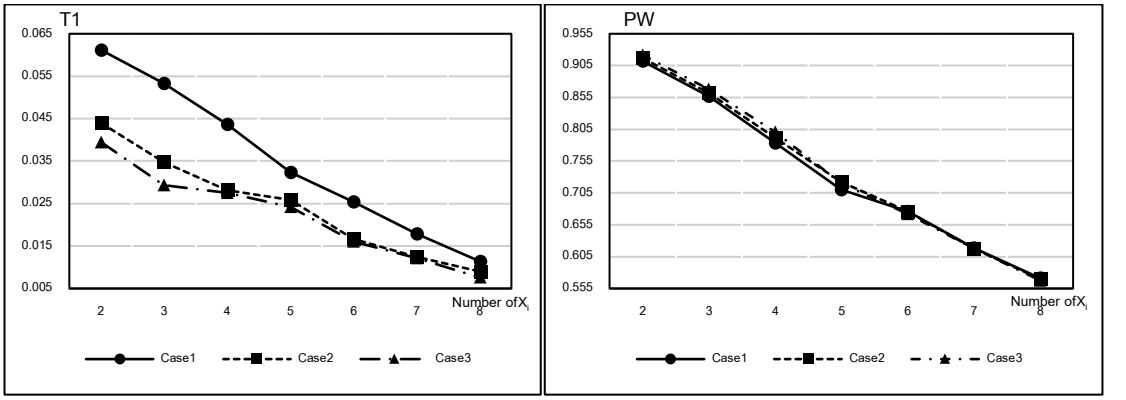


**Figure 2**.The probability of type I errors and the power of a test of 3cases for the regression model with2 to 8independent variables for a significance level of 0.05

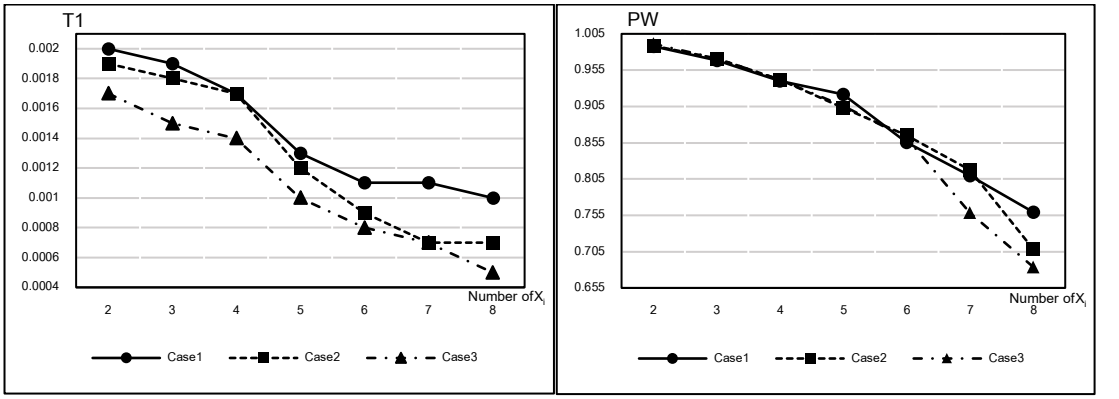


**Figure 3**.The probability of type I errors and the power of a test of 3cases for the regression model with2to8independent variables for a significance level of 0.01

จาก Figure 1, Figure 2 และ Figure 3 พิจารณาค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวแบบการถดถอย 3 กรณี เมื่อตัวแบบการถดถอยมีตัวแปรอิสระ 2 ถึง 8 ตัว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10,0.05และ 0.01 พบว่าทุกกรณี ตัวแบบการถดถอยนั้นมีแนวโน้มค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ลดลงเมื่อมีจำนวนตัวแปรอิสระที่เป็นตัวแปรเชิงคุณภาพเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณากำลังการทดสอบของตัวแบบการถดถอย 3 กรณี เมื่อตัวแบบการถดถอยมีตัวแปรอิสระ 2 ถึง 8 ตัว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10,0.05 และ 0.01 พบว่าทุกกรณีตัวแบบการถดถอยนั้น มีแนวโน้มค่ากำลังการทดสอบลดลงเมื่อมีจำนวนตัวแปรอิสระที่เป็นตัวแปรเชิงคุณภาพเพิ่มขึ้น

## อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยในการวิเคราะห์ตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ กรณีที่ตัวแปรอิสระเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพ จากกรณีศึกษา 3 กรณี เมื่อมีจำนวนตัวแปรอิสระในตัวแบบ 2 ถึง 4 ตัว การวิเคราะห์ตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณสามารถควบคุมค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 และ0.05 ซึ่งกรณีที่ 3 วิเคราะห์ตัวแบบการถดถอยโดยตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น ทำการแปลงค่าข้อมูลตัวแปรตามและตัวแปรอิสระที่เป็นตัวแปรเชิงปริมาณ กรณีที่ไม่ผ่านข้อตกลงเบื้องต้นเป็นตัวแบบที่ให้กำลังการทดสอบสูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของดวงพร หัชชะวณิช[12] ที่ผลสรุปคือในการเลือกใช้สถิติทดสอบที่สามารถควบคุมการเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ และให้อำนาจการทดสอบมากที่สุด เมื่อประชากรมีการแจกแจงปรกติ และสอดคล้องกับงานวิจัยของวรรณพร จันโทภาสและจิราวัลย์ จิตรถเวช [13] ที่ผลสรุปคือการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดจะต้องควบคุมความคลาดเคลื่อน $(\varepsilon_i)$ ให้เป็นไปตามข้อตกลง พิจารณาเมื่อความคลาดเคลื่อนเกิดปัญหาความแปรปรวนไม่คงที่ (Heteroscedasticity) ซึ่งไม่เป็นไปตามข้อตกลงข้อหนึ่งในการควบคุมความคลาดเคลื่อนทำให้ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยที่ได้ไม่มีประสิทธิภาพ อีกทั้งสอดคล้องกับงานวิจัยของจิรภา โคมเดือน และอัชฌา อระวีพร [14] ที่กล่าวไว้ว่าในการเลือกใช้สถิติให้เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลที่สำคัญประการหนึ่งคือผู้วิจัยต้องมีความรู้เกี่ยวกับข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption) ของสถิติแต่ละตัวซึ่งก็มีลักษณะของข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์แตกต่างกันไปเมื่อมีจำนวนตัวแปรอิสระในตัวแบบ 5 ตัว การวิเคราะห์ตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณสามารถควบคุมค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เฉพาะกรณีที่ 1 และ 2ซึ่งกรณีที่ 2 วิเคราะห์ตัวแบบการถดถอยโดยตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น ทำการแปลงค่าข้อมูลตัวแปรตาม กรณีที่ไม่ผ่านข้อตกลงเบื้องต้น เป็นตัวแบบที่ให้กำลังการทดสอบสูงที่สุดเมื่อมีจำนวนตัวแปรอิสระในตัวแบบ 6ตัว การวิเคราะห์ตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณสามารถควบคุมค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เฉพาะกรณีที่ 1 วิเคราะห์ตัวแบบการถดถอยที่ตัวแบบการถดถอยไม่ตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น เป็นตัวแบบที่ให้กำลังการทดสอบสูงที่สุดเมื่อมีจำนวนตัวแปรอิสระในตัวแบบ 7 ตัวถึง 8 ตัว ไม่มีกรณีศึกษาใดที่สามารถควบคุมค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ จึงไม่พิจารณาค่ากำลังการทดสอบ อีกทั้งค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และกำลังการทดสอบมีค่าค่อย ๆ ลดลงเมื่อมีจำนวนตัวแปรอิสระที่เป็นตัวแปรเชิงคุณภาพเพิ่มมากขึ้น

## สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษา พบว่ากรณีที่ 1วิเคราะห์ตัวแบบการถดถอยโดยไม่ตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นนั้น สามารถควบคุมค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 และ 0.05 ที่มีจำนวนตัวแปรอิสระในตัวแบบ 2 ถึง 4 ตัว ส่วนตัวแบบที่มีตัวแปรอิสระจำนวน 5ถึง 6 ตัว สามารถควบคุมค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ได้เฉพาะที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เท่านั้น กรณีที่ 2 วิเคราะห์ตัวแบบการถดถอยโดยตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น ทำการแปลงค่าข้อมูลตัวแปรตาม กรณีที่ไม่ผ่านข้อตกลงเบื้องต้น สามารถควบคุมค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 และ 0.05 เมื่อมีจำนวนตัวแปรอิสระในตัวแบบ 2 ถึง 4 ตัว เมื่อตัวแปรอิสระมีจำนวน 5 ตัว สามารถควบคุมค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เฉพาะที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เท่านั้น และกรณีที่ 3 วิเคราะห์ตัวแบบการถดถอยโดยตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น ทำการแปลงค่าข้อมูลตัวแปรตามและตัวแปรอิสระที่เป็นข้อมูลเชิงปริมาณ กรณีที่ไม่ผ่านข้อตกลงเบื้องต้นสามารถควบคุมค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 และ 0.05เมื่อมีจำนวนตัวแปรอิสระในตัวแบบ 2 ถึง 4 ตัว โดยพบว่าทุกกรณีตัวแบบการถดถอยนั้นมีแนวโน้มค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ลดลง เมื่อมีจำนวนตัวแปรอิสระที่เป็นตัวแปรเชิงคุณภาพเพิ่มขึ้น ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 และ 0.05 และจากผลการเปรียบเทียบกำลังการทดสอบ พบว่ากรณีที่ 3 วิเคราะห์ตัวแบบการถดถอยโดยตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น ทำการแปลงค่าข้อมูลตัวแปรตามและตัวแปรอิสระที่เป็นข้อมูลเชิงปริมาณ กรณีที่ไม่ผ่านข้อตกลงเบื้องต้นเป็นตัวแบบที่เหมาะสมเมื่อมีจำนวนตัวแปรอิสระในตัวแบบ 2 ถึง 4 ตัว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 และ 0.05 แต่เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระในตัวแบบมี 5 ตัว พบว่ากรณีที่ 2 วิเคราะห์ตัวแบบการถดถอยโดยตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น ทำการแปลงค่าข้อมูลตัวแปรตาม กรณีที่ไม่ผ่านข้อตกลงเบื้องต้นเป็นตัวแบบที่เหมาะสม ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ส่วนเมื่อจำนวนตัวแปรอิสระในตัวแบบมีจำนวน 6 ตัว พบว่ากรณีที่ 1 วิเคราะห์ตัวแบบการถดถอยโดยไม่ตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นเป็นตัวแบบที่เหมาะสม เฉพาะที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และเมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเชิงคุณภาพในตัวแบบมีจำนวนเพิ่มขึ้นไม่มีตัวแบบใดมีความเหมาะสมโดยพบว่าทุกกรณีตัวแบบการถดถอยนั้น มีแนวโน้มของค่ากำลังการทดสอบลดลงเมื่อมีจำนวนตัวแปรอิสระที่เป็นตัวแปรเชิงคุณภาพเพิ่มขึ้น ตัวแบบที่เหมาะสม เมื่อพิจารณาจำนวนตัวแปรอิสระในตัวแบบ 2 ถึง 8 ตัว พบว่าไม่มีตัวแบบใดเหมาะสมทุกกรณี เนื่องจากไม่สามารถควบคุมค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 (Table3)

**Table3**.Appropriate regression model for each situation

| Number of $X_i$ | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\alpha = 0.10$ | Case3 | | | NULL | | NULL | |
| $\alpha = 0.05$ | | | | Case 2 | Case 1 | | |
| $\alpha = 0.01$ | NULL | | | | | | |

**NULL**:No appropriate model

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณความอนุเคราะห์ทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทคณะฯ จากเงินงบประมาณรายได้มหาวิทยาลัยรามคำแหงประจำปีงบประมาณ 2561

## เอกสารอ้างอิง

1. ณัฐวดี อุณยะวงศ์และประสบชัย พสุนนท์. 2559. ความสัมพันธ์ของลักษณะประชากรศาสตร์และส่วนประสมทางการตลาดบริการต่อพฤติกรรมการเลือกซื้อบ้านจัดสรรของผู้บริโภค อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี.*Veridian E-Journal.Silpakorn University*.ฉบับภาษาไทย มนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และศิลปะ. 9(3): 1221-1241.
2. กัลยา วานิชย์บัญชา. 2539. *การวิเคราะห์สถิติ: สถิติเพื่อการตัดสินใจ*. กรุงเทพมหานคร:โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
3. Tukey, J. W.1957. On the comparative anatomy of transformations.*Ann. Math. Statist*.28(3): 602-632.
4. Montgomery, D.C.2001. Design and analysis of experiments.*J. Anim. Sci*. 79(4): 884-894.
5. Montgomery, D.C., Elizabeth, A.P. and Vining, G.G.2006. *Introduction to Linear Regression Analysis (Fourth Edition)*. U.S.A.A John Willey & Sons, Inc.
6. Freedman, D., Pisani, R. and Purves, R. 2007. *Statistics (Fourthed.)*. New York: W.W. Norton& Company, Inc.
7. Henry, C. T.2002. *Testing for Normality*. New York: CRC Press.
8. สายชล สินสมบูรณ์ทอง.2553.*การทดสอบเชิงสถิติ (Statistical Tests)*.กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
9. Stephens, M. A. 1974. EDF statistics for goodness of fit and some comparisons.*Journal of the American Statistical Association*. 69: 730-737.
10. ทรงพล รดิศพงศ์. 2555. การแปลงข้อมูลผลการวิจัยโดยวิธีทางสถิติ. โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม.*วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ*. 60(189): 16-19.
11. Bradley, J. V. 1978. Robustness?.*British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*. 31(2): 144-152.
12. ดวงพร หัชชะวณิช. 2560. การเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนแบบใช้พารามิเตอร์และแบบไม่ใช้พารามิเตอร์. *วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. 26(1): 106-117.
13. วรรณพร จันโทภาสและจิราวัลย์ จิตรถเวช. 2555. การเปรียบเทียบการทดสอบและวิธีแก้ปัญหาความแปรปรวนไม่คงที่ของความคลาดเคลื่อนในการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*.17(1): 97-107.
14. จิรภา โคมเดือน และอัชฌา อระวีพร. 2560. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติที่ใช้ทดสอบค่าเฉลี่ยของ 3 ประชากร ในกรณีที่ความแปรปรวนไม่เท่ากัน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์*. 25(6): 918-928.