บทที่ 2
กรอบแนวคิดทางทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาในครั้งนี้มีทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาหลายทฤษฎี ทั้งทฤษฎีอุปสงค์ที่อธิบายถึงความต้องการบริโภคสินค้าและบริการของผู้บริโภค ทฤษฎีแบบจำลองพฤติกรรมผู้บริโภคที่อธิบายถึงเหตุจูงใจที่ทำให้เกิดการตัดสินใจบริโภคสินค้าและบริการ ทฤษฎีการประมาณค่าสมการถดถอยที่มีตัวแปรตามเป็นตัวแปรหุ่นที่อธิบายถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรตามบางลักษณะที่มีลักษณะเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพซึ่งประกอบด้วย 2 ทางเลือก หรือมากกว่า

2.1 ทฤษฎีอุปสงค์ (Demand Theory)

อุปสงค์หรือปริมาณซื้อในทางเศรษฐศาสตร์ หมายถึง “อุปสงค์ที่มีประสิทธิผล” (Effective Demand) คือเป็นอุปสงค์ที่มีการซื้อขายเกิดขึ้นแล้วจริงๆ ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อผู้บริโภคมีความปรารถนา (Desire) ที่จะบริโภคสินค้าและบริการชนิดใดแล้วผู้บริโภคจะต้องมีความสามารถและความเต็มใจที่จะซื้อหา (Ability And Willingness to Pay) สินค้าและบริการชนิดนั้นมาตอบสนองความต้องการของตนเองให้ได้ ทั้งนี้หากพิจารณาถึงพฤติกรรมของผู้บริโภคแต่ละคนแล้วจะพบว่าตามปกติ ผู้บริโภคทุกคนย่อมมีความปรารถนาที่จะได้รับความพอใจสูงสุดในการบริโภคสินค้าและบริการจากการใช้จ่ายรายได้ที่เขามีอยู่ ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออุปสงค์ต่อสินค้ามีหลายอย่าง ปัจจัยที่สำคัญคือ ราคาสินค้าชนิดนั้น ราคาสินค้าชนิดอื่นที่เกี่ยวข้อง รสนิยมของผู้บริโภค และรายได้ของผู้บริโภค

ความสัมพันธ์ระหว่างอุปสงค์และปัจจัยต่างๆ สามารถแสดงเป็นฟังก์ชันอุปสงค์ ได้ว่า

$$Qx = f[Px, Py, Y, T, \ldots\ldots\ldots\ldots]$$

Qx = ปริมาณซื้อสินค้า X

Px = ราคาสินค้า X

Py = ราคาสินค้าY (ราคาสินค้าอื่นที่เกี่ยวข้อง)

Y = รายได้ของผู้บริโภค

T = รสนิยม

ปริมาณซื้อสินค้าและบริการชนิดใดชนิดหนึ่งขึ้นอยู่กับราคาของสินค้าและบริการชนิดนั้น (Px) กล่าวคือ เมื่อราคาของสินค้าและบริการเพิ่มสูงขึ้น ปริมาณซื้อสินค้าและบริการจะลดลง แต่ถ้าราคาของสินค้าและบริการลดต่ำลง ปริมาณซื้อสินค้าและบริการจะเพิ่มขึ้น

ปริมาณซื้อสินค้าและบริการขึ้นอยู่กับราคาของสินค้าและบริการชนิดอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง (Py) ตามปกติแล้วความต้องการของผู้บริโภคอาจสนองได้ด้วยสินค้าและบริการหลายชนิด สินค้าบางชนิดเป็นสินค้าที่ใช้ทดแทนกัน สินค้าบางชนิดก็ใช้ประกอบกัน

1. ในกรณีสินค้าที่ใช้ทดแทนกัน (substitution goods) เช่น เนื้อหมูกับเนื้อวัว ชากับกาแฟ ปากกากับดินสอ เป็นต้น หากราคาของสินค้าชนิดใดชนิดหนึ่งสูงขึ้นก็จะทำให้ความต้องการสินค้าอีกชนิดหนึ่งเพิ่มขึ้น
2. ในกรณีสินค้าที่ใช้ประกอบกันหรือร่วมกัน (complementary goods) เช่น รถยนต์กับน้ำมัน กาแฟกับน้ำตาล สมุดกับดินสอ เป็นต้น หากราคาของสินค้าชนิดใดชนิดหนึ่งสูงขึ้นก็ จะทำให้ความต้องการสินค้าอีกชนิดหนึ่ง ลดลงได้

ปริมาณซื้อสินค้าและบริการขึ้นอยู่กับรายได้ของครัวเรือน(Y) โดยทั่วไปแล้วเมื่อประชากรมีรายได้โดยเฉลี่ยสูงขึ้น ความต้องการสินค้าและบริการจะเปลี่ยนไป คือ ส่วนมากจะลดการบริโภคสินค้าและบริการราคาถูกและขณะเดียวกันก็หันไปบริโภคสินค้าราคาแพง ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. สินค้าปกติ (normal goods) สินค้าโดยทั่วไปจะมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกับระดับรายได้ของผู้บริโภค ถ้ารายได้เพิ่มขึ้นการซื้อสินค้าและบริการจะเพิ่มขึ้น ถ้ารายได้ลดลงการซื้อสินค้าและบริการจะลดลง
2. สินค้าด้อยคุณภาพ (inferior goods) สินค้าบางชนิดเป็นสินค้าด้อยคุณภาพในสายตาของผู้บริโภค ถ้าผู้บริโภคมีรายได้ต่ำจะมีความต้องการซื้อเพื่อใช้บริโภคสูง แต่ถ้าผู้บริโภคมีรายได้เพิ่มขึ้น ความต้องการสินค้าด้อยคุณภาพจะลดลงและหันไปซื้อสินค้าที่มีคุณภาพดีกว่าเดิมมาทดแทน

ปริมาณซื้อสินค้าและบริการขึ้นอยู่กับรสนิยมของผู้บริโภคและความนิยมของคนส่วนใหญ่ในสังคม (T) กล่าวคือคนในสังคมมีความรู้สึกและรสนิยมแตกต่างกัน ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลาหรือไม่ก็คงอยู่ได้นาน สิ่งที่กำหนดรสนิยมของผู้บริโภค ได้แก่ อายุ เพศ ค่านิยม ความเชื่อ การศึกษา แฟชั่น และอิทธิพลของการโฆษณา เป็นต้น การที่รสนิยมในสินค้าและบริการบางประเภทเปลี่ยนไป ก็จะทำให้ความต้องการในสินค้าและบริการชนิดนั้นเปลี่ยนแปลงไปด้วย

2.2 แบบจำลองพฤติกรรมผู้บริโภค (Consumer Behavior Model)

แบบจำลองพฤติกรรมผู้บริโภคของ Kotler (1994) กล่าวถึงการศึกษาถึงเหตุจูงใจที่ทำให้เกิดการตัดสินใจบริโภคสินค้าและบริการ โดยมีจุดเริ่มต้นจากการมีสิ่งกระตุ้น ที่ทำให้เกิดความต้องการสิ่งกระตุ้นผ่านเข้ามาในความรู้สึกนึกคิดของผู้ซื้อ (Buyer' Black Box) ซึ่งเปรียบเสมือนกล่องดำที่ผู้ผลิตหรือผู้ขายไม่สามารถคาดคะเนได้ ความรู้สึกนึกคิดของผู้ซื้อจะได้รับอิทธิพลจากลักษณะต่างๆของผู้ซื้อ (Buyer' Purchase Decision)

จุดเริ่มต้นของแบบจำลองนี้อยู่ที่มีสิ่งกระตุ้น (Stimulus) ให้เกิดความต้องการก่อน แล้วทำให้เกิดความต้องการตอบสนอง (Response) ดังนั้นแบบจำลองนี้อาจเรียกว่า "S-R Theory" โดยมีรายละเอียดของทฤษฎีดังนี้

1. สิ่งกระตุ้น (Stimulus) สิ่งกระตุ้นอาจเกิดขึ้นเองภายในร่างกาย และสิ่งกระตุ้นจากภายนอก ผู้ศึกษาจะต้องสนใจและจัดสิ่งกระตุ้นภายนอกเพื่อให้ผู้บริโภคเกิดความต้องการผลิตภัณฑ์ สิ่งกระตุ้นถือเป็นเหตุจูงใจซื้อด้านเหตุผล และใช้เหตุจูงใจให้ซื้อด้านจิตวิทยา (อารมณ์) ก็ได้ สิ่งกระตุ้นภายนอกประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

ก. สิ่งกระตุ้นทางการตลาด (Marketing Stimulus) เป็นสิ่งกระตุ้นที่สามารถควบคุมและจัดให้มีขึ้นเป็นสิ่งกระตุ้นที่เกี่ยวข้องกับส่วนประสมทางการตลาด ซึ่งประกอบด้วย

- ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ (Product) เช่น ตัวสินค้าและบริการ คุณภาพ การออกแบบ
- ปัจจัยด้านราคา (Price) เช่น ส่วนลด เงื่อนไขการขายและเงื่อนไขการชำระเงิน
- ปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย (Place) เช่น สถานที่ตั้ง ที่จอดรถสะดวก
- ปัจจัยด้านการส่งเสริมการขาย (Promotion) เช่น การลด แลก แจก แถม

ข. สิ่งกระตุ้นอื่นๆ (Other Stimulus) เป็นสิ่งกระตุ้นความต้องการผู้บริโภคที่อยู่ภายนอก ที่บริษัทไม่สามารถควบคุมได้ ซึ่งประกอบด้วย

- สิ่งกระตุ้นทางเศรษฐกิจ (Economic) เช่น ภาระเศรษฐกิจ รายได้ ซึ่งมีผลต่อความต้องการของผู้บริโภค
- สิ่งกระตุ้นทางกฎหมาย (Law and Political) เช่น การลดหรือเพิ่มภาษี ซึ่งมีผลต่อการใช้จ่ายและความต้องการของผู้บริโภค
- สิ่งกระตุ้นทางเทคโนโลยี (Technological) เช่น เทคโนโลยีใหม่ๆ
- สิ่งกระตุ้นทางวัฒนธรรม (Culture) เช่น ขนบธรรมเนียมประเพณี

2. ความรู้สึกนึกคิดของผู้บริโภคหรือกล่องดำ (Customer' s Black Box) เป็นความรู้สึกนึกคิดของผู้บริโภคเปรียบเสมือนกล่องดำซึ่งผู้ผลิตไม่สามารถทราบได้จึงต้องพยายามค้าหาความรู้สึก

นึกคิดของผู้บริโภคซึ่งได้รับอิทธิพลจากลักษณะต่างๆของผู้บริโภคและกระบวนการตัดสินใจของผู้บริโภค

ก. ลักษณะของผู้บริโภค (Consumer' s Characteristics)มีอิทธิพลจากปัจจัยต่างๆ คือ ปัจจัยทางด้านสังคม ปัจจัยทางด้านจิตวิทยา ปัจจัยทางด้านวัฒนธรรม และ ปัจจัยส่วนตัว

ข. กระบวนการตัดสินใจของผู้บริโภค (Consumer' s Decision Process) ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

- การรับรู้ปัญหา
- การค้นหาข้อมูล
- การประเมินผลทางเลือก
- การตัดสินใจซื้อ
- พฤติกรรมหลังการซื้อ

3. การตอบสนองของผู้บริโภค (Customer' Response) หรือการตัดสินใจของผู้บริโภค (Customer' Decision Process) ผู้บริโภคจะมีการตัดสินใจในประเด็นต่างๆดังนี้

- การเลือกด้านผลิตภัณฑ์ (Product Choice)
- การเลือกด้านระดับราคา (Price Choice)
- การเลือกด้านการจัดจำหน่าย (Place Choice)
- การเลือกด้านการส่งเสริมการขาย (Promotion Choice)
- การเลือกเพราะปัจจัยอื่นๆเป็นตัวกำหนด (Other Choice)

2.3 ทฤษฎีการประมาณค่าสมการถดถอยที่มีตัวแปรตามเป็นตัวแปรหุ่น (Estimation of Regression Models with Dummy Dependent Variables)

ในการทดสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรโดยใช้สมการถดถอยนั้นในบางลักษณะจะพบว่า ตัวแปรตาม (dependent variable) จะมีลักษณะเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพ (qualitative) ซึ่งประกอบด้วย 2 ทางเลือก หรือมากกว่า เช่น การเลือกตั้ง การยอมรับเทคโนโลยีของเกษตรกร การเข้าเป็นสมาชิกสหกรณ์การเกษตรของเกษตรกร การเข้าเป็นสมาชิกกลุ่มแม่บ้านของแม่บ้านเกษตรกร การเลือกวิธีเดินทางไปทำงานว่าเป็นทางรถเมล์ รถไฟ รถยนต์ หรือจักรยาน เป็นต้น แบบจำลองที่มีตัวแปรตามเป็นลักษณะเช่นนี้ สามารถจะใช้วิธีการประมาณค่าได้ 3 วิธี คือ (1) แบบจำลองความน่าจะเป็นเชิงเส้น (linear probability model) (2) แบบจำลองโพรบิต (probit model) และ (3) แบบจำลองลอจิท (logit model)

2.3.1 แบบจำลองความน่าจะเป็นเชิงเส้น (linear probability model) เป็นแบบจำลองที่ตัวแปรตามเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพและ มีค่าได้เพียง 2 ค่า หรือ 2 ทางเลือก เช่น "ใช่" หรือ "ไม่ใช่" ไม่ได้ออกมาเป็นตัวเลขอย่างแบบจำลองสมการถดถอยซึ่งตัวแปรตามเป็นข้อมูลเชิงปริมาณ

สมมุติว่าเรามีแบบจำลองอย่างง่ายดังนี้

$$y_i = \alpha + \beta x_i + u_i \qquad (1)$$

โดยที่ $y_i =$ 1 ถ้าครัวเรือนที่ i ซื้อรถยนต์ (ซึ่งอาจเป็นตัวแปรตามในลักษณะอื่นๆ อีกก็ได้ เช่น ถ้าครัวเรือนที่ซื้อบ้าน เป็นต้น)

$y_i =$ 0 ถ้าครัวเรือนที่ i ไม่ซื้อรถยนต์ (หรือครัวเรือนที่ i ไม่ซื้อบ้าน ดังตัวอย่างข้างต้น)

$u_i =$ ค่าความคลาดเคลื่อน (error terms) หรือ มีการแจกแจงเป็นอิสระและมีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์

แบบจำลองตามสมการ (1) นี้เรียกว่า "แบบจำลองความน่าจะเป็นเชิงเส้น (linear probability model)" จากสมการเราสามารถหาค่าคาดหมายแบบมีเงื่อนไข (conditional expected value) ของค่าสังเกตของตัวแปรตาม แต่ละตัว y_i โดยกำหนดค่าตัวแปรอธิบาย (explanatory variable) หรือตัวแปรอิสระ (independent variable) ในกรณีนี้ ซึ่งคือ x_i มาให้ได้ดังนี้

$$E\left(y_i \mid x_i\right) = \alpha + \beta x_i \qquad (2)$$

และเนื่องจาก y_i มีค่าเพียง 2 ค่าเท่านั้นดังได้กล่าวไว้ข้างต้นคือ 1 และ 0 เพราะฉะนั้นเราสามารถที่จะหาการแจกแจงความน่าจะเป็นของ y_i ได้โดยการให้

p_i = ความน่าจะเป็นที่ $y_i = 1$ ซึ่งเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $p_i = \text{prob}\left(y_i = 1\right)$

$1 - p_i$ = ความน่าจะเป็นที่ $y_i = 0$ ซึ่งเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $p_i = \text{prob}\left(y_i = 0\right)$

ซึ่ง y_i ก็จะมีการแจกแจงความน่าจะเป็น (probability distribution) ดังนี้

y_i	ความน่าจะเป็น (probability)
0	$1 - p_i$ (ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่ไม่ได้เลือก)
1	p_i (ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่เลือก)

จากการแจกแจงความน่าจะเป็นดังกล่าว เราสามารถหาค่าคาดหมาย (expected value) ของ y_i ได้ดังนี้

$$E\left(y_i\right) = 1\left(p_i\right) + 0\left(1 - p_i\right) = p_i \qquad (3)$$

จะเห็นได้ว่าค่าคาดหมาย (expected value) ของ y_i จากสมการ (2) และ (3) คือค่าเดียวกัน เพราะฉะนั้นสมการ (2) และ (3) จึงเท่ากัน เพราะฉะนั้นเราจะได้

$$p_i = \alpha + \beta x_i = E\left(y_i \mid x_i\right) \qquad (4)$$

นั่นคือความคาดหมายแบบมีเงื่อนไข (conditional expectation) ของ y_i จากแบบจำลอง (1) คือความน่าจะเป็นแบบมีเงื่อนไข (conditional probability) ของ y_i นั่นเอง (Gujarati, 1995: 540-542; Pindyck and Rubinfeld, 1998: 298–300) โดยสรุปแล้วเรามักจะเขียนแบบจำลองความน่าจะเป็นเชิงเส้น (linear probability model) โดยให้ตัวแปรตามเป็นความน่าจะเป็น (probability) ได้ดังนี้

$$p_i = \begin{cases} \alpha + \beta x_i & 0 < \alpha + \beta x_i < 1 \\ 1 & \alpha + \beta x_i > 1 \\ 0 & \alpha + \beta x_i < 0 \end{cases} \quad (5)$$

จาก (5) $\alpha + \beta X_i = p_i$ เป็นค่าความน่าจะเป็นซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 1 แต่การประมาณค่า p_i ด้วย $\alpha + \beta X_i$ ซึ่งมีลักษณะเป็นสมการเส้นตรงของ X_i นั้น ถ้า X_i มีค่าเกินช่วงอันเหมาะสมช่วงหนึ่งแล้ว ค่า $\alpha + \beta X_i$ อาจมีค่ามากกว่า 1 หรือน้อยกว่า 0 ซึ่งเท่ากับว่าได้ค่าประมาณความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์หนึ่งด้วยค่าที่ต่ำกว่า 0 หรือสูงกว่า 1 ซึ่งไม่สมเหตุสมผล

ปัญหาในการประมาณค่าแบบจำลองความน่าจะเป็น (linear probability model) โดย OLS

1. ปัญหาการแจกแจงแบบไม่ปกติ (nonnormality) ของค่าความคลาดเคลื่อน(u_i) โดยทฤษฎีแล้วเราทราบว่าตัวประมาณค่า OLS (OLS estimator) นั้นหามาได้โดยต้องใช้ข้อสมมุติเกี่ยวกับการแจกแจงแบบปกติของ u_i แต่ข้อสมมุติเกี่ยวกับการแจกแจงปกติของ u_i นี้ไม่เป็นจริงในกรณีของแบบจำลองความน่าจะเป็นเชิงเส้น เพราะว่า u_i (ซึ่งเหมือนกับ y_i) จะมี 2 ค่าเท่านั้น โดยพิจารณาจาก

$$u_i = y_i - \alpha - \beta x_i \quad (6)$$

ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อ $y_i = 1$ จะได้

$$u_i = 1 - \alpha - \beta x_i \quad (7)$$

และ เมื่อ $y_i = 0$ จะได้

$$u_i = -\alpha - \beta x_i \quad (8)$$

ซึ่งจะเห็นได้ว่า u_i จะไม่มีการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งแท้ที่จริงแล้ว u_i มีการแจกแจงแบบทวินาม (binomial distribution) (Gujarati, 1995: 542–543) อย่างไรก็ตามการที่ข้อสมมุติเกี่ยวกับการแจกแจงปกติของ u_i ไม่เป็นจริงดังที่ปรากฏนั้นอาจจะไม่ใช่สิ่งที่สำคัญนัก เพราะว่าเราทราบว่าค่าประมาณแบบจุดด้วยวิธี OLS (OLS point estimates) ยังคง “ไม่เอนเอียง (unbiased)” ประกอบกับเมื่อขนาดของตัวอย่างเพิ่มขึ้นอย่างไม่จำกัด เราสามารถจะพิสูจน์ได้ว่า ตัวประมาณค่า OLS มีแนวโน้มที่จะมี

การแจกแจงแบบปกติ เพราะฉะนั้นในกรณีที่ตัวอย่างมีขนาดใหญ่การลงความเห็นในเชิงสถิติ (statistical inference) เกี่ยวกับแบบจำลองความน่าจะเป็นเชิงเส้น (linear probability model) ก็จะเป็นไปตามกระบวนการของ OLS ภายใต้ข้อสมมุติเกี่ยวกับการแจกแจงปกติของ u_i

2. ความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อน (error terms) มีค่าไม่คงที่ (heteroscedasticity) จากการที่ u_i มีเพียงค่าตามสมการที่ 7 และ 8

$$1=\alpha+\beta x_i+u_i \quad \text{ซึ่งคือ} \quad u_i=1-\alpha-\beta x_i \tag{9}$$

$$0=\alpha+\beta x_i+u_i \quad \text{ซึ่งคือ} \quad u_i=-\alpha-\beta x_i \tag{10}$$

สามารถจะแสดงการแจกแจงความน่าจะเป็นของ u_i ได้ดังนี้

y_i	u_i	ความน่าจะ
1	$1-\alpha-\beta x_i$	p_i
0	$-\alpha-\beta x_i$	$1-p_i$

เมื่อหาค่า Expected Value และค่า Variance โดยที่ค่า Expected Value ของ u_i มีค่าเป็น 0

$$E\ (u_i)=(1-\alpha-\beta x_i)\ p_i+(-\alpha-\beta x_i)\ (1-p_i)=0 \tag{11}$$

และหาค่าของ p_i และ $1-p_i$ จากสมการที่ 11 จะได้ว่า

$$p_i=\alpha+\beta x_i \tag{12}$$

$$1-p_i=1-\alpha-\beta x_i \tag{13}$$

ค่า Variance ของ u_i หาได้จาก

$$\begin{aligned} Eu_i^2 &=(1-\alpha-\beta x_i)^2 p_i+(-\alpha-\beta x_i)^2(1-p_i) \\ &=(1-\alpha-\beta x_i)^2(\alpha+\beta x_i)+(\alpha+\beta x_i)^2(1-\alpha-\beta x_i) \\ &=(1-\alpha-\beta x_i)\ (\alpha+\beta x_i)=p_i(1-p_i) \end{aligned} \tag{14}$$

ซึ่งก็คือ $Eu_i^2=\sigma_i^2=\text{var}(u_i)=E\ (y_i|x_i)\ [1-E(y_i|x_i)]=p\ (1-p_i)$ (15)

สมการ (15) แสดงให้เห็นว่าค่าความคลาดเคลื่อน (error term) มีค่าความแปรปรวนไม่คงที่ ค่าสังเกตที่มีค่า p_i เข้าใกล้ 0 หรือ 1 จะมีค่าความแปรปรวนโดยเปรียบเทียบต่ำ ในขณะที่ค่าสังเกตที่มี p_i ใกล้ 0.5 จะมีความแปรปรวนสูงกว่า (Pindyck and Rubinfeld, 1998: 300)

3. ปัญหา $\hat{y}_i$ ออกนอกช่วง 0 และ 1 ซึ่งไม่สอดคล้องกับการกำหนดตัวแปร Y ที่อยู่ระหว่าง 0 และ 1 Johnston and Dinardo (1997: 417) และ Pindyck and Rubinfeld (1998: 301) กล่าวว่า จุดอ่อนที่สำคัญมากของแบบจำลองความน่าจะเป็นเชิงเส้น (linear probability model) ก็คือว่า แบบจำลองนี้ไม่ได้มีข้อจำกัด (constrain) ให้ค่าทำนาย (ซึ่งคือ $\hat{y}_i$) ตกอยู่ในช่วง 0 และ 1 ทั้งๆ ที่โดยทฤษฎีแล้ว $E\left(y_i \middle| x_i\right)$ ในแบบจำลองความน่าจะเป็นเชิงเส้นซึ่งวัดความน่าจะเป็นแบบมีเงื่อนไขของเหตุการณ์ (event) y ที่เกิดขึ้นเมื่อ x ถูกกำหนดมาให้จะต้องตกอยู่ระหว่าง 0 และ 1 แต่ก็ไม่มีสิ่งใดมารับประกันได้ว่า $\hat{y}_i$ [ซึ่งก็คือตัวประมาณค่า (estimators) ของ $E\left(y_i \middle| x_i\right)$] จะอยู่ในช่วง 0 และ 1 ดังกล่าว

4. ปัญหาการประมาณค่าความชัน (slope) ที่สูงเกินจริง (overestimated slope) หรือต่ำเกินจริง (underestimated slope) ปัญหาที่สำคัญมากอีกปัญหาหนึ่งของการประมาณค่า แบบจำลองความน่าจะเป็นเชิงเส้น (linear probability model) ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดสามัญ (ordinary least squares) ก็คือ ค่าของความชันที่ประมาณค่าได้ อาจจะมีค่าสูงเกินความเป็นจริง (overestimated slope) หรือต่ำกว่าความเป็นจริง (underestimated slope) ได้ ถ้าหากว่าค่าสังเกต (observations) ที่เลือกมาหรือได้มานั้นมีคุณลักษณะประจำตัว (คือค่า x) ที่มีค่าสุดโต่งหรือปลายสุด (extreme values) เป็นจำนวนมากเกินไป ทำให้ได้ค่าประมาณของความชัน (slope estimate) จากวิธีกำลังสองน้อยที่สุดสามัญ (ordinary least squares) มีค่าต่ำกว่าความเป็นจริงได้ Pindyck and Rubinfeld (1998: 302) กล่าวถึงกรณีนี้ว่า ค่าประมาณของความชันจากวิธีกำลังสองน้อยที่สุดสามัญ (ordinary least squares slope estimate) ที่ได้รับในกรณีนี้ จะมีลักษณะ "เอนเอียง (biased)" เนื่องจากเป็นการประมาณค่าความชันของการถดถอยที่แท้จริง (true regression slope) ต่ำกว่าความเป็นจริง และในทางตรงกันข้ามกันถ้าเรามีค่าสังเกต (observations) ซึ่งมีค่า x ที่มีลักษณะเกาะกลุ่มกันตรงกลาง (ซึ่งตรงกันข้ามกับกรณีแรกซึ่งเป็นกรณีปลายสุดหรือสุดโต่งเป็นจำนวนมากเกินไป) มากเกินไป ค่าของความชัน (slope) ที่ประมาณค่าได้ก็จะมีลักษณะสูงเกินกว่า ความเป็นจริง (overestimated)

จะเห็นได้ว่าแบบจำลองเชิงเส้นมีจุดอ่อนหลายประการด้วยกันดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น เพราะฉะนั้นทางเลือกอื่น เช่น แบบจำลองโพรบิต (probit model) ซึ่ง Glodberger (1964) เรียกว่า แบบจำลองวิเคราะห์แบบโพรบิต (probit analysis model) และแบบจำลองโลจิท (logit model)

2.3.2 แบบจำลองโพรบิต (probit model)

จากแบบจำลองความน่าจะเป็นเชิงเส้นที่กล่าวมาแล้ว ซึ่งมีข้อบกพร่องค่อนข้างมาก โดยเฉพาะการที่จะทำให้ค่าประมาณความน่าจะเป็นอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 เท่านั้น ดังนั้นเราจึงใช้แบบจำลองโพรบิต ในการประมาณค่าความน่าจะเป็นแทน

จากแบบจำลองอย่างง่าย (1) สามารถเขียนให้อยู่ในรูปทั่วไปได้ดังนี้

$$y_i = x_i'\beta + u_i \tag{16}$$

โดยที่ y_i = ตัวแปรตามแบบหุ่น (dummy dependent variable) ของค่าสังเกต i

x_i = $k \times 1$ เวกเตอร์ของคุณลักษณะของค่าสังเกต i

β = $k \times 1$ เวกเตอร์ของพารามิเตอร์

u_i = ค่าความคลาดเคลื่อนของค่าสังเกต i

แบบจำลอง (16) นี้เป็นแบบจำลองที่เราสังเกตค่า y_i ได้ ซึ่งแบบจำลอง (16) นี้ได้พัฒนามาจากการที่เราสมมุติว่า y^* มีความสัมพันธ์แบบถดถอย (regression relationship) ดังนี้

$$y^* = x_i'\beta + u_i \tag{17}$$

ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วค่า y^* จะเป็นตัวแปรที่เราไม่สามารถที่จะสังเกตได้ (unobservable) (Maddala, 1983: 22; Johnston and Dinardo, 1997: 419) ซึ่ง Johnston and Dinardo (1997: 419) เรียก y^* ว่า "ตัวแปรแฝง (latent variable)" สิ่งที่เราสังเกตเห็นก็คือค่า y ซึ่งจะมีค่า 0 หรือ 1 ตามคำนิยาม (Maddala, 1983: 22) หรือกฎ (rule) (Johnston and Dinardo, 1997: 419) ดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned} y_i &= 1 \quad \text{ถ้า } y^* > 0 \\ &= 0 \quad \text{ในกรณีอื่นๆ ที่ไม่ใช่ } y^* > 0 \end{aligned} \tag{18}$$

โดยที่ $u_i \sim N\left(0, \sigma^2\right)$

และเนื่องจากแบบจำลองที่เรากำลังพิจารณานี้เป็นแบบจำลองความน่าจะเป็น (probability model) เพราะฉะนั้น การแปลง (transform) $x_i'\beta$ ไปสู่ความน่าจะเป็น (probability) คือ ฟังก์ชัน F ที่จะทำให้

$$\text{prob}\left(y_i = 1\right) = F\left(x_i'\beta\right)$$

ฟังก์ชัน F ที่จะแปลง $x_i'\beta$ ให้อยู่ในระหว่าง 0 และ 1 ได้อย่างดีก็คือ ฟังก์ชันการแจกแจง (distribution function) หรือความหนาแน่นสะสม (cumulative density) (Johnston and Dinardo, 1997: 418) ซึ่งฟังก์ชันการแจกแจง (distribution function) นี้บางทีก็เรียกว่าฟังก์ชันการแจกแจงสะสม (cumulative distribution function) (Mendenhall and Scheaffer, 1973: 115) ตามสมการ (16)

และ (17) $x_i'\beta$ จะไม่ใช่ $E\left(y_i \middle| x_i\right)$ เหมือนอย่างที่เป็นในแบบจำลองความน่าจะเป็นเชิงเส้น (linear probability model) แต่ $x_i'\beta$ ในกรณีนี้จะเท่ากับ $E\left(y_i^* \middle| x_i\right)$ (Maddala, 1983: 22)

จากสมการ (16) y_i^* (ภายใต้เงื่อนไขของ x) จะมีการแจกแจงแบบปกติ (normal distribution) แม้ว่า y_i จะไม่เป็นการแจกแจงแบบปกติก็ตามและจากคำนิยามหรือกฎ (19) เราสามารถที่จะเขียนได้ว่า

$$\begin{aligned}\text{prob}\ (y_i=1) &= \text{prob}\ (y_i^*>0)\\ &= \text{prob}\ (x_i'\beta+u_i>0)\\ &= \text{prob}\ (u_i>-x_i'\beta)\\ &= \text{prob}\left(\frac{u_i}{\sigma}>-\frac{x_i\beta}{\sigma}\right)\end{aligned} \tag{19}$$

โดยที่ σ^2 คือ ความแปรปรวนของ u_i ดังได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น การหารที่เกิดขึ้นในสมการ (18) จะทำให้พจน์ u_i กลายเป็น u_i/σ ซึ่ง u_i/σ นี้ มีการแจกแจง (distribution) เป็นการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน (standard normal distribution) (Johnston and Dinardo, 1997: 419) และจากสมการ (18) เราจะได้ว่า

$$\begin{aligned}\text{prob}\ (y_i=1) &= \text{prob}\ \left(\frac{u_i}{\sigma}>-\frac{x_i'\beta}{\sigma}\right)\\ &= \text{prob}\ \left(\frac{u_i}{\sigma}<\frac{x_i'\beta}{\sigma}\right)\\ &= \Phi\left(\frac{x_i'\beta}{\sigma}\right)\end{aligned} \tag{20}$$

โดยที่ $\Phi\ (.)$ คือ การแจกแจงปกติมาตรฐาน (standard normal distribution) (Greene, 1997: 874) ซึ่งสามารถเขียนสมการ (19) โดยเต็มรูปแบบได้ดังนี้

$$\text{prob}\ (y_i=1)=\Phi\left(\frac{x_i'\beta}{\sigma}\right)=\int_{-\alpha}^{\frac{x_i'\beta}{\sigma}}\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\exp\left(-\frac{z^2}{2}\right)dz \tag{21}$$

ซึ่งคือแบบจำลองโพรบิต (probit) การแปลงแบบการแจกแจงปกติมาตรฐาน (standard normal distribution) $\Phi\ (.)$ เป็นการบังคับให้ความน่าเป็น (probability) อยู่ในช่วง 0 และ 1 นั่นคือ

$$\lim_{z \to +\alpha} \Phi \ (z) = 1$$

และ

$$\lim_{z \to -\alpha} \Phi \ (z) = 0 \qquad (22)$$

จากสมการ (19)

$$\text{prob} \ (y_i = 1) = \Phi \left(\frac{x_i'\beta}{\sigma} \right)$$

สิ่งที่ตามมาก็คือ

$$\text{prob} \ (y_i = 1) = 1 - \text{prob} \ (y_i = 1)$$

$$= 1 - \Phi \left(\frac{x_i'\beta}{\sigma} \right) \qquad (23)$$

และถ้าตัวอย่างที่เลือกมีการแจกแจงที่เหมือนกันและเป็นอิสระต่อกัน (independently identical distribution) และในกรณีนี้ค่า y ที่ได้มาหรือสังเกตได้ (observed values ของ y) ก็คือค่าที่เกิดขึ้นจริงของกรรมวิธีทวินาม (binomial process) ด้วยความน่าจะเป็นตามสมการ (21) จะได้ความน่าจะเป็นร่วม (joint probability) หรือฟังก์ชันความควรจะเป็น (likelihood function) ดังนี้

$$L = \text{prob} \ (y_1 = 0) . \text{prob}(y_2 = 0) \ldots \ \text{prob} \ (y_m = 0)$$

$$.\text{prob} \ (y_{m+1} = 1) \ldots \text{prob} \ (y_n = 1) \qquad (24)$$

$$= \prod_{i=1}^{m} \left[1 - \Phi \left(\frac{x_i'\beta}{\sigma} \right) \right] \ \Phi \prod_{i=m+1}^{n} \left(\frac{x_i'\beta}{\sigma} \right) \qquad (25)$$

$$= \prod_{i=1}^{n} \ \Phi \ \left(\frac{x_i'\beta}{\sigma} \right)^{y1} \ \left[1 - \Phi \left(\frac{x_i'\beta}{\sigma} \right) \right]^{1-y_i} \qquad (26)$$

สามารถเขียนสมการ (25) ให้อยู่ในรูปของลอการิทึม (logarithm) หรือความควรจะเป็นลอการิทึม (log – likelihood) ได้ดังนี้

$$\ln \ L = \sum_{i=1}^{n} \left\{ y_i . \ \ln \ \left[\Phi \ \left(\frac{x_i'\beta}{\sigma} \right) \right] + (1 - y_i) . \ln \ \left[1 - \Phi \ \left(\frac{x_i'\beta}{\sigma} \right) \right] \right\} \qquad (27)$$

$$= \sum_{y_i=0} \ln \left[1-\Phi\left(\frac{x_i'\beta}{\sigma}\right)\right] + \sum_{y_i=1} \ln\ \Phi\left(\frac{x_i'\beta}{\sigma}\right) \qquad (28)$$

(Johnston and Dinardo, 1997: 420; Greene, 1997: 882; Maddala, 1983: 22) สังเกตว่าค่าความควรจะเป็นลอการิทึม (log–likelihood) จะมีค่าสูงสุดไม่เกิน 0 เพราะว่า $0 \leq \Phi\ (.) \leq 1$ มีนัยว่า $\ln\left[1-\Phi\ (.)\right] \leq 0$ และ $\ln\left[-1\ \ \Phi\ (.)\right] \leq 0$ (Johnston and Dinardo, 1997: 420) ลักษณะที่สำคัญอีกประการหนึ่งของฟังก์ชันความควรจะเป็น (likelihood function) ก็คือ พารามิเตอร์ β และ σ จะปรากฏด้วยกันเสมอ เพราะฉะนั้นจะไม่สามารถหาค่าแยกออกมาต่างหากจากกันได้ สิ่งที่ได้ก็คืออัตราส่วน β/σ เท่านั้น เพราะฉะนั้นจะเป็นการสะดวกที่จะทำให้เป็นบรรทัดฐาน (normalize) โดยทำให้ σ มีค่าเท่ากับ 1 เพื่อที่ว่าจะสามารถกล่าวถึง β เพียงอย่างเดียวได้

เงื่อนไขอันดับแรก (first – order) สำหรับการให้สมการ (26) มีค่าสูงสุด (maximization) ก็คือ

$$\frac{\partial\ \ln\ L}{\partial\beta} = \sum_{i=1}^{n}\left\{\frac{y_i\phi\ (.)}{\Phi\ (.)} + (1-y_i)\left[\frac{-\phi\ (.)}{1-\Phi\ (.)}\right]\right\} x_i = 0$$

$$= \sum_{y_i=0}\left[\frac{-\phi\left(\frac{x_i'\beta}{\sigma}\right)}{1-\Phi\left(\frac{x_i'\beta}{\sigma}\right)}\right] x_i + \sum_{y_i=1}\left[\frac{\phi\left(\frac{x_i'\beta}{\sigma}\right)}{\Phi\left(\frac{x_i'\beta}{\sigma}\right)}\right] x_i$$

$$= \sum_{i=1}^{n} \lambda_i x_i = 0 \qquad (29)$$

โดยที่ $q_i = 2y_i - 1$

$\phi_i =$ ฟังก์ชันความหนาแน่นของการแจงแจกปกติมาตรฐาน (standard normal density function)

สมการ (28) เป็นสมการที่ไม่เชิงเส้น (nonlinear) เพราะฉะนั้นการหาคำตอบก็จะต้องใช้วิธีการทำซ้ำๆ กัน (iterative method) สำหรับอนุพันธ์ที่สอง (second derivatives) นั้นหามาได้โดยการใช้

$$\frac{d\ \phi\ (z)}{dz} = -z\ \phi\ (z)$$

ซึ่งจะได้

$$H=\frac{\partial^2 \ln \ L}{\partial \beta \partial \beta'}=\sum_{i=1}^{n}-\lambda_i\left(\lambda_i+x_i'\beta\right)\ x_i x_i' \qquad (30)$$

ซึ่งมีค่าเป็น (negative definite) สำหรับทุกค่าของ β

สำหรับเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมเกี่ยวเชิงเส้นกำกับ (asymtotic covariance matrix) สำหรับตัวประมาณค่า (estimator) แบบความควรจะเป็นสูงสุด (maximum likelihood) นั้นหาได้จากการใช้ตัวผกผัน (inverse) ของ Hessian ที่คำนวณ ณ ค่าประมาณแบบความควรจะเป็นสูงสุด (maximum likelihood) นอกจากนี้ยังมีตัวประมาณค่า (estimators) อื่นๆ อีก 2 ตัว สำหรับตัวประมาณตัวแรกคือ ตัวประมาณค่า Berndt, Hall, Hall และ Hausman (1974) สามารถเขียนได้ดังนี้

$$B=\sum_{i}\lambda^2{}_i x_i x_i'$$

สำหรับตัวประมาณค่า (estimator) อีกตัวหนึ่งซึ่งอาศัยค่าคาดหมายของ Hessian ซึ่ง Greene (1997: 884) กล่าวว่าจาก Amemiya (1981) สำหรับแบบจำลองโพรบิต (probit) จะได้

$$E\left[\frac{\partial^2 \ln \ L}{\partial \beta \partial \beta'}\right]_{probit}=\sum_{i=1}^{n}\lambda_{0i}\lambda_{i1}x_i x_i' \qquad (31)$$

Greene (1997: 884) กล่าวว่าในส่วนที่เป็นสเกล่าร์ (scalar) ของสมการนี้จะมีค่าเป็นลบ (negative) เสมอ ดังนั้นค่าประมาณของเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมเกี่ยวเชิงเส้นกำกับ (asymtotic covariance matrix) สำหรับค่าประมาณความควรจะเป็นสูงสุด (maximum likelihood) จึงคือการผกผันที่เป็นลบ (negative inverse) ของเมทริกซ์ใดก็ตามที่ใช้ในการประมาณค่า Hessian ที่คาดหมาย และเนื่องจาก Hessian ที่แท้จริง (actual Hessian) โดยทั่วไปจะถูกใช้สำหรับการทำซ้ำๆ กัน (iterations) สมการนี้จึงเป็นทางเลือกที่ใช้กันเป็นปกติ แต่สำหรับการทดสอบสมมุติฐานบางประการตัวประมาณค่า Berndt, Hall, Hall และ Hausman จะเป็นทางเลือกที่สะดวกกว่า (Greene, 1997: 884)

ค่าทำนายความน่าจะเป็น (predicted probabilities) $F\left(\hat{\beta}'x\right)=\hat{F}$ และค่าประมาณผลกระทบส่วนเพิ่ม (estimated marginal effects) $F\left(\hat{\beta}'x\right)\times\beta=\hat{f}\ \hat{\beta}$ มีลักษณะเป็นฟังก์ชันไม่เชิงเส้น (nonlinear functions) ของค่าประมาณพารามิเตอร์สำหรับค่าทำนายความน่าจะเป็น (predicted probabilities) Greene (1997: 884-885) กล่าวว่า

$$\text{Asy. var}\left(\hat{F}\right)=\left[\frac{\partial\hat{F}}{\partial\hat{\beta}}\right]'\mathbf{V}\left[\frac{\partial\hat{F}}{\partial\hat{\beta}}\right]$$

โดยที่

$$\mathbf{V} = \text{Asy. var}\ \left[\hat{\beta}\right]$$

ให้ $z = x'\hat{\beta}$ ดังนั้นจะได้เวกเตอร์อนุพันธ์ (derivative vector) ดังนี้

$$\left[\frac{\partial \hat{F}}{\partial \hat{\beta}}\right] = \left[\frac{d\hat{F}}{dz}\right]\left[\frac{\partial z}{\partial \hat{\beta}}\right] = \hat{f}\mathbf{x}$$

รวมพจน์ (terms) จะได้

$$\text{Asy. Var}\ \left[\hat{F}\right] = \hat{f}\,\mathbf{x}'\mathbf{V}\,\mathbf{x}$$

สำหรับผลกระทบส่วนเพิ่ม (marginal effects) ให้ $\hat{\gamma} = \hat{f}\hat{\beta}$ ดังนั้นจะได้

$$\text{Asy. Var}\ \left[\hat{\gamma}\right] = \left[\frac{\partial \hat{\gamma}}{\partial \hat{\beta}'}\right] \mathbf{V} \left[\frac{\partial \hat{\gamma}}{\partial \hat{\beta}'}\right]'$$

$\left[\frac{\partial \hat{\gamma}}{\partial \hat{\beta}'}\right]$ จะมีค่าเท่ากับ

$$\hat{f}\left(\frac{\partial \hat{\beta}}{\partial \hat{\beta}'}\right) + \beta\left(\frac{d\hat{f}}{dz}\right)\left(\frac{\partial z}{\partial \hat{\beta}'}\right) = \hat{f}I + \left(\frac{d\hat{f}}{dz}\right)\hat{\beta}\mathbf{x}'$$

สำหรับแบบจำลองโพรบิต (probit model) $df/dz = -z\phi$ เพราะฉะนั้น

$$\text{Asy. var}\ \left[\hat{\gamma}\right] = \phi^2\left[I - (\beta'\mathbf{x})\ \beta\mathbf{x}'\right]\ \mathbf{V}\ \left[I - (\beta'\mathbf{x})\ \beta\mathbf{x}'\right]' \qquad (32)$$

(Greene, 1997: 885)

2.3.3 แบบจำลองโลจิท (logit model)

แบบจำลองซึ่งให้ค่าประมาณของตัวแปรตามอยู่ในช่วง 0 – 1 นั้นมิใช่เพียงแบบจำลองโพรบิตเท่านั้น แบบจำลองโลจิท (logit model) ก็เป็นอีกแบบจำลองหนึ่งซึ่งมีคุณสมบัติคล้ายๆ กับแบบจำลองโพรบิต ต่างกันแต่เพียงข้อสมมติเกี่ยวกับลักษณะการแจกแจงของตัวคลาดเคลื่อน u_i เท่านั้น

จากการแจกแจงแบบโลจิททิก (logistic distribution)

$$\text{Prob}\ (Y=1)=\frac{e^{\beta' x}}{1+e^{\beta' x}}$$

$$=\Lambda\ (\beta'\mathbf{x}) \tag{33}$$

โดยที่ $\Lambda(.)$ คือ ฟังก์ชันการแจกแจงสะสม (cumulative distribution function)

จากแบบจำลองความน่าจะเป็น (probability model)

$$E\ \left[y\middle|\mathbf{x}\right]=0\ \left[1-F\ (\beta'\mathbf{x})\right]+1\ \left[F\ (\beta'\mathbf{x})\right] \tag{34}$$

เราจะได้ว่า

$$\frac{\partial\ E\ [y|\mathbf{x}]}{\partial\ \mathbf{x}}=\left\{\frac{dF\ (\beta'\mathbf{x})}{d\ (\beta'\mathbf{x})}\right\}\beta$$

$$=f\ (\beta'\mathbf{x})\ \beta \tag{35}$$

โดยที่ $f(.)$ คือ ฟังก์ชันความหนาแน่น (density function) ซึ่งคล้องกับฟังก์ชันการแจกแจงสะสม (cumulative distribution) $F(.)$ สำหรับการแจกแจงปกติ (normal distribution) เราจะได้ว่า

$$\frac{\partial\ E\ \left[y\middle|\mathbf{x}\right]}{\partial\ \mathbf{x}}=\phi\ (\beta'\mathbf{x})\ \beta \tag{36}$$

โดยที่ $\phi\ (t)$ คือ ฟังก์ชันความหนาแน่นปกติมาตรฐาน (standard normal density function)

สำหรับการแจกแจงแบบโลจิททิก (logistic distribuiton)

$$\frac{d\ \Lambda\ [\beta'\mathbf{x}]}{d\ (\beta'\mathbf{x})}=\frac{e^{\beta' x}}{\left(1+e^{\beta' x}\right)^2}$$

$$=\Lambda\ (\beta'\mathbf{x})\ \left[1-\Lambda\ (\beta'\mathbf{x})\right] \tag{37}$$

เพราะฉะนั้นในแบบจำลองโลจิท (logit model) จะได้ว่า

$$\frac{\partial\ E\left[y\middle|\mathbf{x}\right]}{\partial\ \mathbf{x}}=\Lambda\ \left(\beta'\mathbf{x}\right)\left[1-\Lambda\ \left(\beta'\mathbf{x}\right)\right]\beta \qquad (38)$$

(Greene, 1997: 874-876)

สำหรับตัวประมาณค่า Berndt, Hall, Hall และ Huasman (1974) นั้น ในกรณีของแบบจำลองโลจิท (logit model)

$$B=\sum_{i}\left(y_i-\Lambda_i\right)^2\mathbf{x}_i\mathbf{x}_i' \qquad (39)$$

ซึ่งเป็นการคำนวณเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมเกี่ยวเชิงเส้นกำกับ (asymptotic covariance matrix) วิธีหนึ่งจาก

$$\hat{f}=\hat{\Lambda}\ \left(1-\hat{\Lambda}\right)$$

จะได้ $$\frac{d\ \hat{f}}{dz}=\left(1-2\hat{\Lambda}\right)\left(\frac{d\hat{\Lambda}}{dz}\right)=\left(1-2\hat{\Lambda}\right)\hat{\Lambda}\ \left(1-\hat{\Lambda}\right) \qquad (40)$$

เมื่อจัดพจน์ (terms) ต่างๆ เข้าด้วยกันจะได้

$$\text{Asy. Var}\left[\hat{\gamma}\right]=\left[\Lambda\ \left(1-\Lambda\right)\right]^2\left[I+\left(1-2\Lambda\right)\ \beta\mathbf{x}'\right]\mathbf{V}\left[I+\left(1-2\Lambda\right)\ \mathbf{x}\beta'\right] \qquad (41)$$

(Greene, 1997: 884-885)

2.4 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สัจจะ ตันจันทร์พงศ์ (2544) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการใช้อินเทอร์เน็ตของข้าราชการมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยใช้ข้อมูลจากแบบสอบถามซึ่งใช้วิธีการเลือกตัวอย่างแบบจับฉลาก จำนวน 320 ตัวอย่าง โดยการวิเคราะห์แบบจำลองโลจิท พบว่า ปัจจัยที่มีส่วนสำคัญที่มีผลต่อความต้องการใช้งานอินเทอร์เน็ตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ อายุ การมีเครื่องคอมพิวเตอร์ใช้ที่ทำงาน การมีจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ของมหาวิทยาลัย และการมีจดหมายอิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ ซึ่งอายุมีความสัมพันธ์กับการใช้อินเทอร์เน็ตในทิศทางตรงกันข้าม ส่วนตัวแปรที่เหลือนั้นมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน

กรรณิการ์ จรัญธัญกูล (2543) ศึกษาปัจจัยที่ก่อให้เกิดหนี้มีปัญหาธุรกิจเช่าซื้อรถยนต์ของบริษัทลิสซิ่งแห่งหนึ่งในเขตจังหวัดลำปาง โดยใช้ข้อมูลจากแฟ้มลูกหนี้ของบริษัทสยามพาณิชย์ลิสซิ่ง จำกัด (มหาชน) จำนวน 200 ราย แล้วทำการวิเคราะห์โดยแบบจำลองโพรบิต (Probit Model) ผลการศึกษาพบว่ามีตัวแปรอธิบายที่มีนัยสำคัญ 7 ตัว ได้แก่ รายได้ ประสบการณ์ ค่างวด วงเงินให้สินเชื่อ ยอดหนี้คงเหลือ อัตราร้อยละของเงินดาวน์ และ อาชีพรับราชการหรือพนักงานรัฐวิสาหกิจ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า ลูกหนี้มีรายได้สูง มีประสบการณ์สูง ค่างวดที่ชำระสูงร้อยละของเงินดาวน์สูง มีอาชีพรับราชการหรือพนักงานรัฐวิสาหกิจ และการกำหนดวงเงินสินเชื่อต่ำ จะทำให้โอกาสเกิดหนี้มีปัญหาของลูกหนี้ต่ำ แต่หากยอดหนี้คงเหลือมีน้อย โอกาสที่จะเกิดหนี้มีปัญหาจะสูง

สุรัติ ผาทอง (2542) ศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเลือกใช้บริการกู้ยืมเงินจากบริษัทลิสซิ่ง ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ โดยเก็บข้อมูลจากกลุ่มผู้เช่าจำนวน 200 ราย จาก 10 บริษัทลิสซิ่งที่มีสถานที่ตั้งในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลของผู้เช่าที่ทำสัญญากับบริษัทลิสซิ่ง ซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องตรงกับปริมาณความต้องการสินเชื่อที่มีอยู่ในตลาด ในประเทศไทยการทำธุรกิจลิสซิ่งไม่จำกัดผู้ใช้บริการต้องเป็นนิติบุคคลเท่านั้น ยังสามารถอนุมัติให้บริการบุคคลธรรมดาแต่จะเป็นการให้สินเชื่อโดยการทำสัญญาการเช่าซื้อ ซึ่งมีข้อแตกต่างที่เด่นชัดคือสัญญาเช่าซื้อเมื่อถึงกำหนดการชำระครบถ้วน จะมีการโอนกรรมสิทธิ์สินทรัพย์สู่ผู้เช่าทันที ส่วนสัญญาลิสซิ่งขึ้นอยู่กับการตกลงกันตั้งแต่เริ่มทำสัญญา

จากการศึกษาพบว่า ผู้ใช้บริการจะเป็นเพศชายร้อยละ 60 และเพศหญิงร้อยละ 40 มีอายุระหว่าง 31 – 40 ปี ร้อยละ 40 มีระดับการศึกษาปริญญาตรีขึ้นไป ร้อยละ 36 ส่วนอาชีพของผู้ใช้บริการพบว่ามีอาชีพเกษตรกร ร้อยละ 35 โดยมีรายได้ 10,000 – 20,000 บาท ร้อยละ 40 ในส่วนของความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อผู้ใช้บริการจากบริษัทลิสซิ่ง พบว่า ปัจจัยที่มีส่วนช่วยส่งเสริมด้านการตลาดให้ธุรกิจลิสซิ่งดำเนินกิจการไปด้วยดี คือ ปัจจัยทางด้านการให้บริการสินเชื่อ เช่น อัตราดอกเบี้ย วงเงินกู้ การอนุมัติที่รวดเร็ว เป็นปัจจัยที่สำคัญมากที่สุดในความ

คิดเห็นของผู้ใช้บริการ นอกเหนือจากนี้ยังมีตัวแปรที่สำคัญที่ทำให้ผู้ใช้บริการรู้จักและสนับสนุนการตัดสินใจ คือ สื่อการโฆษณา สื่อที่ได้ผลมากที่สุด คือ สื่อทางด้านมนุษยสัมพันธ์ อันเกิดจากเพื่อนหรือญาติแนะนำและตัวแทนขายแนะนำ

ศักดิ์ชาย ลี้รัตนกุล (2542) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจของผู้ประกอบการในการใช้บริการสินเชื่อของบริษัทเงินทุน ในการศึกษานี้พบว่าผู้ประกอบการส่วนใหญ่จะอยู่ในภาคการพาณิชย์ โดยมีรายได้เฉลี่ยมากกว่า 10 ล้านบาท/ปี วงเงินสินเชื่อของผู้ประกอบการเหล่านี้อยู่ระหว่าง 5-10 ล้านบาท ขอบเขตของธุรกิจของผู้ประกอบการเหล่านี้จะอยู่เพียงในภาคเหนือเท่านั้น ธุรกิจเหล่านี้มีอายุระหว่าง 4-6 ปี บริการหลักที่ผู้ประกอบการเหล่านี้ได้ใช้จากสถาบันการเงินคือสินเชื่อ และเงินฝาก และเกือบจะทั้งหมดของผู้ประกอบการเป็นลูกค้าของธนาคารพาณิชย์

ในการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการตัดสินใจในการใช้บริการสินเชื่อจากบริษัทเงินทุน แบบจำลองโลจิท ได้ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ดังกล่าว ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าปัจจัยที่เป็นตัวอธิบายทั้ง 6 ปัจจัยที่อยู่ในแบบจำลอง ซึ่งคือ กระบวนการอนุมัติที่รวดเร็ว วงเงินสินเชื่อสูงกว่าธนาคารพาณิชย์ ความสะดวกสำหรับลูกค้า ความสัมพันธ์ที่ดีกับพนักงานของบริษัทเงินทุน ความพอเพียงของความหลากหลายของบริการและเงื่อนไขของเงินกู้ยืมอื่นๆที่ดีกว่าเป็นตัวแปรที่มีนัยสำคัญเชิงสถิติทุกตัว