ขนาดตัวอย่างสำหรับการประมาณค่าแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T

นาย ธนากร อนันต์สิทธินนท์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถิติศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถิติ

คณะพาณิชยศาสตรและการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-1855-1

SAMPLE SIZES FOR Z AND T INTERVAL ESTIMATION

Mr Thanakorn Ananasiththinon

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Statistics

Department of Statistics

Faculty of Commerce and Accountancy

Chulalongkorn University

Academic Year 2002

ISBN 974-17-1855-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ขนาดตัวอย่างสำหรับการประมาณค่าแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติT
โดย	นายธนากร อนันต์สิทธินนท์
สาขาวิชา	สถิติ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ร้อยเอก มานพ วราภักดิ์

คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.... คณบดีคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิรัช อภิเมธีธำรง)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ศิริพร สาเกทอง)

....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ร.อ. มานพ วราภักดิ์)

....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ผกาวดี ศิริรังษี)

....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ นพรัตน์ รุ่งอุทัยศิริ)

ธนากร อนันต์สิทธินนท์ : ขนาดตัวอย่างสำหรับการประมาณค่าแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T (SAMPLE SIZES FOR Z AND T INTERVAL ESTIMATION)
อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ร.อ. มานพ วราภักดิ์, 184 หน้า . ISBN 974-17-1855-1.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ และแบบอื่นๆ ที่ไม่ใช่การแจกแจงปกติ ได้แก่ การแจกแจงแลมดาของตูกีร์ การแจกแจงแกมมา การแจกแจงเบตา การแจกแจงไคกำลังสอง และการแจกแจงที ในการหาขนาดตัวอย่างจะทำการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่ได้จากการทดลอง (1-$\hat{\alpha}$) กับค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด (1-α) โดยกำหนดค่า 1-α ดังนี้ 0.80, 0.85, 0.90, 0.95, 0.97, 0.98 และ 0.99 ดังนั้นเมื่อ 1-$\hat{\alpha} \geq$ 1-α อย่างมีนัยสำคัญแล้ว จะส่งผลให้ได้ขนาดตัวอย่างที่เหมาะสม แต่เมื่อขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมมีค่าเท่ากันในสถานการณ์เดียวกัน จะเปรียบเทียบค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น เมื่อตัวสถิติใดที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยกว่า จะถือว่าที่ระดับขนาดตัวอย่างนั้นตัวสถิติที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยกว่าจะมีความเหมาะสมมากกว่า สำหรับข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้จากการจำลองข้อมูลด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล และทำการทดลองซ้ำ 5,000 รอบในแต่ละสถานการณ์ที่กำหนด ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. ประชากรมีการแจกแจงปกติ และทราบค่าความแปรปรวนประชากร

ในทุกระดับความเชื่อมั่น ขนาดตัวอย่าง $n \geq 2$ ใช้ตัวสถิติ Z หรือตัวสถิติ T ได้โดยที่ตัวสถิติ Z จะมีความเหมาะสมมากกว่าตัวสถิติ T ในทุกขนาดตัวอย่าง เนื่องจากตัวสถิติ Z ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยกว่า

2. ประชากรมีการแจกแจงปกติ และไม่ทราบค่าความแปรปรวนประชากร

ระดับความเชื่อมั่น 97%–99% ขนาดตัวอย่าง 2–32 ใช้ตัวสถิติ T และขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 33 ขึ้นไป ใช้ตัวสถิติ Z แต่เมื่อระดับความเชื่อมั่นลดลงจะส่งผลให้ขนาดตัวอย่าง 2-25 ใช้ตัวสถิติ T แต่ตัวสถิติ Z ขนาดตัวอย่างจะลดลงในช่วง 25-20 ตามระดับความเชื่อมั่นที่ลดลง

3. ประชากรมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ และทราบค่าความแปรปรวนประชากร

ระดับความเชื่อมั่น 99% ค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ (α_3) อยู่ในช่วง 0.91 – 1.0 ขนาดตัวอย่าง 7–10 ใช้ตัวสถิติ T และขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 11 ขึ้นไป ใช้ตัวสถิติ Z แต่เมื่อระดับความเชื่อมั่นกับค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ลดลงจะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณตัวสถิติทั้งสองลดลง

4. ประชากรมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ และไม่ทราบค่าความแปรปรวนประชากร

ระดับความเชื่อมั่น 99% ค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ในช่วง 0 – 0.2 ขนาดตัวอย่าง 19–32 ใช้ตัวสถิติ T และขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 33 ขึ้นไป ใช้ตัวสถิติ Z แต่เมื่อระดับความเชื่อมั่นกับค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ลดลงจะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณตัวสถิติทั้งสองลดลง

5. ค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้จะส่งผลต่อขนาดตัวอย่างในทิศทางเดียวกัน คือ เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างของตัวสถิติทั้งสองมีขนาดมากขึ้นเช่นกัน

ภาควิชา	สถิติ	**ลายมือชื่อนิสิต**	………………………………….………..
สาขาวิชา	สถิติ	**ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา**	………………………………...
ปีการศึกษา	2545	**ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม**	……………………………

4282234326 : MAJOR STATISTICS
KEY WORD : CONFIDENCE INTERVAL / INTERVAL ESTIMATION / CONFIDENCE COEFFICIENT
THANAKORN ANANSITHTHINON : SAMPLE SIZES FOR Z AND T INTERVAL ESTIMATION
THESIS ADVISOR : ASST. PROF. CAPT. MANOP VARAPHAKDI, M.S. 184 PP
ISBN 974-17-1855-1.

The object of this study is to find the minimum sample sizes for confidence interval estimation of population mean using z and t statistics. Populations specified in this study are normal, Lamda's Tukey, Gamma, Beta, Chi-square and Student's t distributions. In order to obtain the sample sizes, confidence coefficients estimates (1-$\hat{\alpha}$) are compared with the specified confidence coefficients (1-α) : 0.80, 0.85, 0.90, 0.95, 0.97, 0.98 and 0.99. When 1-$\hat{\alpha}$ is significantly greater than 1-α, then the sample size is appropriate size. If both statistics gave the same sample sizes , the appropriate sample sizes were defined by the shorter average length of the confidence interval. The data in this study were simulated from Monte-Carlo technique with 5,000 replications for each condition. The results from the study are as follows:

1. Population has normal distribution with known variance.

   At all confidence levels, sample sizes $n \geq 2$ can be used for z and t statistics. However, z is more suitable than t at all level of sample sizes because z gives the shorter average length of confidence interval.

2. Population has normal distribution with unknown variance.

   At 97% - 99% confidence levels, sample sizes are from 2 to 32 should be used t statistic and the sample sizes are large $n \geq 33$ should be used z statistic. For lower confidence levels, the appropriate sample sizes are from 2 to 25 should be used t statistic but sample sizes for z statistic is decreased from 25 to 20.

3. Population does not have normal distribution with known variance.

   At 99% confidence level and 0.91 – 1.0 skew coefficients (α_3), sample sizes are from 7 to 10 should be used t statistic and the sample sizes are greater than 11 should be used z statistic. For confidence levels and skew coefficients are decreased the sample sizes for both t and z statistics are decreased.

4. Population does not have normal distribution with unknown variance.

   At 99% confidence level and 0 – 0.2 skews coefficient, sample sizes are from 19 to 32 should be used t statistic and the sample sizes are greater than 33 should be used z statistic. For confidence levels and skews coefficients are decreased the sample sizes for both t and z statistics are decreased.

5. The skew coefficients are related to the sample sizes, Which increased when the skew coefficient was increased.

Department/ Program	statistics	**Student's signature** ……………………………………………………..
Field of study	statistics	**Advisor's signature** ……………………………………………………..
Academic year	2002	**Co-advisor's signature** ………………………………………………..

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากผู้ช่วยศาสตรจารย์ ร้อยเอก มานพ วราภักดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เป็นอย่างดีมาตลอด ผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ ศิริพร สาเกทอง รองศาสตราจารย์ ผกาวดี ศิริรังษี รองศาสตราจารย์ นพรัตน์ รุ่งอุทัยศิริ ที่ได้ช่วยตรวจ และแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ คุณแม่ คุณพ่อ และสมาชิกทุกคนในครอบครัวที่เป็นกำลังใจและช่วยเหลือในทุกสิ่งมาตลอด โดยเฉพาะพี่สาว ขอบคุณอย่างยิ่ง เพราะเป็นผู้จุดประกายในการศึกษาต่อ ช่วยเหลือส่งเสริมและสนับสนุนด้านการศึกษามาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ ผู้เขียนขอขอบคุณ เพื่อนทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือและชี้แนะด้านการศึกษาในทุกๆ ด้านมาโดยตลอด

ธนากร อนันต์สิทธินนท์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

สารบัญตาราง (ต่อ)

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

การอนุมานเชิงสถิติ (Statistical Inference) เป็นการศึกษาตัวอย่างที่สุ่มมาจากประชากรและนำผลการศึกษาที่ได้ไปหาข้อสรุปเพื่ออนุมานว่าประชากรมีลักษณะอย่างไร โดยทั่วไปแล้วการศึกษาในเชิงอนุมานจะทำการประมาณค่าหรือทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับพารามิเตอร์ซึ่งแสดงลักษณะเฉพาะบางประการของประชากร จึงสามารถกล่าวได้ว่า สิ่งสำคัญสำหรับการอนุมานเชิงสถิตินั้นได้แก่ การประมาณค่า (Estimation) และการทดสอบสมมติฐาน (Tests of Hypothesis) สำหรับการทดสอบสมมติฐานนั้นเป็นปัญหาเกี่ยวกับการทดสอบว่าค่าพารามิเตอร์ของประชากรมีค่าตามที่คาดไว้หรือไม่ และการประมาณค่านั้นเป็นวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติที่มีความสำคัญมาก โดยการใช้ข้อเท็จจริงจากตัวอย่างสุ่มมาประมาณว่าพารามิเตอร์ควรมีค่าเท่าใด หรือ อยู่ในช่วงใด สำหรับการประมาณค่านั้นสามารถทำการประมาณได้ 2 รูปแบบ คือการประมาณค่าแบบจุด (Point Estimation) และการประมาณค่าแบบช่วง (Interval Estimation) สำหรับการประมาณค่าแบบจุดเป็นการประมาณค่าพารามิเตอร์ของประชากรด้วยตัวเลขใดตัวเลขหนึ่ง ซึ่งการประมาณค่าแบบจุด ค่าประมาณที่ได้จะคลาดเคลื่อนไปจากค่าพารามิเตอร์เพียงใดขึ้นอยู่กับการเลือกใช้ตัวประมาณที่เหมาะสม อย่างไรก็ตามเราไม่สามารถระบุระดับของความเชื่อมั่นเกี่ยวกับการประมาณค่านั้นๆ ได้ซึ่งถ้าต้องการ การประมาณค่าแบบช่วงจะให้ข้อมูลดังกล่าวได้ การประมาณค่าแบบช่วงเป็นการประมาณค่าพารามิเตอร์ของประชากรว่าช่วงจะครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ด้วยความเชื่อมั่นระดับหนึ่ง โดยช่วงที่ได้จะบอกถึงขอบเขตล่าง (Lower bound ; L) และขอบเขตบน (Upper bound ; U) ซึ่งสามารถเขียนรูปแบบได้ดังนี้ $L \le \mu \le U$ เมื่อให้ μ แทน พารามิเตอร์ ผลจากการประมาณจะทำให้ผู้วิจัยเชื่อมั่นได้ในระดับหนึ่งว่าช่วงประมาณที่ได้ครอบคลุมพารามิเตอร์ที่สนใจศึกษา

สำหรับงานวิจัยฉบับนี้ผู้วิจัยสนใจศึกษาเฉพาะการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T โดยพิจารณาทั้งกรณีทราบค่าความแปรปรวนประชากรและไม่ทราบค่าความแปรปรวนประชากร ซึ่งจะทำการศึกษาการแจกแจงของประชากร 2 ลักษณะคือ การแจกแจงแบบปกติและการแจกแจงแบบไม่ปกติ

ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากร μ แบบช่วง จะต้องอาศัยตัวประมาณค่าแบบจุดของ μ และการแจกแจงของตัวประมาณนั้น ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่า $\overline{X}$ เป็นตัวประมาณที่ไม่เอนเอียงที่ดีที่สุดของ μ เมื่อสุ่มตัวอย่างมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปกติ ที่มีค่าเฉลี่ย μ และความแปรปรวน σ^2 ซึ่งทราบค่า σ^2 จะได้ว่า $\overline{X}$ มีการแจกแจงปกติ โดยมีค่าเฉลี่ย $E\left(\overline{X}\right) = \mu_{\overline{X}} = \mu$ และมีความแปรปรวน $V\left(\overline{X}\right) = \sigma^2_{\overline{X}} = \sigma^2/n$ สามารถเขียนได้ว่า $\overline{X} \sim N\left(\mu, \sigma^2/n\right)$ และ $\dfrac{\overline{X} - \mu}{\sqrt{\sigma^2/n}} \sim N(0,1)$ ดังนั้นจะส่งผลให้สามารถทำการประมาณค่าเฉลี่ย μ แบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z ได้ดังนี้

$$\overline{X} - Z_{\alpha/2}\frac{\sigma}{\sqrt{n}} < \mu < \overline{X} + Z_{\alpha/2}\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \tag{1}$$

สำหรับประชากรที่มีการแจกแจงแบบไม่ปกติเมื่อขนาดตัวอย่าง n ใหญ่ การประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงจะกระทำบนพื้นฐานของทฤษฎีลิมิตเข้าสู่ส่วนกลาง (Central Limit Theorem) เพื่อทำให้ค่าเฉลี่ยของตัวอย่างมีการแจกแจงเข้าใกล้การแจกแจงแบบปกติ จึงส่งผลให้สามารถทำการประมาณค่าเฉลี่ย μ แบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z ดังสมการที่ (1)

โดยทั่วไปแล้ว ในทางปฏิบัตินั้นการที่เราจะทราบความแปรปรวนของประชากรนั้นเป็นเรื่องที่ยาก ดังนั้นเราสามารถประมาณค่าความแปรปรวนของประชากรได้ด้วยความแปรปรวนตัวอย่าง เขียนแทนด้วย S^2 ซึ่งหาค่าความแปรปรวนตัวอย่าง S^2 ได้จากตัวอย่างที่สุ่มมาจากประชากรโดย $S^2 = \dfrac{\sum_{i=1}^{n}\left(X_i - \overline{X}\right)^2}{n-1}$ ซึ่งจะส่งผลให้การประมาณค่าแบบช่วงเปลี่ยนไปตามข้อสมมติที่ว่า กรณีที่ประชากรมีการแจกแจงปกติหรือใกล้เคียง ไม่ทราบความแปรปรวนของประชากร และตัวอย่างขนาดเล็ก จะได้ $T = \dfrac{\overline{X} - \mu}{S/\sqrt{n}} \sim t_{(n-1)}$ ซึ่งมีองศาความเป็นอิสระ (df) เท่ากับ n-1 จะส่งผลให้ใช้ช่วงความเชื่อมั่นของตัวสถิติ T ดังนี้

$$\overline{X} - t_{\alpha/2,(n-1)}\frac{S}{\sqrt{n}} < \mu < \overline{X} + t_{\alpha/2,(n-1)}\frac{S}{\sqrt{n}}$$

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยสนใจศึกษาการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ซึ่งในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงมีองค์ประกอบหลายองค์ประกอบที่น่าสนใจ แต่ในงานวิจัยนี้จะกล่าวถึงขนาดตัวอย่างที่เหมาะสม ซึ่งถือว่าเป็นองค์ประกอบที่สำคัญองค์ประกอบหนึ่งในการที่จะทำให้ได้ผลสรุปการวิจัยที่มีความน่าเชื่อถือสูง ดังนั้นจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจว่า เราควรจะสุ่มตัวอย่างอย่างน้อยที่สุดเท่าใดที่ควรใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงสำหรับการใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T

Sophister , Neyman และ Pearson (1928) ได้พบว่า ความเบ้ (Skewness) ของการแจกแจงมีผลกระทบต่อการแจกแจงของตัวแปรสุ่มแบบ t มากกว่าความโด่ง (Kurtosis) และผลการศึกษายังแสดงให้เห็นว่า เมื่อข้อมูลของประชากรมีความเบ้แบบบวก (Positively Skewed Distribution) หรือเบ้ขวา จะทำให้การแจกแจงของตัวสถิติ t มีความเบ้เป็นลบ ซึ่งได้ทำการศึกษาโดยใช้ $|t|$ ในรูปช่วงความเชื่อมั่นของ μ เพื่อลดผลกระทบที่เกิดจากความเบ้ การศึกษานี้จะให้ผลถูกต้องเมื่อประชากรมีความเบ้เพียงเล็กน้อย

Carl J. Schwarz (1998) ได้ศึกษาว่า ในทางปฏิบัติการหาขนาดตัวอย่างนั้น สามารถหาได้จาก $n = \left(\frac{Z\sigma}{d}\right)^2$ โดย d คือความกว้างของช่วงความเชื่อมั่นหรือความผิดพลาดในการประมาณค่า μ ด้วย $\overline{X}$ คือ $\left|\overline{X} - \mu\right|$ และ Z คือตัวสถิติทดสอบ โดยสามารถทราบค่าได้จากตาราง Z และ σ คือส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน สามารถทราบค่า σ ได้โดยอาศัยข้อมูลในอดีต หรือ จากการทดลอง หรือ จากผู้ที่ชำนาญ

สำหรับการใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T จะขึ้นอยู่กับรูปแบบการแจกแจงของประชากร ถ้าเข้าใกล้ปกติมาก ขนาดตัวอย่างก็อาจจะเล็ก แต่ขณะที่ไกลจากปกติมาก ขนาดตัวอย่างก็จะใหญ่ขึ้น ฉะนั้นเมื่อใดจึงควรใช้ ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจที่จะศึกษา ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับขนาดตัวอย่างเมื่อการแจกแจงเป็นแบบไม่ปกติ และจะมีการกำหนดสัมประสิทธิ์ความเบ้ (Skewness) และสัมประสิทธิ์ความโด่ง (Kurtosis) ในระดับต่างๆ เนื่องจากต้องการศึกษาประชากรที่มีความหลากหลาย ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้เทคนิคการจำลองแบบมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation Technique) มาช่วยในการหาขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมในสถานการณ์ต่างๆ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งานต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยสนใจการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยสามารถจำแนกได้ดังนี้

1. เพื่อหาขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในสถานการณ์ต่างๆ
2. เพื่อหาข้อสรุปในการใช้ขนาดตัวอย่างสำหรับการหาช่วงความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยประชากรโดยใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีที่ประชากรมีการแจกแจงปกติและไม่ปกติ

1.3 ข้อตกลงเบื้องต้น

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยต้องการหาขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าเฉลี่ยแบบช่วงโดยกำหนดข้อตกลงเบื้องต้นดังนี้

1. สนใจเฉพาะการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงสองด้านโดยใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T เท่านั้น
2. พิจารณาเฉพาะประชากรที่มีการแจกแจงแบบต่อเนื่อง (Continuous Distribution) ในลักษณะต่างๆ ดังนี้

2.1 การแจกแจงปกติ (Normal Distribution)

ตัวแปรสุ่ม X มีการแจกแจงปกติ ซึ่งมีพารามิเตอร์ μ และ σ^2 ฟังก์ชันความหนาแน่นของ X เป็นดังนี้

$$f(x\,;\,\mu,\sigma^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma}\exp\left\{\frac{-1}{2\sigma^2}(x-\mu)^2\right\} \quad ; \sigma^2 \rangle 0\ ,-\infty \langle\, x \,\langle\, \infty, -\infty \langle\, \mu \,\langle\, \infty$$

2.2 การแจกแจงไม่ปกติ

2.2.1 การแจกแจงแลมดาของตูกีร์ (Tukey 's Lambda Distribution)

ตัวแปรสุ่ม $X = R(P) = \lambda_1 + \left[P^{\lambda_3} - (1-P)^{\lambda_4}\right] / \lambda_2$ มีการแจกแจงแลมดาของตูกีร์ ซึ่งมีพารามิเตอร์ $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ และ λ_4 ฟังก์ชันความหนาแน่นของ X เป็นดังนี้

$$f(x\,;\,P,\lambda_2,\lambda_3,\lambda_4) = f(R(P)) = 1 / R'(P) \text{ โดยที่ } R'(P) = \frac{d}{dP}R(P)$$

จะได้

$$f(x\,;\,P,\lambda_2,\lambda_3,\lambda_4) = \lambda_2\left[\lambda_3 P^{\lambda_3-1} + \lambda_4(1-P)^{\lambda_4-1}\right]^{-1} \qquad ;\ 0 \le P \le 1$$

นอกจากการแจกแจงแลมดาของตูกีร์ ซึ่งสามารถแปรเปลี่ยนสัมประสิทธิ์ความเบ้และสัมประสิทธิ์ความโด่งได้หลากหลายแล้ว ผู้วิจัยยังสนใจที่จะศึกษาการแจกแจงในรูปแบบเฉพาะอื่นที่รู้จักกันดีบางรูปแบบเพิ่มเติม ซึ่งการแจกแจงที่เลือกมาศึกษา ได้แก่ การแจกแจงดังต่อไปนี้

2.2.2 การแจกแจงแกมมา (Gamma Distribution)

ตัวแปรสุ่ม X มีการแจกแจงแกมมา ซึ่งมีพารามิเตอร์ α และ β ฟังก์ชันความหนาแน่นของ X เป็นดังนี้

$$f(x;\alpha,\beta) = \frac{1}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} \exp\left\{\frac{-x}{\beta}\right\} \qquad ; \quad x \rangle 0 , \alpha \rangle 0 , \beta \rangle 0$$

2.2.3 การแจกแจงเบตา (Beta Distribution)

ตัวแปรสุ่ม X มีการแจกแจงเบตา ซึ่งมีพารามิเตอร์ α และ β ฟังก์ชันความหนาแน่นของ X เป็นดังนี้

$$f(x;\alpha,\beta) = \frac{\Gamma(\alpha+\beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} x^{\alpha-1} (1-x)^{\beta-1} \qquad ; 0 \le x \le 1 , \alpha \rangle 0 , \beta \rangle 0$$

2.2.4 การแจกแจงไคกำลังสอง (Chi-Square Distribution)

ตัวแปรสุ่ม X มีการแจกแจงไคกำลังสอง ซึ่งมีพารามิเตอร์ ν ฟังก์ชันความหนาแน่นของ X เป็นดังนี้

$$f(x;\nu) = \frac{x^{(\nu-2)/2} \exp(-x/2)}{2^{\nu/2}\Gamma(\nu/2)} \qquad ; x \ge 0 , \nu = 1,2,3,...$$

2.2.5 การแจกแจงที (t Distribution)

ตัวแปรสุ่ม X มีการแจกแจงที ซึ่งมีพารามิเตอร์ ν ฟังก์ชันความหนาแน่นของ X เป็นดังนี้

$$f(x;\nu) = \frac{\Gamma[(\nu+1)/2]}{(\pi\nu)^{1/2}\Gamma(\nu/2)[1+(x^2/\nu)]^{(\nu+1)/2}} \qquad ; -\infty \langle x \langle \infty , \nu = 1,2,3,...$$

1.4 ขอบเขตการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยสนใจศึกษาหาขนาดตัวอย่างสำหรับการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T สำหรับกรณีประชากรที่มีการแจกแจงแบบต่อเนื่องในสถานการณ์ต่างๆ ตามที่ได้กล่าวไปแล้วในข้อตกลงเบื้องต้น ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการวิจัยโดยจำแนกค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งของแต่ละการแจกแจง และค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นให้มีความหลากหลาย ซึ่งจำแนกได้ดังนี้

1. การกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง สำหรับประชากรที่มีการแจกแจงแบบต่างๆ กระทำดังนี้

1.1 การแจกแจงปกติ สัมประสิทธิ์ความเบ้มีค่าเท่ากับ 0 และสัมประสิทธิ์ความโด่งมีค่าเท่ากับ 3 เมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์เป็นค่าใดๆ ก็ตาม ค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้และสัมประสิทธิ์ความโด่งจะคงที่ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจว่าเมื่อเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์เป็นค่าใดๆ ก็ตามแล้วผลของการหาขนาดตัวอย่างจะเปลี่ยนแปลงไปหรือไม่ จึงทำการกำหนดค่าพารามิเตอร์ μ และ σ^2 ออกเป็น 4 กรณีดังนี้

พารามิเตอร์ μ	พารามิเตอร์ σ^2
0	1
0	100
100	1
100	100

1.2 การแจกแจงแลมดาของตูกีร์ ในการวิจัยครั้งนี้ศึกษาการแจกแจงสมมาตร และการแจกแจงที่มีความเบ้ ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดค่า μ และ σ^2 เป็น 4 กรณีที่แตกต่างกันออกไป สำหรับค่าพารามิเตอร์ $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ และ λ_4 จะสามารถทราบได้จากค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง ซึ่งผู้วิจัยทำการกำหนดค่าสัมประสิทธิ์เบ้และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง สำหรับกรณีที่ค่า $\mu = 100, \sigma^2 = 100$ ดังต่อไปนี้

สัมประสิทธิ์ความเบ้ (α_3)	สัมประสิทธิ์ความโด่ง (α_4)
0.0	2.0 , 3.0 , 4.0 , 5.0 , 6.0 , 7.0 , 8.0 , 9.0
0.1	2.0 , 3.0 , 4.0 , 5.0 , 6.0 , 7.0 , 8.0 , 9.0
0.2	2.0 , 3.0 , 4.0 , 5.0 , 6.0 , 7.0 , 8.0 , 9.0
0.3	2.0 , 3.0 , 4.0 , 5.0 , 6.0 , 7.0 , 8.0 , 9.0
0.4	3.0 , 4.0 , 5.0 , 6.0 , 7.0 , 8.0 , 9.0
0.5	3.0 , 4.0 , 5.0 , 6.0 , 7.0 , 8.0 , 9.0
0.6	3.0 , 4.0 , 5.0 , 6.0 , 7.0 , 8.0 , 9.0
0.7	3.0 , 4.0 , 5.0 , 6.0 , 7.0 , 8.0 , 9.0
0.8	3.0 , 4.0 , 5.0 , 6.0 , 7.0 , 8.0 , 9.0 , 10.0
0.9	4.0 , 5.0 , 6.0 , 7.0 , 8.0 , 9.0 , 10.0
1.0	4.0 , 5.0 , 6.0 , 7.0 , 8.0 , 9.0 , 10.0
1.1	4.0 , 5.0 , 6.0 , 7.0 , 8.0 , 9.0 , 10.0 , 11.0
1.2	5.0 , 6.0 , 7.0 , 8.0 , 9.0 , 10.0 , 11.0
1.3	5.0 , 6.0 , 7.0 , 8.0 , 9.0 , 10.0 , 11.0
1.4	5.0 , 6.0 , 7.0 , 8.0 , 9.0 , 10.0 , 11.0 , 12.0
1.5	6.0 , 7.0 , 8.0 , 9.0 , 10.0 , 11.0 , 12.0
1.6	6.0 , 7.0 , 8.0 , 9.0 , 10.0 , 11.0 , 12.0 , 13.0
1.7	7.0 , 8.0 , 9.0 , 10.0 , 11.0 , 12.0 , 13.0
1.8	8.0 , 9.0 , 10.0 , 11.0 , 12.0 , 13.0 , 14.0
1.9	8.0 , 9.0 , 10.0 , 11.0 , 12.0 , 13.0 , 14.0 , 15.0
2.0	9.0 , 10.0 , 11.0 , 12.0 , 13.0 , 14.0 , 15.0

สำหรับกรณีที่ค่า $\mu = 100 , \sigma^2 = 1$ และ $\mu = 0 , \sigma^2 = 100$ และ $\mu = 0 , \sigma^2 = 1$ ของการแจกแจงแลมดาของตูกีร์ ผู้วิจัยจะพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งดังต่อไปนี้

สัมประสิทธิ์ความเบ้ (α_3)	สัมประสิทธิ์ความโด่ง (α_4)
0.0	3.0 , 6.0 , 9.0
1.0	4.0 , 7.0 , 10.0
2.0	9.0 , 12.0 , 15.0

1.3 การแจกแจงแกมมา มีสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ $\frac{2}{\sqrt{\alpha}}$ และสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ $3+\frac{6}{\alpha}$ โดยผู้วิจัยทำการกำหนดพารามิเตอร์ β และค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ จะส่งผลให้ทราบค่าพารามิเตอร์ α และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง สำหรับค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนจะพิจารณาตามค่าพารามิเตอร์ α และพารามิเตอร์ β โดยที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ $\alpha\beta$ และความแปรปรวนเท่ากับ $\alpha\beta^2$ ซึ่งพารามิเตอร์ β ผู้วิจัยทำการกำหนดให้มีความหลากหลาย ซึ่งกำหนดไว้ 3 ค่าดังนี้ คือเท่ากับ 1, 5 และ 10 โดยกรณีที่ β = 1 กระทำในกรณีดังต่อไปนี้

สัมประสิทธิ์ความเบ้ (α_3)	สัมประสิทธิ์ความโด่ง (α_4)	พารามิเตอร์ α	ค่าเฉลี่ย	ค่าความแปรปรวน
0.5	3.375	16.0	16.0	16.0
1.0	4.5	4.0	4.0	4.0
2.0	9.0	1.0	1.0	1.0
3.0	16.64	0.44	0.44	0.44
3.5	21.3767	0.3265	0.3265	0.3265
4.0	27.0	0.25	0.25	0.25

สำหรับกรณีที่พารามิเตอร์ β = 5 และ β = 10 จะพิจารณาเฉพาะกรณีที่ค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง ค่าพารามิเตอร์ α ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวน ในกรณีดังต่อไปนี้

สัมประสิทธิ์ความเบ้	สัมประสิทธิ์ความโด่ง	พารามิเตอร์ α	พารามิเตอร์ β	ค่าเฉลี่ย	ค่าความแปรปรวน
0.5	3.375	16.0	5	80.0	400.0
			10	160.0	1600.0
1.0	4.5	4.0	5	20.0	100.0
			10	40.0	400.0
2.0	9.0	1.0	5	5.0	25.0
			10	10.0	100.0

1.4 การแจกแจงเบตา สำหรับการแจกแจงนี้ผู้วิจัยจะพิจารณาประชากรที่มีลักษณะเบ้ซ้ายและเบ้ขวา โดยที่สัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ $2(\beta-\alpha)\sqrt{\alpha^{-1}+\beta^{-1}+(\alpha\beta)^{-1}}\,(\alpha+\beta+2)^{-1}$ สัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ $\dfrac{3(\alpha+\beta+1)\{2(\alpha+\beta)^2+\alpha\beta(\alpha+\beta-6)\}}{\alpha\beta(\alpha+\beta+2)(\alpha+\beta+3)}$ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ $\alpha/(\alpha+\beta)$ และความแปรปรวนเท่ากับ $\alpha\beta(\alpha+\beta)^{-2}(\alpha+\beta+1)^{-1}$ โดยผู้วิจัยกำหนดค่าพารามิเตอร์ β และค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ จะทำให้ทราบถึงค่าพารามิเตอร์ α ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง แล้วนำค่าพารามิเตอร์ α และค่าพารามิเตอร์ β มาหาค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวน โดยที่ในการวิจัยสำหรับกรณีประชากรมีลักษณะเบ้ขวา กระทำในกรณีดังต่อไปนี้

สัมประสิทธิ์ความเบ้	สัมประสิทธิ์ความโด่ง	พารามิเตอร์ α	พารามิเตอร์ β	ค่าเฉลี่ย	ค่าความแปรปรวน
0.5	1.70	0.298	0.5	0.3734	0.1301
	2.75	2.28	5	0.3132	0.0260
	3.26	8.9	50	0.1511	0.0021
1.0	2.47	0.185	0.5	0.2701	0.1170
	3.69	1.22	5	0.1961	0.0218
	4.38	3.1	50	0.0584	0.0010
1.5	3.78	0.121	0.5	0.1948	0.0968
	5.30	0.73	5	0.1274	0.0165
	6.21	1.53	50	0.0297	0.0005
2.0	5.65	0.0826	0.5	0.1418	0.0769
	7.65	0.47	5	0.0859	0.0121
	8.74	0.9	50	0.0177	0.0003
2.5	8.06	0.0592	0.5	0.1059	0.0607
	10.50	0.33	5	0.0619	0.0092
	12.14	0.58	50	0.0115	0.0002
3.0	11.02	0.044	0.5	0.0809	0.0481
	14.12	0.24	5	0.0458	0.0070
	16.11	0.41	50	0.0081	0.0002

สำหรับกรณีเบ้ซ้าย ผู้วิจัยทำการสลับค่าพารามิเตอร์ α เป็นพารามิเตอร์ β และสลับค่าพารามิเตอร์ β เป็นพารามิเตอร์ α จะส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เปลี่ยนจากเบ้ขวาเป็นเบ้ซ้าย สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่าเดิม ซึ่งมีค่าดังต่อไปนี้

สัมประสิทธิ์ความเบ้	สัมประสิทธิ์ความโด่ง	พารามิเตอร์ α	พารามิเตอร์ β	ค่าเฉลี่ย	ค่าความแปรปรวน
- 0.5	1.70	0.5	0.298	0.6266	0.1301
	2.75	5	2.28	0.6868	0.0260
	3.26	50	8.9	0.8489	0.0021
- 1.0	2.47	0.5	0.185	0.7299	0.1170
	3.69	5	1.22	0.8039	0.0218
	4.38	50	3.1	0.9416	0.0010
- 1.5	3.78	0.5	0.121	0.8052	0.0968
	5.30	5	0.73	0.8726	0.0165
	6.21	50	1.53	0.9703	0.0005
- 2.0	5.65	0.5	0.0826	0.8582	0.0769
	7.65	5	0.47	0.9141	0.0121
	8.74	50	0.9	0.9823	0.0003
- 2.5	8.06	0.5	0.0592	0.8941	0.0607
	10.50	5	0.33	0.9381	0.0092
	12.14	50	0.58	0.9885	0.0002
- 3.0	11.02	0.5	0.044	0.9191	0.0481
	14.12	5	0.24	0.9542	0.0070
	16.11	50	0.41	0.9919	0.0002

1.5 การแจกแจงไคกำลังสอง มีสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ $2^{3/2}\nu^{-1/2}$ สัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ $3+\dfrac{12}{\nu}$ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ ν และความแปรปรวนเท่ากับ 2ν ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนขึ้นอยู่กับค่าพารามิเตอร์ v ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยตัดสินใจเลือกค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้และค่าพารามิเตอร์ v ให้มีความหลากหลายดังต่อไปนี้

สัมประสิทธิ์ความเบ้	สัมประสิทธิ์ความโด่ง	พารามิเตอร์ v	ค่าเฉลี่ย	ค่าความแปรปรวน
2.0	9.0	2	2.0	4.0
1.633	7.0	3	3.0	6.0
1.4142	6.0	4	4.0	8.0
1.2649	5.4	5	5.0	10.0
1.1547	5.0	6	6.0	12.0
1.069	4.7143	7	7.0	14.0
1.0	4.5	8	8.0	16.0
0.9428	4.3333	9	9.0	18.0
0.8528	4.0909	11	11.0	22.0
0.8165	4.0	12	12.0	24.0
0.7845	3.9231	13	13.0	26.0
0.7559	3.8571	14	14.0	28.0
0.7303	3.8	15	15.0	30.0
0.686	3.7058	17	17.0	34.0
0.6667	3.6667	18	18.0	36.0
0.6325	3.6	20	20.0	40.0
0.5774	3.5	24	24.0	48.0
0.5	3.375	32	32.0	64.0
0.4	3.24	50	50.0	100.0
0.3482	3.1818	66	66.0	132.0
0.3143	3.1481	81	81.0	162.0
0.249	3.093	129	129.0	258.0

1.6 การแจกแจงที มีสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 0 สัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ $3(\nu-2)/(\nu-4)$; $\nu \rangle 4$ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ $\dfrac{\nu}{(\nu-2)}$; $\nu \rangle 2$ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งและค่าความแปรปรวนขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ v ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยกำหนดค่าพารามิเตอร์ v เพื่อให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งและค่าความแปรปรวน ดังต่อไปนี้

สัมประสิทธิ์ความโด่ง	พารามิเตอร์ v	ค่าเฉลี่ย	ค่าความแปรปรวน
9.0	5	0.0	1.6667
6.0	6	0.0	1.5
5.0	7	0.0	1.4
4.5	8	0.0	1.3333
4.0	10	0.0	1.25
3.5	16	0.0	1.1429
ประมาณ 3.0	125	0.0	1.0163

2. กำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 1-α เท่ากับ 0.80 , 0.85 , 0.90 , 0.95 , 0.97 , 0.98 และ 0.99 หรือระดับนัยสำคัญ α เท่ากับ 0.20 , 0.15 , 0.10 , 0.05 , 0.03 , 0.02 และ 0.01

3. ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้เทคนิคการจำลองข้อมูลแบบมอนติคาร์โลซีมูเลชั่น ในการสร้างตัวเลขสุ่มให้มีลักษณะต่างๆ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ภาษาไมโครซอฟฟอร์แทรนเพาวเวอร์สเตชั่น 4.0 (Microsoft Fortran Power Station 4.0) ซึ่งทำการทดลองซ้ำ 5,000 ครั้ง ในแต่ละสถานการณ์ของการทดลอง

4. ระดับนัยสำคัญในการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่ได้จากการทดลองกับค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด $\alpha^* = 0.05$

1.5 ขั้นตอนการวิจัย

การหาขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่ใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T สำหรับประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติและที่มีการแจกแจงแบบไม่ปกติ มีขั้นตอนดังนี้

1. สร้างข้อมูลให้มีการแจกแจงตามแบบต่างๆ ตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น โดยกำหนดขนาดตัวอย่าง n ให้ค่าเริ่มต้นที่ n = 2 จากนั้นใช้เทคนิคการจำลองแบบมอนติคาร์โล กระทำการจำลองซ้ำ 5,000 รอบ แล้วคำนวณหาช่วงความเชื่อมั่นของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในแต่ละรอบและแต่ละค่า n

2. จากนั้นหาสัดส่วนของช่วงที่ครอบคลุมค่าเฉลี่ยโดยตรวจสอบว่าช่วงความเชื่อมั่นที่คำนวณจากขนาดตัวอย่างครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ μ หรือไม่ หากช่วงความเชื่อมั่นที่คำนวณได้ครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ μ จะทำการนับจำนวนครั้งและบวกสะสมค่าไว้จนกระทั่งครบ 5,000 รอบ โดยในแต่ละค่าของขนาดตัวอย่างจะคำนวณช่วงความเชื่อมั่นซ้ำ 5,000 ครั้ง ค่าบวกสะสมที่ได้คือจำนวนครั้งทั้งหมดที่ช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่าเฉลี่ยประชากร แล้วนำค่าที่ได้ไปหารด้วย 5,000 ซึ่งค่าที่ได้นี้เรียกว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่ได้จากการทดลอง ใช้สัญลักษณ์ $1-\hat{\alpha}$

3. ทำการเปรียบเทียบค่า $1-\hat{\alpha}$ ที่ได้กับค่า $1-\alpha$ ที่กำหนดว่ามีค่ามากกว่าหรือเท่ากับอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ ถ้าค่า $1-\hat{\alpha}$ มีค่าน้อยกว่า $1-\alpha$ อย่างมีนัยสำคัญ ให้เพิ่มขนาดตัวอย่างขึ้นไปอีก 1 หน่วย แล้วย้อนกลับไปทำในข้อ 1 จนกระทั่งพบว่าค่า $1-\hat{\alpha}$ มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ $1-\alpha$ อย่างมีนัยสำคัญ

4. เมื่อพบว่า $1-\hat{\alpha}$ มากกว่าหรือเท่ากับ $1-\alpha$ อย่างมีนัยสำคัญแล้ว จะส่งผลให้ได้ขนาดตัวอย่าง (n) ที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าเฉลี่ยแบบช่วงสำหรับประชากรที่มีลักษณะต่างๆ โดยใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T

5. เมื่อได้ขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงครบทั้งกรณีทราบและไม่ทราบค่าความแปรปรวนประชากรโดยใช้ตัวสถิติทั้งสองแล้ว จากนั้นพิจารณาว่าขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T มีค่าเท่ากันหรือไม่ โดยที่กรณีทราบค่าความแปรปรวนประชากรจะไม่นำมาพิจารณาร่วมกับกรณีไม่ทราบค่าความแปรปรวนประชากร ถ้าเกิดกรณีขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติทั้งสองมีค่าไม่เท่ากัน ก็ถือว่าขนาดตัวอย่างที่ได้เป็นขนาดตัวอย่างที่เหมาะสม

6. ถ้าเกิดกรณีขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติทั้งสองมีค่าเท่ากัน ในระดับความเบ้เดียวกัน ระดับความโด่งเดียวกัน ก็จะใช้วิธีความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นเข้ามาช่วยในการตัดสินใจ กระทำได้โดยหาผลต่างระหว่างขอบเขตบน (U) กับขอบเขตล่าง (L) ของแต่ละช่วง แล้วนำผลต่างที่ได้ของแต่ละช่วงมาบวกสะสมจนครบ 5,000 รอบ แล้วหารด้วยจำนวนรอบ ซึ่งมีรูปแบบการคำนวณดังนี้

$$\text{ความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น} = \frac{\sum_{i}^{5000}\left(U_i - L_i\right)}{5000}$$

7. จากนั้นนำค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นที่ได้ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T มาพิจารณาว่า ถ้าช่วงความเชื่อมั่นของตัวสถิติใดที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยกว่า ก็สามารถกล่าวได้ว่า สำหรับขนาดตัวอย่างที่เท่ากันนั้น การประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นที่น้อยกว่าจะมีความน่าเชื่อถือมากกว่า ดังนั้นจะได้ขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติทั้งสอง จากนั้นย้อนกลับไปทำจนกระทั่งครบทุกกรณีตามที่กำหนด

1.6 เกณฑ์การตัดสินใจ

ในการหาขนาดตัวอย่าง n สำหรับการประมาณค่าเฉลี่ยแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T สำหรับประชากรที่มีการแจกแจงเป็นปกติและประชากรที่มีการแจกแจงแบบไม่ปกติ ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจมีดังนี้

จากการทดลอง ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง $(1-\hat{\alpha})$ สามารถหาได้ดังนี้

$$1-\hat{\alpha} = \frac{1}{5000}\ (\text{จำนวนครั้งทั้งหมดที่ช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ } \mu)$$

1. การเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

เป็นเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดกับสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่ได้จากการทดลอง ในการตรวจสอบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่ได้จากการทดลองของวิธีการใดมีค่าไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดนั้น จะอาศัยการทดสอบสมมติฐานด้วยตัวสถิติ Z เพื่อให้อำนาจของการทดสอบ (Power of test) มีค่ามาก ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดระดับนัยสำคัญในการทดสอบ $\alpha^* = 0.05$ โดยมีรายละเอียดดังนี้

กำหนดให้ X เป็นจำนวนครั้งทั้งหมดที่ช่วงความเชื่อมั่นที่ประมาณได้ครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ในการทดสอบแบบ B(n,p) จำนวน n ครั้งซึ่งเป็นอิสระซึ่งกันและกัน โดยที่ p เป็นความน่าจะเป็นที่ช่วงความเชื่อมั่นที่ประมาณได้ครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ เมื่อจำนวนครั้งของการทดลองมีค่ามาก จะส่งผลให้ X มีการแจกแจงโดยประมาณเป็น N(np , npq) และกำหนดให้ $\hat{p} = X/n$ เป็นค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง โดยที่ $\hat{p}$ จะมีการแจกแจงโดยประมาณเป็น $N\left(p, \frac{pq}{n}\right)$ และ $0 \le p \le 1$

ดังนั้นในการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นกับค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดนั้น ผู้วิจัยจะทดสอบว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (p) มีค่ามากกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด (p_0) อย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ ดังนั้นสามารถเขียนสมมติฐานในการทดสอบ ได้ดังนี้

$H_0 : p \le p_0$

$H_1 : p > p_0$

เราจะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 เมื่อ

$$\frac{\hat{p} - p_0}{\sqrt{p_0(1 - p_0)/n}} > Z_{1-\alpha^*}$$

$$\hat{p} > p_0 + Z_{1-\alpha^*}\sqrt{p_0(1 - p_0)/5000} \qquad (1.1)$$

ดังนั้นเมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดเท่ากับ 0.99 จะได้ว่า

$H_0 : p \le 0.99$

$H_1 : p > 0.99$

จาก (1.1) จะได้ว่า $\hat{p} > 0.99 + 1.645\sqrt{(0.99 \times 0.01)/5000}$

$\hat{p} > 0.9923$

เพราะฉะนั้น ถ้าวิธีใดที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่ต่ำกว่า 0.9923 แสดงวิธีการนั้นให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นตามค่าที่กำหนด

ในแต่ละระดับของค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นก็จะพิจารณาโดยใช้วิธีการเดียวกันกับข้างต้น ดังนั้นสามารถกล่าวได้ดังนี้

- ถ้าค่า $1\text{-}\alpha = 0.99$ จะยอมรับขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณเมื่อค่า $1\text{-}\hat{\alpha} > 0.9923$
- ถ้าค่า $1\text{-}\alpha = 0.98$ จะยอมรับขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณเมื่อค่า $1\text{-}\hat{\alpha} > 0.9833$
- ถ้าค่า $1\text{-}\alpha = 0.97$ จะยอมรับขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณเมื่อค่า $1\text{-}\hat{\alpha} > 0.9740$
- ถ้าค่า $1\text{-}\alpha = 0.95$ จะยอมรับขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณเมื่อค่า $1\text{-}\hat{\alpha} > 0.9551$
- ถ้าค่า $1\text{-}\alpha = 0.90$ จะยอมรับขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณเมื่อค่า $1\text{-}\hat{\alpha} > 0.9070$
- ถ้าค่า $1\text{-}\alpha = 0.85$ จะยอมรับขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณเมื่อค่า $1\text{-}\hat{\alpha} > 0.8583$
- ถ้าค่า $1\text{-}\alpha = 0.80$ จะยอมรับขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณเมื่อค่า $1\text{-}\hat{\alpha} > 0.8093$

ดังนั้นสามารถกล่าวได้ว่า ถ้าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่ได้จากการทดลอง ($1\text{-}\hat{\alpha}$) มีค่าไม่ต่ำกว่าค่าที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น แสดงว่าขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิตินั้นๆ มีความเหมาะสม

2. เมื่อผ่านการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นแล้ว จะส่งผลให้ได้ขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T จากนั้นพิจารณาว่า ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T มีค่าเท่ากันหรือไม่ โดยที่กรณีทราบความแปรปรวนประชากรจะไม่นำมาพิจารณาร่วมกับกรณีไม่ทราบค่าความแปรปรวนประชากร ซึ่งถ้าเกิดขนาดตัวอย่างของตัวสถิติทั้งสองมีค่าเท่ากันต้องนำวิธีความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นเข้ามาช่วยในการตัดสินใจ

ความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น หาได้ดังนี้

$$\text{ความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น} = \frac{\sum_{i}^{5000}\left(U_i - L_i\right)}{5000}$$

ดังนั้นเกณฑ์ในการตัดสินใจคือ ตัวสถิติใดที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยกว่าจะมีความเหมาะสมมากกว่า หรือกล่าวได้ว่า ในขนาดตัวอย่างที่เท่ากันนั้นตัวสถิติที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นที่น้อยกว่าจะมีความเหมาะสมมากกว่าในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง

1.7 คำจำกัดความ

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เสนอคำจำกัดความทางสถิติที่ศึกษาในการวิจัย ดังต่อไปนี้

1. ช่วงความเชื่อมั่น (Confidence Interval) คือ ช่วงค่าประมาณพารามิเตอร์ที่คำนวณได้จากตัวอย่างหนึ่งชุดใดๆ ที่ระดับความเชื่อมั่นที่กำหนด

2. สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (Confidence Coefficient) คือ ความน่าจะเป็นที่ช่วงสุ่มจะครอบคลุมค่าพารามิเตอร์

1.8 ประโยชน์ของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยคาดว่าเนื้อหาการวิจัยที่ได้จะมีประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจในเรื่องการหาขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ดังต่อไปนี้

1. เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจว่าขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในประชากรที่มีสถานการณ์ต่างๆ เช่น การแจกแจงปกติ และการแจกแจงแบบไม่ปกติ สำหรับการประมาณค่าเฉลี่ยแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T

2. เพื่อเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่สนใจเมื่อมีข้อมูลจำนวนหนึ่ง ซึ่งจะช่วยในการตัดสินใจว่าจะใช้ตัวสถิติ Z หรือตัวสถิติ T เพื่อให้การประมาณค่าเฉลี่ยแบบช่วงมีความเชื่อถือมากขึ้น

บทที่ 2

ทฤษฎีและตัวสถิติที่เกี่ยวข้อง

ดังที่ได้กล่าวในบทที่ 1 การประมาณค่าสามารถจำแนกได้ 2 แบบ คือ การประมาณค่าแบบจุดและการประมาณค่าแบบช่วง สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะการประมาณค่าแบบช่วงโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อหาขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมเพื่อนำมาประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T สำหรับกรณีที่ประชากรมีการแจกแจงแบบปกติและมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยทั่วไปแล้วผู้ทำการประมาณต้องการให้ช่วงความเชื่อมั่นที่ประมาณได้ครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการด้วยความเชื่อมั่นที่กำหนดและยังต้องการให้ช่วงความเชื่อมั่นที่ประมาณได้เป็นช่วงความเชื่อมั่นที่แคบ ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาการแจกแจงของประชากร 2 ลักษณะคือ การแจกแจงแบบปกติและการแจกแจงแบบไม่ปกติ ซึ่งสามารถจำแนกเป็น 6 การแจกแจง ได้แก่ การแจกแจงปกติ การแจกแจงแลมดาของตูกีร์ การแจกแจงแกมมา การแจกแจงเบตา การแจกแจงไคกำลังสอง และการแจกแจงที สำหรับหลักเกณฑ์ในการพิจารณาจะพิจารณาถึงค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น โดยจะเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่ได้จากการทดลองกับสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง
2. ความเบ้ และความโด่ง ใช้ในการกำหนดรูปแบบการแจกแจงที่กำหนด
3. การแจกแจงต่างๆ ได้แก่ การแจกแจงปกติ การแจกแจงแลมดาของตูกีร์ การแจกแจงแกมมา การแจกแจงเบตา การแจกแจงไคกำลังสอง และการแจกแจงที

2.1 การประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง

ถ้ากล่าวถึงการประมาณค่าพารามิเตอร์นั้น สามารถทำการประมาณได้ 2 แบบ คือการประมาณค่าแบบจุด และการประมาณค่าแบบช่วง แต่ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะขอกล่าวถึงการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบช่วงสองด้านเท่านั้น

2.1.1 การประมาณค่าพารามิเตอร์แบบช่วง

การประมาณค่าพารามิเตอร์แบบช่วงเป็นการประมาณค่าพารามิเตอร์ของประชากรว่า ช่วงที่ได้จะครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ด้วยความเชื่อมั่นระดับหนึ่ง สมมติให้ $X_1, X_2,..., X_n$ เป็นตัวอย่างสุ่มขนาด n จากการแจกแจงซึ่งมี θ เป็นพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่า สมมติสามารถหาตัวสถิติ $L(X_1, X_2,..., X_n)$ และ $U(X_1, X_2,..., X_n)$ ซึ่งสำหรับค่าจริง θ ใดๆ

$$P\left(L(X_1, X_2,..., X_n) < \theta < U(X_1, X_2,..., X_n)\right) = 1-\alpha$$

โดยที่ความน่าจะเป็น $1-\alpha$ เป็นค่าคงที่ $(0 < \alpha < 1)$ ถ้า $x_1, x_2,..., x_n$ เป็นค่าสังเกตของ $X_1, X_2,..., X_n$ ดังนั้น $l(x_1, x_2,..., x_n)$ แทนด้วย l และ $u(x_1, x_2,..., x_n)$ แทนด้วย u เป็นค่าสังเกตของ $L(X_1, X_2,..., X_n)$ และ $U(X_1, X_2,..., X_n)$ ตามลำดับ

นั่นคือเมื่อสุ่มตัวอย่างมาชุดหนึ่งสามารถสร้าง (l, u) ได้ช่วงหนึ่ง โดยกำหนดเปอร์เซ็นต์ของความเชื่อมั่น $(1-\alpha)100\%$ และเรียกช่วงที่สร้างขึ้นว่าเป็นช่วงความเชื่อมั่น $(1-\alpha)100\%$ สำหรับ θ ($(1-\alpha)100\%$ Confidence Interval for θ) ซึ่งหมายความว่าช่วง (l, u) จะครอบคลุมค่าจริงของ θ ด้วยความเชื่อมั่น $(1-\alpha)100\%$ และเรียกค่า l ว่าขอบเขตล่างของความเชื่อมั่น (Lower Confidence Limit) เรียกค่า u ว่าขอบเขตบนของความเชื่อมั่น (Upper Confidence Limit) และเรียก $1-\alpha$ ว่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (Confidence Coefficient)

ในการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบช่วงโดยทั่วไปจะอาศัยตัวประมาณแบบจุดของพารามิเตอร์และการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวประมาณนั้นเป็นหลัก ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยสนใจเฉพาะการประมาณค่าเฉลี่ยประชากร μ แบบช่วง จึงต้องอาศัยตัวประมาณค่าแบบจุดของ μ และการแจกแจงของตัวประมาณนั้น

2.1.2 การประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง

เมื่อพิจารณาถึงการประมาณค่าเฉลี่ยประชากร μ แบบช่วง จะต้องอาศัยตัวประมาณค่าแบบจุดของ μ และการแจกแจงของตัวประมาณที่ได้ ดังนั้น

สมมติให้ $X_1, X_2, ..., X_n$ เป็นตัวอย่างสุ่มขนาด n ที่มีการแจกแจงแบบปกติโดยมีค่าเฉลี่ย μ และค่าความแปรปรวน σ^2 ซึ่งทราบค่า σ^2 ดังนั้นในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ต้องอาศัยตัวประมาณแบบจุดของ μ ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่า $\overline{X}$ เป็นตัวประมาณที่ไม่เอนเอียงที่ดีที่สุดของ μ และทราบว่า $\overline{X}$ มีการแจกแจงปกติ โดยมีค่าเฉลี่ย $E(\overline{X}) = \mu_{\overline{X}} = \mu$ และมีความแปรปรวน $V(\overline{X}) = \sigma^2_{\overline{X}} = \sigma^2/n$ สามารถเขียนได้ว่า $\overline{X} \sim N(\mu, \sigma^2/n)$

ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง เมื่อพิจารณาถึงความแปรปรวนประชากรสามารถแยกได้เป็น 2 กรณีคือ กรณีทราบค่าความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบค่าความแปรปรวนประชากร สามารถอธิบายได้ดังนี้

<u>การประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง กรณีทราบค่าความแปรปรวนประชากร</u>

ตามที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น $\overline{X} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} X_i$ เป็นตัวประมาณแบบจุดของ μ และ $\overline{X} \sim N(\mu, \sigma^2/n)$ ถ้าให้ $Z = \dfrac{\overline{X} - \mu}{\sqrt{\sigma^2/n}}$ จะได้ว่า $Z \sim N(0,1)$ ดังนั้นสามารถประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงได้โดยความน่าจะเป็นที่ Z จะอยู่ระหว่าง $-Z_{\alpha/2}$ กับ $Z_{\alpha/2}$ มีค่าเท่ากับ $1-\alpha$ สามารถกระทำได้ดังนี้

$$P\left[-Z_{\alpha/2} < Z < Z_{\alpha/2}\right] = 1-\alpha$$

$$P\left[-Z_{\alpha/2} < \frac{\overline{X}-\mu}{\sigma/\sqrt{n}} < Z_{\alpha/2}\right] = 1-\alpha$$

$$P\left[-Z_{\alpha/2}\,\sigma/\sqrt{n} < \overline{X}-\mu < Z_{\alpha/2}\,\sigma/\sqrt{n}\right] = 1-\alpha$$

$$P\left[-\overline{X}-Z_{\alpha/2}\,\sigma/\sqrt{n} < -\mu < -\overline{X}+Z_{\alpha/2}\,\sigma/\sqrt{n}\right] = 1-\alpha$$

$$P\left[\overline{X}-Z_{\alpha/2}\,\sigma/\sqrt{n} < \mu < \overline{X}+Z_{\alpha/2}\,\sigma/\sqrt{n}\right] = 1-\alpha$$

ซึ่งหมายความว่า $\overline{X} - Z_{\alpha/2}\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ และ $\overline{X} + Z_{\alpha/2}\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ จะครอบคลุมค่าของ μ ด้วยความเชื่อมั่น $(1-\alpha)$

นั่นคือ ช่วงความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยของประชากรที่ระดับความเชื่อมั่น $(1-\alpha)\,100\%$ คือ

$$\overline{X} - Z_{\alpha/2}\frac{\sigma}{\sqrt{n}} < \mu < \overline{X} + Z_{\alpha/2}\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

<u>การประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง กรณีไม่ทราบค่าความแปรปรวนประชากร</u>

จาก $\overline{X} \sim N\left(\mu, \sigma^2/n\right)$ แต่เราไม่ทราบค่า σ^2 ทำให้เราไม่สามารถสร้างตัวแปรสุ่ม Z ที่มีการแจกแจงปกติมาตราฐานได้ ดังนั้น เราจะประมาณค่า σ^2 ด้วยค่าความแปรปรวนตัวอย่าง $S^2 = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\left(X_i - \overline{X}\right)^2$ ดังนั้นจะได้ตัวแปรสุ่มใหม่ดังนี้ $\frac{\overline{X}-\mu}{S/\sqrt{n}}$ เราอาจเขียนตัวแปรนี้ในรูปต่อไปนี้ได้คือ

$$\begin{aligned} \frac{\overline{X}-\mu}{S/\sqrt{n}} &= \frac{\sqrt{n}\left(\overline{X}-\mu\right)/\sigma}{\sqrt{S^2}/\sigma} \\ &= \frac{\sqrt{n}\left(\overline{X}-\mu\right)/\sigma}{\sqrt{(n-1)S^2/\sigma^2(n-1)}} \end{aligned} \tag{1}$$

เนื่องจากตัวแปร $\sqrt{n}\left(\overline{X}-\mu\right)/\sigma$ เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติมาตราฐาน แทนด้วย Z และ $(n-1)S^2/\sigma^2$ เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงไคกำลังสองด้วยองศาความเป็นอิสระ $n-1$ ดังนั้นจากสมการ (1) จะได้ว่า $\frac{\overline{X}-\mu}{S/\sqrt{n}} = \frac{Z}{\sqrt{\chi^2_{(n-1)}/(n-1)}}$ มีการแจกแจงที ที่องศาความเป็นอิสระ $n-1$ จะได้ว่า $T = \frac{\overline{X}-\mu}{S/\sqrt{n}} \sim t_{(n-1)}$ ดังนั้นสามารถประมาณความน่าจะเป็นที่ T จะอยู่ในช่วง $-t_{\alpha/2}$ กับ $t_{\alpha/2}$ เท่ากับ $1-\alpha$ สามารถกระทำได้ดังนี้

$$P\left[-t_{\alpha/2,\,(n-1)} < T < t_{\alpha/2,\,(n-1)}\right] \quad = \quad 1-\alpha$$

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

$$P\left[-t_{\alpha/2,(n-1)}\ S/\sqrt{n} < \overline{X}-\mu < t_{\alpha/2,\,(n-1)}\ S/\sqrt{n}\right] \quad = \quad 1-\alpha$$

$$P\left[\overline{X}-t_{\alpha/2,\,(n-1)}\ S/\sqrt{n} < \mu < \overline{X}+t_{\alpha/2,\,(n-1)}\ S/\sqrt{n}\right] \quad = \quad 1-\alpha$$

ดังนั้น ช่วงความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยของประชากรที่ระดับความเชื่อมั่น $(1-\alpha)\,100\,\%$ คือ

$$\overline{X}-t_{\alpha/2,(n-1)}\frac{S}{\sqrt{n}} < \mu < \overline{X}+t_{\alpha/2,(n-1)}\frac{S}{\sqrt{n}}$$

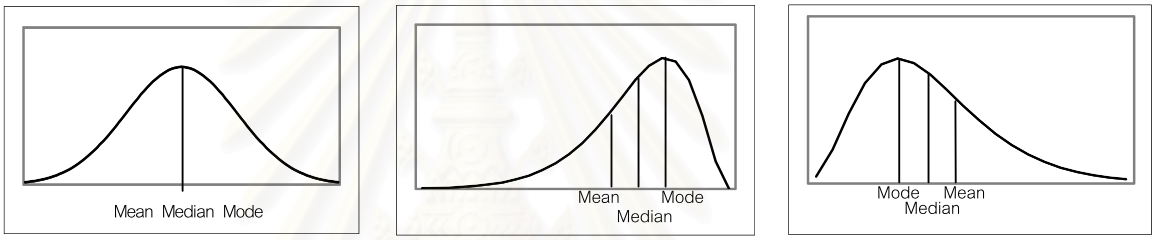
ในทางปฏิบัติการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงจะต้องพิจารณาถึงปัจจัยหลายอย่าง เช่น ขนาดตัวอย่าง การแจกแจงของประชากร และความแปรปรวนประชากร เป็นต้น ดังนั้นตามที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น เมื่อพิจารณาถึงความแปรปรวนประชากร ถ้าทราบความแปรปรวนประชากรโดยทั่วไปจะประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z แต่ถ้าไม่ทราบความแปรปรวนประชากรจะประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ T

สำหรับการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T เมื่อพิจารณาถึงรูปแบบการแจกแจงของประชากร ถ้าเข้าใกล้ปกติมาก จะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณมีขนาดเล็ก แต่เมื่อไกลจากปกติมาก จะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณมีขนาดใหญ่ขึ้น ฉะนั้นเมื่อใดจึงควรใช้ ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจที่จะศึกษา และที่กล่าวว่าขนาดตัวอย่างใหญ่หรือขนาดตัวอย่างเล็กนั้น ขนาดตัวอย่างจำนวนเท่าใดจึงถือว่ามีขนาดใหญ่หรือเมื่อใดถือว่ามีขนาดเล็กนั้น จึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจศึกษา

2.2 ความเบ้ (skewness)

ประชากรที่มีการแจกแจงแบบสมมาตร เช่น ประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 0 จะทำให้เราได้เส้นโค้งที่มีลักษณะสมมาตรกันที่ค่ากึ่งกลางของเส้นโค้ง เส้นโค้งทางด้านขวาและด้านซ้ายของค่ากึ่งกลางจะมีลักษณะเหมือนกันทุกประการ โดยที่ค่าเฉลี่ย (Mean) มัธยฐาน (Median) และฐานนิยม (Mode) จะเท่ากันและทับกันสนิท สำหรับกรณีที่ค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 0 ไม่จำเป็นเสมอไปที่ประชากรจะมีการแจกแจงแบบสมมาตร

แต่ถ้าประชากรมีการแจกแจงแบบไม่สมมาตร เส้นโค้งที่ได้จะมีลักษณะเบ้ไปทางข้างใดข้างหนึ่ง โดยที่ค่าเฉลี่ย มัธยฐาน และฐานนิยมจะมีค่าแตกต่างกัน ดังรูปต่อไปนี้



ก. รูปเส้นโค้งที่มีลักษณะสมมาตร ข. รูปเส้นโค้งที่มีลักษณะเบ้ซ้าย ค. รูปเส้นโค้งที่มีลักษณะเบ้ขวา

รูปที่ 2.1 แสดงเส้นโค้งที่มีลักษณะสมมาตรไม่มีความเบ้ เบ้ซ้าย และเบ้ขวา

จากรูปข้างต้นจะเห็นได้ว่าในรูป ก. ประชากรมีการแจกแจงสมมาตร ซึ่งกล่าวได้ว่าค่าเฉลี่ย มัธยฐาน และฐานนิยม จะมีค่าเท่ากัน ส่วนในรูป ข. ประชากรมีการแจกแจงเบ้ไปทางซ้าย เพราะพื้นที่ภายใต้เส้นโค้งทางด้านซ้ายของค่าฐานนิยมมีมากกว่าพื้นที่ทางด้านขวาของค่าฐานนิยม ส่วนในรูป ค. ประชากรมีการแจกแจงเบ้ไปทางขวา เพราะพื้นที่ภายใต้เส้นโค้งทางด้านขวาของค่าฐานนิยมมีมากกว่าพื้นที่ทางด้านซ้ายของค่าฐานนิยม

การวัดความเบ้ (Measure of Skewness) จะใช้การวัดความเบ้โดยวิธีโมเมนต์ (Moment) ซึ่งวัดได้จากค่าโมเมนต์ศูนย์กลางอันดับที่ 3 หารด้วยค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานยกกำลัง 3 สูตรสำหรับการหาค่าวัดสมมาตร หรือสัมประสิทธิ์ความเบ้จากค่าประชากร เป็นดังนี้

$$\alpha_3 = \frac{\mu_3}{\sigma^3} = \frac{E\left(\left(X-\mu\right)^3\right)}{\left(V(X)\right)^{3/2}}$$

โดยที่ μ_3 คือ โมเมนต์ศูนย์กลางอันดับที่ 3 เท่ากับ $E\left(\left(X-\mu\right)^3\right)$

σ คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานของประชากร $\sqrt{V(X)}$

สำหรับการประมาณค่าวัดความเบ้จะใช้สัมประสิทธิ์ความเบ้ของข้อมูลตัวอย่าง มีสูตรดังนี้

$$\hat{\alpha}_3 = \frac{m_3}{\left(m_2\right)^{3/2}}$$

โดยที่

$$m_3 = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \bar{x}\right)^3}{n}$$

$$m_2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \bar{x}\right)^2}{n}$$

การวัดค่าความเบ้ด้วยโมเมนต์ศูนย์กลางอันดับที่ 3 จะให้ค่าต่างๆ กันดังนี้

1. ถ้าการแจกแจงสมมาตร ค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้มีค่าเป็นศูนย์
2. ถ้าการแจกแจงเบ้ขวา ค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้มีค่าเป็นบวก
3. ถ้าการแจกแจงเบ้ซ้าย ค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้มีค่าเป็นลบ

2.3 ความโด่ง (kurtosis)

การวัดค่าความโด่ง (Measure of Kurtosis) ของการแจกแจง คือการวัดค่าเส้นโค้งว่าจะมีความโด่งมากน้อยเพียงใด เพื่อใช้ในการพิจารณาว่าเส้นโค้งใดเป็นเส้นโค้งปกติ ส่วนเส้นโค้งใดที่โค้งผิดจากเส้นโค้งปกติก็จะถือว่าเป็นเส้นโค้งไม่ปกติทั้งสิ้น แม้แต่จะมีรูปร่างลักษณะเป็นรูประฆังคว่ำสมมาตรก็ตาม

ความโด่งของการแจกแจงของประชากรมี 3 ลักษณะดังนี้

1. เส้นโค้งที่มีความโด่งเป็นปกติ เรียกว่า เส้นโค้งชนิด Mesokurtic
2. เส้นโค้งที่แบนราบกว่าปกติ เรียกว่า เส้นโค้งชนิด Platykurtic
3. เส้นโค้งที่โด่งกว่าปกติ เรียกว่า เส้นโค้งชนิด Leptokurtic

การวัดความโด่ง (Measure of Kurtosis) จะใช้การวัดความโด่งโดยวิธีโมเมนต์ (Moment) ซึ่งวัดได้จากค่าโมเมนต์ศูนย์กลางอันดับที่ 4 หารด้วยค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานยกกำลัง 4 ดังสูตรต่อไปนี้

$$\alpha_4 = \frac{\mu_4}{\sigma^4} = \frac{E\left((X-\mu)^4\right)}{\left(V(X)\right)^2}$$

โดยที่ μ_4 คือ โมเมนต์ศูนย์กลางอันดับที่ 4 เท่ากับ $E\left((X-\mu)^4\right)$

σ คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานของประชากร $\sqrt{V(X)}$

สำหรับการประมาณค่าวัดความโด่งจะใช้สัมประสิทธิ์ความโด่งของข้อมูลตัวอย่าง มีสูตรดังนี้

$$\hat{\alpha}_4 = \frac{m_4}{(m_2)^2}$$

โดยที่

$$m_4 = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \bar{x}\right)^4}{n}$$

$$m_2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \bar{x}\right)^2}{n}$$

การวัดค่าความโด่งโดยใช้โมเมนต์ศูนย์กลางอันดับที่ 4 จะให้ค่าต่างๆ กันดังนี้

1. ถ้าค่า α_4 เท่ากับ 3 แสดงว่าเส้นโค้งมีความโด่งเป็นปกติ (Mesokurtic)
2. ถ้าค่า α_4 น้อยกว่า 3 แสดงว่าเส้นโค้งแบนราบกว่าปกติ (Platykurtic)
3. ถ้าค่า α_4 มากกว่า 3 แสดงว่าเส้นโค้งโด่งกว่าปกติ (Leptokurtic)

2.4 การแจกแจงที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดการแจกแจงแบบต่างๆ ไว้ดังนี้

2.4.1 การแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)

การแจกแจงแบบปกติได้มีการศึกษาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่คริสตศตวรรษที่ 17 ด้วยการศึกษาถึงการกระจายของค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัด (Measurement Error) ซึ่งพบว่าการแจกแจงมีลักษณะสมมาตร ต่อมาในปี ค.ศ. 1733 อับราฮัม เดอมูวร์ (Abraham De Moivre : 1667-1754) ซึ่งเป็นนักคณิตศาสตร์ชาวฝรั่งเศส ได้ศึกษาถึงการแจกแจงแบบไบโนเมียลเมื่อมีค่า p = 0.50 แล้ว มีลักษณะสมมาตร และต่อมาได้มีการศึกษาเพิ่มเติมโดย ปีแอร์ ลาปาส (Pierre Laplace : 1749 – 1827) นักคณิตศาสตร์ชาวอังกฤษได้นำมาประยุกต์ใช้ในด้านสังคมศาสตร์และวิทยาศาสตร์อย่างแพร่หลาย แต่ผลการศึกษาที่ได้รับการตีพิมพ์ครั้งแรกในปี ค.ศ. 1809 เป็นผลจากการศึกษาของ คาร์ล เกาส์ (Karl Gauss : 1777 – 1855) นักคณิตศาสตร์ชาวเยอรมันได้ขยายงานออกไป โดยการนำทฤษฎีนี้ไปศึกษาหาความคลาดเคลื่อน (Error) โดยการวัดซ้ำๆ ในกลุ่มที่มีขนาดคงเดิม และพบว่าการแจกแจงที่ได้จะมีลักษณะเป็นโค้งปกติ ดังนั้น จึงเรียกการแจกแจงนี้ว่า การแจกแจงของเกาส์ (Gaussian Distribution) อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาระหว่างคริสตศตวรรษที่ 18 และ 19 ได้มีการศึกษาภายใต้กฎ Laplace-de Moivre Law และ Gaussian pdf เพิ่มมากขึ้นเกี่ยวกับความน่าจะเป็น และพบว่าลักษณะของการแจกแจงมีลักษณะเป็นเส้นโค้งปกติ (Normal Curve) จึงเรียกการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มนี้ว่า " การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ "

ให้ X เป็นตัวแปรสุ่มต่อเนื่องที่มีการแจกแจงปกติ ซึ่งมีพารามิเตอร์ μ และ σ^2 ฟังก์ชันความหนาแน่นของ X เป็นดังนี้

$$f(x\,;\,\mu,\sigma^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma}\exp\left\{\frac{-1}{2\sigma^2}(x-\mu)^2\right\} \quad ; \sigma^2 > 0\ , -\infty < x < \infty, -\infty < \mu < \infty$$

โดยที่ f(x) คือ ความสูงของโค้งที่วัดจากแกนนอน ณ จุดใดๆ

σ^2 คือ ความแปรปรวนประชากรเป็นพารามิเตอร์แสดงขนาด (Scale Parameter) ของการแจกแจง

μ คือ ค่าเฉลี่ยประชากรเป็นพารามิเตอร์แสดงตำแหน่ง (Location Parameter) ของการแจกแจง

x คือ ตัวแปรสุ่ม

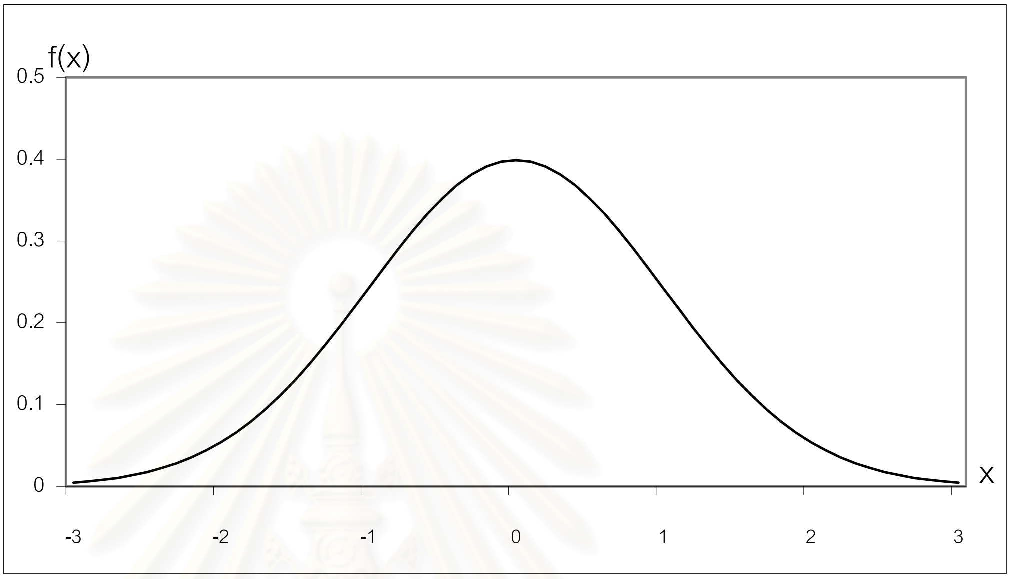
$\pi \approx 3.1416$

คุณสมบัติและลักษณะของการแจกแจงปกติ

1. เส้นโค้งมีลักษณะสมมาตรเป็นรูประฆังคว่ำ (Bell Shape)
2. ค่าเฉลี่ย มัธยฐาน และฐานนิยมมีค่าเท่ากัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ μ และเส้นโค้งจะสมมาตรรอบค่าเฉลี่ย
3. ค่าความเบ้ (Skewness) มีค่าเท่ากับ 0 และค่าความโด่ง (Kurtosis) มีค่าเท่ากับ 3
4. จุดยอดของเส้นโค้งจะมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.40 หรือ $1/\sqrt{2\pi}$ ที่ค่า $X = \mu$
5. เส้นโค้งจะมีจุดเปลี่ยนโค้ง (Inflection Point) อยู่ 2 จุด โดยจุดเปลี่ยนโค้งดังกล่าวจะอยู่ที่ระยะห่างเท่ากับความเบี่ยงเบนมาตราฐาน (σ) จากค่า μ นั่นคือ จุดเปลี่ยนโค้งจะอยู่ที่ตำแหน่ง $X = \mu \pm 1\sigma$
6. ถ้าลากเส้นตั้งฉากจากแกน x ไปยังเส้นโค้ง โดยที่เส้นดังกล่าวห่างจากค่าเฉลี่ยด้านซ้ายและด้านขวาของระยะหนึ่งเท่า สองเท่าและสามเท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน พื้นที่ที่ปิดกั้นด้วยเส้นตั้งฉากกับเส้นโค้งจะเท่ากับ 68.27% , 95.45% และ 99.73% ของพื้นที่ทั้งหมดตามลำดับ
7. ค่าเฉลี่ย (μ) และความแปรปรวน (σ^2) เป็นพารามิเตอร์ของการแจกแจงแบบปกติ โดยที่ค่าเฉลี่ยจะเป็นตัวกำหนดตำแหน่งที่ตั้งของเส้นโค้งและค่าความแปรปรวนเป็นตัวกำหนดลักษณะของเส้นโค้งว่าจะแบนหรือโด่ง
8. ถ้า $X_1, X_2, ..., X_k$ คือ ตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติมาตราฐาน (N(0,1)) และเป็นอิสระซึ่งกันและกันแล้ว $X_1^2 + X_2^2 + ... + X_k^2$ จะมีการแจกแจงแบบไคสแควร์ ด้วยองศาอิสระเท่ากับ k
9. ถ้า $X \sim N(0,1)$ และ $Y \sim \chi^2_{(k)}$ โดยที่ X และ Y เป็นอิสระกันแล้ว $X/\sqrt{Y/k}$ จะมีการแจกแจงแบบที ด้วยองศาอิสระเท่ากับ k นั่นคือ

$$X/\sqrt{Y/k} \sim t_{(k)}$$

กราฟแสดงฟังก์ชันความหนาแน่นของการแจกแจงปกติที่พารามิเตอร์ $\mu = 0$, $\sigma^2 = 1$ โดยที่ค่าความเบ้เท่ากับ 0 และค่าความโด่งเท่ากับ 3 แสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงฟังก์ชันความหนาแน่นของการแจกแจงปกติที่พารามิเตอร์ $\mu = 0$, $\sigma^2 = 1$

2.4.2 การแจกแจงแลมดาของตูกีร์ (Tukey's Lambda Distribution)

Ramberg และ Schmeiser ได้เสนอวิธีการสร้างตัวแปรสุ่มที่ขึ้นอยู่กับความเบ้ (Skewness ; α_3) และความโด่ง (Kurtosis ; α_4) ตัวแปรสุ่มนี้มีการแจกแจงที่เรียกว่า "การแจกแจงแลมดาของตูกีร์" โดยที่ตัวแปนสุ่มนั้นจะถูกกำหนดจากค่าพารามิเตอร์ 4 ค่า ซึ่งสัมพันธ์กับค่าความเบ้และค่าความโด่งดังนี้

$$X = R(P) = \lambda_1 + \left[P^{\lambda_3} - (1-P)^{\lambda_4}\right] / \lambda_2 \quad ; 0 \le P \le 1 \qquad (1)$$

โดยที่ P เป็นตัวเลขสุ่มที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 1

λ_1 เป็นพารามิเตอร์กำหนดตำแหน่ง (Location Parameter)

λ_2 เป็นพารามิเตอร์มาตราส่วน (Scale Parameter)

λ_3 , λ_4 เป็นพารามิเตอร์สัณฐาน (Shape Parameter) ซึ่งขึ้นกับค่าความเบ้และความโด่งที่กำหนด ถ้าการแจกแจงเป็นแบบสมมาตร จะได้ว่า $\lambda_3 = \lambda_4$

ดังนั้นฟังก์ชันความหนาแน่นของตัวแปรสุ่ม X ที่ได้จากสมการ (1) คือ

$$
\begin{aligned}
f(x) &= f(R(P)) \\
&= 1/R'(P) \\
&= \lambda_2\left[\,\lambda_3 P^{\lambda_3 - 1} + \lambda_4(1-P)^{\lambda_4 - 1}\right]^{-1};\ 0 \le P \le 1 \qquad (2)
\end{aligned}
$$

โดยที่

$$R'(P) = \frac{d}{dP}R(P)$$

Ramberg และ Schmeiser ได้แสดงค่าโมเมนต์ที่ k เมื่อ $\lambda_1 = 0$ ได้ดังสมการ

$$E(X^k) = \lambda_2^{-k}\sum_{i=0}^{k}\binom{k}{i}(-1)^i \beta\left(\lambda_3(k-i)+1,\, \lambda_{4^i} + 1\right) \qquad (3)$$

โดยที่ β คือเบตาฟังก์ชัน (Beta Function)

จากสมการที่ (3) โมเมนต์ที่ k จะหาค่าไม่ได้ เมื่อเบตาฟังก์ชันมีค่าเป็นลบ ดังนั้นโมเมนต์ที่ k จะหาค่าได้ก็ต่อเมื่อ $-1/k \langle \min(\lambda_3, \lambda_4)$

ดังนั้น จากสมการที่ (3) สามารถหาค่าเฉลี่ย ค่าความแปรปรวน โมเมนต์ที่ 3 รอบค่าเฉลี่ย $\left\{\mu_3 = E(X-\mu)^3\right\}$ และโมเมนต์ที่ 4 รอบค่าเฉลี่ย $\left\{\mu_4 = E(X-\mu)^4\right\}$ จากการแจกแจงได้ดังนี้

$$
\begin{aligned}
\mu &= \lambda_1 + A/\lambda_2 \\
\sigma^2 &= (B - A^2)/\lambda_2^2 \\
\mu_3 &= (C - 3AB + 2A^3)/\lambda_2^3 \\
\mu_4 &= (D - 4AC + 6A^2B - 3A^4)/\lambda_2^4
\end{aligned}
$$

โดยที่

$$
\begin{aligned}
A &= 1/(1+\lambda_3) - 1/(1+\lambda_4) \\
B &= 1/(1+2\lambda_3) + 1/(1+2\lambda_4) - 2\beta(1+\lambda_3, 1+\lambda_4) \\
C &= 1/(1+3\lambda_3) - 3\beta(1+2\lambda_3, 1+\lambda_4) + 3\beta(1+\lambda_3, 1+2\lambda_4) - 1/(1+3\lambda_4) \\
D &= 1/(1+4\lambda_3) - 4\beta(1+3\lambda_3, 1+\lambda_4) + 6\beta(1+2\lambda_3, 1+2\lambda_4) \\
&\quad - 4\beta(1+\lambda_3, 1+3\lambda_4) + 1/(1+4\lambda_4)
\end{aligned}
$$

ดังนั้นค่าความเบ้และค่าความโด่งเป็นไปตามสมการดังนี้

$$\alpha_3 = \mu_3 / \sigma^3 \tag{4}$$

$$\alpha_4 = \mu_4 / \sigma^4 \tag{5}$$

เราสามารถหาค่า $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ เมื่อกำหนดค่าความเบ้และความโด่งต่างๆ ได้จากตาราง Remberg แสดงในภาคผนวก ค ซึ่งค่าที่ได้เป็นค่าที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 แต่ถ้าค่าเฉลี่ยเท่ากับ μ และความแปรปรวนเท่ากับ σ^2 จะต้องแปลงค่า λ_1 และ λ_2 จากตารางดังนี้

$$\lambda_1(\mu, \sigma) = \lambda_1(0,1)\sigma + \mu \tag{6}$$

$$\lambda_2(\mu, \sigma) = \lambda_2(0,1)/\sigma \tag{7}$$

ค่าประมาณความเบ้ $(\hat{\alpha}_3)$ และค่าประมาณความโด่ง $(\hat{\alpha}_4)$ จากข้อมูลตัวอย่างได้ดังนี้

$$\hat{\alpha}_3 = \frac{m_3}{(m_2)^{3/2}}$$

$$\hat{\alpha}_4 = \frac{m_4}{(m_2)^2}$$

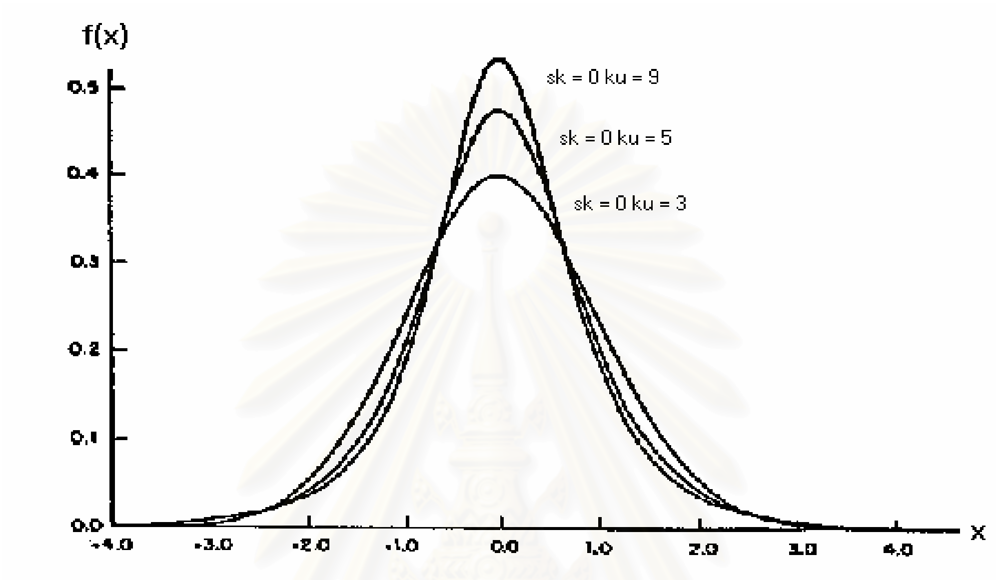
โดยที่

$$m_2 = \sum_{i=1}^{n} \left(x_i - \bar{x}\right)^2 \Big/ n$$

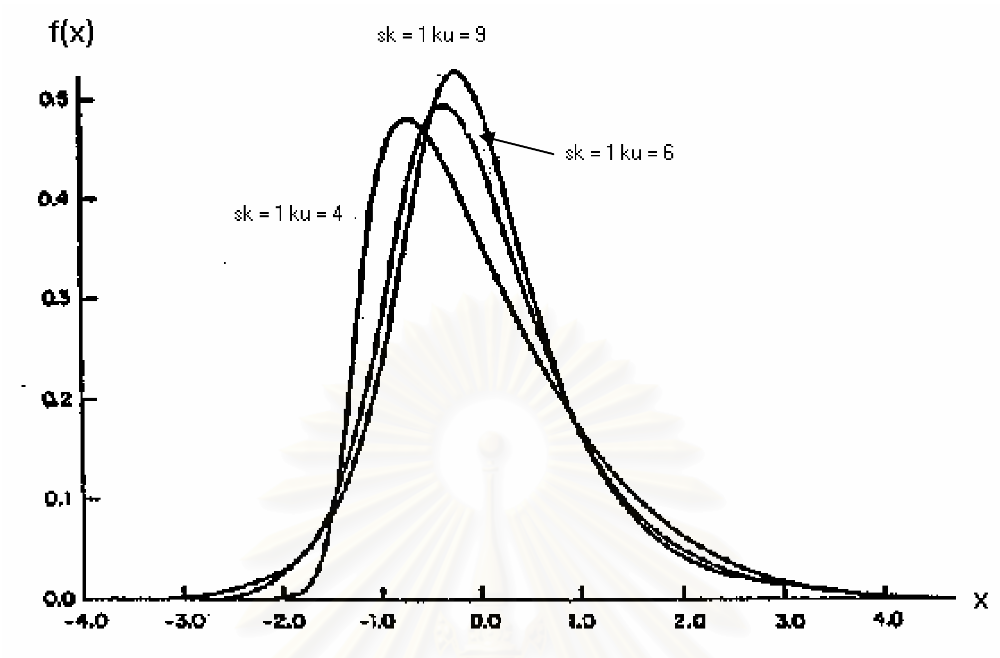
$$m_3 = \sum_{i=1}^{n} \left(x_i - \bar{x}\right)^3 \Big/ n$$

$$m_4 = \sum_{i=1}^{n} \left(x_i - \bar{x}\right)^4 \Big/ n$$

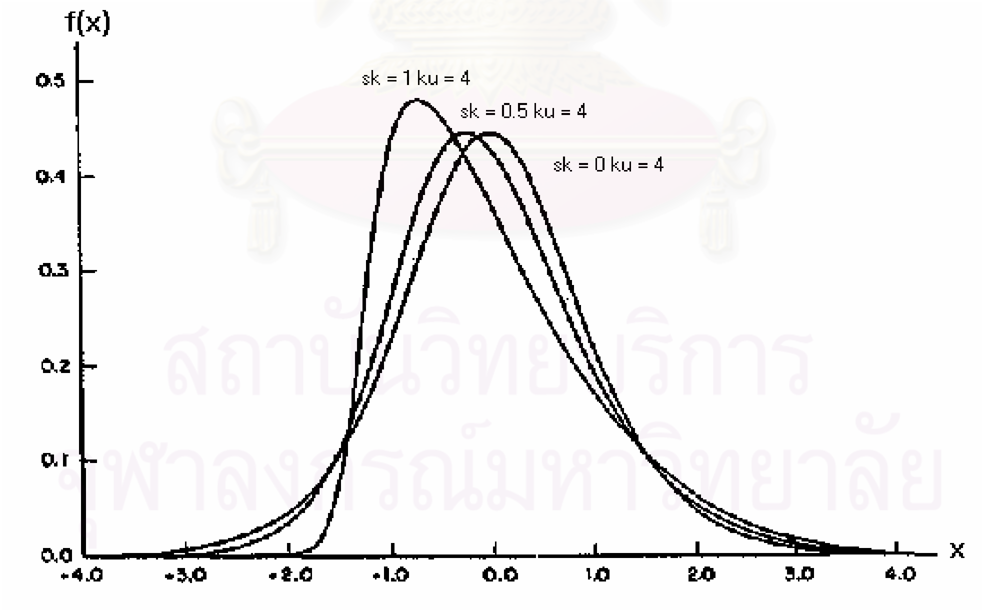
กราฟแสดงฟังก์ชันความหนาแน่นของการแจกแจงแลมดาของตูกีร์ ที่ความเบ้ (sk) และความโด่ง (ku) ในระดับต่างๆ แสดงดังรูปที่ 2.3 – 2.5



รูปที่ 2.3 แสดงฟังก์ชันความหนาแน่นของการแจกแจงแลมดาของตูกีร์ ที่ความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 3 , 5 , 9



รูปที่ 2.4 แสดงฟังก์ชันความหนาแน่นของการแจกแจงแลมดาของตูกีร์ ที่ความเบ้เท่ากับ 1 และความโด่งเท่ากับ 4 , 6 , 9



รูปที่ 2.4 แสดงฟังก์ชันความหนาแน่นของการแจกแจงแลมดาของตูกีร์ ที่ความโด่งเท่ากับ 4 และความเบ้เท่ากับ 0 , 0.5 , 1

2.4.3 การแจกแจงแกมมา (Gamma Distribution)

การแจกแจงแกมมาเป็นการแจกแจงแบบต่อเนื่อง ในกรณีที่มีเหตุการณ์เกิดขึ้นด้วยอัตราคงที่ค่าหนึ่ง λ เช่นเดียวกับกรณีตัวแปรสุ่มแบบปัวซองและตัวแปรสุ่มแบบเอกซ์โปเนนเชียล แต่ว่าให้ความสนใจต่อเวลา T ที่ทำให้เกิดเหตุการณ์จำนวน n เหตุการณ์แล้ว จะได้ว่า T เป็นตัวแปรสุ่มที่มีลักษณะการแจกแจงแกมมา

ถ้าตัวแปรสุ่ม X มีการแจกแจงแกมมา ซึ่งมีพารามิเตอร์ α และ β ฟังก์ชันความหนาแน่นของ X เป็นดังนี้

$$f(x;\alpha,\beta) = \frac{1}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)}\, x^{\alpha-1} \exp\left\{\frac{-x}{\beta}\right\} \qquad ; \quad x > 0, \alpha > 0, \beta > 0$$

โดยที่

α คือ พารามิเตอร์แสดงรูปร่าง (Shape Parameter) ของการแจกแจง

β คือ พารามิเตอร์แสดงขนาด (Scale Parameter) ของการแจกแจง

คุณสมบัติและลักษณะของการแจกแจงแบบแกมมา

1. ลักษณะโค้งเปลี่ยนไปตามพารามิเตอร์ α
2. ค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของตัวแปรสุ่มแกมมาขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ α และ β โดยที่

   ค่าเฉลี่ย = $\alpha\beta$

   ค่าความแปรปรวน = $\alpha\beta^{2}$

3. ความเบ้ (Skewness) และความโด่ง (Kurtosis) ของตัวแปรสุ่มขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ α โดยที่

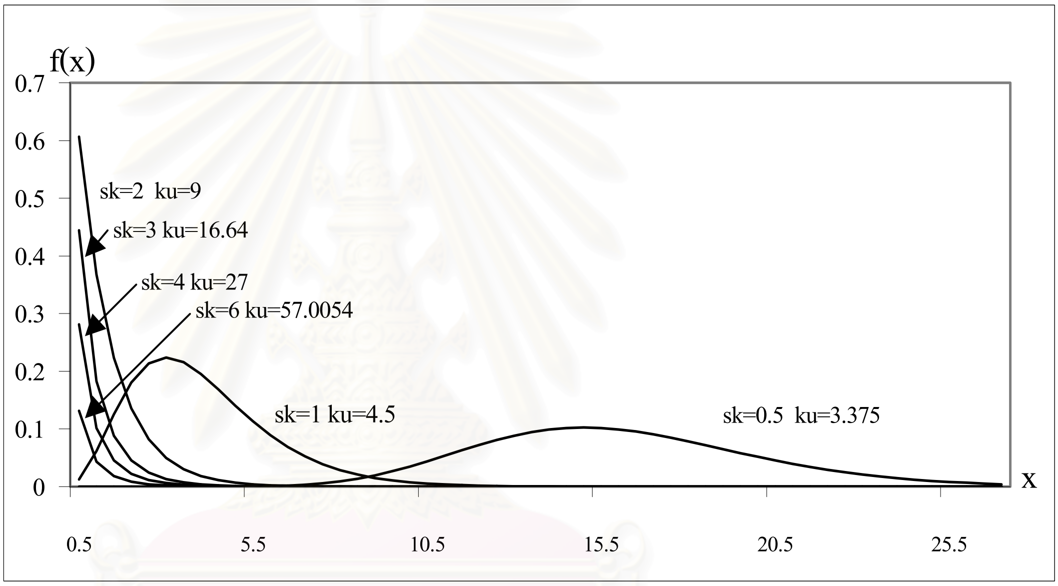
   ความเบ้ = $\dfrac{2}{\sqrt{\alpha}}$

   ความโด่ง = $3 + \dfrac{6}{\alpha}$

4. การแจกแจงแกมมาที่ค่าพารามิเตอร์ $\alpha = k/2$ และ $\beta = 2$ นั้นจะเป็นการแจกแจงแบบไคสแควร์ (Chi-square Distribution) ที่มีองศาความเป็นอิสระ (df) เท่ากับ k นั่นคือ

$$\text{Gamma}\ (k/2\ ,\ 2) = \chi^2_{(k)}$$

กราฟแสดงฟังก์ชันความหนาแน่นของการแจกแจงแกมมาที่พารามิเตอร์ β=1 โดยที่ค่าความเบ้ (sk) และค่าความโด่ง (ku) และค่าพารามิเตอร์ α ในระดับต่างๆ แสดงดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แสดงฟังก์ชันความหนาแน่นของการแจกแจงแกมมาเมื่อพารามิเตอร์ β=1

2.4.4 การแจกแจงเบตา (Beta Distribution)

การแจกแจงเบตาเป็นการแจกแจงแบบต่อเนื่อง ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยสร้างการแจกแจงเบตามาจากการแจกแจงแกมมา (Gamma Distribution) จำนวน 2 ชุด

ถ้าให้ Y_1 และ Y_2 มีการแจกแจงแกมมา โดยมีค่าพารามิเตอร์ (α, β) ของการแจกแจงแกมมาดังนี้ $Y_1 \sim Gam(\alpha_1, 1)$ และ $Y_2 \sim Gam(\alpha_2, 1)$ ซึ่ง Y_1 และ Y_2 เป็นอิสระซึ่งกันและกัน เมื่อกำหนดให้ $X = Y_1 / (Y_1 + Y_2)$ จะได้ว่า $X \sim Beta(\alpha_1, \alpha_2)$ โดยที่ α_1 มีค่าเท่ากับพารามิเตอร์ α ของการแจกแจงเบตา และ α_2 มีค่าเท่ากับพารามิเตอร์ β ของการแจกแจงเบตา

ถ้าตัวแปรสุ่ม X มีการแจกแจงเบตา ซึ่งมีพารามิเตอร์ α และ β ฟังก์ชันความหนาแน่นของ X เป็นดังนี้

$$f(x; \alpha, \beta) = \frac{\Gamma(\alpha+\beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} x^{\alpha-1}(1-x)^{\beta-1} \qquad ; 0 \le x \le 1, \alpha \rangle 0, \beta \rangle 0$$

โดยที่

α คือ พารามิเตอร์แสดงรูปร่าง (Shape Parameter) ของการแจกแจง

β คือ พารามิเตอร์แสดงรูปร่าง (Shape Parameter) ของการแจกแจง

คุณสมบัติและลักษณะของการแจกแจงแบบเบตา

1. เส้นโค้งมีลักษณะเบ้ขวา เมื่อพารามิเตอร์ $\alpha \langle \beta$ และมีลักษณะเบ้ซ้ายเมื่อพารามิเตอร์ $\alpha \rangle \beta$ ซึ่งลักษณะเส้นโค้งจะเปลี่ยนไปตามค่าพารามิเตอร์ α และ β ที่เปลี่ยนแปลงไป
2. ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวน ของตัวแปรสุ่มเบตาขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ α และ β โดยที่

ค่าเฉลี่ย $= \alpha/(\alpha+\beta)$

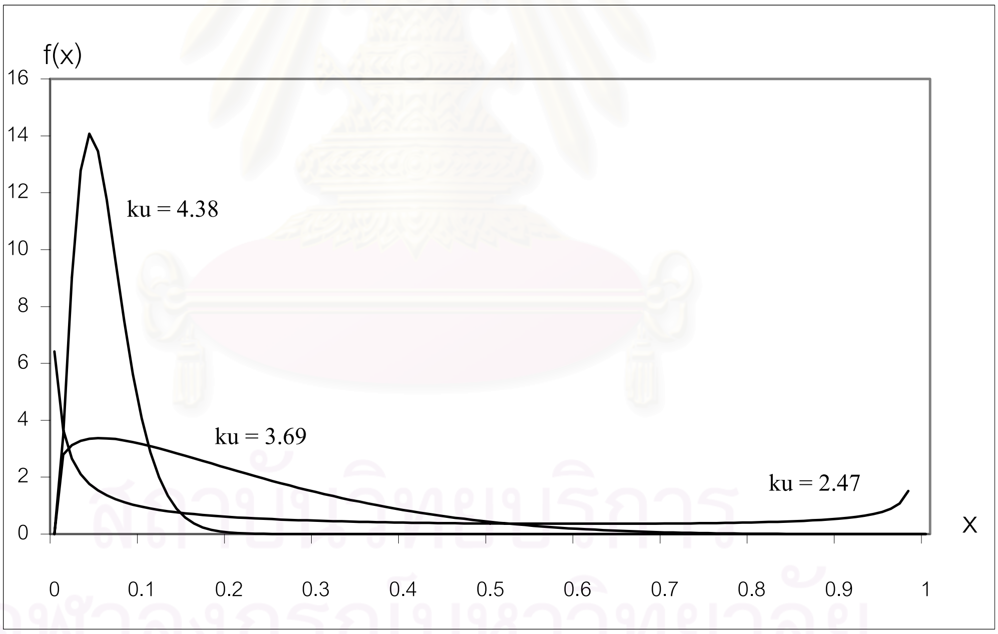
ค่าความแปรปรวน $= \alpha\beta(\alpha+\beta)^{-2}(\alpha+\beta+1)^{-1}$

3. ความเบ้ (Skewness) และความโด่ง (Kurtosis) ของตัวแปรสุ่มขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ α และ β โดยที่

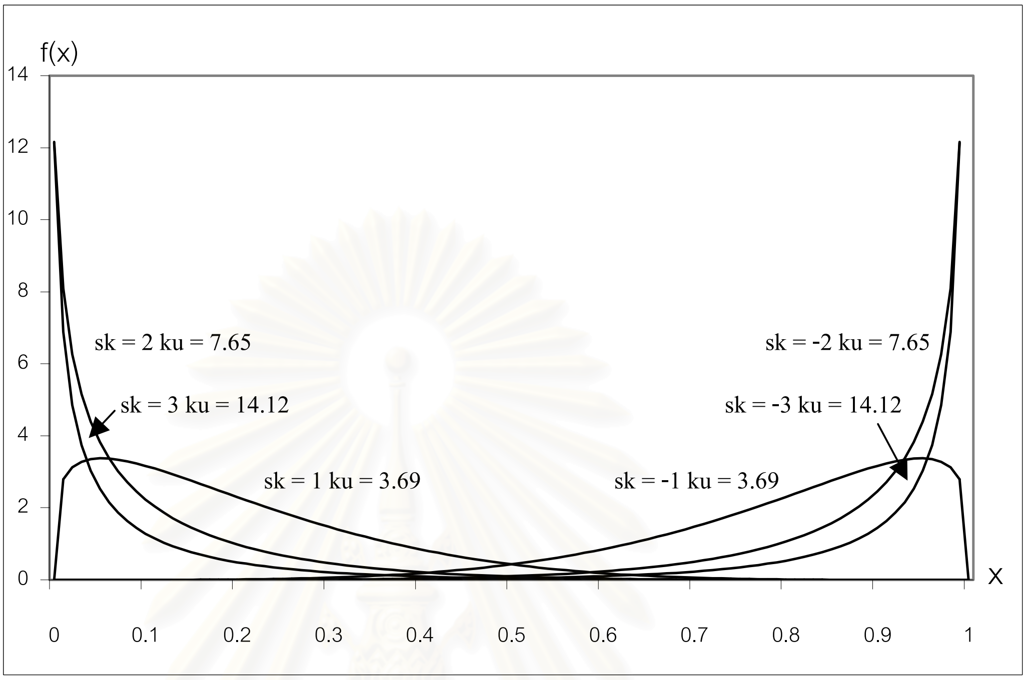
$$\text{ความเบ้} = 2(\beta-\alpha)\sqrt{\alpha^{-1}+\beta^{-1}+(\alpha\beta)^{-1}}\,(\alpha+\beta+2)^{-1}$$

$$\text{ความโด่ง} = \frac{3(\alpha+\beta+1)\{2(\alpha+\beta)^2+\alpha\beta(\alpha+\beta-6)\}}{\alpha\beta(\alpha+\beta+2)(\alpha+\beta+3)}$$

กราฟแสดงฟังก์ชันความหนาแน่นของการแจกแจงเบตา ที่ค่าความเบ้ (sk) และค่าความโด่ง (ku) ต่างๆ แสดงดังรูปที่ 2.7 – 2.8



รูปที่ 2.7 แสดงฟังก์ชันความหนาแน่นของการแจกแจงเบตา
ที่ระดับความเบ้เท่ากับ 1 ความโด่งเท่ากับ 2.47 , 3.69 และ 4.38



รูปที่ 2.8 แสดงฟังก์ชันความหนาแน่นของการแจกแจงเบตา
ที่เบ้ 1 โด่ง 3.69 , เบ้ 2 โด่ง 7.65 และ เบ้ 3 โด่ง 14.12
ที่เบ้ -1 โด่ง 3.69 , เบ้ -2 โด่ง 7.65 และ เบ้ -3 โด่ง 14.12

2.4.5 การแจกแจงไคกำลังสอง (Chi-Square Distribution)

การแจกแจงไคกำลังสองถูกค้นพบครั้งแรกในปี ค.ศ. 1876 โดย เอฟ.อาร์ฮิลเมอร์ท (F.R. Helmert : 1843-1917) นักฟิสิกส์ชาวเยอรมัน ต่อมาในปี ค.ศ. 1900 คาลเพียรสัน (Karl Pearson : 1857-1936) นักสถิติชาวอังกฤษได้ทำการพัฒนาและนำมาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย

ถ้าข้อมูล X เป็นตัวแปรอิสระ มีการแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ μ และส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐานเท่ากับ σ หากนำเอาข้อมูล X แต่ละตัวมาแปลงเป็น Z ได้ดังนี้

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

โดยที่ Z เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงปกติมาตราฐาน $N(0,1)$ แล้วนำค่า Z ที่ได้แต่ละค่ามายกกำลังสองจะได้ว่า Z^2 มีการแจกแจงไคกำลังสองด้วยองศาความเป็นอิสระเท่ากับ 1

ถ้า $X_1, X_2, ..., X_n$ เป็นตัวแปรสุ่มจากการแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ μ และความแปรปรวนเท่ากับ σ^2 จะได้ว่า $\dfrac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \mu)^2}{\sigma^2}$ จะมีการแจกแจงไคกำลังสองด้วยองศาความเป็นอิสระเท่ากับ n หรือเขียนได้ดังนี้

$$\chi_n^2 = \sum_{i=1}^{n} Z^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \mu)^2}{\sigma^2}$$

ดังนั้นถ้า X เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงไคกำลังสองด้วยองศาความเป็นอิสระ ν ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ของการแจกแจง สามารถเขียนฟังก์ชันความหนาแน่นของ X ได้ดังนี้

$$f(x;\nu) = \frac{x^{(\nu-2)/2} \exp(-x/2)}{2^{\nu/2}\Gamma(\nu/2)} \qquad ; x \geq 0 , \nu = 1,2,3,...$$

โดยที่ ν คือ องศาความเป็นอิสระ

คุณสมบัติและลักษณะของการแจกแจงไคกำลังสอง

1. ลักษณะของเส้นโค้งมีลักษณะเบ้ขวา ซึ่งลักษณะของเส้นโค้งจะเปลี่ยนแปลงไปตามค่าพารามิเตอร์ ν
2. ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของตัวแปรสุ่มไคกำลังสองขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ ν โดยที่

   ค่าเฉลี่ย $= \nu$

   ค่าความแปรปรวน $= 2\nu$

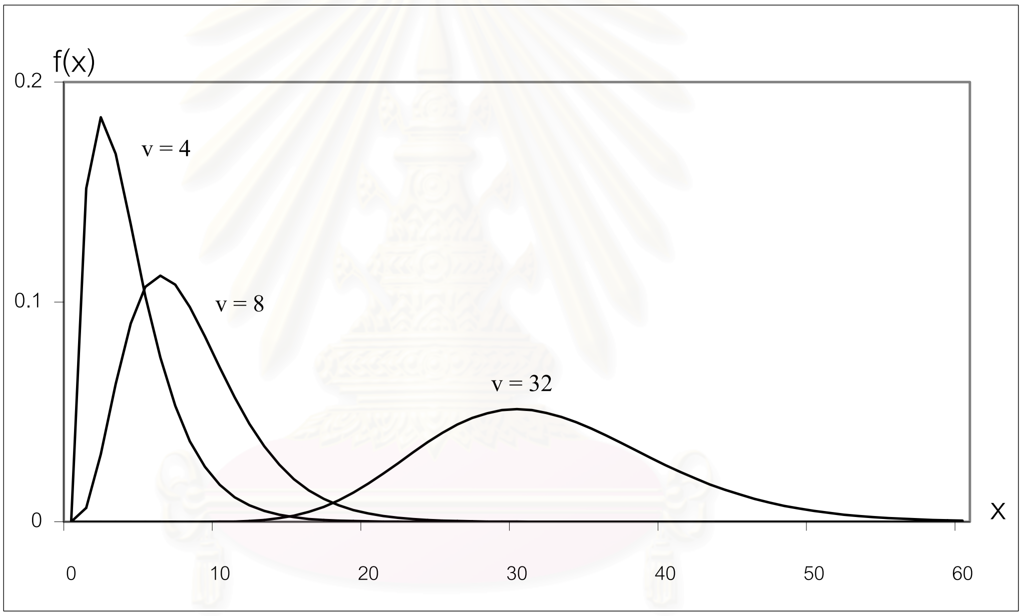
3. ความเบ้ (Skewness) และความโด่ง (Kurtosis) ของตัวแปรสุ่มขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ ν โดยที่

   ความเบ้ $= 2^{3/2}\nu^{-1/2}$

   ความโด่ง $= 3 + \dfrac{12}{\nu}$

4. ค่า χ^2 จะมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง $+\infty$ เนื่องจากค่า χ^2 คือค่า Z^2 นั่นเอง
5. ถ้าค่าองศาความเป็นอิสระ ν มีขนาดใหญ่แล้ว การแจกแจงของ χ^2 จะมีลักษณะเข้าสู่การแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเป็น ν และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐานเป็น $\sqrt{2\nu}$
6. $\chi^2_{n_1}, \chi^2_{n_2}$ เป็นอิสระกัน จะได้ว่า $\chi^2_{n_1} + \chi^2_{n_2} = \chi^2_{(n_1+n_2)}$ เมื่อ n_1, n_2 เป็นองศาความเป็นอิสระของไคกำลังสองตัวที่ 1 และตัวที่ 2 ตามลำดับ เช่น $\chi^2_{(5)} + \chi^2_{(10)} = \chi^2_{(15)}$

กราฟแสดงฟังก์ชันความหนาแน่นของการแจกแจงไคกำลังสอง ที่ค่าความเบ้ (sk) และค่าความโด่ง (ku) ต่างๆ แสดงดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 แสดงฟังก์ชันความหนาแน่นของการแจกแจงไคกำลังสอง ที่พารามิเตอร์ v เท่ากับ 4 , 8 , 32

2.4.6 การแจกแจงที (T Distribution)

การแจกแจงทีถูกค้นพบโดยชาวไอริช ชื่อ วิลเลียม เอส. กอซเซ็ท (William S. Gosset) เมื่อ พ.ศ. 2451 ซึ่งนาย Gosset ใช้นามแฝงในการค้นพบครั้งนี้ว่า " Student " จึงเป็นเหตุให้เรียกการแจกแจงที ในอีกชื่อหนึ่งว่า " การแจกแจงสติวเดนท์ที " (Student's t Distribution)

ถ้า Z เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงปกติมาตราฐาน และ Y เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงไคกำลังสองที่มีองศาความเป็นอิสระเท่ากับ ν โดยที่ Z และ Y เป็นอิสระกัน จะได้ว่าเมื่อ $Z/\sqrt{Y/\nu}$ จะมีการแจกแจงที ด้วยองศาความเป็นอิสระเท่ากับ ν หรือเขียนได้ดังนี้

$$Z/\sqrt{Y/\nu} \sim t_{(\nu)}$$

ถ้าตัวแปรสุ่ม X ที่มีการแจกแจงที ซึ่งมีพารามิเตอร์ ν ฟังก์ชันความหนาแน่นของ X เป็นดังนี้

$$f(x;\nu) = \frac{\Gamma[(\nu+1)/2]}{(\pi\nu)^{1/2}\Gamma(\nu/2)[1+(x^2/\nu)]^{(\nu+1)/2}} \quad ; -\infty \langle\ x \ \langle\ \infty,\ \nu = 1,2,3,\ldots$$

คุณสมบัติและลักษณะของการแจกแจงที

1. เส้นโค้งมีลักษณะสมมาตรหางยาว ค่าเฉลี่ย, มัธยฐาน และฐานนิยม อยู่ที่จุดเดียวกัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0
2. ค่าเฉลี่ย ค่าความแปรปรวนของตัวแปรสุ่มทีขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ ν โดยที่

ค่าเฉลี่ย $= 0 \quad ; \nu > 1$

ค่าความแปรปรวน $= \dfrac{\nu}{(\nu-2)} \quad ; \nu > 2$

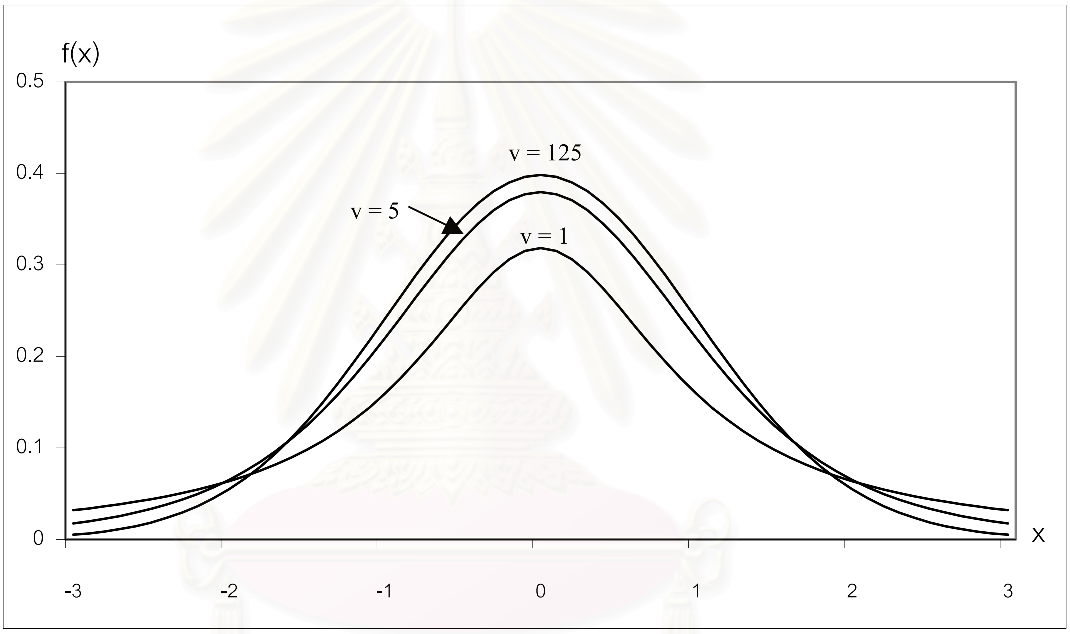
3. ความเบ้ (Skewness) ความโด่ง (Kurtosis) ของตัวแปรสุ่มขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ ν โดยที่

ความเบ้ = 0

ความโด่ง $= 3(\nu-2)/(\nu-4) \quad ; \nu \rangle 4$

4. มีความสมมาตรรอบค่าเฉลี่ย ถ้าองศาความเป็นอิสระน้อยจะทำให้เส้นโค้งทีแบนราบกว่าเส้นโค้งปกติมาตราฐาน เมื่อองศาความเป็นอิสระมีค่ามากๆหรือเข้าใกล้อนันต์ ทำให้เส้นโค้งทีและเส้นโค้งปกติมาตราฐานจะเป็นโค้งเส้นเดียวกัน
5. พื้นที่ใต้โค้งทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 1

กราฟแสดงฟังก์ชันความหนาแน่นของการแจกแจงที ที่ค่าความเบ้ (sk) และค่าความโด่ง (ku) ต่างๆ แสดงดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 แสดงฟังก์ชันความหนาแน่นของการแจกแจงที
ที่พารามิเตอร์ v เท่ากับ 1 , 5 , 125

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงการทดลองซึ่งจำลองขึ้นด้วยการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อหาผลสรุปเกี่ยวกับขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีที่ประชากรมีการแจกแจงแบบต่างๆ โดยที่การจำลองข้อมูลนั้นใช้วิธีการจำลองแบบมอนติคาร์โล เพื่อกำหนดรูปแบบและปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อการศึกษาได้ตามต้องการ สำหรับเนื้อหาในบทนี้จะขอกล่าวถึงรายละเอียดเกี่ยวกับการจำลองโดยวิธีมอนติคาร์โล การวางแผนการทดลอง ขอบเขตการทดลอง วิธีดำเนินการทดลอง และขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม โดยจะนำเสนอเป็นขั้นตอนตามลำดับดังนี้

3.1 แผนการทดลอง

ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดสถานการณ์ต่างๆ เพื่อการศึกษาหาขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ดังนี้

3.1.1 กำหนดประชากรให้มีลักษณะต่างๆ ดังนี้ การแจกแจงปกติ การแจกแจงเบตา การแจกแจงแลมดาของตูกีร์ การแจกแจงแกมมา การแจกแจงไคกำลังสอง และการแจกแจงที

3.1.2 กำหนดสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 7 ระดับคือ 0.80 , 0.85 , 0.90 , 0.95, 0.97 , 0.98 และ 0.99

3.1.3 การประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงจะกระทำโดยใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T เท่านั้น ซึ่งสูตรที่ใช้ในการหาช่วงความเชื่อมั่นโดยใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีต่างๆ ดังนี้

สูตรที่ใช้ในการหาช่วงความเชื่อมั่นโดยใช้ตัวสถิติ Z กรณีทราบค่าความแปรปรวนประชากร

$$\overline{X} - Z_{\alpha/2}\frac{\sigma}{\sqrt{n}} < \mu < \overline{X} + Z_{\alpha/2}\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

สูตรที่ใช้ในการหาช่วงความเชื่อมั่นโดยใช้ตัวสถิติ Z กรณีไม่ทราบค่าความแปรปรวนประชากร

$$\overline{X} - Z_{\alpha/2}\frac{S}{\sqrt{n}} < \mu < \overline{X} + Z_{\alpha/2}\frac{S}{\sqrt{n}}$$

สูตรที่ใช้ในการหาช่วงความเชื่อมั่นโดยใช้ตัวสถิติ T กรณีทราบค่าความแปรปรวนประชากร

$$\overline{X} - t_{\alpha/2(n-1)} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} < \mu < \overline{X} + t_{\alpha/2(n-1)} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

สูตรที่ใช้ในการหาช่วงความเชื่อมั่นโดยใช้ตัวสถิติ T กรณีไม่ทราบค่าความแปรปรวนประชากร

$$\overline{X} - t_{\alpha/2(n-1)} \frac{S}{\sqrt{n}} < \mu < \overline{X} + t_{\alpha/2(n-1)} \frac{S}{\sqrt{n}}$$

3.1.4 ในแต่ละสถานการณ์ของการทดลอง (ข้อ 1, 2 และ 3) จะกระทำการทดลองซ้ำ 5,000 รอบ โดยใช้เทคนิคการจำลองแบบมอนติคาร์โลและเขียนโปรแกรมภาษาไมโครซอฟฟอร์แทรนเพาวเวอร์สเตชั่น 4 . 0

3.1.5 โดยการตัดสินใจจะใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่ได้จากการทดลองมาช่วยในการตัดสินใจหาขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง

3.1.6 ในการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่ได้จากการทดลองกับค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ผู้วิจัยกำหนดระดับนัยสำคัญในการทดสอบเท่ากับ 0.05

3.2 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

ผู้วิจัยทำการศึกษาหาขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ซึ่งขั้นตอนในการดำเนินการทดลองสามารถจำแนกได้ดังนี้

3.2.1 การคำนวณช่วงความเชื่อมั่นโดยใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T จากข้อมูลตัวอย่าง

3.2.2 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่ได้จากการทดลอง

3.2.3 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองกับค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

3.2.4 พิจารณาขนาดตัวอย่างที่ได้ของตัวสถิติทั้งสองว่ามีขนาดตัวอย่างเท่ากันหรือไม่ ในสถานการณ์เดียวกัน

3.2.5 การคำนวณค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น

3.2.6 การเปรียบเทียบค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น

สำหรับรายละเอียดในแต่ละขั้นตอน มีดังนี้

3.2.1 การคำนวณช่วงความเชื่อมั่นโดยใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T จากข้อมูลตัวอย่าง

ทำการกำหนดการแจกแจงของประชากร ค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง และให้ขนาดตัวอย่าง $n = 2$ จากนั้นทำการสร้างข้อมูลตัวอย่างให้มีการแจกแจงแบบต่างๆ ตามที่กำหนด แล้วนำข้อมูลตัวอย่างที่สร้างขึ้นโดยวิธีการจำลองแบบมอนติคาร์โล มาหาช่วงความเชื่อมั่นของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ซึ่งจำแนกเป็นกรณีทราบค่าความแปรปรวนประชากรและไม่ทราบค่าความแปรปรวนประชากร (สูตรที่ใช้ในการหาช่วงความเชื่อมั่นนั้น กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.1)

3.2.2 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่ได้จากการทดลอง

นำช่วงความเชื่อมั่นที่คำนวณได้มาพิจารณาว่าครอบคลุมค่าเฉลี่ยประชากรหรือไม่ ถ้าช่วงความเชื่อมั่นใดครอบคลุมค่าเฉลี่ยประชากรก็จะทำการนับจำนวนครั้งและบวกสะสมค่าไว้ เมื่อทำครบทุกช่วงแล้ว ก็จะนำค่าสะสมที่ได้ของช่วงที่ครอบคลุมค่าเฉลี่ยประชากรมาหารด้วยจำนวนรอบ ซึ่งจะเรียกค่าที่ได้ว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ($1-\hat{\alpha}$) สามารถเขียนได้ดังนี้

$$1-\hat{\alpha} = \frac{1}{5000}\ (\text{จำนวนครั้งทั้งหมดที่ช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ } \mu)$$

3.2.3 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองกับค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

นำค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ โดยอาศัยการทดสอบสมมติฐานโดยใช้ตัวสถิติ Z ซึ่งระดับนัยสำคัญที่ใช้ในการทดสอบเท่ากับ 0.05 (โดยวิธีการนั้นได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 1 ในส่วนของเกณฑ์การตัดสินใจ)

จากการเปรียบเทียบ เมื่อเกิดกรณีที่ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่ได้จากการทดลองน้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ก็ให้เพิ่มขนาดตัวอย่างขึ้นไปอีก 1 หน่วยแล้วกลับไปทำในข้อ 3.2.1 แต่สำหรับกรณีที่ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่ได้จากการทดลองมากกว่าหรือเท่ากับค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ก็จะสามารถกล่าวได้ว่า ขนาดตัวอย่างที่ระดับนั้นเหมาะสมสำหรับการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิตินั้นๆ

3.2.4 พิจารณาขนาดตัวอย่างที่ได้ของตัวสถิติทั้งสองว่ามีขนาดตัวอย่างเท่ากันหรือไม่ ในสถานการณ์เดียวกัน

เมื่อได้ขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงครบทั้งกรณีทราบและไม่ทราบค่าความแปรปรวนประชากรโดยใช้ตัวสถิติทั้งสองแล้ว จากนั้นพิจารณาว่าขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T มีค่าเท่ากันหรือไม่ โดยที่กรณีทราบค่าความแปรปรวนประชากรจะไม่นำมาพิจารณาร่วมกับกรณีไม่ทราบค่าความแปรปรวนประชากร

ถ้าไม่เกิดกรณีขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติทั้งสองมีค่าเท่ากัน ก็ถือว่าขนาดตัวอย่างที่ได้เป็นขนาดตัวอย่างที่เหมาะสม จากนั้นก็จะย้อนกลับไปทำในกรณีการแจกแจงอื่นๆ หรือค่าความเบ้อื่นๆ หรือค่าความโด่งอื่นๆ ต่อไปจนครบทุกกรณีตามที่กำหนดไว้

ถ้าเกิดกรณีขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติทั้งสองมีค่าเท่ากัน ในระดับความเบ้เดียวกัน ระดับความโด่งเดียวกัน จะส่งผลให้ใช้วิธีความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นเข้ามาช่วยในการตัดสินใจ

3.2.5 การคำนวณค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น

นำช่วงความเชื่อมั่นที่คำนวณได้จากข้อ 3.2.1 ของตัวสถิติทั้งสอง มาหาผลต่างระหว่างขอบเขตบน (U) กับขอบเขตล่าง (L) ของแต่ละช่วง แล้วนำผลต่างที่ได้ของแต่ละช่วงมาบวกสะสมจนครบ 5,000 ช่วง แล้วหารด้วยจำนวนรอบ ซึ่งมีรูปแบบการคำนวณดังนี้

$$\text{ความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น} = \frac{\sum_{i}^{5000}\left(U_i - L_i\right)}{5000}$$

3.2.6 การเปรียบเทียบค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น

นำค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นที่หาได้จากข้อ 3.2.5 ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T มาพิจารณาว่า ถ้าช่วงความเชื่อมั่นของตัวสถิติใดที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยกว่า ก็สามารถกล่าวได้ว่า สำหรับขนาดตัวอย่างที่เท่ากันนั้น การประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นที่น้อยกว่าจะมีความน่าเชื่อถือมากกว่า จากนั้นย้อนกลับไปทำในข้อ 3.2.1 จนกระทั่งครบทุกกรณีตามที่กำหนด

3.3 การสร้างเลขสุ่ม

การสร้างเลขสุ่มจะต้องอาศัยเทคนิคการจำลองแบบมอนติคาร์โล โดยกระทำการจำลองซ้ำ 5,000 รอบ และกำหนดขนาดตัวอย่าง n ให้เริ่มต้นที่ n = 2 ในการหาขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง จะต้องอาศัยวิธีการจำลองข้อมูลเพื่อสร้างเลขสุ่มให้มีการแจกแจงต่างๆ เพื่อมาพิจารณาหาขนาดตัวอย่าง สำหรับในส่วนนี้จะขอกล่าวถึงการผลิตตัวเลขสุ่มให้มีการแจกแจงในแบบต่างๆตามที่กำหนด

การผลิตตัวเลขสุ่มให้มีการแจกแจงตามที่กำหนด

ในการสร้างตัวเลขสุ่มให้มีการแจกแจงตามคุณสมบัติที่ต้องการ สามารถทำได้โดยการจำลองข้อมูลด้วยการใช้เทคนิคมอนติคาร์โล ในงานวิจัยนี้เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยภาษาไมโครซอฟฟอร์แทรนเพาวเวอร์สเตชั่น 4.0

สำหรับรายละเอียดในการสร้างเลขสุ่มให้มีการแจกแจงแบบต่างๆ มีดังนี้

3.3.1 การผลิตตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงเอกรูปในช่วง (0,1)

การผลิตตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงเอกรูปในช่วง (0,1) เป็นพื้นฐานในการผลิตเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบอื่นๆ ซึ่งเลขสุ่มที่ผลิตขึ้นต้องมีลักษณะความเป็นอิสระซึ่งกันและกัน และมีการแจกแจงเอกรูปในช่วง (0,1) ได้มีผู้เสนอเทคนิคการผลิตเลขสุ่มไว้หลายวิธี แต่วิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายวิธีหนึ่งคือวิธีของ Lehmer ซึ่งเสนอวิธีการผลิตเลขสุ่มด้วยการใช้เศษจากการหารผลคูณ (Multiplicative Congruential Method) โดยสามารถหาเลขสุ่มได้จากสมการ

$$X_i = (aX_{i-1}) \bmod M \tag{3.1}$$

และ

$$R_i = X_i/M \qquad ; i = 1,2,3...$$

โดยที่

X_0 เป็นตัวเลขค่าเริ่มต้น (initial value หรือ seed) เป็นเลขจำนวนเต็มบวก

X_i เป็นเลขสุ่มตัวที่ i โดยที่ $0 < X_i < M - 1$

R_i เป็นเลขสุ่มตัวที่ i โดยที่ $0 < R_i < 1$

M เป็นค่าคงที่

a เป็นตัวคูณคงที่ (Constant Multiplier)

จากสมการที่ 3.1 X_i คือเศษเหลือเป็นจำนวนเต็มที่ได้จากการหาร (aX_{i-1}) ด้วย M และเศษเหลือที่ได้จะใช้ในการผลิตเลขสุ่มตัวถัดไป ในการผลิตเลขสุ่มนั้นเมื่อกำหนดให้ X_0 เป็นค่าเริ่มต้นจะได้ตัวเลขสุ่ม $X_1, X_2, X_3, \ldots$ ตามลำดับ เป็นเลขจำนวนเต็มที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง $M-1$ และเป็นค่าที่ไม่ต่อเนื่อง จากนั้นหาร X_i ด้วย M จะได้เลขสุ่มที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

การกำหนดค่า M , a และ X_0 จะมีความสำคัญมากในการผลิตเลขสุ่ม ซึ่งการผลิตเลขสุ่มที่มีการแจกแจงเอกรูปในช่วง (0,1) และมีคาบของตัวเลขสุ่มยาวมากพอที่จะใช้งานได้นั้นต้องกำหนดค่า M ให้เป็นจำนวนเต็มที่ใหญ่ที่สุดและเป็นเลขคี่ที่สามารถคำนวณได้จากเครื่องคอมพิวเตอร์ นั่นคือ $M = 2^{b-1} - 1$ โดยที่ b เป็นค่าความยาว 1 คำ(word) หรือจำนวนบิต(bit) ใน 1 คำ เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ 32 บิต จะกำหนดค่า $M = 2^{31} - 1$ = 2147483647 สำหรับค่า a ที่ผ่านการทดสอบแล้วคือ $7^5 = 16807$ ซึ่งเป็นค่าคงที่ และค่า X_0 เป็นจำนวนเต็มบวกที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ M

ดังนั้นการผลิตเลขสุ่มที่มีการแจกแจงเอกรูปในช่วง (0,1) เขียนเป็นโปรแกรมย่อย SUBROUTINE RAND(IX,RD) ซึ่งผู้วิจัยได้แสดง SUBROUTINE ดังกล่าวไว้ในภาคผนวก ข

คำอธิบาย

IX คือ ค่า seed เริ่มต้น ค่านี้เป็นเลขจำนวนเต็มบวกใดๆ แต่ต้องไม่เกินค่า 2147483647

RD คือ ค่าของตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงเอกรูปในช่วง (0,1)

3.3.2 การผลิตตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงปกติ

ในปี ค.ศ. 1958 Box และ Muller ได้เสนอวิธีการสร้างเลขสุ่มที่มีการแจกแจงปกติมาตราฐาน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 พร้อมกัน 2 ค่า โดยใช้ตัวผลิต (Generator) Z_1 และ Z_2 ดังนี้

$$Z_1 = [-2\ln(RD_1)]^{1/2} \cos(2\pi RD_2)$$
$$Z_2 = [-2\ln(RD_1)]^{1/2} \sin(2\pi RD_2)$$

โดยที่ RD_1 และ RD_2 เป็นตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงเอกรูปในช่วง (0,1)

ตัวแปรสุ่ม Z_1 และ Z_2 สามารถแปลงให้เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ μ และความแปรปรวนเท่ากับ σ^2 ได้ดังสมการต่อไปนี้

$$X_1 = \mu + \sigma Z_1$$
$$X_2 = \mu + \sigma Z_2$$

ซึ่งจะได้ X_1 และ X_2 มีการแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ μ และความแปรปรวนเท่ากับ σ^2 และเป็นอิสระซึ่งกันและกัน โดยสามารถเขียนเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

1. สร้างตัวเลขสุ่ม RD_1 และ RD_2 ที่มีการแจกแจงเอกรูปในช่วง (0,1) จำนวน 2 ค่า
2. นำค่า RD_1 และ RD_2 ไปหาตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงปกติมาตราฐาน ซึ่งวิธีการนี้เสนอโดย Box และ Muller กำหนดให้
$$Z_1 = \left[-2\ln(RD_1)\right]^{1/2} \cos(2\pi RD_2)$$
$$Z_2 = \left[-2\ln(RD_1)\right]^{1/2} \sin(2\pi RD_2)$$
3. นำค่า Z_1 และ Z_2 ที่เป็นปกติมาตราฐาน $N(0,1)$ มากระทำให้เป็นการแจกแจงปกติ $N(\mu,\sigma^2)$ โดยให้
$$X_1 = \mu + \sigma Z_1$$
$$X_2 = \mu + \sigma Z_2$$
4. จะได้ X_1 และ X_2 มีการแจกแจงปกติ $N(\mu,\sigma^2)$

ดังนั้นการผลิตเลขสุ่มที่มีการแจกแจงปกติ $N(\mu,\sigma^2)$ เขียนเป็นโปรแกรมย่อย SUBROUTINE NORM(IX,EX,SM,Z1,Z2,X1) ซึ่งผู้วิจัยได้แสดง SUBROUTINE ดังกล่าวไว้ในภาคผนวก ข

คำอธิบาย

EX , SM คือ ค่าเฉลี่ย และความแปรปรวนซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่ต้องใช้ในการทำงานของโปรแกรม

Z1,Z2 คือ ค่าของตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงปกติมาตราฐาน $N(0,1)$

X1 คือ ค่าของตัวเลขสุ่มแบบปกติ (μ,σ^2) ที่ผลิตได้

3.3.3 การผลิตเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแลมดาของตูกีร์

การผลิตตัวเลขสุ่มให้มีการแจกแจงแลมดาของตูกีร์ที่มีพารามิเตอร์ $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ และ λ_4 มีขั้นตอนดังนี้

1. สร้างค่าตัวเลขสุ่ม (RD) ที่มีการแจกแจงเอกรูปในช่วง (0,1)
2. การผลิตเลขสุ่มให้มีการแจกแจงแลมดาของตูกีร์ที่มีพารามิเตอร์ $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ และ λ_4 โดยที่ค่าพารามิเตอร์ $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ และ λ_4 นำมาจากตาราง Remberg และคณะ (1979 : 201 – 214) ได้นำตัวเลขสุ่มที่ได้จากการสร้างในข้อ 1 มาแทนในสมการที่ (3.2) ดังนี้

$$X = \lambda_1 + \left[RD^{\lambda_3} - (1 - RD)^{\lambda_4} \right] / \lambda_2 \qquad ; 0 \le RD \le 1 \qquad (3.2)$$

เมื่อ RD คือ ค่าของเลขสุ่มที่มีการแจกแจงเอกรูปในช่วง (0,1)

λ_1 คือ พารามิเตอร์กำหนดตำแหน่ง (Location Parameter)

λ_2 คือ พารามิเตอร์มาตราส่วน (Scale Parameter)

λ_3, λ_4 คือ พารามิเตอร์สัณฐาน (Shape Parameter)

ซึ่งสามารถหาค่า $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ และ λ_4 เมื่อกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งที่ระดับต่างๆ ได้จากตาราง Remberg ในภาคผนวก ค โดยที่ค่า λ_1 และ λ_2 เป็นค่าที่มีค่าเฉลี่ยเป็น 0 และค่าความแปรปรวนเท่ากับ 1 แต่ถ้าต้องการให้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ μ และความแปรปรวนเท่ากับ σ^2 จะต้องแปลงค่า λ_1 และ λ_2 จากตารางดังนี้

$$\lambda_1(\mu, \sigma^2) = \lambda_1(0,1)\sigma + \mu$$
$$\lambda_2(\mu, \sigma^2) = \lambda_2(0,1) / \sigma$$

ส่วนค่า λ_3, λ_4 จะกำหนดค่าตามตารางซึ่งขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งที่ต้องการ ดังนั้นการผลิตเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแลมดาของตูกีร์ที่มีพารามิเตอร์ $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ และ λ_4 เขียนเป็นโปรแกรมย่อย SUBROUTINE LAMDA(IX,LD1,LD2,A3,A4,EX,SM,LAM) ซึ่งผู้วิจัยได้แสดง SUBROUTINE ดังกล่าวไว้ในภาคผนวก ข

คำอธิบาย

EX , SM คือ ค่าเฉลี่ย และความแปรปรวนซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่ต้องใช้ในการทำงานของโปรแกรม

LD1,LD2,A3,A4 คือ ค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดตามตารางของ Remberg

LAM คือ ค่าของตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแลมดาของตูกีร์ที่มีพารามิเตอร์เป็น $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ และ λ_4 ที่ผลิตได้

3.3.4 การผลิตเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแกมมา

การผลิตเลขสุ่มให้มีการแจกแจงแกมมาที่มีพารามิเตอร์ (α, β) สามารถสร้างขึ้นโดย ให้ $X' = \beta X$

ซึ่ง X' คือ ตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบแกมมา มีพารามิเตอร์ (α, β)

X คือ ตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแกมมา มีพารามิเตอร์ $(\alpha, 1)$

β คือ ค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงแกมมา โดยที่ $\beta > 0$

ต่อไปสิ่งที่ต้องนำมาพิจารณาคือค่าพารามิเตอร์ α ซึ่งสามารถจำแนกได้ 3 กรณีคือ

3.3.4.1 กรณีที่ $0 \langle \alpha \langle 1$

ใน ค.ศ. 1974 Ahrens และ Dieter ได้เสนอวิธีการสร้างตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแกมมา เมื่อพารามิเตอร์ α มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 โดยอาศัยเทคนิคการยอมรับและปฏิเสธ (acceptance-rejection) ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. คำนวณหาค่า b จากสมการ $b = (e + \alpha) / e$ โดยที่ e
2. สร้างตัวเลขสุ่ม $U_1 \sim U(0,1)$ จากโปรแกรมย่อยสับรูทีน RAND และให้ $P = bU_1$ ถ้า $P \rangle 1$ ข้ามไปทำขั้นตอนที่ 4 สำหรับกรณีอื่นๆ ให้ทำในขั้นตอนต่อไป
3. ให้ $Y = P^{1/\alpha}$ และสร้างตัวเลขสุ่ม $U_2 \sim U(0,1)$ จากโปรแกรมย่อยสับรูทีน RAND ถ้า $U_2 \le e^{-Y}$ ให้ $X = Y$ สำหรับกรณีอื่นๆ ให้กลับไปทำในขั้นตอนที่ 2
4. ให้ $Y = -\ln[(b - P) / \alpha]$ ถ้า $U_2 \le Y^{\alpha - 1}$ ให้ $X = Y$ สำหรับกรณีอื่นๆ ให้กลับไปทำในขั้นตอนที่ 2

ดังนั้นการผลิตเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแกมมาที่มีเมื่อพารามิเตอร์ α มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 เขียนเป็นโปรแกรมย่อย SUBROUTINE GAM1(ALPHA,XX,IX) ซึ่งผู้วิจัยได้แสดง SUBROUTINE ดังกล่าวไว้ในภาคผนวก ข

คำอธิบาย

ALPHA คือ ค่าพารามิเตอร์ α

XX คือ ค่าของตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแกมมา มีพารามิเตอร์ $0 \langle \alpha \langle 1$

3.3.4.2 กรณีที่ $\alpha \rangle 1$

ใน ค.ศ. 1977 Cheng ได้เสนอวิธีการสร้างเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแกมมาเมื่อพารามิเตอร์ α มีค่ามากกว่า 1 โดยอาศัยเทคนิค modified acceptance-rejection ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. คำนวณหาค่า a , b , q และ d จากสูตรต่อไปนี้ $a = 1/\sqrt{2\alpha - 1}$, $b = \alpha - \ln 4$, $q = \alpha + 1/\alpha$ และ $d = 1 + \ln\theta$ เมื่อ $\theta = 4.5$
2. สร้างตัวเลขสุ่ม U_1 และ U_2 จากโปรแกรมย่อยสับรูทีน RAND
3. กำหนดให้

$$V = a\ln\left[U_1/(1 - U_1)\right]$$

$$Y = \alpha e^{V}$$

$$Z = U_1^2 U_2$$

และ $$W = b + qV - Y$$

ถ้า $W + d - \theta Z \geq 0$ ให้ $X = Y$ สำหรับกรณีอื่นๆ ให้กลับไปทำในขั้นตอนที่ 4

4. ถ้า $W \geq \ln Z$ ให้ $X = Y$ สำหรับกรณีอื่นๆ ให้กลับไปทำในขั้นตอนที่ 2

ดังนั้นการผลิตเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแกมมาที่มีเมื่อพารามิเตอร์ α มีค่ามากกว่า 1 เขียนเป็นโปรแกรมย่อย SUBROUTINE GAM2(ALPHA,XX,IX) ซึ่งผู้วิจัยได้แสดง SUBROUTINE ดังกล่าวไว้ในภาคผนวก ข

คำอธิบาย

ALPHA คือ ค่าพารามิเตอร์ α

XX คือ ค่าของตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแกมมา มีพารามิเตอร์ $\alpha \rangle 1$

3.3.4.3 กรณีที่ $\alpha = 1$

การสร้างตัวเลขสุ่มให้มีการแจกแจงแกมมาเมื่อพารามิเตอร์ α มีค่าเท่ากับ 1 และเมื่อพารามิเตอร์ β เป็นค่าใดๆ ที่มากกว่า 0 ดังนั้นสามารถกล่าวได้ว่า Gamma $(1, \beta)$ = Exp(β) ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยกำหนดให้พารามิเตอร์ $\beta = 1$ จะได้ว่า การสร้างตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแกมมาเมื่อพารามิเตอร์ α มีค่าเท่ากับ 1 คือการสร้างเลขสุ่มที่มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง

ในปี ค.ศ. 1972 Ahrens and Dieter ได้เสนอวิธีการสร้างเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบเลขชี้กำลัง โดยใช้ทฤษฎี inverse-transform ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. สร้างตัวเลขสุ่ม U จากโปรแกรมย่อยสับรูทีน RAND
2. ให้ $X = -\beta \ln U$

ดังนั้นการผลิตเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแกมมาที่มีเมื่อพารามิเตอร์ α มีค่าเท่ากับ 1 เขียนเป็นโปรแกรมย่อย SUBROUTINE GAM3(BETA,XX,IX) ซึ่งผู้วิจัยได้แสดง SUBROUTINE ดังกล่าวไว้ในภาคผนวก ข

คำอธิบาย

BETA คือ ค่าพารามิเตอร์ β

XX คือ ค่าของตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแกมมา มีพารามิเตอร์ $\alpha = 1$

3.3.5 การผลิตเลขสุ่มที่มีการแจกแจงเบตา

การผลิตเลขสุ่มที่มีการแจกแจงเบตา ที่มีพารามิเตอร์ (α, β) ใน ค.ศ. 1978 Cheng ได้เสนอวิธีการสร้างเลขสุ่มที่มีการแจกแจงเบตาสำหรับกรณี $\alpha > 0$ และ $\beta > 0$ โดยใช้เทคนิค BA ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. สร้างเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแกมมา $Y_1 \sim \text{Gam}(\alpha_1, 1)$ โดยที่ α_1 มีค่าเท่ากับพารามิเตอร์ α ของการแจกแจงเบตา และ $Y_2 \sim \text{Gam}(\alpha_2, 1)$ โดยที่ α_2 มีค่าเท่ากับพารามิเตอร์ β ของการแจกแจงเบตา ซึ่ง Y_1 และ Y_2 เป็นอิสระซึ่งกันและกัน
2. ให้ $X = Y_1 / (Y_1 + Y_2)$
3. จะได้ว่า $X \sim \text{Beta}(\alpha, \beta)$; $0 \le X \le 1$

ดังนั้นการผลิตเลขสุ่มที่มีการแจกแจงเบตาที่มีเมื่อพารามิเตอร์ (α, β) เขียนเป็นโปรแกรมย่อย SUBROUTINE BET(ALPHA1,ALPHA2,BE,IX) ซึ่งผู้วิจัยได้แสดง SUBROUTINE ดังกล่าวไว้ในภาคผนวก ข

คำอธิบาย

ALPHA1 , ALPHA2 คือ ค่าพารามิเตอร์ α และ β ตามลำดับ

BE คือ ค่าของตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงเบตา มีพารามิเตอร์ (α, β)

3.3.6 การผลิตเลขสุ่มที่มีการแจกแจงไคกำลังสอง

การผลิตเลขสุ่มที่มีการแจกแจงไคกำลังสอง ที่มีพารามิเตอร์ v ซึ่งมีค่าเป็นเลขจำนวนเต็มบวก โดยเรียกพารามิเตอร์ v ว่าระดับขั้นความเสรี (degrees of freedom) โดยที่วิธีการสร้างเลขสุ่มที่มีการแจกแจงไคกำลังสองนั้นสร้างจากเลขสุ่มที่มีการแจกแจงปกติมาตราฐานที่มีความอิสระซึ่งกัน ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. กำหนดค่าพารามิเตอร์ v ของการแจกแจง
2. สร้างเลขสุ่มที่มีการแจกแจงปกติมาตราฐาน $Z_i \sim N(0,1)$; $i = 1,\ldots, \nu$
3. ให้ $X = \sum_{i=1}^{\nu} Z_i^2$
4. จะได้ว่า $X \sim \chi^2_{(\nu)}$ โดยที่ $X \geq 0$ และ v มีค่าเป็นเลขจำนวนเต็มบวก

ดังนั้นการผลิตเลขสุ่มที่มีการแจกแจงไคกำลังสองที่มีเมื่อพารามิเตอร์ v เขียนเป็นโปรแกรมย่อย SUBROUTINE CHI(IX,EX,SM,V,CSQ) ซึ่งผู้วิจัยได้แสดง SUBROUTINE ดังกล่าวไว้ในภาคผนวก ข

คำอธิบาย

EX , SM คือ ค่าเฉลี่ย และความแปรปรวนซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่ต้องใช้ในการทำงานของโปรแกรม

v คือ ค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงไคกำลังสอง

CSQ คือ ค่าของตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงไคกำลังสอง มีพารามิเตอร์ v

3.3.7 การผลิตเลขสุ่มที่มีการแจกแจงที

การผลิตเลขสุ่มที่มีการแจกแจงที ที่มีพารามิเตอร์ v ซึ่งมีค่าเป็นเลขจำนวนเต็มบวก โดยเรียกพารามิเตอร์ v ว่าระดับขั้นความเสรี โดยที่วิธีการสร้างเลขสุ่มที่มีการแจกแจงทีนั้นต้องอาศัยเลขสุ่มที่มีการแจกแจงปกติมาตราฐานและเลขสุ่มที่มีการแจกแจงไคกำลังสอง ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. กำหนดค่าพารามิเตอร์ v ของการแจกแจงที
2. สร้างเลขสุ่มที่มีการแจกแจงปกติมาตราฐาน $Y_1 \sim N(0,1)$
3. สร้างเลขสุ่มที่มีการแจกแจงไคกำลังสอง $Y_2 \sim \chi^2_{(\nu)}$
4. ให้ $X = Y_1 \big/ \sqrt{Y_2/\nu}$
5. จะได้ว่า $X \sim t_{(\nu)}$ โดยที่ v มีค่าเป็นเลขจำนวนเต็มบวก และ $-\infty \langle X \langle \infty$

ดังนั้นการผลิตเลขสุ่มที่มีการแจกแจงทีที่มีเมื่อพารามิเตอร์ v เขียนเป็นโปรแกรมย่อย SUBROUTINE SDT(IX,EX,SM,V,T) ซึ่งผู้วิจัยได้แสดง SUBROUTINE ดังกล่าวไว้ในภาคผนวก ข

คำอธิบาย

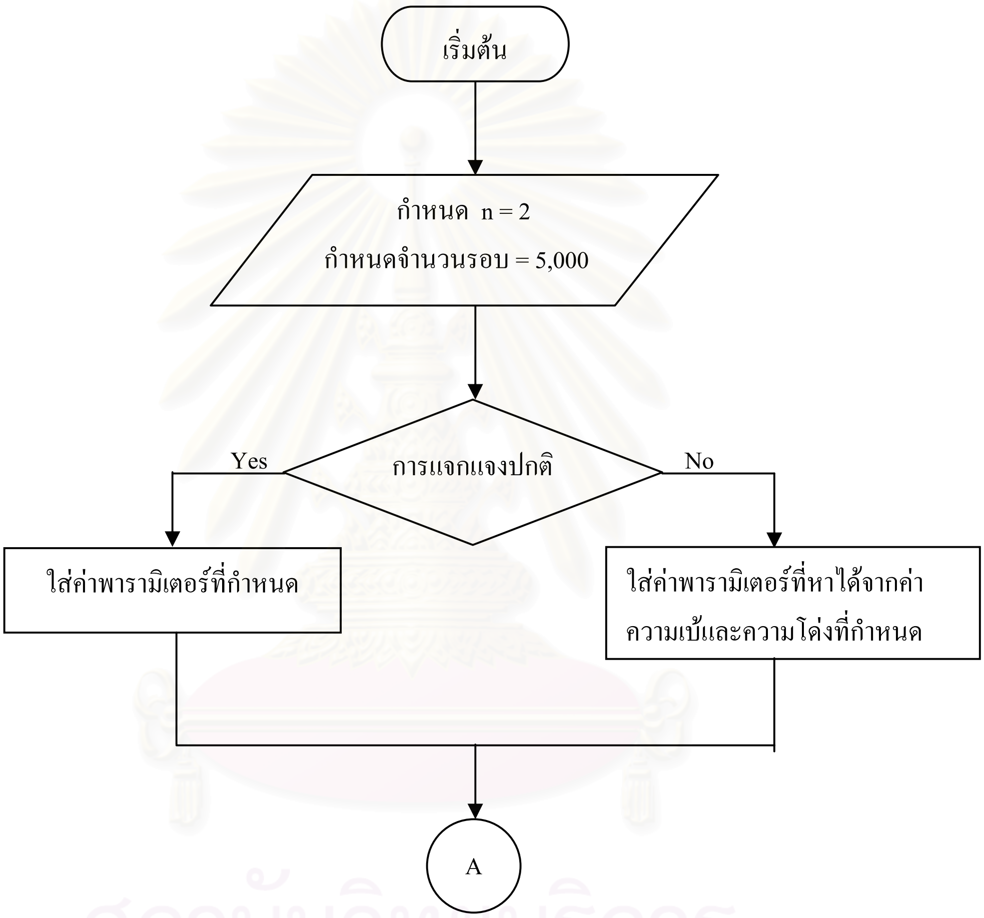
EX , SM คือ ค่าเฉลี่ย และความแปรปรวนซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่ต้องใช้ในการทำงานของโปรแกรม

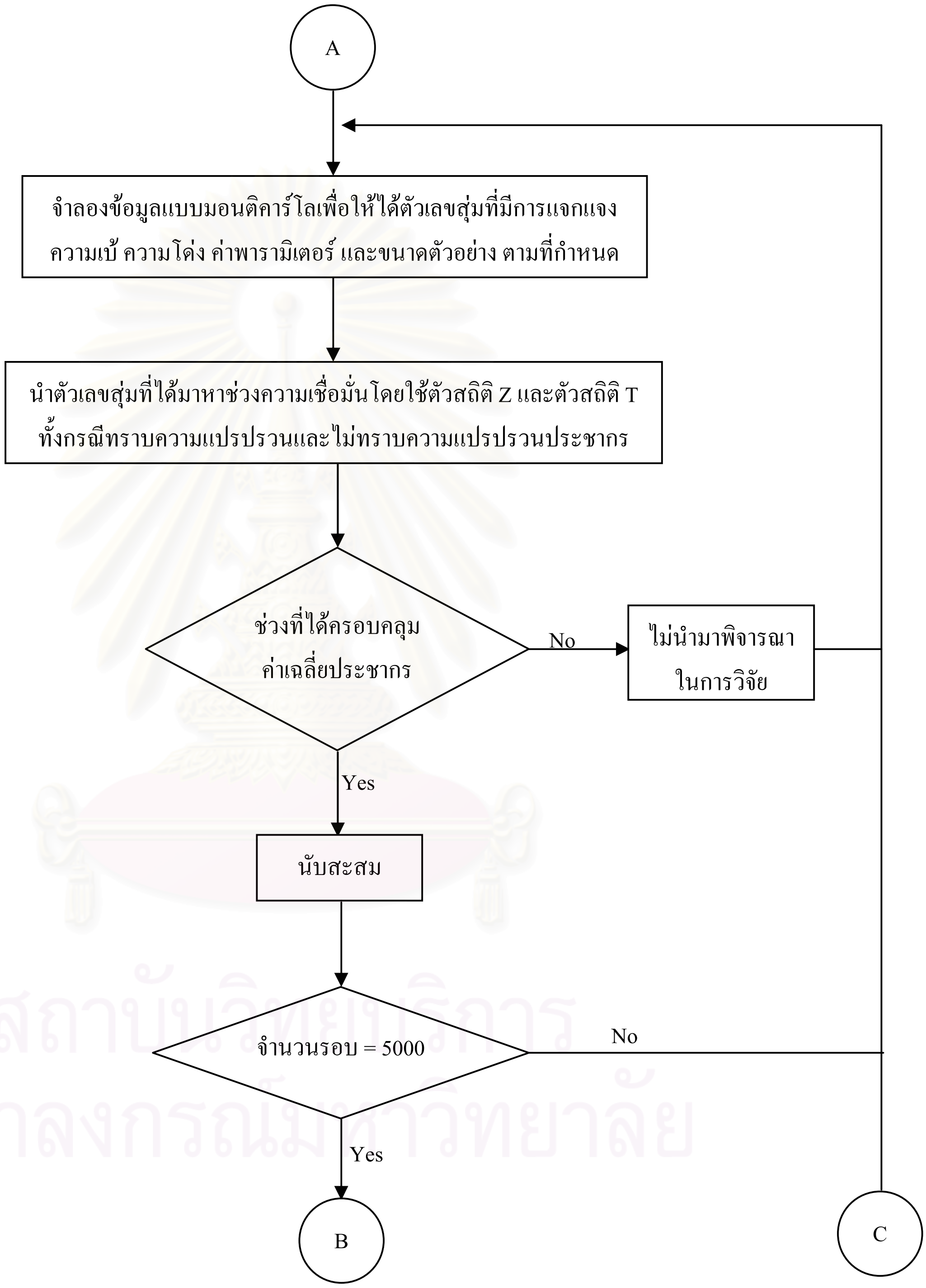
v คือ ค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงที

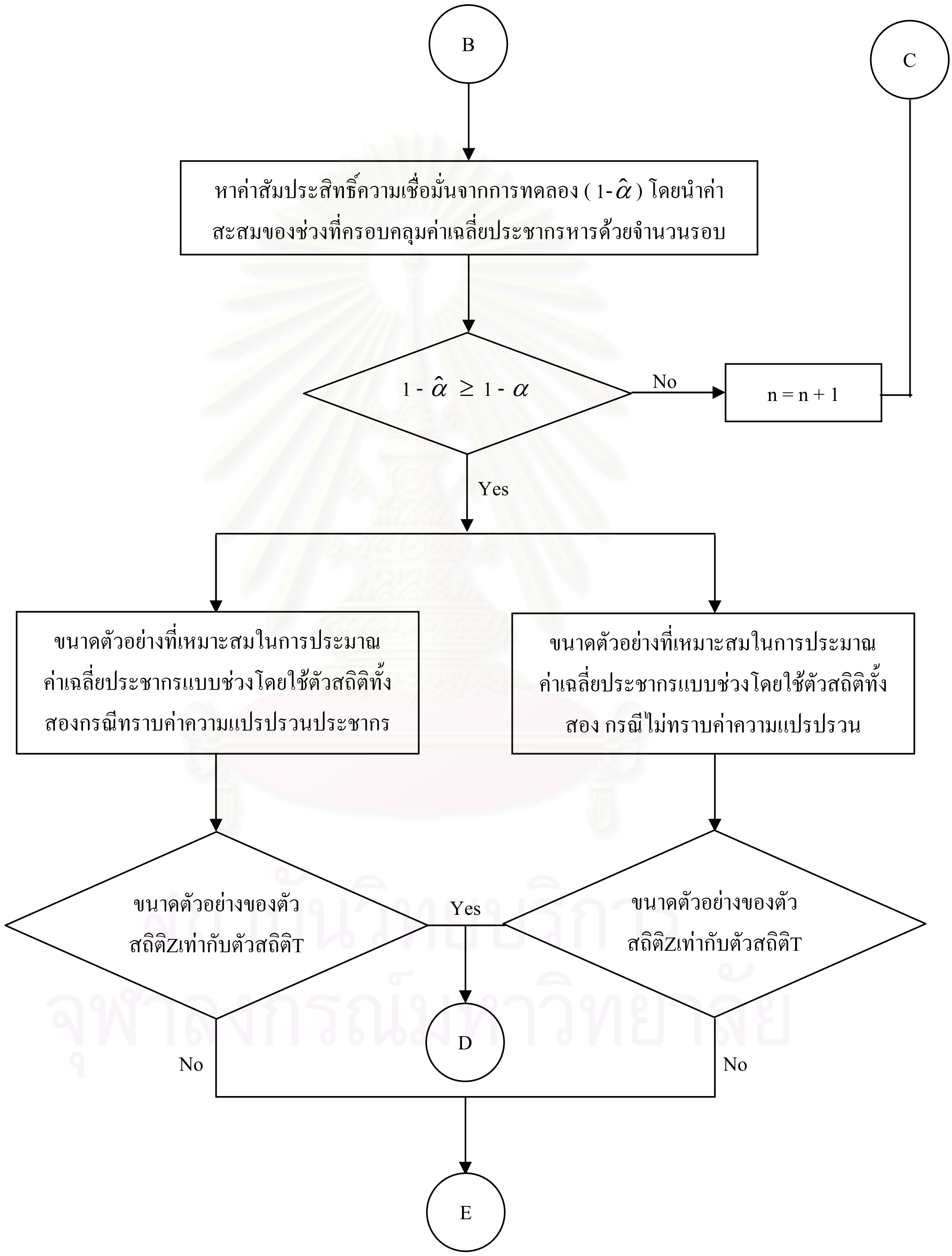
T คือ ค่าของตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงที มีพารามิเตอร์ v

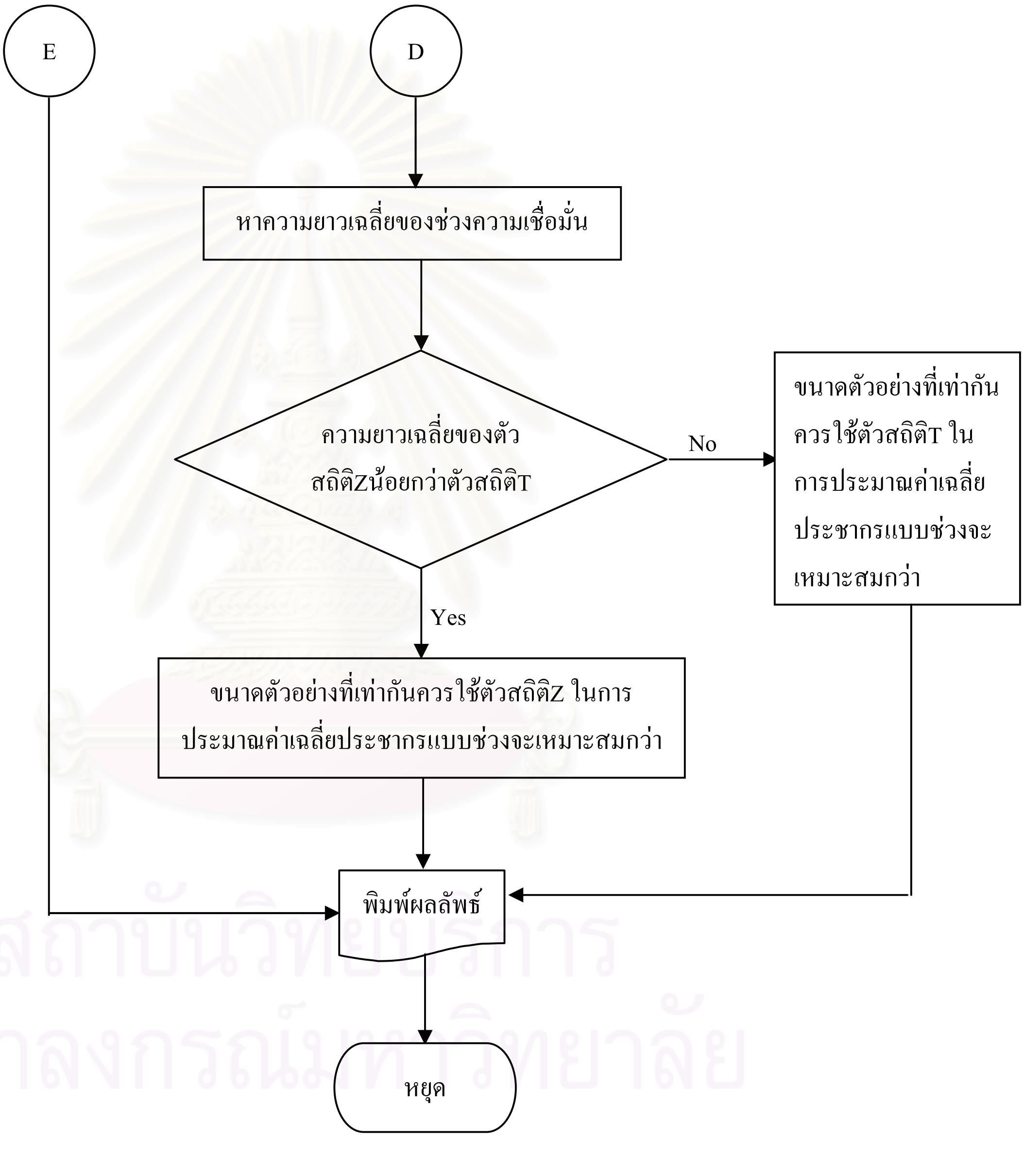
3.4 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้โปรแกรมไมโครซอฟฟอร์แทรนเพาวเวอร์สเตชั่น 4.0 (Microsoft Fortran Power Station 4.0) ขั้นตอนในการทำงานของโปรแกรมสามารถอธิบายเป็นแผนการทำงาน (Flowchart) ได้ดังนี้




A
จำลองข้อมูลแบบมอนติคาร์โลเพื่อให้ได้ตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจง ความเบ้ ความโด่ง ค่าพารามิเตอร์ และขนาดตัวอย่าง ตามที่กำหนด
นำตัวเลขสุ่มที่ได้มาหาช่วงความเชื่อมั่นโดยใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ทั้งกรณีทราบความแปรปรวนและไม่ทราบความแปรปรวนประชากร
ช่วงที่ได้ครอบคลุมค่าเฉลี่ยประชากร
No
ไม่นำมาพิจารณาในการวิจัย
Yes
นับสะสม
จำนวนรอบ = 5000
No
Yes
B
C


B
C
หาค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง (1-$\hat{\alpha}$) โดยนำค่าสะสมของช่วงที่ครอบคลุมค่าเฉลี่ยประชากรหารด้วยจำนวนรอบ
1 - $\hat{\alpha}$ ≥ 1 - α
No
n = n + 1
Yes
ขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติทั้งสองกรณีทราบค่าความแปรปรวนประชากร
ขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติทั้งสอง กรณีไม่ทราบค่าความแปรปรวน
ขนาดตัวอย่างของตัวสถิติZเท่ากับตัวสถิติT
Yes
ขนาดตัวอย่างของตัวสถิติZเท่ากับตัวสถิติT
D
No
No
E


E
D
หาความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น
ความยาวเฉลี่ยของตัว
สถิติZน้อยกว่าตัวสถิติT
No
ขนาดตัวอย่างที่เท่ากัน
ควรใช้ตัวสถิติT ใน
การประมาณค่าเฉลี่ย
ประชากรแบบช่วงจะ
เหมาะสมกว่า
Yes
ขนาดตัวอย่างที่เท่ากันควรใช้ตัวสถิติZ ในการ
ประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงจะเหมาะสมกว่า
พิมพ์ผลลัพธ์
หยุด

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อต้องการหาขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ทั้งกรณีทราบความแปรปรวนของประชากร และกรณีไม่ทราบความแปรปรวนของประชากร ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการศึกษาการแจกแจงของประชากรเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ การแจกแจงปกติ และการแจกแจงไม่ปกติ ซึ่งการแจกแจงไม่ปกติจำแนกได้ 3 ชนิด ได้แก่ การแจกแจงที่มีลักษณะสมมาตรหางยาว การแจกแจงเบ้ขวาและการแจกแจงเบ้ซ้าย การแจกแจงที่มีลักษณะสมมาตรหางยาว ได้แก่ การแจกแจงที การแจกแจงที่มีลักษณะเบ้ขวา ได้แก่ การแจกแจงแลมดาของตูกีร์ การแจกแจงแกมมา การแจกแจงเบตา และการแจกแจงไคกำลังสอง สำหรับการแจกแจงที่มีลักษณะเบ้ซ้าย ได้แก่ การแจกแจงเบตา ในการหาขนาดตัวอย่างนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น ฯลฯ ซึ่งผู้วิจัยมีความสนใจที่อยากจะทราบว่าเมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบต่างๆ ระดับความเบ้ต่างๆ ระดับความโด่งต่างๆ และค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นต่างๆ จะส่งผลต่อขนาดตัวอย่างในลักษณะเช่นไรบ้าง เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจคือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลอง ($1 - \hat{\alpha}$) และค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่แท้จริง ($1 - \alpha$) โดยกำหนดขนาดตัวอย่างเริ่มต้นให้มีขนาดเท่ากับ 2 แล้วเพิ่มขึ้นทีละหน่วยจนกระทั่งทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นจากการทดลองไม่น้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่แท้จริง ด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งจะส่งผลให้ทราบถึงขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง สำหรับความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นนั้นจะนำมาพิจารณาในกรณีที่ขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T มีขนาดเท่ากัน ภายใต้สถานการณ์เดียวกัน โดยจะเลือกตัวสถิติที่ให้ความยาวช่วงโดยเฉลี่ยสั้นกว่า

สำหรับเนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงการนำเสนอผลการวิจัย ตารางสรุปผลของขนาดตัวอย่างจำแนกตามการแจกแจงประชากร โดยจะนำเสนอเป็นขั้นตอนตามลำดับดังนี้

4.1 การนำเสนอผลการวิจัย

ผู้วิจัยจะนำเสนอผลในรูปแบบตาราง โดยจำแนกตามการแจกแจงของประชากร ดังต่อไปนี้

1. ประชากรมีการแจกแจงปกติ
2. ประชากรมีการแจกแจงที
3. ประชากรมีการแจกแจงแกมมา
4. ประชากรมีการแจกแจงเบตา
5. ประชากรมีการแจกแจงไคกำลังสอง
6. ประชากรมีการแจกแจงแลมดาของตูกีร์

โดยที่	$1-\alpha$	หมายถึง	ความน่าจะเป็นที่ช่วงสุ่มจะครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ หรือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น
	α_3	หมายถึง	สัมประสิทธิ์ความเบ้
	α_4	หมายถึง	สัมประสิทธิ์ความโด่ง
	n_Z	หมายถึง	ขนาดตัวอย่างของการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z
	n_T	หมายถึง	ขนาดตัวอย่างของการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ T

<u>หมายเหตุ</u>

สำหรับขนาดตัวอย่างที่มีเครื่องหมาย * หมายความว่า ขนาดตัวอย่างนั้นมีความเหมาะสมมากกว่าที่จะใช้ตัวสถิติที่ได้ขนาดตัวอย่างนั้น เนื่องจากตัวสถิตินั้นจะให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยกว่า

4.1 ขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T เมื่อประชากรมีการแจกแจงปกติ

การศึกษาในกรณีนี้ คือ การหาขนาดตัวอย่าง n ที่สุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปกติ ซึ่งผู้วิจัยศึกษากรณีที่ค่าเฉลี่ยประชากร เท่ากับ 100 และค่าความแปรปรวนประชากร เท่ากับ 100 และผู้วิจัยได้ทำการศึกษาในกรณีที่ค่าเฉลี่ยประชากรและค่าความแปรปรวนประชากรเปลี่ยนแปลงไปในบางกรณีเท่านั้น (การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนมีกรณีใดบ้างสามารถดูได้ในขอบเขตการวิจัย ในบทที่ 1) จากการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนพบว่า ขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติทั้งสองในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและไม่ทราบความแปรปรวนประชากรไม่เปลี่ยนแปลง (ผลการศึกษาอยู่ในภาคผนวก ก) โดยขนาดตัวอย่างที่แสดงในตารางจะเป็นค่าที่น้อยที่สุดในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง

แสดงผลการศึกษากรณี $\mu = 100$ และ $\sigma^2 = 100$ โดยสรุปได้ดังตารางที่ 4.1.1
แสดงผลการศึกษากรณีที่ค่าพารามิเตอร์ μ และ σ^2 เปลี่ยนแปลงไปในภาคผนวก ก ตารางที่ ก1 - ก3

<u>ตารางที่ 4.1.1</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงปกติ โดยที่ $\mu = 100$ และ $\sigma^2 = 100$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ $1-\alpha$

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น ($1-\alpha$)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	2	2*	2	33
0.98	2	2*	2	33
0.97	2	2*	2	33
0.95	2	2*	2	25
0.90	2	2*	2	23
0.85	2	2*	2	23
0.80	2	2*	2	20

สรุปผลการศึกษาเมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ

1. การประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง สามารถใช้ตัวสถิติ Z ได้สำหรับขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 33 ขึ้นไป และสามารถใช้ตัวสถิติ T ได้สำหรับขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 2 - 32

2. กรณีทราบค่าความแปรปรวนประชากร ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงจะสามารถใช้ตัวสถิติ T หรือตัวสถิติ Z ได้สำหรับขนาดตัวอย่าง $n \geq 2$ กรณีนี้การประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z เหมาะสมกว่าตัวสถิติ T ในทุกขนาดตัวอย่าง เนื่องจากตัวสถิติ Z ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยกว่า

3. กรณีไม่ทราบค่าความแปรปรวนประชากร ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงจะสามารถใช้ตัวสถิติ T ได้สำหรับขนาดตัวอย่าง $n \geq 2$ หรือในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงจะสามารถใช้ตัวสถิติ Z ได้สำหรับขนาดตัวอย่าง $n \geq 33$ ที่ระดับความเชื่อมั่น 97% - 99% แต่เมื่อระดับความเชื่อมั่นลดลงจะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z มีค่าลดลง ซึ่งสามารถทราบค่าขนาดตัวอย่างได้จากตารางที่ 4.1.1

4. เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าน้อยลงหรือค่าระดับนัยสำคัญมีค่ามากขึ้น จะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างในกรณีทราบค่าความแปรปรวนประชากรและประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ T และกรณีไม่ทราบค่าความแปรปรวนประชากรและประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z มีขนาดเล็กลง สำหรับกรณีอื่นขนาดตัวอย่างที่ได้มีค่าคงที่

5. เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ μ และค่าพารามิเตอร์ σ^2 พบว่า ผลการศึกษาที่ได้ไม่เปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ไม่ส่งผลต่อขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติทั้งสอง (สามารถเปรียบเทียบผลการศึกษาที่ได้ในภาคผนวก ก)

4.2 ขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T เมื่อประชากรมีการแจกแจงที

การศึกษาในกรณีนี้ คือ การหาขนาดตัวอย่าง n ที่สุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงที โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้และค่าเฉลี่ยประชากรมีค่าเท่ากับ 0 ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง เพื่อให้ทราบค่าพารามิเตอร์ v และค่าความแปรปรวนประชากรสามารถหาได้จากค่าพารามิเตอร์ v (การศึกษาในกรณีนี้มีกรณีใดบ้างสามารถดูได้ในขอบเขตการวิจัย ในบทที่ 1) สำหรับค่าขนาดตัวอย่างที่แสดงในตารางจะเป็นค่าที่น้อยที่สุดในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง

แสดงผลการศึกษาโดยสรุปได้ดังตารางที่ 4.2.1 – 4.2.7

<u>ตารางที่ 4.2.1</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงที โดยที่ $\alpha_3 = 0.0$, $\alpha_4 = 9.0$, v = 5 , $\mu = 0.0$ และ $\sigma^2 = 1.6667$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1 - α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	4	11	2	45
0.98	3	11	2	44
0.97	3	5	2	39
0.95	3	4	2	34
0.90	2	4	2	31
0.85	2	3	2	30
0.80	2	2*	2	26

ตารางที่ 4.2.2 ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงที โดยที่ $\alpha_3 = 0.0$, $\alpha_4 = 6.0$, v = 6 , $\mu = 0.0$ และ $\sigma^2 = 1.5$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1 - α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	4	5	2	45
0.98	3	4	2	39
0.97	3	4	2	36
0.95	3	3*	2	33
0.90	2	3	2	31
0.85	2	2*	2	30
0.80	2	2*	2	25

ตารางที่ 4.2.3 ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงที โดยที่ $\alpha_3 = 0.0$, $\alpha_4 = 5.0$, v = 7 , $\mu = 0.0$ และ $\sigma^2 = 1.4$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1 - α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	3	4	2	45
0.98	3	4	2	39
0.97	3	4	2	36
0.95	2	3	2	32
0.90	2	3	2	30
0.85	2	2*	2	30
0.80	2	2*	2	23

<u>ตารางที่ 4.2.4</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงที โดยที่ $\alpha_3 = 0.0$, $\alpha_4 = 4.5$, v = 8 , $\mu = 0.0$ และ $\sigma^2 = 1.3333$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1 - α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	3	4	2	44
0.98	3	4	2	38
0.97	3	4	2	34
0.95	2	3	2	32
0.90	2	2*	2	30
0.85	2	2*	2	29
0.80	2	2*	2	23

<u>ตารางที่ 4.2.5</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงที โดยที่ $\alpha_3 = 0.0$, $\alpha_4 = 4.0$, v = 10 , $\mu = 0.0$ และ $\sigma^2 = 1.25$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1 - α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	3	4	2	35
0.98	3	3*	2	34
0.97	3	3*	2	34
0.95	2	3	2	31
0.90	2	2*	2	30
0.85	2	2*	2	28
0.80	2	2*	2	23

<u>ตารางที่ 4.2.6</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงที โดยที่ $\alpha_3 = 0.0$, $\alpha_4 = 3.5$, v = 16 , $\mu = 0.0$ และ $\sigma^2 = 1.1429$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1 - α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	3	4	2	33
0.98	3	3*	2	33
0.97	2	3	2	31
0.95	2	3	2	31
0.90	2	2*	2	30
0.85	2	2*	2	28
0.80	2	2*	2	19

<u>ตารางที่ 4.2.7</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงที โดยที่ $\alpha_3 = 0.0$, $\alpha_4 = 3.0$, v = 125 , $\mu = 0.0$ และ $\sigma^2 = 1.0163$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1 - α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	2	2*	2	33
0.98	2	2*	2	33
0.97	2	2*	2	32
0.95	2	2*	2	30
0.90	2	2*	2	30
0.85	2	2*	2	28
0.80	2	2*	2	18

สรุปผลการศึกษาเมื่อประชากรมีการแจกแจงที

1. กรณีทราบค่าความแปรปรวนประชากร ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงจะสามารถใช้ตัวสถิติ T หรือตัวสถิติ Z ได้สำหรับขนาดตัวอย่าง $n \geq 2$ เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 0 สัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3 (ดังตารางที่ 4.2.7) สำหรับกรณีสัมประสิทธิ์ความโด่งมีค่าเท่ากับ 3 การประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z เหมาะสมกว่าตัวสถิติ T ในทุกขนาดตัวอย่าง เนื่องจากตัวสถิติ Z ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยกว่า แต่เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งและระดับความเชื่อมั่นเปลี่ยนแปลงจะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดเปลี่ยนแปลงเช่นกัน สามารถพิจารณาได้จากตารางข้างต้น

2. กรณีไม่ทราบค่าความแปรปรวนประชากร ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงจะสามารถใช้ตัวสถิติ T ได้สำหรับขนาดตัวอย่าง $n \geq 2$ ในทุกระดับความโด่งที่เปลี่ยนแปลง หรือในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงจะสามารถใช้ตัวสถิติ Z ได้สำหรับขนาดตัวอย่าง $n \geq 33$ เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากับ 3 – 3.5 และระดับความเชื่อมั่น 98% - 99% แต่เมื่อระดับความโด่งเปลี่ยนแปลง และ/หรือ ระดับความเชื่อมั่นเปลี่ยนแปลงก็จะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมเปลี่ยนแปลงเช่นกัน

3. เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งมีค่ามากขึ้น จะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติทั้งสองมีค่าเพิ่มขึ้นตามค่าความโด่งที่เพิ่มขึ้น ยกเว้นกรณีไม่ทราบค่าความแปรปรวนประชากรและประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ T ซึ่งค่าความโด่งจะไม่ส่งผลต่อขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงเมื่อค่าความโด่งเพิ่มขึ้น

4. เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าน้อยลงหรือค่าระดับนัยสำคัญมีค่ามากขึ้น จะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติทั้งสองมีขนาดเล็กลง ยกเว้นกรณีไม่ทราบค่าความแปรปรวนประชากรและประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ T ซึ่งผลที่ได้ขนาดตัวอย่าง $n \geq 2$ คงที่

4.3 ขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T เมื่อประชากรมีการแจกแจงแกมมา

การศึกษาในกรณีนี้ คือ การหาขนาดตัวอย่าง n ที่สุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมา โดยทราบพารามิเตอร์ α ของการแจกแจงและสัมประสิทธิ์ความโด่งตามสัมประสิทธิ์ความเบ้ สำหรับค่าพารามิเตอร์ β ผู้วิจัยกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1 โดยที่พารามิเตอร์ β เท่ากับ 5 และ 10 จะศึกษาในบางกรณีเท่านั้น (มีกรณีใดบ้างนั้นสามารถดูได้ในขอบเขตการวิจัย ในบทที่ 1) ซึ่งจากการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ β จะส่งผลให้ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนเปลี่ยนแปลงไปด้วย จากการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ β พบว่า ขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติทั้งสองในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและไม่ทราบความแปรปรวนประชากรไม่เปลี่ยนแปลง (ผลการศึกษาในกรณีที่ β เท่ากับ 5 และ 10 อยู่ในภาคผนวก ก) สำหรับค่าขนาดตัวอย่างที่แสดงในตารางจะเป็นค่าที่น้อยที่สุดในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง

แสดงผลการศึกษากรณีค่าพารามิเตอร์ $\beta = 1$ โดยสรุปได้ดังตารางที่ 4.3.1 – 4.3.6

แสดงผลการศึกษากรณีค่าพารามิเตอร์ β เปลี่ยนแปลงไปในภาคผนวก ก ตารางที่ ก4 - ก9

ตารางที่ 4.3.1 ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงแกมมา โดยที่ $\alpha_3 = 0.5$, $\alpha_4 = 3.375$ และ $\beta = 1$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1 - α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	2	2*	2	56
0.98	2	2*	2	52
0.97	2	2*	2	39
0.95	2	2*	2	38
0.90	2	2*	2	33
0.85	2	2*	2	33
0.80	2	2*	2	26

ตารางที่ 4.3.2 ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงแกมมา โดยที่ $\alpha_3 = 1.0$, $\alpha_4 = 4.5$ และ $\beta = 1$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1 - α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	3	4	53	107
0.98	2	2*	42	91
0.97	2	2*	30	84
0.95	2	2*	25	67
0.90	2	2*	16	63
0.85	2	2*	12	38
0.80	2	2*	8	28

<u>ตารางที่ 4.3.3</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงแกมมา โดยที่ $\alpha_3 = 2.0$, $\alpha_4 = 9.0$ และ $\beta = 1$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ $1 - \alpha$

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น ($1-\alpha$)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	4	16	94	244
0.98	3	6	92	100
0.97	3	4	85	92
0.95	2	2*	61	85
0.90	2	2*	34	70
0.85	2	2*	34	55
0.80	2	2*	27	42

<u>ตารางที่ 4.3.4</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงแกมมา โดยที่ $\alpha_3 = 3.0$, $\alpha_4 = 16.64$ และ $\beta = 1$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ $1 - \alpha$

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น ($1-\alpha$)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	4	37	409	409*
0.98	3	20	351	357
0.97	3	13	251	259
0.95	3	8	247	251
0.90	2	5	177	177*
0.85	2	3	91	174
0.80	2	2*	66	110

<u>ตารางที่ 4.3.5</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงแกมมา โดยที่ $\alpha_3 = 3.5$, $\alpha_4 = 21.3767$ และ β = 1 จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1 - α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	4	37	435	435*
0.98	3	23	430	434
0.97	3	14	407	407*
0.95	3	11	338	391
0.90	2	9	229	248
0.85	2	6	214	214*
0.80	2	4	107	147

<u>ตารางที่ 4.3.6</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงแกมมา โดยที่ $\alpha_3 = 4.0$, $\alpha_4 = 27.0$ และ β = 1 จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1 - α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	4	66	575	575*
0.98	3	55	463	463*
0.97	3	15	431	431*
0.95	3	12	355	415
0.90	2	11	284	331
0.85	2	9	282	282*
0.80	2	6	200	213

สรุปผลการศึกษากรณีค่าพารามิเตอร์ $\beta = 1$ เมื่อประชากรมีการแจกแจงแกมมา

1. กรณีทราบค่าความแปรปรวนประชากร ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงจะสามารถใช้ตัวสถิติ T ได้สำหรับขนาดตัวอย่าง $n \geq 4$ หรือในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงจะสามารถใช้ตัวสถิติ Z ได้สำหรับขนาดตัวอย่าง $n \geq 16$ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ค่าความเบ้เท่ากับ 2.0 และค่าความโด่งเท่ากับ 9.0 แต่เมื่อระดับความเชื่อมั่น ระดับความเบ้ และระดับความโด่งเปลี่ยนแปลงจะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดเปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 0.5 การประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z เหมาะสมกว่าตัวสถิติ T ในทุกขนาดตัวอย่าง เนื่องจากตัวสถิติ Z ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยกว่า สามารถพิจารณาได้จากตารางข้างต้น

2. กรณีไม่ทราบค่าความแปรปรวนประชากร ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงจะสามารถใช้ตัวสถิติ T ได้สำหรับขนาดตัวอย่าง $n \geq 2$ หรือในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงจะสามารถใช้ตัวสถิติ Z ได้สำหรับขนาดตัวอย่าง $n \geq 56$ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ค่าความเบ้เท่ากับ 0.5 และค่าความโด่งเท่ากับ 3.375 แต่เมื่อค่าความเบ้และค่าความโด่งมีค่ามากขึ้นจะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างมีค่ามากขึ้น สำหรับระดับความเชื่อมั่นเมื่อมีค่าลดลงจะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างมีค่าน้อยลง สามารถพิจารณาได้จากตารางข้างต้น

3. เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งมีค่าเพิ่มมากขึ้น จะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติทั้งสองมีขนาดใหญ่ขึ้น

4. เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าน้อยลงหรือค่าระดับนัยสำคัญมีค่ามากขึ้น จะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติทั้งสองมีขนาดเล็กลง

5. เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ β พบว่า การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ β ไม่ส่งผลต่อขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติทั้งสอง (สามารถเปรียบเทียบผลการศึกษาที่ได้ในภาคผนวก ก) และการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ β จะส่งผลให้ค่าเฉลี่ยประชากรและค่าความแปรปรวนประชากรเปลี่ยนแปลง หรือกล่าวได้ว่า การเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยประชากรและค่าความแปรปรวนประชากร ไม่ส่งผลต่อขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติทั้งสอง

4.4 ขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบตา

การศึกษาในกรณีนี้ คือ การหาขนาดตัวอย่าง n ที่สุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงเบตา สำหรับการแจกแจงนี้ผู้วิจัยสนใจศึกษาทั้งกรณีเบ้ขวาและเบ้ซ้าย ในกรณีประชากรมีลักษณะเบ้ขวา ผู้วิจัยทราบค่าพารามิเตอร์ α และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งของการแจกแจงตามค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้และค่าพารามิเตอร์ β สำหรับกรณีประชากรมีลักษณะเบ้ซ้าย ผู้วิจัยทำการสลับค่าพารามิเตอร์ α เป็นค่าพารามิเตอร์ β และค่าพารามิเตอร์ β เป็นค่าพารามิเตอร์ α จะส่งผลให้สัมประสิทธิ์ความเบ้มีค่าเท่าเดิมแต่เปลี่ยนจากเบ้ขวาไปเป็นเบ้ซ้ายและค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเท่ากัน (การศึกษาในกรณีนี้มีกรณีใดบ้างสามารถดูได้ในขอบเขตการวิจัย ในบทที่ 1) สำหรับขนาดตัวอย่างที่แสดงในตารางจะเป็นค่าที่น้อยที่สุดในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง

แสดงผลการศึกษากรณีประชากรมีลักษณะเบ้ขวา โดยสรุปดังตารางที่ 4.4.1 – 4.4.18

แสดงผลการศึกษากรณีประชากรมีลักษณะเบ้ซ้าย โดยสรุปดังตารางที่ 4.4.19 – 4.4.36

ตารางที่ 4.4.1 ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบตา โดยที่ $\alpha_3 = 0.5$, $\alpha_4 = 1.7$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	2	3	30	59
0.98	2	2*	15	55
0.97	2	2*	15	50
0.95	2	2*	15	44
0.90	2	2*	10	44
0.85	2	2*	6	40
0.80	2	2*	5	36

ตารางที่ 4.4.2 ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบตา โดยที่ $\alpha_3 = 0.5$, $\alpha_4 = 2.75$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	2	2*	12	48
0.98	2	2*	12	41
0.97	2	2*	12	41
0.95	2	2*	12	39
0.90	2	2*	8	34
0.85	2	2*	6	33
0.80	2	2*	5	31

ตารางที่ 4.4.3 ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบตา โดยที่ $\alpha_3 = 0.5$, $\alpha_4 = 3.26$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	2	2*	2	38
0.98	2	2*	2	37
0.97	2	2*	2	37
0.95	2	2*	2	34
0.90	2	2*	2	33
0.85	2	2*	2	33
0.80	2	2*	2	30

ตารางที่ 4.4.4 ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบตา โดยที่ $\alpha_3 = 1.0$, $\alpha_4 = 2.47$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	3	3*	70	98
0.98	3	3*	70	77
0.97	2	3	51	74
0.95	2	2*	44	70
0.90	2	2*	14	58
0.85	2	2*	10	41
0.80	2	2*	8	40

ตารางที่ 4.4.5 ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบตา โดยที่ $\alpha_3 = 1.0$, $\alpha_4 = 3.69$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	2	3	52	88
0.98	2	3	49	72
0.97	2	2*	41	70
0.95	2	2*	39	63
0.90	2	2*	14	43
0.85	2	2*	9	34
0.80	2	2*	8	33

ตารางที่ 4.4.6 ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบตา โดยที่ $\alpha_3 = 1.0$, $\alpha_4 = 4.38$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	2	3	38	58
0.98	2	2*	31	57
0.97	2	2*	28	49
0.95	2	2*	25	43
0.90	2	2*	12	38
0.85	2	2*	8	32
0.80	2	2*	6	32

<u>ตารางที่ 4.4.7</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบตา โดยที่ $\alpha_3 = 1.5$, $\alpha_4 = 3.78$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	6	11	138	139
0.98	5	8	93	137
0.97	4	6	73	131
0.95	3	3*	59	118
0.90	2	2*	39	75
0.85	2	2*	23	51
0.80	2	2*	15	38

<u>ตารางที่ 4.4.8</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบตา โดยที่ $\alpha_3 = 1.5$, $\alpha_4 = 5.3$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	5	9	134	140
0.98	4	6	89	135
0.97	3	3*	68	131
0.95	2	2*	48	117
0.90	2	2*	37	75
0.85	2	2*	22	50
0.80	2	2*	12	30

<u>ตารางที่ 4.4.9</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบตา โดยที่ $\alpha_3 = 1.5$, $\alpha_4 = 6.21$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	5	9	84	106
0.98	4	5	62	86
0.97	3	3*	45	62
0.95	2	2*	36	62
0.90	2	2*	18	43
0.85	2	2*	16	37
0.80	2	2*	13	25

<u>ตารางที่ 4.4.10</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบตา โดยที่ $\alpha_3 = 2.0$, $\alpha_4 = 5.65$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	6	18	242	242*
0.98	5	15	142	142*
0.97	5	11	138	142
0.95	4	8	114	135
0.90	3	5	59	99
0.85	2	3	59	85
0.80	2	2*	48	60

<u>ตารางที่ 4.4.11</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบตา โดยที่ $\alpha_3 = 2.0$, $\alpha_4 = 7.65$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	6	18	150	177
0.98	5	10	134	138
0.97	4	9	101	136
0.95	3	6	86	114
0.90	2	3	59	69
0.85	2	2*	58	65
0.80	2	2*	40	55

<u>ตารางที่ 4.4.12</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบตา โดยที่ $\alpha_3 = 2.0$, $\alpha_4 = 8.74$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	5	14	177	177*
0.98	4	9	84	133
0.97	3	8	84	133
0.95	3	5	83	113
0.90	2	3	54	64
0.85	2	2*	44	59
0.80	2	2*	33	54

ตารางที่ 4.4.13 ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบตา โดยที่ $\alpha_3 = 2.5$, $\alpha_4 = 8.06$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	8	22	235	282
0.98	7	20	223	275
0.97	6	8	170	240
0.95	4	6	170	170*
0.90	3	3*	112	123
0.85	2	2*	79	93
0.80	2	2*	56	68

ตารางที่ 4.4.14 ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบตา โดยที่ $\alpha_3 = 2.5$, $\alpha_4 = 10.5$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	7	18	224	274
0.98	6	11	224	267
0.97	5	6	168	238
0.95	3	3*	136	156
0.90	2	2*	84	116
0.85	2	2*	69	70
0.80	2	2*	48	65

ตารางที่ 4.4.15 ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบตา โดยที่ $\alpha_3 = 2.5$, $\alpha_4 = 12.14$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	6	17	222	227
0.98	4	7	195	227
0.97	3	4	155	225
0.95	2	2*	132	144
0.90	2	2*	76	102
0.85	2	2*	53	69
0.80	2	2*	40	62

ตารางที่ 4.4.16 ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบตา โดยที่ $\alpha_3 = 3.0$, $\alpha_4 = 11.02$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	11	26	394	394*
0.98	8	21	313	313*
0.97	5	13	299	313
0.95	4	9	272	272*
0.90	3	7	170	203
0.85	2	3	109	194
0.80	2	3	99	122

ตารางที่ 4.4.17 ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบตา โดยที่ $\alpha_3 = 3.0$, $\alpha_4 = 14.12$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	9	26	357	357*
0.98	7	16	294	305
0.97	5	11	275	294
0.95	4	8	258	258*
0.90	3	5	151	195
0.85	2	3	106	185
0.80	2	2*	95	114

ตารางที่ 4.4.18 ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบตา โดยที่ $\alpha_3 = 3.0$, $\alpha_4 = 16.11$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	8	21	241	241*
0.98	6	12	228	268
0.97	5	7	228	228*
0.95	4	6	204	204*
0.90	3	3*	149	149*
0.85	2	2*	104	130
0.80	2	2*	91	111

<u>ตารางที่ 4.4.19</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบตา โดยที่ $\alpha_3 = -0.5$, $\alpha_4 = 1.7$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ $1-\alpha$

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น ($1-\alpha$)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	2	3	30	63
0.98	2	2*	30	58
0.97	2	2*	20	56
0.95	2	2*	19	51
0.90	2	2*	9	35
0.85	2	2*	6	35
0.80	2	2*	5	33

<u>ตารางที่ 4.4.20</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบตา โดยที่ $\alpha_3 = -0.5$, $\alpha_4 = 2.75$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ $1-\alpha$

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น ($1-\alpha$)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	2	2*	20	57
0.98	2	2*	12	46
0.97	2	2*	12	46
0.95	2	2*	11	42
0.90	2	2*	11	34
0.85	2	2*	6	33
0.80	2	2*	5	33

ตารางที่ 4.4.21 ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบตา โดยที่ $\alpha_3 = -0.5$, $\alpha_4 = 3.26$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ $1-\alpha$

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น ($1-\alpha$)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	2	2*	2	38
0.98	2	2*	2	38
0.97	2	2*	2	37
0.95	2	2*	2	33
0.90	2	2*	2	33
0.85	2	2*	2	33
0.80	2	2*	2	33

ตารางที่ 4.4.22 ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบตา โดยที่ $\alpha_3 = -1.0$, $\alpha_4 = 2.47$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ $1-\alpha$

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น ($1-\alpha$)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	3	3*	71	90
0.98	2	3	53	76
0.97	2	2*	42	69
0.95	2	2*	27	64
0.90	2	2*	19	58
0.85	2	2*	16	51
0.80	2	2*	11	42

<u>ตารางที่ 4.4.23</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบตา โดยที่ $\alpha_3 = -1.0$, $\alpha_4 = 3.69$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	2	3	51	78
0.98	2	2*	49	71
0.97	2	2*	38	65
0.95	2	2*	28	64
0.90	2	2*	16	52
0.85	2	2*	14	46
0.80	2	2*	10	36

<u>ตารางที่ 4.4.24</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบตา โดยที่ $\alpha_3 = -1.0$, $\alpha_4 = 4.38$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	2	3	43	61
0.98	2	2*	35	57
0.97	2	2*	32	49
0.95	2	2*	23	43
0.90	2	2*	14	43
0.85	2	2*	12	41
0.80	2	2*	8	32

<u>ตารางที่ 4.4.25</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบตา โดยที่ $\alpha_3 = -1.5$, $\alpha_4 = 3.78$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	8	16	102	137
0.98	5	8	86	134
0.97	4	4*	71	129
0.95	3	3*	64	90
0.90	2	2*	35	71
0.85	2	2*	23	50
0.80	2	2*	13	35

<u>ตารางที่ 4.4.26</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบตา โดยที่ $\alpha_3 = -1.5$, $\alpha_4 = 5.3$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	5	9	87	134
0.98	4	6	72	132
0.97	3	3*	64	101
0.95	2	2*	59	82
0.90	2	2*	36	66
0.85	2	2*	22	46
0.80	2	2*	13	34

ตารางที่ 4.4.27 ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบตา โดยที่ $\alpha_3 = -1.5$, $\alpha_4 = 6.21$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	4	5	71	101
0.98	3	4	54	97
0.97	3	3*	48	85
0.95	2	2*	45	70
0.90	2	2*	23	45
0.85	2	2*	14	42
0.80	2	2*	13	27

ตารางที่ 4.4.28 ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบตา โดยที่ $\alpha_3 = -2.0$, $\alpha_4 = 5.65$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	6	18	151	177
0.98	5	11	126	147
0.97	4	9	114	131
0.95	4	5	94	130
0.90	3	3*	78	124
0.85	2	2*	59	85
0.80	2	2*	43	78

<u>ตารางที่ 4.4.29</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบตา โดยที่ $\alpha_3 = -2.0$, $\alpha_4 = 7.65$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	5	13	144	176
0.98	4	10	118	139
0.97	3	8	107	129
0.95	3	4	95	128
0.90	2	3	64	86
0.85	2	2*	40	64
0.80	2	2*	34	64

<u>ตารางที่ 4.4.30</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบตา โดยที่ $\alpha_3 = -2.0$, $\alpha_4 = 8.74$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	5	14	138	166
0.98	4	8	113	137
0.97	3	6	103	125
0.95	3	3*	95	125
0.90	2	2*	54	73
0.85	2	2*	35	51
0.80	2	2*	32	44

<u>ตารางที่ 4.4.31</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบตา โดยที่ $\alpha_3 = -2.5$, $\alpha_4 = 8.06$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	7	22	229	289
0.98	5	20	215	277
0.97	4	7	195	210
0.95	3	4	155	170
0.90	3	3*	113	125
0.85	2	2*	74	74*
0.80	2	2*	51	70

<u>ตารางที่ 4.4.32</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบตา โดยที่ $\alpha_3 = -2.5$, $\alpha_4 = 10.5$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	5	20	220	277
0.98	4	14	204	234
0.97	3	5	194	202
0.95	3	3*	140	163
0.90	2	3	85	90
0.85	2	2*	70	72
0.80	2	2*	49	70

ตารางที่ 4.4.33 ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบตา โดยที่ α_3 = -2.5 , α_4 = 12.14 จำแนกสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	5	21	215	221
0.98	4	12	195	215
0.97	3	4	155	178
0.95	3	3*	133	152
0.90	2	2*	74	83
0.85	2	2*	59	72
0.80	2	2*	42	61

ตารางที่ 4.4.34 ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบตา โดยที่ α_3 = -3.0 , α_4 = 11.02 จำแนกสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	5	31	281	292
0.98	4	23	231	277
0.97	4	17	226	245
0.95	3	8	206	237
0.90	3	4	172	202
0.85	2	3	122	146
0.80	2	3	93	111

<u>ตารางที่ 4.4.35</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบตา โดยที่ α_3 = -3.0 , α_4 = 14.12 จำแนกสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	5	30	281	289
0.98	4	21	231	268
0.97	3	11	217	236
0.95	3	6	197	214
0.90	2	3	159	196
0.85	2	3	101	134
0.80	2	2*	84	101

<u>ตารางที่ 4.4.36</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงเบตา โดยที่ α_3 = -3.0 , α_4 = 16.11 จำแนกสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	4	27	281	284
0.98	3	19	230	257
0.97	3	8	210	230*
0.95	3	5	196	196*
0.90	2	3	145	146
0.85	2	2*	98	130
0.80	2	2*	70	98

สรุปผลการศึกษาเมื่อประชากรมีการแจกแจงเบตา

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้จำแนกประชากรที่มีการแจกแจงเบตาเป็น 2 ลักษณะ ดังนั้นผู้วิจัยจึงขอสรุปผลโดยจำแนกเป็น 2 ลักษณะดังนี้

ประชากรที่มีลักษณะเบ้ขวา

กรณีทราบค่าความแปรปรวนประชากร ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงจะสามารถใช้ตัวสถิติ T ได้สำหรับขนาดตัวอย่าง $n \geq 6$ หรือในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงจะสามารถใช้ตัวสถิติ Z ได้สำหรับขนาดตัวอย่าง $n \geq 11$ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ค่าความเบ้เท่ากับ 1.5 และค่าความโด่งเท่ากับ 3.78 แต่เมื่อค่าความเบ้มีค่ามากขึ้นจะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างมีค่ามากขึ้น และเมื่อค่าความโด่งมีค่ามากขึ้นจะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างมีค่าน้อยลง สำหรับระดับความเชื่อมั่นเมื่อมีค่าลดลงจะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างมีค่าน้อยลง สามารถพิจารณาได้จากตารางข้างต้น

กรณีไม่ทราบค่าความแปรปรวนประชากร ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงจะสามารถใช้ตัวสถิติ T ได้สำหรับขนาดตัวอย่าง $n \geq 30$ หรือในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงจะสามารถใช้ตัวสถิติ Z ได้สำหรับขนาดตัวอย่าง $n \geq 59$ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ค่าความเบ้เท่ากับ 0.5 และค่าความโด่งเท่ากับ 1.7 แต่เมื่อค่าความเบ้มีค่าเบ้ขวามากขึ้นจะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างมีค่ามากขึ้น และเมื่อค่าความโด่งมีค่ามากขึ้นจะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างมีค่าน้อยลง สำหรับระดับความเชื่อมั่นเมื่อมีค่าลดลงจะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างมีค่าน้อยลง สามารถพิจารณาได้จากตารางข้างต้น

เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้มีค่าเบ้ขวาเพิ่มมากขึ้น จะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติทั้งสองมีขนาดใหญ่ขึ้น

เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งมีค่าเพิ่มมากขึ้นที่ระดับค่าความเบ้เดียวกัน จะส่งผลขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติทั้งสองมีขนาดเล็กลง

เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าน้อยลงหรือค่าระดับนัยสำคัญมีค่ามากขึ้น จะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติทั้งสองมีขนาดเล็กลง

<u>ประชากรที่มีลักษณะเบ้ซ้าย</u>

กรณีทราบค่าความแปรปรวนประชากร ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงจะสามารถใช้ตัวสถิติ T ได้สำหรับขนาดตัวอย่าง $n \geq 8$ หรือในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงจะสามารถใช้ตัวสถิติ Z ได้สำหรับขนาดตัวอย่าง $n \geq 16$ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ค่าความเบ้เท่ากับ -1.5 และค่าความโด่งเท่ากับ 3.78 แต่เมื่อค่าความเบ้มีค่ามากขึ้นจะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างมีค่ามากขึ้น และเมื่อค่าความโด่งมีค่ามากขึ้นจะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างมีค่าน้อยลง สำหรับระดับความเชื่อมั่นเมื่อมีค่าต่ำลงจะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างมีค่าน้อยลง สามารถพิจารณาได้จากตารางข้างต้น

กรณีไม่ทราบค่าความแปรปรวนประชากร ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงจะสามารถใช้ตัวสถิติ T ได้สำหรับขนาดตัวอย่าง $n \geq 30$ หรือในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงจะสามารถใช้ตัวสถิติ Z ได้สำหรับขนาดตัวอย่าง $n \geq 63$ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ค่าความเบ้เท่ากับ -0.5 และค่าความโด่งเท่ากับ 1.7 แต่เมื่อค่าความเบ้มีค่าเบ้ซ้ายมากขึ้นจะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างมีค่ามากขึ้น และเมื่อค่าความโด่งมีค่ามากขึ้นจะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างมีค่าน้อยลง สำหรับระดับความเชื่อมั่นเมื่อมีค่าต่ำลงจะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างมีค่าน้อยลง สามารถพิจารณาได้จากตารางข้างต้น

เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้มีค่าเบ้ซ้ายเพิ่มมากขึ้น จะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติทั้งสองมีขนาดใหญ่ขึ้น

เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งมีค่าเพิ่มมากขึ้นที่ระดับความเบ้เดียวกัน จะส่งผลขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติทั้งสองมีขนาดเล็กลง

เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าน้อยลงหรือค่าระดับนัยสำคัญมีค่ามากขึ้น จะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติทั้งสองมีขนาดเล็กลง

4.5 ขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T เมื่อประชากรมีการแจกแจงไคกำลังสอง

การศึกษาในกรณีนี้ คือ การหาขนาดตัวอย่าง n ที่สุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงไคกำลังสอง ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยทราบค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนประชากร จากค่าพารามิเตอร์ v ที่กำหนด (การศึกษาในกรณีนี้มีกรณีใดบ้างสามารถดูได้ในขอบเขตการวิจัย ในบทที่ 1) สำหรับขนาดตัวอย่างที่แสดงในตารางจะเป็นค่าที่น้อยที่สุดในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง

แสดงผลการศึกษาโดยสรุปได้ดังตารางที่ 4.5.1 – 4.5.22

ตารางที่ 4.5.1 ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงไคกำลังสอง โดยที่ $\alpha_3 = 0.249$, $\alpha_4 = 3.093$ และ df = 129 จำแนกตามสัมประสิทธิ์ $1-\alpha$

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น ($1-\alpha$)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	2	2*	5	33
0.98	2	2*	4	31
0.97	2	2*	4	27
0.95	2	2*	3	22
0.90	2	2*	3	22
0.85	2	2*	2	19
0.80	2	2*	2	17

ตารางที่ 4.5.2 ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงไคกำลังสอง โดยที่ $\alpha_3 = 0.3143$, $\alpha_4 = 3.1481$ และ df = 81 จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	2	2*	5	33
0.98	2	2*	4	32
0.97	2	2*	4	31
0.95	2	2*	3	23
0.90	2	2*	3	22
0.85	2	2*	2	19
0.80	2	2*	2	17

ตารางที่ 4.5.3 ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงไคกำลังสอง โดยที่ $\alpha_3 = 0.3482$, $\alpha_4 = 3.1818$ และ df = 66 จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	2	2*	5	33
0.98	2	2*	5	32
0.97	2	2*	5	31
0.95	2	2*	4	24
0.90	2	2*	3	22
0.85	2	2*	3	19
0.80	2	2*	2	17

ตารางที่ 4.5.4 ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงไคกำลังสอง โดยที่ $\alpha_3 = 0.4$, $\alpha_4 = 3.24$ และ df = 50 จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	2	2*	6	33
0.98	2	2*	5	32
0.97	2	2*	5	32
0.95	2	2*	4	24
0.90	2	2*	3	22
0.85	2	2*	3	19
0.80	2	2*	2	17

ตารางที่ 4.5.5 ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงไคกำลังสอง โดยที่ $\alpha_3 = 0.5$, $\alpha_4 = 3.375$ และ df = 32 จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	2	2*	6	36
0.98	2	2*	6	35
0.97	2	2*	5	33
0.95	2	2*	5	25
0.90	2	2*	4	22
0.85	2	2*	3	19
0.80	2	2*	2	17

<u>ตารางที่ 4.5.6</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงไคกำลังสอง โดยที่ $\alpha_3 = 0.5774$, $\alpha_4 = 3.5$ และ df = 24 จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	2	3	9	37
0.98	2	2*	6	36
0.97	2	2*	6	36
0.95	2	2*	5	29
0.90	2	2*	4	22
0.85	2	2*	4	19
0.80	2	2*	3	19

<u>ตารางที่ 4.5.7</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงไคกำลังสอง โดยที่ $\alpha_3 = 0.6325$, $\alpha_4 = 3.6$ และ df = 20 จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	2	3	11	39
0.98	2	2*	9	36
0.97	2	2*	9	36
0.95	2	2*	6	34
0.90	2	2*	4	23
0.85	2	2*	4	19
0.80	2	2*	4	19

<u>ตารางที่ 4.5.8</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงไคกำลังสอง โดยที่ $\alpha_3 = 0.6667$, $\alpha_4 = 3.6667$ และ df = 18 จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	2	3	14	40
0.98	2	2*	11	39
0.97	2	2*	11	36
0.95	2	2*	8	35
0.90	2	2*	5	26
0.85	2	2*	5	20
0.80	2	2*	4	19

<u>ตารางที่ 4.5.9</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงไคกำลังสอง โดยที่ $\alpha_3 = 0.686$, $\alpha_4 = 3.7058$ และ df = 17 จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	2	3	14	41
0.98	2	2*	11	39
0.97	2	2*	11	36
0.95	2	2*	8	35
0.90	2	2*	5	26
0.85	2	2*	5	20
0.80	2	2*	4	19

<u>ตารางที่ 4.5.10</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงไคกำลังสอง โดยที่ $\alpha_3 = 0.7303$, $\alpha_4 = 3.8$ และ df = 15 จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	2	3	20	47
0.98	2	2*	14	44
0.97	2	2*	14	41
0.95	2	2*	9	32
0.90	2	2*	8	28
0.85	2	2*	6	24
0.80	2	2*	6	20

<u>ตารางที่ 4.5.11</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงไคกำลังสอง โดยที่ $\alpha_3 = 0.7559$, $\alpha_4 = 3.8571$ และ df = 14 จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	2	3	22	51
0.98	2	2*	20	47
0.97	2	2*	19	47
0.95	2	2*	14	40
0.90	2	2*	8	29
0.85	2	2*	6	25
0.80	2	2*	6	20

ตารางที่ 4.5.12 ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงไคกำลังสอง โดยที่ $\alpha_3 = 0.7845$, $\alpha_4 = 3.9231$ และ df = 13 จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	2	3	22	51
0.98	2	2*	20	47
0.97	2	2*	19	47
0.95	2	2*	14	40
0.90	2	2*	8	29
0.85	2	2*	6	25
0.80	2	2*	6	20

ตารางที่ 4.5.13 ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงไคกำลังสอง โดยที่ $\alpha_3 = 0.8165$, $\alpha_4 = 4.0$ และ df = 12 จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	2	3	22	51
0.98	2	2*	22	49
0.97	2	2*	19	48
0.95	2	2*	14	40
0.90	2	2*	8	29
0.85	2	2*	6	26
0.80	2	2*	6	20

<u>ตารางที่ 4.5.14</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงไคกำลังสอง โดยที่ $\alpha_3 = 0.8528$, $\alpha_4 = 4.0909$ และ df = 11 จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	3	4	29	57
0.98	2	3	22	52
0.97	2	2*	22	52
0.95	2	2*	17	40
0.90	2	2*	14	31
0.85	2	2*	11	26
0.80	2	2*	9	20

<u>ตารางที่ 4.5.15</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงไคกำลังสอง โดยที่ $\alpha_3 = 0.9428$, $\alpha_4 = 4.3333$ และ df = 9 จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	3	4	37	68
0.98	2	3	32	60
0.97	2	2*	29	56
0.95	2	2*	22	45
0.90	2	2*	14	31
0.85	2	2*	11	26
0.80	2	2*	9	20

<u>ตารางที่ 4.5.16</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงไคกำลังสอง โดยที่ $\alpha_3 = 1.0$, $\alpha_4 = 4.5$ และ df = 8 จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	3	5	37	69
0.98	3	3*	32	63
0.97	2	3	32	62
0.95	2	2*	25	46
0.90	2	2*	15	34
0.85	2	2*	11	25
0.80	2	2*	9	22

<u>ตารางที่ 4.5.17</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงไคกำลังสอง โดยที่ $\alpha_3 = 1.069$, $\alpha_4 = 4.7143$ และ df = 7 จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	4	5	39	74
0.98	3	3*	37	67
0.97	3	3*	37	64
0.95	2	2*	32	63
0.90	2	2*	15	36
0.85	2	2*	13	26
0.80	2	2*	10	26

ตารางที่ 4.5.18 ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงไคกำลังสอง โดยที่ $\alpha_3 = 1.1547$, $\alpha_4 = 5.0$ และ df = 6 จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	4	5	46	75
0.98	3	3*	45	75
0.97	3	3*	41	64
0.95	2	2*	33	64
0.90	2	2*	18	41
0.85	2	2*	16	30
0.80	2	2*	14	28

ตารางที่ 4.5.19 ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงไคกำลังสอง โดยที่ $\alpha_3 = 1.2649$, $\alpha_4 = 5.4$ และ df = 5 จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	5	6	51	77
0.98	4	5	50	75
0.97	3	3*	46	74
0.95	2	2*	39	71
0.90	2	2*	17	41
0.85	2	2*	16	36
0.80	2	2*	14	30

<u>ตารางที่ 4.5.20</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงไคกำลังสอง โดยที่ $\alpha_3 = 1.4142$, $\alpha_4 = 6.0$ และ df = 4 จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	5	10	64	85
0.98	4	6	62	81
0.97	3	3*	52	81
0.95	2	2*	50	81
0.90	2	2*	31	54
0.85	2	2*	22	34
0.80	2	2*	19	34

<u>ตารางที่ 4.5.21</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงไคกำลังสอง โดยที่ $\alpha_3 = 1.633$, $\alpha_4 = 7.0$ และ df = 3 จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	5	10	85	96
0.98	4	6	73	85
0.97	3	3*	67	85
0.95	2	2*	59	82
0.90	2	2*	34	60
0.85	2	2*	27	53
0.80	2	2*	26	42

ตารางที่ 4.5.22 ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงไคกำลังสอง โดยที่ $\alpha_3 = 2.0$, $\alpha_4 = 9.0$ และ df = 2 จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1-α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	6	15	128	151
0.98	5	9	125	136
0.97	3	7	114	125
0.95	2	3	99	119
0.90	2	2*	47	90
0.85	2	2*	41	68
0.80	2	2*	38	44

สรุปผลการศึกษาเมื่อประชากรมีการแจกแจงไคกำลังสอง

1. กรณีทราบค่าความแปรปรวนประชากร เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้มีค่าไม่เกิน 0.5 จะส่งผลให้การประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงจะสามารถใช้ตัวสถิติ T หรือตัวสถิติ Z ได้สำหรับขนาดตัวอย่าง $n \geq 2$ ในกรณีนี้การประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z เหมาะสมกว่าตัวสถิติ T ในทุกขนาดตัวอย่าง เนื่องจากตัวสถิติ Z ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยกว่า แต่เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้มากกว่า 0.5 จะส่งผลให้การประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงจะสามารถใช้ตัวสถิติ T ได้สำหรับขนาดตัวอย่าง $n \geq 2$ หรือในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงจะสามารถใช้ตัวสถิติ Z ได้สำหรับขนาดตัวอย่าง $n \geq 3$ แต่เมื่อค่าความเบ้มีค่ามากขึ้นจะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างมีค่ามากขึ้น สำหรับระดับความเชื่อมั่นเมื่อมีค่าลดลงจะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างมีค่าน้อยลง สามารถพิจารณาได้จากตารางข้างต้น

2. กรณีไม่ทราบค่าความแปรปรวนประชากร ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงจะสามารถใช้ตัวสถิติ T ได้สำหรับขนาดตัวอย่าง $n \geq 5$ หรือในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงจะสามารถใช้ตัวสถิติ Z ได้สำหรับขนาดตัวอย่าง $n \geq 33$ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% เมื่อค่าความเบ้อยู่ในช่วง 0.25 – 0.35 และค่าความโด่งอยู่ในช่วง 3.09 – 3.18 แต่เมื่อค่าความเบ้และค่าความโด่งมีค่ามากขึ้นจะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างมีค่ามากขึ้น สำหรับระดับความเชื่อมั่นเมื่อมีค่าลดลงจะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างมีค่าน้อยลง สามารถพิจารณาได้จากตารางข้างต้น

3. เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้มีค่าเพิ่มมากขึ้น จะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติทั้งสองมีขนาดใหญ่ขึ้น

4. เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าน้อยลงหรือค่าระดับนัยสำคัญมีค่ามากขึ้น จะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติทั้งสองมีขนาดเล็กลง

5. ค่าพารามิเตอร์ v ของการแจกแจงไคกำลังสอง เมื่อมีค่าน้อยลงจะส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ของประชากรเพิ่มขึ้น จึงสามารถกล่าวได้ว่า ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติทั้งสองจะมีขนาดใหญ่ขึ้นเช่นกัน

4.6 ขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T เมื่อประชากรมีการแจกแจงแลมดาของตูกีร์

การศึกษาในกรณีนี้ คือ การหาขนาดตัวอย่าง n ที่สุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแลมดาของตูกีร์ ซึ่งผู้วิจัยศึกษากรณีที่ค่าเฉลี่ยประชากร เท่ากับ 100 และค่าความแปรปรวนประชากรเท่ากับ 100 และผู้วิจัยได้ทำการศึกษาในกรณีที่ค่าเฉลี่ยประชากรและค่าความแปรปรวนประชากรเปลี่ยนแปลงในบางกรณีเท่านั้น (การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนมีกรณีใดบ้างสามารถดูได้ในขอบเขตการวิจัย ในบทที่ 1) จากการศึกษาได้ว่า ขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติทั้งสองในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและไม่ทราบความแปรปรวนประชากรไม่เปลี่ยนแปลง (ผลการศึกษาอยู่ในภาคผนวก ก) สำหรับค่าพารามิเตอร์ $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ และ λ_4 ของการแจกแจงจะหาได้จากค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้และค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งที่กำหนด สำหรับค่าขนาดตัวอย่างที่แสดงในตารางจะเป็นค่าที่น้อยที่สุดในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง

แสดงผลการศึกษากรณี $\mu = 100$ และ $\sigma^2 = 100$ โดยสรุปผลแยกเป็น 2 กรณีดังนี้

1. กรณีทราบค่าความแปรปรวนประชากร สรุปได้ดังตารางที่ 4.6.1.1 – 4.6.1.5
2. กรณีไม่ทราบค่าความแปรปรวนประชากร สรุปผลได้ดังตารางที่ 4.6.2.1 – 4.6.2.7

แสดงผลการศึกษากรณีที่ค่าพารามิเตอร์ μ และ σ^2 เปลี่ยนแปลงไปในภาคผนวก ก ตารางที่ ก10 - ก15

<u>หมายเหตุ</u>

ตารางแสดงผลที่ไม่มีค่าของขนาดตัวอย่างหรือที่เว้นว่างไว้ หมายความว่า ที่ระดับความเบ้และความโด่งนั้น ไม่ได้นำมาศึกษาในการวิจัยครั้งนี้

ตารางที่ 4.6.1.1 ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงแลมดาของตูกีร์ โดยที่ $\mu = 100$, $\sigma^2 = 100$ และ $1-\alpha = 0.99$ จำแนกตามค่า $\alpha_3 = 0.0 - 2.0$ และ $\alpha_4 = 2.0 - 15.0$

	α_3																			
α_4	0.0 – 0.1		0.2		0.3 – 0.4		0.5		0.6		0.7		0.8		0.9		1.0		1.1	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z
2.0	2	2*	4	6	6	7														
3.0	2	2*	3	5	5	7	6	9	6	9	7	11	7	11						
4.0	2	2*	2	3	4	5	6	7	6	9	6	9	6	11	7	11	7	11	8	12
5.0	2	2*	2	2*	3	5	5	7	5	9	5	9	5	9	7	11	7	11	7	12
6.0	2	2*	2	2*	3	4	4	5	5	7	5	9	5	9	6	10	7	11	7	11
7.0	2	2*	2	2*	2	3	4	5	5	7	5	7	5	7	5	9	6	10	7	11
8.0	2	2*	2	2*	2	3	3	4	5	7	5	7	5	7	5	9	6	10	7	11
9.0	2	2*	2	2*	2	2*	2	3	4	5	5	7	5	7	5	7	5	9	6	10
10.0													5	7	5	7	5	9	6	10
11.0																			5	9

ตารางที่ 4.6.1.1 (ต่อ)

α_4	α_3															
	1.2		1.3		1.4		1.5		1.6		1.7		1.8		1.9 – 2.0	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z
5.0	8	12	9	14	9	14										
6.0	8	12	8	12	9	14	9	14	11	15						
7.0	8	12	8	12	8	12	9	14	10	14	12	15				
8.0	7	11	8	12	8	12	9	14	9	14	11	14	12	15	12	15
9.0	7	11	8	12	8	12	8	12	9	14	11	14	11	15	12	15
10.0	7	11	7	11	8	12	8	12	8	13	10	14	11	15	12	15
11.0	6	10	7	11	8	12	8	12	8	13	10	14	10	14	12	15
12.0					7	11	8	12	8	13	8	13	10	14	12	15
13.0									8	12	8	13	10	14	11	15
14.0													10	14	11	14
15.0															11	14

ตารางที่ 4.6.1.2 ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงแลมดาของตูกีร์ โดยที่ $\mu = 100$, $\sigma^2 = 100$ และ $1-\alpha = 0.98$ จำแนกตามค่า $\alpha_3 = 0.0 - 2.0$ และ $\alpha_4 = 2.0 - 15.0$

	α_3																			
α_4	0.0 – 0.1		0.2		0.3		0.4		0.5 – 0.6		0.7		0.8		0.9		1.0		1.1	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z
2.0	2	2*	3	4	3	4														
3.0	2	2*	2	3	2	3	3	4	4	5	4	6	4	6						
4.0	2	2*	2	2*	2	3	3	4	3	5	4	5	4	6	4	6	4	6	4	6
5.0	2	2*	2	2*	2	3	3	3*	3	4	3	5	3	5	4	6	4	6	4	6
6.0	2	2*	2	2*	2	2*	2	3	3	4	3	4	3	5	4	6	4	6	4	6
7.0	2	2*	2	2*	2	2*	2	2*	2	3	3	4	3	4	3	5	3	5	4	6
8.0	2	2*	2	2*	2	2*	2	2*	2	3	3	3*	3	4	3	5	3	5	3	5
9.0	2	2*	2	2*	2	2*	2	2*	2	3	2	3	2	4	3	4	3	5	3	5
10.0													2	4	3	4	3	4	3	4
11.0																			3	4

ตารางที่ 4.6.1.2 (ต่อ)

α_4	α_3 = 1.2		1.3		1.4		1.5		1.6		1.7		1.8		1.9		2.0	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z
5.0	5	7	5	7	5	7												
6.0	4	6	5	6	5	7	5	7	5	9								
7.0	4	6	4	6	4	6	4	7	4	7	5	9						
8.0	4	6	4	6	4	6	4	7	4	7	4	7	5	9	5	9		
9.0	4	6	4	6	4	6	4	6	4	7	4	7	4	9	5	9	6	12
10.0	4	5	4	6	4	6	4	6	4	6	4	7	4	9	4	9	6	12
11.0	3	5	3	5	3	6	3	6	3	6	3	6	4	7	4	9	6	10
12.0					3	5	3	5	3	6	3	6	3	7	4	9	5	9
13.0									3	6	3	6	3	6	3	9	5	9
14.0													3	6	3	7	4	9
15.0															3	7	3	9

ตารางที่ 4.6.1.3 ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงแลมดาของตูกีร์ โดยที่ $\mu = 100$, $\sigma^2 = 100$ และ $1\text{-}\alpha = 0.97$ จำแนกตามค่า $\alpha_3 = 0.0 - 2.0$ และ $\alpha_4 = 2.0 - 15.0$

	α_3																			
α_4	0.0 – 0.1		0.2		0.3		0.4		0.5		0.6		0.7		0.8		0.9		1.0 – 1.1	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z
2.0	2	2*	3	4	3	4														
3.0	2	2*	2	3	2	3	3	4	3	4	3	4	3	4	3	5				
4.0	2	2*	2	2*	2	3	3	3*	3	4	3	4	3	4	3	4	3	5	4	5
5.0	2	2*	2	2*	2	3	2	3	3	3*	3	4	3	4	3	4	3	4	3	5
6.0	2	2*	2	2*	2	2*	2	3	2	3	3	3*	3	4	3	4	3	4	3	4
7.0	2	2*	2	2*	2	2*	2	2*	2	3	2	3	3	4	3	4	3	4	3	4
8.0	2	2*	2	2*	2	2*	2	2*	2	2*	2	3	2	3	3	4	3	4	3	4
9.0	2	2*	2	2*	2	2*	2	2*	2	2*	2	2	2	3	2	4	3	4	3	4
10.0															2	4	3	4	3	4
11.0																			3	4

ตารางที่ 4.6.1.3 (ต่อ)

α_4	α_3																	
	1.2		1.3		1.4		1.5		1.6		1.7		1.8		1.9		2.0	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z
5.0	4	6	4	6	4	6												
6.0	3	5	4	6	4	6	4	6	4	7								
7.0	3	5	3	5	4	6	4	6	4	6	4	7						
8.0	3	5	3	5	4	5	4	6	4	6	4	7	5	9	5	9		
9.0	3	4	3	5	3	5	4	5	4	6	4	7	4	9	5	9	6	9
10.0	3	4	3	4	3	5	3	5	4	5	4	6	4	7	4	9	5	9
11.0	3	4	3	4	3	5	3	5	3	5	3	6	4	7	4	9	5	9
12.0					3	5	3	5	3	5	3	6	3	7	4	9	5	9
13.0									3	5	3	6	3	6	3	7	4	9
14.0													3	6	3	7	4	9
15.0															3	6	4	9

ตารางที่ 4.6.1.4 ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงแลมดาของตูกีร์ โดยที่ $\mu = 100$, $\sigma^2 = 100$ และ $1-\alpha = 0.95$ จำแนกตามค่า $\alpha_3 = 0.0 - 2.0$ และ $\alpha_4 = 2.0 - 15.0$

	α_3																			
α_4	0.0 – 0.9		1.0 – 1.1		1.2 – 1.3		1.4		1.5		1.6		1.7		1.8		1.9		2.0	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z
2 - 3	2	2*																		
4.0	2	2*	2	3																
5.0	2	2*	2	3	2	3	3	4												
6.0	2	2*	2	2*	2	3	2	4	3	4	3	4								
7.0	2	2*	2	2*	2	3	2	3	2	3	3	4	3	4						
8.0	2	2*	2	2*	2	3	2	3	2	3	3	4	3	4	4	6	4	6		
9.0	2	2*	2	2*	2	2*	2	3	2	3	2	4	3	4	3	6	4	6	4	7
10.0	2	2*	2	2*	2	2*	2	3	2	3	2	3	3	4	3	4	4	6	4	7
11.0			2	2*	2	2*	2	2*	2	3	2	3	2	3	3	4	3	6	4	6
12.0							2	2*	2	2*	2	3	2	3	3	4	3	6	4	6
13.0											2	3	2	3	2	3	3	6	3	6
14.0															2	3	3	4	3	6
15.0																	2	4	3	6

ตารางที่ 4.6.1.5 ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงแลมดาของตูกีร์ โดยที่ μ = 100 และ σ^2 = 100 จำแนกตามค่า 1-α = 0.90 , 0.85 , 0.80 , α_3 = 0.0 – 2.0 และ α_4 = 2.0 – 15.0

	1-α = 0.90		1-α = 0.85		1-α = 0.80	
α_3	0.0 – 2.0		0.0 – 2.0		0.0 – 2.0	
α_4	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z
2.0	2	2*	2	2*	2	2*
3.0	2	2*	2	2*	2	2*
4.0	2	2*	2	2*	2	2*
5.0	2	2*	2	2*	2	2*
6.0	2	2*	2	2*	2	2*
7.0	2	2*	2	2*	2	2*
8.0	2	2*	2	2*	2	2*
9.0	2	2*	2	2*	2	2*
10.0	2	2*	2	2*	2	2*
11.0	2	2*	2	2*	2	2*
12.0	2	2*	2	2*	2	2*
13.0	2	2*	2	2*	2	2*
14.0	2	2*	2	2*	2	2*
15.0	2	2*	2	2*	2	2*

<u>ตารางที่ 4.6.2.1</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงแลมดาของตูกีร์ โดยที่ $\mu = 100$, $\sigma^2 = 100$ และ $1\text{-}\alpha = 0.99$ จำแนกตามค่า $\alpha_3 = 0.0 - 2.0$ และ $\alpha_4 = 2.0 - 15.0$

	α_3																			
α_4	0.0		0.1		0.2		0.3		0.4		0.5		0.6		0.7		0.8		0.9	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z
2.0	19	33	19	33	19	33	20	33												
3.0	2	33	10	33	13	33	19	33	20	36	27	44	27	49	32	62	32	67		
4.0	2	33	6	33	10	33	13	33	19	33	21	36	27	44	27	44	32	61	33	67
5.0	2	32	4	33	6	33	13	33	19	33	20	33	20	33	27	44	27	44	33	67
6.0	2	32	2	32	4	32	10	32	13	32	19	33	20	33	20	33	27	43	32	61
7.0	2	32	2	32	2	32	6	32	10	32	19	33	19	33	20	33	20	33	27	43
8.0	2	32	2	32	2	32	6	32	10	32	13	32	19	33	19	33	20	33	21	36
9.0	2	32	2	32	2	32	4	32	6	32	13	32	14	32	19	33	20	33	20	33
10.0																	20	33	20	33

ตารางที่ 4.6.2.1 (ต่อ)

	α_3																					
α_4	1.0		1.1		1.2		1.3		1.4		1.5		1.6		1.7		1.8		1.9		2.0	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z
4.0	42	75	54	85																		
5.0	33	67	54	85	54	85	91	114	91	114												
6.0	32	61	42	75	54	85	54	85	91	114	91	114	107	150								
7.0	32	61	33	67	54	85	54	82	54	85	91	114	91	114	107	150						
8.0	27	43	33	67	33	67	42	75	54	85	91	114	91	114	91	114	107	150	121	182		
9.0	21	36	32	61	33	67	42	75	54	82	54	85	91	114	91	114	107	150	121	182	121	182
10.0	21	36	21	36	33	67	33	67	42	75	54	85	63	95	91	114	107	150	121	182	121	182
11.0			21	36	27	43	33	67	42	75	54	85	63	95	91	114	91	114	121	182	121	182
12.0									42	75	54	82	63	95	63	95	91	114	107	150	121	182
13.0													54	85	63	95	91	114	107	150	115	179
14.0																	91	114	91	114	107	169
15.0																			91	114	107	169

<u>ตารางที่ 4.6.2.2.</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงแลมดาของตูกีร์ โดยที่ μ = 100 , σ^2 = 100 และ 1-α = 0.98 จำแนกตามค่า α_3 = 0.0 – 2.0 และ α_4 = 2.0 – 15.0

	α_3																			
α_4	0.0		0.1		0.2		0.3		0.4		0.5		0.6		0.7		0.8		0.9	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z
2.0	17	33	17	33	17	33	17	33												
3.0	2	33	7	33	11	33	11	33	17	33	19	33	19	33	31	53	31	53		
4.0	2	33	5	33	7	33	11	33	11	33	19	33	19	33	27	44	31	53	31	53
5.0	2	33	2	33	5	33	11	33	11	33	17	33	17	33	27	44	27	44	31	53
6.0	2	31	2	31	2	31	7	31	7	31	17	33	17	33	19	33	27	44	31	53
7.0	2	31	2	31	2	31	5	31	7	31	11	33	11	33	19	33	19	33	27	44
8.0	2	31	2	31	2	31	5	31	5	31	7	31	11	33	17	33	19	33	19	33
9.0	2	31	2	31	2	31	2	31	2	31	7	31	7	31	17	33	19	33	19	33
10.0																	19	33	19	33

ตารางที่ 4.6.2.2 (ต่อ)

α_4	α_3 = 1.0		1.1		1.2		1.3		1.4		1.5		1.6		1.7		1.8		1.9		2.0	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z
4.0	33	64	41	85																		
5.0	31	53	41	83	41	85	74	96	74	96												
6.0	31	53	35	75	35	76	35	76	74	96	74	96	96	150								
7.0	31	53	32	61	35	76	35	76	41	85	74	96	74	96	96	150						
8.0	27	44	27	44	32	62	35	76	41	85	74	96	74	96	74	96	96	150	96	152		
9.0	19	33	27	44	31	53	32	62	35	85	41	85	74	96	74	96	96	150	96	152	109	176
10.0	19	33	19	33	31	53	32	62	35	76	41	85	69	92	74	96	96	150	96	152	109	176
11.0			19	33	27	44	32	62	35	76	41	85	69	92	69	92	74	96	96	150	109	176
12.0									32	61	35	76	69	92	69	92	69	92	96	150	96	150
13.0													41	85	69	92	69	92	96	150	96	150
14.0																	69	92	74	96	96	150
15.0																			74	96	96	150

ตารางที่ 4.6.2.3 ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงแลมดาของตูกีร์ โดยที่ $\mu = 100$, $\sigma^2 = 100$ และ 1-α = 0.97 จำแนกตามค่า $\alpha_3 = 0.0 – 2.0$ และ $\alpha_4 = 2.0 – 15.0$

	α_3																			
α_4	0.0		0.1		0.2		0.3		0.4		0.5		0.6		0.7		0.8		0.9	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z
2.0	14	33	14	33	14	33	17	33												
3.0	2	33	7	33	14	33	17	33	17	33	19	33	19	33	30	49	30	53		
4.0	2	33	5	33	14	33	14	33	14	33	17	33	19	33	25	44	30	53	30	53
5.0	2	33	2	33	7	33	14	33	14	33	15	33	15	33	25	44	26	44	26	44
6.0	2	30	2	30	7	30	7	30	14	30	14	33	15	33	19	33	19	33	26	44
7.0	2	30	2	30	5	30	7	30	7	30	14	30	15	33	19	33	19	33	19	33
8.0	2	30	2	30	2	30	5	30	7	30	7	30	14	30	15	33	15	33	19	33
9.0	2	30	2	30	2	30	2	30	5	30	7	30	7	30	15	33	15	33	15	33
10.0																	14	33	15	33

ตารางที่ 4.6.2.3 (ต่อ)

α_4	α_3 = 1.0		1.1		1.2		1.3		1.4		1.5		1.6		1.7		1.8		1.9		2.0	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z
4.0	30	53	31	85																		
5.0	30	53	30	53	46	91	46	91	48	94												
6.0	29	53	29	53	31	85	46	91	46	91	48	94	54	107								
7.0	26	44	29	53	30	53	46	91	46	91	48	94	48	94	87	118						
8.0	26	44	29	53	30	53	33	85	39	87	48	94	48	94	54	107	96	118	96	118		
9.0	25	44	26	44	29	53	30	53	33	87	39	87	48	94	54	107	87	118	96	118	96	118
10.0	18	33	26	44	29	53	30	53	30	53	33	85	39	87	48	94	87	118	96	118	96	118
11.0			26	44	29	44	29	53	30	53	33	85	39	87	48	94	87	118	96	118	96	118
12.0									30	53	30	53	39	87	48	94	54	106	96	118	96	118
13.0													33	53	48	94	48	94	59	107	96	118
14.0																	48	94	59	107	96	118
15.0																			48	94	96	118

ตารางที่ 4.6.2.4 ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงแลมดาของตูกีร์ โดยที่ $\mu = 100$, $\sigma^2 = 100$ และ 1-α = 0.95 จำแนกตามค่า $\alpha_3 =$ 0.0 – 2.0 และ $\alpha_4 = 2.0 – 15.0$

	α_3																			
α_4	0.0		0.1		0.2		0.3		0.4		0.5		0.6		0.7		0.8		0.9	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z
2.0	15	30	15	32	15	32	15	31												
3.0	2	30	6	31	11	31	15	31	15	31	17	31	17	31	18	31	23	41		
4.0	2	30	4	30	11	30	15	30	15	31	15	31	17	31	18	31	23	41	23	41
5.0	2	30	2	30	11	30	11	30	15	30	15	30	17	31	18	31	23	41	22	38
6.0	2	30	2	30	6	30	6	30	11	30	11	30	15	30	17	31	19	33	21	38
7.0	2	23	2	23	4	30	6	30	6	30	11	30	15	30	15	30	15	30	19	33
8.0	2	23	2	23	2	23	4	23	6	30	7	30	11	30	15	30	15	30	15	30
9.0	2	23	2	23	2	23	2	23	4	23	6	23	7	23	11	30	15	30	15	30
10.0																	11	30	15	30

ตารางที่ 4.6.2.4 (ต่อ)

α_4	α_3																					
	1.0		1.1		1.2		1.3		1.4		1.5		1.6		1.7		1.8		1.9		2.0	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z
4.0	30	46	30	49																		
5.0	29	41	30	49	31	53	31	53	39	85												
6.0	23	41	23	41	30	46	31	53	39	85	39	85	43	95								
7.0	19	33	23	41	30	46	31	53	31	53	31	53	39	85	43	95						
8.0	19	33	21	33	26	43	31	53	31	53	31	53	39	85	43	95	83	106	85	118		
9.0	19	33	21	33	23	33	26	43	31	53	31	53	39	85	43	95	83	106	85	118	94	118
10.0	17	30	21	33	23	33	23	41	26	43	30	53	31	53	39	85	83	95	85	118	94	118
11.0			21	33	23	33	23	41	26	43	30	53	31	53	31	53	43	95	83	106	94	106
12.0									23	41	26	43	31	53	31	53	43	85	83	94	85	101
13.0													30	46	31	53	31	53	83	94	83	94
14.0																	31	53	43	85	83	94
15.0																			43	85	83	94

ตารางที่ 4.6.2.5 ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงแลมดาของตูกีร์ โดยที่ $\mu = 100$, $\sigma^2 = 100$ และ $1-\alpha = 0.90$ จำแนกตามค่า $\alpha_3 = 0.0 - 2.0$ และ $\alpha_4 = 2.0 - 15.0$

	α_3																			
α_4	0.0		0.1		0.2		0.3		0.4		0.5		0.6		0.7		0.8		0.9	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z
2.0	5	23	6	23	10	26	10	26												
3.0	2	23	2	23	6	26	6	26	10	26	13	31	15	31	17	31	17	31		
4.0	2	23	2	23	2	23	4	26	6	26	13	31	15	31	17	31	17	31	21	34
5.0	2	23	2	23	2	23	2	23	4	26	13	31	15	31	17	31	17	31	21	34
6.0	2	23	2	23	2	23	2	23	2	23	10	31	15	31	15	31	17	31	21	34
7.0	2	23	2	23	2	23	2	23	2	23	6	23	15	31	15	31	17	31	19	33
8.0	2	23	2	23	2	23	2	23	2	23	4	23	13	31	15	31	17	31	19	33
9.0	2	23	2	23	2	23	2	23	2	23	4	23	13	31	15	31	17	31	19	33
10.0																	17	31	17	31

ตารางที่ 4.6.2.5 (ต่อ)

α_4	α_3 = 1.0		1.1		1.2		1.3		1.4		1.5		1.6		1.7		1.8		1.9		2.0	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z
4.0	23	37	23	41																		
5.0	23	37	23	41	26	41	26	41	29	41												
6.0	21	34	23	35	26	41	26	41	28	41	31	43	31	43								
7.0	21	34	22	34	23	35	26	41	28	41	28	43	31	43	31	43						
8.0	21	34	21	34	23	35	23	39	26	41	28	43	31	43	31	43	35	85	35	86		
9.0	19	33	21	34	23	35	23	35	26	41	28	43	28	43	31	43	34	43	35	86	43	86
10.0	19	33	21	33	23	35	23	35	23	35	26	41	28	43	28	43	34	43	35	86	43	86
11.0			19	33	23	33	23	35	23	35	26	41	26	41	28	43	32	43	31	85	43	86
12.0									23	35	23	35	26	41	26	41	28	43	31	85	35	86
13.0													23	35	26	41	28	43	31	43	35	86
14.0																	28	43	31	43	31	43
15.0																			31	43	31	43

<u>ตารางที่ 4.6.2.6</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงแลมดาของตูกีร์ โดยที่ $\mu = 100$, $\sigma^2 = 100$ และ 1-α = 0.85 จำแนกตามค่า α_3 = 0.0 – 2.0 และ α_4 = 2.0 – 15.0

	α_3																			
α_4	0.0 – 0.3		0.4		0.5		0.6		0.7		0.8		0.7		1.0		1.1		1.2	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z
2.0	5	23																		
3.0	2	23	2	26	6	26	8	26	13	26	15	31								
4.0	2	23	2	26	3	26	6	26	8	26	15	31	15	31	15	31	15	31		
5.0	2	23	2	26	2	26	4	26	6	26	15	31	15	31	15	31	15	31	23	34
6.0	2	23	2	23	2	26	2	26	4	26	11	31	15	31	15	31	15	31	23	34
7.0	2	23	2	23	2	23	2	26	4	26	9	29	11	29	15	31	15	31	15	31
8.0	2	23	2	23	2	23	2	26	2	26	9	29	11	29	13	31	15	31	15	31
9.0	2	23	2	23	2	23	2	26	2	26	9	29	11	29	13	31	15	31	15	31
10.0											8	26	9	29	13	31	15	31	15	31
11.0																	15	31	15	31

ตารางที่ 4.6.2.6 (ต่อ)

α_4	α_3															
	1.3		1.4		1.5		1.6		1.7		1.8		1.9		2.0	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z
5.0	23	39	23	39												
6.0	23	34	23	39	25	43	26	43								
7.0	17	34	17	34	23	39	26	43	26	43						
8.0	15	31	17	34	23	39	26	43	26	43	26	43	26	43		
9.0	15	31	17	34	23	37	23	43	26	43	26	43	26	43	29	43
10.0	15	31	15	31	20	37	23	39	23	43	26	43	26	43	29	43
11.0	15	31	15	31	20	37	20	37	23	43	23	43	26	43	29	43
12.0			15	31	17	34	20	37	22	39	23	43	26	43	26	43
13.0							20	37	22	39	23	43	23	43	26	43
14.0											22	39	23	43	26	43
15.0													23	43	26	43

<u>ตารางที่ 4.6.2.7</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงแลมดาของตูกีร์ โดยที่ $\mu = 100$, $\sigma^2 = 100$ และ $1\text{-}\alpha = 0.80$ จำแนกตามค่า $\alpha_3 = 0.0 – 2.0$ และ $\alpha_4 = 2.0 – 15.0$

α_4	α_3																			
	0.0 – 0.4		0.5		0.6 – 0.7		0.8		0.9		1.0		1.1		1.2		1.3		1.4	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z
2.0	4	23																		
3.0	2	23	3	23	8	23	8	26												
4.0	2	23	2	23	6	23	8	26	9	26	15	26	15	26						
5.0	2	23	2	23	4	23	6	26	9	26	15	26	15	26	15	29	15	29	15	29
6.0	2	23	2	23	2	23	4	26	8	26	8	26	8	26	15	29	15	29	15	29
7.0	2	23	2	23	2	23	4	26	6	26	6	26	8	26	11	29	15	29	15	29
8.0	2	23	2	23	2	23	2	26	4	26	4	26	6	26	8	29	11	29	15	29
9.0	2	23	2	23	2	23	2	26	4	26	4	26	4	26	8	29	11	29	11	29
10.0							2	26	2	26	2	26	4	26	6	29	8	29	11	29
11.0													4	26	6	26	8	29	10	29
12.0																			10	29

ตารางที่ 4.6.2.7 (ต่อ)

	α_3											
α_4	1.5		1.6		1.7		1.8		1.9		2.0	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z
6.0	19	29	19	29								
7.0	15	29	19	29	19	29						
8.0	15	29	15	29	19	29	25	29	26	37		
9.0	15	29	15	29	19	29	25	29	26	37	26	37
10.0	11	29	15	29	19	29	25	29	26	29	26	37
11.0	11	29	15	29	15	29	19	29	25	29	26	37
12.0	11	29	15	29	15	29	19	29	25	29	25	29
13.0			15	29	15	29	19	29	25	29	25	29
14.0							19	29	19	29	25	29
15.0									19	29	25	29

สรุปผลการศึกษากรณี $\mu = 100$ และ $\sigma^2 = 100$ เมื่อประชากรมีการแจกแจงแลมดาของตูกีร์

1. กรณีทราบค่าความแปรปรวนประชากร ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% - 99% สัมประสิทธิ์ความเบ้มีค่าอยู่ในช่วง 0.0 – 0.1 ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงจะสามารถใช้ตัวสถิติ T หรือตัวสถิติ Z ได้สำหรับขนาดตัวอย่าง $n \geq 2$ แต่เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง และระดับความเชื่อมั่นเปลี่ยนแปลง จะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดเปลี่ยนแปลงเช่นกัน แต่สำหรับระดับความเชื่อมั่นน้อยกว่า 90% ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงจะสามารถใช้ตัวสถิติ T หรือตัวสถิติ Z ได้สำหรับขนาดตัวอย่าง $n \geq 2$ ในทุกระดับความเบ้และทุกระดับความโด่ง สำหรับกรณีนี้การประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z เหมาะสมกว่าตัวสถิติ T ในทุกขนาดตัวอย่าง เนื่องจากตัวสถิติ Z ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยกว่า สามารถพิจารณาได้จากตารางข้างต้น

2. กรณีไม่ทราบค่าความแปรปรวนประชากร ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงจะสามารถใช้ตัวสถิติ T ได้สำหรับขนาดตัวอย่าง $n \geq 2$ หรือในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงจะสามารถใช้ตัวสถิติ Z ได้สำหรับขนาดตัวอย่าง $n \geq 32$ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ค่าความเบ้เท่ากับ 0.0 และค่าความโด่งเท่ากับ 9.0 แต่เมื่อค่าความเบ้มีค่ามากขึ้นจะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างมีค่ามากขึ้น แต่สำหรับค่าความโด่งเมื่อมีค่ามากขึ้นส่งผลให้ขนาดตัวอย่างมีค่าน้อยลง สำหรับระดับความเชื่อมั่นเมื่อมีค่าลดลงจะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างมีค่าน้อยลง สามารถพิจารณาได้จากตารางข้างต้น

3. เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้มีค่าเพิ่มมากขึ้น จะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติทั้งสองมีขนาดใหญ่ขึ้น

4. เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งมีค่าเพิ่มมากขึ้น จะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติทั้งสองมีขนาดเล็กลง

5. เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าน้อยลงหรือค่าระดับนัยสำคัญมีค่ามากขึ้น จะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติทั้งสองมีขนาดเล็กลง

6. เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ μ และค่าพารามิเตอร์ σ^2 พบว่า ผลการศึกษาที่ได้ไม่เปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ไม่ส่งผลต่อขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติทั้งสอง (สามารถเปรียบเทียบผลการศึกษาที่ได้ในภาคผนวก ก)

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ทั้งกรณีทราบค่าความแปรปรวนประชากรและไม่ทราบค่าความแปรปรวนประชากร โดยที่ผู้วิจัยทำการจำแนกประชากรเป็น 2 ลักษณะดังต่อไปนี้

1. ประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ
2. ประชากรที่มีการแจกแจงไม่ปกติ ซึ่งจำแนกเป็นการแจกแจงต่างๆ ดังนี้

   2.1 ประชากรที่มีลักษณะเบ้ขวา

   - การแจกแจงแลมดาของตูกีร์
   - การแจกแจงแกมมา
   - การแจกแจงเบตา
   - การแจกแจงไคกำลังสอง

   2.2 ประชากรที่มีลักษณะเบ้ซ้าย

   - การแจกแจงเบตา

   2.3 ประชากรที่มีลักษณะสมมาตรหางยาว

   - การแจกแจงที

สำหรับเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณา หาขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงที่สุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบต่างๆ จะพิจารณาขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่ได้จากการทดลองไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด และจะหาค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นเมื่อขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T เท่ากัน ในสถานการณ์เดียวกัน เพื่อหาข้อสรุปว่าตัวสถิติใดมีความเหมาะสมมากกว่า

ในการดำเนินการวิจัยผู้วิจัยได้ใช้วิธีการจำลองมอนติคาร์โลและเขียนโปรแกรมภาษา ไมโครซอฟฟอร์แทรนเพาวเวอร์สเตชั่น 4.0 และทำการจำลองซ้ำ 5,000 รอบ ในแต่ละสถานการณ์

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในการศึกษาหาขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ทั้งกรณีทราบค่าความแปรปรวนประชากรและไม่ทราบค่าความแปรปรวนประชากร ได้สรุปผลจำแนกตามการแจกแจงของประชากร ค่าความเบ้ ค่าความโด่ง และค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่ระดับ 0.80, 0.85, 0.90, 0.95, 0.97, 0.98 และ 0.99 ไว้แล้วในบทที่ 4

สำหรับในส่วนนี้ผู้วิจัยจะขอสรุปผลโดยรวมของประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงแบบต่างๆ ซึ่งสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. จากการศึกษาได้ว่า ขนาดตัวอย่างที่สามารถประมาณค่าแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ได้เมื่อทราบค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ของประชากรหรือทราบค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเบ้มีค่าดังตาราง

ค่า สัมประสิทธิ์ความเบ้	ขนาดตัวอย่างในการประมาณค่าแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ T	ขนาดตัวอย่างในการประมาณค่าแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z
0.0 – 0.2	2 – 32	33 ขึ้นไป
0.21 – 0.4	20 – 38	39 ขึ้นไป
0.41 – 0.6	27 – 55	56 ขึ้นไป
0.61 – 0.9	33 – 65	67 ขึ้นไป
0.91 – 1.0	42 – 106	107 ขึ้นไป
1.01 – 1.2	54 –114	115 ขึ้นไป
1.21 – 1.5	91 – 138	139 ขึ้นไป
1.51 – 1.8	107 – 149	150 ขึ้นไป
1.81 – 2.0	128- 243	244 ขึ้นไป

2. เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้มีค่าเพิ่มขึ้นโดยที่ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งคงที่ จะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงของตัวสถิติทั้งสองมีขนาดมากขึ้น หรือกล่าวได้ว่าขนาดตัวอย่างจะแปรผันตามกับค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ ในทางกลับกัน เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้มีค่าลดลงโดยที่ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งคงที่ จะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงของตัวสถิติทั้งสองมีขนาดเล็กลง

3. ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง ขึ้นอยู่กับการแจกแจงของประชากรด้วย โดยที่การแจกแจงบางชนิดเมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณค่าแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติทั้งสองเพิ่มขึ้น และการแจกแจงบางชนิดเมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณค่าแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติทั้งสองลดลงเช่นกัน

4. เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณค่าแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติทั้งสองเพิ่มขึ้น ในทางกลับกัน เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นลดลง จะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณค่าแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติทั้งสองลดลงเช่นกัน

5. ประชากรมีการแจกแจงปกติ และทราบค่าความแปรปรวนประชากร

จากการศึกษาได้ว่า ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงจะสามารถใช้ตัวสถิติ Z หรือตัวสถิติ T ได้สำหรับขนาดตัวอย่าง $n \geq 2$ ในทุกระดับความเชื่อมั่น อย่างไรก็ตามในกรณีนี้ตัวสถิติ Z จะมีความเหมาะสมกว่าตัวสถิติ T ในทุกขนาดตัวอย่าง เนื่องจากตัวสถิติ Z ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยกว่า

6. ประชากรมีการแจกแจงปกติ และไม่ทราบค่าความแปรปรวนประชากร

จากการศึกษาได้ว่า ที่ระดับความเชื่อมั่น 97% - 99% ขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 2 – 32 ควรใช้ตัวสถิติ T ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง และขนาดตัวอย่างมากกว่าหรือเท่ากับ 33 ควรใช้ตัวสถิติ Z ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง และที่ระดับความเชื่อมั่นน้อยกว่า 97% จะส่งผลให้ขนาดตัวอย่าง $n \geq 2$ ควรใช้ตัวสถิติ T แต่สำหรับตัวสถิติ Z ขนาดตัวอย่างจะมีค่าลดลงในช่วง 20–25 ตามระดับความเชื่อมั่นที่ลดลงในช่วง 80% - 97%

7. ประชากรมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ และทราบค่าความแปรปรวนประชากร

จากการศึกษาได้ว่า ระดับความเชื่อมั่น 80% - 90% และค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้อยู่ในช่วง 0.0 – 1.9 จะส่งผลให้สามารถใช้ตัวสถิติ Z หรือตัวสถิติ T ได้สำหรับขนาดตัวอย่าง $n \geq 2$ โดยในกรณีนี้ตัวสถิติ Z เหมาะสมกว่าตัวสถิติ T ในทุกขนาดตัวอย่าง เนื่องจากตัวสถิติ Z ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยกว่า แต่เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้มีค่ามากกว่า 1.9 จะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติทั้งสองมีค่ามากขึ้น

แต่ในกรณีที่ระดับความเชื่อมั่นมากกว่า 90% ส่งผลให้การประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ T สามารถกระทำได้กับตัวอย่างขนาดเล็กและตัวสถิติ Z สามารถกระทำได้กับตัวอย่างขนาดใหญ่ เช่น ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% และค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้อยู่ในช่วง 0.0 – 0.2 จะสามารถใช้ตัวสถิติ T ได้สำหรับขนาดตัวอย่าง $n \geq 4$ และในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงจะสามารถใช้ตัวสถิติ Z ได้สำหรับขนาดตัวอย่าง $n \geq 6$ แต่เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เปลี่ยนแปลงเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติทั้งสองจะต้องมีขนาดใหญ่ขึ้นเช่นกัน

8. ประชากรมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ และไม่ทราบค่าความแปรปรวนประชากร

จากการศึกษาได้ว่า การประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ T สามารถกระทำได้กับตัวอย่างขนาดเล็กและตัวสถิติ Z สามารถกระทำได้กับตัวอย่างขนาดใหญ่ เช่น ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% และค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้อยู่ในช่วง 0.0 – 0.2 จะสามารถใช้ตัวสถิติ T ได้สำหรับขนาดตัวอย่าง $n \geq 19$ และในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงจะสามารถใช้ตัวสถิติ Z ได้สำหรับขนาดตัวอย่าง $n \geq 33$ แต่เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เปลี่ยนแปลงโดยมีค่าเพิ่มมากขึ้น จะส่งผลให้ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติทั้งสองมีขนาดใหญ่ขึ้นเช่นกัน

9. เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ μ และค่าพารามิเตอร์ σ^2 พบว่าผลการศึกษาที่ได้ไม่เปลี่ยนแปลงไป ทั้งกรณีประชากรมีการแจกแจงแบบปกติและไม่ปกติ

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในส่วนนี้ผู้วิจัยจะขอนำเสนอข้อเสนอแนะ 2 ด้านคือ ด้านการนำไปใช้ประโยชน์ และด้านการศึกษาวิจัย

5.2.1 ด้านการนำไปใช้ประโยชน์

ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้ประโยชน์ สามารถใช้เป็นแนวทางในการเลือกใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงตามขนาดตัวอย่าง โดยงานวิจัยนี้จะช่วยในการตัดสินใจว่าใช้ตัวสถิติใดมีความเหมาะสม

การเสนอแนะด้านการนำไปใช้ประโยชน์ จะขอจำแนกเป็น 2 แบบดังนี้

5.2.1.1 ทราบค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ของประชากร

5.2.1.2 ไม่ทราบค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ของประชากร แต่ทราบค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเบ้

5.2.1.1 <u>ทราบค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ของประชากร</u>

ในกรณีทราบค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ประชากร จะพิจารณาร่วมกับค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นและค่าความแปรปรวนประชากร โดยในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้จำแนกค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นเป็น 7 ระดับ ซึ่งสามารถแสดงเป็นตารางโดยจำแนกตามค่าความแปรปรวนประชากรและค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นได้ดังนี้

<u>หมายเหตุ</u>

ช่องว่างในตาราง หมายถึง ที่ระดับความเบ้และขนาดตัวอย่างนั้นไม่สามารถใช้ตัวสถิติทั้งสองในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงได้ สำหรับผู้ที่สนใจ ผู้วิจัยแนะนำว่า สามารถใช้วิธีการทดสอบที่เรียกว่า การทดสอบที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ (Nonparametric) ซึ่งไม่ขึ้นอยู่กับรูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นและสามารถใช้ได้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดเล็ก

<u>กรณีทราบค่าความแปรปรวนประชากร</u>

<u>ตารางที่ 5.1</u> ตารางสรุปผลการเลือกใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงที่สัมประสิทธิ์ $1-\alpha$ = 0.80 , 0.85 และ 0.90 ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ โดยจำแนกตามค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้และขนาดตัวอย่าง (n)

n	สัมประสิทธิ์ความเบ้ 0.0 – 1.9			สัมประสิทธิ์ความเบ้ 2.0		
	สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น ($1-\alpha$)			สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น ($1-\alpha$)		
	0.80	0.85	0.90	0.80	0.85	0.90
2	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	
3 , 4	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T
≥5	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z

<u>ตารางที่ 5.2</u> ตารางสรุปผลการเลือกใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงที่สัมประสิทธิ์ $1-\alpha$ = 0.95 ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ โดยจำแนกตามค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้และขนาดตัวอย่าง (n)

n	สัมประสิทธิ์ความเบ้									
	0.0	0.01-0.7	0.71-0.9	0.91-1.1	1.11-1.3	1.31-1.5	1.51-1.7	1.71-1.8	1.81-1.9	1.91-2.0
2	T , Z	T , Z	T , Z	T	T					
3	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T			
4 , 5	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T
6	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T
≥7	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z

<u>ตารางที่ 5.3</u> ตารางสรุปผลการเลือกใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงที่สัมประสิทธิ์ $1-\alpha = 0.97$ ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ โดยจำแนกตามค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้และขนาดตัวอย่าง (n)

n	สัมประสิทธิ์ความเบ้										
	0 – 0.2	0.21-0.4	0.41-0.6	0.61-0.7	0.71-1.0	1.01-1.1	1.11-1.3	1.31-1.5	1.51-1.6	1.61-1.7	1.71-2.0
2											
3	T	T	T	T							
4	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T	T	T	T	
5	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T	T	
6	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T
7,8	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T
≥9	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z

<u>ตารางที่ 5.4</u> ตารางสรุปผลการเลือกใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงที่สัมประสิทธิ์ $1-\alpha = 0.98$ ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ โดยจำแนกตามค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้และขนาดตัวอย่าง (n)

n	สัมประสิทธิ์ความเบ้							
	0 – 0.4	0.41 – 0.6	0.61 – 0.9	0.91 – 1.0	1.01 – 1.2	1.21 – 1.5	1.51 – 1.9	1.91 – 2.0
2								
3	T							
4	T , Z	T	T	T				
5	T , Z	T , Z	T	T	T	T	T	
6	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T	T
7 , 8	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T
9 - 11	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T
≥ 12	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z

ตารางที่ 5.5 ตารางสรุปผลการเลือกใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงที่สัมประสิทธิ์ $1-\alpha = 0.99$ ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ โดยจำแนกตามค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้และขนาดตัวอย่าง (n)

n	สัมประสิทธิ์ความเบ้									
	0 – 0.2	0.21-0.3	0.31-0.4	0.41-0.6	0.61-0.9	0.91-1.0	1.01-1.2	1.21-1.5	1.51-1.8	1.81-2.0
2 , 3										
4 , 5	T									
6	T , Z	T	T	T						
7	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T				
8	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T	T			
9 , 10	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T	T		
11	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T		
12 , 13	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T
14	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T
≥ 15	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z

จากตารางที่ 5.1 – 5.5 กล่าวได้ว่า ที่ระดับความเชื่อมั่น 80% - 90% สามารถใช้ตัวสถิติ T หรือตัวสถิติ Z ได้สำหรับขนาดตัวอย่าง $n \geq 2$ อย่างไรก็ตามการใช้ตัวสถิติ Z จะได้ช่วงที่สั้นกว่า เนื่องจากให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยกว่า (ยกเว้นกรณีความเบ้เท่ากับ 2.0 ซึ่งขนาดตัวอย่างเปลี่ยนแปลงไปเท่าใดนั้น สามารถพิจารณาได้จากตารางที่ 5.2) ดังนั้นในกรณีระดับความเชื่อมั่น 80% - 90% แนะนำการใช้ตัวสถิติ Z จะเหมาะสมกว่า และที่ระดับความเชื่อมั่น 95% - 99% สามารถใช้ตัวสถิติ T ได้สำหรับขนาดตัวอย่างเล็กหรือตัวสถิติ Z ได้สำหรับขนาดตัวอย่างใหญ่ โดยขนาดตัวอย่างมีค่าเท่าใดนั้นสามารถพิจารณาได้จากตาราง

<u>กรณีไม่ทราบค่าความแปรปรวนประชากร</u>

<u>ตารางที่ 5.6</u> ตารางสรุปผลการเลือกใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงที่สัมประสิทธิ์ $1-\alpha = 0.80$ ในกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ โดยจำแนกตามค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้และขนาดตัวอย่าง (n)

n	สัมประสิทธิ์ความเบ้							
	0-0.5	0.51-0.7	0.71-0.9	0.91-1.1	1.11-1.4	1.41-1.7	1.71-1.8	1.81-2.0
2								
3-7	T							
8	T	T						
9-14	T	T	T					
15-18	T	T	T	T	T			
19-22	T	T	T	T	T	T		
23,24	T , Z	T , Z	T	T	T	T		
25	T , Z	T , Z	T	T	T	T	T	
26,27	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T	T	
28,29	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T	
30-37	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	
38-41	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T
42-59	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T
≥ 60	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z

<u>ตารางที่ 5.7</u> ตารางสรุปผลการเลือกใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงที่สัมประสิทธิ์ $1 - \alpha = 0.85$ ในกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ โดยจำแนกตามค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้และขนาดตัวอย่าง (n)

n	สัมประสิทธิ์ความเบ้									
	0-0.3	0.31-0.4	0.41-0.5	0.51-0.6	0.61-0.7	0.71-1.1	1.11-1.2	1.21-1.4	1.41-1.9	1.91-2.0
2-4										
5	T	T								
6 , 7	T	T	T							
8-12	T	T	T	T						
13,14	T	T	T	T	T					
15-22	T	T	T	T	T	T				
23-25	T	T	T	T	T	T	T	T		
26	T , Z	T	T	T	T	T	T	T		
27-29	T , Z	T	T	T	T	T	T	T	T	
30-32	T , Z	T , Z	T	T	T	T	T	T	T	
33-39	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T	T	T	T	
40	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T	T	T	
41-45	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T	T	T	T
46,47	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T	T	T
48-53	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T	T
54-58	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T
59-62	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T
63-84	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T
≥85	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z

<u>ตารางที่ 5.8</u> ตารางสรุปผลการเลือกใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงที่สัมประสิทธิ์ $1-\alpha = 0.90$ ในกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ โดยจำแนกตามค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้และขนาดตัวอย่าง (n)

n	สัมประสิทธิ์ความเบ้								
	0 – 0.1	0.11-0.4	0.41-0.6	0.61-0.8	0.81-1.0	1.01-1.4	1.41-1.7	1.71-1.9	1.91-2.0
2-5									
6-9	T								
10-14	T	T							
15,16	T	T	T						
17-22	T	T	T	T					
23-25	T	T	T	T	T				
26-28	T , Z	T	T	T	T				
29	T , Z	T	T	T	T	T			
30-33	T , Z	T , Z	T	T	T	T			
34	T , Z	T , Z	T	T	T	T	T		
35-43	T , Z	T , Z	T	T	T	T	T	T	
44-46	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T	T	T	
47-50	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T	T	T	T
51-62	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T	T	T
63-70	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T	T
71-74	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T
75-84	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T
85-98	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T
≥99	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z

<u>ตารางที่ 5.9</u> ตารางสรุปผลการเลือกใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงที่สัมประสิทธิ์ $1-\alpha = 0.95$ ในกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ โดยจำแนกตามค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้และขนาดตัวอย่าง (n)

n	สัมประสิทธิ์ความเบ้									
	0.0	0.01-0.7	0.71-0.9	0.91-1.1	1.11-1.3	1.31-1.5	1.51-1.7	1.71-1.8	1.81-1.9	1.91-2.0
2-14										
15-17	T									
18-22	T	T								
23-31	T	T	T							
32-38	T , Z	T	T	T						
39-43	T , Z	T	T	T	T					
44-49	T , Z	T , Z	T	T	T					
50	T , Z	T , Z	T	T	T	T				
51-58	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T				
59-69	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T	T			
70	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T			
71-82	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T			
83,84	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T		
85-94	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T	
95-98	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	
99-105	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T
106-117	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T
118-134	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T
≥135	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z

ตารางที่ 5.10 ตารางสรุปผลการเลือกใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงที่สัมประสิทธิ์ $1-\alpha = 0.97$ ในกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ โดยจำแนกตามค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้และขนาดตัวอย่าง (n)

n	สัมประสิทธิ์ความเบ้										
	0 – 0.2	0.21-0.4	0.41-0.6	0.61-0.7	0.71-1.0	1.01-1.1	1.11-1.3	1.31-1.5	1.51-1.6	1.61-1.7	1.71-2.0
2-13											
14-16	T										
17,18	T	T									
19-29	T	T	T								
30	T	T	T	T							
31-35	T	T	T	T	T	T					
36-38	T , Z	T	T	T	T	T					
39-45	T , Z	T , Z	T	T	T	T					
46-48	T , Z	T , Z	T	T	T	T	T				
49	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T	T				
50,51	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T				
52,53	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T	T			
54-83	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T	T	T		
84	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T	T		
85,86	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T		
87-90	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T	T	
91-95	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T	
96-100	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T	T
101-106	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T
107-117	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T
118-141	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T
≥ 142	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z

ตารางที่ 5.11 ตารางสรุปผลการเลือกใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงที่สัมประสิทธิ์ $1-\alpha = 0.98$ ในกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ โดยจำแนกตามค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้และขนาดตัวอย่าง (n)

n	สัมประสิทธิ์ความเบ้							
	0 – 0.4	0.41 – 0.6	0.61 – 0.9	0.91 – 1.0	1.01 – 1.2	1.21 – 1.5	1.51 – 1.9	1.91 – 2.0
2-16								
17,18	T							
19-30	T	T						
31,32	T	T	T					
33-38	T	T	T	T				
39-51	T , Z	T	T	T				
52	T , Z	T , Z	T	T				
53-69	T , Z	T , Z	T , Z	T				
70-73	T , Z	T , Z	T , Z	T	T			
74-90	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T		
91-95	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T		
96-104	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T	
105-124	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	
125-136	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T
137-151	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T
152-175	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T
≥176	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z

<u>ตารางที่ 5.12</u> ตารางสรุปผลการเลือกใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงที่สัมประสิทธิ์ $1 - \alpha = 0.99$ ในกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ โดยจำแนกตามค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้และขนาดตัวอย่าง (n)

n	สัมประสิทธิ์ความเบ้									
	0 – 0.2	0.21-0.3	0.31-0.4	0.41-0.6	0.61-0.9	0.91-1.0	1.01-1.2	1.21-1.5	1.51-1.8	1.81-2.0
2 – 18										
19	T									
20–26	T	T	T							
27-32	T	T	T	T						
33-35	T , Z	T , Z	T	T	T					
36-41	T , Z	T , Z	T , Z	T	T					
42–53	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T				
54,55	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T	T			
56–66	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T			
67–90	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T			
91-106	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T		
107-114	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T	
115-127	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	
128-138	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T	T
139-149	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T	T
150-243	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T
$\geq$244	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z	T , Z

จากตารางที่ 5.6 – 5.12 กล่าวได้ว่า กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร สามารถใช้ตัวสถิติ T ได้สำหรับขนาดตัวอย่างที่มีขนาดเล็กกว่าการใช้ตัวสถิติ Z ดังนั้นในกรณีนี้แนะนำให้ใช้ตัวสถิติ T สำหรับขนาดตัวอย่างเล็กหรือใช้ตัวสถิติ Z สำหรับขนาดตัวอย่างใหญ่ ซึ่งค่าของขนาดตัวอย่างมีค่าเท่าใดนั้นสามารถพิจารณาได้จากตารางข้างต้น

<u>ตัวอย่างการใช้ตาราง</u> เมื่อทราบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ประชากรมีค่าเท่าใด สมมติให้ความเบ้ประชากรเท่ากับ 1.0 และพิจารณาว่าทราบค่าความแปรปรวนประชากรหรือไม่ สมมติว่าไม่ทราบค่าความแปรปรวนประชากร และกำหนดให้สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.99 ดังนั้นในกรณีนี้พิจารณาตารางที่ 5.12 กล่าวได้ว่า สามารถใช้ตัวสถิติ T ได้สำหรับขนาดตัวอย่าง $n \geq 42$ หรือสามารถใช้ตัวสถิติ Z ได้สำหรับขนาดตัวอย่าง $n \geq 107$ ดังนั้นถ้ามีข้อมูลน้อยกว่า 42 ไม่สามารถประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติทั้งสองได้ ถ้ามีข้อมูลอยู่ในช่วง 42 – 106 จะประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ T ได้เท่านั้น และถ้ามีข้อมูลมากกว่าหรือเท่ากับ 107 สามารถประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติทั้งสองได้ อย่างไรก็ตามการใช้ตัวสถิติ Z จะได้ช่วงที่สั้นกว่า เนื่องจากให้ค่าความยาวเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นน้อยกว่า ดังนั้นในกรณีขนาดตัวอย่าง $n \geq 107$ แนะนำการใช้ตัวสถิติ Z จะเหมาะสมกว่า

5.2.1.2 <u>ไม่ทราบค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ของประชากร แต่ทราบค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเบ้</u>

สำหรับกรณีไม่ทราบค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ประชากร แต่มีข้อมูลอยู่จำนวนหนึ่งซึ่งไม่สามารถตัดสินใจได้ว่า ข้อมูลที่มีสามารถประมาณค่าแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติใดได้ ซึ่งผู้วิจัยแนะนำว่า ให้นำข้อมูลหรือ ตัวอย่างที่มีอยู่หรือเท่าที่หามาได้ มาคำนวณค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเบ้ ($\hat{\alpha}_3$) ได้ดังนี้

$$\hat{\alpha}_3 = \frac{m_3}{(m_2)^{3/2}} \tag{1}$$

โดยที่

$$m_3 = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \bar{x}\right)^3}{n}$$

$$m_2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \bar{x}\right)^2}{n}$$

n คือ จำนวนข้อมูลตัวอย่าง

เมื่อคำนวณค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเบ้ได้แล้ว นำค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ที่ประมาณได้และขนาดตัวอย่างมาเป็นเกณฑ์ที่ช่วยในการตัดสินใจว่าจะใช้ตัวสถิติใดในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง ซึ่งพิจารณาได้จากตารางที่ 5.1 – 5.12

ในกรณีด้านการนำไปใช้ประโยชน์นั้น จากการศึกษาได้ว่า การแจกแจงประชากรก็สามารถนำมาช่วยในการตัดสินใจได้ว่าจะใช้ตัวสถิติใดได้บ้าง ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้จำแนกเป็น 2 ประเภท คือ เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ และไม่ปกติ สำหรับกรณีประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ สำหรับกรณีนี้แนะนำว่า เมื่อทราบค่าความแปรปรวนประชากร ในทุกระดับความเชื่อมั่น ควรใช้ตัวสถิติ Z ในการประมาณค่าแบบช่วงจะมีความเหมาะสมมากกว่า แต่สำหรับกรณีไม่ทราบค่าความแปรปรวนประชากร ในทุกระดับความเชื่อมั่นผู้วิจัยแนะนำว่า ควรใช้ตัวสถิติ T เมื่อมีข้อมูลหรือตัวอย่างในช่วง 2 – 32 และควรใช้ตัวสถิติ Z เมื่อมีข้อมูลหรือตัวอย่างตั้งแต่ 33 หน่วยขึ้นไป

สำหรับกรณีประชากรมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ ทั้งกรณีทราบค่าความแปรปรวนประชากรและไม่ทราบค่าความแปรปรวนประชากรนั้น จากการศึกษาได้ว่า การประมาณค่าแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ T นั้นเหมาะกับตัวอย่างที่มีขนาดเล็ก และการประมาณค่าแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z นั้นเหมาะกับตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งขนาดตัวอย่างมีค่าเท่าใดนั้นสามารถพิจารณาได้จากตารางที่ 5.1 – 5.12 โดยที่

กรณีทราบค่าความแปรปรวนประชากรสามารถพิจารณาได้จากตารางที่ 5.1 – 5.5

กรณีไม่ทราบค่าความแปรปรวนประชากรสามารถพิจารณาได้จากตารางที่ 5.6 – 5.12

5.2.2 ด้านการศึกษาวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยสนใจการหาขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและไม่ทราบความแปรปรวนประชากร โดยในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยสนใจเฉพาะประชากรที่มีการแจกแจงแบบต่อเนื่องเท่านั้น ดังนั้นจึงเป็นสิ่งที่น่าศึกษาเพิ่มเติมว่า ถ้าประชากรมีการแจกแจงแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Distributions) จะสามารถประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงโดยใช้ตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ได้หรือไม่ ผลที่ได้จะมีลักษณะอย่างไรจะคล้ายกับประชากรที่มีการแจกแจงแบบต่อเนื่องหรือไม่ จึงเป็นอีกกรณีหนึ่งที่น่าสนใจศึกษาเพิ่มเติม

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาลักษณะของประชากรที่มีการแจกแจงแบบต่อเนื่องเพียงบางการแจกแจงเท่านั้น โดยผู้ที่สนใจอาจจะศึกษาการแจกแจงของประชากรในลักษณะต่างๆ เพิ่มเติม เช่น การแจกแจงไวบูลย์ การแจกแจงลอกนอร์มอล การแจกแจงโคชี การแจกแจงเอกรูป เป็นต้น

สำหรับกรณีการประมาณผลต่างของค่าเฉลี่ยของประชากร 2 กลุ่ม เป็นอีกกรณีหนึ่งที่น่าสนใจศึกษาเพิ่มเติมว่า ขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับการประมาณจะมีลักษณะเช่นไร มีรูปแบบคล้ายกับประชากรเดียวหรือไม่ เป็นต้น

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กานดา พูนลาภทวี. สถิติเพื่อการวิจัย. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาครุศาสตร์เทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. ฟิสิกส์เซ็นเตอร์การพิมพ์, 2530.

ธีระพร วีระถาวร. การอนุมานเชิงสถิติขั้นกลาง : โครงสร้างและความหมาย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาสถิติ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.

ธีระพร วีระถาวร. ความน่าจะเป็นกับการประยุกต์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาสถิติ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.

มัลลิกา บุนนาค. สถิติเพื่อการตัดสินใจ. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาสถิติ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537.

สุชาดา กีระนันทน์. การอนุมานเชิงสถิติ : ทฤษฎีขั้นต้น. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาสถิติ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2530.

ภาษาอังกฤษ

Averill, M. Law, W. David Kelton, Simulation Modeling And Analysis. (2nd ed.). Singapore: Mcgraw – Hill Inc, 1991.

Carl, J., Schwarz. Single Mean – Determining the Sample Size. Carl J. Schwarz cschwarz@cs.sfu.ca , 1998. (www.math.sfu.ca/stats/courses/stat-301/handouts/node73.html).

Dennis, D., Boos. and Jacqueline, M., Hughes-Oliver. How Large Does n Have to be for Z and T Intervals?. The American Statistician 2 (May 2000): Vol.54.

George, Casella. and Roger, L., Berger. Statistical Inference. Belmont, California: Wadsworth Inc, 1990.

Steven, G., Rhiel. and Wilkie, W., Chaffin. An Investigation of the Large-Sample/Small-Sample Approach to the One-Sample Test for a Mean (Sigma Unknow). journal of Statistics Education 3 V.4, 1996.

Johnson, N. L., Kotz, S., and Balakrishnan, N. Coutinuous Univariate Distributions. Volumn 1. (2nd ed.). New York: Wiley, 1994.

Johnson, N. L., Kotz, S., and Balakrishnan, N. Coutinuous Univariate Distributions. Volumn 2. (2nd ed.). New York: Wiley, 1994.

Neyman , J. , and Pearson , E.S. On the Use and Interpretation of Certain Test Criteria for Purposes of Statistical Inference. Biometica. Part 1 20A (1928) : 175-240.

Paul, Bratley. and Bennett, L., Fox. and Linus, E., Schrage. A Guide to Simulation. (2nd ed.). New York: Springer – Verlag, 1938.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดประชากรในแต่ละสถานการณ์ต่างๆ ซึ่งประชากรในแต่ละสถานการณ์ก็จะมีพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันไป และเป็นไปได้หลายระดับ ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงทำการกำหนดพารามิเตอร์เพิ่มเติมเพื่อให้มีความหลากหลายมากขึ้น เพื่อนำมาพิจารณาว่าจากการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ของประชากรจะมีผลต่อขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงอย่างไร สำหรับการแจกแจงที่สนใจนำมาพิจารณามีดังนี้

- การแจกแจงปกติ พิจารณาเพิ่มกรณี $\mu = 0$, $\sigma^2 = 1$ และ $\mu = 0$, $\sigma^2 = 100$ และ $\mu = 100$, $\sigma^2 = 1$ ซึ่งนำเสนอดังตารางที่ ก1 – ก3
- การแจกแจงแกมมา พิจารณาเพิ่มกรณี $\beta = 5$ และ $\beta = 10$ โดยที่พิจารณาเฉพาะกรณีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เท่ากับ 0.5 , 1.0 และ 2.0 เท่านั้น ซึ่งนำเสนอดังตารางที่ ก4 – ก9
- การแจกแจงแลมดาของตูกีร์ พิจารณาเพิ่มกรณี $\mu = 100$, $\sigma^2 = 100$ และ $\mu = 100$, $\sigma^2 = 1$ และ $\mu = 0$, $\sigma^2 = 100$ และ $\mu = 0$, $\sigma^2 = 1$ ซึ่งนำเสนอดังตารางที่ ก10 – ก15

<u>ตารางที่ ก1</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงปกติ โดยที่ $\mu = 0$ และ $\sigma^2 = 1$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1 - α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	7	2	2	33
0.98	5	2	2	33
0.97	4	2	2	33
0.95	4	2	2	25
0.90	3	2	2	23
0.85	3	2	2	23
0.80	2	2*	2	20

<u>ตารางที่ ก2</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงปกติ โดยที่ μ = 0 และ σ^2 = 100 จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1 - α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	7	2	2	33
0.98	5	2	2	33
0.97	4	2	2	33
0.95	4	2	2	25
0.90	3	2	2	23
0.85	3	2	2	23
0.80	2	2*	2	20

<u>ตารางที่ ก3</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงปกติ โดยที่ μ = 100 และ σ^2 = 1 จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1 - α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	7	2	2	33
0.98	5	2	2	33
0.97	4	2	2	33
0.95	4	2	2	25
0.90	3	2	2	23
0.85	3	2	2	23
0.80	2	2*	2	20

<u>ตารางที่ ก4</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงแกมมา โดยที่ $\alpha_3 = 0.5$, $\alpha_4 = 3.375$ และ $\beta = 5$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1 - α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	6	2	2	56
0.98	5	2	2	52
0.97	4	2	2	39
0.95	4	2	2	38
0.90	3	2	2	33
0.85	2	2*	2	33
0.80	2	2*	2	26

<u>ตารางที่ ก5</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงแกมมา โดยที่ $\alpha_3 = 0.5$, $\alpha_4 = 3.375$ และ $\beta = 10$ จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1 - α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	6	2	2	56
0.98	5	2	2	52
0.97	4	2	2	39
0.95	4	2	2	38
0.90	3	2	2	33
0.85	2	2*	2	33
0.80	2	2*	2	26

<u>ตารางที่ ก6</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงแกมมา โดยที่ α_3 = 1.0 , α_4 = 4.5 และ β = 5 จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1 - α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	5	4	53	107
0.98	5	2	42	91
0.97	5	2	30	84
0.95	3	2	25	67
0.90	3	2	16	63
0.85	2	2*	12	38
0.80	2	2*	8	28

<u>ตารางที่ ก7</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงแกมมา โดยที่ α_3 = 1.0 , α_4 = 4.5 และ β = 10 จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1 - α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	5	4	53	107
0.98	5	2	42	91
0.97	5	2	30	84
0.95	3	2	25	67
0.90	3	2	16	63
0.85	2	2*	12	38
0.80	2	2*	8	28

ตารางที่ ก8 ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงแกมมา โดยที่ α_3 = 2.0 , α_4 = 9.0 และ β = 5 จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1 - α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	5	16	94	244
0.98	3	6	92	100
0.97	3	4	85	92
0.95	3	2	61	85
0.90	2	2*	34	70
0.85	2	2*	34	55
0.80	2	2*	27	42

ตารางที่ ก9 ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบความแปรปรวนประชากรและกรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงแกมมา โดยที่ α_3 = 2.0 , α_4 = 9.0 และ β = 10 จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1 - α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	กรณีทราบความแปรปรวนประชากร		กรณีไม่ทราบความแปรปรวนประชากร	
	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	5	16	94	244
0.98	3	6	92	100
0.97	3	4	85	92
0.95	3	2	61	85
0.90	2	2*	34	70
0.85	2	2*	34	55
0.80	2	2*	27	42

<u>ตารางที่ ก10</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบค่าความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงแลมดาของตูกีร์ โดยที่ α_3 = 0.0 จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1 - α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	โด่ง	μ = 100 σ^2 = 100		μ = 100 σ^2 = 1		μ = 0 σ^2 = 100		μ = 0 σ^2 = 1	
		n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	3	7	2	7	2	7	2	7	2
	6	5	2	5	2	5	2	5	2
	9	5	2	5	2	5	2	5	2
0.98	3	5	2	5	2	5	2	5	2
	6	5	2	5	2	5	2	5	2
	9	4	2	4	2	4	2	4	2
0.97	3	5	2	5	2	5	2	5	2
	6	4	2	4	2	4	2	4	2
	9	3	2	3	2	3	2	3	2
0.95	3	3	2	3	2	3	2	3	2
	6	3	2	3	2	3	2	3	2
	9	3	2	3	2	3	2	3	2
0.90	3	3	2	3	2	3	2	3	2
	6	3	2	3	2	3	2	3	2
	9	2	2*	2	2*	2	2*	2	2*
0.85	3	3	2	3	2	3	2	3	2
	6	2	2*	2	2*	2	2*	2	2*
	9	2	2*	2	2*	2	2*	2	2*
0.80	3	2	2*	2	2*	2	2*	2	2*
	6	2	2*	2	2*	2	2*	2	2*
	9	2	2*	2	2*	2	2*	2	2*

<u>ตารางที่ ก11</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีไม่ทราบค่าความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงแลมดาของตูกีร์ โดยที่ α_3 = 0.0 จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1 - α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	โด่ง	μ = 100 σ^2 = 100		μ = 100 σ^2 = 1		μ = 0 σ^2 = 100		μ = 0 σ^2 = 1	
		n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	3	2	33	2	33	2	33	2	33
	6	2	32	2	32	2	32	2	32
	9	2	32	2	32	2	32	2	32
0.98	3	2	33	2	33	2	33	2	33
	6	2	31	2	31	2	31	2	31
	9	2	31	2	31	2	31	2	31
0.97	3	2	33	2	33	2	33	2	33
	6	2	30	2	30	2	30	2	30
	9	2	30	2	30	2	30	2	30
0.95	3	2	30	2	30	2	30	2	30
	6	2	30	2	30	2	30	2	30
	9	2	23	2	23	2	23	2	23
0.90	3	2	23	2	23	2	23	2	23
	6	2	23	2	23	2	23	2	23
	9	2	23	2	23	2	23	2	23
0.85	3	2	23	2	23	2	23	2	23
	6	2	23	2	23	2	23	2	23
	9	2	23	2	23	2	23	2	23
0.80	3	2	23	2	23	2	23	2	23
	6	2	23	2	23	2	23	2	23
	9	2	23	2	23	2	23	2	23

ตารางที่ ก12 ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบค่าความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงแลมดาของตูกีร์ โดยที่ α_3 = 1.0 จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1 - α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	โด่ง	μ = 100 σ^2 = 100		μ = 100 σ^2 = 1		μ = 0 σ^2 = 100		μ = 0 σ^2 = 1	
		n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	4	6	11	6	11	6	11	6	11
	7	5	10	5	10	5	10	5	10
	10	5	9	5	9	5	9	5	9
0.98	4	5	6	5	6	5	6	5	6
	7	4	5	4	5	4	5	4	5
	10	4	4*	4	4*	4	4*	4	4*
0.97	4	4	5	4	5	4	5	4	5
	7	3	4	3	4	3	4	3	4
	10	3	4	3	4	3	4	3	4
0.95	4	4	3	4	3	4	3	4	3
	7	3	2	3	2	3	2	3	2
	10	3	2	3	2	3	2	3	2
0.90	4	3	2	3	2	3	2	3	2
	7	2	2*	2	2*	2	2*	2	2*
	10	2	2*	2	2*	2	2*	2	2*
0.85	4	2	2*	2	2*	2	2*	2	2*
	7	2	2*	2	2*	2	2*	2	2*
	10	2	2*	2	2*	2	2*	2	2*
0.80	4	2	2*	2	2*	2	2*	2	2*
	7	2	2*	2	2*	2	2*	2	2*
	10	2	2*	2	2*	2	2*	2	2*

<u>ตารางที่ ก13</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีไม่ทราบค่าความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงแลมดาของตูกีร์ โดยที่ α_3 = 1.0 จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1 - α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	โด่ง	μ = 100 σ^2 = 100		μ = 100 σ^2 = 1		μ = 0 σ^2 = 100		μ = 0 σ^2 = 1	
		n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	4	42	75	42	75	42	75	42	75
	7	32	61	32	61	32	61	32	61
	10	21	36	21	36	21	36	21	36
0.98	4	33	64	33	64	33	64	33	64
	7	31	53	31	53	31	53	31	53
	10	19	33	19	33	19	33	19	33
0.97	4	30	53	30	53	30	53	30	53
	7	26	44	26	44	26	44	26	44
	10	18	33	18	33	18	33	18	33
0.95	4	30	46	30	46	30	46	30	46
	7	19	33	19	33	19	33	19	33
	10	17	30	17	30	17	30	17	30
0.90	4	23	37	23	37	23	37	23	37
	7	21	34	21	34	21	34	21	34
	10	19	33	19	33	19	33	19	33
0.85	4	15	31	15	31	15	31	15	31
	7	15	31	15	31	15	31	15	31
	10	13	31	13	31	13	31	13	31
0.80	4	15	26	15	26	15	26	15	26
	7	6	26	6	26	6	26	6	26
	10	2	26	2	26	2	26	2	26

<u>ตารางที่ ก14</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีทราบค่าความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงแลมดาของตูกีร์ โดยที่ α_3 = 2.0 จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1 - α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	โด่ง	μ = 100 σ^2 = 100		μ = 100 σ^2 = 1		μ = 0 σ^2 = 100		μ = 0 σ^2 = 1	
		n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	9	5	15	5	15	5	15	5	15
	12	5	15	5	15	5	15	5	15
	15	4	14	4	14	4	14	4	14
0.98	9	4	12	4	12	4	12	4	12
	12	3	9	3	9	3	9	3	9
	15	3	9	3	9	3	9	3	9
0.97	9	3	9	3	9	3	9	3	9
	12	3	9	3	9	3	9	3	9
	15	3	9	3	9	3	9	3	9
0.95	9	3	7	3	7	3	7	3	7
	12	3	6	3	6	3	6	3	6
	15	3	6	3	6	3	6	3	6
0.90	9	2	2*	2	2*	2	2*	2	2*
	12	2	2*	2	2*	2	2*	2	2*
	15	2	2*	2	2*	2	2*	2	2*
0.85	9	2	2*	2	2*	2	2*	2	2*
	12	2	2*	2	2*	2	2*	2	2*
	15	2	2*	2	2*	2	2*	2	2*
0.80	9	2	2*	2	2*	2	2*	2	2*
	12	2	2*	2	2*	2	2*	2	2*
	15	2	2*	2	2*	2	2*	2	2*

<u>ตารางที่ ก15</u> ตารางสรุปผลขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วงของตัวสถิติ Z และตัวสถิติ T ในกรณีไม่ทราบค่าความแปรปรวนประชากร เมื่อประชากรมีการแจกแจงแลมดาของตูกีร์ โดยที่ α_3 = 2.0 จำแนกตามสัมประสิทธิ์ 1 - α

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (1-α)	โด่ง	μ = 100 σ^2 = 100		μ = 100 σ^2 = 1		μ = 0 σ^2 = 100		μ = 0 σ^2 = 1	
		n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z	n_T	n_Z
0.99	9	121	182	121	182	121	182	121	182
	12	121	182	121	182	121	182	121	182
	15	107	169	107	169	107	169	107	169
0.98	9	109	176	109	176	109	176	109	176
	12	96	150	96	150	96	150	96	150
	15	96	150	96	150	96	150	96	150
0.97	9	96	118	96	118	96	118	96	118
	12	96	118	96	118	96	118	96	118
	15	96	118	96	118	96	118	96	118
0.95	9	94	118	94	118	94	118	94	118
	12	85	101	85	101	85	101	85	101
	15	83	94	83	94	83	94	83	94
0.90	9	43	86	43	86	43	86	43	86
	12	35	86	35	86	35	86	35	86
	15	31	43	31	43	31	43	31	43
0.85	9	29	43	29	43	29	43	29	43
	12	26	43	26	43	26	43	26	43
	15	26	43	26	43	26	43	26	43
0.80	9	26	37	26	37	26	37	26	37
	12	25	29	25	29	25	29	25	29
	15	25	29	25	29	25	29	25	29

ภาคผนวก ข

ในส่วนนี้จะกล่าวถึง โปรแกรมหลักที่ใช้ในการหาขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรแบบช่วง และโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างเลขสุ่มให้มีการแจกแจงต่างๆ ตามที่ได้กล่าวไว้

โปรแกรมหลักที่ใช้ในการวิจัย

```
!                        ***** MAIN PROGRAM *****

        CHARACTER FILENAME
        INTEGER COUNT1,COUNT2,COUNT3,COUNT4,ROUND,DIS
        DOUBLE PRECISION SUM,SUM2,XX,ALPHA,ALPHA1,ALPHA2,BE,BETA
        REAL Y(1000),N,LD1,LD2,A3,A4,EX,SM,LAM,LF,LOZ,HIZ,XBAR,LFH1,LFH2,&
        LFH3,LFH4,LB,UB,ZZ,TT,LOT,HIT,SUM1,SUM3,SUM4,SUM5,LOUZ,LOUT,&
        HIUZ,HIUT,LZK,LZU,LTK,LTU,N1,N2,N3,N4,CSQ,T,V
        EXTERNAL RAND,GAM2,NORM,CHI
        OPEN (UNIT=10,FILE=FILENAME,STATUS='NEW',ACTION='WRITE')
        WRITE(*,*) 'LAMDA TURKEY DISTRIBUTION = 1'
        WRITE(*,*) 'GAMMA DISTRIBUTION = 2'
        WRITE(*,*) 'BETA DISTRIBUTION = 3'
        WRITE(*,*) 'NORMAL DISTRIBUTION = 4'
        WRITE(*,*) 'CHI-SQUARE DISTRIBUTION = 5'
        WRITE(*,*) 'T DISTRIBUTION = 6'
        WRITE(*,*) 'PLEASE CHOICE DISTRIBUTION 1-6'
        READ(*,5)DIS
5       FORMAT(I2)
        WRITE(*,*)'ALPHA = '
        READ(*,11)LF
11      FORMAT(F5.3)
```

```
      IF (DIS.EQ.1) THEN
      WRITE(10,'(10X"LAMDA TURKEY DISTRIBUTION")')
      EX = 0.0
      SM = 100.0
      WRITE(*,*)'LAMDA1 (SEE TABLE) = '
      READ(*,6)LD1
6     FORMAT(F8.4)
      WRITE(*,*)'LAMDA2 (SEE TABLE) = '
      READ(*,7)LD2
7     FORMAT(F8.4)
      WRITE(*,*)'LAMDA3 (SEE TABLE) = '
      READ(*,8)A3
8     FORMAT(F8.4)
      WRITE(*,*)'LAMDA4 (SEE TABLE) = '
      READ(*,9)A4
9     FORMAT(F8.4)
      ENDIF
      IF (DIS.EQ.2) THEN
      WRITE(10,'(10X"GAMMA DISTRIBUTION")')
      WRITE(*,*) 'ALPHA FOR GAMMA DIS ='
      READ(*,2)ALPHA
2     FORMAT (D8.4)
      WRITE(*,*) 'BETA FOR GAMMA DIS ='
      READ(*,12)BETA
12    FORMAT (D8.4)
      EX = ALPHA * BETA
      SM = ALPHA * BETA**2
      ENDIF
      IF (DIS.EQ.3) THEN
```

```
      WRITE(10,'(10X"BETA DISTRIBUTION")')
      WRITE(*,*) 'ALPHA FOR BETA DIS ='
      READ(*,3)ALPHA1
3     FORMAT (D8.4)
      WRITE(*,*) 'BETA FOR BETA DIS ='
      READ(*,4)ALPHA2
4     FORMAT (D8.4)
      EX = ALPHA1/(ALPHA1+ALPHA2)
      SM = (ALPHA1*ALPHA2)/((ALPHA1+ALPHA2+1)*(ALPHA1+ALPHA2)**2)
      ENDIF
      IF (DIS.EQ.4) THEN
      WRITE(10,'(10X"NORMAL DISTRIBUTION")')
      EX = 100.0
      SM = 10.0
      ENDIF
      IF (DIS.EQ.5) THEN
      WRITE(10,'(10X"CHI-SQUARE DISTRIBUTION")')
      WRITE(*,*) 'DF ='
      READ(*,14)V
14    FORMAT (F3.0)
      EX = V
      SM = 2*V
      M = 0
      ENDIF
      IF (DIS.EQ.6) THEN
      WRITE(10,'(10X"T DISTRIBUTION")')
      WRITE(*,*) 'DF (>4) ='
      READ(*,15)V
15    FORMAT (F3.0)
```

```
EX = 0.0
SM = V/(V-2)
M = 0
G = 0
ENDIF
WRITE(10,'(10X"ALPHA = ",F5.3)')LF
AA = 0
BB = 0
CC = 0
DD = 0
EE = 0
FF = 0
WRITE(10,'("EX=",F12.4,5X"SM=",F12.4)')EX,SM
DO 111 N = 2,500
CALL Z_TA(LF,ZZ)
CALL T_TA(N,LF,TT)
IX = 357897
SUM1 =  0.0
SUM3 =  0.0
SUM4 =  0.0
SUM5 =  0.0
COUNT1 = 0
COUNT2 = 0
COUNT3 = 0
COUNT4 = 0
ROUND = 5000
DO 99 J = 1,ROUND
SUM = 0.0
SUM2 = 0.0
```

```
DO 77 I = 1,N
IF (DIS.EQ.1) THEN
CALL LAMDA(IX,LD1,LD2,A3,A4,EX,SM,LAM)
Y(I) = LAM
ENDIF
IF (DIS.EQ.2) THEN
        IF ((ALPHA.GT.0.0).AND.(ALPHA.LT.1.00)) THEN
        CALL GAM1(ALPHA,XX,IX)
        ELSE
                IF (ALPHA.GT.1.00) THEN
                CALL GAM2(ALPHA,XX,IX)
                ELSE
                CALL GAM3(XX,IX)
                ENDIF
        ENDIF
        IF (BETA.NE.1) THEN
        XX = BETA*XX
        ENDIF
  Y(I) = XX
ENDIF
IF (DIS.EQ.3) THEN
CALL BET(ALPHA1,ALPHA2,BE,IX)
Y(I) = BE
ENDIF
IF (DIS.EQ.4) THEN
CALL NORM(IX,EX,SM,Z1,Z2,X1)
Y(I) = X1
ENDIF
IF (DIS.EQ.5) THEN
```

```
      CALL CHI(IX,EX,SM,V,CSQ)
      Y(I) = CSQ
      ENDIF
      IF (DIS.EQ.6) THEN
      CALL SDT(IX,EX,SM,V,T)
      Y(I) = T
      ENDIF
      SUM = SUM + Y(I)
      SUM2 = SUM2 + Y(I)**2
77    CONTINUE
      IF ((AA.EQ.0).OR.(BB.EQ.0)) THEN
      CALL IKS(SM,N,ZZ,TT,SUM,XBAR,LOZ,HIZ,LOT,HIT)
          IF (AA.EQ.0) THEN
          IF ((EX.LE.LOZ).OR.(EX.GE.HIZ)) COUNT1 = COUNT1 + 1
          LZK = HIZ - LOZ
          SUM1 = SUM1 + LZK
          ENDIF
              IF (BB.EQ.0) THEN
              IF ((EX.LE.LOT).OR.(EX.GE.HIT)) COUNT2 = COUNT2 + 1
              LTK = HIT - LOT
              SUM3 = SUM3 + LTK
              ENDIF
      ENDIF
      IF ((CC.EQ.0).OR.(DD.EQ.0)) THEN
      CALL IUS(N,ZZ,TT,SUM,SUM2,XBAR,LOUZ,HIUZ,LOUT,HIUT)
          IF (CC.EQ.0) THEN
          IF ((EX.LE.LOUZ).OR.(EX.GE.HIUZ)) COUNT3 = COUNT3 + 1
          LZU = HIUZ - LOUZ
          SUM4 = SUM4 + LZU
```

```
                ENDIF
                        IF (DD.EQ.0) THEN
                        IF ((EX.LE.LOUT).OR.(EX.GE.HIUT)) COUNT4 = COUNT4 + 1
                        LTU = HIUT - LOUT
                        SUM5 = SUM5 + LTU
                        ENDIF
        ENDIF
99  CONTINUE
        LFH1 = (COUNT1*1.0)/ROUND
        LFH2 = (COUNT2*1.0)/ROUND
        LFH3 = (COUNT3*1.0)/ROUND
        LFH4 = (COUNT4*1.0)/ROUND
        LB = 0.0
        UU = (LF*(1.0-LF))/ROUND
        UB = LF+(1.645*SQRT(UU))
        IF (AA.EQ.0) THEN
                IF ((LFH1.GT.LB).AND.(LFH1.LT.UB)) THEN
                N1 = N
                WRITE(10,'("N OF Z KNOW VAR =",F10.1)')N1
                WRITE(10,'("ALPHA HAT OF Z KNOW =",F12.4)')LFH1
                WRITE(10,'("--------------------------------")')
                AA = 1
                ENDIF
        ENDIF
        IF (BB.EQ.0) THEN
                IF ((LFH2.GT.LB).AND.(LFH2.LT.UB)) THEN
                N2 = N
                WRITE(10,'("N OF T KNOW VAR =",F10.1)')N2
                WRITE(10,'("ALPHA HAT OF T KNOW =",F12.4)')LFH2
```

```
        WRITE(10,'("--------------------------------")')
        BB = 1
        ENDIF
ENDIF
IF ((AA.EQ.1).AND.(BB.EQ.1).AND.(EE.EQ.0)) THEN
EE = 1
IF (N1.EQ.N2) THEN
        IF (LZK.LT.LTK) THEN
        WRITE(10,'("Z KNOW VAR APPROPRIATE")')
        ELSE
                IF (LZK.EQ.LTK) THEN
                WRITE(10,'("Z SAME T")')
                ELSE
                WRITE(10,'("T KNOW VAR APPROPRIATE")')
                ENDIF
        ENDIF
WRITE(10,'("--------------------------------")')
ENDIF
ENDIF
IF (CC.EQ.0) THEN
        IF ((LFH3.GT.LB).AND.(LFH3.LT.UB)) THEN
        N3 = N
        WRITE(10,'("N OF Z UNKNOW VAR =",F10.1)')N3
        WRITE(10,'("ALPHA HAT OF Z UNKNOW =",F12.4)')LFH3
        WRITE(10,'("--------------------------------")')
        CC = 1
        ENDIF
ENDIF
IF (DD.EQ.0) THEN
```

```
            IF ((LFH4.GT.LB).AND.(LFH4.LT.UB)) THEN
            N4 = N
            WRITE(10,'("N OF T UNKNOW VAR =",F10.1)')N4
            WRITE(10,'("ALPHA HAT OF T UNKNOW =",F12.4)')LFH4
            WRITE(10,'("--------------------------------")')
            DD = 1
            ENDIF
      ENDIF
      IF ((CC.EQ.1).AND.(DD.EQ.1).AND.(FF.EQ.0)) THEN
      FF = 1
      IF (N3.EQ.N4) THEN
            IF (LZU.LT.LTU) THEN
            WRITE(10,'("Z UNKNOW VAR APPROPRIATE")')
            ELSE
                  IF (LZU.EQ.LTU) THEN
                  WRITE(10,'("Z SAME T")')
                  ELSE
                  WRITE(10,'("T KNOW VAR APPROPRIATE")')
                  ENDIF
            ENDIF
      WRITE(10,'("--------------------------------")')
      ENDIF
      ENDIF
      IF ((EE.EQ.1).AND.(FF.EQ.1)) THEN
      STOP
      ENDIF
111  CONTINUE
      END
```

```
!                        ***** TUKEY'S LAMBDA DISTRIBUTION *****
        SUBROUTINE LAMDA(IX,LD1,LD2,A3,A4,EX,SM,LAM)
        REAL LAM,LD1,LD2,A3,A4
        A1 = LD1*SQRT(SM)+EX
        A2 = LD2/SQRT(SM)
        CALL RAND(IX,RD)
        LAM = A1+(RD**A3-(1-RD)**A4)/A2
        RETURN
        END SUBROUTINE

!                        ***** GAMMA DISTRIBUTION CASE 0 < ALPHA < 1 *****
        SUBROUTINE GAM1(ALPHA,XX,IX)
        DOUBLE PRECISION XX,ALPHA,B,P,Y,CHK1,CHK2
        B = (EXP(1.0)+ALPHA)/EXP(1.0)
30      CALL RAND(IX,RD)
        IF ((RD.LE.0.0).OR.(RD.GE.1.0)) GOTO 30
        U1 = RD
        P = B*U1
35      CALL RAND(IX,RD)
        IF ((RD.LE.0.0).OR.(RD.GE.1.0)) GOTO 35
        U2 = RD
        IF (P.GT.1.00) GOTO 40
        Y = P**(1.00/ALPHA)
        CHK1 = EXP(-Y)
        IF (U2.LE.CHK1) THEN
        XX = Y
        ELSE
        GOTO 30
        ENDIF
```

```
      RETURN
40    Y = -DLOG((B-P)/ALPHA)
      CHK2 = Y**(ALPHA-1.00)
      IF (U2.LE.CHK2) THEN
      XX = Y
      ELSE
      GOTO 30
      ENDIF
      RETURN
      END SUBROUTINE

!                    ***** GAMMA DISTRIBUTION CASE ALPHA > 1 *****
      SUBROUTINE GAM2(ALPHA,XX,IX)
      DOUBLE PRECISION XX,ALPHA
      A = 1/SQRT((2*ALPHA)-1)
      B = ALPHA-ALOG(4.0)
      Q = ALPHA+(1/A)
      D = 1+ALOG(4.5)
45    CALL RAND(IX,RD)
      U1 = RD
      CALL RAND(IX,RD)
      U2 = RD
      V = A*ALOG(U1/(1-U1))
      Y = ALPHA*EXP(V)
      Z = (U1**2)*U2
      W = B+(Q*V)-Y
      CHK1 = W+D-(4.5*Z)
      IF (CHK1.GE.0) THEN
      XX = Y
```

```
        RETURN
        ENDIF
        CHK2 = ALOG(Z)
        IF (W.GE.CHK2) THEN
        XX = Y
        ELSE
        GOTO 45
        ENDIF
        RETURN
        END SUBROUTINE

!                       ***** GAMMA DISTRIBUTION CASE ALPHA = 1 *****
        SUBROUTINE GAM3(XX,IX)
        DOUBLE PRECISION XX
        REAL BA
        BA = 1.0
        CALL RAND(IX,RD)
        V = -ALOG(RD)
        XX = BA*V
        RETURN
        END SUBROUTINE

!                       ***** BETA DISTRIBUTION *****
        SUBROUTINE BET(ALPHA1,ALPHA2,BE,IX)
        DOUBLE PRECISION ALPHA1,ALPHA2,BE,ALPHA,XX
        ALPHA = ALPHA1
            IF ((ALPHA.GT.0.0).AND.(ALPHA.LT.1.00)) THEN
            CALL GAM1(ALPHA,XX,IX)
            ELSE
```

```
                IF (ALPHA.GT.1.00) THEN
                CALL GAM2(ALPHA,XX,IX)
                ELSE
                CALL GAM3(XX,IX)
                ENDIF
          ENDIF
      Y1 = XX
      ALPHA = ALPHA2
          IF ((ALPHA.GT.0.0).AND.(ALPHA.LT.1.00)) THEN
          CALL GAM1(ALPHA,XX,IX)
          ELSE
                IF (ALPHA.GT.1.00) THEN
                CALL GAM2(ALPHA,XX,IX)
                ELSE
                CALL GAM3(XX,IX)
                ENDIF
          ENDIF
      Y2 = XX
      BE = Y1/(Y1+Y2)
      RETURN
      END SUBROUTINE

!               ***** NORMAL DISTRIBUTION *****
      SUBROUTINE NORM(IX,EX,SM,Z1,Z2,X1)
      REAL Z1,Z2
      SD = SQRT(SM)
      PI = 3.1415926
      IF (IN.EQ.1) GOTO 100
50    CALL RAND(IX,RD)
```

```
      IF ((RD.LE.0).OR.(RD.GT.1)) GOTO 50
      R1 = RD
60    CALL RAND(IX,RD)
      IF ((RD.LE.0).OR.(RD.GT.1)) GOTO 60
      R2 = RD
      Z1 = SQRT(-2*ALOG(R1))*COS(2*PI*R2)
      Z2 = SQRT(-2*ALOG(R1))*SIN(2*PI*R2)
      X1 = Z1*SD+EX
      IN = 1
      RETURN
100   X1 = Z2*SD+EX
      IN = 0
      RETURN
      END SUBROUTINE

!                    ***** RANDOM NUMBER *****
      SUBROUTINE RAND(IX,RD)
      REAL RD
      IX = IX * 16807
      IF(IX.LE.0) IX = (IX+2147483647)+1
      RD = IX * 0.465661287E-9
      RETURN
      END SUBROUTINE

!                    ***** CHI-SQUARE DISTRIBUTION *****
      SUBROUTINE CHI(IX,EX,SM,V,CSQ)
      INTEGER M
      REAL A,B1,B2,CSQ,V
      A = 0.0
```

```
        DO 20 I=1,V
        CALL NORM(IX,EX,SM,Z1,Z2,X1)
        B1 = Z1
        B2 = Z2
        IF (M.EQ.0) THEN
        M = 1
        A = A+(B1**2)
        ELSE
        M = 0
        B2 = Z2
        A = A+(B2**2)
        ENDIF
20      CONTINUE
        CSQ = A
        RETURN
        END SUBROUTINE

!                      ***** T DISTRIBUTION *****
        SUBROUTINE SDT(IX,EX,SM,V,T)
        INTEGER G
        REAL C,Z,V,T
        CALL NORM(IX,EX,SM,Z1,Z2,X1)
        IF (G.EQ.0) THEN
        Z = Z1
        G = 1
        ELSE
        G = 0
        Z = Z2
        ENDIF
```

```
        CALL CHI(IX,EX,SM,V,CSQ)
        C = CSQ
        T = Z/SQRT(C/V)
        RETURN
        END SUBROUTINE

!                    ***** INTERVAL KNOW SIGMA *****
        SUBROUTINE IKS(SM,N,ZZ,TT,SUM,XBAR,LOZ,HIZ,LOT,HIT)
        REAL LOZ,HIZ,LOT,HIT,SM,N,ZZ,TT
        DOUBLE PRECISION SUM
        XBAR = SUM/N
        SD = SQRT(SM)
        LOZ = XBAR-(ZZ*(SD/SQRT(N)))
        HIZ = XBAR+(ZZ*(SD/SQRT(N)))
        LOT = XBAR-(TT*(SD/SQRT(N)))
        HIT = XBAR+(TT*(SD/SQRT(N)))
        RETURN
        END SUBROUTINE

!                    ***** INTERVAL UNKNOW SIGMA *****
        SUBROUTINE IUS(N,ZZ,TT,SUM,SUM2,XBAR,LOUZ,HIUZ,LOUT,HIUT)
        REAL LOUZ,HIUZ,N,LOUT,HIUT
        DOUBLE PRECISION SUM,SUM2
        XBAR = SUM/N
        SD = SQRT((SUM2 - (SUM**2/N))/(N-1))
!       WRITE(10,'("SD=",F12.4)')SD
        LOUZ = XBAR-(ZZ*(SD/SQRT(N)))
        HIUZ = XBAR+(ZZ*(SD/SQRT(N)))
        LOUT = XBAR-(TT*(SD/SQRT(N)))
```

```
        HIUT = XBAR+(TT*(SD/SQRT(N)))
        RETURN
        END SUBROUTINE

!                    ***** SET VALUE Z TABLE *****
        SUBROUTINE Z_TA(LF,ZZ)
        INTEGER NOUT
        REAL ANORIN,P,ZZ,LF,LF2
        EXTERNAL ANORIN,UMACH
        CALL UMACH (2, NOUT)
        LF2 = LF / 2.0
        P = 1 - LF2
        ZZ = ANORIN(P)
        END SUBROUTINE

!                    ***** SET VALUE T TABLE *****
        SUBROUTINE T_TA(N,LF,TT)
        INTEGER NOUT
        REAL DF,P,TT,TIN,LF,LF2,N
        EXTERNAL TIN, UMACH
        CALL UMACH (2, NOUT)
        LF2 = LF / 2.0
        P = 1 - LF2
        DF = N - 1
        TT  = TIN(P,DF)
        END SUBROUTINE
```

ภาคผนวก ค

ตารางที่ ค. ตาราง RAMBERG เพื่อใช้ในการกำหนดพารามิเตอร์แลมดาของการแจกแจงแลมดาของตูกีร์ จำแนกตามค่าความเบ้ α_3 และความโด่ง α_4 เมื่อ $\mu = 0.0$ และ $\sigma^2 = 1.0$

$\alpha_3 = 0.0$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
1.8	.0	.5774	1.0000	1.0000
2.0	.0	.4952	.5843	.5843
2.2	.0	.4197	.4092	.4092
2.4	.0	.3533	.3032	.3032
2.6	.0	.2949	.2303	.2303
2.8	.0	.2433	.1765	.1765
3.0	.0	.1974	.1349	.1349
3.2	.0	.1563	.1016	.1016
3.4	.0	.1191	.0742	.0742
3.6	.0	.0852	.0512	.0512
3.8	.0	.0545	.0317	.0317
4.0	.0	.0252	.0148	.0148
4.1	.0	.0128	.7140+	.7140+
4.2	.0	-.0659+	-.0363+	-.0363+
4.3	.0	-.0123	-.6706+	-.6706+
4.4	.0	-.0241	-.0130	-.0130
4.6	.0	-.0466	-.0246	-.0246
4.8	.0	-.0676	-.0350	-.0350
5.0	.0	-.0870	-.0443	-.0443
5.2	.0	-.1053	-.0528	-.0528
5.4	.0	-.1227	-.0606	-.0606
5.6	.0	-.1389	-.0677	-.0677
5.8	.0	-.1541	-.0742	-.0742
6.0	.0	-.1686	-.0802	-.0802
6.2	.0	-.1823	-.0858	-.0858
6.4	.0	-.1954	-.0910	-.0910
6.6	.0	-.2077	-.0958	-.0958
6.8	.0	-.2194	-.1003	-.1003
7.0	.0	-.2306	-.1045	-.1045
7.2	.0	-.2414	-.1085	-.1085
7.4	.0	-.2518	-.1123	-.1123
7.6	.0	-.2615	-.1158	-.1158
7.8	.0	-.2709	-.1191	-.1191
8.0	.0	-.2800	-.1223	-.1223
8.2	.0	-.2887	-.1253	-.1253
8.4	.0	-.2969	-.1281	-.1281
8.6	.0	-.3050	-.1308	-.1308
8.8	.0	-.3128	-.1334	-.1334
9.0	.0	-.3203	-.1359	-.1359

$\alpha_3 = 0.05$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
1.8	-1.703	.2861	.0000	.9502*
2.0	-1.229	.3122	.0505	.7603
2.2	-.802	.3314	.1128	.5802
2.4	-.375	.3328	.1876	.3941
2.6	-.143	.2924	.1973	.2605
2.8	-.083	.2429	.1625	.1903
3.0	-.059	.1975	.1276	.1425
3.2	-.046	.1565	.0974	.1061
3.4	-.038	.1194	.0718	.0770
3.6	-.033	.0856	.0499	.0530
3.8	-.027	.0548	.0311	.0327
4.0	-.026	.0264	.0146	.0153
4.1	-.024	.0132	.7184+	.7504+
4.2	-.024	.0704+	.0380+	.0397+
4.3	-.022	-.0120	-.6386+	-.6643+
4.4	-.022	-.0238	-.0126	-.0131
4.6	-.018	-.0462	-.0240	-.0248
4.8	-.019	-.0671	-.0342	-.0351
5.0	-.016	-.0867	-.0435	-.0448
5.2	-.016	-.1050	-.0519	-.0534
5.4	-.015	-.1222	-.0596	-.0612
5.6	-.014	-.1386	-.0667	-.0684
5.8	-.014	-.1538	-.0731	-.0750
6.0	-.013	-.1682	-.0791	-.0810
6.2	-.012	-.1820	-.0847	-.0866
6.4	-.012	-.1950	-.0899	-.0918
6.6	-.012	-.2074	-.0947	-.0967
6.8	-.011	-.2192	-.0992	-.1012
7.0	-.011	-.2303	-.1034	-.1054
7.2	-.010	-.2411	-.1074	-.1094
7.4	-.010	-.2515	-.1112	-.1132
7.6	-.979+	-.2613	-.1147	-.1167
7.8	-.999+	-.2707	-.1180	-.1201
8.0	-.928+	-.2797	-.1212	-.1232
8.2	-.906+	-.2884	-.1242	-.1262
8.4	-.931+	-.2968	-.1270	-.1291
8.6	-.912+	-.3048	-.1297	-.1318
8.8	-.852+	-.3125	-.1323	-.1343
9.0	-.837+	-.3201	-.1348	-.1368

$\alpha_3 = 0.10$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
1.8	-1.678	.2835	.0000*	.9071
2.0	-1.271	.3028	.0412	.7373
2.2	-.872	.3177	.0941	.5708
2.4	-.515	.3164	.1477	.4116
2.6	-.269	.2863	.1678	.2831
2.8	-.164	.2417	.1486	.2033
3.0	-.117	.1977	.1205	.1503
3.2	-.092	.1572	.0936	.1111
3.4	-.076	.1203	.0698	.0803
3.6	-.065	.0666	.0490	.0552
3.8	-.057	.0558	.0308	.0342
4.0	-.049	.0276	.0149	.0163
4.1	-.048	.0142	.7606+	.8302+
4.2	-.046	.1440+	.0762+	.0828+
4.3	-.044	-.0109	-.5703+	-.6174+
4.4	-.041	-.0227	-.0118	-.0127
4.6	-.037	-.0452	-.0231	-.0247
4.8	-.036	-.0661	-.0332	-.0354
5.0	-.033	-.0657	-.0424	-.0450
5.2	-.032	-.1040	-.0507	-.0537
5.4	-.030	-.1213	-.0584	-.0616
5.6	-.028	-.1375	-.0654	-.0688
5.8	-.027	-.1530	-.0719	-.0755
6.0	-.027	-.1674	-.0778	-.0816
6.2	-.025	-.1811	-.0834	-.0872
6.4	-.024	-.1943	-.0886	-.0925
6.6	-.023	-.2066	-.0934	-.0973
6.8	-.023	-.2184	-.0979	-.1019
7.0	-.022	-.2297	-.1021	-.1062
7.2	-.021	-.2405	-.1061	-.1102
7.4	-.020	-.2507	-.1099	-.1139
7.6	-.020	-.2606	-.1134	-.1175
7.8	-.020	-.2699	-.1167	-.1208
8.0	-.019	-.2791	-.1199	-.1240
8.2	-.019	-.2878	-.1229	-.1270
8.4	-.018	-.2961	-.1258	-.1298
8.6	-.017	-.3041	-.1285	-.1325
8.8	-.017	-.3119	-.1311	-.1351
9.0	-.017	-.3193	-.1335	-.1376

$\alpha_3 = 0.15$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
1.8	-1.655	.2811	.0000*	.8700*
2.0	-1.323	.2934	.0314	.7204
2.2	-.940	.3056	.0782	.5623
2.4	-.617	.3031	.1215	.4194
2.6	-.376	.2791	.1435	.2994
2.8	-.244	.2397	.1350	.2156
3.0	-.177	.1980	.1135	.1586
3.2	-.138	.1584	.0901	.1167
3.4	-.114	.1219	.0682	.0843
3.6	-.098	.0884	.0485	.0581
3.8	-.086	.0577	.0310	.0363
4.0	-.076	.0294	.0155	.0178
4.1	-.073	.0160	.8378+	.9564+
4.2	-.069	.3217+	.1667+	.1890+
4.3	-.066	-.9113+	-.4680+	-.5278+
4.4	-.063	-.0210	-.0107	-.0120
4.6	-.058	-.0435	-.0218	-.0242
4.8	-.055	-.0644	-.0318	-.0351
5.0	-.051	-.0842	-.0410	-.0449
5.2	-.048	-.1025	-.0493	-.0537
5.4	-.045	-.1198	-.0569	-.0617
5.6	-.043	-.1361	-.0639	-.0690
5.8	-.042	-.1514	-.0703	-.0757
6.0	-.040	-.1660	-.0763	-.0819
6.2	-.038	-.1798	-.0819	-.0876
6.4	-.037	-.1928	-.0870	-.0929
6.6	-.035	-.2053	-.0919	-.0978
6.8	-.034	-.2172	-.0964	-.1024
7.0	-.033	-.2284	-.1006	-.1067
7.2	-.032	-.2392	-.1046	-.1107
7.4	-.031	-.2496	-.1084	-.1145
7.6	-.030	-.2593	-.1119	-.1180
7.8	-.029	-.2688	-.1153	-.1214
8.0	-.028	-.2780	-.1185	-.1246
8.2	-.028	-.2866	-.1215	-.1276
8.4	-.027	-.2948	-.1243	-.1304
8.6	-.027	-.3031	-.1271	-.1332
8.8	-.026	-.3108	-.1297	-.1357
9.0	-.025	-.3183	-.1322	-.1382

$\alpha_3 = 0.20$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
2.0	-1.387	.2841	.0212	.7090
2.2	-1.011	.2947	.0638	.5571
2.4	-.706	.2919	.1013	.4246
2.6	-.471	.2718	.1233	.3120
2.8	-.322	.2374	.1221	.2273
3.0	-.237	.1983	.1065	.1672
3.2	-.187	.1599	.0866	.1230
3.4	-.154	.1240	.0667	.0889
3.6	-.132	.0908	.0482	.0615
3.8	-.116	.0601	.0314	.0389
4.0	-.103	.0318	.0164	.0198
4.1	-.097	.0185	.9467+	.0113
4.2	-.093	.5707+	.2894+	.3429+
4.3	-.089	-.6641+	-.3342+	-.3929+
4.4	-.085	-.0185	-.9261+	-.0108
4.6	-.079	-.0410	-.0202	-.0233
4.8	-.074	-.0622	-.0302	-.0345
5.0	-.069	-.0818	-.0392	-.0444
5.2	-.065	-.1003	-.0475	-.0534
5.4	-.061	-.1176	-.0551	-.0615
5.6	-.058	-.1339	-.0621	-.0689
5.8	-.055	-.1494	-.0686	-.0757
6.0	-.053	-.1639	-.0745	-.0819
6.2	-.051	-.1778	-.0801	-.0877
6.4	-.049	-.1909	-.0853	-.0930
6.6	-.047	-.2034	-.0901	-.0980
6.8	-.045	-.2153	-.0947	-.1026
7.0	-.044	-.2265	-.0989	-.1069
7.2	-.043	-.2374	-.1029	-.1110
7.4	-.041	-.2477	-.1067	-.1148
7.6	-.040	-.2577	-.1103	-.1184
7.8	-.039	-.2671	-.1136	-.1218
8.0	-.038	-.2762	-.1168	-.1250
8.2	-.037	-.2850	-.1199	-.1280
8.4	-.036	-.2935	-.1228	-.1309
8.6	-.035	-.3014	-.1255	-.1336
8.8	-.035	-.3092	-.1281	-.1362
9.0	-.034	-.3168	-.1306	-.1387
9.2	-.034	-.3241	-.1330	-.1411

$\alpha_3 = 0.25$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
2.0	-1.465	.2748	.0105	.7034
2.2	-1.084	.2847	.0506	.5548
2.4	-.790	.2820	.0843	.4294
2.6	-.558	.2650	.1062	.3226
2.8	-.398	.2349	.1099	.2385
3.0	-.298	.1987	.0996	.1763
3.2	-.237	.1619	.0831	.1300
3.4	-.196	.1266	.0653	.0942
3.6	-.167	.0937	.0481	.0656
3.8	-.147	.0632	.0321	.0421
4.0	-.131	.0351	.0176	.0224
4.1	-.126	.0217	.0108	.0136
4.2	-.118	.8889+	.4408+	.5467+
4.3	-.113	-.3476+	-.1713+	-.2103+
4.4	-.108	-.0154	-.7340+	-.9175+
4.6	-.099	-.0380	-.0184	-.0220
4.8	-.094	-.0591	-.0282	-.0334
5.0	-.087	-.0790	-.0373	-.0436
5.2	-.082	-.0974	-.0455	-.0527
5.4	-.077	-.1149	-.0531	-.0610
5.6	-.073	-.1312	-.0601	-.0685
5.8	-.070	-.1467	-.0665	-.0754
6.0	-.067	-.1613	-.0725	-.0817
6.2	-.064	-.1753	-.0781	-.0876
6.4	-.062	-.1885	-.0833	-.0930
6.6	-.059	-.2010	-.0882	-.0980
6.8	-.058	-.2129	-.0927	-.1027
7.0	-.055	-.2242	-.0970	-.1070
7.2	-.054	-.2350	-.1010	-.1111
7.4	-.052	-.2455	-.1048	-.1150
7.6	-.051	-.2554	-.1084	-.1186
7.8	-.049	-.2649	-.1118	-.1220
8.0	-.048	-.2742	-.1151	-.1252
8.2	-.047	-.2829	-.1181	-.1283
8.4	-.046	-.2914	-.1210	-.1312
8.6	-.044	-.2995	-.1238	-.1339
8.8	-.044	-.3072	-.1264	-.1365
9.0	-.043	-.3147	-.1289	-.1390
9.2	-.042	-.3220	-.1313	-.1414

ตารางที่ ค. (ต่อ)

$\alpha_3 = 0.30$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
2.0	-1.550	.2660	.0000	.7020
2.2	-1.164	.2755	.0380	.5556
2.4	-.871	.2733	.0695	.4348
2.6	-.642	.2586	.0911	.3324
2.8	-.474	.2323	.0983	.2495
3.0	-.362	.1991	.0925	.1859
3.2	-.288	.1641	.0796	.1377
3.4	-.239	.1298	.0640	.1003
3.6	-.204	.0973	.0481	.0704
3.8	-.179	.0671	.0330	.0460
4.0	-.160	.0389	.0190	.0255
4.2	-.144	.0127	.6175+	.8035+
4.3	-.138	.0789+	.0380+	.0489+
4.4	-.131	-.0116	-.5554+	-.7057+
4.5	-.129	-.0231	-.0110	-.0139
4.6	-.121	-.0343	-.0163	-.0203
4.8	-.113	-.0554	-.0260	-.0319
5.0	-.105	-.0752	-.0350	-.0423
5.2	-.100	-.0939	-.0432	-.0517
5.4	-.094	-.1114	-.0508	-.0601
5.6	-.089	-.1279	-.0578	-.0678
5.8	-.085	-.1435	-.0643	-.0748
6.0	-.081	-.1582	-.0703	-.0812
6.2	-.078	-.1722	-.0759	-.0872
6.4	-.075	-.1854	-.0811	-.0927
6.6	-.072	-.1979	-.0860	-.0977
6.8	-.069	-.2100	-.0906	-.1025
7.0	-.067	-.2214	-.0949	-.1069
7.2	-.065	-.2325	-.0990	-.1111
7.4	-.063	-.2427	-.1028	-.1149
7.6	-.061	-.2528	-.1064	-.1186
7.8	-.060	-.2623	-.1098	-.1220
8.0	-.058	-.2716	-.1131	-.1253
8.2	-.056	-.2805	-.1162	-.1284
8.4	-.055	-.2889	-.1191	-.1313
8.6	-.054	-.2971	-.1219	-.1341
8.8	-.053	-.3050	-.1246	-.1367
9.0	-.052	-.3125	-.1271	-.1392
9.2	-.051	-.3197	-.1295	-.1416

$\alpha_3 = 0.35$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
2.0	-1.539	.2639	.0000+	.6836+
2.2	-1.252	.2668	.0256	.5599
2.4	-.955	.2653	.0559	.4415
2.6	-.724	.2528	.0775	.3423
2.8	-.550	.2298	.0873	.2606
3.0	-.427	.1996	.0854	.1961
3.2	-.343	.1665	.0758	.1462
3.4	-.285	.1333	.0625	.1072
3.6	-.243	.1014	.0482	.0760
3.8	-.213	.0714	.0340	.0505
4.0	-.191	.0434	.0206	.0293
4.2	-.172	.0173	.8158+	.0112
4.3	-.163	.4870+	.2293+	.3090+
4.4	-.156	-.7105+	-.3332+	-.4431+
4.5	-.151	-.0187	-.8723+	-.0115
4.6	-.142	-.0298	-.0139	-.0180
4.8	-.132	-.0511	-.0236	-.0300
5.0	-.124	-.0710	-.0325	-.0407
5.2	-.117	-.0898	-.0407	-.0503
5.4	-.110	-.1074	-.0483	-.0589
5.6	-.105	-.1240	-.0553	-.0668
5.8	-.100	-.1396	-.0618	-.0739
6.0	-.096	-.1545	-.0678	-.0805
6.2	-.091	-.1685	-.0735	-.0865
6.4	-.088	-.1818	-.0787	-.0921
6.6	-.085	-.1945	-.0836	-.0973
6.8	-.082	-.2067	-.0883	-.1021
7.0	-.079	-.2181	-.0926	-.1066
7.2	-.077	-.2291	-.0967	-.1108
7.4	-.074	-.2396	-.1006	-.1147
7.6	-.072	-.2496	-.1042	-.1184
7.8	-.070	-.2593	-.1077	-.1219
8.0	-.068	-.2685	-.1109	-.1252
8.2	-.066	-.2775	-.1141	-.1283
8.4	-.065	-.2860	-.1170	-.1313
8.6	-.064	-.2942	-.1198	-.1341
8.8	-.062	-.3020	-.1225	-.1367
9.0	-.060	-.3096	-.1251	-.1392
9.2	-.059	-.3172	-.1276	-.1417

$\alpha_3 = 0.40$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
2.2	-1.354	.2582	.0129	.5683
2.4	-1.043	.2580	.0430	.4500
2.6	-.808	.2473	.0648	.3527
2.8	-.627	.2273	.0767	.2720
3.0	-.494	.2000	.0782	.2069
3.2	-.400	.1690	.0718	.1555
3.4	-.333	.1371	.0609	.1149
3.6	-.284	.1060	.0482	.0824
3.8	-.248	.0764	.0351	.0558
4.0	-.222	.0485	.0223	.0337
4.2	-.200	.0224	.0103	.0149
4.3	-.190	.0100	.4597+	.6521+
4.4	-.182	-.0397+	-.0182+	-.0254++
4.5	-.174	-.0136	-.6204+	-.8533+
4.6	-.166	-.0248	-.0113	-.0153
4.8	-.155	-.0462	-.0209	-.0277
5.0	-.146	-.0662	-.0297	-.0387
5.2	-.136	-.0850	-.0379	-.0485
5.4	-.129	-.1027	-.0455	-.0574
5.6	-.122	-.1194	-.0525	-.0654
5.8	-.115	-.1352	-.0591	-.0727
6.0	-.111	-.1501	-.0651	-.0794
6.2	-.106	-.1643	-.0708	-.0856
6.4	-.102	-.1778	-.0761	-.0913
6.6	-.098	-.1906	-.0811	-.0966
6.8	-.094	-.2026	-.0857	-.1014
7.0	-.091	-.2142	-.0901	-.1060
7.2	-.089	-.2253	-.0942	-.1103
7.4	-.086	-.2359	-.0981	-.1143
7.6	-.083	-.2459	-.1018	-.1180
7.8	-.081	-.2558	-.1053	-.1216
8.0	-.079	-.2650	-.1086	-.1249
8.2	-.077	-.2741	-.1118	-.1281
8.4	-.075	-.2827	-.1148	-.1311
8.6	-.073	-.2908	-.1176	-.1339
8.8	-.072	-.2988	-.1203	-.1366
9.0	-.070	-.3064	-.1229	-.1391
9.2	-.069	-.3139	-.1254	-.1416
9.4	-.067	-.3210	-.1278	-.1439

$\alpha_3 = 0.45$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
2.2	-1.471	.2500	.0000	.5812
2.4	-1.138	.2511	.0305	.4608
2.6	-.894	.2424	.0528	.3641
2.8	-.707	.2248	.0663	.2840
3.0	-.565	.2003	.0707	.2184
3.2	-.460	.1716	.0674	.1657
3.4	-.384	.1412	.0590	.1236
3.6	-.329	.1110	.0480	.0897
3.8	-.287	.0818	.0361	.0619
4.0	-.255	.0542	.0241	.0388
4.2	-.230	.0282	.0126	.0193
4.3	-.221	.0158	.7045+	.0106
4.4	-.208	.4102+	.1833+	.2691+
4.5	-.200	-.7861+	-.3505+	-.5065+
4.6	-.192	-.0191	-.8511+	-.0121
4.8	-.178	-.0406	-.0180	-.0249
5.0	-.165	-.0607	-.0268	-.0362
5.2	-.157	-.0796	-.0349	-.0464
5.4	-.147	-.0975	-.0425	-.0555
5.6	-.140	-.1142	-.0495	-.0637
5.8	-.132	-.1302	-.0561	-.0712
6.0	-.127	-.1453	-.0622	-.0781
6.2	-.121	-.1595	-.0679	-.0844
6.4	-.116	-.1731	-.0733	-.0902
6.6	-.112	-.1660	-.0783	-.0956
6.8	-.108	-.1983	-.0830	-.1006
7.0	-.104	-.2098	-.0874	-.1052
7.2	-.101	-.2211	-.0916	-.1096
7.4	-.097	-.2316	-.0955	-.1136
7.6	-.095	-.2419	-.0992	-.1175
7.8	-.092	-.2518	-.1028	-.1211
8.0	-.090	-.2611	-.1061	-.1245
8.2	-.088	-.2702	-.1093	-.1277
8.4	-.085	-.2789	-.1124	-.1307
8.6	-.084	-.2871	-.1152	-.1336
8.8	-.081	-.2952	-.1180	-.1363
9.0	-.080	-.3029	-.1206	-.1389
9.2	-.078	-.3102	-.1231	-.1413
9.4	-.076	-.3176	-.1256	-.1437

$\alpha_3 = 0.50$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
2.4	-1.245	.2445	.0178	.4748
2.6	-.987	.2376	.0410	.3770
2.8	-.790	.2225	.0561	.2969
3.0	-.639	.2006	.0630	.2307
3.2	-.525	.1742	.0625	.1768
3.4	-.440	.1454	.0566	.1332
3.6	-.376	.1163	.0476	.0979
3.8	-.329	.0877	.0369	.0689
4.0	-.290	.0604	.0259	.0447
4.2	-.262	.0345	.0149	.0243
4.3	-.248	.0221	.9582+	.0152
4.4	-.238	.0101	.4383+	.6815+
4.5	-.228	-.1612+	-.0700+	-.1066+
4.6	-.219	-.0128	-.5570+	-.8334+
4.8	-.202	-.0344	-.0149	-.0216
5.0	-.188	-.0546	-.0236	-.0333
5.2	-.177	-.0737	-.0317	-.0438
5.4	-.167	-.0917	-.0393	-.0532
5.6	-.157	-.1087	-.0464	-.0617
5.8	-.150	-.1246	-.0529	-.0694
6.0	-.142	-.1398	-.0591	-.0764
6.2	-.137	-.1542	-.0648	-.0829
6.4	-.131	-.1679	-.0702	-.0889
6.6	-.126	-.1809	-.0753	-.0944
6.8	-.122	-.1933	-.0800	-.0995
7.0	-.117	-.2050	-.0845	-.1042
7.2	-.114	-.2163	-.0887	-.1087
7.4	-.110	-.2270	-.0927	-.1126
7.6	-.107	-.2374	-.0965	-.1167
7.8	-.104	-.2473	-.1001	-.1204
8.0	-.101	-.2567	-.1035	-.1238
8.2	-.098	-.2659	-.1067	-.1271
8.4	-.095	-.2745	-.1098	-.1301
8.6	-.094	-.2830	-.1127	-.1331
8.8	-.091	-.2910	-.1155	-.1358
9.0	-.089	-.2986	-.1181	-.1384
9.2	-.088	-.3064	-.1207	-.1410
9.4	-.086	-.3134	-.1231	-.1433
9.6	-.084	-.3206	-.1255	-.1456

$\alpha_3 = 0.55$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
2.4	-1.370	.2379	.4463+	.4931
2.6	-1.037	.2331	.0292	.3920
2.8	-.878	.2202	.0459	.3109
3.0	-.716	.2009	.0551	.2440
3.2	-.593	.1767	.0572	.1889
3.4	-.499	.1497	.0538	.1438
3.6	-.428	.1217	.0467	.1070
3.8	-.372	.0940	.0376	.0767
4.0	-.330	.0670	.0275	.0514
4.2	-.298	.0413	.0172	.0301
4.4	-.265	.0170	.7149+	.0118
4.5	-.257	.5355+	.2258+	.3644+
4.6	-.247	-.5954+	-.2515+	-.3975+
4.7	-.237	-.0169	-.7160+	-.0111
4.8	-.227	-.0276	-.0117	-.0178
5.0	-.213	-.0480	-.0203	-.0300
5.2	-.200	-.0671	-.0283	-.0408
5.4	-.187	-.0852	-.0359	-.0505
5.6	-.177	-.1024	-.0430	-.0593
5.8	-.169	-.1184	-.0495	-.0672
6.0	-.161	-.1338	-.0557	-.0745
6.2	-.153	-.1483	-.0615	-.0811
6.4	-.147	-.1620	-.0669	-.0872
6.6	-.141	-.1753	-.0721	-.0929
6.8	-.136	-.1878	-.0769	-.0981
7.0	-.131	-.1997	-.0814	-.1030
7.2	-.127	-.2111	-.0857	-.1075
7.4	-.123	-.2216	-.0897	-.1117
7.6	-.119	-.2322	-.0935	-.1157
7.8	-.115	-.2422	-.0972	-.1194
8.0	-.113	-.2519	-.1006	-.1230
8.2	-.110	-.2610	-.1039	-.1263
8.4	-.107	-.2698	-.1070	-.1294
8.6	-.104	-.2784	-.1100	-.1324
8.8	-.102	-.2864	-.1128	-.1352
9.0	-.100	-.2943	-.1155	-.1379
9.2	-.097	-.3019	-.1181	-.1404
9.4	-.095	-.3092	-.1206	-.1428
9.6	-.094	-.3164	-.1230	-.1452

ตารางที่ ค. (ต่อ)

$\alpha_3 = 0.60$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
2.4	-1.411	.2347	.0000+	.4951+
2.6	-1.198	.2286	.0171	.4098
2.8	-.972	.2180	.0355	.3265
3.0	-.800	.2009	.0467	.2583
3.2	-.665	.1791	.0514	.2020
3.4	-.562	.1539	.0504	.1554
3.6	-.482	.1273	.0454	.1171
3.8	-.420	.1005	.0379	.0854
4.0	-.372	.0740	.0289	.0589
4.2	-.335	.0486	.0194	.0366
4.4	-.302	.0244	.9911+	.0175
4.5	-.289	.0128	.5215+	.8965+
4.6	-.277	.1492+	.0611+	.1025+
4.7	-.266	-.9531+	-.3916+	-.6425+
4.8	-.256	-.0202	-.8326+	-.0134
5.0	-.238	-.0407	-.0168	-.0261
5.2	-.222	-.0600	-.0248	-.0373
5.4	-.209	-.0782	-.0323	-.0474
5.6	-.197	-.0956	-.0394	-.0565
5.8	-.187	-.1118	-.0460	-.0647
6.0	-.179	-.1273	-.0522	-.0722
6.2	-.171	-.1419	-.0580	-.0790
6.4	-.163	-.1559	-.0635	-.0853
6.6	-.157	-.1691	-.0686	-.0911
6.8	-.151	-.1818	-.0735	-.0965
7.0	-.146	-.1938	-.0781	-.1015
7.2	-.141	-.2052	-.0824	-.1061
7.4	-.137	-.2163	-.0865	-.1105
7.6	-.132	-.2267	-.0904	-.1145
7.8	-.128	-.2368	-.0941	-.1183
8.0	-.124	-.2465	-.0976	-.1219
8.2	-.121	-.2557	-.1009	-.1253
8.4	-.118	-.2647	-.1041	-.1285
8.6	-.115	-.2732	-.1071	-.1315
8.8	-.113	-.2815	-.1100	-.1344
9.0	-.110	-.2894	-.1127	-.1371
9.2	-.108	-.2970	-.1153	-.1397
9.4	-.105	-.3045	-.1179	-.1422
9.6	-.103	-.3116	-.1203	-.1445

$\alpha_3 = 0.65$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
2.6	-1.329	.2240	.3908+	.4318
2.8	-1.076	.2157	.0246	.3443
3.0	-.889	.2010	.0380	.2742
3.2	-.744	.1812	.0449	.2162
3.4	-.630	.1582	.0464	.1682
3.6	-.542	.1330	.0435	.1283
3.8	-.472	.1072	.0377	.0952
4.0	-.418	.0813	.0300	.0674
4.2	-.374	.0564	.0215	.0440
4.4	-.338	.0323	.0126	.0239
4.5	-.324	.0207	.8137+	.0150
4.6	-.310	.9399+	.3719+	.6660+
4.7	-.297	-.1593+	-.0634+	-.1106+
4.8	-.285	-.0123	-.4921+	-.8391+
5.0	-.265	-.0328	-.0132	-.0216
5.2	-.248	-.0524	-.0211	-.0334
5.4	-.231	-.0707	-.0286	-.0438
5.6	-.219	-.0880	-.0356	-.0532
5.8	-.209	-.1046	-.0422	-.0618
6.0	-.198	-.1201	-.0484	-.0695
6.2	-.189	-.1350	-.0543	-.0766
6.4	-.181	-.1491	-.0598	-.0831
6.6	-.174	-.1625	-.0650	-.0891
6.8	-.167	-.1753	-.0700	-.0946
7.0	-.161	-.1874	-.0746	-.0997
7.2	-.155	-.1991	-.0790	-.1045
7.4	-.150	-.2100	-.0831	-.1089
7.6	-.145	-.2208	-.0871	-.1131
7.8	-.141	-.2309	-.0908	-.1170
8.0	-.137	-.2407	-.0944	-.1207
8.2	-.134	-.2501	-.0977	-.1242
8.4	-.130	-.2591	-.1010	-.1274
8.6	-.127	-.2677	-.1040	-.1305
8.8	-.124	-.2761	-.1069	-.1335
9.0	-.121	-.2840	-.1097	-.1362
9.2	-.119	-.2919	-.1124	-.1389
9.4	-.116	-.2994	-.1150	-.1414
9.6	-.114	-.3065	-.1174	-.1438
9.8	-.112	-.3136	-.1198	-.1461

$\alpha_3 = 0.70$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
2.6	-1.368	.2217	.0000+	.4353
2.8	-1.194	.2132	.0130	.3651
3.0	-.987	.2008	.0286	.2918
3.2	-.828	.1833	.0378	.2319
3.4	-.704	.1621	.0416	.1821
3.6	-.606	.1385	.0409	.1406
3.8	-.529	.1139	.0369	.1060
4.0	-.467	.0889	.0307	.0768
4.2	-.419	.0643	.0232	.0522
4.4	-.379	.0406	.0151	.0312
4.6	-.344	.0178	.6767+	.0130
4.7	-.331	.6799+	.2607+	.4872+
4.8	-.317	-.3917+	-.1512+	-.2750+
4.9	-.305	-.0144	-.5574+	-.9893+
5.0	-.294	-.0245	-.9565+	-.0166
5.2	-.276	-.0441	-.0173	-.0289
5.4	-.257	-.0626	-.0247	-.0398
5.6	-.243	-.0802	-.0317	-.0496
5.8	-.229	-.0967	-.0383	-.0584
6.0	-.219	-.1125	-.0445	-.0665
6.2	-.209	-.1275	-.0504	-.0738
6.4	-.199	-.1417	-.0560	-.0805
6.6	-.191	-.1554	-.0613	-.0867
6.8	-.184	-.1682	-.0662	-.0924
7.0	-.177	-.1805	-.0709	-.0977
7.2	-.170	-.1923	-.0754	-.1026
7.4	-.165	-.2036	-.0796	-.1072
7.6	-.160	-.2144	-.0836	-.1115
7.8	-.155	-.2246	-.0874	-.1155
8.0	-.151	-.2346	-.0910	-.1193
8.2	-.147	-.2439	-.0944	-.1228
8.4	-.143	-.2532	-.0977	-.1262
8.6	-.139	-.2618	-.1008	-.1293
8.8	-.136	-.2703	-.1038	-.1323
9.0	-.133	-.2784	-.1066	-.1352
9.2	-.130	-.2862	-.1093	-.1379
9.4	-.127	-.2937	-.1119	-.1406
9.6	-.125	-.3011	-.1144	-.1429
9.8	-.122	-.3081	-.1168	-.1452

$\alpha_3 = 0.75$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
2.8	-1.334	.2104	.0000	.3903
3.0	-1.097	.2003	.0183	.3119
3.2	-.921	.1850	.0299	.2492
3.4	-.785	.1658	.0360	.1974
3.6	-.677	.1440	.0375	.1542
3.8	-.590	.1206	.0355	.1179
4.0	-.521	.0966	.0309	.0873
4.2	-.466	.0726	.0246	.0614
4.4	-.419	.0492	.0174	.0392
4.6	-.384	.0266	.9663+	.0202
4.7	-.367	.0156	.5749+	.0116
4.8	-.352	.4940+	.1833+	.3583+
4.9	-.339	-.5509+	-.2061+	-.3916+
5.0	-.324	-.0157	-.5915+	-.0109
5.2	-.306	-.0353	-.0134	-.0238
5.4	-.284	-.0539	-.0207	-.0352
5.6	-.268	-.0716	-.0276	-.0454
5.8	-.254	-.0884	-.0342	-.0547
6.0	-.240	-.1044	-.0405	-.0630
6.2	-.229	-.1195	-.0464	-.0706
6.4	-.219	-.1339	-.0520	-.0776
6.6	-.209	-.1476	-.0573	-.0840
6.8	-.201	-.1607	-.0623	[illegible]
7.0	-.194	-.1731	-.0670	-.0954
7.2	-.188	-.1851	-.0715	-.1005
7.4	-.181	-.1964	-.0758	-.1052
7.6	-.175	-.2074	-.0799	-.1096
7.8	-.170	-.2177	-.0837	-.1137
8.0	-.165	-.2278	-.0874	-.1176
8.2	-.160	-.2375	-.0909	-.1213
8.4	-.156	-.2466	-.0942	-.1247
8.6	-.152	-.2554	-.0974	-.1279
8.8	-.148	-.2640	-.1004	-.1310
9.0	-.145	-.2722	-.1033	-.1339
9.2	-.142	-.2802	-.1061	-.1367
9.4	-.138	-.2879	-.1088	-.1393
9.6	-.135	-.2952	-.1113	-.1418
9.8	-.133	-.3023	-.1137	-.1442
10.0	-.130	-.3093	-.1161	-.1465

$\alpha_3 = 0.80$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
3.0	-1.225	.1996	.6847+	.3356
3.2	-1.025	.1864	.0211	.2687
3.4	-.874	.1692	.0295	.2143
3.6	-.754	.1492	.0333	.1691
3.8	-.657	.1272	.0333	.1310
4.0	-.582	.1042	.0303	.0989
4.2	-.515	.0810	.0254	.0716
4.4	-.468	.0580	.0192	.0482
4.6	-.425	.0357	.0123	.0281
4.8	-.392	.0142	.5035+	.0107
4.9	-.375	.3770+	.1352+	.2770+
5.0	-.361	-.6291+	-.2278+	-.4531+
5.1	-.349	-.0164	-.5981+	-.0116
5.2	-.335	-.0264	-.9598+	-.0181
5.4	-.313	-.0449	-.0167	-.0301
5.6	-.295	-.0626	-.0235	-.0408
5.8	-.279	-.0795	-.0300	-.0504
6.0	-.264	-.0958	-.0363	-.0592
6.2	-.251	-.1110	-.0422	-.0671
6.4	-.240	-.1255	-.0478	-.0743
6.6	-.230	-.1394	-.0531	-.0810
6.8	-.220	-.1527	-.0582	-.0871
7.0	-.212	-.1653	-.0630	-.0928
7.2	-.204	-.1774	-.0676	-.0980
7.4	-.197	-.1889	-.0719	-.1029
7.6	-.191	-.2000	-.0760	-.1075
7.8	-.185	-.2104	-.0799	-.1117
8.0	-.180	-.2205	-.0836	-.1157
8.2	-.174	-.2304	-.0872	-.1195
8.4	-.169	-.2397	-.0906	-.1230
8.6	-.166	-.2488	-.0938	-.1264
8.8	-.161	-.2574	-.0969	-.1295
9.0	-.157	-.2658	-.0999	-.1325
9.2	-.154	-.2737	-.1027	-.1353
9.4	-.150	-.2815	-.1054	-.1380
9.6	-.147	-.2890	-.1080	-.1406
9.8	-.144	-.2962	-.1105	-.1430
10.0	-.141	-.3033	-.1129	-.1454
10.2	-.139	-.3100	-.1152	-.1476

$\alpha_3 = 0.85$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
3.0	-1.303	.1985	.0000+	.3488
3.2	-1.145	.1875	.0110	.2912
3.4	-.973	.1723	.0220	.2332
3.6	-.838	.1541	.0281	.1855
3.8	-.732	.1336	.0301	.1455
4.0	-.645	.1119	.0291	.1117
4.2	-.577	.0895	.0256	.0829
4.4	-.519	.0671	.0206	.0582
4.6	-.472	.0451	.0146	.0370
4.8	-.430	.0238	.8001+	.0185
4.9	-.413	.0134	.4581+	.0102
5.0	-.398	.3503+	.1211+	.2612+
5.1	-.383	-.6701+	-.2345+	-.4896+
5.2	-.370	-.0165	-.5808+	-.0118
5.4	-.344	-.0353	-.0127	-.0244
5.6	-.324	-.0531	-.0193	-.0356
5.8	-.305	-.0703	-.0258	-.0457
6.0	-.290	-.0864	-.0319	-.0548
6.2	-.275	-.1019	-.0378	-.0631
6.4	-.262	-.1168	-.0435	-.0707
6.6	-.251	-.1307	-.0488	-.0776
6.8	-.241	-.1442	-.0539	-.0840
7.0	-.231	-.1570	-.0588	-.0899
7.2	-.223	-.1692	-.0634	-.0953
7.4	-.215	-.1809	-.0678	-.1004
7.6	-.207	-.1921	-.0720	-.1051
7.8	-.201	-.2028	-.0759	-.1095
8.0	-.195	-.2130	-.0797	-.1136
8.2	-.190	-.2229	-.0833	-.1175
8.4	-.184	-.2324	-.0868	-.1211
8.6	-.179	-.2416	-.0901	-.1246
8.8	-.175	-.2503	-.0932	-.1278
9.0	-.171	-.2587	-.0962	-.1309
9.2	-.167	-.2669	-.0991	-.1338
9.4	-.163	-.2748	-.1019	-.1366
9.6	-.159	-.2823	-.1045	-.1392
9.8	-.156	-.2897	-.1071	-.1417
10.0	-.153	-.2967	-.1095	-.1441
10.2	-.150	-.3037	-.1119	-.1464

ตารางที่ ค. (ต่อ)

$\alpha_3 = 0.90$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
3.2	-1.277	.1880	.0000	.3160
3.4	-1.085	.1751	.0133	.2548
3.6	-.933	.1586	.0218	.2039
3.8	-.814	.1397	.0260	.1615
4.0	-.717	.1193	.0269	.1258
4.2	-.639	.0979	.0251	.0953
4.4	-.575	.0762	.0214	.0693
4.6	-.522	.0547	.0164	.0468
4.8	-.478	.0337	.0106	.0273
5.0	-.439	.0132	.4328+	.0102
5.1	-.422	.3339+	.1111+	.2526+
5.2	-.407	-.6388+	-.2154+	-.4735+
5.3	-.394	-.0159	-.5428+	-.0116
5.4	-.379	-.0252	-.8694+	-.0180
5.6	-.353	-.0432	-.0152	-.0298*
5.8	-.334	-.0605	-.0215	-.0405
6.0	-.317	-.0768	-.0275	-.0500
6.2	-.301	-.0924	-.0334	-.0587
6.4	-.287	-.1073	-.0390	-.0666
6.6	-.273	-.1215	-.0444	-.0738
6.8	-.262	-.1352	-.0495	-.0805
7.0	-.252	-.1481	-.0544	-.0866
7.2	-.242	-.1606	-.0591	-.0923
7.4	-.233	-.1723	-.0635	-.0975
7.6	-.225	-.1838	-.0678	-.1024
7.8	-.218	-.1947	-.0718	-.1070
8.0	-.212	-.2051	-.0756	-.1113
8.2	-.205	-.2151	-.0793	-.1153
8.4	-.199	-.2246	-.0828	-.1190
8.6	-.194	-.2340	-.0862	-.1226
8.8	-.189	-.2428	-.0894	-.1259
9.0	-.185	-.2514	-.0924	-.1291
9.2	-.180	-.2597	-.0954	-.1321
9.4	-.176	-.2676	-.0982	-.1349
9.6	-.172	-.2753	-.1009	-.1376
9.8	-.168	-.2827	-.1035	-.1402
10.0	-.165	-.2900	-.1060	-.1427
10.2	-.162	-.2969	-.1084	-.1450
10.4	-.159	-.3035	-.1107	-.1472

$\alpha_3 = 1.00$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
3.4	-1.2[illegible]3	.1772	.0000*	.2854*
3.6	-1.169	.1664	.4828+	.2490
3.8	-1.010	.1509	.0141	.1996
4.0	-.886	.1333	.0193	.1588
4.2	-.787	.1142	.0212	.1244
4.4	-.706	.0943	.0206	.0950
4.6	-.638	.0741	.0182	.0697
4.8	-.581	.0539	.0144	.0477
5.0	-.533	.0340	.9695+	.0285
5.2	-.492	.0146	.4383+	.0117
5.3	-.474	.5192+	.1584+	.4061+
5.4	-.445	-.0317+	-.0101+*	-.0242+*
5.5	-.442	-.0132	-.4176+	-.9946+
5.6	-.429	-.0222	-.7097+	-.0164
5.8	-.403	-.0395	-.0129	-.0282*
6.0	-.379	-.0562	-.0187	-.0388
6.2	-.358	-.0721	-.0244	-.0484
6.4	-.341	-.0873	-.0299	-.0571
6.6	-.325	-.1019	-.0352	-.0651
6.8	-.309	-.1158	-.0404	-.0723
7.0	-.297	-.1291	-.0453	-.0790
7.2	-.285	-.1419	-.0500	-.0852
7.4	-.275	-.1540	-.0545	-.0909
7.6	-.265	-.1658	-.0589	-.0962
7.8	-.256	-.1769	-.0630	-.1011
8.0	-.248	-.1878	-.0670	-.1058
8.2	-.241	-.1980	-.0707	-.1101
8.4	-.233	-.2079	-.0744	-.1141
8.6	-.227	-.2174	-.0778	-.1179
8.8	-.220	-.2267	-.0812	-.1215
9.0	-.215	-.2356	-.0844	-.1249
9.2	-.210	-.2440	-.0874	-.1281
9.4	-.204	-.2522	-.0904	-.1311
9.6	-.200	-.2602	-.0932	-.1340
9.8	-.195	-.2678	-.0959	-.1367
10.0	-.191	-.2752	-.0985	-.1393
10.2	-.187	-.2824	-.1010	-.1418
10.4	-.184	-.2893	-.1034	-.1442
10.6	-.180	-.2959	-.1057	-.1464

$\alpha_3 = 1.10$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
3.8	-1.215	.1582	.0000*	.2379
4.0	-1.108	.1459	.6035+	.2013
4.2	-.974	.1294	.0125	.1607
4.4	-.869	.1117	.0157	.1267
4.6	-.781	.0932	.0165	.0977
4.8	-.708	.0743	.0154	.0727
5.0	-.647	.0552	.0128	.0508
5.2	-.596	.0365	.9168+	.0318
5.4	-.552	.0181	.4839+	.0150
5.5	-.532	.9036+	.2484+	.7342+
5.6	-.517	.0997+	.0279+	.0795+
5.7	-.497	-.8629+	-.2479+	-.6726+
5.8	-.481	-.0173	-.5046+	-.0132
6.0	-.451	-.0340	-.0103	-.0251
6.2	-.427	-.0501	-.0155	-.0358
6.4	-.403	-.0656	-.0208	-.0455
6.6	-.384	-.0805	-.0259	-.0544
6.8	-.366	-.0947	-.0309	-.0624
7.0	-.350	-.1084	-.0358	-.0698
7.2	-.335	-.1214	-.0405	-.0766
7.4	-.322	-.1341	-.0451	-.0829
7.6	-.311	-.1460	-.0494	-.0887
7.8	-.299	-.1577	-.0537	-.0941
8.0	-.289	-.1687	-.0577	-.0991
8.2	-.280	-.1794	-.0616	-.1038
8.4	-.271	-.1896	-.0653	-.1082
8.6	-.263	-.1994	-.0689	-.1123
8.8	-.256	-.2090	-.0724	-.1162
9.0	-.249	-.2180	-.0757	-.1198
9.2	-.242	-.2267	-.0788	-.1232
9.4	-.236	-.2353	-.0819	-.1265
9.6	-.231	-.2435	-.0848	-.1296
9.8	-.226	-.2513	-.0876	-.1325
10.0	-.221	-.2590	-.0903	-.1353
10.2	-.216	-.2664	-.0930	-.1379
10.4	-.211	-.2735	-.0955	-.1404
10.6	-.207	-.2804	-.0979	-.1428
10.8	-.203	-.2870	-.1002	-.1451
11.0	-.199	-.2936	-.1025	-.1473

$\alpha_3 = 1.20$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
4.2	-1.183	.1407	.0000*	.1997
4.4	-1.083	.1278	.5096+	.1675
4.6	-.965	.1113	.9968+	.1329
4.8	-.870	.0941	.0122	.1036
5.0	-.792	.0764	.0124	.0784
5.2	-.723	.0586	.0112	.0565
5.4	-.668	.0408	.8705+	.0372
5.6	-.619	.0233	.5411+	.0202
5.7	-.597	.0146	.3525+	.0124
5.8	-.577	.6088+	.1515+	.5050+
5.9	-.558	-.2319+	-.0594+	-.1884+
6.0	-.562	-.0962+	-.0245+	-.0784+
6.2	-.508	-.0268	-.7343+	-.0206
6.4	-.481	-.0424	-.0120	-.0315
6.6	-.454	-.0575	-.0168	-.0414
6.9	-.432	-.0719	-.0215	-.0504
7.0	-.412	-.0860	-.0262	-.0587
7.2	-.394	-.0993	-.0308	-.0662
7.4	-.378	-.1123	-.0353	-.0732
7.6	-.362	-.1247	-.0397	-.0796
7.8	-.349	-.1366	-.0439	-.0856
8.0	-.337	-.1480	-.0480	-.0911
8.2	-.325	-.1589	-.0519	-.0962
8.4	-.314	-.1695	-.0558	-.1010
8.6	-.305	-.1796	-.0594	-.1055
8.8	-.296	-.1896	-.0630	-.1098
9.0	-.287	-.1990	-.0664	-.1137
9.2	-.280	-.2082	-.0697	-.1175
9.4	-.273	-.2168	-.0728	-.1210
9.6	-.265	-.2253	-.0759	-.1243
9.8	-.259	-.2335	-.0788	-.1275
10.0	-.254	-.2414	-.0816	-.1305
10.2	-.248	-.2490	-.0843	-.1333
10.4	-.242	-.2564	-.0870	-.1360
10.6	-.237	-.2636	-.0895	-.1386
10.8	-.233	-.2704	-.0919	-.1410
11.0	-.228	-.2772	-.0943	-.1434
11.2	-.224	-.2837	-.0966	-.1456
11.4	-.220	-.2901	-.0988	-.1478

$\alpha_3 = 1.30$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
4.6	-1.156	.1244	.0000*	.1679
4.8	-1.084	.1129	.3174+	.1435
5.0	-.975	.0968	.7225+	.1130
5.2	-.886	.0802	.9035+	.0870
5.4	-.812	.0634	.9148+	.0645
5.6	-.739	.0466	.7959+	.0447
5.8	-.695	.0300	.5783+	.0273
6.0	-.604	.0286+	.66195*	.0239+
6.1	-.617	.0446+	.0100+	.0375+*
6.2	-.616	-.0526+	-.0118+	-.0482+
6.3	-.585	-.0104	-.2450+	-.8504+
6.4	-.572	-.0182	-.4399+	-.0146
6.6	-.539	-.0333	-.8469+	-.0258
6.8	-.530	-.0480	-.0127	-.0360
7.0	-.485	-.0622	-.0170	-.0453
7.2	-.463	-.0758	-.0213	-.0538
7.4	-.442	-.0890	-.0256	-.0616
7.6	-.424	-.1017	-.0298	-.0688
7.8	-.407	-.1140	-.0340	-.0754
8.0	-.392	-.1258	-.0380	-.0816
8.2	-.378	-.1372	-.0420	-.0873
8.4	-.365	-.1480	-.0458	-.0926
8.6	-.353	-.1586	-.0495	-.0975
8.8	-.342	-.1687	-.0531	-.1022
9.0	-.332	-.1784	-.0566	-.1065
9.2	-.322	-.1878	-.0600	-.1106
9.4	-.314	-.1969	-.0632	-.1145
9.6	-.305	-.2057	-.0664	-.1181
9.8	-.298	-.2141	-.0694	-.1215
10.0	-.291	-.2223	-.0723	-.1248
10.2	-.284	-.2304	-.0752	-.1279
10.4	-.277	-.2379	-.0779	-.1308
10.6	-.272	-.2453	-.0805	-.1336
10.8	-.266	-.2525	-.0831	-.1362
11.0	-.261	-.2595	-.0855	-.1388*
11.2	-.256	-.2662	-.0879	-.1412
11.4	-.251	-.2728	-.0902	-.1435
11.6	-.246	-.2792	-.0925	-.1457
11.8	-.242	-.2852	-.0946	-.1478

$\alpha_3 = 1.40$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
5.0	-1.132	.1092	.0000*	.1411
5.2	-1.106	.1011	.0787+	.1268
5.4	-1.001	.0855	.4546+	.0991
5.6	-.916	.0697	.6296+	.0754
5.8	-.844	.0538	.6530+	.0547
6.0	-.782	.0379	.5603+	.0365
6.2	-.729	.0222	.3785+	.0204
6.3	-.706	.0145	.2611+	.0130
6.4	-.683	.6822+	.1292+	.5987+
6.5	-.660	-.1226+	-.0244+	-.1052+
6.6	-.643	-.8266+	-.1702+	-.6968+
6.8	-.607	-.0230	-.5060+	-.0187
7.0	-.575	-.0373	-.8670+	-.0293
7.2	-.547	-.0510	-.0124	-.0389
7.4	-.521	-.0645	-.0163	-.0478
7.6	-.498	-.0775	-.0202	-.0559
7.8	-.475	-.0900	-.0242	-.0633*
8.0	-.458	-.1020	-.0280	-.0702
8.2	-.440	-.1137	-.0319	-.0766
8.4	-.423	-.1250	-.0357	-.0825*
8.6	-.410	-.1358	-.0393	-.0881*
8.8	-.395	-.1463	-.0430	-.0932
9.0	-.383	-.1564	-.0465	-.0980
9.2	-.372	-.1662	-.0499	-.1026
9.4	-.361	-.1756	-.0532	-.1068
9.6	-.351	-.1846	-.0564	-.1108
9.8	-.342	-.1935	-.0595	-.1146
10.0	-.333	-.2018	-.0625	-.1181
10.2	-.325	-.2102	-.0655	-.1215
10.4	-.317	-.2181	-.0683	-.1247
10.6	-.310	-.2257	-.0710	-.1277
10.8	-.303	-.2332	-.0737	-.1306
11.0	-.297	-.2405	-.0762	-.1334*
11.2	-.291	-.2475	-.0787	-.1360
11.4	-.285	-.2542	-.0811	-.1385*
11.6	-.279	-.2609	-.0835	-.1409
11.8	-.274	-.2671	-.0857	-.1431
12.0	-.269	-.2734	-.0879	-.1453
12.2	-.265	-.2794	-.0900	-.1474

ตารางที่ ค. (ต่อ)

$\alpha_3 = 1.50$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
5.4	-1.112	.0951	.0000*	.1182
5.6	-1.103	.0886	.0000*	.1083
5.8	-1.042	.0773	.1959+	.0899
6.0	-.957	.0622	.3937+	.0677
6.2	-.885	.0471	.4441+	.0483
6.4	-.824	.0321	.3885+	.0313
6.6	-.688	.0566+	.0104+*	.0494+*
6.7	-.747	.9962+	.1538+	.9059+
6.8	-.714	-.0290+	-.4897$	-.0256+
6.9	-.704	-.4446+	-.0768+	-.3882+
7.0	-.684	-.0115	-.2088+	-.9875+
7.2	-.647	-.0254	-.4989+	-.0210
7.4	-.615	-.0390	-.8156+	-.0312
7.6	-.585	-.0520	-.0115	-.0404
7.8	-.558	-.0648	-.0150	-.0489
8.0	-.536	-.0767	-.0184	-.0565
8.2	-.514	-.0891	-.0221	-.0640
8.4	-.494	-.1007	-.0257	-.0707
8.6	-.476	-.1118	-.0292	-.0769
8.8	-.459	-.1225	-.0327	-.0826
9.0	-.443	-.1330	-.0362	-.0880
9.2	-.429	-.1431	-.0396	-.0931
9.4	-.416	-.1528	-.0429	-.0978
9.6	-.404	-.1622	-.0461	-.1022
9.8	-.392	-.1713	-.0493	-.1064
10.0	-.382	-.1803	-.0524	-.1104
10.2	-.372	-.1887	-.0553	-.1141
10.4	-.363	-.1959	-.0582	-.1176
10.6	-.354	-.2049	-.0611	-.1209
10.8	-.346	-.2127	-.0638	-.1241
11.0	-.338	-.2202	-.0665	-.1271
11.2	-.331	-.2273	-.0690	-.1299
11.4	-.325	-.2339	-.0713	-.1325
11.6	-.317	-.2414	-.0740	-.1353
11.8	-.311	-.2478	-.0763	-.1377
12.0	-.305	-.2544	-.0786	-.1401
12.2	-.300	-.2607	-.0808	-.1424
12.4	-.295	-.2662	-.0827	-.1444
12.6	-.289	-.2726	-.0851	-.1466

$\alpha_3 = 1.60$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
6.0	-1.086	.0757	.0000*	.0896
6.2	-1.078	.0698	.0000	.0814
6.4	-1.011	.0573	.1699+	.0634
6.6	-.937	.0430	.2684+	.0449
6.8	-.875	.0287	.2597+	.0285
7.0	-.746	.0422+	.6356$*	.0378+*
7.1	-.796	.77738+	.0969+	.7177+
7.2	-.771	-.0341+	-.4634$	-.0309+
7.3	-.751	-.5924+	-.0855+	-.5279+
7.4	-.731	-.0127	-.1942+	-.0111
7.6	-.693	-.0258	-.4383+	-.0218
7.8	-.659	-.0386	-.7111+	-.0316
8.0	-.630	-.0511	-.0100	-.0406
8.2	-.602	-.0633	-.0131	-.0489
8.4	-.577	-.0752	-.0163	-.0566*
8.6	-.553	-.0866	-.0196	-.0636
8.8	-.534	-.0972	-.0227	-.0699
9.0	-.515	-.1084	-.0261	-.0763
9.2	-.496	-.1187	-.0294	-.0819
9.4	-.480	-.1288	-.0326	-.0872
9.6	-.465	-.1385	-.0358	-.0922
9.8	-.452	-.1480	-.0389	-.0969
10.0	-.438	-.1572	-.0420	-.1013
10.2	-.426	-.1659	-.0450	-.1054
10.4	-.415	-.1745	-.0479	-.1093
10.6	-.404	-.1828	-.0508	-.1130
10.8	-.394	-.1908	-.0536	-.1165
11.0	-.385	-.1986	-.0563	-.1198
11.2	-.377	-.2062	-.0589	-.1230
11.4	-.368	-.2135	-.0615	-.1260
11.6	-.360	-.2206	-.0640	-.1288
11.8	-.352	-.2275	-.0665	-.1315
12.0	-.346	-.2341	-.0688	-.1341
12.2	-.339	-.2407	-.0711	-.1366
12.4	-.333	-.2471	-.0734	-.1390
12.6	-.328	-.2527	-.0753	-.1411
12.8	-.321	-.2592	-.0777	-.1434
13.0	-.316	-.2650	-.0797	-.1455
13.2	-.311	-.2706	-.0817	-.1475

$\alpha_3 = 1.70$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
6.6	-1.064	.0580	.0000*	.0657
6.8	-1.057	.0525	.0000	.0588
7.0	-1.001	.0412	.1027+	.0441
7.2	-.935	.0275	.1513+	.0280
7.4	-.878	.0142	.1142+	.0138
7.5	-.852	.7546+	.0696+	.7179+
7.6	-.825	-.0250+	-.2601$	-.0232+*
7.7	-.806	-.5469+	-.0619+	-.5000+
7.8	-.784	-.0119	-.1463+	-.0107
8.0	-.745	-.0245	-.3523+	-.0212
8.2	-.709	-.0367	-.5705+	-.0308
8.4	-.678	-.0487	-.8225+	-.0397
8.6	-.650	-.0603	-.0109	-.0478
8.8	-.622	-.0717	-.0138	-.0553*
9.0	-.598	-.0827	-.0167	-.0623
9.2	-.578	-.0933	-.0196	-.0688
9.4	-.557	-.1036	-.0226	-.0748
9.6	-.538	-.1136	-.0256	-.0804
9.8	-.521	-.1233	-.0286	-.0857
10.0	-.505	-.1329	-.0316	-.0907
10.2	-.485	-.1420	-.0346	-.0953
10.4	-.476	-.1509	-.0375	-.0997
10.6	-.463	-.1594	-.0403	-.1038
10.8	-.451	-.1677	-.0431	-.1077
11.0	-.440	-.1758	-.0458	-.1114
11.2	-.429	-.1837	-.0485	-.1149
11.4	-.419	-.1913	-.0511	-.1182
11.6	-.410	-.1988	-.0537	-.1214
11.8	-.401	-.2059	-.0562	-.1244
12.0	-.392	-.2128	-.0586	-.1272
12.2	-.384	-.2195	-.0610	-.1299
12.4	-.377	-.2261	-.0633	-.1325
12.6	-.369	-.2326	-.0656	-.1350
12.8	-.362	-.2388	-.0678	-.1374
13.0	-.356	-.2450	-.0700	-.1397
13.2	-.350	-.2508	-.0720	-.1419
13.4	-.344	-.2566	-.0741	-.1440
13.6	-.338	-.2622	-.0761	-.1460
13.8	-.333	-.2675	-.0780	-.1479*

$\alpha_3 = 1.80$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
7.2	-1.045	.0417	.0000*	.0456
7.4	-1.039	.0367	.0000*	.0396
7.6	-1.007	.0284	.0378+	.0298
7.8	-.945	.0155	.0646+	.0155
7.9	-.918	.9177+	.0498+	.9006+
8.0	-.892	.2914+	.0193+	.2801+
8.1	-.868	-.3291+	-.0254+	-.3102+
8.2	-.846	-.9427+	-.0826+	-.8721+
8.4	-.804	-.0215	-.2289+	-.0192
8.6	-.767	-.0333	-.4103+	-.0288
8.8	-.733	-.0448	-.6190+	-.0376
9.0	-.702	-.0559	-.8489+	-.0456
9.2	-.675	-.0668	-.0109	-.0531
9.4	-.649	-.0774	-.0135	-.0601
9.6	-.625	-.0877	-.0162	-.0665
9.8	-.604	-.0978	-.0189	-.0726
10.0	-.583	-.1075	-.0217	-.0782
10.2	-.565	-.1169	-.0244	-.0835
10.4	-.548	-.1260	-.0272	-.0884
10.6	-.532	-.1349	-.0299	-.0931
10.8	-.517	-.1436	-.0327	-.0975
11.0	-.503	-.1520	-.0354	-.1016
11.2	-.490	-.1600	-.0380	-.1055
11.4	-.478	-.1679	-.0406	-.1092
11.6	-.467	-.1757	-.0432	-.1128
11.8	-.456	-.1831	-.0457	-.1161
12.0	-.445	-.1904	-.0482	-.1193
12.2	-.426	-.1974	-.0506	-.1223
12.4	-.427	-.2043	-.0530	-.1252
12.6	-.418	-.2109	-.0553	-.1279
12.8	-.410	-.2175	-.0576	-.1306
13.0	-.402	-.2238	-.0598	-.1331
13.2	-.395	-.2299	-.0619	-.1355
13.4	-.388	-.2359	-.0640	-.1378
13.6	-.381	-.2417	-.0661	-.1400
13.8	-.374	-.2473	-.0681	-.1421
14.0	-.366	-.2530	-.0701	-.1442
14.2	-.362	-.2585	-.0720	-.1461
14.4	-.357	-.2632	-.0737	-.1479

$\alpha_3 = 1.90$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
8.0	-1.023	.0220	.0000*	.0230
8.2	-1.018	.0175	.0000	.0181
8.4	-.968	.6447+	.0150+	.6431+
8.5	-.946	.1239+	.4120$	.1215+
8.6	-.917	-.5444+	-.0257+	-.5220+
8.7	-.893	-.0113	-.0657+	-.0106
8.8	-.871	-.0171	-.1167+	-.0158
9.0	-.831	-.0284	-.2475+	-.0254
9.2	-.794	-.0395	-.4100+	-.0343
9.4	-.761	-.0503	-.5975+	-.0424
9.6	-.731	-.0609	-.8046+	-.0500
9.8	-.703	-.0712	-.0103	-.0570
10.0	-.679	-.0811	-.0126	-.0635
10.2	-.656	-.0907	-.0150	-.0695
10.4	-.634	-.1002	-.0175	-.0752
10.6	-.614	-.1093	-.0200	-.0805
10.8	-.595	-.1183	-.0226	-.0855
11.0	-.578	-.1269	-.0251	-.0902
11.2	-.562	-.1355	-.0277	-.0947
11.4	-.547	-.1437	-.0302	-.0989
11.6	-.533	-.1515	-.0327	-.1028
11.8	-.520	-.1594	-.0352	-.1066
12.0	-.508	-.1665	-.0375	-.1100
12.2	-.495	-.1742	-.0401	-.1135
12.4	-.485	-.1811	-.0423	-.1166
12.6	-.474	-.1883	-.0448	-.1198
12.8	-.464	-.1950	-.0471	-.1227
13.0	-.455	-.2015	-.0493	-.1255
13.2	-.446	-.2080	-.0515	-.1282*
13.4	-.437	-.2142	-.0537	-.1307
13.6	-.429	-.2203	-.0558	-.1332
13.8	-.421	-.2262	-.0579	-.1355
14.0	-.414	-.2320	-.0599	-.1378
14.2	-.407	-.2376	-.0619	-.1399
14.4	-.400	-.2431	-.0638	-.1420
14.6	-.394	-.2485	-.0657	-.1440
14.8	-.388	-.2537	-.0676	-.1459
15.0	-.382	-.2589	-.0694	-.1478
15.2	-.376	-.2636	-.0711	-.1495

$\alpha_3 = 2.00$

α_4	LAM 1	LAM 2	LAM 3	LAM 4
8.6	-1.009	.8397+	.0000*	.8541+
8.8	-1.004	.4147+	.0000*	.4182+
8.9	-1.002	.2061+	.0001$*	.2070+
9.0	-.993	-.1081+	-.0407$	-.1076+
9.1	-.974	-.5675+	-.7075$	-.5567+
9.2	-.950	-.0113	-.0272+	-.0109
9.4	-.905	-.0222	-.1012+	-.0207
9.6	-.865	-.0331	-.2125+	-.0298
9.8	-.828	-.0435	-.3537+	-.0381
10.0	-.796	-.0538	-.5187+	-.0458
10.2	-.766	-.0637	-.7027+	-.0529
10.4	-.738	-.0734	-.9016+	-.0595
10.6	-.713	-.0829	-.0111	-.0657
10.8	-.690	-.0920	-.0133	-.0714
11.0	-.670	-.1005	-.0154	-.0766
11.2	-.647	-.1097	-.0179	-.0819
11.4	-.629	-.1181	-.0202	-.0867
11.6	-.611	-.1264	-.0226	-.0912
11.8	-.595	-.1345	-.0249	-.0955
12.0	-.579	-.1423	-.0273	-.0995
12.2	-.565	-.1498	-.0295	-.1033
12.4	-.557	-.1555	-.0312	-.1062
12.6	-.539	-.1644	-.0342	-.1104
12.8	-.527	-.1715	-.0365	-.1137
13.0	-.515	-.1784	-.0388	-.1168
13.2	-.504	-.1851	-.0410	-.1198
13.4	-.495	-.1914	-.0431	-.1226
13.6	-.485	-.1979	-.0453	-.1254
13.8	-.475	-.2041	-.0474	-.1280
14.0	-.466	-.2101	-.0495	-.1305
14.2	-.458	-.2160	-.0515	-.1329
14.4	-.450	-.2216	-.0535	-.1351*
14.6	-.443	-.2271	-.0554	-.1373
14.8	-.436	-.2321	-.0571	-.1393
15.0	-.428	-.2380	-.0592	-.1415
15.2	-.422	-.2432	-.0610	-.1435*
15.4	-.415	-.2481	-.0628	-.1453*
15.6	-.409	-.2532	-.0646	-.1472
15.8	-.403	-.2580	-.0663	-.1489*

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายธนากร อนันต์สิทธินนท์ เกิดวันที่ 11 ธันวาคม พ.ศ. 2517 ภูมิลำเนา กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับ ปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชา สถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ในปีการศึกษา 2540 และทำงานในบริษัทวิจัยทางด้านอสังหาริมทรัพย์ประมาณ 1 ปี และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาสถิติศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2542