# ใบรับรองวิทยานิพนธ์

## บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สถิติ)

**ปริญญา**

สถิติ
**สาขา**

สถิติ
**ภาควิชา**

**เรื่อง** การเปรียบเทียบวิธีการทางนอนพาราเมตริก สำหรับการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวน

A Comparison of Nonparametric Methods for Testing Homogeneity of Variance

**นามผู้วิจัย** นางสาวธนพนัง ราโชกาญจน์

**ได้พิจารณาเห็นชอบโดย**

**อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก** .....

( อาจารย์อำไพ ทองธีรภาพ, Ph.D. )

**อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม** .....

( รองศาสตราจารย์นิดา ชาญบรรยง, M.S. )

**หัวหน้าภาควิชา** .....

( อาจารย์อำไพ ทองธีรภาพ, Ph.D. )

**บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว**

.....

( รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr. )

**คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย**

**วันที่** ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

# การเปรียบเทียบวิธีการทางนอนพาราเมตริก สำหรับการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวน

# A Comparison of Nonparametric Methods for Testing Homogeneity of Variance

โดย

นางสาวธนพนัง ราโชกาญจน์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สถิติ)
พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ธนพนัง ราโชกาญจน์ 2553: การเปรียบเทียบวิธีการทางนอนพาราเมตริก สำหรับการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวน ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สถิติ) สาขาสถิติ ภาควิชาสถิติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์อำไพ ทองธีรภาพ, Ph.D. 176 หน้า

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกสำหรับการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของสองประชากร วิธีการที่ใช้ในการวิจัยนี้ได้แก่ วิธีบูตสแตรป-ที วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป กำหนดให้ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ การแจกแจงแบบที การแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล และการแจกแจงแบบเบต้า กำหนดกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันคือ 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1,000, 2,000 และ 5,000 กำหนดระดับนัยสำคัญของการทดสอบเท่ากับ 0.01, 0.05 และ 0.10 จำลองข้อมูลซ้ำในแต่ละกรณีจำนวน 1,000 และ 2,000 ครั้ง โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป R ผลการศึกษาพบว่า เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป มีความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ดีที่สุด และมีอำนาจการทดสอบสูงสุด เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบที วิธีบีซี บูตสแตรป มีความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ดีที่สุด และมีอำนาจการทดสอบสูงสุด เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล และการแจกแจงแบบเบต้า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ดีที่สุด และมีอำนาจการทดสอบสูงสุด

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Thanapanang Rachokarn 2010: A Comparison of Nonparametric Methods for Testing Homogeneity of Variance. Master of Science (Statistics), Major Field: Statistics, Department of Statistics. Thesis Advisor: Mrs. Ampai Thongteeraparp, Ph.D. 176 pages.

The purpose of this research is to compare the powers of nonparametric methods for testing homogeneity of variance of two populations using Bootstrap-t method, Percentile Bootstrap method, the BC Bootstrap method and the BCa Bootstrap method. The studies data are composed of normal distribution, t-distribution, exponential distribution and beta distribution. The sample sizes are 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1,000, 2,000 and 5,000. The specified significance levels are 0.01, 0.05 and 0.10. The data are simulated by using software: R Project. Each case is repeated 1,000 and 2,000 times. The studies show that for the normal distribution Percentile Bootstrap method can control type I error and has the highest power of the test. For t-distribution, the BC Bootstrap method can control type I error and has the highest power of the test. For exponential and beta distribution, the BCa Bootstrap method can control type I error and has the highest power of the test.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ โดยคำแนะนำ การสนับสนุนให้ข้อคิดเห็นและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จาก อาจารย์ ดร.อำไพ ทองธีรภาพ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์นิดา ชาญบรรยง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รองศาสตราจารย์ ดร. อภิญญา หิรัญวงษ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร.กุศยา ปลั่งพงษ์พันธ์ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ และให้การช่วยเหลือทำให้วิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ผู้วิจัยขอน้อมรำลึกถึงพระคุณของบิดา มารดา และครอบครัวที่ส่งเสริมสนับสนุนการศึกษาของผู้วิจัยตลอดมา ประโยชน์อันใดที่เกิดเนื่องมาจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแด่บิดา มารดา และคณาจารย์ทุกท่านที่ได้เมตตา อบรมสั่งสอน ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ขอขอบคุณพี่และเพื่อนๆ ทุกๆ คนที่เป็นกำลังใจ และช่วยเหลือมาโดยตลอดไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ธนพนัง ราโชกาญจน์

มกราคม 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# สารบัญ

หน้า


| | |
|---|---|
| สารบัญ | (1) |
| สารบัญตาราง | (2) |
| สารบัญภาพ | (7) |
| คำนำ | 1 |
| วัตถุประสงค์ | 3 |
| การตรวจเอกสาร | 5 |
| อุปกรณ์และวิธีการ | 26 |
| อุปกรณ์ | 26 |
| วิธีการ | 26 |
| ผลและวิจารณ์ | 31 |
| สรุปและข้อเสนอแนะ | 152 |
| สรุป | 152 |
| ข้อเสนอแนะ | 158 |
| เอกสารและสิ่งอ้างอิง | 160 |
| ภาคผนวก | 162 |
| ภาคผนวก ก โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการวิจัย | 163 |
| ภาคผนวก ข ข้อมูลจริงที่ทำการศึกษา | 170 |
| ประวัติการศึกษาและการทำงาน | 176 |


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | แสดงตัวอย่างการสุ่มซ้ำแบบใส่คืนด้วยวิธีบูตสแตรป | 7 |
| 2 | แสดงเกณฑ์ในการพิจารณาความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 | 32 |
| 3 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000 | 33 |
| 4 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 2,000 | 34 |
| 5 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบที กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000 | 40 |
| 6 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบที กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 2,000 | 41 |
| 7 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลพารามิเตอร์เท่ากับ 1 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000 | 48 |
| 8 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลพารามิเตอร์เท่ากับ 1 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 2,000 | 49 |
| 9 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลพารามิเตอร์เท่ากับ 5 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000 | 55 |


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# สารบัญตาราง (ต่อ)


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 10 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลพารามิเตอร์เท่ากับ 5 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 2,000 | 56 |
| 11 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลพารามิเตอร์เท่ากับ 10 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000 | 62 |
| 12 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลพารามิเตอร์เท่ากับ 10 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 2,000 | 63 |
| 13 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 0.5 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000 | 69 |
| 14 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 0.5 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 2,000 | 70 |
| 15 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 4 และ 2 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000 | 76 |
| 16 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 4 และ 2 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 2,000 | 77 |
| 17 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 6 และ 3 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000 | 83 |


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# สารบัญตาราง (ต่อ)


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 18 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 6 และ 3 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 2,000 | 84 |
| 19 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000 | 91 |
| 20 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 2,000 | 92 |
| 21 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบที กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000 | 98 |
| 22 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบที กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 2,000 | 99 |
| 23 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 1 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000 | 105 |
| 24 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 1 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 2,000 | 106 |
| 25 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 5 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000 | 112 |
| 26 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 5 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 2,000 | 113 |


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# สารบัญตาราง (ต่อ)


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 27 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 10 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000 | 119 |
| 28 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 10 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 2,000 | 120 |
| 29 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 0.5 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000 | 126 |
| 30 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 0.5 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 2,000 | 127 |
| 31 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 4 และ 2 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000 | 133 |
| 32 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 4 และ 2 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 2,000 | 134 |
| 33 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 6 และ 3 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000 | 140 |
| 34 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 6 และ 3 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 2,000 | 141 |


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# สารบัญตาราง (ต่อ)


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 35 | ลักษณะการแจกแจงของข้อมูลจริงจำนวน 5 ชุด | 147 |
| 36 | ผลการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี ของข้อมูลจริง | 148 |

**ตารางผนวกที่**

| | | |
|---|---|---|
| ข1 | คะแนนสอบกลางภาควิชาฟิสิกส์ ปี พ.ศ. 2544 | 171 |
| ข2 | ข้อมูลปริมาณน้ำฝนในเขตภาคเหนือตอนล่าง ประจำเดือน มิถุนายน พ.ศ. 2552 | 172 |
| ข3 | สถิติคดีอุบัติเหตุจราจรทางบกทั่วราชอาณาจักร กรณีขับรถเร็วเกินอัตราที่กำหนด ตั้งแต่ เดือนมกราคม-กันยายน ปี 2551 | 173 |
| ข4 | อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศ จำแนกตามเดือน ปี พ.ศ. 2541-2545 | 174 |
| ข5 | ราคาน้ำมันดิบในประเทศระหว่าง ปี ค.ศ. 1996-1997 | 175 |


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# สารบัญภาพ


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | แสดงหลักการของวิธีบูตสแตรป | 6 |
| 2 | แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย | 29 |
| 3 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 35 |
| 4 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 35 |
| 5 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 36 |
| 6 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 36 |
| 7 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 37 |
| 8 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 37 |
| 9 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบที ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 42 |


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# สารบัญภาพ (ต่อ)


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 10 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบที ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 42 |
| 11 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบที ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 43 |
| 12 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบที ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 43 |
| 13 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบที ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 44 |
| 14 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบที ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 44 |
| 15 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลพารามิเตอร์เท่ากับ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 50 |
| 16 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลพารามิเตอร์เท่ากับ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 50 |


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# สารบัญภาพ (ต่อ)


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 17 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลพารามิเตอร์เท่ากับ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่างและจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 51 |
| 18 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลพารามิเตอร์เท่ากับ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่างและจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 51 |
| 19 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลพารามิเตอร์เท่ากับ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่างและจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 52 |
| 20 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลพารามิเตอร์เท่ากับ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่างและจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 52 |
| 21 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลพารามิเตอร์เท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่างและจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 57 |
| 22 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลพารามิเตอร์เท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่างและจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 57 |


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# สารบัญภาพ (ต่อ)


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 23 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลพารามิเตอร์เท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่างและจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 58 |
| 24 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลพารามิเตอร์เท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่างและจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 58 |
| 25 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลพารามิเตอร์เท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่างและจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 59 |
| 26 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลพารามิเตอร์เท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่างและจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 59 |
| 27 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลพารามิเตอร์เท่ากับ 10 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่างและจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 64 |
| 28 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลพารามิเตอร์เท่ากับ 10 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่างและจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 64 |


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# สารบัญภาพ (ต่อ)


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 29 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลพารามิเตอร์เท่ากับ 10 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่างและจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 65 |
| 30 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลพารามิเตอร์เท่ากับ 10 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่างและจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 65 |
| 31 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลพารามิเตอร์เท่ากับ 10 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่างและจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 66 |
| 32 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลพารามิเตอร์เท่ากับ 10 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่างและจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 66 |
| 33 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 0.5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 71 |
| 34 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 0.5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 71 |


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# สารบัญภาพ (ต่อ)


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 35 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 0.5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 72 |
| 36 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 0.5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 72 |
| 37 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 0.5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 73 |
| 38 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 0.5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 73 |
| 39 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 4 และ 2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 78 |
| 40 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 4 และ 2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 78 |


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# สารบัญภาพ (ต่อ)


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 41 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 4 และ 2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 79 |
| 42 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 4 และ 2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 79 |
| 43 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 4 และ 2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 80 |
| 44 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 4 และ 2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 80 |
| 45 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 6 และ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 85 |
| 46 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 6 และ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 85 |


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# สารบัญภาพ (ต่อ)


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 47 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 6 และ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 86 |
| 48 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 6 และ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 86 |
| 49 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 6 และ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 87 |
| 50 | ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 6 และ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 87 |
| 51 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 93 |
| 52 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 93 |
| 53 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 94 |


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# สารบัญภาพ (ต่อ)


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 54 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่างและจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 94 |
| 55 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่างและจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 95 |
| 56 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่างและจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 95 |
| 57 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบที ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่างและจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 100 |
| 58 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบที ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่างและจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 100 |
| 59 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบที ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่างและจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 101 |
| 60 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบที ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่างและจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 101 |
| 61 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบที ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่างและจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 102 |


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# สารบัญภาพ (ต่อ)


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 62 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบที ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่างและจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 102 |
| 63 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 107 |
| 64 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 107 |
| 65 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 108 |
| 66 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 108 |
| 67 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 109 |
| 68 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 109 |
| 69 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 114 |


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# สารบัญภาพ (ต่อ)


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 70 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 114 |
| 71 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 115 |
| 72 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 115 |
| 73 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 116 |
| 74 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 116 |
| 75 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 10 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 121 |
| 76 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 10 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 121 |
| 77 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 10 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 122 |


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# สารบัญภาพ (ต่อ)


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 78 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 10 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 122 |
| 79 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 10 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 123 |
| 80 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 10 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 123 |
| 81 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 0.5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 128 |
| 82 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 0.5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 128 |
| 83 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 0.5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 129 |
| 84 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 0.5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 129 |
| 85 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 0.5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 130 |


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# สารบัญภาพ (ต่อ)


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 86 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 0.5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 130 |
| 87 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 4 และ 2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 135 |
| 88 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 4 และ 2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 135 |
| 89 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 4 และ 2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 136 |
| 90 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 4 และ 2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 136 |
| 91 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 4 และ 2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 137 |
| 92 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 4 และ 2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 137 |
| 93 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 6 และ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 142 |


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# สารบัญภาพ (ต่อ)


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 94 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 6 และ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 142 |
| 95 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 6 และ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 | 143 |
| 96 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 6 และ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 143 |
| 97 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 6 และ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 144 |
| 98 | ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 6 และ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 | 144 |


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# การเปรียบเทียบวิธีการทางนอนพาราเมตริก สำหรับการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวน

# A Comparison of Nonparametric Methods for Testing Homogeneity of Variance

## คำนำ

ในการวิจัยด้านต่างๆ จำเป็นต้องอาศัยระเบียบวิธีการทางสถิติเพื่อวิเคราะห์หาข้อสรุปของสมมติฐานที่ผู้วิจัยตั้งขึ้น ผู้วิจัยต้องเลือกใช้สถิติทดสอบให้เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลที่ต้องการวิเคราะห์ และนอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงข้อกำหนดเบื้องต้นของสถิติทดสอบนั้นๆ เช่นการทดสอบสมมติฐานเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากร ซึ่งใช้ตัวสถิติทดสอบ Z หรือตัวสถิติทดสอบ t ส่วนการทดสอบสมมติฐานเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจากประชากรมากกว่า 2 ประชากร จะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน ที่ใช้ตัวสถิติทดสอบ F การทดสอบดังกล่าวข้างต้นจะต้องทำภายใต้ข้อกำหนดเบื้องต้น คือ ตัวอย่างสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ และมีความแปรปรวนเท่ากัน

ในทางปฏิบัติข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์อาจมีคุณสมบัติไม่เป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้น การฝ่าฝืนข้อกำหนดเบื้องต้นบางข้อจะส่งผลเพียงเล็กน้อยต่อการอ้างอิงเกี่ยวกับการทดสอบค่าเฉลี่ย แต่จะส่งผลอย่างมากต่อการอ้างอิงเกี่ยวกับการทดสอบความแปรปรวน (จินตนา, 2541) ดังนั้นก่อนการทดสอบสมมติฐาน จำเป็นต้องทดสอบว่าแต่ละประชากรมีความแปรปรวนเท่ากันหรือไม่ ทั้งนี้เพื่อให้ผลการทดสอบที่ได้เป็นความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประชากรจริงๆ ไม่ใช่ผลจากความแตกต่างของความแปรปรวนของข้อมูล

การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความเท่ากันของความแปรปรวนของประชากรที่เป็นอิสระต่อกัน ตัวสถิติทดสอบที่นิยมใช้คือ สถิติทดสอบ F ซึ่งเป็นสถิติพาราเมตริกและมีข้อกำหนดเบื้องต้นว่าประชากรต้องมีการแจกแจงแบบปกติ แต่ในทางปฏิบัติข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์อาจมีคุณสมบัติไม่เป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้นดังกล่าว ถ้ายังคงใช้สถิติทดสอบ F จะทำให้ผลการทดสอบเกิดความผิดพลาดได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มีนักสถิติหลายท่านได้คิดค้นและพัฒนาตัวสถิติทดสอบนอนพาราเมตริกที่ใช้ทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของประชากรหลายกลุ่มซึ่งเป็นอิสระต่อกัน เพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง เช่น ตัวสถิติทดสอบคล้อทซ์ (Klotz's test) ตัวสถิติทดสอบมู้ด (Mood's test) ตัวสถิติทดสอบซีเกลและทูกี้ (Siegel-Tukey's test) เป็นต้น ส่วนตัวอย่างของสถิติพาราเมตริก เช่น ตัวสถิติทดสอบคอครัน (Cochran's test) ตัวสถิติทดสอบแจกไนฟ (Jackknife test) เป็นต้น

นอกจากนี้ได้มีการนำหลักการของวิธีบูตสแตรป (Bootstrap Method) ซึ่งมีแนวคิดมาจากวิธี Jackknife ของ Queneuille (1956) และ Tukey (1958) มาใช้ในการแก้ปัญหา กรณีการแจกแจงของประชากรไม่เป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้น เช่น การแจกแจงของประชากรมีหางยาว หรือมีการกระจายไปทางหางมากกว่าปกติ ส่งผลให้การประมาณค่าความแปรปรวนเพื่อใช้ในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความเท่ากันของความแปรปรวนมีความแม่นยำลดลง

นับถึงปัจจุบันมีการนำวิธีบูตสแตรปมาประยุกต์ใช้ในหลายด้าน เช่น Cojbasic and Tomovic (2007) ทำการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวน โดยวิธี Bootstrap-t ส่วน Efron and Tibshirani (1986) ประมาณค่าพารามิเตอร์แบบช่วงโดยวิธี Bias-corrected Bootstrap นอกจากนี้ Lam and Veall (2002) ศึกษาการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบช่วงโดยวิธี Percentile Bootstrap และ Bootstrap-t สำหรับตัวแบบถดถอยอย่างง่าย ช่อทิพย์ (2545) ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ค่าแบบช่วง ในตัวแบบถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย โดยใช้วิธี Bias-corrected Bootstrap, Bootstrap-after-Bootstrap, Percentile Bootstrap และ Bootstrap Percentile-t ไพฑูรย์ (2546) ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการประมาณค่าความแปรปรวนที่ได้จากวิธีบูตสแตรปแบบปรับให้เรียบ โดยใช้วิธีแจกไนฟ และวิธีบูตสแตรป เป็นต้น

จากแนวคิดดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความสนใจเปรียบเทียบวิธีการทางนอนพาราเมตริกสำหรับการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของสองประชากร ได้แก่ วิธีบูตสแตรป-ที (Bootstrap-t Method : BT) วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป (Percentile Bootstrap Method : PB) วิธีบีซี บูตสแตรป (The Bias-corrected Bootstrap Method : BC) และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป (The Bias-corrected Acceleration Bootstrap Method : BCa)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิธีการทางนอนพาราเมตริก 4 วิธีในการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของสองประชากร ได้แก่

1.1 วิธีบูตสแตรป-ที (Bootstrap-t Method : BT)

1.2 วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป (Percentile Bootstrap Method : PB)

1.3 วิธีบีซี บูตสแตรป (The Bias-corrected Bootstrap Method : BC)

1.4 วิธีบีซีเอ บูตสแตรป (The Bias-corrected Acceleration Bootstrap Method : BCa)

2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของ วิธีการทางนอนพาราเมตริก 4 วิธี ในการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของสองประชากร

3. เพื่อศึกษาอิทธิพลของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบ ได้แก่ จำนวนครั้งที่สุ่มตัวอย่างซ้ำ ขนาดของตัวอย่าง และระดับนัยสำคัญ

## ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ศึกษาภายใต้ขอบเขต ดังนี้

1. สร้างข้อมูลจำนวนสองประชากร ที่มีการแจกแจงดังนี้

1.1 การแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) ที่มีค่าเฉลี่ย ($\mu$) เท่ากับ 0 และความแปรปรวน ($\sigma^2$) เท่ากับ 1

1.2 การแจกแจงแบบที (t-Distribution) โดยกำหนดให้มี จำนวนองศาอิสระ (degree of freedom) เท่ากับ 5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.3 การแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล (Exponential Distribution) โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ ($\theta$) เท่ากับ 1, 5 และ 10

1.4 การแจกแจงแบบเบต้า (Beta Distribution) โดยกำหนด ค่าพารามิเตอร์ ($\alpha$ , $\beta$) เท่ากับ (2, 0.5) , (4, 2) และ (6, 3)

2. กำหนดขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1,000, 2,000 และ 5,000

3. กำหนดระดับนัยสำคัญของการทดสอบ (Level of Significance) 3 ระดับได้แก่ 0.01, 0.05 และ 0.10

4. จำนวนที่ใช้สุ่มตัวอย่างซ้ำทั้งหมดโดยวิธีบูตสแตรป เท่ากับ 1,000 และ 2,000 ครั้ง

**ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1. ทราบว่าวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี ที่ศึกษาวิธีใดมีความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีที่สุด

2. สรุปผลการเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบทั้ง 4 วิธีในแต่ละลักษณะที่กำหนดขึ้น

3. เป็นแนวทางให้ผู้วิจัยตัดสินใจเลือกวิธีการที่เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลที่ทำการศึกษา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# การตรวจเอกสาร

การตรวจเอกสารแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้ในการศึกษาวิจัย และส่วนที่สองเป็นผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## วิธีการทางสถิติที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

Efron (1979) ได้เสนอวิธีบูตสแตรปขึ้น โดยเป็นวิธีการทางนอนพาราเมตริก มีแนวคิดมาจาก วิธี Jackknife ของ Queneuille (1956) และ Tukey (1958) ซึ่งนำมาใช้แก้ปัญหาการไม่สามารถหาค่าประมาณ ในกรณีที่ข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น เช่น เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงที่ไม่เป็นแบบปกติ และการหาค่าประมาณนั้นทำได้ยาก เช่นการประมาณส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เป็นต้น โดยใช้ประโยชน์ของการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ และได้พัฒนาต่อมาโดย Efron (1982)

Efron (1987) ศึกษาความมีประสิทธิภาพของการคำนวณ โดยวิธีบูตสแตรป โดยนำไปใช้ประมาณค่าในสถิตินอนพาราเมตริก จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า จำนวนครั้งที่เหมาะสมในการสุ่มตัวอย่างแบบคืนที่อยู่ระหว่าง 1,000 ถึง 2,000 ครั้ง

วิธีบูตสแตรป เป็นวิธีการใช้ข้อมูลตัวอย่างที่จำลองขึ้นเสมือนว่าเป็นกลุ่มประชากร การสุ่มตัวอย่างจากตัวอย่างที่จำลองขึ้นมาจะเหมือนกับการสุ่มตัวอย่างจากประชากร และตัวอย่างแต่ละหน่วยที่สุ่มได้สามารถใช้สามารถอธิบายลักษณะของประชากร โดยมีหลักเกณฑ์คือ เมื่อจำลองข้อมูลตามลักษณะการแจกแจงที่กำหนดแล้ว จะทำการสุ่มตัวอย่างแบบใส่คืน (Resampling with Replacement) จากข้อมูลที่ได้จากการทดลองซ้ำๆ กัน จำนวน B ครั้ง (Bootstrap Replications) ดังนั้นจะได้ตัวอย่างสุ่มทั้งหมด B ชุด จากนั้นนำข้อมูลแต่ละชุดไปประมาณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่สนใจ ขั้นตอนของวิธีบูตสแตรป มีรายละเอียดต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. จำลองข้อมูลตามลักษณะการแจกแจงที่สนใจศึกษา และกำหนดให้เป็นชุดข้อมูล X

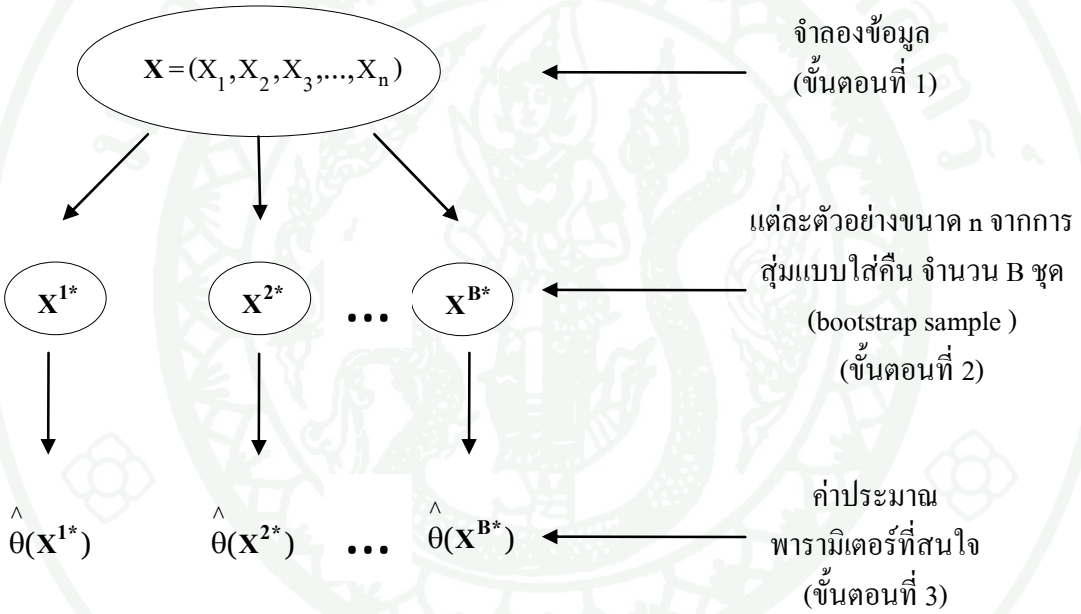
2. สุ่มตัวอย่างขนาด n จากข้อมูลที่ได้ในข้อ 1 แบบใส่คืน (Resampling with Replacement) ซ้ำๆ กัน จำนวน B ครั้ง (Bootstrap Replications) ได้ชุดตัวอย่างทั้งหมด B ชุด ได้แก่

$\mathbf{X^{1*}, X^{2*}, ..., X^{B*}}$

4. หาค่าประมาณพารามิเตอร์ที่สนใจ ของตัวอย่างแต่ละชุด คือ

$\hat{\theta}(\mathbf{X^{1*}}), \hat{\theta}(\mathbf{X^{2*}}), \ldots, \hat{\theta}(\mathbf{X^{B*}})$

5. นำค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ได้ จากข้อ 3 ไปดำเนินการวิเคราะห์




**ภาพที่ 1** แสดงหลักการของวิธีบูตสแตรป

ตัวอย่างแสดงวิธีการบูตสแตรป โดยจำลองข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบปกติจำนวน 10 ค่า และกำหนดให้มีการสุ่มตัวอย่างแบบใส่คืนซ้ำๆ กัน จำนวน 4 ครั้ง รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 1** แสดงตัวอย่างการสุ่มซ้ำแบบใส่คืนด้วยวิธีบูตสแตรป

| ลำดับที่ | ข้อมูลที่ได้จากการจำลอง | ตัวอย่างสุ่มแบบใส่คืน | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 0.109 | 0.648 | -1.343 | -1.343 | -1.260 |
| 2 | -1.260 | 0.583 | 0.648 | -1.343 | 0.263 |
| 3 | -1.321 | 0.877 | 0.583 | 0.648 | 0.109 |
| 4 | 0.263 | -1.260 | 0.070 | 0.109 | 0.877 |
| 5 | -1.343 | 0.109 | 0.109 | 0.109 | 0.583 |
| 6 | 0.877 | -1.321 | -1.343 | 0.583 | 0.070 |
| 7 | 0.648 | -1.343 | 0.648 | 0.583 | -1.260 |
| 8 | -0.312 | 0.648 | -1.260 | -0.312 | -1.343 |
| 9 | 0.070 | 0.070 | -0.312 | 0.648 | 0.583 |
| 10 | 0.583 | -0.312 | 0.877 | -1.343 | 0.070 |
| ค่าเฉลี่ย | -0.169 | -0.130 | -0.132 | -0.166 | -0.131 |
| ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน | 0.854 | 0.883 | 0.887 | 0.868 | 0.840 |

จากตารางที่ 1 คอลัมน์ที่ 2 แสดงค่าข้อมูลที่ได้จากการจำลองจำนวน 10 ค่า ดังนี้ คือ 0.109, -1.260, -1.321, 0.263, -1.343, 0.877, 0.648, -0.312, 0.070 และ 0.583 เมื่อทำการสุ่มซ้ำแบบใส่คืนด้วยวิธีบูตสแตรปจากชุดข้อมูลที่จำลองขึ้นในครั้งที่ 1 ได้ชุดตัวอย่างที่มีค่า 0.648, 0.583, 0.877, -1.260, 0.109, -1.321, -1.343, 0.648, 0.070 และ -0.312 จะเห็นว่าตัวอย่างสุ่มแบบใส่คืนทั้ง 4 ชุดจะมีค่าแตกต่างกัน และค่าที่ปรากฏในข้อมูลแต่ละชุดเป็นค่าที่ได้จากข้อมูลที่จำลองขึ้นเท่านั้น แต่ในตัวอย่างสุ่มแบบใส่คืนของตัวอย่างชุดที่มีอยู่เดิมจะมีค่าบางค่าของตัวอย่างชุดที่มีอยู่เดิมปรากฏมากกว่า 1 ครั้ง และบางค่าจะไม่ปรากฏเลย เช่นค่า 0.263 (ลำดับที่ 4 ของข้อมูลที่ได้จากการจำลอง) จะไม่ปรากฏเลยในทางตรงกันข้ามค่า 0.648 (ลำดับที่ 7 ของข้อมูลที่ได้จากการจำลอง) ปรากฏ 2 ครั้งซึ่งแต่ละชุดของตัวอย่างสุ่มแบบใส่คืนจะสร้างโดยสมาชิกในเซตของข้อมูลที่ได้จากการจำลองจากที่กล่าวมาแล้วทำให้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละชุดของตัวอย่างสุ่มแบบใส่คืนจะมีค่าต่างๆ กัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**1. วิธีการนอนพาราเมตริกที่ใช้ทดสอบความแปรปรวนของสองประชากร**

ในงานวิจัยครั้งนี้ศึกษาวิธีการนอนพาราเมตริก 4 วิธี ได้แก่ วิธีบูตสแตรป-ที วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป สมมติฐานของการทดสอบความแปรปรวนของสองประชากร มีดังนี้

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$
$$H_1 : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

1.1 วิธีบูตสแตรป-ที (Bootstrap-t Method)

Efron (1981) เสนอวิธีบูตสแตรป-ที โดยมีหลักการคือ นำสถิติทดสอบที และการสุ่มตัวอย่างซ้ำแบบใส่คืนของวิธีบูตสแตรปมาประยุกต์ เพื่อลดค่าความเบ้ของข้อมูลที่ต้องการศึกษา มีแนวคิดมาจาก Edgeworth expansion มีรูปแบบดังนี้

$$T = \frac{\hat{\theta} - \theta}{\sqrt{\text{var}\left(\hat{\theta}\right)}}$$

โดยที่

$\hat{\theta}$ คือ ตัวประมาณของพารามิเตอร์ $\theta$ ที่สนใจศึกษา

$\text{var}\left(\hat{\theta}\right)$ คือ ความแปรปรวนของตัวประมาณของ $\hat{\theta}$

ถ้าข้อมูลที่ใช้มาจากการสุ่มตัวอย่างซ้ำโดยวิธีบูตสแตรป

- กรณีประชากร 1 กลุ่ม สถิติทดสอบของวิธีบูตสแตรป-ที ($T_b^*$) คือ

$$T_b^* = \frac{\hat{\theta}_b^* - \hat{\theta}}{\sqrt{\text{var}\left(\hat{\theta}_b^*\right)}}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยที่

$\hat{\theta}^*_b$ คือ ตัวประมาณของพารามิเตอร์ $\theta$ ที่สนใจศึกษาจากการสุ่มตัวอย่างซ้ำโดยวิธีบูตสแตรป

b คือ จำนวนครั้งของการทำซ้ำโดยวิธีบูตสแตรป $b=1,2,...,B$

B คือ จำนวนครั้งที่ใช้สุ่มตัวอย่างซ้ำทั้งหมดโดยวิธีบูตสแตรป

$\text{var}\left(\hat{\theta}^*_b\right)$ คือ ความแปรปรวนของตัวประมาณ $\hat{\theta}^*_b$

จะได้ว่า $T^*_b$ มีการแจกแจงใกล้เคียงกับการแจกแจงแบบที (Efron and Tibshirani , 1993)

- กรณีประชากร 2 กลุ่ม สถิติทดสอบของวิธีบูตสแตรป-ที ($T^*_b$) คือ

$$T^*_b = \frac{\left(\hat{\theta}^*_{b1} - \hat{\theta}^*_{b2}\right) - \left(\theta_1 - \theta_2\right)}{\sqrt{\text{var}\left(\hat{\theta}^*_{b1}\right) + \text{var}\left(\hat{\theta}^*_{b2}\right)}}$$

โดยที่

$\hat{\theta}^*_{b1}$ คือ ตัวประมาณของพารามิเตอร์ $\theta_1$ ของกลุ่มที่หนึ่ง ที่สนใจศึกษาจากการสุ่มตัวอย่างซ้ำโดยวิธีบูตสแตรป

$\hat{\theta}^*_{b2}$ คือ ตัวประมาณของพารามิเตอร์ $\theta_2$ ของกลุ่มที่สอง ที่สนใจศึกษาจากการสุ่มตัวอย่างซ้ำโดยวิธีบูตสแตรป

b คือ จำนวนครั้งของการทำซ้ำโดยวิธีบูตสแตรป $b=1,2,...,B$

B คือ จำนวนครั้งที่ใช้สุ่มตัวอย่างซ้ำทั้งหมดโดยวิธีบูตสแตรป

$\text{var}\left(\hat{\theta}^*_{b1}\right)$ คือ ความแปรปรวนของ $\hat{\theta}^*_{b1}$

$\text{var}\left(\hat{\theta}^*_{b2}\right)$ คือ ความแปรปรวนของ $\hat{\theta}^*_{b2}$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดังนั้นในการศึกษาความแตกต่างของความแปรปรวนของประชากร 2 กลุ่ม จากการสุ่มตัวอย่างซ้ำโดยวิธีบูตสแตรปจะได้ สถิติทดสอบดังนี้

$$T_b^* = \frac{S_{x_b}^{2*} - S_{y_b}^{2*} - \left(S_x^2 - S_y^2\right)}{\sqrt{\text{var}\left(S_{x_b}^{2*}\right) + \text{var}\left(S_{y_b}^{2*}\right)}}$$

เมื่อ

$$S_x^2 = \frac{1}{(n-1)} \sum_{j=1}^{n} \left(x_j - \bar{x}\right)^2$$

$$S_y^2 = \frac{1}{(m-1)} \sum_{j=1}^{m} \left(y_j - \bar{y}\right)^2$$

$$S_{x_b}^{2*} = \frac{1}{(n-1)} \sum_{j=1}^{n} \left(x_j^* - \bar{x}_b^*\right)^2$$

$$S_{y_b}^{2*} = \frac{1}{(m-1)} \sum_{j=1}^{m} \left(y_j^* - \bar{y}_b^*\right)^2$$

โดยที่

$S_{x_b}^{2*}$ คือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างที่หนึ่งจากการสุ่มตัวอย่างซ้ำโดยวิธีบูตสแตรป

$S_{y_b}^{2*}$ คือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างที่สองจากการสุ่มตัวอย่างซ้ำโดยวิธีบูตสแตรป

$S_x^2$ คือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างที่หนึ่ง

$S_y^2$ คือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างที่สอง

b คือ จำนวนครั้งของการทำซ้ำโดยวิธีบูตสแตรป $b = 1,2,...,B$

B คือ จำนวนครั้งที่ใช้สุ่มตัวอย่างซ้ำทั้งหมดโดยวิธีบูตสแตรป

$\text{var}\left(S_{x_b}^{2*}\right)$ คือ ความแปรปรวนของ $S_{x_b}^{2*}$

$\text{var}\left(S_{y_b}^{2*}\right)$ คือ ความแปรปรวนของ $S_{y_b}^{2*}$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ขั้นตอนการทดสอบ

1) สมมติฐานของการทดสอบ

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$
$$H_1 : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

2) คำนวณสถิติทดสอบ $T_b^*$

3) กำหนดให้ $L=(B\alpha/2)$ และ $U=(B(1-\alpha/2))$

4) เรียงลำดับค่าของ $T_b^*$ จากน้อยไปหามาก $\left[T_1^* \leq T_2^* \leq T_3^* \leq ... \leq T_B^*\right]$

5) หาค่าที่ตรงกับเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ L และเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ U ของ สถิติทดสอบ $T_b^*$

6) เกณฑ์การตัดสินใจ คือปฏิเสธสมมติฐานหลักเมื่อ $T_b^* \leq T_{q1}^*$ หรือ $T_b^* \geq T_{q2}^*$ ณ ขนาดตัวอย่าง n และระดับนัยสำคัญ $\alpha$

เมื่อ $T_{q1}^*$ คือ ค่าของ $T_b^*$ ในตำแหน่งที่ q1

$T_{q2}^*$ คือ ค่าของ $T_b^*$ ในตำแหน่งที่ q2

กำหนดให้

$$q1 = \left( S_x^2 - S_y^2 - U\sqrt{\text{var}\left(S_x^2\right) + \text{var}\left(S_y^2\right)} \right)$$

$$q2 = \left( S_x^2 - S_y^2 - L\sqrt{\text{var}\left(S_x^2\right) + \text{var}\left(S_y^2\right)} \right)$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป (Percentile Bootstrap Method)

Hall (1992) นำหลักการสุ่มตัวอย่างซ้ำแบบบูตสแตรปมาประยุกต์ใช้เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์แบบช่วง โดยใช้เปอร์เซ็นต์ไทล์ของฟังก์ชัน การแจกแจงสะสมของบูตสแตรปเป็นตัวกำหนดช่วงความเชื่อมั่น มีหลักการดังต่อไปนี้

กำหนดให้ $\hat{\theta}_j^*$ เป็นตัวประมาณของ $\theta_j$ เมื่อ $\theta_j$ คือพารามิเตอร์ที่สนใจ เมื่อ $j=1,2$ จาก

$$D^* = \hat{\theta}_1^* - \hat{\theta}_2^*$$

ดังนั้นในการศึกษาความแตกต่างของความแปรปรวนของประชากร 2 กลุ่ม จากการสุ่มตัวอย่างซ้ำโดยวิธีบูตสแตรปจะได้ สถิติทดสอบของวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป ($\hat{\theta}_b^{2*}$) คือ

$$\hat{\theta}_b^{2*} = S_{x_b}^{2*} - S_{y_b}^{2*}$$

โดยที่

$S_{x_b}^{2*}$ คือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างที่หนึ่งจากการสุ่มตัวอย่างซ้ำโดยวิธีบูตสแตรป

$S_{y_b}^{2*}$ คือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างที่สองจากการสุ่มตัวอย่างซ้ำโดยวิธีบูตสแตรป

b คือ จำนวนครั้งของการทำซ้ำโดยวิธีบูตสแตรป b=1,2,...,B

B คือ จำนวนครั้งที่ใช้สุ่มตัวอย่างซ้ำทั้งหมดโดยวิธีบูตสแตรป

ขั้นตอนการทดสอบ

1) สมมติฐานของการทดสอบ

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$
$$H_1 : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2) คำนวณสถิติทดสอบ $\hat{\theta}_b^{2*}$

3) กำหนดให้ $L=(B\alpha/2)$ และ $U=(B(1-\alpha/2))$

4) เรียงลำดับค่าของ $\hat{\theta}_b^{2*}$ จากน้อยไปหามาก $\left[\hat{\theta}_1^{2*} \le \hat{\theta}_2^{2*} \le \hat{\theta}_3^{2*} \le ... \le \hat{\theta}_B^{2*}\right]$

5) หาค่าที่ตรงกับเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ L และเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ U ของสถิติทดสอบ $\hat{\theta}_b^{2*}$

6) เกณฑ์การตัดสินใจ คือปฏิเสธสมมติฐานหลักเมื่อ $\hat{\theta}_b^{2*} \le \hat{\theta}_{q1}^{2*}$ หรือ $\hat{\theta}_b^{2*} \ge \hat{\theta}_{q2}^{2*}$ ณ ขนาดตัวอย่าง n และระดับนัยสำคัญ $\alpha$

เมื่อ $\hat{\theta}_{q1}^{2*}$ คือ ค่าของ $\hat{\theta}_b^{2*}$ ในตำแหน่งที่ q1

$\hat{\theta}_{q2}^{2*}$ คือ ค่าของ $\hat{\theta}_b^{2*}$ ในตำแหน่งที่ q2

กำหนดให้

$$q1 = \left( 2\left(S_x^2 - S_y^2\right) - \hat{\theta}_U^2 \right)$$

$$q2 = \left( 2\left(S_x^2 - S_y^2\right) - \hat{\theta}_L^2 \right)$$

1.3 วิธีบีซี บูตสแตรป (The Bias-corrected Bootstrap Method)

Efron and Tibshirani (1986) เสนอวิธีบีซี บูตสแตรปขึ้น โดยเป็นวิธีการที่พัฒนามาจากวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป จากการนำหลักการสุ่มตัวอย่างซ้ำแบบบูตสแตรปมาประยุกต์ใช้เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์แบบช่วงโดยใช้เปอร์เซ็นต์ไทล์ของฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของบูตสแตรปเป็นตัวกำหนดช่วงความเชื่อมั่น และปรับตำแหน่งเปอร์เซ็นต์ไทล์ด้วยความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อน เพื่อแก้ปัญหากรณีที่ตัวประมาณค่าพารามิเตอร์มีความเอนเอียง มีรูปแบบดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.3.1 Bias-correction ( $Z_0$ )

$$Z_0 = \phi^{-1}\left(\frac{\#\hat{\theta}_b^{2*} < \hat{\theta}^2}{B}\right)$$

โดยที่

$Z_0$ คือ ค่ากลางของความเอนเอียงของ $\hat{\theta}_b^{2*}$

$\#\hat{\theta}_b^{2*}$ คือ จำนวนผลต่างทั้งหมดของความแปรปรวน ระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่หนึ่งและสอง จากการสุ่มตัวอย่างซ้ำแบบบูตสแตรป

$\hat{\theta}^2$ คือ ค่าผลต่างความแปรปรวนระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่หนึ่งและกลุ่มตัวอย่างที่สอง

b คือ จำนวนครั้งของการทำซ้ำโดยวิธีบูตสแตรป $b = 1,2,...,B$

B คือ จำนวนครั้งที่ใช้สุ่มตัวอย่างซ้ำทั้งหมดโดยวิธีบูตสแตรป

1.3.2 ประมาณค่าความคลาดเคลื่อนจากการสุ่มตัวอย่างซ้ำโดยวิธีบูตสแตรป

$$\hat{e}_b^* = \hat{\theta}_b^{2*} - \hat{\theta}^2$$

โดยที่

$\hat{e}_b^*$ คือ ค่าความคลาดเคลื่อนจากการสุ่มตัวอย่างซ้ำโดยวิธีบูตสแตรป

ช่วงความเชื่อมั่น $(1-\alpha)\times 100\%$ ของ $\hat{e}_b^*$ คือ $\left[L_{BC\_e}, U_{BC\_e}\right]$

จะได้

$L_{BC\_e}$ คือ ค่าของ $\hat{e}_b^*$ ในตำแหน่งที่ $\alpha_1 \times B$

$U_{BC\_e}$ คือ ค่าของ $\hat{e}_b^*$ ในตำแหน่งที่ $\alpha_2 \times B$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กำหนดให้

$$\alpha_1 = \phi\left(2Z_0 + Z_{\alpha/2}\right)$$

$$\alpha_2 = \phi\left(2Z_0 + Z_{1-\alpha/2}\right)$$

เมื่อ $\phi$ คือ ฟังก์ชันการแจกแจงของการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

$Z_{\alpha/2}$ คือ ค่าควอไทล์ที่ตำแหน่ง $\alpha/2$

ถ้า $\alpha_1 \times B$ และ $\alpha_2 \times B$ ไม่เป็นจำนวนเต็ม

ให้ $k_1$ เป็นจำนวนเต็มที่มากที่สุดที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ $\alpha_1 \times (B+1)$

$k_2$ เป็นจำนวนเต็มที่มากที่สุดที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ $\alpha_2 \times (B+1)$

จะได้

$L_{BC\_e}$ คือ ค่าของ $\hat{e}_b^*$ ในตำแหน่งที่ $k_1$

$U_{BC\_e}$ คือ ค่าของ $\hat{e}_b^*$ ในตำแหน่งที่ $k_2$

ดังนั้นช่วงความเชื่อมั่น $(1-\alpha)\times 100\%$ ของวิธีบีซี บูตสแตรป คือ $\left[L_{BC}, U_{BC}\right]$

โดยที่

$$L_{BC} = (S_x^2 - S_y^2) + L_{BC\_e}$$
$$U_{BC} = (S_x^2 - S_y^2) + U_{BC\_e}$$

ขั้นตอนการทดสอบ

1) สมมติฐานของการทดสอบ

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$
$$H_1 : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

2) คำนวณสถิติทดสอบ $\hat{\theta}_b^{2*}$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3) เรียงลำดับค่า $\hat{\theta}_b^{2*}$ จากน้อยไปหามาก $\left[\hat{\theta}_1^{2*} \le \hat{\theta}_2^{2*} \le \hat{\theta}_3^{2*} \le ... \le \hat{\theta}_B^{2*}\right]$

4) เกณฑ์การตัดสินใจ คือปฏิเสธสมมติฐานหลักเมื่อ $\hat{\theta}_b^{2*} \le L_{BC}$ หรือ $\hat{\theta}_b^{2*} \ge U_{BC}$ ณ ขนาดตัวอย่าง n และระดับนัยสำคัญ $\alpha$

1.4 วิธีบีซีเอ บูตสแตรป (The Bias-corrected Acceleration Bootstrap Method)

Efron and Tibshirani (1986) เสนอวิธีบีซีเอ บูตสแตรปขึ้น โดยเป็นวิธีการสำหรับประมาณค่าพารามิเตอร์แบบช่วงโดยใช้เปอร์เซ็นต์ไทล์ของฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของบูตสแตรปเป็นตัวกำหนดช่วงความเชื่อมั่น และปรับตำแหน่งเปอร์เซ็นต์ไทล์ด้วยความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อน เพื่อแก้ปัญหากรณีที่ตัวประมาณค่าพารามิเตอร์มีความเอนเอียงและค่าความเบ้ โดยพัฒนามาจากวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป มีรูปแบบดังนี้

1.4.1 Bias-correction ( $Z_0$ )

$$Z_0 = \phi^{-1}\left(\frac{\#\hat{\theta}_b^{2*} < \hat{\theta}^2}{B}\right)$$

โดยที่

$Z_0$ คือ ค่ากลางของความเอนเอียงของ $\hat{\theta}_b^{2*}$

$\#\hat{\theta}_b^{2*}$ คือ จำนวนผลต่างทั้งหมดของความแปรปรวน ระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่หนึ่งและสอง จากการสุ่มตัวอย่างซ้ำแบบบูตสแตรป

$\hat{\theta}^2$ คือ ค่าผลต่างความแปรปรวนระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่หนึ่งและกลุ่มตัวอย่างที่สอง

b คือ จำนวนครั้งของการทำซ้ำโดยวิธีบูตสแตรป b=1,2,...,B

B คือ จำนวนครั้งที่ใช้สุ่มตัวอย่างซ้ำทั้งหมดโดยวิธีบูตสแตรป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.4.2 Acceleration (a)

$$a \approx \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(\hat{\theta}_{\cdot}^{2*} - \hat{\theta}_{b_{-i}}^{2*}\right)^3}{\left[6\left(\sum_{i=1}^{n}\left(\hat{\theta}_{\cdot}^{2*} - \hat{\theta}_{b_{-i}}^{2*}\right)^2\right)^{1.5}\right]}$$

โดยที่

a คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าคลาดเคลื่อน

$\hat{\theta}_{\cdot}^{2*}$ คือ ค่าเฉลี่ยของการประมาณค่าของ $\hat{\theta}_{b}^{2*}$

$\hat{\theta}_{b_{-i}}^{2*}$ คือ ค่าการประมาณของ $\hat{\theta}_{b}^{2*}$ ที่ได้จากการตัดค่าของข้อมูลที่ตรงกับลำดับที่ i ออกจากข้อมูลทั้งหมด

b คือ จำนวนครั้งของการทำซ้ำโดยวิธีบูตสแตรป $b=1,2,...,B$

B คือ จำนวนครั้งที่ใช้สุ่มตัวอย่างซ้ำทั้งหมดโดยวิธีบูตสแตรป

1.4.3 ประมาณค่าความคลาดเคลื่อนจากการสุ่มตัวอย่างซ้ำโดยวิธีบูตสแตรป

$$\hat{e}_{b}^{*} = \hat{\theta}_{b}^{2*} - \hat{\theta}^{2}$$

โดยที่

$\hat{e}_{b}^{*}$ คือ ค่าความคลาดเคลื่อนจากการสุ่มตัวอย่างซ้ำโดยวิธีบูตสแตรป

ช่วงความเชื่อมั่น $(1-\alpha)\times 100\%$ ของ $\hat{e}_{b}^{*}$ คือ $\left[L_{BCa\_e}, U_{BCa\_e}\right]$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จะได้

$L_{BCa\_e}$ คือ ค่าของ $\hat{e}_b^*$ ในตำแหน่งที่ $q_1 \times B$

$U_{BCa\_e}$ คือ ค่าของ $\hat{e}_b^*$ ในตำแหน่งที่ $q_2 \times B$

กำหนดให้

$$q_1 = \phi\left( Z_0 + \frac{Z_0 + Z_{\alpha/2}}{1 - a\left(Z_0 + Z_{\alpha/2}\right)} \right)$$

$$q_2 = \phi\left( Z_0 + \frac{Z_0 + Z_{1-\alpha/2}}{1 - a\left(Z_0 + Z_{1-\alpha/2}\right)} \right)$$

เมื่อ $\phi$ คือ ฟังก์ชันการแจกแจงของการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

$Z_{\alpha/2}$ คือ ค่าควอไทล์ที่ตำแหน่ง $\alpha/2$

ถ้า $q_1 \times B$ และ $q_2 \times B$ ไม่เป็นจำนวนเต็ม

ให้ $k_1$ เป็นจำนวนเต็มที่มากที่สุดที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ $q_1 \times (B+1)$

$k_2$ เป็นจำนวนเต็มที่มากที่สุดที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ $q_2 \times (B+1)$

จะได้

$L_{BCa\_e}$ คือ ค่าของ $\hat{e}_b^*$ ในตำแหน่งที่ $k_1$

$U_{BCa\_e}$ คือ ค่าของ $\hat{e}_b^*$ ในตำแหน่งที่ $k_2$

ดังนั้นช่วงความเชื่อมั่น $(1-\alpha)\times 100\%$ ของวิธีบีซีเอ บูตสแตรป คือ $\left[L_{BCa}, U_{BCa}\right]$

โดยที่

$$L_{BCa} = (S_x^2 - S_y^2) + L_{BCa\_e}$$

$$U_{BCa} = (S_x^2 - S_y^2) + U_{BCa\_e}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ขั้นตอนการทดสอบ

1) สมมติฐานของการทดสอบ

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$
$$H_1 : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

2) คำนวณสถิติทดสอบ $\hat{\theta}_b^{2*}$

3) เรียงลำดับค่า $\hat{\theta}_b^{2*}$ จากน้อยไปหามาก $\left[\hat{\theta}_1^{2*} \leq \hat{\theta}_2^{2*} \leq \hat{\theta}_3^{2*} \leq ... \leq \hat{\theta}_B^{2*}\right]$

4) เกณฑ์การตัดสินใจ คือปฏิเสธสมมติฐานหลักเมื่อ $\hat{\theta}_b^{2*} \leq L_{BCa}$ หรือ $\hat{\theta}_b^{2*} \geq U_{BCa}$ ณ ขนาดตัวอย่าง n และระดับนัยสำคัญ $\alpha$

**2. เกณฑ์การเปรียบเทียบการทดสอบ**

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริก 4 วิธีได้แก่ วิธีบูตสแตรป-ที วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป เพื่อสรุปวิธีการใดมีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด ในแต่ละสถานการณ์ที่กำหนดขึ้น โดยพิจารณาเฉพาะวิธีการที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

2.1 ความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I error)

คือ ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการปฏิเสธสมมติฐาน $H_0$ เมื่อสมมติฐาน $H_0$ เป็นจริง โดยจะกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นระดับนัยสำคัญที่กำหนด ซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ $\alpha$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 อำนาจการทดสอบ (Power of the test)

เนื่องจากความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 (Type II error) เป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการยอมรับสมมติฐาน $H_0$ เมื่อสมมติฐาน $H_0$ ไม่เป็นจริง จะเขียนแทนคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 ด้วยสัญลักษณ์ $\beta$ ดังนั้น 1-$\beta$ จะเป็นค่าที่จะปฏิเสธสมมติฐาน $H_0$ เมื่อสมมติฐาน $H_0$ ไม่เป็นจริง ซึ่งเรียกว่าอำนาจการทดสอบ

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยไม่ต้องการให้เกิดความคลาดเคลื่อนทั้งสองประเภท อย่างไรก็ตามถ้าจะเกิดความคลาดเคลื่อนก็ควรให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ในงานวิจัยครั้งนี้จะถือว่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 นั้น สามารถควบคุมได้ การคำนวณช่วงที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (ชิดชนก, 2548)

กำหนดสมมติฐานที่ใช้ทดสอบ

$H_0 : \alpha = 0.01$ หรือ $H_0 : \alpha = 0.05$ หรือ $H_0 : \alpha = 0.10$

$H_1 : \alpha \neq 0.01$ $H_1 : \alpha \neq 0.05$ $H_1 : \alpha \neq 0.10$

กำหนดให้

$\alpha$ = ความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

$\alpha_0$ = ความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลอง

n = จำนวนที่ใช้สุ่มตัวอย่างซ้ำทั้งหมดโดยวิธีบูตสแตรป

เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 พิจารณาจาก ค่า $\alpha_0$ หรือความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลอง มีค่าอยู่ในช่วงที่กำหนด สามารถสรุปได้ว่า วิธีการนั้นมีความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

ตัวอย่างการคำนวณเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มีดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1) กรณี $\alpha$ = 0.01 และ n = 1,000 เกณฑ์ในการพิจารณาคือ

$$\alpha_0 \geq 0.01 + Z_{\alpha/2}\sqrt{\frac{(0.01)(0.99)}{1,000}} \quad \text{หรือ} \quad \alpha_0 \leq 0.01 - Z_{\alpha/2}\sqrt{\frac{(0.01)(0.99)}{1,000}}$$

$$0.003 \leq \alpha_0 \leq 0.017$$

2) กรณี $\alpha$ = 0.05 และ n = 1,000 เกณฑ์ในการพิจารณาคือ

$$\alpha_0 \geq 0.05 + Z_{\alpha/2}\sqrt{\frac{(0.05)(0.95)}{1,000}} \quad \text{หรือ} \quad \alpha_0 \leq 0.05 - Z_{\alpha/2}\sqrt{\frac{(0.05)(0.95)}{1,000}}$$

$$0.040 \leq \alpha_0 \leq 0.061$$

3) กรณี $\alpha$ = 0.10 และ n = 1,000 เกณฑ์ในการพิจารณาคือ

$$\alpha_0 \geq 0.10 + Z_{\alpha/2}\sqrt{\frac{(0.10)(0.90)}{1,000}} \quad \text{หรือ} \quad \alpha_0 \leq 0.10 - Z_{\alpha/2}\sqrt{\frac{(0.10)(0.90)}{1,000}}$$

$$0.087 \leq \alpha_0 \leq 0.113$$

งานวิจัยนี้กำหนดระดับความเชื่อมั่นในการทดสอบค่าประมาณความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เท่ากับ 0.95 หรือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้น ช่วงที่ใช้ในการพิจารณาความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกที่ได้จากการทดสอบคือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กรณีจำนวนครั้งที่ใช้สุ่มตัวอย่างซ้ำทั้งหมดโดยวิธีบูตสแตรปเท่ากับ 1,000

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง (0.003, 0.017)

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง (0.040, 0.061)

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง (0.087, 0.113)

กรณีจำนวนครั้งที่ใช้สุ่มตัวอย่างซ้ำทั้งหมดโดยวิธีบูตสแตรปเท่ากับ 2,000

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง (0.004, 0.016)

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง (0.042, 0.060)

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง (0.091, 0.109)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ไพฑูรย์ (2546) ศึกษาการประมาณความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยตัวอย่างด้วยวิธีบูตสแตรปแบบปรับให้เรียบ เพื่อเปรียบเทียบกับวิธีแจกไนฟ และวิธีบูตสแตรป พบว่า การประมาณความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยตัวอย่างด้วยวิธีบูตสแตรปแบบปรับให้เรียบ มีประสิทธิภาพมากกว่าการประมาณความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยตัวอย่างด้วยวิธีแจกไนฟ และวิธีบูตสแตรปในกรณีที่ประชากรมีการแจกแจงในลักษณะเบ้เท่านั้น สำหรับในการศึกษากรณีอื่นๆ การประมาณความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยตัวอย่างทั้ง 3 วิธี มีประสิทธิภาพของการประมาณความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยตัวอย่างไม่แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการประมาณฟังก์ชันความหนาแน่นขึ้นอยู่กับ Window width ที่ใช้ ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกใช้ Window width โดยการกำหนดค่าให้เท่ากับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร ครึ่งหนึ่งและหนึ่งส่วนสี่ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร พบว่า การเลือก Window width ที่ต่างกัน มีผลต่อประสิทธิภาพของการประมาณความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยตัวอย่างด้วยวิธีบูตสแตรปแบบปรับให้เรียบด้วย

Beran (1984) เปรียบเทียบการประมาณความแปรปรวนของตัวประมาณความแปรปรวนจากตัวอย่าง การประมาณความเอนเอียงของตัวประมาณความแปรปรวนจากตัวอย่าง และการประมาณความเบ้ของตัวประมาณความแปรปรวนจากตัวอย่างโดยใช้วิธีบูตสแตรปและวิธีแจ็คไนฟสำหรับประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน โดยใช้ตัวอย่างสุ่มขนาด 10, 20, 40 และ 80 ตามลำดับ จากผลการศึกษาพบว่า ในทุกขนาดตัวอย่าง การประมาณความแปรปรวนของตัวประมาณความแปรปรวนจากตัวอย่างโดยวิธีบูตสแตรปและวิธีแจกไนฟ จะให้ค่าประมาณใกล้เคียงกับความแปรปรวนของตัวประมาณความแปรปรวนจากตัวอย่างที่แท้จริงได้ดีพอกัน สำหรับการเปรียบเทียบการประมาณความเอนเอียงและการประมาณความเบ้ของตัวประมาณความแปรปรวนจากตัวอย่าง โดยวิธีแจกไนฟ และวิธีบูตสแตรป พบว่าค่าประมาณความเอนเอียง และค่าประมาณความเบ้ของตัวประมาณความแปรปรวนจากตัวอย่างโดยวิธีบูตสแตรปและวิธีแจกไนฟ ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นสรุปว่า การใช้วิธีแจกไนฟ และวิธีบูตสแตรป ในการประมาณความแปรปรวนของตัวประมาณความแปรปรวนจากตัวอย่าง ประมาณความเอนเอียงของตัวประมาณความแปรปรวนจากตัวอย่าง และประมาณความเบ้ของตัวประมาณความแปรปรวนจากตัวอย่าง เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพดีพอๆ กัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Bickel and Freedman (1981) เสนอการใช้วิธีบูตสแตรป ประมาณความแปรปรวนของตัวประมาณค่าเฉลี่ยจากตัวอย่าง โดยทำการศึกษาตัวอย่างที่มาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน พบว่า ค่าประมาณความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยตัวอย่าง เข้าใกล้ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยตัวอย่างที่แท้จริง เมื่อใช้ขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

Efron (1982) เปรียบเทียบวิธีบูตสแตรปกับวิธีแจกไนฟ ในการประมาณความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย Trimmed means จากตัวอย่าง สำหรับประชากรที่มีการแจกแจงคือ การแจกแจงแบบปกติ การแจกแจงแบบที และการแจกแจงแบบไคสแควร์ จากผลการศึกษาพบว่า การประมาณค่าความแปรปรวนของ Trimmed means จากตัวอย่างโดยวิธีบูตสแตรปและวิธีแจกไนฟ เป็นวิธีการประมาณค่าที่มีประสิทธิภาพไม่แตกต่างกัน ยกเว้นในกรณีที่ใช้ตัวอย่างขนาดเล็กที่มาจากประชากรที่มีลักษณะเบ้ พบว่าทั้ง 2 วิธี ให้ผลของการประมาณความแปรปรวนของ Trimmed means จากตัวอย่างน้อยกว่าปกติ

Zhou (2005) ศึกษาช่วงความเชื่อมั่นทางสถิตินอนพารามเตริก กรณีกลุ่มตัวอย่าง 1 กลุ่ม และกรณีกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม พบว่า ช่วงความเชื่อมั่นสำหรับค่าเฉลี่ยตัวอย่าง 1 กลุ่ม และช่วงความเชื่อมั่นสำหรับค่าเฉลี่ยตัวอย่าง 2 กลุ่ม จากสถิติที (t-Distribution) จะให้ช่วงความเชื่อมั่นที่ไม่สมบูรณ์ เมื่อตัวอย่างมีการแจกแจงเบ้ จึงนำสถิติที และบูตสแตรป-ที มาใช้ในการแปลงช่วงความเชื่อมั่น พบว่าช่วงความเชื่อมั่นที่แปลงจาก บูตสแตรป-ที ให้ความยาวช่วงความเชื่อมั่นแคบกว่า ช่วงความเชื่อมั่นที่แปลงจาก สถิติที

Cojbasic and Tomovic (2007) ศึกษาช่วงความเชื่อมั่นทางสถิตินอนพารามเตริกสำหรับความแปรปรวนของประชากร กรณีกลุ่มตัวอย่าง 1 กลุ่ม และกรณีกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม โดยวิธีบูตสแตรป-ที วิธีการแปลงค่า T1 วิธีการแปลงค่า T2 วิธี F และวิธีไคสแควร์ กำหนดให้กลุ่มขนาดตัวอย่าง 10 และ 20 เป็นตัวแทนของกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก กลุ่มขนาดตัวอย่าง 50 และ 80 เป็นตัวแทนของกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ สำหรับประชากรที่มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พบว่า สำหรับกลุ่มตัวอย่าง 1 กลุ่ม วิธีไคสแควร์ ให้ความยาวช่วงความเชื่อมั่นแคบที่สุด สำหรับกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม วิธีการแปลงค่า T1 ให้ความยาวช่วงความเชื่อมั่นใกล้เคียงกับวิธีการแปลงค่า T2 แต่เมื่อพิจารณาจากขนาดของกลุ่มตัวอย่างพบว่า กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ช่วงความเชื่อมั่นที่เหมาะสมควรใช้ช่วงความเชื่อมั่นจากวิธีการแปลงค่า T2 สำหรับกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ช่วงความเชื่อมั่นที่เหมาะสมควรใช้ช่วงความเชื่อมั่นจากวิธีบูตสแตรป-ที และวิธีการแปลงค่า T1 กรณี กลุ่มตัวอย่าง 1 กลุ่มและกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Silverman and Young (1987) เปรียบเทียบการประมาณความแปรปรวนของตัวประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จากตัวอย่างโดยวิธีบูตสแตรปแบบปรับให้เรียบ กับวิธีบูตสแตรป กำหนดให้กลุ่มขนาดตัวอย่าง 14 เป็นตัวแทนของตัวอย่างขนาดเล็ก กลุ่มขนาดตัวอย่าง 20, 30, 40, 50 และ100 เป็นตัวแทนของตัวอย่างขนาดใหญ่ พบว่าในกรณีที่ตัวอย่างขนาดเล็ก การประมาณความแปรปรวนของตัวประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จากตัวอย่างโดยวิธีบูตสแตรปแบบปรับให้เรียบ จะให้ค่าประมาณความแปรปรวนของตัวประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จากตัวอย่างใกล้เคียงกับความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของประชากรมากกว่า การประมาณความแปรปรวนของตัวประมาณประสิทธิ์สหสัมพันธ์จากตัวอย่างโดยวิธีบูตสแตรปและสำหรับในกรณีที่ใช้ตัวอย่างขนาดใหญ่ พบว่า การประมาณความแปรปรวนของตัวประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จากตัวอย่างโดยวิธีบูตสแตรปแบบปรับให้เรียบและวิธีบูตสแตรป จะให้ค่าประมาณความแปรปรวนของตัวประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จากตัวอย่าง ใกล้เคียงกับความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จากประชากรไม่แตกต่างกันจึงสรุปว่า วิธีบูตสแตรปแบบปรับให้เรียบ มีประสิทธิภาพในการประมาณความแปรปรวนของตัวประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จากตัวอย่างมากกว่าวิธีบูตสแตรป เมื่อใช้ตัวอย่างขนาดเล็ก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# อุปกรณ์และวิธีการ

## อุปกรณ์

เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ หน่วยประมวลผลกลางแบบ Intel Pentium 4 มีความเร็วในการประมวลผล 2.16 $GH_Z$ หน่วยความจำ 512 MB โดยใช้โปรแกรม R

## วิธีการ

การวิจัยศึกษาเปรียบเทียบวิธีการทางนอนพาราเมตริก ในการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของสองประชากร ได้แก่ วิธีบูตสแตรป-ที วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป วิธีบีซีบูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป เมื่อกลุ่มประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ การแจกแจงแบบที การแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล และการแจกแจงแบบเบต้า โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. การศึกษาด้วยการจำลองแบบข้อมูล
2. การศึกษาด้วยข้อมูลจริง

**1. การศึกษาด้วยการจำลองแบบข้อมูล**

1.1 สร้างข้อมูลจำนวนสองประชากร ที่มีการแจกแจงลักษณะต่างๆดังนี้

1.1.1 การแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) ที่มีค่าเฉลี่ย ($\mu$) เท่ากับ 0 และความแปรปรวน ($\sigma^2$) เท่ากับ 1

1.1.2 การแจกแจงแบบที (t-Distribution) จำนวนองศาอิสระ (degree of freedom) เท่ากับ 5

1.1.3 การแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล (Exponential Distribution) ค่าพารามิเตอร์ ($\theta$) เท่ากับ 1, 5 และ 10

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.1.4 การแจกแจงแบบเบต้า (Beta Distribution) ค่าพารามิเตอร์ ( $\alpha$ , $\beta$ ) เท่ากับ (2, 0.5) , (4, 2) และ (6, 3)

1.2 ขนาดตัวอย่าง

ในแต่ละลักษณะของการแจกแจงกำหนดขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1,000, 2,000 และ 5,000

1.3 จำนวนซ้ำ

จำนวนครั้งที่ใช้สุ่มตัวอย่างซ้ำทั้งหมดโดยวิธีบูตสแตรปเท่ากับ 1,000 และ 2,000 ครั้ง

1.4 ระดับนัยสำคัญ

กำหนดระดับนัยสำคัญของการทดสอบ 3 ระดับ คือ 0.01, 0.05 และ 0.10

1.5 ทดสอบข้อมูลที่สร้างขึ้น

ทำการทดสอบข้อมูลที่สร้างขึ้นด้วย วิธีบูตสแตรป-ที วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป โดยนำค่าสถิติทดสอบเปรียบเทียบกับค่าวิกฤต ถ้าค่าสถิติทดสอบที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่าวิกฤตสมมติฐานหลักจะถูกปฏิเสธ

1.6 คำนวณค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

โดยการนับจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานหลัก ( $H_0$ ) เมื่อสมมติฐานหลักเป็นจริง หารด้วยจำนวนครั้งที่ใช้สุ่มตัวอย่างซ้ำทั้งหมดโดยวิธีบูตสแตรป 1,000 และ 2,000 ครั้ง ถ้าค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สำหรับแต่ละขนาดตัวอย่าง มีค่าอยู่ในช่วงที่กำหนดไว้ในเกณฑ์ของการเปรียบเทียบ จะถือว่าวิธีการทางนอนพาราเมตริกนั้นมีความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.7 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของแต่ละวิธี

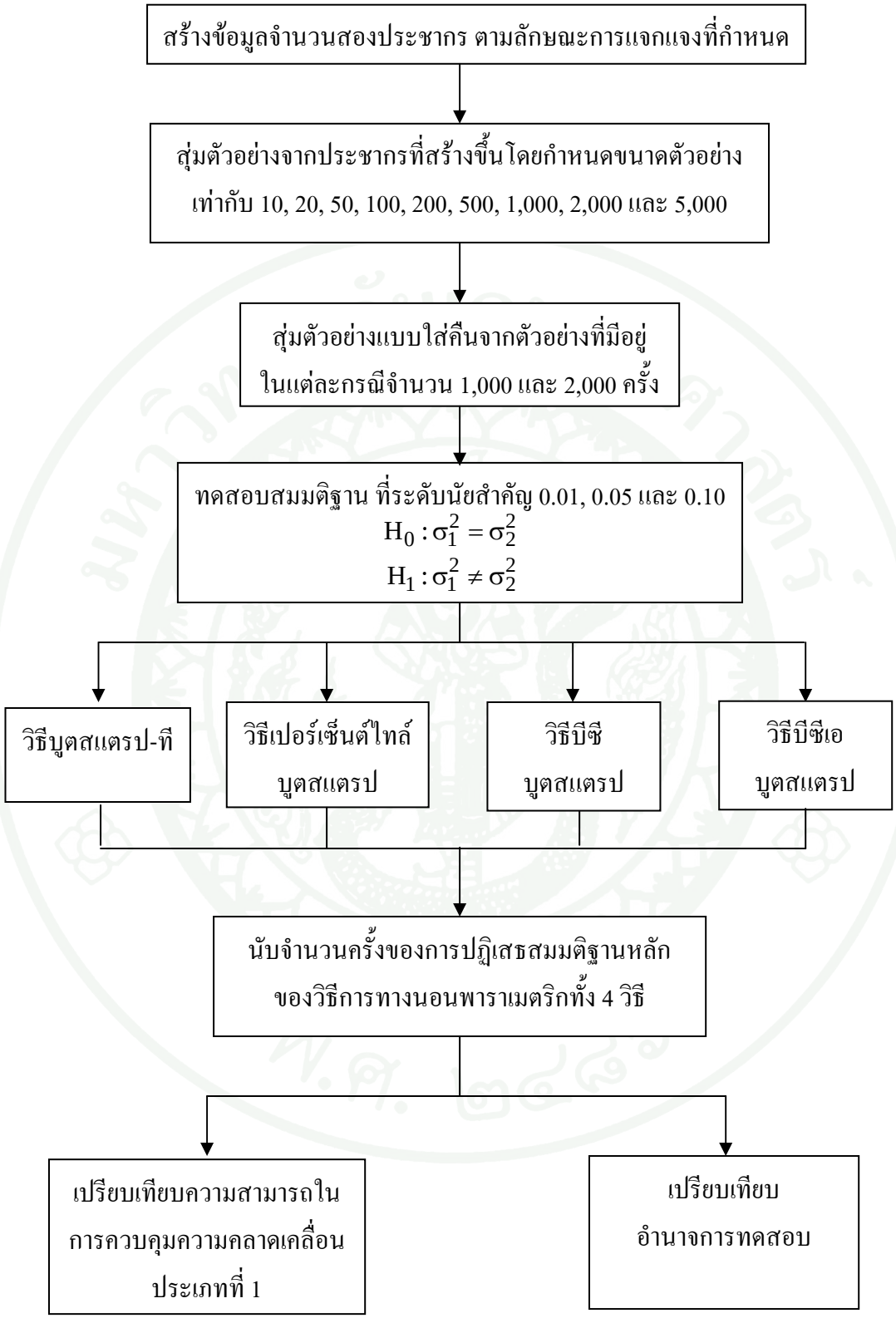
ภายใต้ลักษณะของการแจกแจง ระดับนัยสำคัญ และขนาดตัวอย่างเดียวกัน โดยพิจารณาจากวิธีที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

1.8 สรุปผล

**2. การศึกษาด้วยข้อมูลจริง**

รวมรวมข้อมูลจริงจากหน่วยงานต่างๆ จำนวน 5 ชุด และนำมาศึกษาลักษณะการแจกแจงของข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป จากนั้นทดสอบข้อมูลด้วยวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธีกับลักษณะการแจกแจงของข้อมูลจริงว่าให้ผลการทดสอบที่สอดคล้องกับลักษณะการแจกแจงที่แท้จริงของข้อมูลหรือไม่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 2** แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**สถานที่และระยะเวลาทำการวิจัย**

สถานที่ทำการวิจัย ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน มีระยะเวลาทำการวิจัยตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2551 สิ้นสุดเดือนมกราคม พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# ผลและวิจารณ์

## ผล

ในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวิธีการทางนอนพาราเมตริก 4 วิธีในการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของสองประชากร คือ วิธีบูตสแตรป-ที วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์บูตสแตรป วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ การแจกแจงแบบที การแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล และการแจกแจงแบบเบต้า กำหนดขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1,000, 2,000 และ 5,000 โดยศึกษาความสามารถในการควบคุมความความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10 โดยจำลองข้อมูลในแต่ละลักษณะจำนวน 1,000 และ 2,000 ครั้ง รวมทั้งได้ทำการศึกษากับข้อมูลจริงจำนวน 5 ชุด เพื่อเปรียบเทียบว่าผลที่ได้จากข้อมูลจริงและผลที่ได้จากข้อมูลจำลองแบบมีความสอดคล้องกันหรือไม่

ผลการศึกษาแบ่งออกเป็น 3 หัวข้อดังนี้

1. ความสามารถในการควบคุมความความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1
2. อำนาจของการทดสอบ
3. การศึกษาด้วยข้อมูลจริง

### 1. ความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

การเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธีนั้น มีวัตถุประสงค์เพื่อหาวิธีที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีที่สุด ในแต่ละระดับนัยสำคัญและขนาดตัวอย่างที่กำหนด โดยแบ่งเกณฑ์ออกเป็น 6 กรณี แสดงดังตารางที่ 2 ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 2** แสดงเกณฑ์ในการพิจารณาความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

| จำนวนครั้งที่ใช้สุ่มตัวอย่างซ้ำทั้งหมดโดยวิธีบูตสแตรป | ความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 | | |
|---|---|---|---|
| | **0.01** | **0.05** | **0.10** |
| 1,000 | (0.003, 0.017) | (0.040, 0.061) | (0.087, 0.113) |
| 2,000 | (0.004, 0.016) | (0.042, 0.060) | (0.091, 0.109) |

และเพื่อความสะดวกในการอธิบาย จึงกำหนดคำย่อและสัญลักษณ์เพื่อแทนความหมายต่างๆ ดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| BT | หมายถึง | วิธีบูตสแตรป-ที (Bootstrap-t Method) |
| PB | หมายถึง | วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป (Percentile Bootstrap Method) |
| BC | หมายถึง | วิธีบีซี บูตสแตรป (The Bias-corrected Bootstrap Method) |
| BCa | หมายถึง | วิธีบีซีเอ บูตสแตรป (The Bias-corrected Acceleration Bootstrap Method) |
| B | หมายถึง | จำนวนครั้งที่ใช้สุ่มตัวอย่างซ้ำทั้งหมดโดยวิธีบูตสแตรป |
| n | หมายถึง | ขนาดตัวอย่าง |
| * | หมายถึง | สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 |
| - | หมายถึง | ไม่นำมาพิจารณา เนื่องจากไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 |

ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริก 4 วิธี เมื่อข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000 และ 2,000 แสดงดังตารางที่ 3 และ 4 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 3** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริก ทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากร มีการแจกแจงแบบปกติ กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000

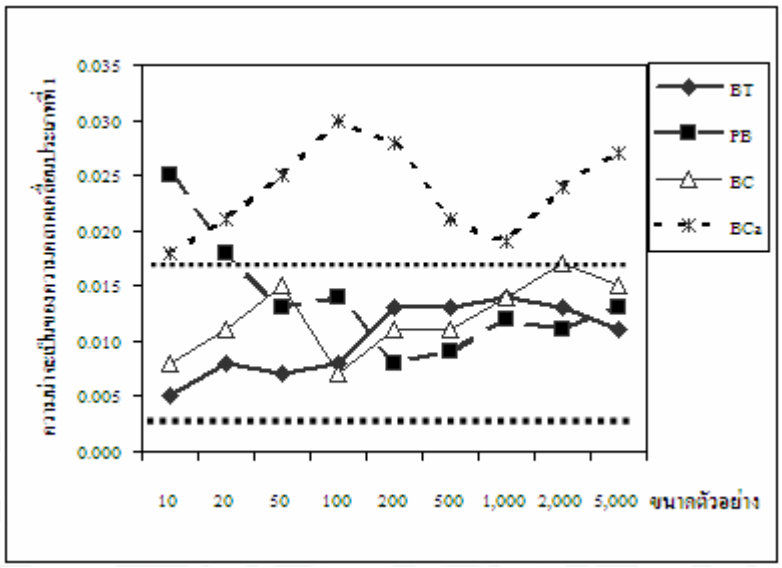
| $\alpha$ | n | BT | PB | BC | BCa |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.01 | 10 | .005* | .025 | .008* | .018 |
| | 20 | .008* | .018 | .011* | .021 |
| | 50 | .007* | .013* | .015* | .025 |
| | 100 | .008* | .014* | .007* | .030 |
| | 200 | .013* | .008* | .011* | .028 |
| | 500 | .013* | .009* | .011* | .021 |
| | 1,000 | .014* | .012* | .014* | .019 |
| | 2,000 | .013* | .011* | .017* | .024 |
| | 5,000 | .011* | .013* | .015* | .027 |
| 0.05 | 10 | .040* | .061* | .048* | .065 |
| | 20 | .059* | .057* | .053* | .066 |
| | 50 | .051* | .056* | .053* | .064 |
| | 100 | .043* | .053* | .049* | .067 |
| | 200 | .055* | .053* | .053* | .070 |
| | 500 | .052* | .049* | .056* | .066 |
| | 1,000 | .060* | .046* | .055* | .066 |
| | 2,000 | .055* | .050* | .059* | .069 |
| | 5,000 | .053* | .048* | .052* | .063 |
| 0.10 | 10 | .111* | .106* | .105* | .131 |
| | 20 | .106* | .099* | .106* | .127 |
| | 50 | .109* | .101* | .099* | .115 |
| | 100 | .098* | .100* | .101* | .113 |
| | 200 | .110* | .100* | .096* | .124 |
| | 500 | .104* | .103* | .096* | .124 |
| | 1,000 | .103* | .099* | .092* | .137 |
| | 2,000 | .102* | .098* | .100* | .130 |
| | 5,000 | .101* | .091* | .147 | .131 |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

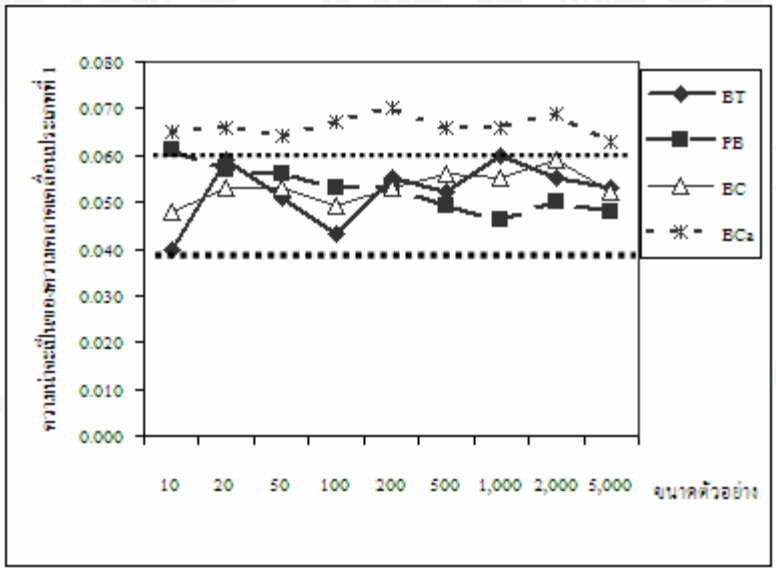
**ตารางที่ 4** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริก ทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 2,000

| $\alpha$ | n | BT | PB | BC | BCa |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.01 | 10 | .012* | .011* | .020 | .017 |
| | 20 | .014* | .010* | .012* | .019 |
| | 50 | .007* | .014* | .010* | .025 |
| | 100 | .013* | .014* | .012* | .021 |
| | 200 | .011* | .011* | .011* | .020 |
| | 500 | .009* | .010* | .016* | .020 |
| | 1,000 | .013* | .013* | .008* | .018 |
| | 2,000 | .012* | .014* | .010* | .019 |
| | 5,000 | .010* | .010* | .010* | .021 |
| 0.05 | 10 | .051* | .054* | .060* | .061 |
| | 20 | .060* | .059* | .051* | .061 |
| | 50 | .041 | .049* | .049* | .063 |
| | 100 | .044* | .050* | .052* | .062 |
| | 200 | .056* | .053* | .050* | .069 |
| | 500 | .046* | .051* | .049* | .067 |
| | 1,000 | .052* | .050* | .050* | .073 |
| | 2,000 | .050* | .052* | .051* | .071 |
| | 5,000 | .053* | .051* | .047* | .070 |
| 0.10 | 10 | .105* | .104* | .130 | .117 |
| | 20 | .103* | .111 | .116 | .120 |
| | 50 | .086 | .102* | .109* | .115 |
| | 100 | .093* | .100* | .106* | .124 |
| | 200 | .101* | .104* | .100* | .131 |
| | 500 | .092* | .100* | .090 | .131 |
| | 1,000 | .108* | .104* | .101* | .138 |
| | 2,000 | .101* | .100* | .101* | .129 |
| | 5,000 | .101* | .101* | .105* | .130 |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

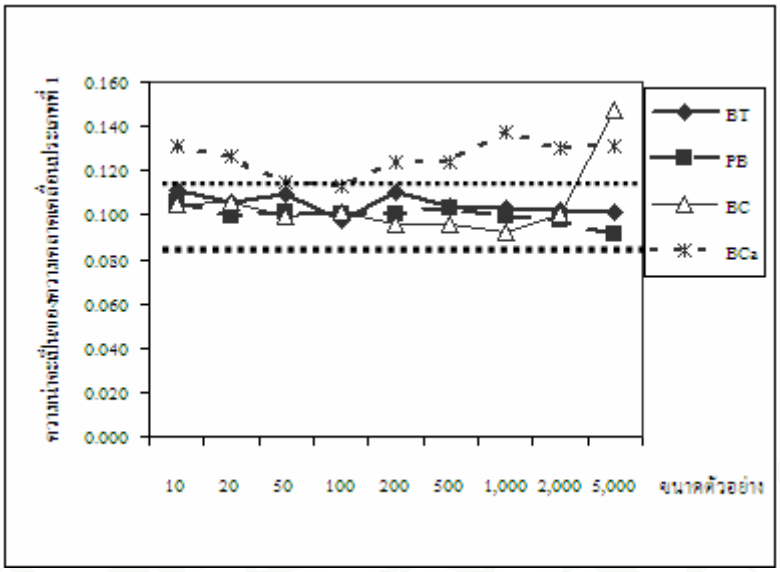



**ภาพที่ 3** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

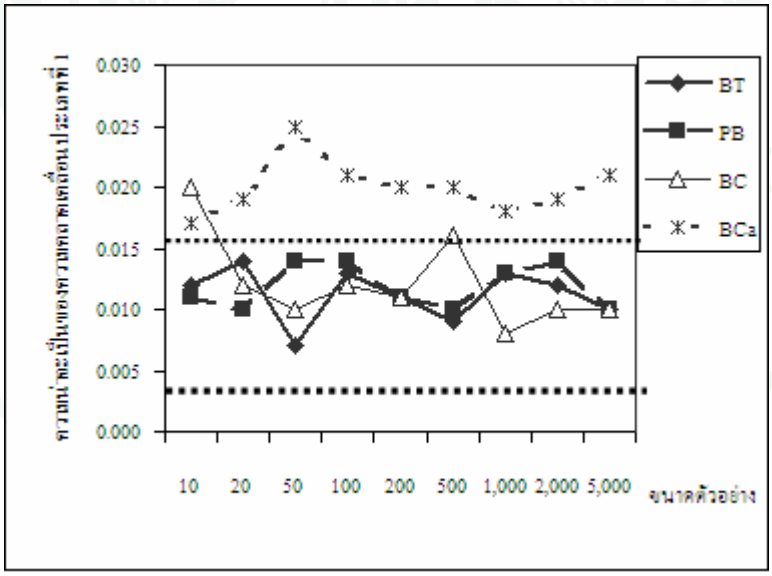



**ภาพที่ 4** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

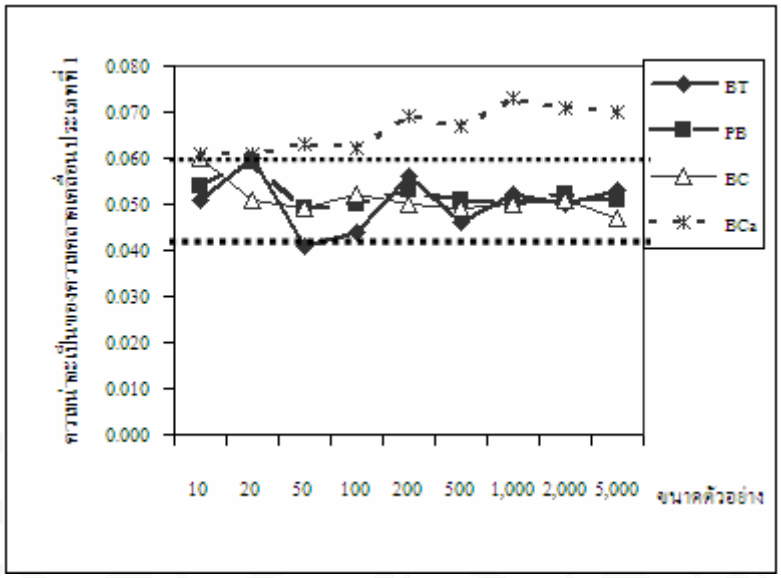



**ภาพที่ 5** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

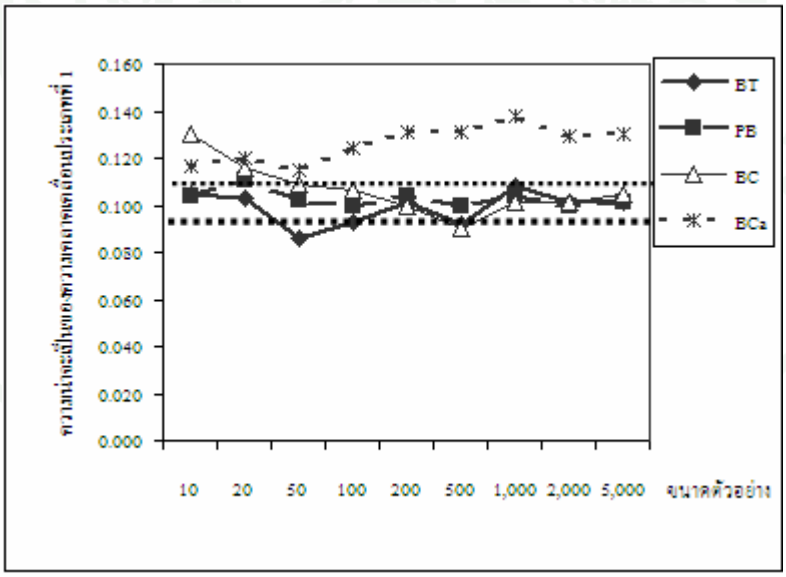



**ภาพที่ 6** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 7** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000




**ภาพที่ 8** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.1 ประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ

1.1.1 จำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 3 และภาพที่ 3 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที และวิธีบีซี บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 และ 20 ส่วนวิธีบีซีเอ บูตสแตรป ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 3 และภาพที่ 4 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป และวิธีบีซี บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง ส่วนวิธีบีซีเอ บูตสแตรป ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 3 และภาพที่ 5 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีบีซี บูตสแตรป ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 5,000 ส่วนวิธีบีซีเอ บูตสแตรป ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง

1.1.2 จำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 4 และภาพที่ 6 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีบีซี บูตสแตรป ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 ส่วนวิธีบีซีเอ บูตสแตรป ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 4 และภาพที่ 7 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป และวิธีบีซี บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง ส่วนวิธีบีซีเอ บูตสแตรป ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 4 และภาพที่ 8 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 วิธีบีซี บูตสแตรป ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 20 และ 500 ส่วนวิธีบีซีเอ บูตสแตรป ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง

สรุปเมื่อพิจารณาจำนวนซ้ำของการทดลอง และระดับนัยสำคัญ พบว่าวิธีการทางนอนพาราเมตริก ส่วนใหญ่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ยกเว้นวิธีบีซีเอ บูตสแตรป ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกขนาดตัวอย่าง

ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริก 4 วิธี เมื่อข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบที กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000 และ 2,000 แสดงดังตารางที่ 5 และ 6 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 5** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากร มีการแจกแจงแบบที กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000

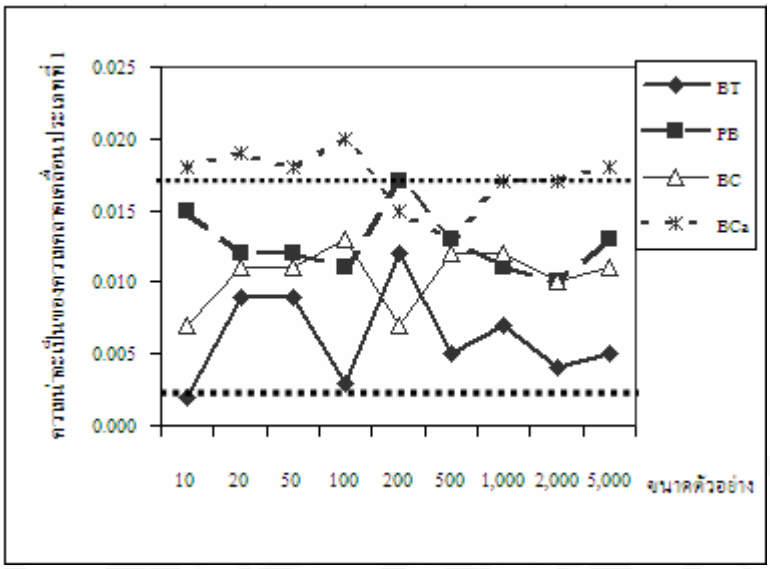
| $\alpha$ | n | BT | PB | BC | BCa |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.01 | 10 | .002 | .015* | .007* | .018 |
| | 20 | .009* | .012* | .011* | .019 |
| | 50 | .009* | .012* | .011* | .018 |
| | 100 | .003* | .011* | .013* | .020 |
| | 200 | .012* | .017* | .007* | .015* |
| | 500 | .005* | .013* | .012* | .013* |
| | 1,000 | .007* | .011* | .012* | .017* |
| | 2,000 | .004* | .010* | .010* | .017* |
| | 5,000 | .005* | .013* | .011* | .018 |
| 0.05 | 10 | .006 | .052* | .052* | .067 |
| | 20 | .029 | .051* | .050* | .071 |
| | 50 | .029 | .054* | .053* | .065 |
| | 100 | .032 | .052* | .057* | .063 |
| | 200 | .048* | .055* | .057* | .060* |
| | 500 | .022 | .050* | .056* | .057* |
| | 1,000 | .028 | .049* | .051* | .053* |
| | 2,000 | .043* | .053* | .048* | .061* |
| | 5,000 | .030 | .050* | .053* | .063 |
| 0.10 | 10 | .022 | .104* | .111* | .114 |
| | 20 | .070 | .098* | .103* | .118 |
| | 50 | .083 | .095* | .102* | .116 |
| | 100 | .074 | .095* | .099* | .114 |
| | 200 | .087* | .098* | .115 | .111* |
| | 500 | .080 | .093* | .113* | .113* |
| | 1,000 | .084 | .099* | .101* | .110* |
| | 2,000 | .085 | .098* | .105* | .107* |
| | 5,000 | .058 | .089* | .105* | .115 |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

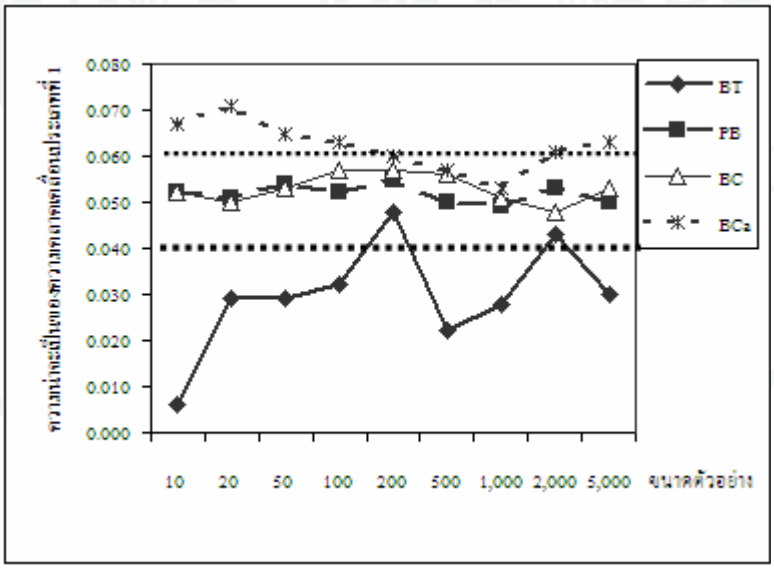
**ตารางที่ 6** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบที กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 2,000

| $\alpha$ | n | BT | PB | BC | BCa |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.01 | 10 | .003 | .013* | .010* | .017 |
| | 20 | .006* | .012* | .012* | .019 |
| | 50 | .002 | .011* | .012* | .018 |
| | 100 | .001 | .010* | .014* | .020 |
| | 200 | .003 | .010* | .010* | .017 |
| | 500 | .006* | .010* | .010* | .015* |
| | 1,000 | .001 | .016* | .011* | .016* |
| | 2,000 | .002 | .011* | .011* | .014* |
| | 5,000 | .002 | .011* | .010* | .017 |
| 0.05 | 10 | .019 | .054* | .050* | .063 |
| | 20 | .026 | .054* | .063 | .061 |
| | 50 | .028 | .050* | .050* | .064 |
| | 100 | .014 | .051* | .047* | .064 |
| | 200 | .014 | .050* | .053* | .061 |
| | 500 | .017 | .061* | .051* | .053* |
| | 1,000 | .018 | .052* | .056* | .057* |
| | 2,000 | .015 | .050* | .052* | .060* |
| | 5,000 | .025 | .051* | .053* | .063 |
| 0.10 | 10 | .038 | .122 | .100* | .113 |
| | 20 | .043 | .105* | .116 | .112 |
| | 50 | .059 | .097* | .107* | .117 |
| | 100 | .031 | .100* | .102* | .120 |
| | 200 | .030 | .103* | .100* | .112 |
| | 500 | .036 | .100* | .104* | .102* |
| | 1,000 | .045 | .097* | .109* | .105* |
| | 2,000 | .036 | .102* | .101* | .108* |
| | 5,000 | .048 | .103* | .107* | .110 |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

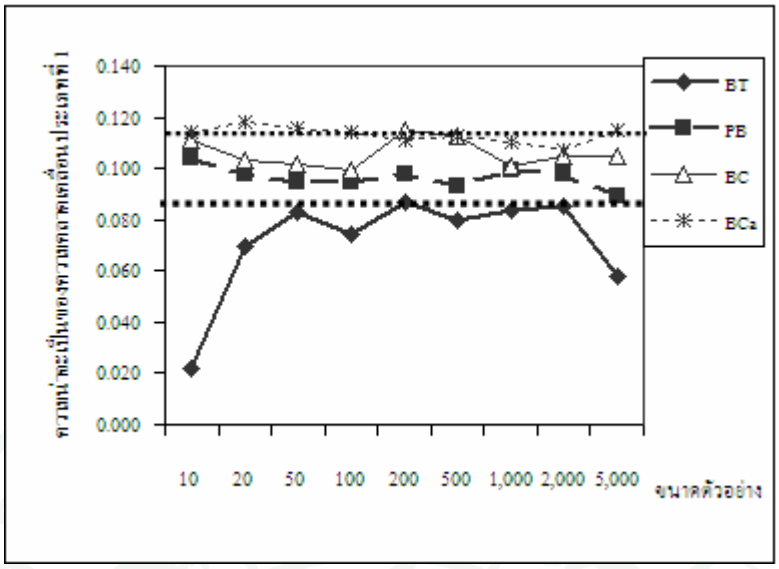



**ภาพที่ 9** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบที ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

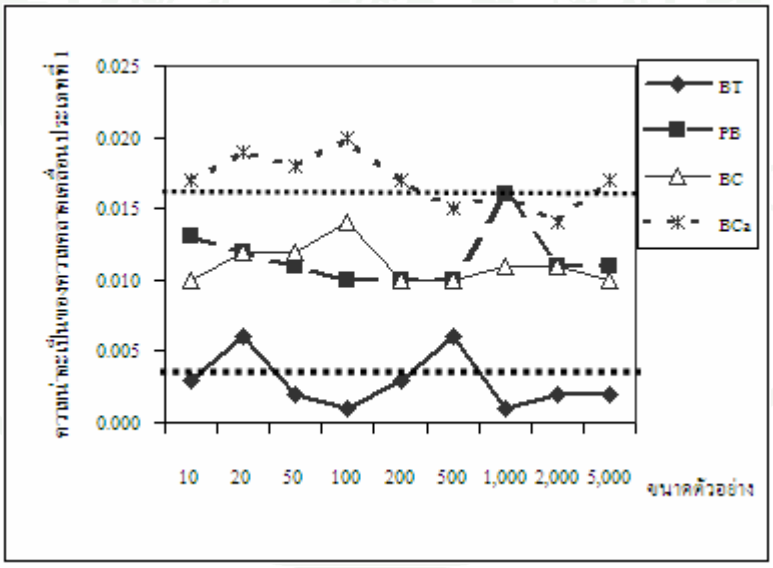



**ภาพที่ 10** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบที ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

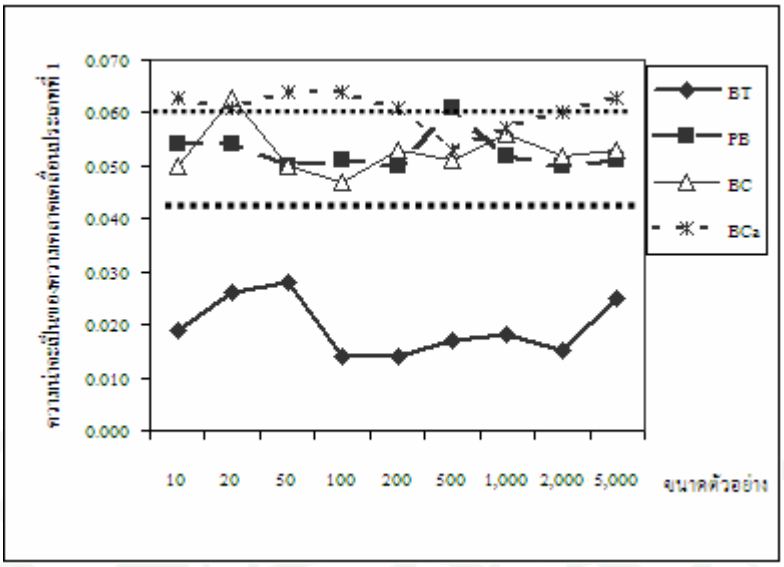



**ภาพที่ 11** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบที ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

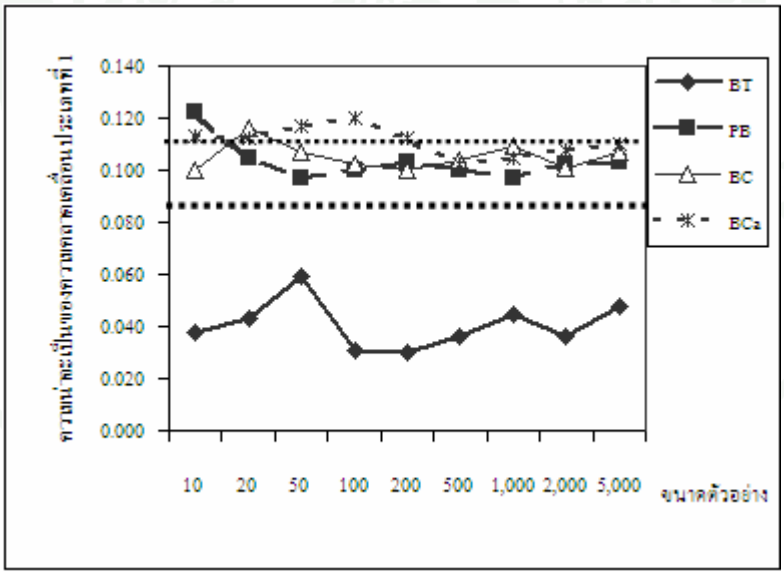



**ภาพที่ 12** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบที ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 13** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบที ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000




**ภาพที่ 14** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบที ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 ประชากรมีการแจกแจงแบบที

1.2.1 จำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 5 และภาพที่ 9 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป และวิธีบีซี บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีบีซีเอ บูตสแตรป ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 20, 50, 100 และ 5,000

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 5 และภาพที่ 10 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 20, 50, 100, 500, 1,000 และ 5,000 วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป และวิธีบีซี บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีบีซีเอ บูตสแตรป ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 20, 50, 100 และ 5,000

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 5 และภาพที่ 11 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 20, 50, 100, 500, 1,000, 2,000 และ 5,000 วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีบีซี บูตสแตรป ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 วิธีบีซีเอ บูตสแตรป ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 20, 50, 100 และ 5,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2.2 จำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 6 นำมาสร้างกราฟดังภาพที่ 12 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 50, 100, 200, 1,000, 2,000 และ 5,000 วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป และวิธีบีซี บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีบีซีเอ บูตสแตรป ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 20, 50, 100, 200 และ 5,000

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 6 นำมาสร้างกราฟดังภาพที่ 13 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีบีซี บูตสแตรป ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 วิธีบีซีเอ บูตสแตรป ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 20, 50, 100, 200 และ 5,000

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 6 นำมาสร้างกราฟดังภาพที่ 14 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 วิธีบีซี บูตสแตรป ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 วิธีบีซีเอ บูตสแตรป ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 20, 50, 100, 200 และ 5,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปเมื่อพิจารณาจำนวนซ้ำของการทดลอง และระดับนัยสำคัญ พบว่า วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป และวิธีบีซี บูตสแตรป โดยรวมสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกขนาดตัวอย่าง ยกเว้นวิธีบูตสแตรป-ที และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป ที่ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริก 4 วิธี เมื่อข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 1 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000 และ 2,000 แสดงดังตารางที่ 7 และ 8 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 7** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 1 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000

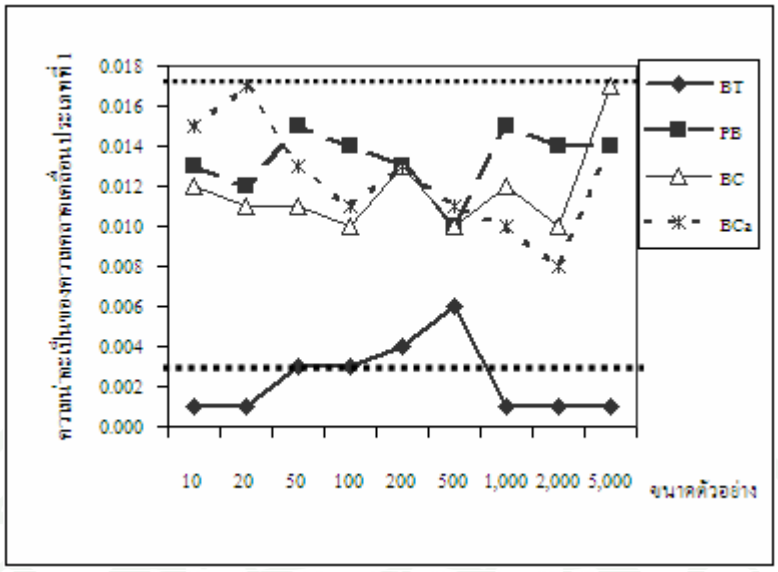
| $\alpha$ | n | BT | PB | BC | BCa |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.01 | 10 | .001 | .013* | .012* | .015* |
| | 20 | .001 | .012* | .011* | .017* |
| | 50 | .003* | .015* | .011* | .013* |
| | 100 | .003* | .014* | .010* | .011* |
| | 200 | .004* | .013* | .013* | .013* |
| | 500 | .006* | .010* | .010* | .011* |
| | 1,000 | .001 | .015* | .012* | .010* |
| | 2,000 | .001 | .014* | .010* | .008* |
| | 5,000 | .001 | .014* | .017* | .014* |
| 0.05 | 10 | .017 | .057* | .052* | .060* |
| | 20 | .011 | .055* | .051* | .060* |
| | 50 | .010 | .047* | .053* | .053* |
| | 100 | .021 | .057* | .054* | .051* |
| | 200 | .032 | .054* | .050* | .055* |
| | 500 | .022 | .056* | .056* | .057* |
| | 1,000 | .027 | .048* | .060* | .050* |
| | 2,000 | .019 | .048* | .044* | .060* |
| | 5,000 | .017 | .048* | .051* | .061* |
| 0.10 | 10 | .048 | .103* | .102* | .104* |
| | 20 | .038 | .093* | .106* | .107* |
| | 50 | .038 | .103* | .118 | .112* |
| | 100 | .046 | .102* | .102* | .111* |
| | 200 | .055 | .092* | .112* | .109* |
| | 500 | .068 | .098* | .098* | .100* |
| | 1,000 | .046 | .100* | .116 | .110* |
| | 2,000 | .038 | .101* | .106* | .111* |
| | 5,000 | .043 | .095* | .099* | .113* |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

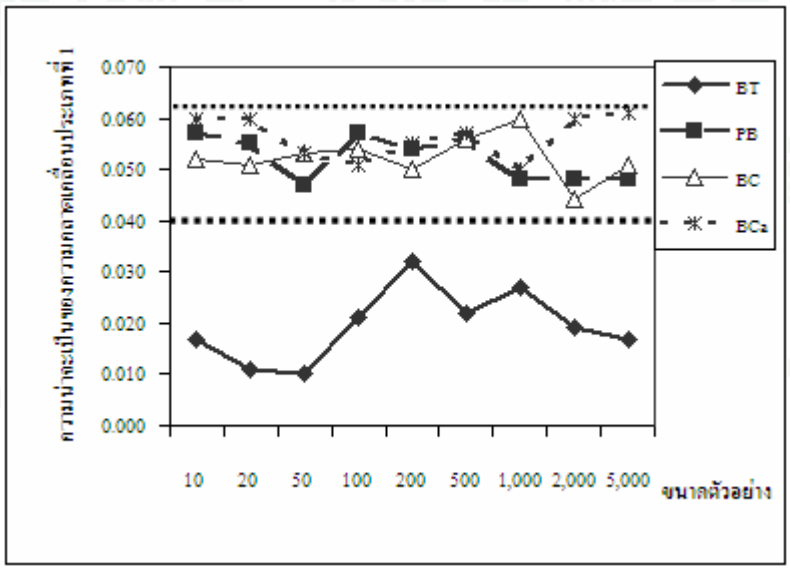
**ตารางที่ 8** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริก ทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 1 กรณีจำนวนเท่ากับ 2,000

| $\alpha$ | n | BT | PB | BC | BCa |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.01 | 10 | .002 | .013* | .017* | .015* |
| | 20 | .002 | .016* | .013* | .012* |
| | 50 | .001 | .011* | .010* | .011* |
| | 100 | .002 | .010* | .013* | .013* |
| | 200 | .001 | .012* | .009* | .010* |
| | 500 | .002 | .013* | .014* | .007* |
| | 1,000 | .002 | .015* | .011* | .009* |
| | 2,000 | .003 | .011* | .009* | .012* |
| | 5,000 | .003 | .011* | .015* | .015* |
| 0.05 | 10 | .017 | .050* | .052* | .060* |
| | 20 | .019 | .050* | .055* | .057* |
| | 50 | .017 | .053* | .050* | .058* |
| | 100 | .014 | .050* | .053* | .053* |
| | 200 | .011 | .055* | .055* | .055* |
| | 500 | .021 | .051* | .049* | .052* |
| | 1,000 | .029 | .051* | .050* | .049* |
| | 2,000 | .025 | .049* | .049* | .058* |
| | 5,000 | .023 | .051* | .052* | .053* |
| 0.10 | 10 | .047 | .110 | .112 | .106* |
| | 20 | .043 | .099* | .115 | .102* |
| | 50 | .049 | .108* | .102* | .097* |
| | 100 | .035 | .099* | .104* | .099* |
| | 200 | .033 | .096* | .108* | .108* |
| | 500 | .043 | .099* | .102* | .103* |
| | 1,000 | .066 | .099* | .099* | .090* |
| | 2,000 | .059 | .096* | .101* | .101* |
| | 5,000 | .043 | .096* | .099* | .100* |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

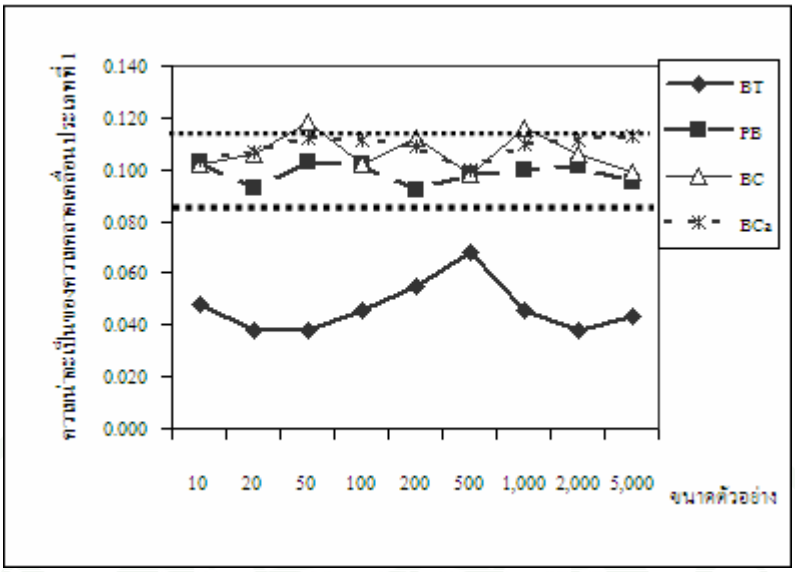



**ภาพที่ 15** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

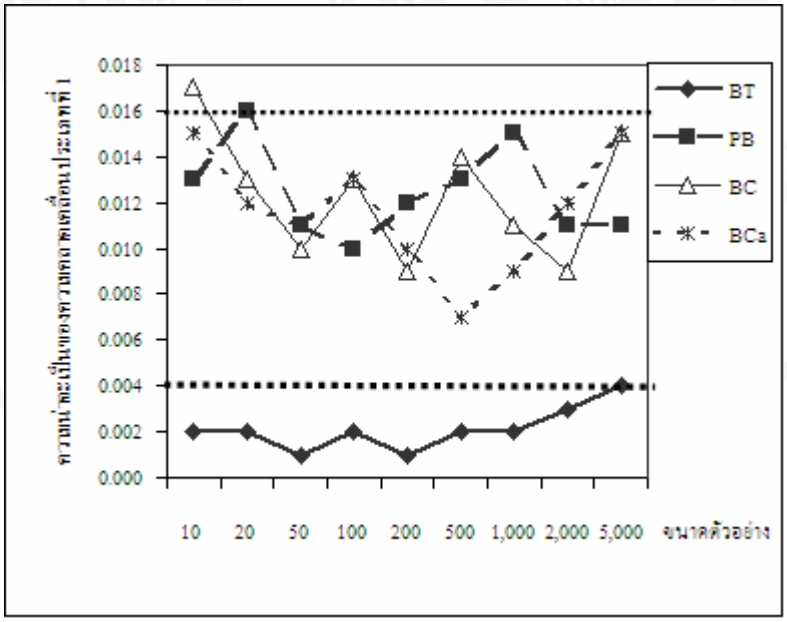



**ภาพที่ 16** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

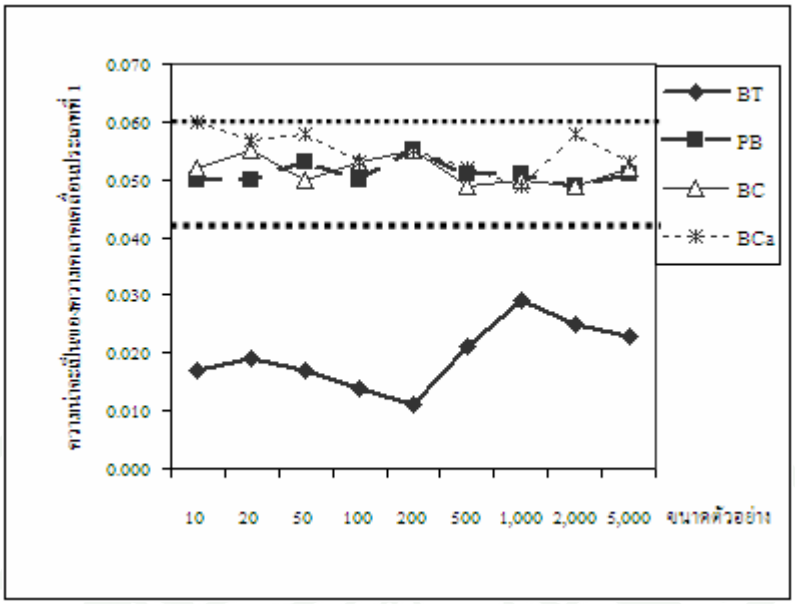



**ภาพที่ 17** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

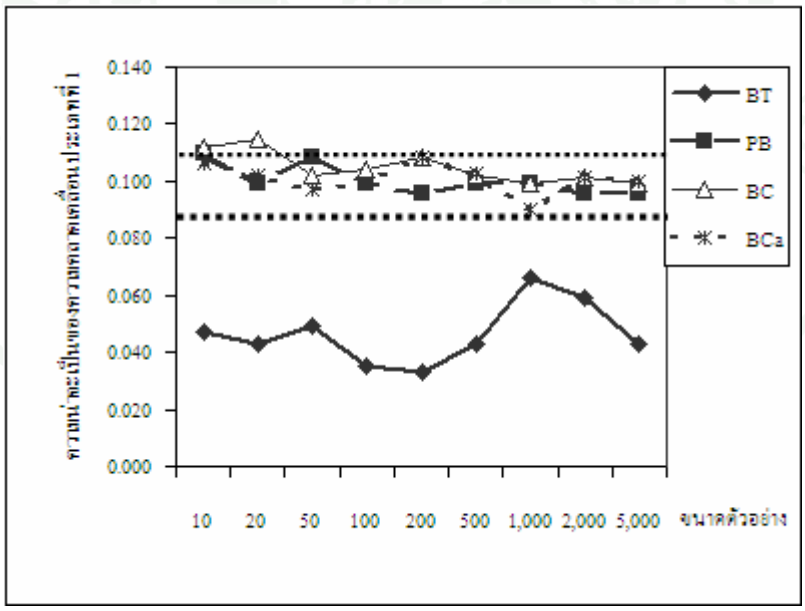



**ภาพที่ 18** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 19** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000




**ภาพที่ 20** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.3 ประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 1

1.3.1 จำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 7 และภาพที่ 15 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 20, 1,000, 2,000 และ 5,000 วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป วิธีบีซี บูตสแตรป และ วิธีบีซีเอ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 7 และภาพที่ 16 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 7 และภาพที่ 17 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง ส่วนวิธีบีซี บูตสแตรป ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และ 1,000

1.3.2 จำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 8 และภาพที่ 18 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 8 และภาพที่ 19 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 8 และภาพที่ 20 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 วิธีบีซี บูตสแตรป ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 และ 20 วิธีบีซีเอ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง

สรุปเมื่อพิจารณาจำนวนซ้ำของการทดลอง และระดับนัยสำคัญ พบว่า วิธีการทางนอนพาราเมตริก ส่วนใหญ่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกขนาดตัวอย่าง ยกเว้นวิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกขนาดตัวอย่าง

ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริก 4 วิธี เมื่อข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 5 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000 และ 2,000 แสดงดังตารางที่ 9 และ 10 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 9** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 5 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000

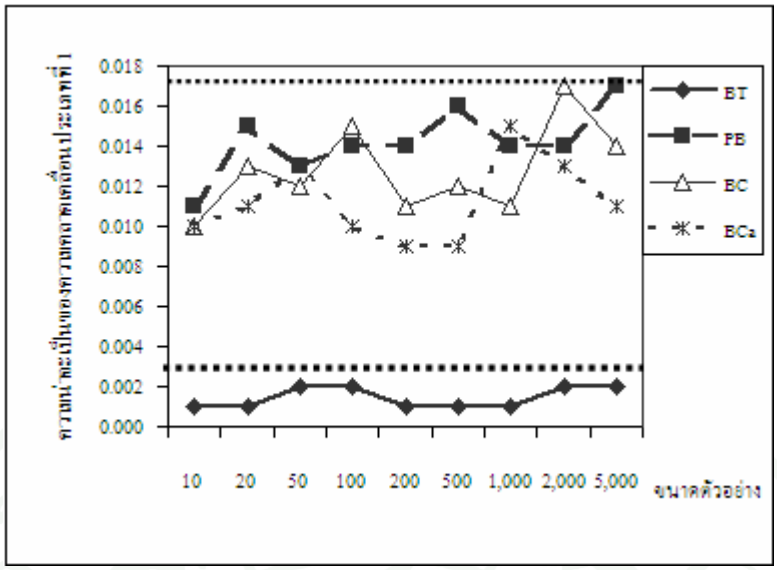
| $\alpha$ | n | BT | PB | BC | BCa |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.01 | 10 | .001 | .011* | .010* | .010* |
| | 20 | .001 | .015* | .013* | .011* |
| | 50 | .002 | .013* | .012* | .013* |
| | 100 | .002 | .014* | .015* | .010* |
| | 200 | .001 | .014* | .011* | .009* |
| | 500 | .001 | .016* | .012* | .009* |
| | 1,000 | .001 | .014* | .011* | .015* |
| | 2,000 | .002 | .014* | .017* | .013* |
| | 5,000 | .002 | .017* | .014* | .011* |
| 0.05 | 10 | .031 | .049* | .052* | .056* |
| | 20 | .032 | .052* | .053* | .053* |
| | 50 | .022 | .047* | .056* | .052* |
| | 100 | .027 | .056* | .060* | .055* |
| | 200 | .024 | .048* | .044* | .061* |
| | 500 | .030 | .058* | .043* | .061* |
| | 1,000 | .026 | .056* | .060* | .060* |
| | 2,000 | .029 | .047* | .051* | .057* |
| | 5,000 | .028 | .055* | .052* | .059* |
| 0.10 | 10 | .051 | .100* | .099* | .103* |
| | 20 | .048 | .102* | .097* | .106* |
| | 50 | .056 | .112* | .100* | .112* |
| | 100 | .046 | .101* | .097* | .109* |
| | 200 | .046 | .095* | .103* | .104* |
| | 500 | .057 | .098* | .102* | .107* |
| | 1,000 | .049 | .103* | .112* | .112* |
| | 2,000 | .055 | .100* | .112* | .113* |
| | 5,000 | .047 | .101* | .110* | .110* |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

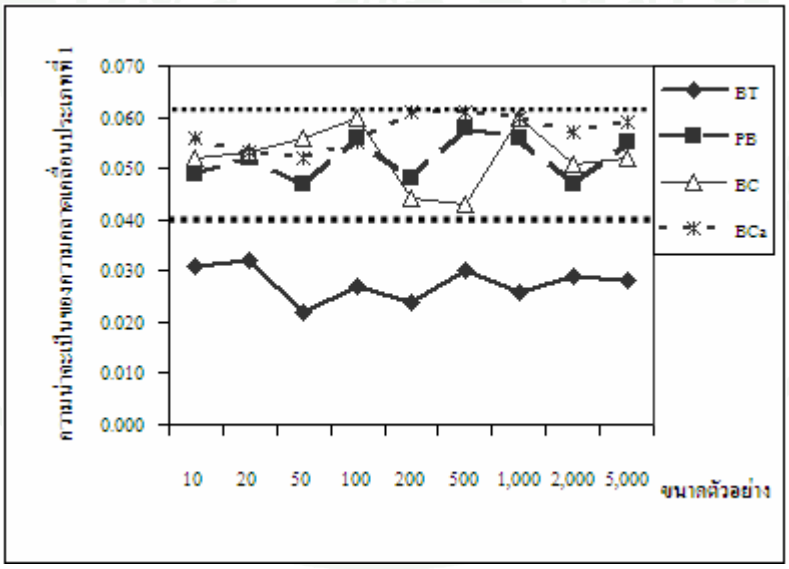
**ตารางที่ 10** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริก ทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 5 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 2,000

| $\alpha$ | n | BT | PB | BC | BCa |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.01 | 10 | .003 | .014* | .012* | .014* |
| | 20 | .002 | .011* | .015* | .015* |
| | 50 | .002 | .012* | .013* | .011* |
| | 100 | .001 | .015* | .014* | .013* |
| | 200 | .003 | .011* | .010* | .014* |
| | 500 | .003 | .010* | .015* | .012* |
| | 1,000 | .002 | .015* | .013* | .015* |
| | 2,000 | .002 | .015* | .011* | .016* |
| | 5,000 | .002 | .016* | .011* | .016* |
| 0.05 | 10 | .029 | .043* | .042* | .054* |
| | 20 | .025 | .045* | .044* | .057* |
| | 50 | .021 | .052* | .049* | .051* |
| | 100 | .019 | .055* | .057* | .047* |
| | 200 | .017 | .047* | .053* | .055* |
| | 500 | .017 | .059* | .052* | .051* |
| | 1,000 | .023 | .060* | .060* | .058* |
| | 2,000 | .028 | .053* | .055* | .058* |
| | 5,000 | .024 | .051* | .060* | .056* |
| 0.10 | 10 | .056 | .094* | .097* | .099* |
| | 20 | .051 | .099* | .093* | .101* |
| | 50 | .059 | .105* | .101* | .096* |
| | 100 | .066 | .097* | .092* | .096* |
| | 200 | .057 | .099* | .100* | .093* |
| | 500 | .055 | .096* | .096* | .100* |
| | 1,000 | .061 | .103* | .109* | .105 |
| | 2,000 | .067 | .100* | .101* | .103* |
| | 5,000 | .052 | .098* | .108* | .104* |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

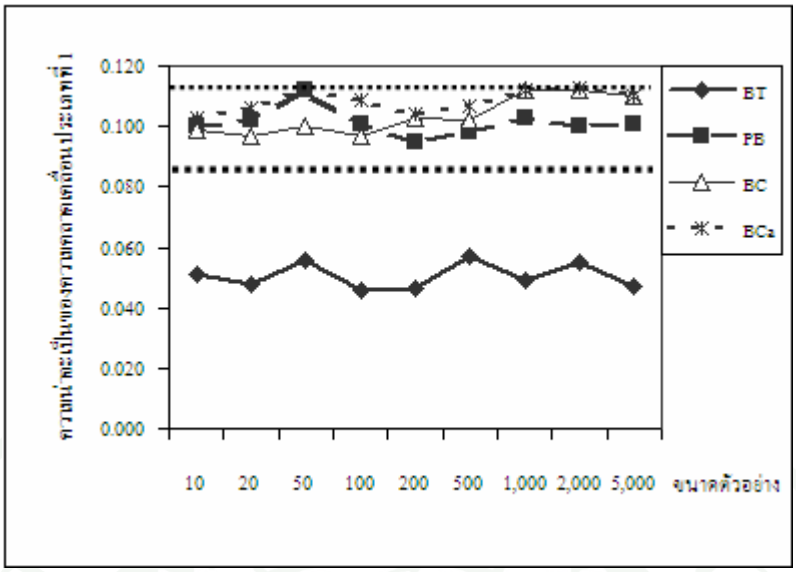



**ภาพที่ 21** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

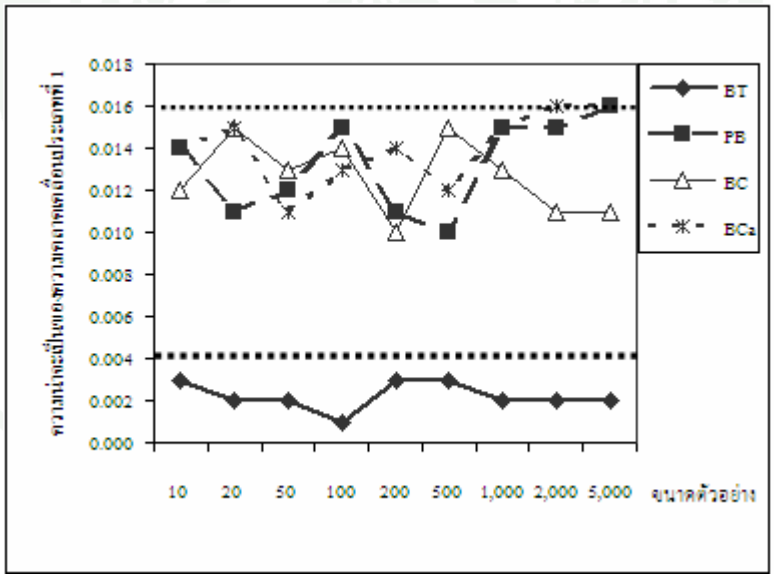



**ภาพที่ 22** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

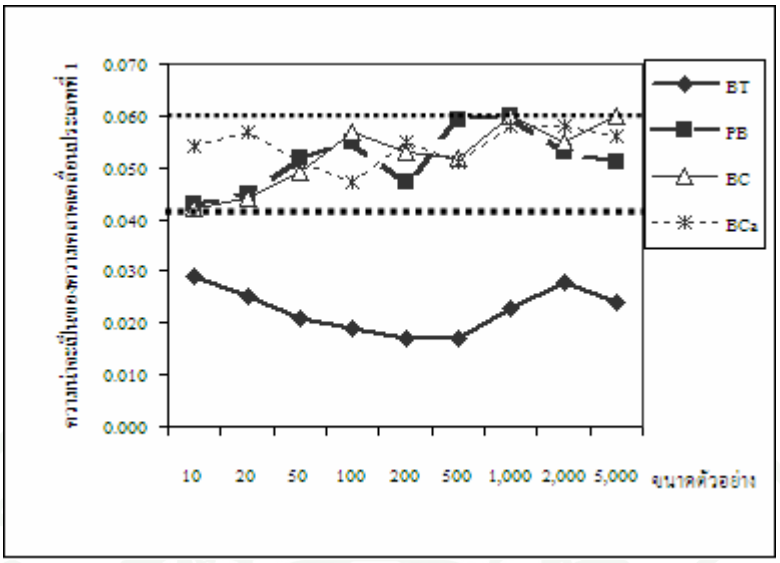



**ภาพที่ 23** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

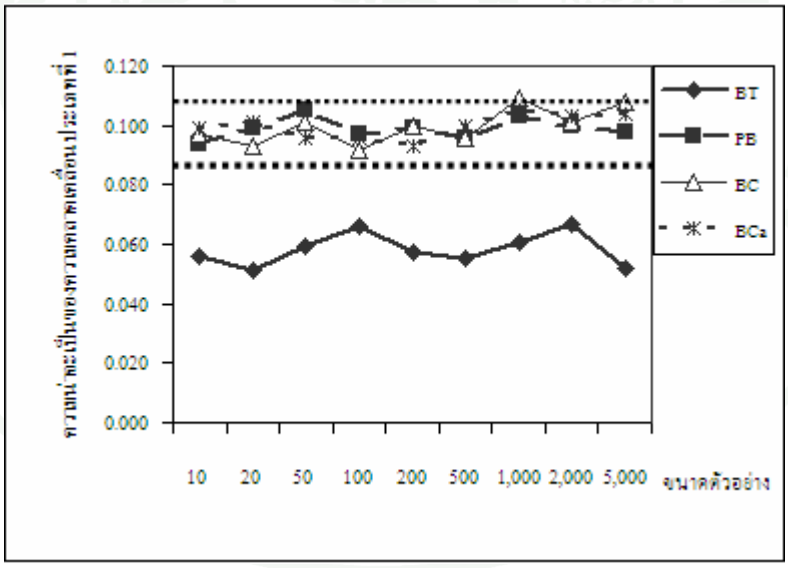



**ภาพที่ 24** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 25** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000




**ภาพที่ 26** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.4 ประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 5

1.4.1 จำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 9 และภาพที่ 21 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 9 และภาพที่ 22 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 9 และภาพที่ 23 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง

1.4.2 จำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 10 และภาพที่ 24 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 10 และภาพที่ 25 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 10 และภาพที่ 26 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง

สรุปเมื่อพิจารณาจำนวนซ้ำของการทดลอง และระดับนัยสำคัญ พบว่า วิธีการทางนอนพาราเมตริก ส่วนใหญ่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกขนาดตัวอย่าง ยกเว้นวิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกขนาดตัวอย่าง

ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริก 4 วิธี เมื่อข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 10 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000 และ 2,000 แสดงดังตารางที่ 11 และ 12 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 11** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริก ทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 10 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000

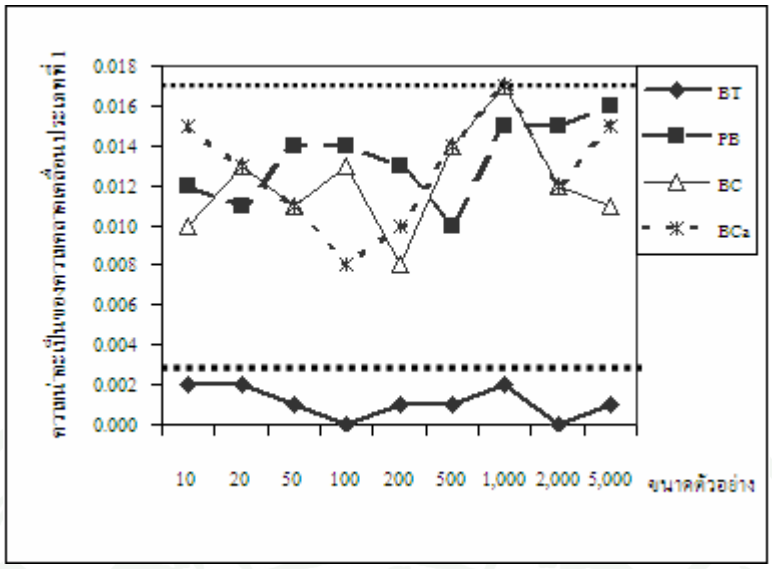
| $\alpha$ | n | BT | PB | BC | BCa |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.01 | 10 | .002 | .012* | .010* | .015* |
| | 20 | .002 | .011* | .013* | .013* |
| | 50 | .001 | .014* | .011* | .011* |
| | 100 | .000 | .014* | .013* | .008* |
| | 200 | .001 | .013* | .008* | .010* |
| | 500 | .001 | .010* | .014* | .014* |
| | 1,000 | .002 | .015* | .017* | .017* |
| | 2,000 | .000 | .015* | .012* | .012* |
| | 5,000 | .001 | .016* | .011* | .015* |
| 0.05 | 10 | .027 | .044* | .051* | .049* |
| | 20 | .029 | .046* | .053* | .047* |
| | 50 | .031 | .056* | .060* | .051* |
| | 100 | .020 | .053* | .060* | .050* |
| | 200 | .028 | .048* | .059* | .042* |
| | 500 | .022 | .057* | .047* | .053* |
| | 1,000 | .030 | .058* | .048* | .057* |
| | 2,000 | .021 | .047* | .048* | .057* |
| | 5,000 | .028 | .055* | .052* | .059* |
| 0.10 | 10 | .031 | .091* | .089* | .091* |
| | 20 | .036 | .099* | .097* | .098* |
| | 50 | .043 | .102* | .101* | .103* |
| | 100 | .048 | .104* | .103* | .101* |
| | 200 | .051 | .110* | .109* | .099* |
| | 500 | .056 | .108* | .111* | .107* |
| | 1,000 | .065 | .108* | .108* | .112* |
| | 2,000 | .061 | .112* | .113* | .105* |
| | 5,000 | .066 | .111* | .107* | .111* |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

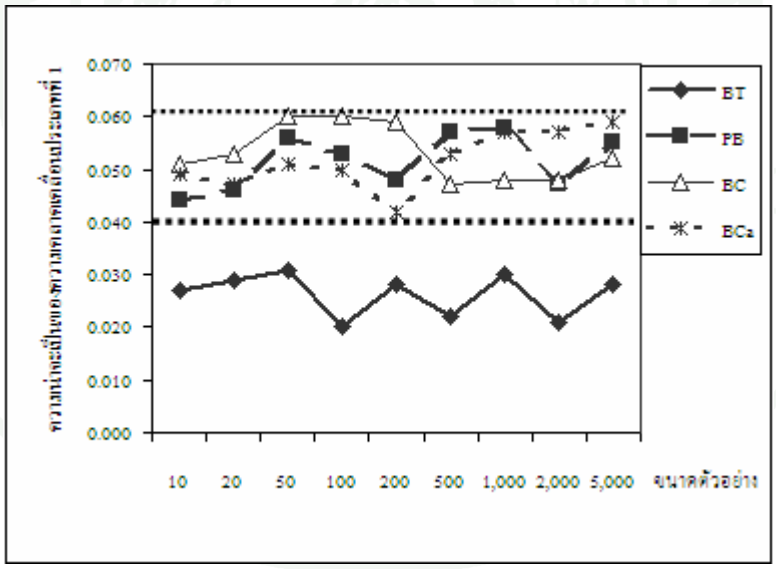
**ตารางที่ 12** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริก ทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 10 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 2,000

| $\alpha$ | n | BT | PB | BC | BCa |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.01 | 10 | .002 | .012* | .011* | .016* |
| | 20 | .002 | .012* | .015* | .014* |
| | 50 | .001 | .011* | .014* | .012* |
| | 100 | .001 | .010* | .014* | .014* |
| | 200 | .003 | .015* | .012* | .015* |
| | 500 | .001 | .014* | .010* | .015* |
| | 1,000 | .001 | .016* | .011* | .014* |
| | 2,000 | .002 | .011* | .016* | .016* |
| | 5,000 | .001 | .014* | .014* | .010* |
| 0.05 | 10 | .034 | .047* | .043* | .056* |
| | 20 | .032 | .049* | .046* | .052* |
| | 50 | .030 | .052* | .051* | .060* |
| | 100 | .027 | .056* | .047* | .057* |
| | 200 | .035 | .060* | .056* | .050* |
| | 500 | .029 | .059* | .051* | .060* |
| | 1,000 | .022 | .054* | .060* | .058* |
| | 2,000 | .027 | .051* | .059* | .052* |
| | 5,000 | .036 | .055* | .052* | .054* |
| 0.10 | 10 | .059 | .096* | .104* | .097* |
| | 20 | .055 | .104* | .096* | .105* |
| | 50 | .057 | .107* | .108* | .099* |
| | 100 | .062 | .096* | .099* | .100* |
| | 200 | .065 | .099* | .109* | .096* |
| | 500 | .058 | .106* | .094* | .106* |
| | 1,000 | .061 | .106* | .108* | .108* |
| | 2,000 | .058 | .100* | .100* | .108* |
| | 5,000 | .064 | .094* | .103* | .102* |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

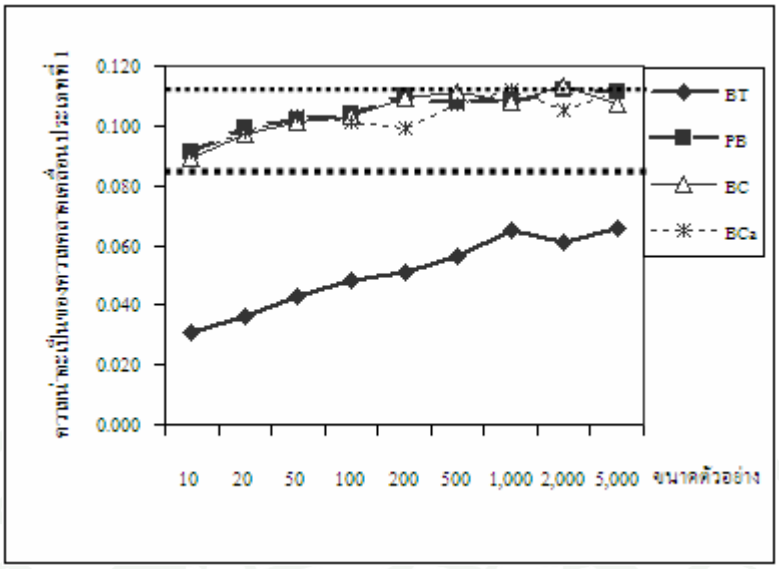



**ภาพที่ 27** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 10 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

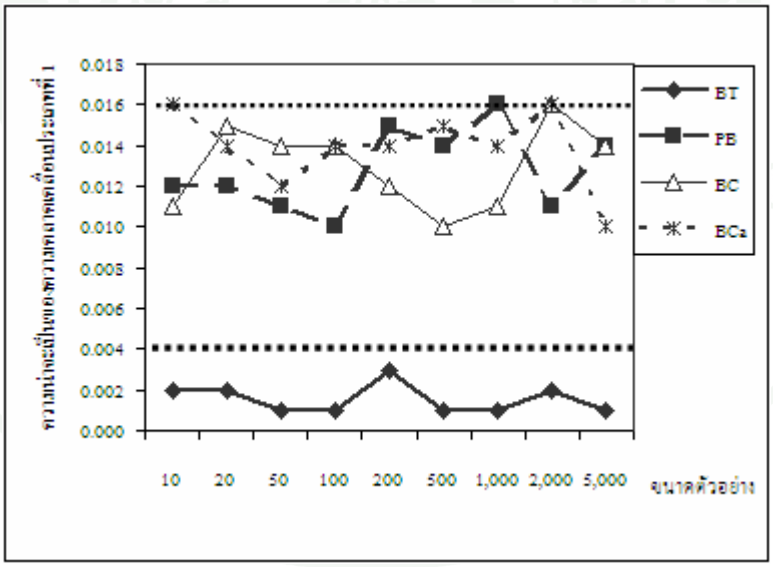



**ภาพที่ 28** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 10 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



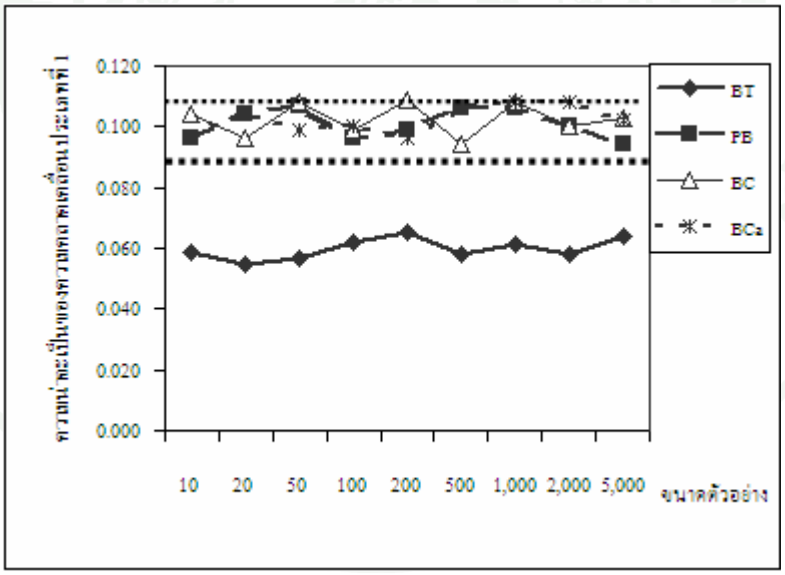

**ภาพที่ 29** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 10 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000




**ภาพที่ 30** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 10 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ภาพที่ 31** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 10 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000




**ภาพที่ 32** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 10 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.5 ประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 10

1.5.1 จำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 11 และภาพที่ 27 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 11 และภาพที่ 28 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 11 และภาพที่ 29 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง

1.5.2 จำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 12 และภาพที่ 30 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 12 และภาพที่ 31 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 12 และภาพที่ 32 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง

สรุปเมื่อพิจารณาจำนวนซ้ำของการทดลอง และระดับนัยสำคัญ พบว่า วิธีการทางนอนพาราเมตริก ส่วนใหญ่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกขนาดตัวอย่าง ยกเว้นวิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกขนาดตัวอย่าง

ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริก 4 วิธี เมื่อข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 0.5 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000 และ 2,000 แสดงดังตารางที่ 13 และ 14 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 13** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริก ทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 0.5 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000

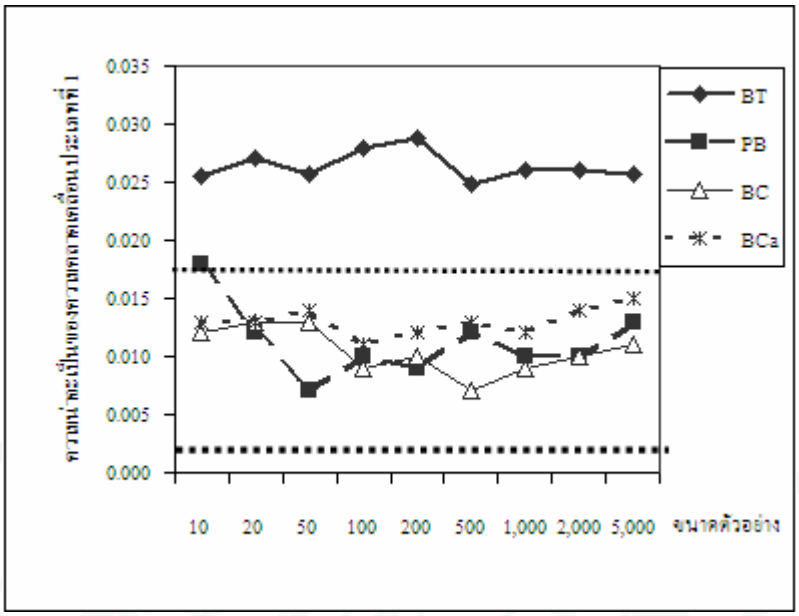
| $\alpha$ | n | BT | PB | BC | BCa |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.01 | 10 | .025 | .018 | .012* | .013* |
| | 20 | .027 | .012* | .013* | .013* |
| | 50 | .026 | .007* | .013* | .014* |
| | 100 | .028 | .010* | .009* | .011* |
| | 200 | .029 | .009* | .010* | .012* |
| | 500 | .025 | .012* | .007* | .013* |
| | 1,000 | .026 | .010* | .009* | .012* |
| | 2,000 | .026 | .010* | .010* | .014* |
| | 5,000 | .026 | .013* | .011* | .015* |
| 0.05 | 10 | .062 | .050* | .056* | .061* |
| | 20 | .066 | .053* | .055* | .060* |
| | 50 | .065 | .052* | .052* | .053* |
| | 100 | .066 | .049* | .056* | .060* |
| | 200 | .066 | .055* | .049* | .055* |
| | 500 | .066 | .051* | .054* | .057* |
| | 1,000 | .068 | .051* | .056* | .058* |
| | 2,000 | .070 | .049* | .054* | .061* |
| | 5,000 | .069 | .054* | .053* | .061* |
| 0.10 | 10 | .127 | .098* | .101* | .104* |
| | 20 | .138 | .104* | .101* | .104* |
| | 50 | .127 | .099* | .107* | .110* |
| | 100 | .128 | .102* | .104* | .112* |
| | 200 | .127 | .105* | .099* | .107* |
| | 500 | .127 | .103* | .105* | .108* |
| | 1,000 | .127 | .101* | .107* | .108* |
| | 2,000 | .127 | .101* | .098* | .098* |
| | 5,000 | .127 | .101* | .111* | .113* |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

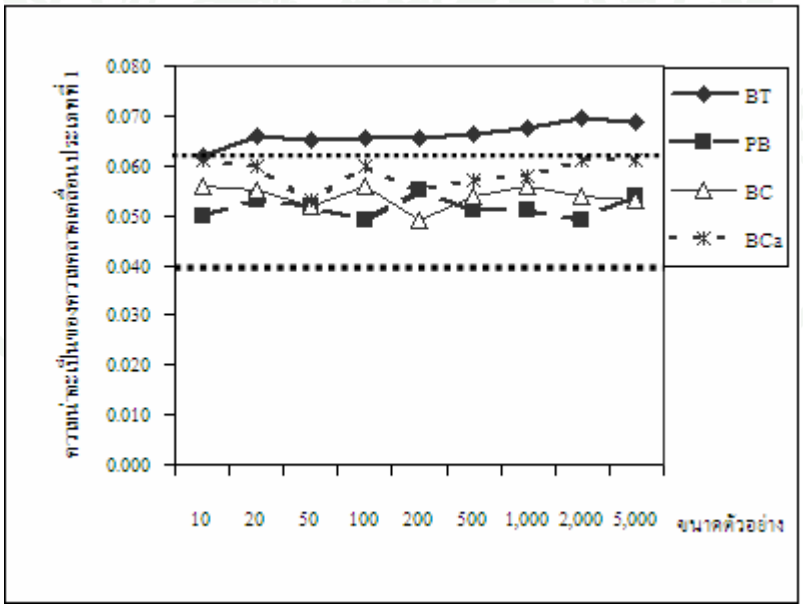
**ตารางที่ 14** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริก ทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 0.5 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 2,000

| $\alpha$ | n | BT | PB | BC | BCa |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.01 | 10 | .026 | .017 | .009* | .014* |
| | 20 | .025 | .011* | .013* | .013* |
| | 50 | .026 | .010* | .012* | .015* |
| | 100 | .027 | .009* | .012* | .011* |
| | 200 | .026 | .013* | .012* | .011* |
| | 500 | .026 | .015* | .010* | 012* |
| | 1,000 | .029 | .010* | .011* | .012* |
| | 2,000 | .026 | .011* | .011* | .013* |
| | 5,000 | .026 | .011* | .011* | .014* |
| 0.05 | 10 | .063 | .045* | .058* | .058* |
| | 20 | .068 | .052* | .055* | .058* |
| | 50 | .065 | .050* | .050* | .056* |
| | 100 | .067 | .049* | .048* | .056* |
| | 200 | .068 | .051* | .050* | .054* |
| | 500 | .068 | .048* | .052* | .055* |
| | 1,000 | .067 | .051* | .054* | .057* |
| | 2,000 | .069 | .052* | .053* | .060* |
| | 5,000 | .069 | .050* | .051* | .060* |
| 0.10 | 10 | .126 | .101* | .102* | .107* |
| | 20 | .128 | .108* | .107* | .105* |
| | 50 | .127 | .103* | .103* | .108* |
| | 100 | .130 | .105* | .100* | .108* |
| | 200 | .127 | .095* | .103* | .105* |
| | 500 | .128 | .098* | .106* | .107* |
| | 1,000 | .124 | .101* | .106* | .106* |
| | 2,000 | .130 | .100* | .102* | .104* |
| | 5,000 | .128 | .100* | .104* | .109* |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

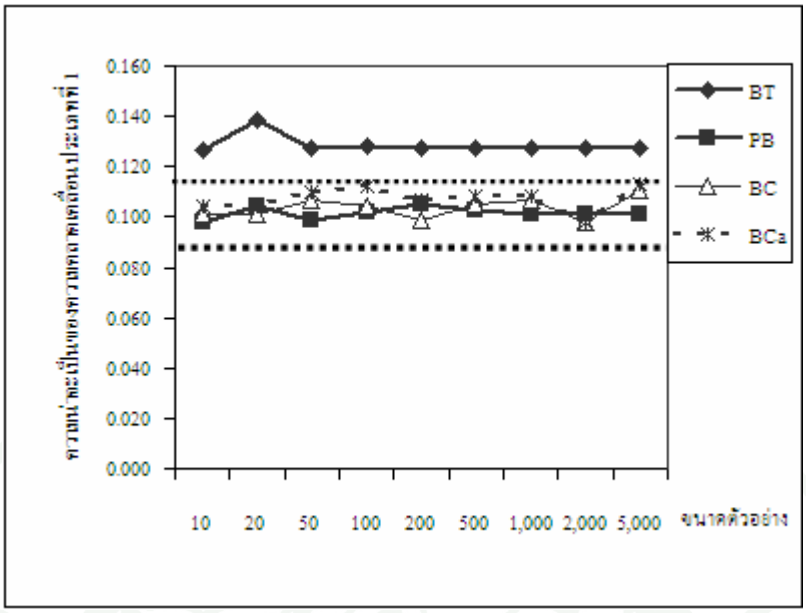



**ภาพที่ 33** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 0.5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

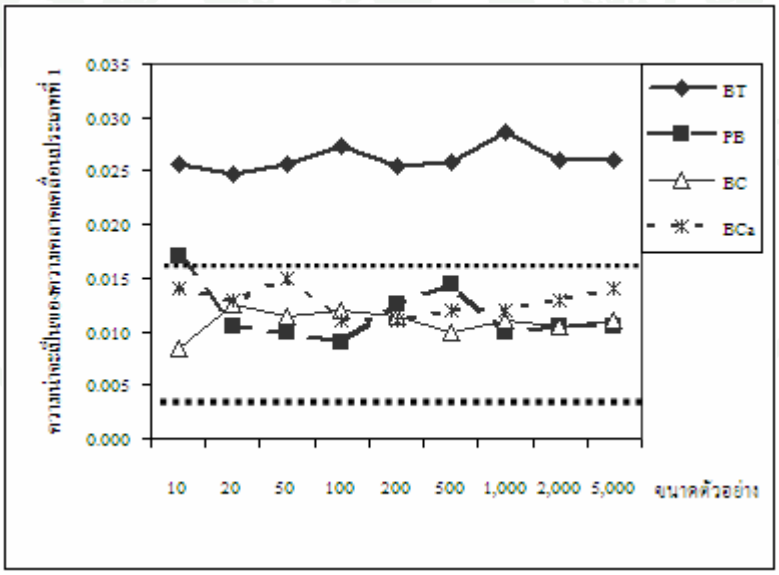



**ภาพที่ 34** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธีเมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 0.5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

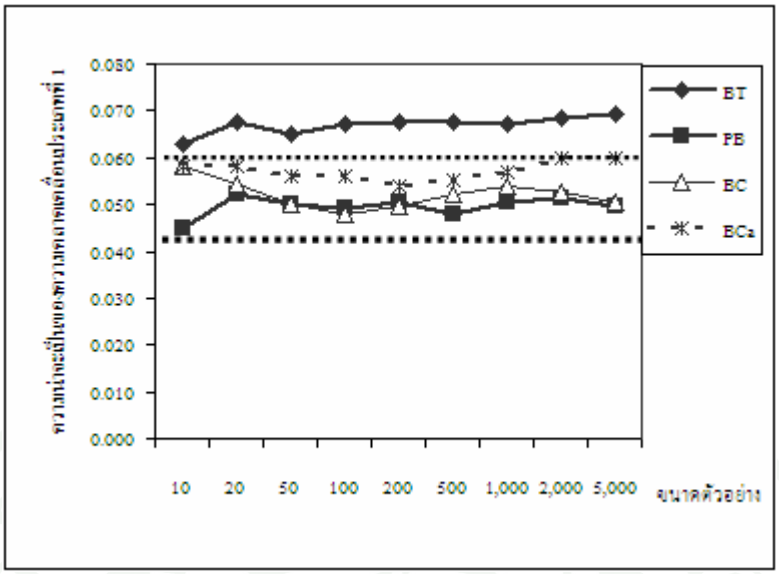



**ภาพที่ 35** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 0.5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

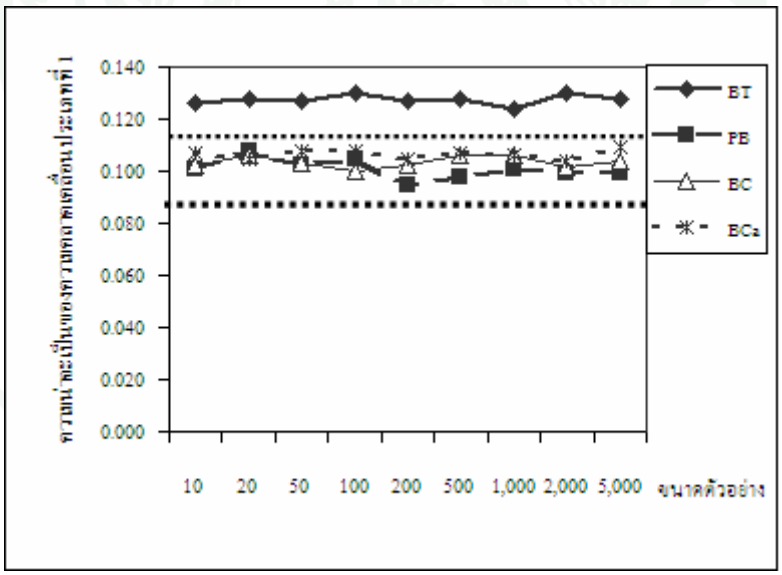



**ภาพที่ 36** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 0.5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 37** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 0.5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000




**ภาพที่ 38** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 0.5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.6 ประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 0.5

1.6.1 จำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 13 และภาพที่ 33 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 13 และภาพที่ 34 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 13 และดังภาพที่ 35 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง

1.6.2 จำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 14 และภาพที่ 36 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 14 และภาพที่ 37 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 14 และภาพที่ 38 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง

สรุปเมื่อพิจารณาจำนวนซ้ำของการทดลอง และระดับนัยสำคัญ พบว่า วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป โดยรวมสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกขนาดตัวอย่าง ยกเว้นวิธีบูตสแตรป-ที ที่ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริก 4 วิธี เมื่อข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 4 และ 2 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000 และ 2,000 แสดงดังตารางที่ 15 และ 16 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 15** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริก ทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 4 และ 2 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000

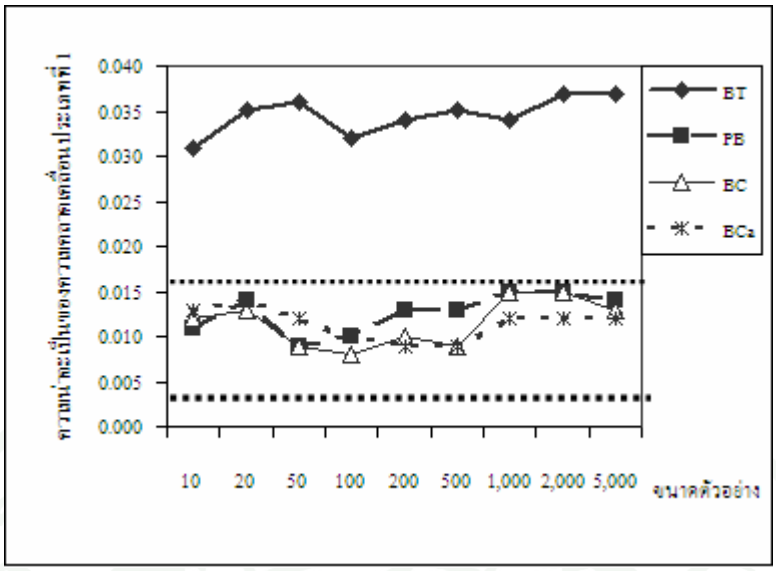
| $\alpha$ | n | BT | PB | BC | BCa |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.01 | 10 | .031 | .011* | .012* | .013* |
| | 20 | .035 | .014* | .013* | .014* |
| | 50 | .036 | .009* | .009* | .012* |
| | 100 | .032 | .010* | .008* | .010* |
| | 200 | .034 | .013* | .010* | .009* |
| | 500 | .035 | .013* | .009* | .009* |
| | 1,000 | .034 | .015* | .015* | .012* |
| | 2,000 | .037 | .015* | .015* | .012* |
| | 5,000 | .037 | .014* | .013* | .012* |
| 0.05 | 10 | .062 | .047* | .057* | .061* |
| | 20 | .065 | .047* | .052* | .060* |
| | 50 | .064 | .050* | .053* | .060* |
| | 100 | .064 | .052* | .049* | .054* |
| | 200 | .066 | .051* | .054* | .057* |
| | 500 | .066 | .049* | .060* | .058* |
| | 1,000 | .068 | .049* | .060* | .058* |
| | 2,000 | .068 | .052* | .058* | .061* |
| | 5,000 | .065 | .056* | .057* | .056* |
| 0.10 | 10 | .130 | .091* | .100* | .105* |
| | 20 | .128 | .094* | .102* | .105* |
| | 50 | .131 | .099* | .102* | .112* |
| | 100 | .134 | .104* | .105* | .111* |
| | 200 | .127 | .103* | .108* | .098* |
| | 500 | .125 | .101* | .108* | .106* |
| | 1,000 | .124 | .101* | .100* | .102* |
| | 2,000 | .127 | .105* | .111* | .100* |
| | 5,000 | .127 | .107* | .112* | .110* |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

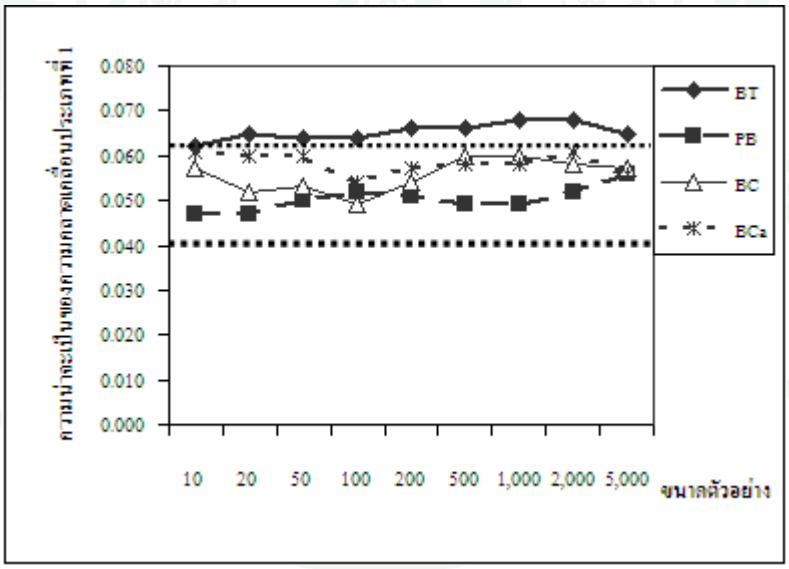
**ตารางที่ 16** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริก ทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 4 และ 2 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 2,000

| $\alpha$ | n | BT | PB | BC | BCa |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.01 | 10 | .024 | .015* | .012* | .014* |
| | 20 | .029 | .013* | .010* | .014* |
| | 50 | .030 | .013* | .011* | .015* |
| | 100 | .031 | .010* | .013* | .013* |
| | 200 | .031 | .009* | .013* | .013* |
| | 500 | .035 | .015* | .015* | .016* |
| | 1,000 | .032 | .013* | .014* | .012* |
| | 2,000 | .033 | .013* | .016* | .012* |
| | 5,000 | .029 | .012* | .011* | .010* |
| 0.05 | 10 | .065 | .042* | .060* | .057* |
| | 20 | .066 | .044* | .055* | .057* |
| | 50 | .069 | .050* | .051* | .059* |
| | 100 | .069 | .051* | .056* | .056* |
| | 200 | .063 | .053* | .057* | .060* |
| | 500 | .066 | .048* | .060* | .056* |
| | 1,000 | .067 | .046* | .059* | .057* |
| | 2,000 | .067 | .055* | .056* | .060* |
| | 5,000 | .064 | .058* | .058* | .059* |
| 0.10 | 10 | .120 | .100* | .101* | .106* |
| | 20 | .126 | .099* | .101* | .108* |
| | 50 | .130 | .101* | .106* | .108* |
| | 100 | .127 | .105* | .105* | .106* |
| | 200 | .121 | .106* | .104* | .099* |
| | 500 | .121 | .106* | .109* | .101* |
| | 1,000 | .120 | .100* | .102* | .106* |
| | 2,000 | .125 | .109* | .106* | .104* |
| | 5,000 | .126 | .104* | .100* | .109* |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

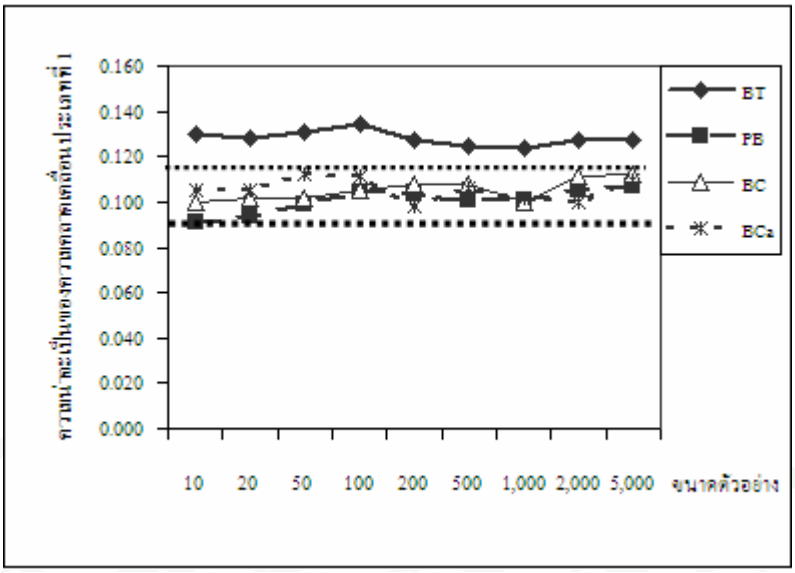



**ภาพที่ 39** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 4 และ 2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

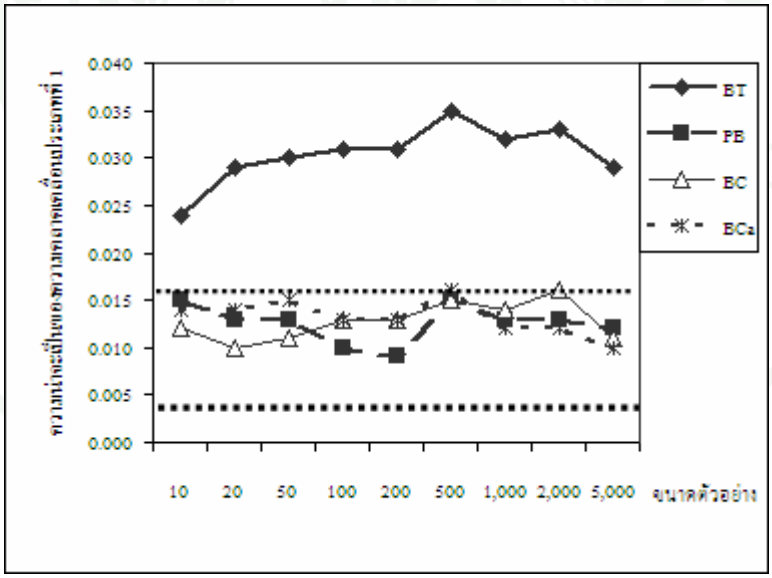



**ภาพที่ 40** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 4 และ 2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

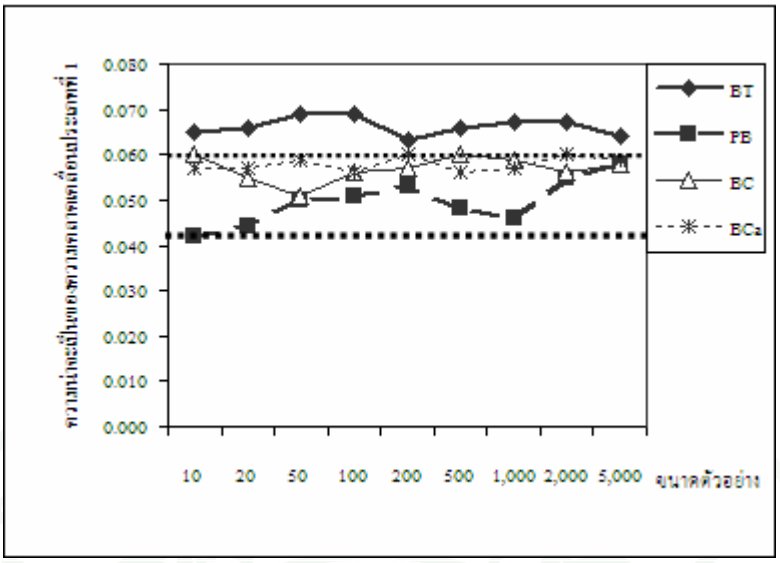



**ภาพที่ 41** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 4 และ 2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

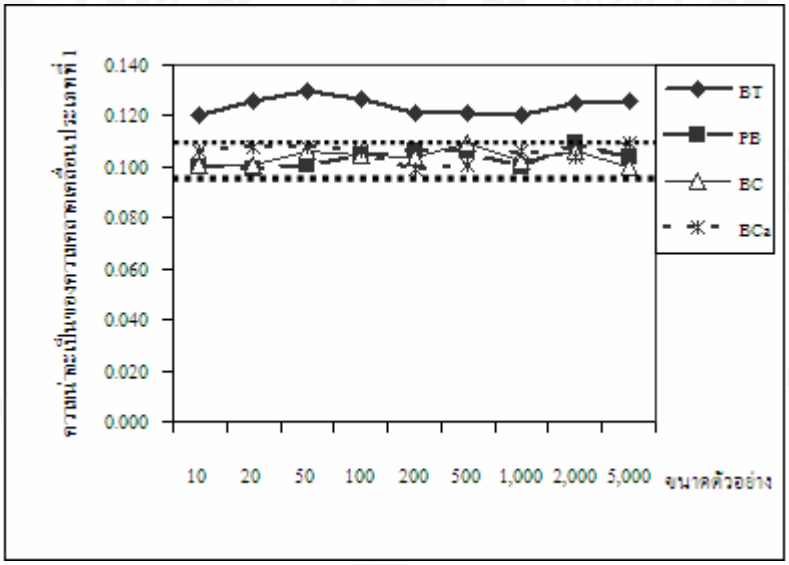



**ภาพที่ 42** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 4 และ 2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 43** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 4 และ 2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000




**ภาพที่ 44** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 4 และ 2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.7 ประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 4 และ 2

1.7.1 จำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 15 และภาพที่ 39 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 15 และภาพที่ 40 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 16 และดังภาพที่ 41 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง

1.7.2 จำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 16 และภาพที่ 42 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 16 และภาพที่ 43 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 16 และภาพที่ 44 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง

สรุปเมื่อพิจารณาจำนวนซ้ำของการทดลอง และระดับนัยสำคัญ พบว่า วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกขนาดตัวอย่าง ยกเว้นวิธีบูตสแตรป-ที ที่ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริก 4 วิธี เมื่อข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 6 และ 3 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000 และ 2,000 แสดงดังตารางที่ 17 และ 18 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 17** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริก ทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 6 และ 3 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000

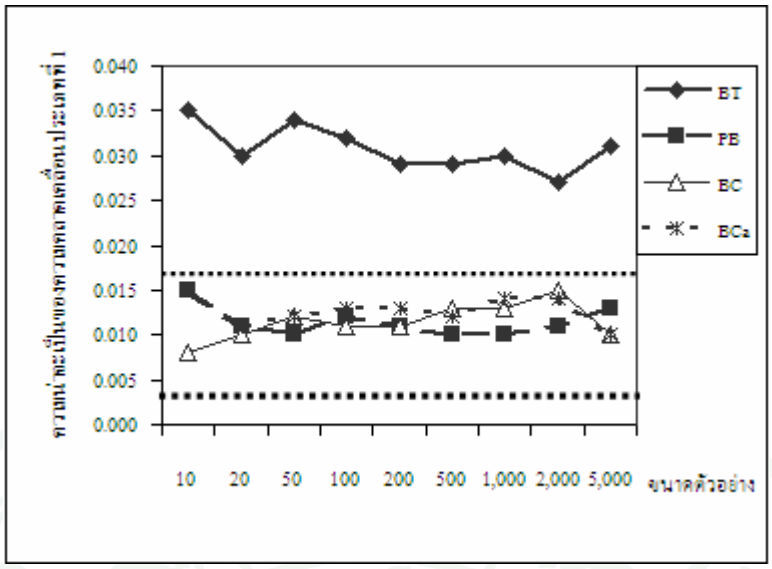
| $\alpha$ | n | BT | PB | BC | BCa |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.01 | 10 | .035 | .015* | .008* | .015* |
| | 20 | .030 | .011* | .010* | .011* |
| | 50 | .034 | .010* | .012* | .012* |
| | 100 | .032 | .012* | .011* | .013* |
| | 200 | .029 | .011* | .011* | .013* |
| | 500 | .029 | .010* | .013* | .012* |
| | 1,000 | .030 | .010* | .013* | .014* |
| | 2,000 | .027 | .011* | .015* | .014* |
| | 5,000 | .031 | .013* | .010* | .010* |
| 0.05 | 10 | .066 | .050* | .061* | .060* |
| | 20 | .062 | .051* | .059* | .058* |
| | 50 | .062 | .048* | .059* | .056* |
| | 100 | .067 | .056* | .057* | .056* |
| | 200 | .062 | .049* | .059* | .057* |
| | 500 | .069 | .050* | .060* | .060* |
| | 1,000 | .068 | .051* | .061* | .060* |
| | 2,000 | .068 | .053* | .054* | .058* |
| | 5,000 | .067 | .056* | .060* | .057* |
| 0.10 | 10 | .128 | .109* | .111* | .112* |
| | 20 | .126 | .108* | .110* | .110* |
| | 50 | .130 | .098* | .100* | .111* |
| | 100 | .127 | .110* | .103* | .110* |
| | 200 | .127 | .111* | .102* | .112* |
| | 500 | .130 | .110* | .104* | .108* |
| | 1,000 | .128 | .106* | .108* | .109* |
| | 2,000 | .129 | .108* | .113* | .099* |
| | 5,000 | .131 | .108* | .107* | .101* |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

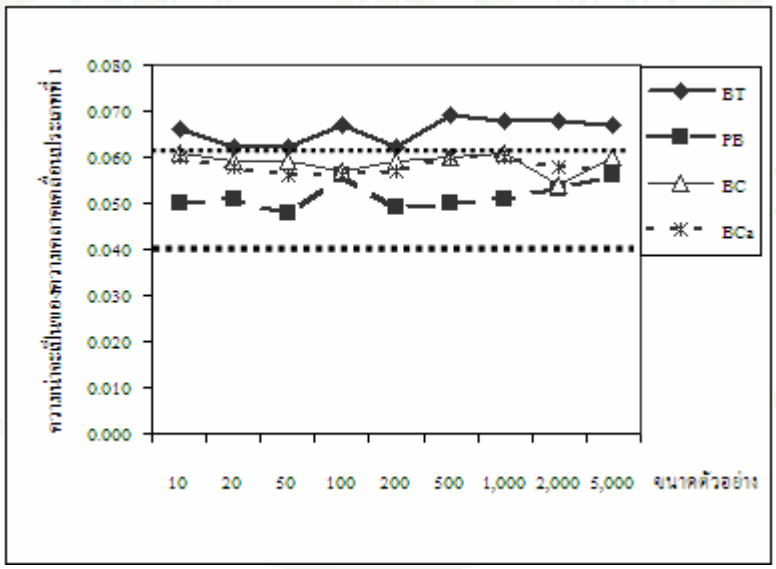
**ตารางที่ 18** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริก ทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 6 และ 3 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 2,000

| $\alpha$ | n | BT | PB | BC | BCa |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.01 | 10 | .026 | .016* | .014* | .015* |
| | 20 | .030 | .015* | .014* | .012* |
| | 50 | .036 | .015* | .013* | .011* |
| | 100 | .034 | .016* | .013* | .011* |
| | 200 | .034 | .014* | .011* | .010* |
| | 500 | .030 | .015* | .015* | .015* |
| | 1,000 | .031 | .013* | .010* | .014* |
| | 2,000 | .035 | .013* | .010* | .016* |
| | 5,000 | .034 | .016* | .011* | .016* |
| 0.05 | 10 | .062 | .044* | .052* | .050* |
| | 20 | .067 | .044* | .056* | .055* |
| | 50 | .066 | .046* | .054* | .054* |
| | 100 | .065 | .048* | .054* | .056* |
| | 200 | .064 | .053* | .053* | .054* |
| | 500 | .069 | .052* | .055* | .055* |
| | 1,000 | .069 | .055* | .057* | .057* |
| | 2,000 | .063 | .051* | .058* | .060* |
| | 5,000 | .063 | .056* | .060* | .060* |
| 0.10 | 10 | .126 | .102* | .101* | .105* |
| | 20 | .127 | .100* | .101* | .105* |
| | 50 | .128 | .098* | .100* | .104* |
| | 100 | .127 | .109* | .103* | .106* |
| | 200 | .127 | .109* | .102* | .106* |
| | 500 | .125 | .110* | .104* | .108* |
| | 1,000 | .124 | .107* | .102* | .108* |
| | 2,000 | .127 | .105* | .103* | .105* |
| | 5,000 | .127 | .108* | .104* | .108* |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

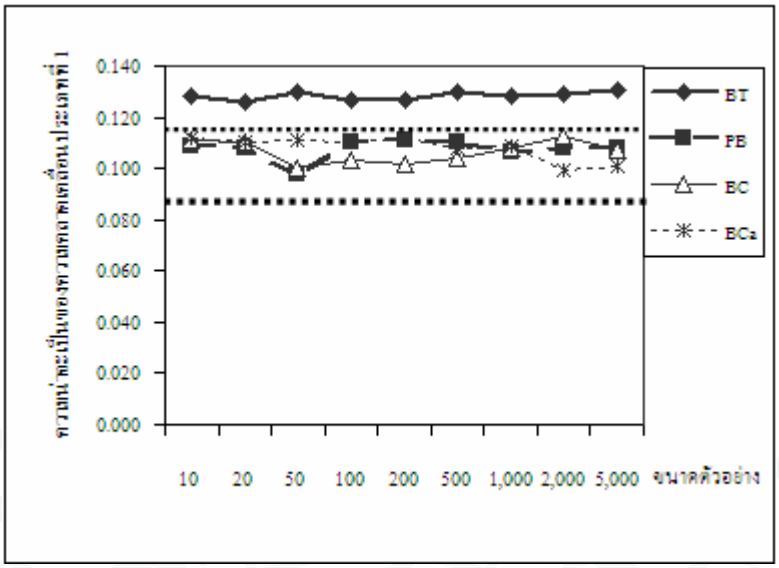



**ภาพที่ 45** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 6 และ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

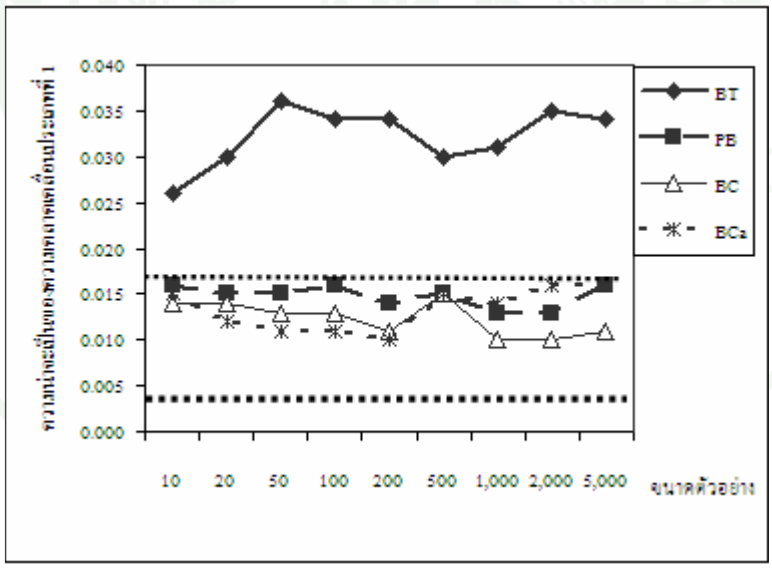



**ภาพที่ 46** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 6 และ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

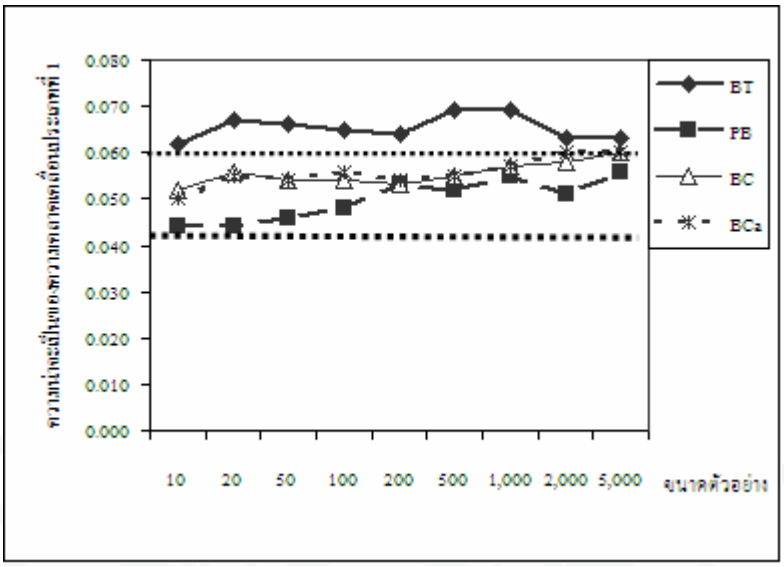



**ภาพที่ 47** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 6 และ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

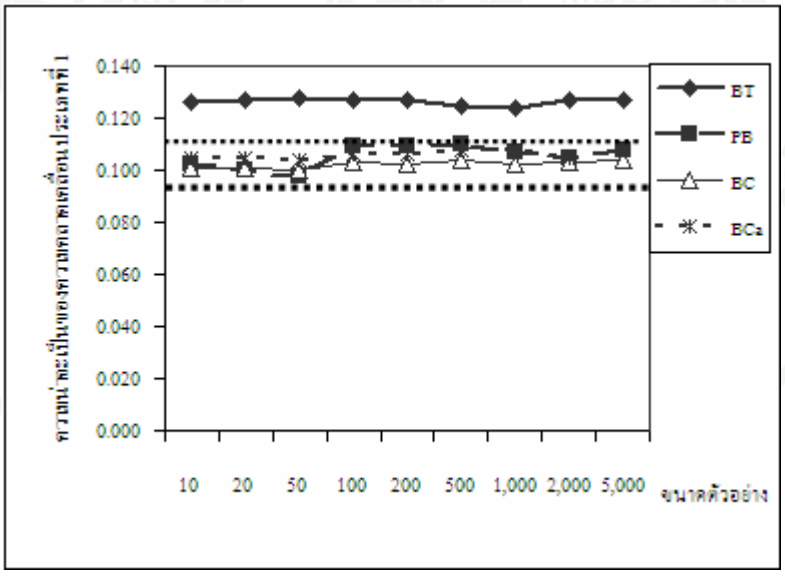



**ภาพที่ 48** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 6 และ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 49** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 6 และ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000




**ภาพที่ 50** ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 6 และ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.8 ประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 6 และ 3

1.8.1 จำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 17 และภาพที่ 45 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 17 และภาพที่ 46 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 17 และดังภาพที่ 47 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง

1.8.2 จำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 18 และภาพที่ 48 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 18 และภาพที่ 49 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 18 และภาพที่ 50 พบว่า วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง

สรุปเมื่อพิจารณาจำนวนซ้ำของการทดลอง และระดับนัยสำคัญ พบว่า วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกขนาดตัวอย่าง ยกเว้นวิธีบูตสแตรป-ที ที่ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**2. อำนาจการทดสอบ**

การเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบ มีวัตถุประสงค์เพื่อหาวิธีการทางนอนพาราเมตริกที่อำนาจการทดสอบสูงสุด ในแต่ละลักษณะของการแจกแจง ระดับนัยสำคัญที่ใช้ในการทดสอบ และระดับของขนาดตัวอย่างที่กำหนด พิจารณาเฉพาะวิธีที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เท่านั้น

ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000 และ 2,000 แสดงดังตารางที่ 19 และ 20 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 19** ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000

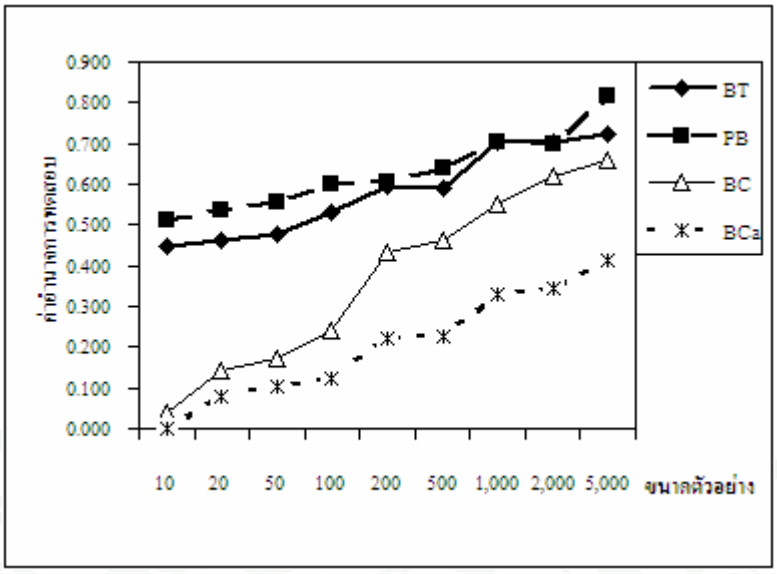
| $\alpha$ | n | BT | PB | BC | BCa |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.01 | 10 | .449 | - | .038 | - |
| | 20 | .462 | - | .141 | - |
| | 50 | .477 | .556 | .174 | - |
| | 100 | .531 | .598 | .243 | - |
| | 200 | .596 | .606 | .433 | - |
| | 500 | .591 | .639 | .461 | - |
| | 1,000 | .702 | .705 | .549 | - |
| | 2,000 | .705 | .700 | .621 | - |
| | 5,000 | .722 | .814 | .659 | - |
| 0.05 | 10 | .475 | .559 | .349 | - |
| | 20 | .486 | .577 | .391 | - |
| | 50 | .492 | .581 | .446 | - |
| | 100 | .523 | .633 | .442 | - |
| | 200 | .555 | .671 | .449 | - |
| | 500 | .583 | .699 | .477 | - |
| | 1,000 | .704 | .727 | .646 | - |
| | 2,000 | .712 | .731 | .662 | - |
| | 5,000 | .751 | .858 | .680 | - |
| 0.10 | 10 | .501 | .655 | .360 | - |
| | 20 | .535 | .662 | .440 | - |
| | 50 | .536 | .691 | .459 | - |
| | 100 | .639 | .705 | .478 | - |
| | 200 | .648 | .720 | .491 | - |
| | 500 | .661 | .725 | .496 | - |
| | 1,000 | .735 | .741 | .677 | - |
| | 2,000 | .727 | .755 | .681 | - |
| | 5,000 | .795 | .861 | - | - |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

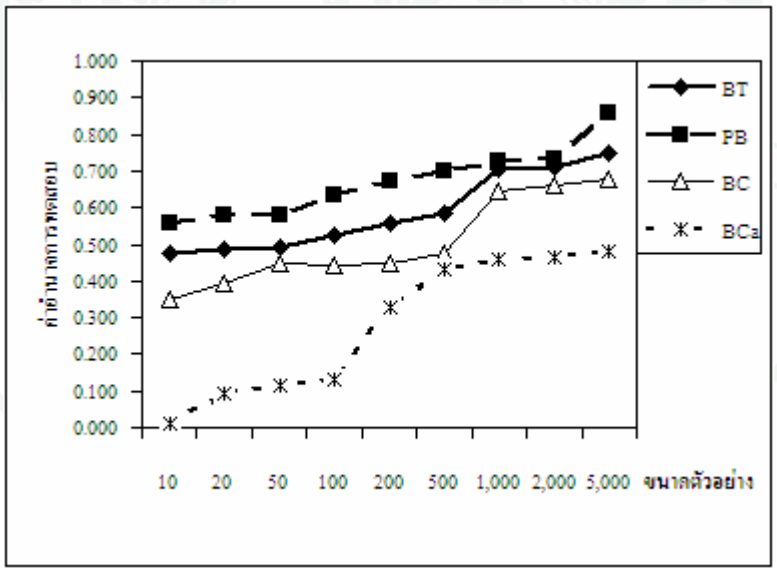
**ตารางที่ 20** ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 2,000

| $\alpha$ | n | BT | PB | BC | BCa |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.01 | 10 | .460 | .522 | .053 | - |
| | 20 | .479 | .545 | .185 | - |
| | 50 | .481 | .577 | .217 | - |
| | 100 | .565 | .622 | .232 | - |
| | 200 | .628 | .629 | .440 | - |
| | 500 | .634 | .662 | .507 | - |
| | 1,000 | .709 | .718 | .542 | - |
| | 2,000 | .721 | .724 | .644 | - |
| | 5,000 | .740 | .830 | .655 | - |
| 0.05 | 10 | .489 | .633 | .349 | - |
| | 20 | .505 | .641 | .372 | - |
| | 50 | .513 | .662 | .414 | - |
| | 100 | .589 | .689 | .473 | - |
| | 200 | .611 | .697 | .468 | - |
| | 500 | .638 | .703 | .492 | - |
| | 1,000 | .720 | .732 | .647 | - |
| | 2,000 | .732 | .752 | .679 | - |
| | 5,000 | .745 | .857 | .681 | - |
| 0.10 | 10 | .512 | .700 | - | - |
| | 20 | .547 | - | - | - |
| | 50 | .568 | .711 | .481 | - |
| | 100 | .645 | .715 | .493 | - |
| | 200 | .677 | .727 | .499 | - |
| | 500 | .684 | .731 | .511 | - |
| | 1,000 | .714 | .734 | .525 | - |
| | 2,000 | .797 | .740 | .578 | - |
| | 5,000 | .842 | .887 | .722 | - |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

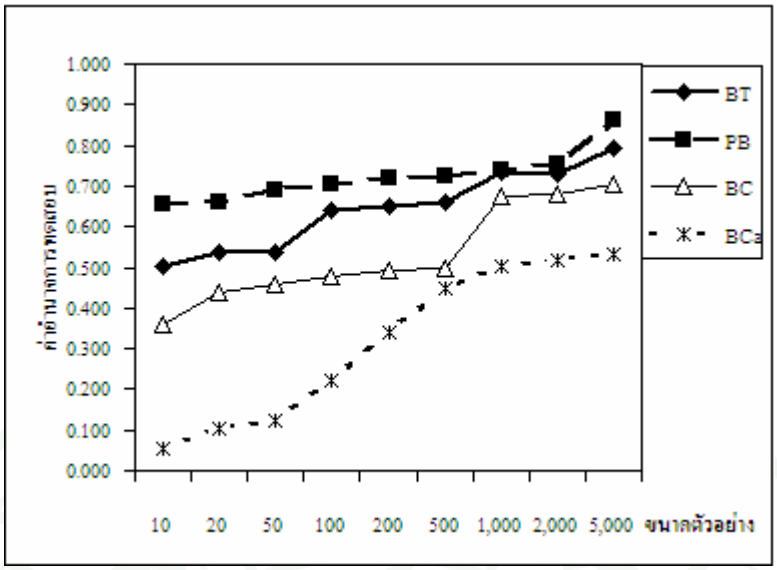



**ภาพที่ 51** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากร มีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

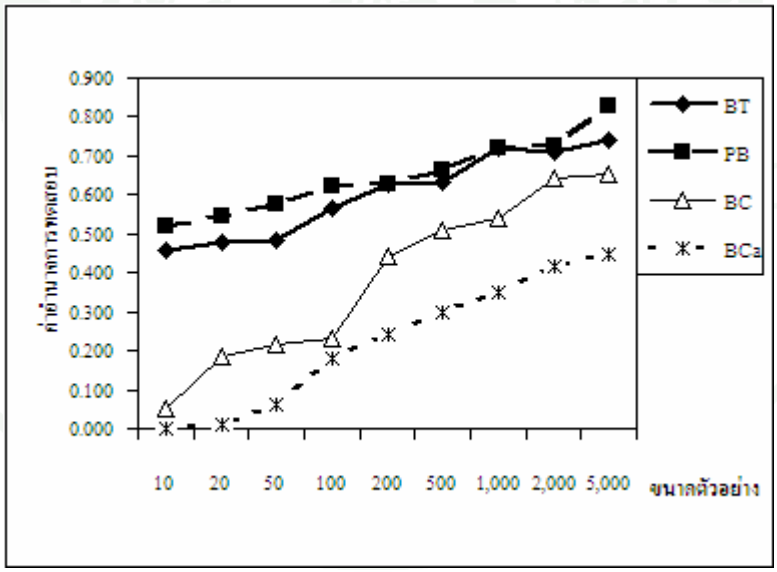



**ภาพที่ 52** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากร มีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

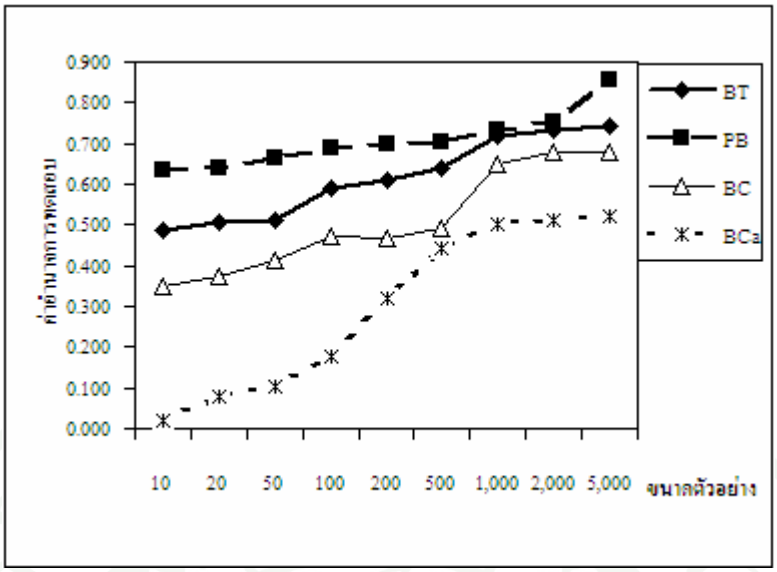



**ภาพที่ 53** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากร มีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

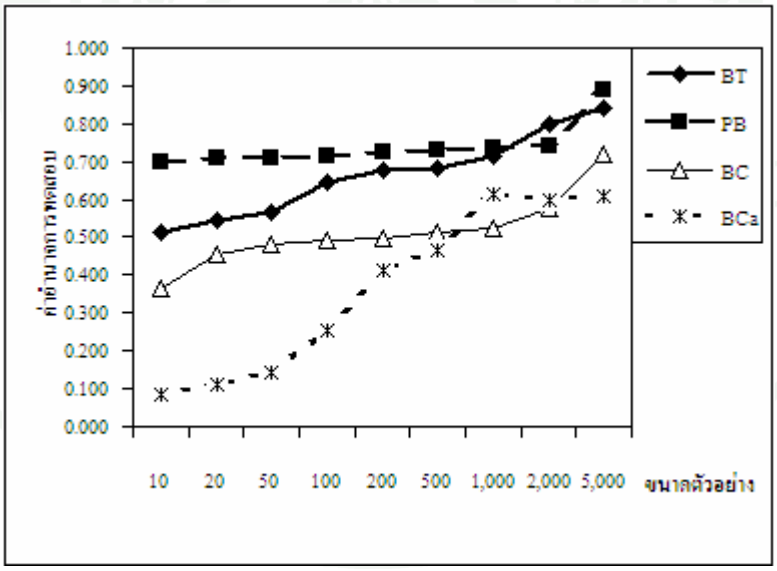



**ภาพที่ 54** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากร มีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 55** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากร มีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000




**ภาพที่ 56** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากร มีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.1 ประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ

2.1.1 จำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 19 และภาพที่ 51 พบว่า วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีบูตสแตรป-ที และวิธีบีซี บูตสแตรป ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 19 และภาพที่ 52 พบว่า วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีบูตสแตรป-ที และวิธีบีซี บูตสแตรป ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 19 และภาพที่ 53 พบว่า วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีบูตสแตรป-ที และวิธีบีซี บูตสแตรป ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

2.1.2 จำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 20 และภาพที่ 54 พบว่า วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีบูตสแตรป-ที และวิธีบีซี บูตสแตรป ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 20 และภาพที่ 55 พบว่า วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีบูตสแตรป-ที และวิธีบีซี บูตสแตรป ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 20 และภาพที่ 56 พบว่า วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีบูตสแตรป-ที และวิธีบีซี บูตสแตรป ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

สรุปเมื่อพิจารณาจำนวนซ้ำของการทดลอง และระดับนัยสำคัญ พบว่า วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป มีค่าอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ วิธีบูตสแตรป-ที และวิธีบีซี บูตสแตรป ตามลำดับ

ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบที กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000 และ 2,000 แสดงดังตารางที่ 21 และ 22 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 21** ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบที กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000

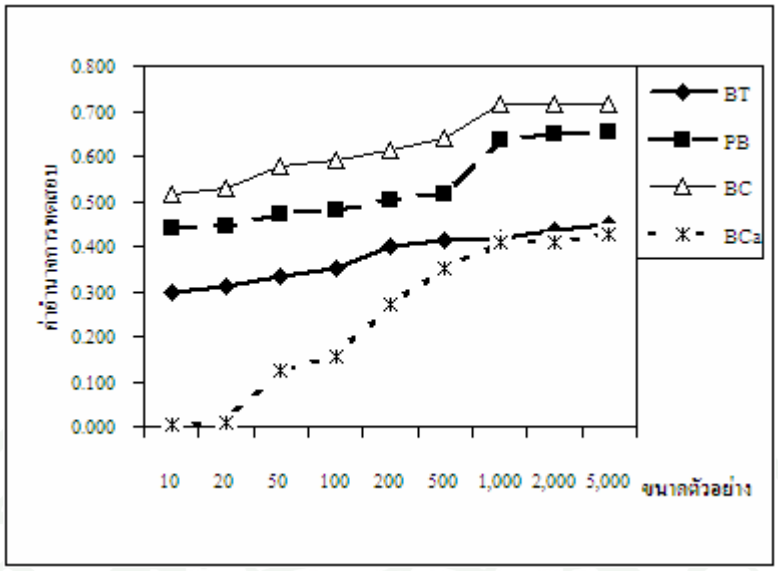
| $\alpha$ | n | BT | PB | BC | BCa |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.01 | 10 | - | .439 | .517 | - |
| | 20 | .312 | .446 | .527 | - |
| | 50 | .335 | .471 | .579 | - |
| | 100 | .351 | .480 | .593 | - |
| | 200 | .401 | .501 | .614 | .269 |
| | 500 | .414 | .514 | .642 | .352 |
| | 1,000 | .420 | .634 | .714 | .407 |
| | 2,000 | .436 | .649 | .717 | .409 |
| | 5,000 | .447 | .655 | .717 | - |
| 0.05 | 10 | - | .451 | .551 | - |
| | 20 | - | .457 | .563 | - |
| | 50 | - | .481 | .577 | - |
| | 100 | - | .493 | .612 | - |
| | 200 | .373 | .518 | .626 | .253 |
| | 500 | .415 | .529 | .646 | .387 |
| | 1,000 | .557 | .560 | .732 | .401 |
| | 2,000 | .511 | .613 | .740 | .417 |
| | 5,000 | - | .621 | .752 | - |
| 0.10 | 10 | - | .462 | .604 | - |
| | 20 | - | .466 | .621 | - |
| | 50 | - | .489 | .645 | - |
| | 100 | - | .511 | .657 | - |
| | 200 | .388 | .532 | .673 | .336 |
| | 500 | - | .560 | .689 | .404 |
| | 1,000 | - | .612 | .746 | .524 |
| | 2,000 | - | .642 | .751 | .531 |
| | 5,000 | - | .658 | .766 | - |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

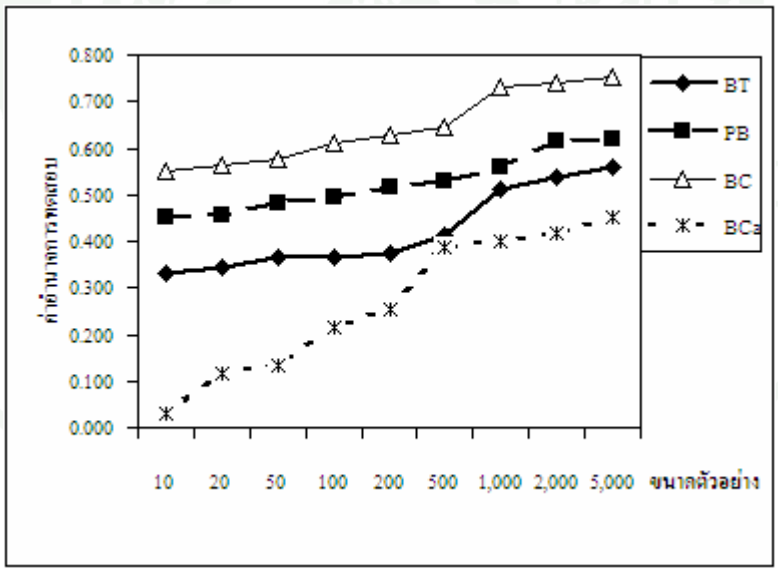
**ตารางที่ 22** ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบที กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 2,000

| $\alpha$ | n | BT | PB | BC | BCa |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.01 | 10 | - | .448 | .534 | - |
| | 20 | .341 | .456 | .536 | - |
| | 50 | - | .477 | .542 | - |
| | 100 | - | .489 | .601 | - |
| | 200 | - | .513 | .626 | - |
| | 500 | .380 | .526 | .644 | .367 |
| | 1,000 | - | .574 | .721 | .414 |
| | 2,000 | - | .606 | .726 | .436 |
| | 5,000 | - | .618 | .730 | - |
| 0.05 | 10 | - | .454 | .556 | - |
| | 20 | - | .462 | .569 | - |
| | 50 | - | .486 | .578 | - |
| | 100 | - | .501 | .617 | - |
| | 200 | - | .523 | .628 | - |
| | 500 | - | .557 | .652 | .367 |
| | 1,000 | - | .600 | .737 | .418 |
| | 2,000 | - | .624 | .745 | .427 |
| | 5,000 | - | .654 | .748 | - |
| 0.10 | 10 | - | .482 | .612 | - |
| | 20 | - | .498 | - | - |
| | 50 | - | .503 | .665 | - |
| | 100 | - | .524 | .672 | - |
| | 200 | - | .541 | .677 | - |
| | 500 | - | .547 | .681 | .442 |
| | 1,000 | - | .625 | .757 | .547 |
| | 2,000 | - | .637 | .762 | .541 |
| | 5,000 | - | .714 | .823 | - |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

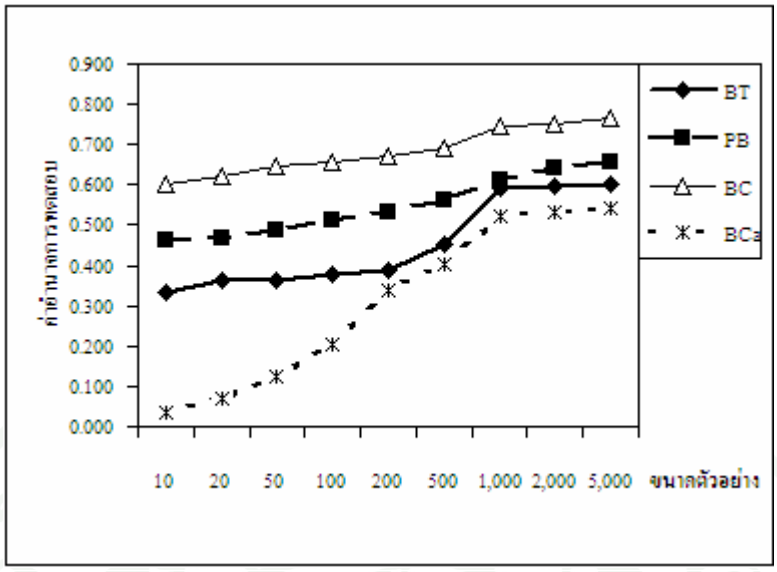



**ภาพที่ 57** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบที ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

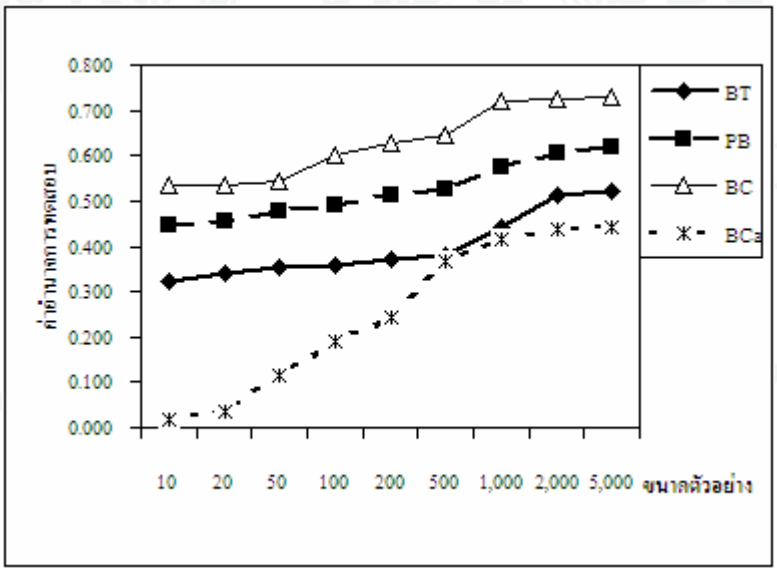



**ภาพที่ 58** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบที ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

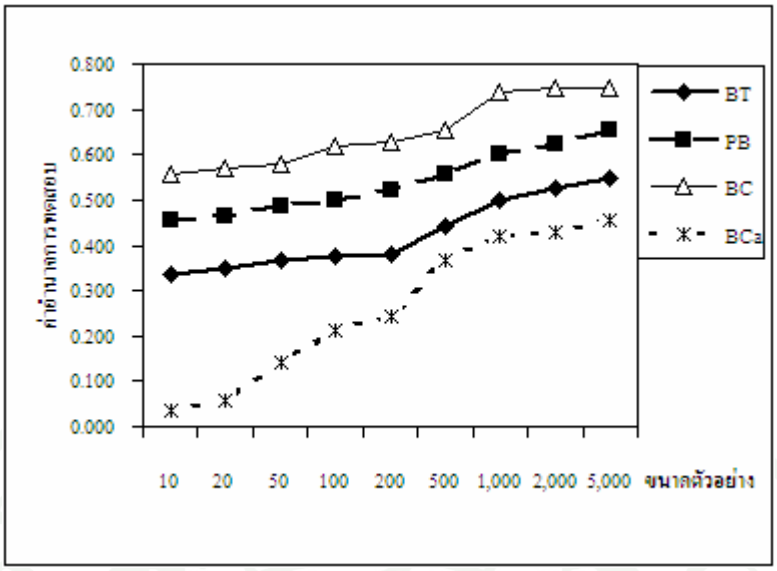



**ภาพที่ 59** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบที ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

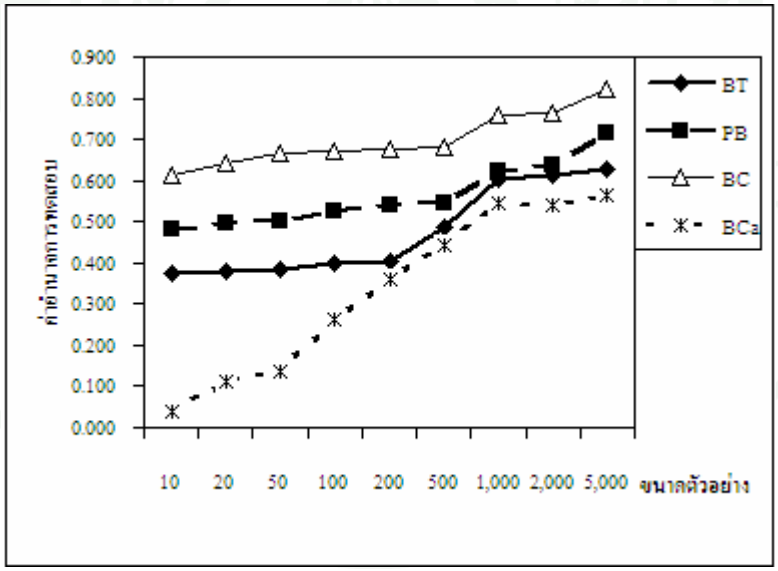



**ภาพที่ 60** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบที ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 61** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจก แจงแบบที ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000




**ภาพที่ 62** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบที ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 ประชากรมีการแจกแจงแบบแบบที

2.2.1 จำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 21 และภาพที่ 57 พบว่า วิธีบีซี บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป วิธีบูตสแตรป-ที และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป ตามลำดับ เมื่อพิจารณาตามขนาดตัวอย่างพบว่า อำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 21 และภาพที่ 58 พบว่า วิธีบีซี บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป เมื่อพิจารณาตามขนาดตัวอย่างพบว่า อำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 21 และภาพที่ 59 พบว่า วิธีบีซี บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป เมื่อพิจารณาตามขนาดตัวอย่างพบว่า อำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

2.2.2 จำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 22 และภาพที่ 60 พบว่า วิธีบีซี บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป เมื่อพิจารณาตามขนาดตัวอย่างพบว่า อำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 22 และภาพที่ 61 พบว่า วิธีบีซี บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป เมื่อพิจารณาตามขนาดตัวอย่างพบว่า อำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 22 และภาพที่ 62 พบว่า วิธีบีซี บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป เมื่อพิจารณาตามขนาดตัวอย่างพบว่า อำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

สรุปเมื่อพิจารณาจำนวนซ้ำของการทดลอง และระดับนัยสำคัญ พบว่า วิธีบีซี บูตสแตรป มีค่าอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป

ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 1 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000 และ 2,000 แสดงดังตารางที่ 23 และ 24 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 23** ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 1 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000

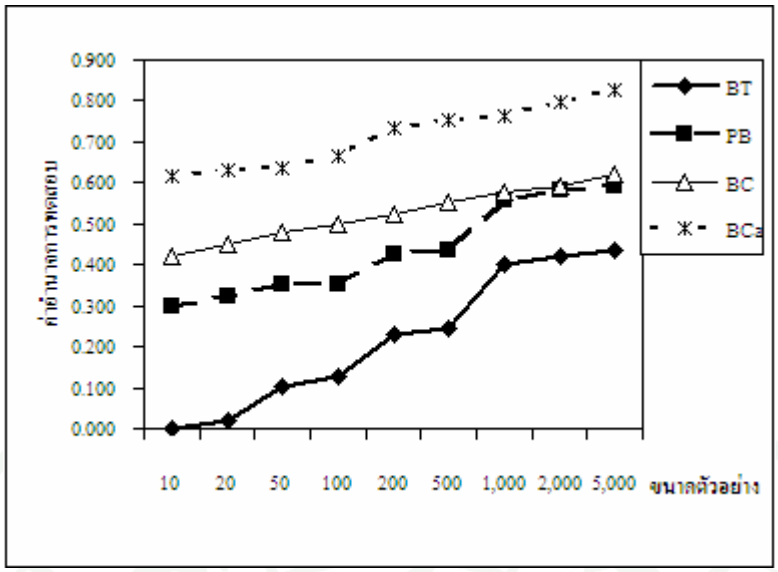
| $\alpha$ | n | BT | PB | BC | BCa |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.01 | 10 | - | .300 | .420 | .614 |
| | 20 | - | .322 | .450 | .629 |
| | 50 | .105 | .350 | .479 | .635 |
| | 100 | .129 | .351 | .500 | .666 |
| | 200 | .231 | .425 | .524 | .733 |
| | 500 | .246 | .434 | .553 | .751 |
| | 1,000 | - | .557 | .575 | .765 |
| | 2,000 | - | .581 | .590 | .797 |
| | 5,000 | - | .590 | .623 | .826 |
| 0.05 | 10 | - | .349 | .473 | .637 |
| | 20 | - | .350 | .481 | .650 |
| | 50 | - | .352 | .499 | .672 |
| | 100 | - | .386 | .520 | .731 |
| | 200 | - | .452 | .534 | .750 |
| | 500 | - | .512 | .582 | .774 |
| | 1,000 | - | .600 | .622 | .840 |
| | 2,000 | - | .611 | .631 | .842 |
| | 5,000 | - | .628 | .633 | .851 |
| 0.10 | 10 | - | .362 | .499 | .684 |
| | 20 | - | .380 | .514 | .699 |
| | 50 | - | .411 | - | .700 |
| | 100 | - | .427 | .539 | .712 |
| | 200 | - | .445 | .554 | .725 |
| | 500 | - | .543 | .597 | .747 |
| | 1,000 | - | .600 | - | .845 |
| | 2,000 | - | .627 | .655 | .870 |
| | 5,000 | - | .641 | .666 | .899 |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

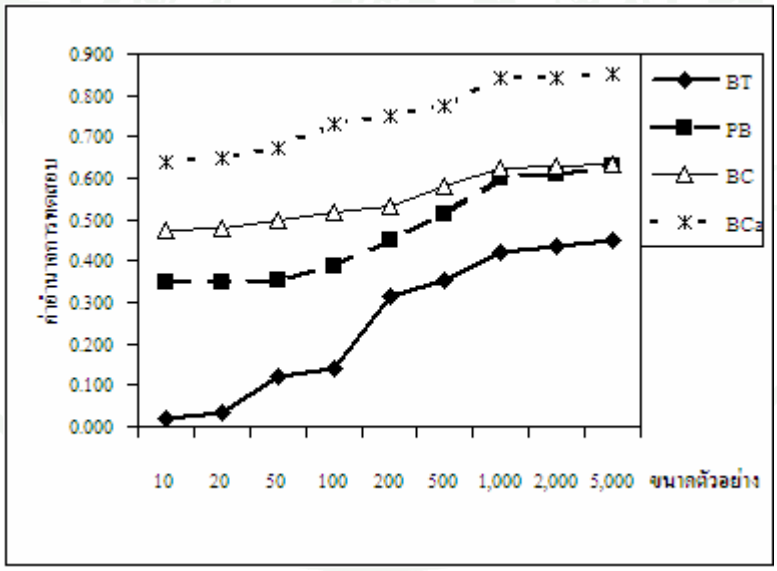
**ตารางที่ 24** ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 1 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 2,000

| $\alpha$ | n | BT | PB | BC | BCa |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.01 | 10 | - | .338 | - | .621 |
| | 20 | - | .346 | .460 | .642 |
| | 50 | - | .349 | .478 | .653 |
| | 100 | - | .377 | .511 | .720 |
| | 200 | - | .446 | .528 | .747 |
| | 500 | - | .459 | .562 | .759 |
| | 1,000 | - | .564 | .577 | .801 |
| | 2,000 | - | .593 | .600 | .817 |
| | 5,000 | - | .598 | .611 | .834 |
| 0.05 | 10 | - | .361 | .477 | .651 |
| | 20 | - | .376 | .490 | .682 |
| | 50 | - | .389 | .500 | .693 |
| | 100 | - | .400 | .522 | .754 |
| | 200 | - | .421 | .549 | .767 |
| | 500 | - | .459 | .593 | .795 |
| | 1,000 | - | .614 | .628 | .844 |
| | 2,000 | - | .630 | .632 | .867 |
| | 5,000 | - | .651 | .665 | .891 |
| 0.10 | 10 | - | .400 | - | .700 |
| | 20 | - | .416 | - | .734 |
| | 50 | - | .435 | .524 | .748 |
| | 100 | - | .456 | .547 | .761 |
| | 200 | - | .512 | .589 | .788 |
| | 500 | - | .533 | .621 | .855 |
| | 1,000 | - | .634 | .641 | .877 |
| | 2,000 | - | .642 | .652 | .881 |
| | 5,000 | - | .670 | .684 | .900 |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

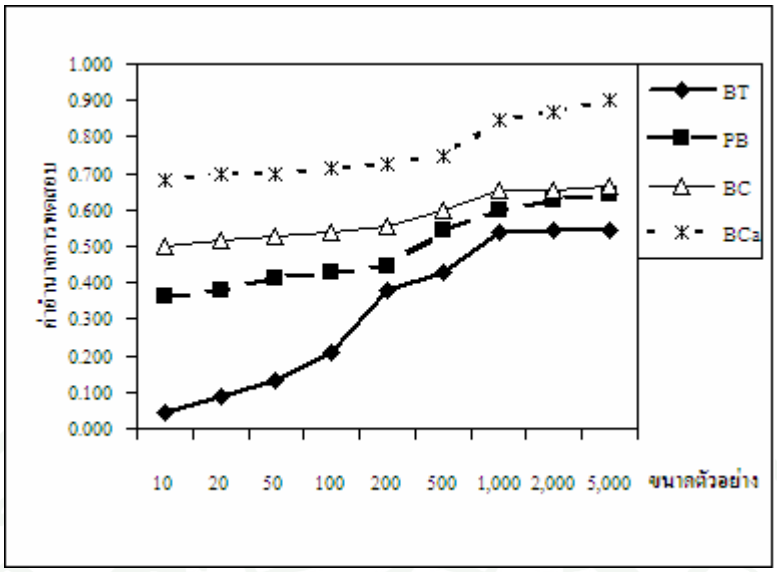



ภาพที่ 63 ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

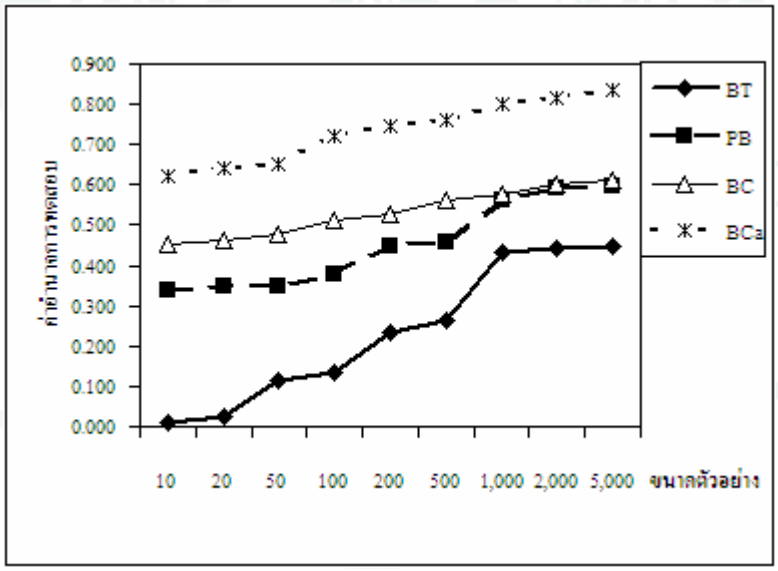



**ภาพที่ 64** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

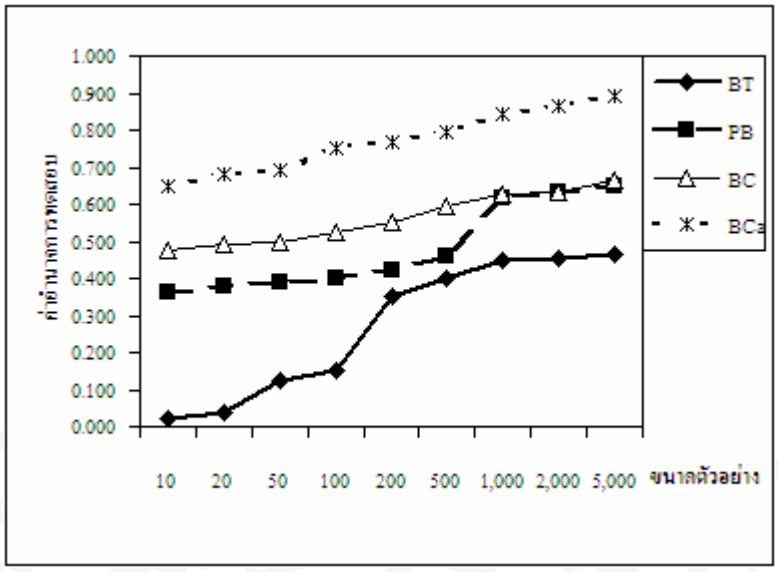



**ภาพที่ 65** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

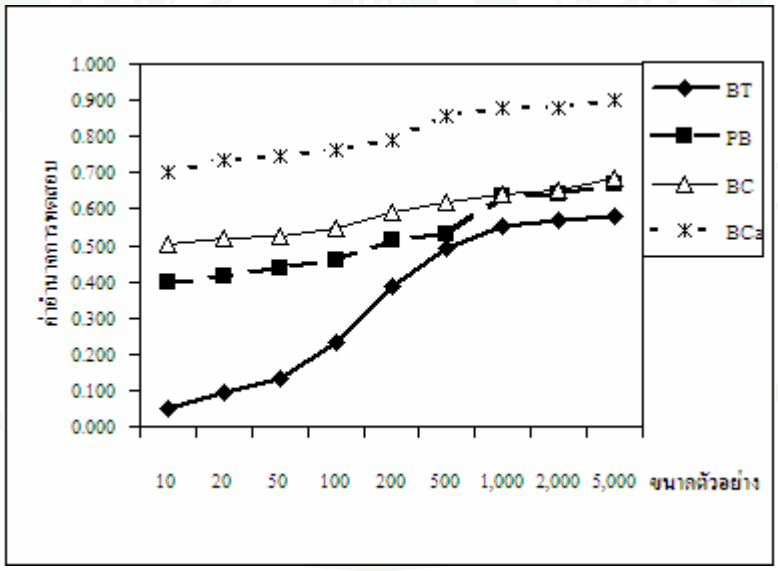



**ภาพที่ 66** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 67** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000




**ภาพที่ 68** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3 ประชากรมีการแจกแจงแบบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 1

2.3.1 จำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 23 และภาพที่ 63 พบว่า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป ตามลำดับ เมื่อพิจารณาตามขนาดตัวอย่างพบว่า อำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 23 และภาพที่ 64 พบว่า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป ตามลำดับ เมื่อพิจารณาตามขนาดตัวอย่างพบว่า อำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 23 และภาพที่ 65 พบว่า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป ตามลำดับ เมื่อพิจารณาตามขนาดตัวอย่างพบว่า อำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

2.3.2 จำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 24 และภาพที่ 66 พบว่า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป ตามลำดับ เมื่อพิจารณาตามขนาดตัวอย่างพบว่า อำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 24 และภาพที่ 67 พบว่า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป ตามลำดับ เมื่อพิจารณาตามขนาดตัวอย่างพบว่า อำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 24 และภาพที่ 68 พบว่า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป ตามลำดับ เมื่อพิจารณาตามขนาดตัวอย่างพบว่า อำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

สรุปเมื่อพิจารณาจำนวนซ้ำของการทดลอง และระดับนัยสำคัญ พบว่า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีค่าอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป ตามลำดับ

ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 5 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000 และ 2,000 แสดงดังตารางที่ 25 และ 26 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 25** ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 5 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000

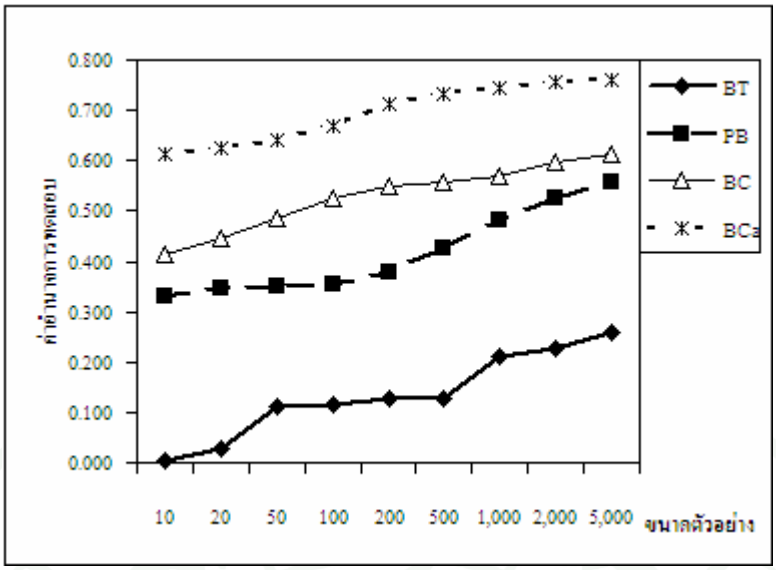
| $\alpha$ | n | BT | PB | BC | BCa |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.01 | 10 | - | .332 | .414 | .611 |
| | 20 | - | .345 | .446 | .626 |
| | 50 | - | .350 | .485 | .642 |
| | 100 | - | .354 | .524 | .667 |
| | 200 | - | .377 | .551 | .711 |
| | 500 | - | .426 | .557 | .734 |
| | 1,000 | - | .481 | .568 | .745 |
| | 2,000 | - | .526 | .596 | .758 |
| | 5,000 | - | .557 | .612 | .760 |
| 0.05 | 10 | - | .344 | .420 | .634 |
| | 20 | - | .351 | .466 | .648 |
| | 50 | - | .359 | .501 | .656 |
| | 100 | - | .362 | .533 | .689 |
| | 200 | - | .378 | .556 | .737 |
| | 500 | - | .431 | .569 | .748 |
| | 1,000 | - | .488 | .571 | .756 |
| | 2,000 | - | .530 | .602 | .771 |
| | 5,000 | - | .567 | .626 | .780 |
| 0.10 | 10 | - | .355 | .434 | .660 |
| | 20 | - | .362 | .475 | .681 |
| | 50 | - | .366 | .512 | .717 |
| | 100 | - | .380 | .543 | .720 |
| | 200 | - | .401 | .557 | .744 |
| | 500 | - | .446 | .579 | .786 |
| | 1,000 | - | .497 | .584 | .800 |
| | 2,000 | - | .551 | .611 | .838 |
| | 5,000 | - | .570 | .637 | .865 |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

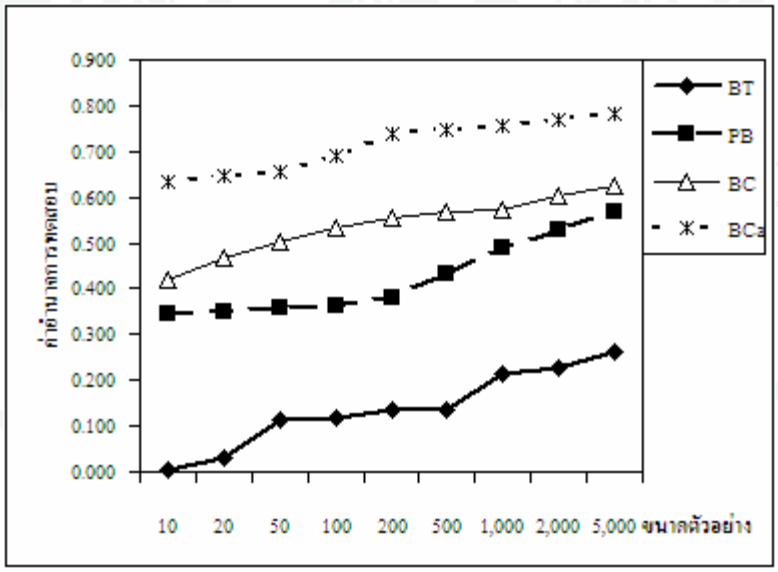
**ตารางที่ 26** ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 5 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 2,000

| $\alpha$ | n | BT | PB | BC | BCa |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.01 | 10 | - | .341 | .428 | .624 |
| | 20 | - | .352 | .450 | .638 |
| | 50 | - | .364 | .497 | .652 |
| | 100 | - | .367 | .537 | .688 |
| | 200 | - | .381 | .558 | .724 |
| | 500 | - | .436 | .569 | .744 |
| | 1,000 | - | .477 | .581 | .765 |
| | 2,000 | - | .525 | .600 | .787 |
| | 5,000 | - | .561 | .615 | .790 |
| 0.05 | 10 | - | .347 | .434 | .642 |
| | 20 | - | .360 | .477 | .650 |
| | 50 | - | .368 | .511 | .661 |
| | 100 | - | .374 | .535 | .689 |
| | 200 | - | .386 | .564 | .747 |
| | 500 | - | .440 | .580 | .771 |
| | 1,000 | - | .489 | .589 | .784 |
| | 2,000 | - | .554 | .611 | .789 |
| | 5,000 | - | .577 | .632 | .799 |
| 0.10 | 10 | - | .361 | .441 | .661 |
| | 20 | - | .365 | .480 | .699 |
| | 50 | - | .374 | .520 | .719 |
| | 100 | - | .390 | .545 | .734 |
| | 200 | - | .411 | .561 | .745 |
| | 500 | - | .456 | .580 | .796 |
| | 1,000 | - | .500 | .591 | .802 |
| | 2,000 | - | .553 | .621 | .848 |
| | 5,000 | - | .584 | .645 | .875 |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

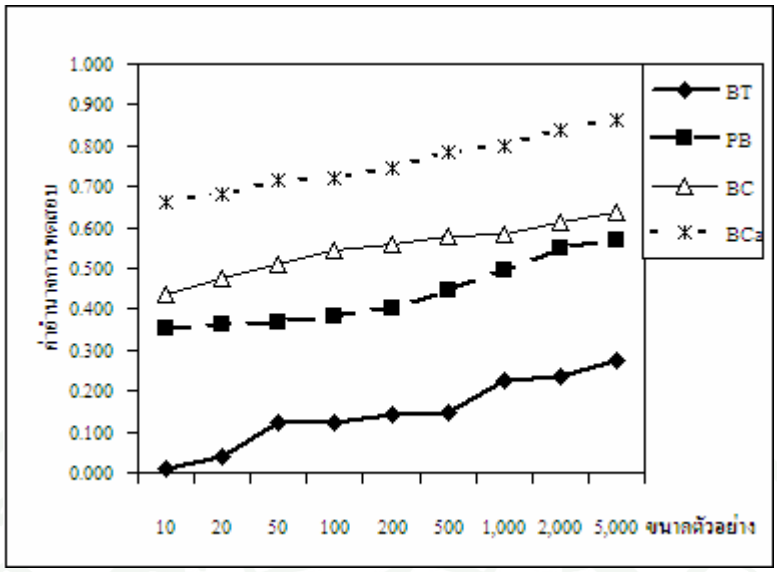



**ภาพที่ 69** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

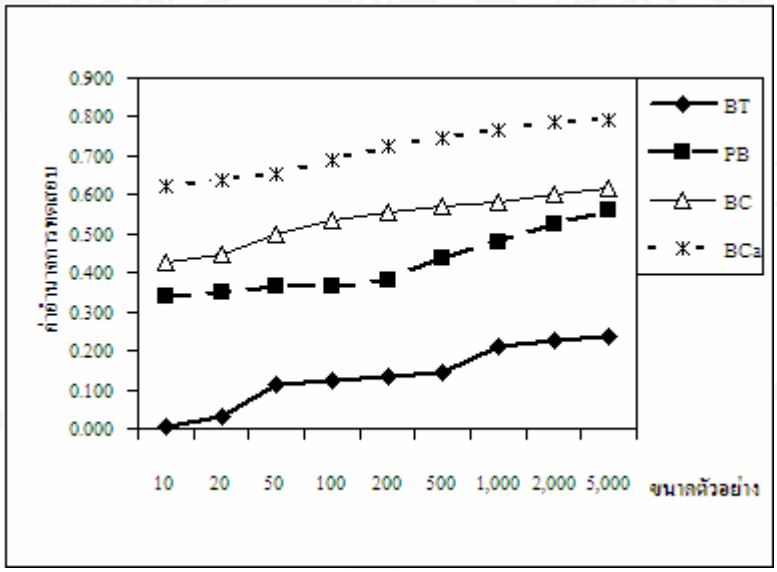



**ภาพที่ 70** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

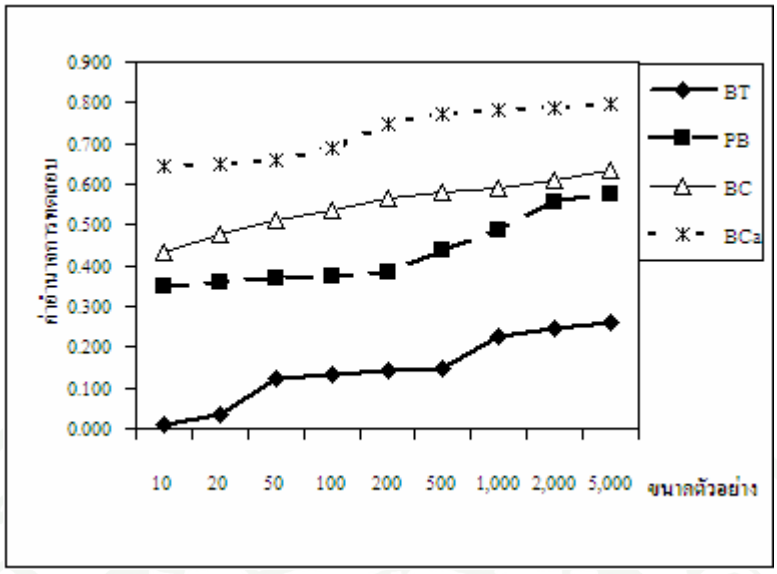



**ภาพที่ 71** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

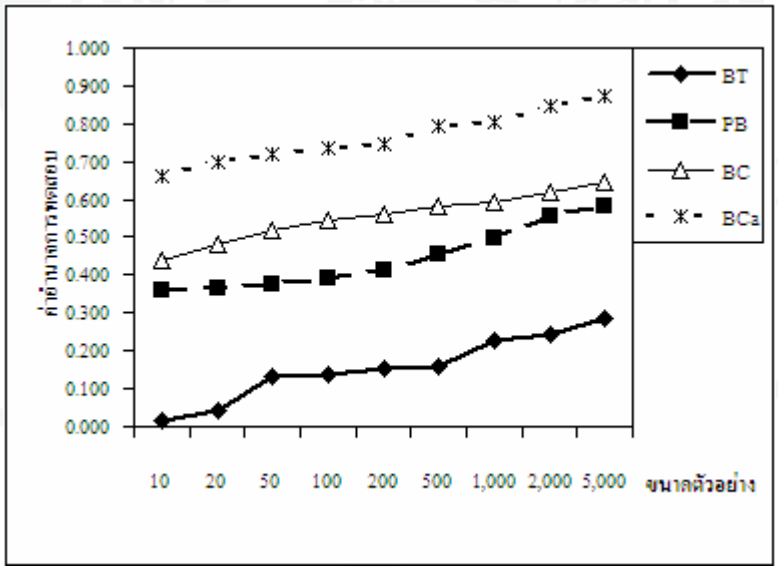



**ภาพที่ 72** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 73** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000




**ภาพที่ 74** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.4 ประชากรมีการแจกแจงแบบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 5

2.4.1 จำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 25 และภาพที่ 69 พบว่า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป ตามลำดับ เมื่อพิจารณาตามขนาดตัวอย่างพบว่า อำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 25 และภาพที่ 70 พบว่า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป ตามลำดับ เมื่อพิจารณาตามขนาดตัวอย่างพบว่า อำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 25 และภาพที่ 71 พบว่า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป ตามลำดับ เมื่อพิจารณาตามขนาดตัวอย่างพบว่า อำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

2.4.2 จำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 26 และภาพที่ 72 พบว่า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป ตามลำดับ เมื่อพิจารณาตามขนาดตัวอย่างพบว่า อำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 26 และภาพที่ 73 พบว่า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป ตามลำดับ เมื่อพิจารณาตามขนาดตัวอย่างพบว่า อำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 26 และภาพที่ 74 พบว่า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป ตามลำดับ เมื่อพิจารณาตามขนาดตัวอย่างพบว่า อำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

สรุปเมื่อพิจารณาจำนวนซ้ำของการทดลอง และระดับนัยสำคัญ พบว่า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีค่าอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป ตามลำดับ

ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 10 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000 และ 2,000 แสดงดังตารางที่ 27 และ 28 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 27** ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 10 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000

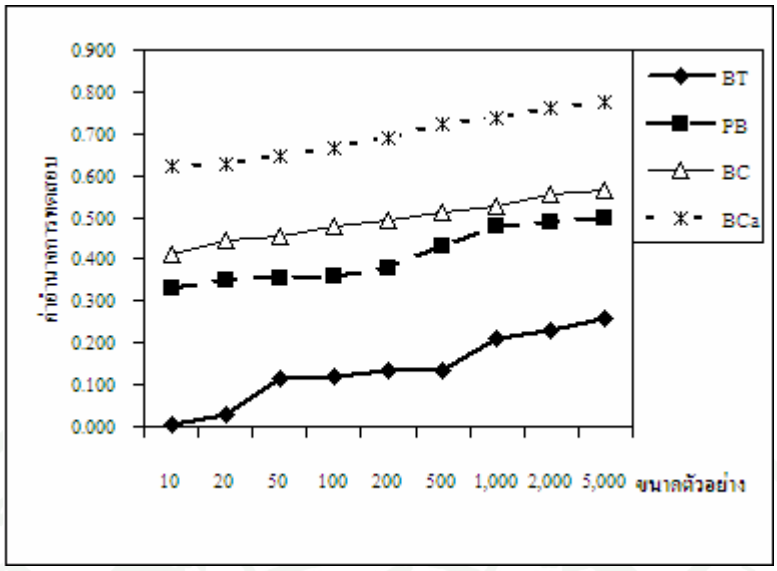
| $\alpha$ | n | BT | PB | BC | BCa |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.01 | 10 | - | .330 | .412 | .622 |
| | 20 | - | .351 | .446 | .628 |
| | 50 | - | .355 | .457 | .645 |
| | 100 | - | .360 | .480 | .666 |
| | 200 | - | .378 | .491 | .689 |
| | 500 | - | .431 | .512 | .721 |
| | 1,000 | - | .480 | .525 | .738 |
| | 2,000 | - | .488 | .556 | .762 |
| | 5,000 | - | .498 | .564 | .774 |
| 0.05 | 10 | - | .347 | .424 | .635 |
| | 20 | - | .356 | .468 | .644 |
| | 50 | - | .364 | .500 | .676 |
| | 100 | - | .366 | .511 | .698 |
| | 200 | - | .381 | .525 | .711 |
| | 500 | - | .445 | .536 | .724 |
| | 1,000 | - | .499 | .548 | .741 |
| | 2,000 | - | .540 | .559 | .764 |
| | 5,000 | - | .547 | .586 | .779 |
| 0.10 | 10 | - | .360 | .441 | .664 |
| | 20 | - | .371 | .470 | .671 |
| | 50 | - | .384 | .511 | .688 |
| | 100 | - | .390 | .534 | .700 |
| | 200 | - | .411 | .548 | .724 |
| | 500 | - | .448 | .553 | .735 |
| | 1,000 | - | .500 | .581 | .757 |
| | 2,000 | - | .555 | .567 | .788 |
| | 5,000 | - | .561 | .591 | .800 |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

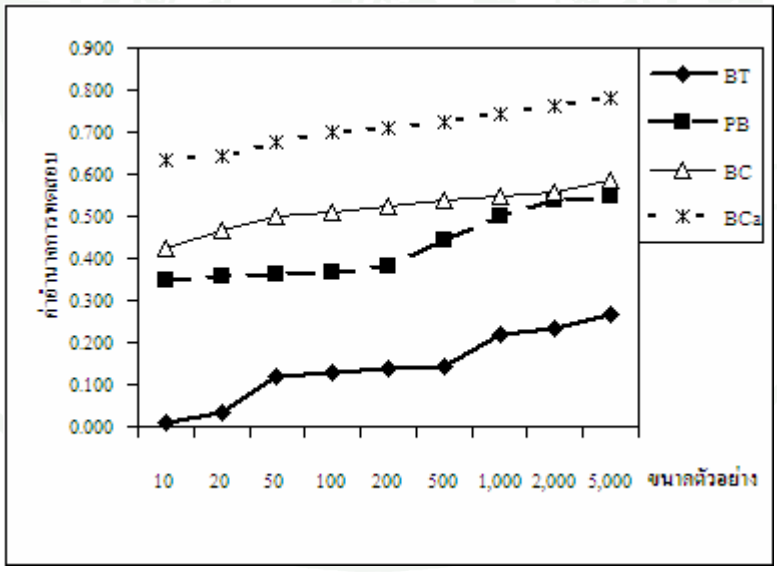
**ตารางที่ 28** ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 10 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 2,000

| $\alpha$ | n | BT | PB | BC | BCa |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.01 | 10 | - | .335 | .420 | .635 |
| | 20 | - | .362 | .451 | .645 |
| | 50 | - | .374 | .468 | .657 |
| | 100 | - | .382 | .490 | .680 |
| | 200 | - | .399 | .500 | .691 |
| | 500 | - | .445 | .521 | .734 |
| | 1,000 | - | .485 | .537 | .745 |
| | 2,000 | - | .490 | .568 | .768 |
| | 5,000 | - | .500 | .580 | .781 |
| 0.05 | 10 | - | .351 | .441 | .644 |
| | 20 | - | .366 | .462 | .656 |
| | 50 | - | .385 | .469 | .680 |
| | 100 | - | .390 | .500 | .691 |
| | 200 | - | .401 | .525 | .715 |
| | 500 | - | .452 | .536 | .734 |
| | 1,000 | - | .488 | .548 | .748 |
| | 2,000 | - | .500 | .575 | .769 |
| | 5,000 | - | .515 | .590 | .788 |
| 0.10 | 10 | - | .366 | .460 | .688 |
| | 20 | - | .377 | .480 | .690 |
| | 50 | - | .400 | .499 | .701 |
| | 100 | - | .411 | .541 | .711 |
| | 200 | - | .426 | .555 | .725 |
| | 500 | - | .462 | .569 | .745 |
| | 1,000 | - | .490 | .599 | .777 |
| | 2,000 | - | .525 | .601 | .789 |
| | 5,000 | - | .540 | .611 | .790 |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

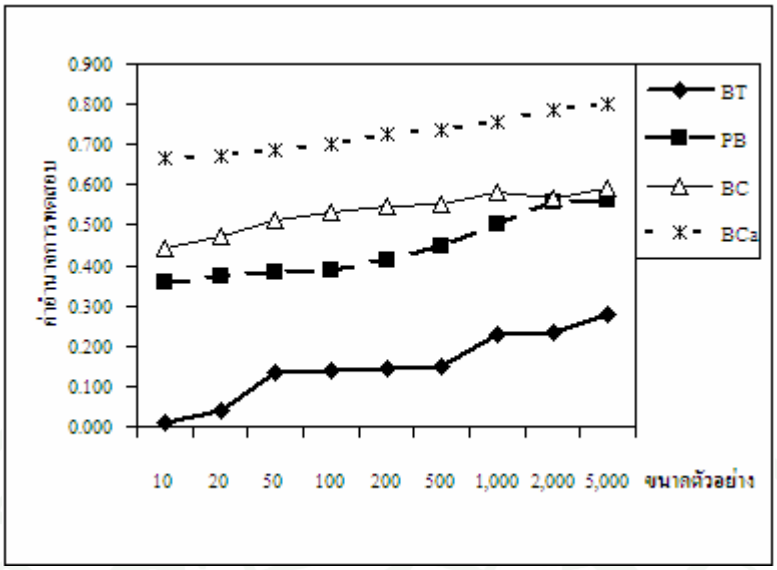



**ภาพที่ 75** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 10 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

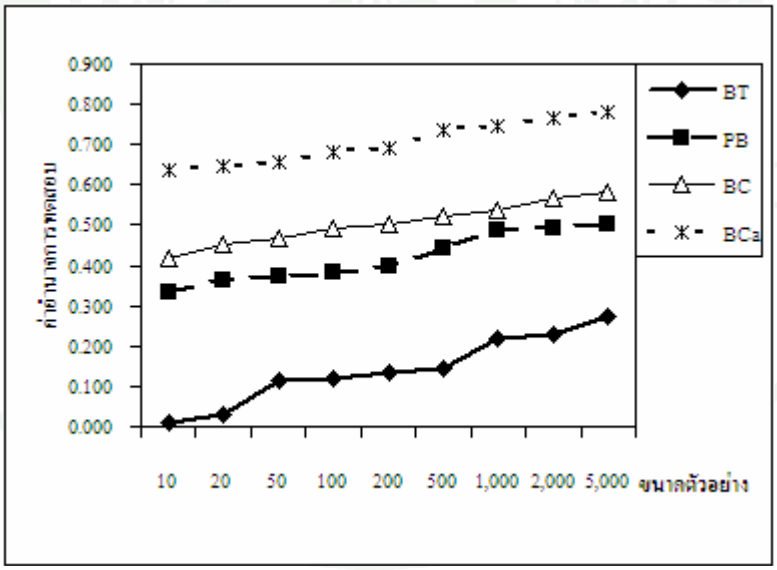



**ภาพที่ 76** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 10 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

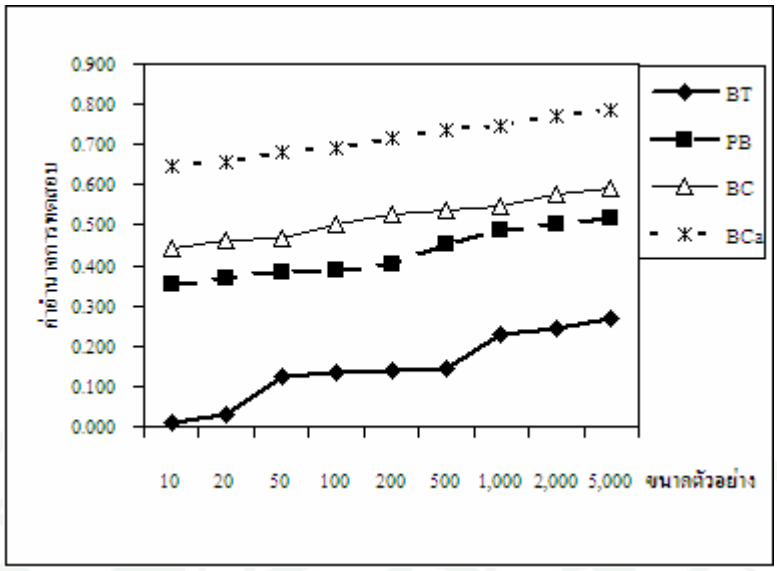



**ภาพที่ 77** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 10 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

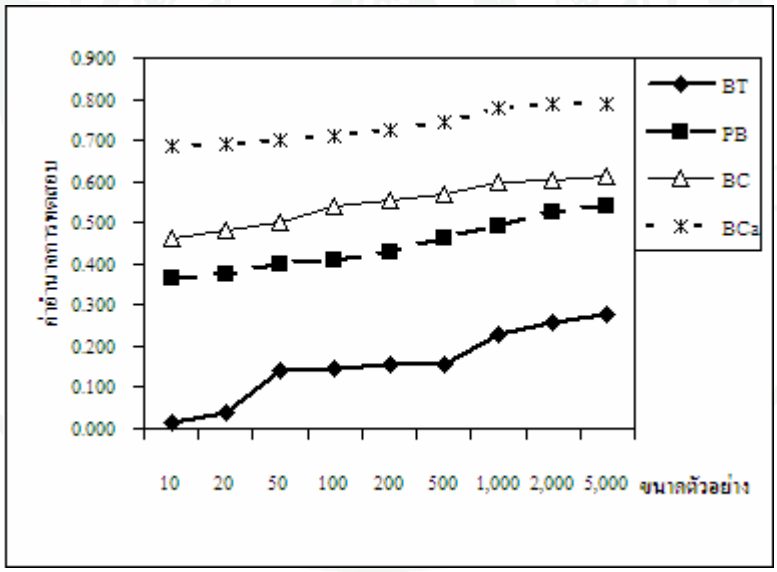



**ภาพที่ 78** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 10 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 79** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 10 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000




**ภาพที่ 80** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 10 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.5 ประชากรมีการแจกแจงแบบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 10

2.5.1 จำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 27 และภาพที่ 75 พบว่า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป ตามลำดับ เมื่อพิจารณาตามขนาดตัวอย่างพบว่า อำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 27 และภาพที่ 76 พบว่า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป ตามลำดับ เมื่อพิจารณาตามขนาดตัวอย่างพบว่า อำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 27 และภาพที่ 77 พบว่า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป ตามลำดับ เมื่อพิจารณาตามขนาดตัวอย่างพบว่า อำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

2.5.2 จำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 28 และภาพที่ 78 พบว่า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป ตามลำดับ เมื่อพิจารณาตามขนาดตัวอย่างพบว่า อำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 28 และภาพที่ 79 พบว่า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป ตามลำดับ เมื่อพิจารณาตามขนาดตัวอย่างพบว่า อำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 28 และภาพที่ 80 พบว่า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป ตามลำดับ เมื่อพิจารณาตามขนาดตัวอย่างพบว่า อำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

สรุปเมื่อพิจารณาจำนวนซ้ำของการทดลอง และระดับนัยสำคัญ พบว่า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีค่าอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป ตามลำดับ

ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 0.5 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000 และ 2,000 แสดงดังตารางที่ 29 และ 30 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 29** ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 0.5 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000

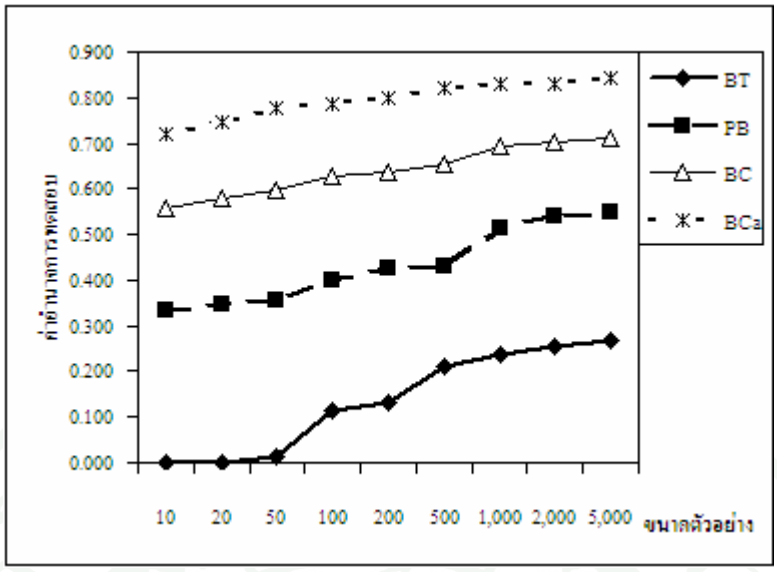
| $\alpha$ | n | BT | PB | BC | BCa |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.01 | 10 | - | - | .556 | .721 |
| | 20 | - | .349 | .581 | .747 |
| | 50 | - | .355 | .595 | .779 |
| | 100 | - | .399 | .627 | .785 |
| | 200 | - | .427 | .638 | .800 |
| | 500 | - | .431 | .655 | .822 |
| | 1,000 | - | .512 | .695 | .828 |
| | 2,000 | - | .542 | .701 | .830 |
| | 5,000 | - | .550 | .713 | .841 |
| 0.05 | 10 | - | .338 | .561 | .737 |
| | 20 | - | .356 | .596 | .752 |
| | 50 | - | .391 | .600 | .784 |
| | 100 | - | .403 | .631 | .790 |
| | 200 | - | .431 | .651 | .810 |
| | 500 | - | .455 | .677 | .848 |
| | 1,000 | - | .527 | .698 | .845 |
| | 2,000 | - | .544 | .717 | .867 |
| | 5,000 | - | .559 | .721 | .880 |
| 0.10 | 10 | - | .359 | .575 | .750 |
| | 20 | - | .377 | .601 | .761 |
| | 50 | - | .396 | .617 | .793 |
| | 100 | - | .411 | .643 | .800 |
| | 200 | - | .451 | .667 | .818 |
| | 500 | - | .478 | .681 | .853 |
| | 1,000 | - | .532 | .700 | .872 |
| | 2,000 | - | .551 | .717 | .881 |
| | 5,000 | - | .571 | .732 | .893 |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

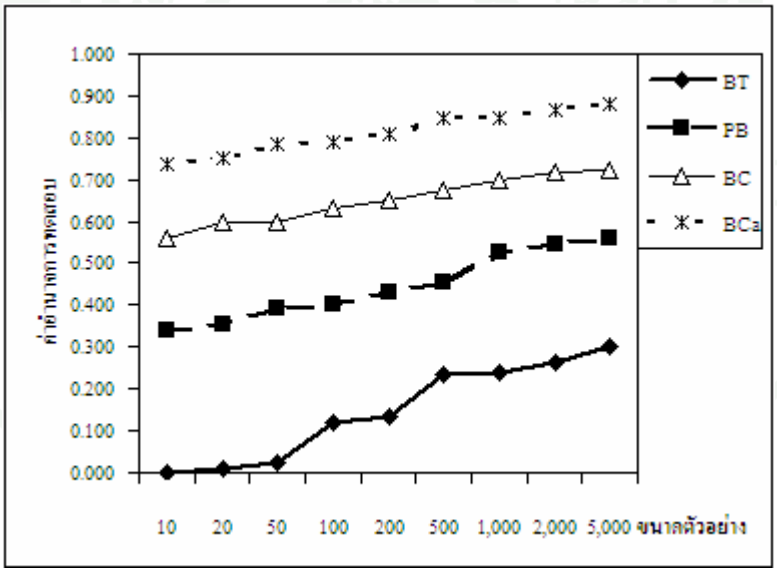
**ตารางที่ 30** ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 0.5 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 2,000

| $\alpha$ | n | BT | PB | BC | BCa |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.01 | 10 | - | - | .557 | .717 |
| | 20 | - | .357 | .587 | .756 |
| | 50 | - | .424 | .605 | .782 |
| | 100 | - | .445 | .616 | .793 |
| | 200 | - | .481 | .641 | .801 |
| | 500 | - | .545 | .664 | .822 |
| | 1,000 | - | .547 | .680 | .832 |
| | 2,000 | - | .561 | .711 | .833 |
| | 5,000 | - | .565 | .727 | .848 |
| 0.05 | 10 | - | .341 | .572 | .740 |
| | 20 | - | .364 | .604 | .757 |
| | 50 | - | .430 | .629 | .785 |
| | 100 | - | .467 | .647 | .811 |
| | 200 | - | .495 | .661 | .828 |
| | 500 | - | .545 | .669 | .851 |
| | 1,000 | - | .550 | .692 | .855 |
| | 2,000 | - | .565 | .733 | .864 |
| | 5,000 | - | .570 | .748 | .893 |
| 0.10 | 10 | - | .377 | .592 | .781 |
| | 20 | - | .392 | .622 | .799 |
| | 50 | - | .442 | .629 | .812 |
| | 100 | - | .470 | .654 | .821 |
| | 200 | - | .525 | .677 | .829 |
| | 500 | - | .557 | .698 | .846 |
| | 1,000 | - | .562 | .714 | .844 |
| | 2,000 | - | .571 | .742 | .883 |
| | 5,000 | - | .577 | .754 | .899 |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

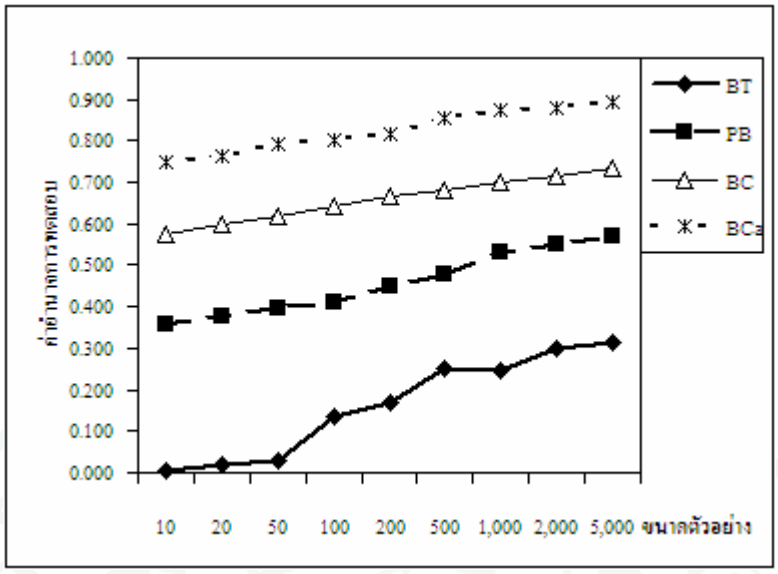



**ภาพที่ 81** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 0.5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

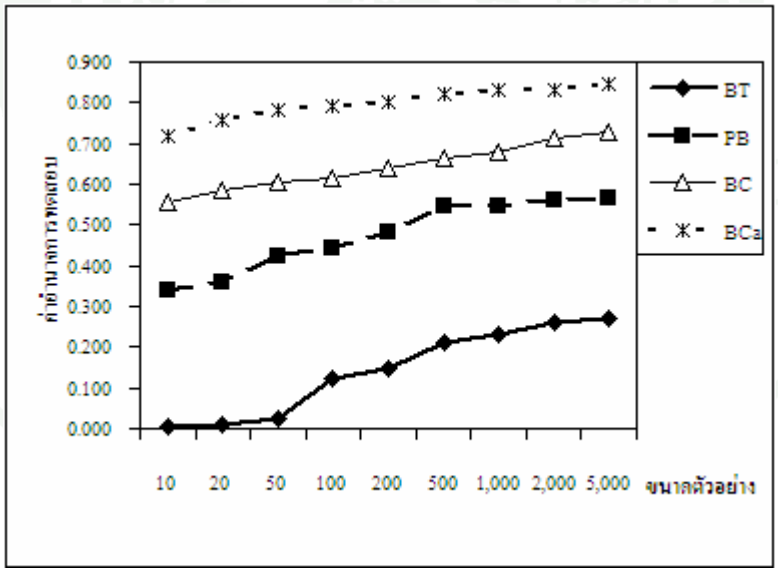



**ภาพที่ 82** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 0.5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

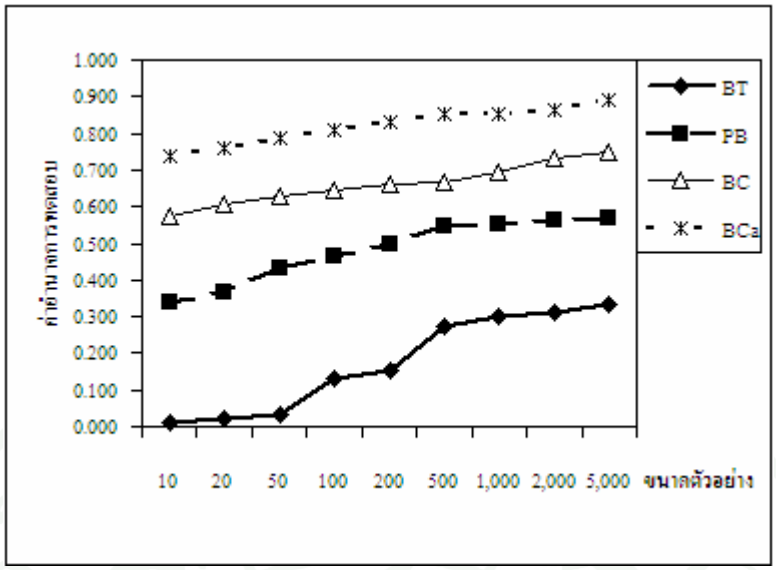



**ภาพที่ 83** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจก แจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 0.5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

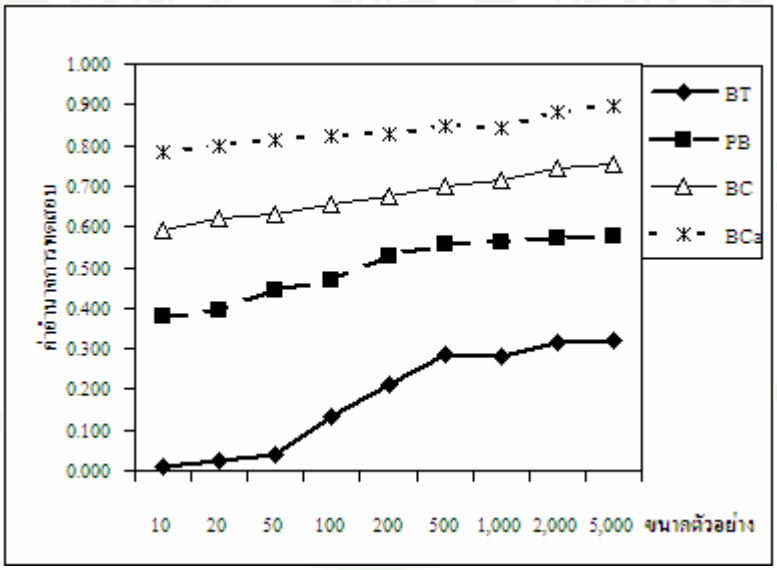



**ภาพที่ 84** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 0.5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 85** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 0.5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000




**ภาพที่ 86** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 0.5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.6 ประชากรมีการแจกแจงแบบแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 0.5

2.6.1 จำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 29 และภาพที่ 81 พบว่า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป เมื่อพิจารณาตามขนาดตัวอย่างพบว่า อำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 29 และภาพที่ 82 พบว่า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป เมื่อพิจารณาตามขนาดตัวอย่างพบว่า อำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 29 และภาพที่ 83 พบว่า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป เมื่อพิจารณาตามขนาดตัวอย่างพบว่า อำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

2.6.2 จำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 30 และภาพที่ 84 พบว่า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป เมื่อพิจารณาตามขนาดตัวอย่างพบว่า อำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 30 และภาพที่ 85 พบว่า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป เมื่อพิจารณาตามขนาดตัวอย่างพบว่า อำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 30 และภาพที่ 86 พบว่า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป เมื่อพิจารณาตามขนาดตัวอย่างพบว่า อำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

สรุปเมื่อพิจารณาจำนวนซ้ำของการทดลอง และระดับนัยสำคัญ พบว่า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีค่าอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป ตามลำดับ

ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 4 และ 2 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000 และ 2,000 แสดงดังตารางที่ 31 และ 32 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 31** ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 4 และ 2 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000

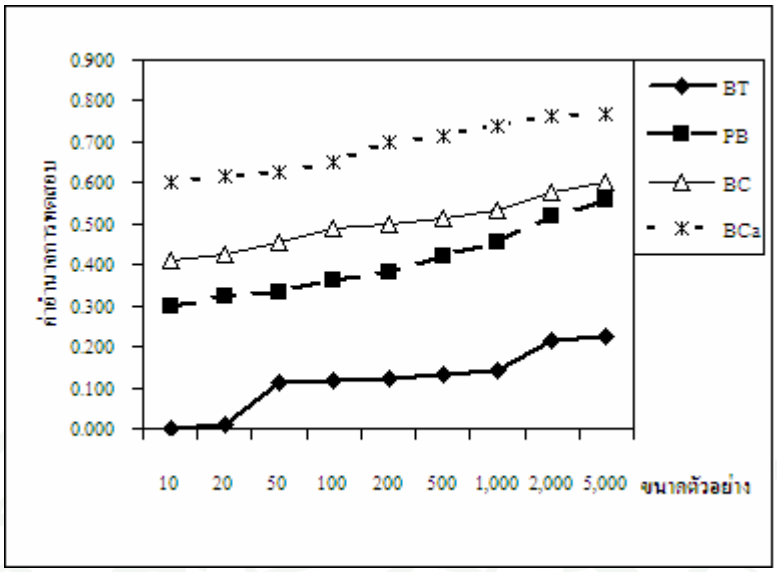
| $\alpha$ | n | BT | PB | BC | BCa |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.01 | 10 | - | .300 | .411 | .600 |
| | 20 | - | .325 | .424 | .616 |
| | 50 | - | .334 | .456 | .625 |
| | 100 | - | .361 | .488 | .650 |
| | 200 | - | .381 | .501 | .700 |
| | 500 | - | .420 | .512 | .715 |
| | 1,000 | - | .456 | .534 | .737 |
| | 2,000 | - | .520 | .578 | .764 |
| | 5,000 | - | .556 | .600 | .768 |
| 0.05 | 10 | - | .322 | .423 | .622 |
| | 20 | - | .335 | .465 | .630 |
| | 50 | - | .364 | .490 | .645 |
| | 100 | - | .370 | .506 | .676 |
| | 200 | - | .396 | .516 | .711 |
| | 500 | - | .422 | .534 | .726 |
| | 1,000 | - | .465 | .543 | .740 |
| | 2,000 | - | .552 | .588 | .774 |
| | 5,000 | - | .576 | .624 | .789 |
| 0.10 | 10 | - | .340 | .462 | .650 |
| | 20 | - | .352 | .481 | .682 |
| | 50 | - | .366 | .533 | .721 |
| | 100 | - | .391 | .556 | .725 |
| | 200 | - | .411 | .560 | .735 |
| | 500 | - | .440 | .584 | .744 |
| | 1,000 | - | .500 | .590 | .760 |
| | 2,000 | - | .555 | .616 | .786 |
| | 5,000 | - | .580 | .640 | .791 |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

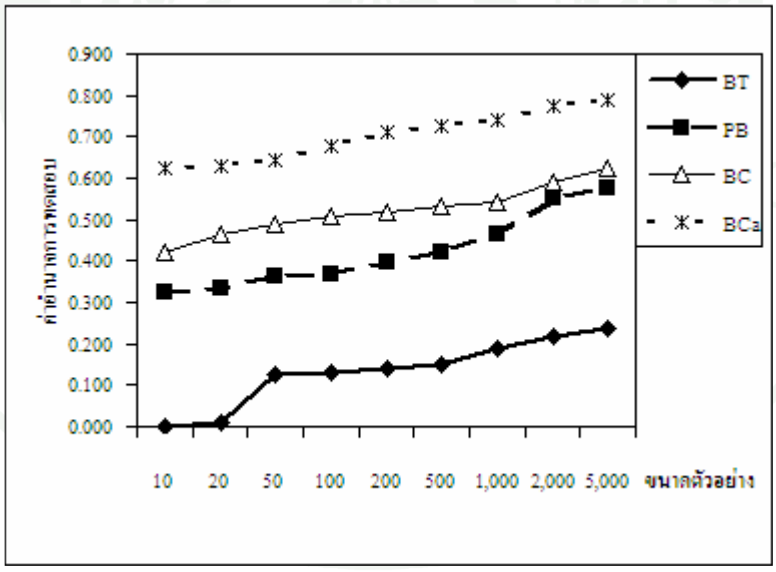
**ตารางที่ 32** ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 4 และ 2 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 2,000

| $\alpha$ | n | BT | PB | BC | BCa |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.01 | 10 | - | .311 | .420 | .602 |
| | 20 | - | .335 | .434 | .626 |
| | 50 | - | .342 | .460 | .627 |
| | 100 | - | .364 | .489 | .654 |
| | 200 | - | .380 | .511 | .680 |
| | 500 | - | .391 | .516 | .700 |
| | 1,000 | - | .420 | .544 | .725 |
| | 2,000 | - | .446 | .580 | .747 |
| | 5,000 | - | .467 | .604 | .774 |
| 0.05 | 10 | - | .323 | .431 | .623 |
| | 20 | - | .346 | .440 | .634 |
| | 50 | - | .360 | .467 | .647 |
| | 100 | - | .384 | .490 | .666 |
| | 200 | - | .400 | .516 | .690 |
| | 500 | - | .430 | .534 | .715 |
| | 1,000 | - | .441 | .558 | .734 |
| | 2,000 | - | .456 | .590 | .758 |
| | 5,000 | - | .475 | .610 | .789 |
| 0.10 | 10 | - | .330 | .457 | .651 |
| | 20 | - | .355 | .468 | .680 |
| | 50 | - | .371 | .488 | .700 |
| | 100 | - | .394 | .504 | .717 |
| | 200 | - | .411 | .526 | .736 |
| | 500 | - | .440 | .555 | .755 |
| | 1,000 | - | .457 | .563 | .768 |
| | 2,000 | - | .464 | .616 | .778 |
| | 5,000 | - | .488 | .645 | .789 |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

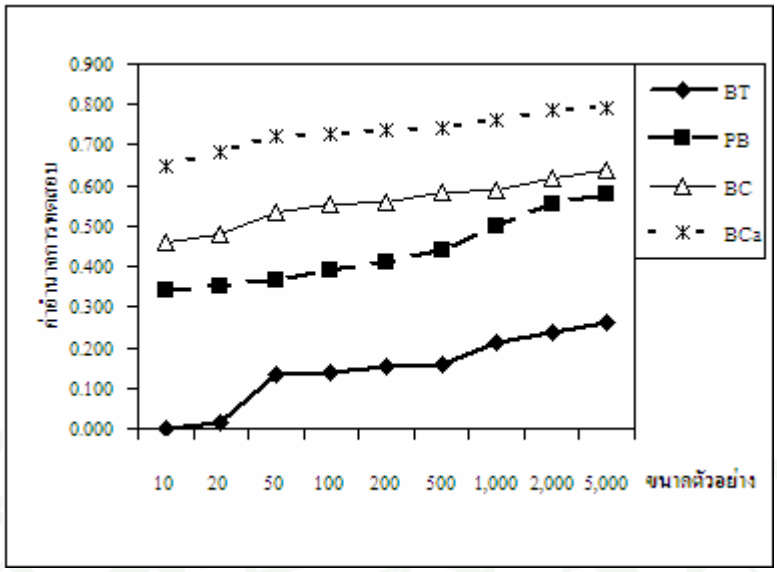



**ภาพที่ 87** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 4 และ 2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

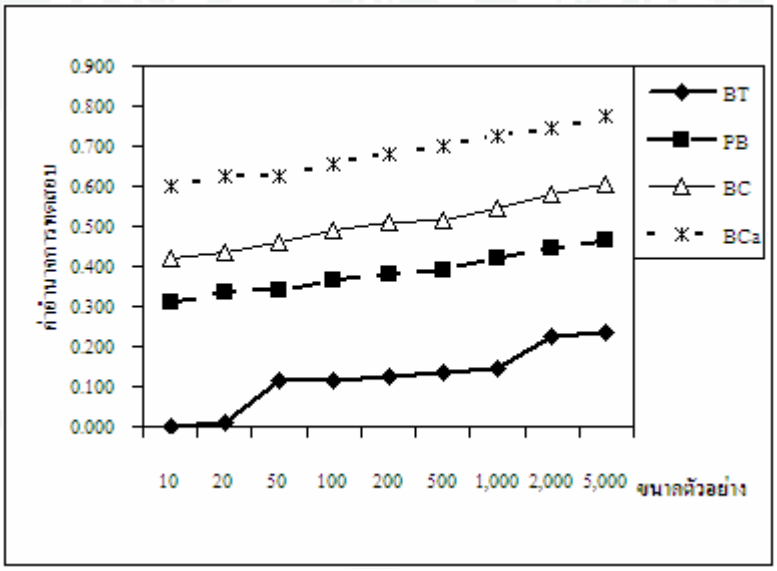



**ภาพที่ 88** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 4 และ 2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

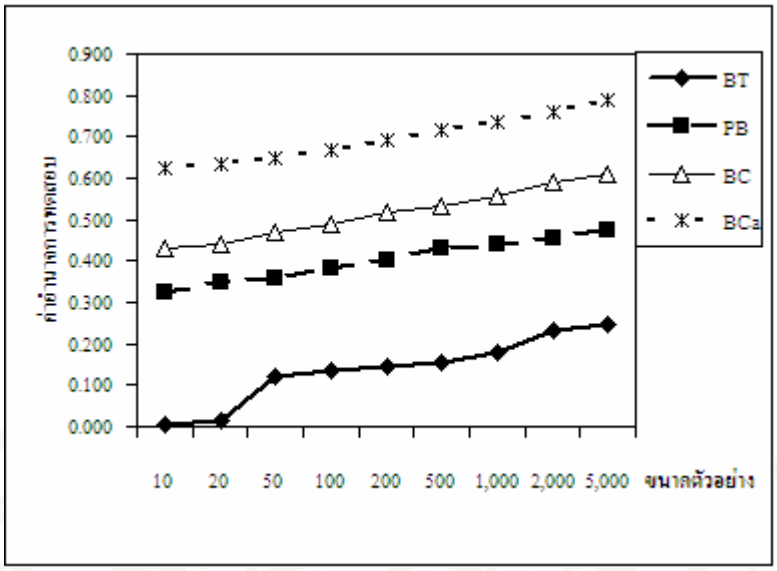



**ภาพที่ 89** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจก แจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 4 และ 2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

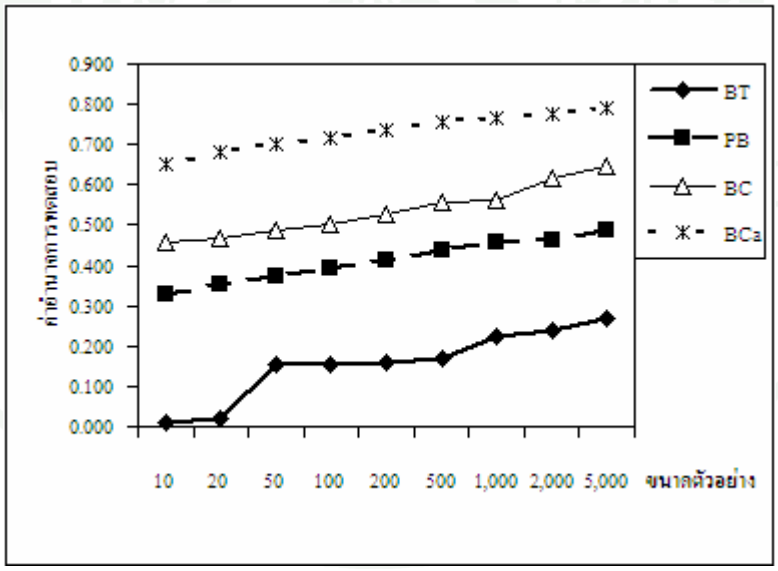



**ภาพที่ 90** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 4 และ 2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 91** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 4 และ 2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000




**ภาพที่ 92** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 4 และ 2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.7 ประชากรมีการแจกแจงแบบแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 4 และ 2

2.7.1 จำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 31 และภาพที่ 87 พบว่า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป เมื่อพิจารณาตามขนาดตัวอย่างพบว่า อำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 31 และภาพที่ 88 พบว่า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป เมื่อพิจารณาตามขนาดตัวอย่างพบว่า อำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 31 และภาพที่ 89 พบว่า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป เมื่อพิจารณาตามขนาดตัวอย่างพบว่า อำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

2.7.2 จำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 32 และภาพที่ 90 พบว่า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป เมื่อพิจารณาตามขนาดตัวอย่างพบว่า อำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 32 และภาพที่ 91 พบว่า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป เมื่อพิจารณาตามขนาดตัวอย่างพบว่า อำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 32 และภาพที่ 92 พบว่า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป เมื่อพิจารณาตามขนาดตัวอย่างพบว่า อำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

สรุปเมื่อพิจารณาจำนวนซ้ำของการทดลอง และระดับนัยสำคัญ พบว่า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีค่าอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป ตามลำดับ

ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อข้อมูลสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 6 และ 3 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000 และ 2,000 แสดงดังตารางที่ 33 และ 34 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 33** ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 6 และ 3 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 1,000

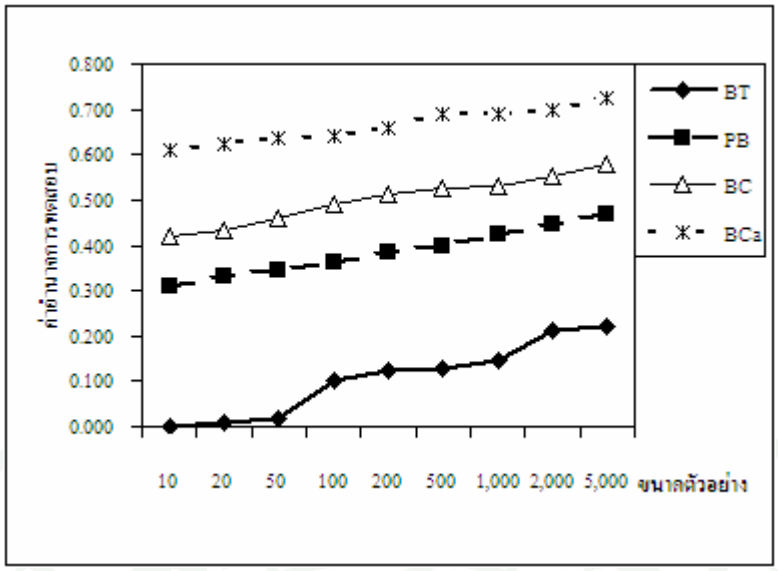
| $\alpha$ | n | BT | PB | BC | BCa |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.01 | 10 | - | .311 | .420 | .611 |
| | 20 | - | .332 | .431 | .624 |
| | 50 | - | .345 | .460 | .635 |
| | 100 | - | .362 | .489 | .642 |
| | 200 | - | .384 | .512 | .660 |
| | 500 | - | .400 | .526 | .689 |
| | 1,000 | - | .425 | .530 | .691 |
| | 2,000 | - | .448 | .551 | .700 |
| | 5,000 | - | .468 | .577 | .725 |
| 0.05 | 10 | - | .330 | .434 | .620 |
| | 20 | - | .340 | .441 | .636 |
| | 50 | - | .358 | .472 | .649 |
| | 100 | - | .375 | .499 | .667 |
| | 200 | - | .400 | .520 | .684 |
| | 500 | - | .426 | .536 | .700 |
| | 1,000 | - | .435 | .547 | .712 |
| | 2,000 | - | .454 | .568 | .725 |
| | 5,000 | - | .480 | .589 | .737 |
| 0.10 | 10 | - | .341 | .460 | .650 |
| | 20 | - | .353 | .468 | .657 |
| | 50 | - | .366 | .480 | .664 |
| | 100 | - | .381 | .500 | .680 |
| | 200 | - | .422 | .534 | .701 |
| | 500 | - | .436 | .543 | .711 |
| | 1,000 | - | .445 | .556 | .726 |
| | 2,000 | - | .468 | .587 | .735 |
| | 5,000 | - | .504 | .590 | .747 |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

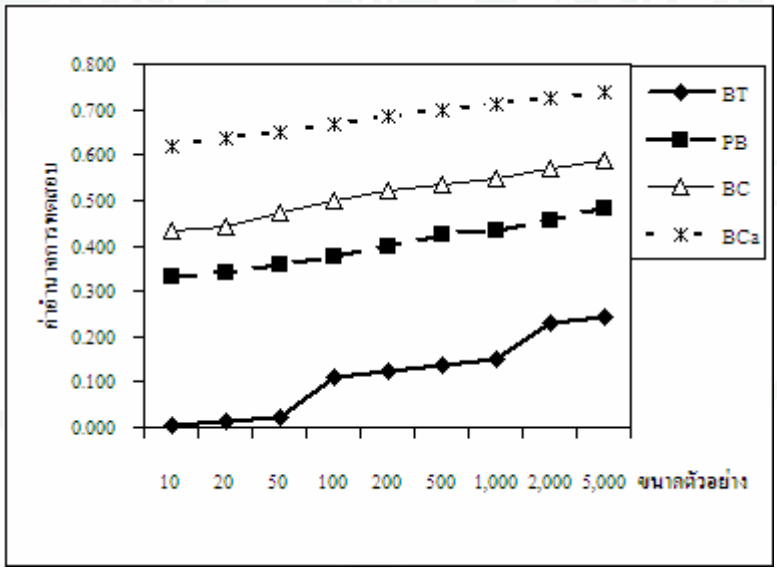
**ตารางที่ 34** ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 6 และ 3 กรณีจำนวนซ้ำเท่ากับ 2,000

| $\alpha$ | n | BT | PB | BC | BCa |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.01 | 10 | - | .320 | .435 | .628 |
| | 20 | - | .340 | .442 | .635 |
| | 50 | - | .346 | .468 | .642 |
| | 100 | - | .368 | .490 | .645 |
| | 200 | - | .390 | .500 | .660 |
| | 500 | - | .414 | .511 | .668 |
| | 1,000 | - | .426 | .514 | .681 |
| | 2,000 | - | .450 | .526 | .695 |
| | 5,000 | - | .477 | .537 | .700 |
| 0.05 | 10 | - | .334 | .447 | .643 |
| | 20 | - | .351 | .460 | .648 |
| | 50 | - | .360 | .482 | .658 |
| | 100 | - | .377 | .499 | .664 |
| | 200 | - | .400 | .518 | .686 |
| | 500 | - | .431 | .524 | .698 |
| | 1,000 | - | .444 | .535 | .712 |
| | 2,000 | - | .468 | .550 | .728 |
| | 5,000 | - | .491 | .586 | .743 |
| 0.10 | 10 | - | .350 | .461 | .661 |
| | 20 | - | .366 | .486 | .677 |
| | 50 | - | .378 | .505 | .694 |
| | 100 | - | .389 | .512 | .702 |
| | 200 | - | .400 | .526 | .718 |
| | 500 | - | .411 | .545 | .726 |
| | 1,000 | - | .414 | .556 | .747 |
| | 2,000 | - | .420 | .576 | .756 |
| | 5,000 | - | .428 | .588 | .772 |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

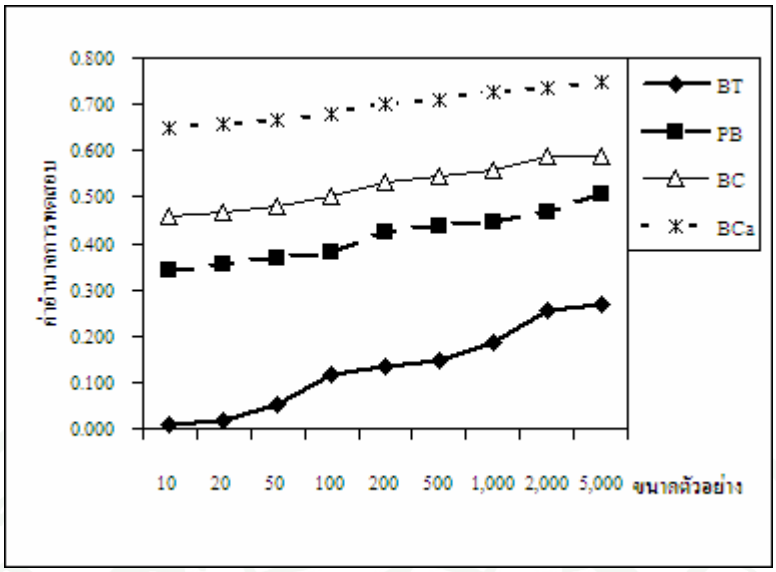



**ภาพที่ 93** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 6 และ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

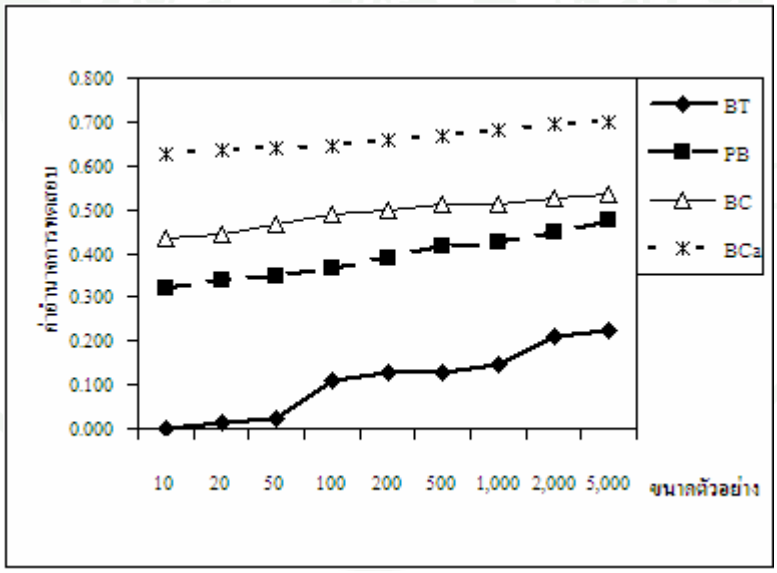



**ภาพที่ 94** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 6 และ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

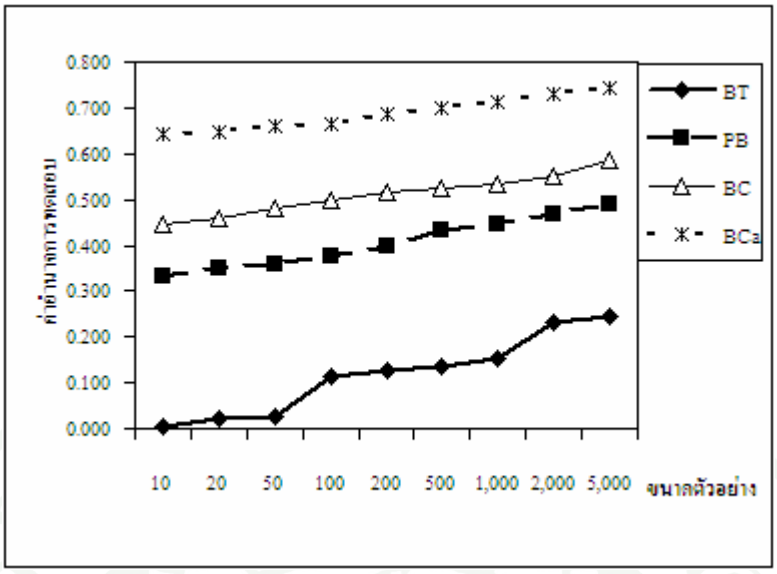



**ภาพที่ 95** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจก แจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 6 และ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

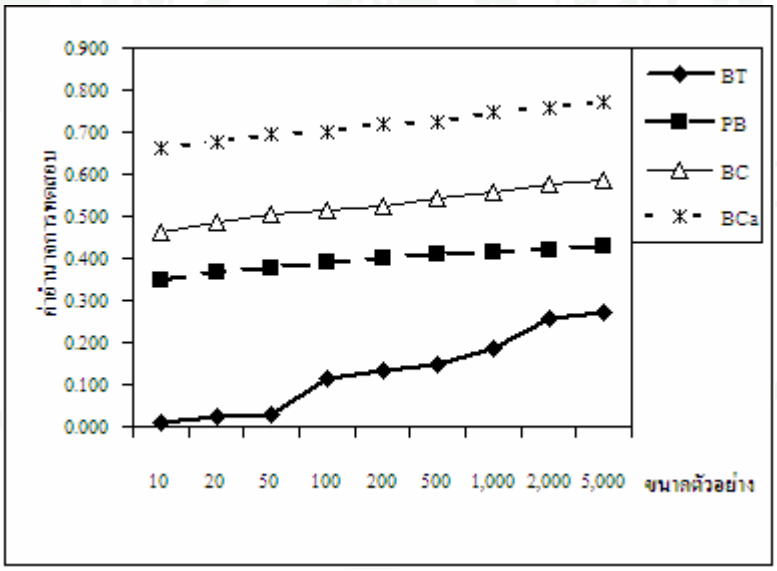



**ภาพที่ 96** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 6 และ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 97** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 6 และ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000




**ภาพที่ 98** ค่าอำนาจการทดสอบ ของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 6 และ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.8 ประชากรมีการแจกแจงแบบแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 6 และ 3

2.8.1 จำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 33 และภาพที่ 93 พบว่า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป เมื่อพิจารณาตามขนาดตัวอย่างพบว่า อำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 33 และภาพที่ 94 พบว่า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป เมื่อพิจารณาตามขนาดตัวอย่างพบว่า อำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 33 และภาพที่ 95 พบว่า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป เมื่อพิจารณาตามขนาดตัวอย่างพบว่า อำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

2.8.2 จำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 34 และภาพที่ 96 พบว่า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป เมื่อพิจารณาตามขนาดตัวอย่างพบว่า อำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 34 และภาพที่ 97 พบว่า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป เมื่อพิจารณาตามขนาดตัวอย่างพบว่า อำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

จากค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 34 และภาพที่ 98 พบว่า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง รองลงมาคือ วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป เมื่อพิจารณาตามขนาดตัวอย่างพบว่า อำนาจการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

สรุปเมื่อพิจารณาจำนวนซ้ำของการทดลอง และระดับนัยสำคัญ พบว่า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีค่าอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**3. ผลการศึกษาด้วยข้อมูลจริง**

การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการทางนอนพาราเมตริก ทั้ง 4 วิธี ด้วยข้อมูลจริง มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบว่าผลที่ได้จากข้อมูลจริงและผลที่ได้จากข้อมูลจำลองแบบมีความสอดคล้องกันหรือไม่ โดยรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานต่างๆจำนวน 5 ชุด และนำข้อมูลแต่ละชุดมาศึกษาลักษณะของการแจกแจง ได้ผลดังตารางที่ 35

**ตารางที่ 35** ลักษณะการแจกแจงของข้อมูลจริงจำนวน 5 ชุด

| ข้อมูลชุดที่ | ลักษณะการแจกแจง |
|---|---|
| 1. คะแนนสอบวิชาฟิสิกส์ | |
| 1.1 วิศวฯเครื่องกล | ปกติ พารามิเตอร์ $(\mu, \sigma^2)$ เท่ากับ 28.3 และ 163.30 ตามลำดับ |
| 1.2 วิศวฯทั่วไป | ปกติ พารามิเตอร์ $(\mu, \sigma^2)$ เท่ากับ 26.3 และ 104.80 ตามลำดับ |
| 2. ข้อมูลปริมาณน้ำฝน | |
| 2.1 สำนักงานชลประทานนครสวรรค์ | ปกติ พารามิเตอร์ $(\mu, \sigma^2)$ เท่ากับ 178 และ 4744.92 ตามลำดับ |
| 2.2 ศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคเหนือตอนล่างตอนล่าง | ปกติ พารามิเตอร์ $(\mu, \sigma^2)$ เท่ากับ 202 และ 23365 ตามลำดับ |
| 3. สถิติคดีอุบัติเหตุจราจร | |
| 3.1 ขับรถเร็ว | เอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์ $(\theta)$ เท่ากับ 193 |
| 3.2 อุปกรณ์ชำรุด | เอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์ $(\theta)$ เท่ากับ 51.8 |
| 4. อุณหภูมิเฉลี่ย | |
| 4.1 ตะวันออกเฉียงเหนือ | เอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์ $(\theta)$ เท่ากับ 7.17 |
| 4.2 เหนือ | เอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์ $(\theta)$ เท่ากับ 6.39 |
| 5. ราคาน้ำมันดิบ | |
| 5.1 ปี ค.ศ. 1996 | เบต้า พารามิเตอร์ $(\alpha, \beta)$ เท่ากับ (1.19,1.15) |
| 5.2 ปี ค.ศ. 1997 | เบต้า พารามิเตอร์ $(\alpha, \beta)$ เท่ากับ (0.674 ,1.18) |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากนั้นทดสอบข้อมูลด้วยวิธีการทางนอนพาราเมตริก ทั้ง 4 วิธี และเปรียบเทียบผลการทดสอบโดยพิจารณาจากความถูกต้องในการสรุปผล ถ้าผลการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมติกวิธีใด ได้ผลสรุปว่าปฏิเสธสมมติฐานหลัก ถือว่าสรุปผลได้ถูกต้อง แต่ถ้าผลการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมติกวิธีใด ได้ผลสรุปว่ายอมรับสมมติฐานหลัก ถือว่าสรุปผลผิดพลาด

**ตารางที่ 36** ผลการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี ของข้อมูลจริง

| $\alpha$ | B | ข้อมูลชุดที่ | BT | PB | BC | BCa |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.01 | 1,000 | 1. คะแนนสอบวิชาฟิสิกส์ | ยอมรับ | ยอมรับ | ยอมรับ | ปฏิเสธ |
| | | 2. ข้อมูลปริมาณน้ำฝน | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ |
| | | 3. สถิติคดีอุบัติเหตุจราจร | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ |
| | | 4. อุณหภูมิเฉลี่ย | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ |
| | | 5. ราคาน้ำมันดิบ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ |
| | | สรุปจำนวนการปฏิเสธ | 4 | 4 | 4 | 5 |
| | 2,000 | 1. คะแนนสอบวิชาฟิสิกส์ | ยอมรับ | ยอมรับ | ยอมรับ | ปฏิเสธ |
| | | 2. ข้อมูลปริมาณน้ำฝน | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ |
| | | 3. สถิติคดีอุบัติเหตุจราจร | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ |
| | | 4. อุณหภูมิเฉลี่ย | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ |
| | | 5. ราคาน้ำมันดิบ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ |
| | | สรุปจำนวนการปฏิเสธ | 4 | 4 | 4 | 5 |
| 0.05 | 1,000 | 1. คะแนนสอบวิชาฟิสิกส์ | ยอมรับ | ยอมรับ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ |
| | | 2. ข้อมูลปริมาณน้ำฝน | ยอมรับ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ |
| | | 3. สถิติคดีอุบัติเหตุจราจร | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ |
| | | 4. อุณหภูมิเฉลี่ย | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ |
| | | 5. ราคาน้ำมันดิบ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ |
| | | สรุปจำนวนการปฏิเสธ | 3 | 4 | 5 | 5 |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 36 (ต่อ)**

| $\alpha$ | B | ข้อมูลชุดที่ | BT | PB | BC | BCa |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.05 | 2,000 | 1. คะแนนสอบวิชาฟิสิกส์ | ยอมรับ | ปฏิเสธ | ยอมรับ | ปฏิเสธ |
| | | 2. ข้อมูลปริมาณน้ำฝน | ปฏิเสธ | ยอมรับ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ |
| | | 3. สถิติคดีอุบัติเหตุจราจร | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ |
| | | 4. อุณหภูมิเฉลี่ย | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ |
| | | 5. ราคาน้ำมันดิบ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ |
| | | สรุปจำนวนการปฏิเสธ | 4 | 4 | 4 | 5 |
| 0.10 | 1,000 | 1. คะแนนสอบวิชาฟิสิกส์ | ยอมรับ | ยอมรับ | ยอมรับ | ปฏิเสธ |
| | | 2. ข้อมูลปริมาณน้ำฝน | ยอมรับ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ |
| | | 3. สถิติคดีอุบัติเหตุจราจร | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ |
| | | 4. อุณหภูมิเฉลี่ย | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ |
| | | 5. ราคาน้ำมันดิบ | ยอมรับ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ |
| | | สรุปจำนวนการปฏิเสธ | 2 | 4 | 4 | 5 |
| | 2,000 | 1. คะแนนสอบวิชาฟิสิกส์ | ยอมรับ | ยอมรับ | ยอมรับ | ปฏิเสธ |
| | | 2. ข้อมูลปริมาณน้ำฝน | ยอมรับ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ |
| | | 3. สถิติคดีอุบัติเหตุจราจร | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ |
| | | 4. อุณหภูมิเฉลี่ย | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ |
| | | 5. ราคาน้ำมันดิบ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ | ปฏิเสธ |
| | | สรุปจำนวนการปฏิเสธ | 3 | 4 | 4 | 5 |

**<u>หมายเหตุ</u>** ยอมรับ หมายถึง ยอมรับสมมติฐานหลัก ($H_0$) สรุปว่า ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีความแปรปรวนเท่ากัน

ปฏิเสธ หมายถึง ปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0$) สรุปว่า ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีความแปรปรวนไม่เท่ากัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากตารางที่ 36 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 และ 2,000 วิธีบีซีเอ บูตสแตรป ให้ผลการทดสอบถูกต้องตรงลักษณะการแจกแจงของข้อมูลจริงมากที่สุด จำนวน 5 ชุด คือชุดที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 รองลงมาคือ วิธีบูตสแตรป-ที วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป และวิธีบีซี บูตสแตรป ให้ผลการทดสอบถูกต้องตรงลักษณะการแจกแจงของข้อมูลจริงจำนวน 4 ชุดเหมือนกัน คือชุดที่ 2, 3, 4 และ 5

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป ให้ผลการทดสอบถูกต้องตรงลักษณะการแจกแจงของข้อมูลจริงมากที่สุด จำนวน 5 ชุดเท่ากัน คือชุดที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 รองลงมาคือ วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป ให้ผลการทดสอบถูกต้องตรงลักษณะการแจกแจงของข้อมูลจริงจำนวน 4 ชุด คือชุดที่ 2, 3, 4 และ5 วิธีบูตสแตรป-ที ให้ผลการทดสอบถูกต้องตรงลักษณะการแจกแจงของข้อมูลจริงจำนวน 3 ชุด คือ ชุดที่ 3, 4 และ 5 เมื่อจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 วิธีบีซีเอ บูตสแตรป ให้ผลการทดสอบถูกต้องตรงลักษณะการแจกแจงของข้อมูลจริงมากที่สุด จำนวน 5 ชุด คือชุดที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 รองลงมาคือ วิธีบูตสแตรป-ที และวิธีบีซี บูตสแตรป ให้ผลการทดสอบถูกต้องตรงลักษณะการแจกแจงของข้อมูลจริงจำนวน 4 ชุดเท่ากัน คือชุดที่ 2, 3, 4 และ 5 ในขณะที่วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป ให้ผลการทดสอบถูกต้องตรงลักษณะการแจกแจงของข้อมูลจริงจำนวน 4 ชุดเหมือนกัน แต่เป็นชุดที่ 1, 3, 4 และ 5

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 เมื่อจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000 วิธีบีซีเอ บูตสแตรป ให้ผลการทดสอบถูกต้องตรงลักษณะการแจกแจงของข้อมูลจริงมากที่สุด จำนวน 5 ชุด คือชุดที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 รองลงมาคือ วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป และวิธีบีซี บูตสแตรป ให้ผลการทดสอบถูกต้องตรงลักษณะการแจกแจงของข้อมูลจริงจำนวน 4 ชุด คือชุดที่ 2, 3, 4 และ 5 ส่วนวิธีบูตสแตรป-ที ให้ผลการทดสอบถูกต้องตรงลักษณะการแจกแจงของข้อมูลจริงจำนวน 2 ชุด คือ ชุดที่ 3 และ4 เมื่อจำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000 วิธีบีซีเอ บูตสแตรป ให้ผลการทดสอบถูกต้องตรงลักษณะการแจกแจงของข้อมูลจริงมากที่สุด จำนวน 5 ชุดเท่ากัน คือชุดที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 รองลงมาคือ วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป และวิธีบีซี บูตสแตรป ให้ผลการทดสอบถูกต้องตรงลักษณะการแจกแจงของข้อมูลจริงจำนวน 4 ชุด คือชุดที่ 2, 3, 4 และ 5 ส่วนวิธีบูตสแตรป-ที ให้ผลการทดสอบถูกต้องตรงลักษณะการแจกแจงของข้อมูลจริงจำนวน 3 ชุด คือชุดที่ 3, 4 และ 5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากผลการทดสอบข้างต้นสรุปได้ว่า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป ให้ผลการทดสอบถูกต้องตามลักษณะการแจกแจงของข้อมูลจริงมากที่สุด ในทุกระดับนัยสำคัญ รองลงมาคือ วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์บูตสแตรป และวิธีบีซี บูตสแตรป ในขณะที่ วิธีบูตสแตรป-ที ให้ผลการทดสอบถูกต้องตามลักษณะการแจกแจงของข้อมูลจริงน้อยที่สุด ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษานี้สอดคล้องกับผลที่ได้จากการจำลองแบบข้อมูล คือ วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีค่าอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์บูตสแตรป และวิธีบีซี บูตสแตรป ในขณะที่ วิธีบูตสแตรป-ที มีค่าอำนาจการทดสอบต่ำสุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# สรุปและข้อเสนอแนะ

## สรุป

ในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวิธีการทางนอนพาราเมตริก ในการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของสองประชากร คือ วิธีบูตสแตรป-ที วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์บูตสแตรป วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีบีซีเอ บูตสแตรป เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ การแจกแจงแบบที การแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล และการแจกแจงแบบเบต้า การศึกษาข้อมูลประกอบด้วย ขนาดตัวอย่าง 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1,000, 2,000 และ 5,000 โดยศึกษาความสามารถในการควบคุมความความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริกทั้ง 4 วิธี ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10 โดยจำลองข้อมูลในแต่ละลักษณะจำนวน 1,000 และ 2,000 ครั้ง สรุปผลได้ดังนี้

**1. ความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1**

1.1 จำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 1,000

ระดับนัยสำคัญของการทดสอบ 0.01

วิธีบูตสแตรป-ที สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ แต่ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบที และไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 20, 1,000, 2,000 และ 5,000 เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 1 และไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่างเมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบเบต้า

วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 และ 20 เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ แต่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบที และ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 0.5

วิธีบีซี บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ การแจกแจงแบบที การแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล และการแจกแจงแบบเบต้า

วิธีบีซีเอ บูตสแตรป ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 20, 50, 100 และ 5,000 เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบที แต่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่างเมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลและการแจกแจงแบบเบต้า

ระดับนัยสำคัญของการทดสอบ 0.05

วิธีบูตสแตรป-ที สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 20, 50, 100, 500, 1,000 และ 5,000 เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกขนาดตัวอย่าง เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลและเบต้า

วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ การแจกแจงแบบที การแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล และการแจกแจงแบบเบต้า

วิธีบีซี บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ การแจกแจงแบบที การแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล และการแจกแจงแบบเบต้า

วิธีบีซีเอ บูตสแตรป ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 20, 50, 100 และ 5,000 เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบที แต่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่างเมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล และการแจกแจงแบบเบต้า

ระดับนัยสำคัญของการทดสอบ 0.10

วิธีบูตสแตรป-ที สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 20, 50, 100, 500, 1,000, 2,000 และ 5,000 เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล และการแจกแจงแบบเบต้า

วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ การแจกแจงแบบที การแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล และการแจกแจงแบบเบต้า

วิธีบีซี บูตสแตรป ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 5,000 เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และ 1,000 เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 1 แต่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบเบต้า

วิธีบีซีเอ บูตสแตรป ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 20, 50, 100 และ 5,000 เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบที แต่เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล และการแจกแจงแบบเบต้า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง

1.2 จำนวนซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระดับนัยสำคัญของการทดสอบ 0.01

วิธีบูตสแตรป-ที สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 50, 100, 200, 1,000, 2,000 และ 5,000 เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล และการแจกแจงแบบเบต้า

วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ การแจกแจงแบบที และการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบเบต้า พารามิเตอร์เท่ากับ 2 และ 0.5

วิธีบีซี บูตสแตรป ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ แต่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบที การแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล และการแจกแจงแบบเบต้า

วิธีบีซีเอ บูตสแตรป ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 20, 50, 100, 200 และ 5,000 เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบที แต่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล และการแจกแจงแบบเบต้า

ระดับนัยสำคัญของการทดสอบ 0.05

วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ แต่ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบที การแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล และการแจกแจงแบบเบต้า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ การแจกแจงแบบที และการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล

วิธีบีซี บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ การแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล และการแจกแจงแบบเบต้า แต่ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบที

วิธีบีซีเอ บูตสแตรป ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 20, 50, 100, 200 และ 5,000 เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบที แต่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล และการแจกแจงแบบเบต้า

ระดับนัยสำคัญของการทดสอบ 0.10

วิธีบูตสแตรป-ที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบที การแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล และการแจกแจงแบบเบต้า

วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบที และการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่างเมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบเบต้า

วิธีบีซี บูตสแตรป ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 20 และ 500 เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบที ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 และ 20 เมื่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล พารามิเตอร์เท่ากับ 1 สำหรับการแจกแจงแบบเบต้า วิธีบีซี บูตสแตรป สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง

วิธีบีซีเอ บูตสแตรป ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 20, 50, 100, 200 และ 5,000 เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบที แต่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทุกขนาดตัวอย่าง เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล และการแจกแจงแบบเบต้า

**2. อำนาจการทดสอบ**

2.1 เมื่อพิจารณาตามลักษณะการแจกแจงของประชากรพบว่า

2.1.1 เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ พบว่า วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป มีค่าอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ วิธีบูตสแตรป-ที และวิธีบีซี บูตสแตรป ตามลำดับ

2.1.2 เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบที พบว่า วิธีบีซี บูตสแตรป มีค่าอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป

2.1.3 เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล และการแจกแจงแบบเบต้าพบว่า วิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีค่าอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ วิธีบีซี บูตสแตรป และวิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป ตามลำดับ

2.2 เมื่อพิจารณาที่ขนาดตัวอย่างพบว่า ค่าอำนาจการทดสอบมีค่าสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

2.3 เมื่อพิจารณาที่ระดับนัยสำคัญพบว่า ค่าอำนาจการทดสอบมีค่าสูงขึ้น เมื่อระดับนัยสำคัญเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.4 เมื่อพิจารณาจำนวนที่ใช้สุ่มตัวอย่างซ้ำพบว่า จำนวนครั้งที่ใช้สุ่มตัวอย่างซ้ำไม่มีผลต่อการ ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการทางนอนพาราเมตริก ในการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของสองประชากร โดยสอดคล้องกับ Efron (1987)

**3. ผลจากการศึกษาด้วยข้อมูลจริง**

3.1 วิธีบีซีเอ บูตสแตรป ให้ผลการทดสอบถูกต้องตามลักษณะการแจกแจงของข้อมูลจริงมากที่สุด ในทุกระดับนัยสำคัญ รองลงมาคือ วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป และวิธีบีซี บูตสแตรป ในขณะที่ วิธีบูตสแตรป-ที ให้ผลการทดสอบถูกต้องตามลักษณะการแจกแจงของข้อมูลจริงน้อยที่สุด

3.2 ผลที่ได้จากการศึกษาด้วยข้อมูลจริงสอดคล้องกับผลที่ได้จากการจำลองแบบข้อมูล คือวิธีบีซีเอ บูตสแตรป มีค่าอำนาจการทดสอบสูงสุด รองลงมาคือ วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป และวิธีบีซี บูตสแตรป ในขณะที่ วิธีบูตสแตรป-ที มีค่าอำนาจการทดสอบต่ำสุด

## ข้อเสนอแนะ

**1. ด้านการนำไปใช้ประโยชน์**

จากงานวิจัยนี้ พบว่า เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ ควรเลือกใช้ วิธีเปอร์เซ็นต์ไทล์ บูตสแตรป ซึ่งมีค่าอำนาจการทดสอบสูงสุด และมีความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ดีที่สุด

เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบที ควรเลือกใช้ วิธีบีซี บูตสแตรป ซึ่งมีค่าอำนาจการทดสอบสูงสุด และมีความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ดีที่สุด

เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล และการแจกแจงแบบเบต้า ควรเลือกใช้ วิธีบีซีเอ บูตสแตรป ซึ่งมีค่าอำนาจการทดสอบสูงสุดและมีความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ดีที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**2. ด้านการศึกษาและวิจัยต่อไป**

2.1 ศึกษาความสามารถในการทดสอบของวิธีการทางนอนพาราเมตริก โดยใช้การแจกแจงอื่นๆ ที่แตกต่างจากที่ผู้วิจัยได้ทำ เช่น การแจกแจงแบบลอกนอร์มอล การแจกแจงแบบไวบูลล์ เป็นต้น

2.2 ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการทางนอนพาราเมตริกสำหรับการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของประชากรตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไป หรือเพิ่มวิธีการทางนอนพาราเมตริกจากที่ศึกษาแล้ว เพื่อขยายขอบเขตการศึกษาให้กว้างขึ้น

2.3 เนื่องจากวิธีการทางนอนพาราเมตริกที่ศึกษามีค่าอำนาจการทดสอบสูง แต่ในปัจจุบันยังไม่มีโปรแกรมสำเร็จรูปที่ช่วยในการคำนวณค่าสถิติต่างๆ จากวิธีการเหล่านี้ ดังนั้นจึงควรมีการพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับวิธีการทางนอนพาราเมตริก เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# เอกสารและสิ่งอ้างอิง


จินตนา ศรีศันสนีย. 2541. **ผลกระทบต่อการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับความเป็นเอกภาพของความแปรปรวนและการแจกแจงแบบปกติ ในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ช่อทิพย์ ชิงบูรณะกิจ. 2545. **การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ค่าแบบช่วง ในตัวแบบถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ชิดชนก ชาญณรงค์. 2548. **การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ 4 วิธี.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไพฑูรย์ จันทร์รุ่งมณีกุล. 2546. **การประมาณความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยตัวอย่างด้วยวิธีบูตสแตรพแบบปรับให้เรียบ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

Beran, R.J. 1984. Jackknife Approximations to Bootstrap Estimates. **The Annals of Statistics**. 12: 101-118.

Bickel, P. J. and D.A. Freedman. 1981. Some Asymptotic Theory for the Bootstrap. **The Annals of Statistics.** 9: 1196-1217.

Cojbasic, V. and A. Tomovic. 2007. Nonparametric Confidence Intervals for Population Variance of One Sample and the Difference of Variances of Two Samples. **Computational Statistics & Data Analysis.** 51: 5562-5578.

Efron, B. 1979. Bootstrap Methods : Another Look at the Jackknife. **The Annals of Statistics.** 7: 1-26.


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Efron, B. 1981. Nonparametric Standard Errors and Confidence Intervals. **Canadian Journal of Statistics.** 9: 139-172.

_____. 1982. **The Jackknife, the Bootstrap and Other Resampling Plans.** Philadelphia : SIAM.

_____. 1987. Better Bootstrap Confidence Intervals. **Journal of the American Statistical Association.** 82: 171-188.

Efron, B. and R. Tibshirani. 1986. Bootstrap Methods for Standard Errors : Confidence Intervals and Other Measures of Statistical Accuracy. **Statistical Science.** 1: 54-77.

Efron, B. and R. Tibshirani. 1993. **An Introduction to the Bootstrap.** Chapman & Hall, New York.

Hall, P. 1992. **The Bootstrap and Edgeworth Expansion.** Springer - Verlag, New York.

Lam, J.P. and M.R. Veall. 2002. Bootstrap prediction intervals for single period regression forecasts. **International Journal of Forecasting**. 18: 125-130.

Quenonuille, M.H. 1956. Notes on Bias in Estimation**. Biometrika.** 43: 353-360.

Silverman, B. W. and G.A. Young. 1987. The Bootstrap : To Smooth or not to Smooth ?. **Biometrika.** 74: 469-479.

Tukey, J. W. 1958. Bias and confidence in not quite large samples (Abstract) . **Annals of Mathematical Statistics.** 29: 614.

Zhou, X. H. 2005. Nonparametric Confidence Intervals For the One and Two Sample Problems. **Biostatistics.** 6: 187-200.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ภาคผนวก ก**

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการวิจัย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%                A generator for Normal Distribution                %%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
x<-rnorm(n,mean,sd)
y<-rnorm(n,mean,sd)
a<-sample(x,n1,replace=TRUE)
b<-sample(y,n1,replace=TRUE)
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%                A generator for t Distribution                %%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
x<- rt (n, df)
y<- rt (n, df)
a<-sample(x,n1,replace=TRUE)
b<-sample(y,n1,replace=TRUE)
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%                A generator for Exponential Distribution                %%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
x<- rexp (n,rate)
y<- rexp (n,rate)
a<-sample(x,n1,replace=TRUE)
b<-sample(y,n1,replace=TRUE)
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%                A generator for Beta  Distribution                %%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
x<-beta(n,shape1,shape2)
y<- beta(n,shape1,shape2)
a<-sample(x,n1,replace=TRUE)
b<-sample(y,n1,replace=TRUE)
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%                     Bootstrap-t Method                     %%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
f=var(a)-var(b)
d<-c(a,b)
resamplinga.data<-matrix(c(sample(a,length(a)*B,replace=TRUE)),B,length(a))
resamplingb.data<-matrix(c(sample(b,length(b)*B,replace=TRUE)),B,length(b))
shatstar1<-apply(resamplinga.data,1,var)
shatstar2<-apply(resamplingb.data,1,var)
e<-c(shatstar1,shatstar2)
e1<-(shatstar1-shatstar2)
e2<-(e1-f)
sstar1<-(sum(shatstar1)/B)
sstar2<-(sum(shatstar2)/B)
k1=(shatstar1-sstar1)^2
k11=sqrt((sum(k1)/(B-1)))
k2=(shatstar2-sstar2)^2
k22=sqrt((sum(k2)/(B-1)))
se<-(k11+k22)
tb=(e1-f)/se
L=(B*(alpha/2))
U=(B*(1-(alpha/2)))
m<-sort(tb)
k1<-m[L]
k2<-m[U]
p=sqrt((var(a)+(var(b))/(n1)))
q1<-(f-(k1*p))
q2<-(f-(k2*p))
I=((sum(tb>=q1)+sum(tb<=q2))/B)
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%                    Percentile Bootstrap Method                    %%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
f1=var(x)-var(y)
d<-c(a,b)
resamplinga.data<-matrix(c(sample(a,length(a)*B,replace=TRUE)),B,length(a))
resamplingb.data<-matrix(c(sample(b,length(b)*B,replace=TRUE)),B,length(b))
shatstar1<-apply(resamplinga.data,1,var)
shatstar2<-apply(resamplingb.data,1,var)
e<-c(shatstar1,shatstar2)
e1<-(shatstar1-shatstar2)
er<-(f-f1)
er1<-(e1-f)
CI<-sort(er1)[c(alpha/2,1-alpha/2)*(B)]
CI[1]
CI[2]
Pctile.CI<-c(f2-CI[1],f2-CI[2])
Pctile.CI[1]
Pctile.CI[2]
I=(((sum(e1>=Pctile.CI[1]))+(sum(e1<=Pctile.CI[2])))/B)
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%                        BC Bootstrap Method                          %%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
resamplinga.data<-matrix(c(sample(a,length(a)*B,replace=TRUE)),B,length(a))
resamplingb.data<-matrix(c(sample(b,length(b)*B,replace=TRUE)),B,length(b))
shatstar1<-apply(resamplinga.data,1,var)
shatstar2<-apply(resamplingb.data,1,var)
e<-c(shatstar1,shatstar2)
e1<-(shatstar1-shatstar2)
p<-(sum(e1<f))/B
zo<-qnorm(p)
k1<-qnorm(alpha/2)
alpha1<-pnorm((2*zo+k1))
k2<-qnorm(1-alpha/2)
alpha2<-pnorm((2*zo+k2))
er2<-(f-e1)
l=sort(er2)
m1<-alpha1*B
m2<-alpha2*B
k11<-ceiling(m1)
k12<-ceiling(m2)
lo<-l[k11]
Up<-l[k12]
Lbc<-(f+lo)
Ubc<-(f+Up)
I=((sum(e1<=Lbc)+sum(e1>=Ubc))/B)
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%                    BCa Bootstrap Method                    %%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
f=var(a)-var(b)
d<-c(a,b)
resamplinga.data<-matrix(c(sample(a,length(a)*B,replace=TRUE)),B,length(a))
resamplingb.data<-matrix(c(sample(b,length(b)*B,replace=TRUE)),B,length(b))
shatstar1<-apply(resamplinga.data,1,var)
shatstar2<-apply(resamplingb.data,1,var)
e<-c(shatstar1,shatstar2)
e1<-(shatstar1-shatstar2)
# the bias correction factor
z0<-qnorm(sum(e1<f)/B)
# the acceleration factor (jackknife est.)
th.jack <- numeric(n1)
for (i in 1:B) {
th.jack[i]<-var(a[-i])-var(b[-i])
}
L<-mean(th.jack)-th.jack
a1<-sum(L^3)/(6*sum(L^2)^1.5)
# BCa conf. limits
alpha1<-pnorm(z0+(z0+qnorm(alpha/2))/(1-a1*(z0+qnorm(alpha/2))))
alpha2<-pnorm(z0+(z0+qnorm(1-alpha/2))/(1-a1*(z0+qnorm(1-alpha/2))))
l=sort(e1)
m1<-alpha1*B
m2<-alpha2*B
k11<-ceiling(m1)
k12<-ceiling(m2)
lo<-l[k11]
Up<-l[k12]
Lbc<-(f+lo)
```

```
Ubc<-(f+Up)
I=((sum(e1<=Lbc)+sum(e1>=Ubc))/B)
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ภาคผนวก ข**

ข้อมูลจริงที่ทำการศึกษา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ ข1** คะแนนสอบกลางภาควิชาฟิสิกส์ ปี พ.ศ. 2544

(หน่วย : คะแนน)

| คะแนนสอบกลางภาควิชาฟิสิกส์ | | | |
|---|---|---|---|
| วิศวฯเครื่องกล | | วิศวฯทั่วไป | |
| 26.5 | 11.0 | 7.0 | 20.0 |
| 22.0 | 43.5 | 24.0 | 20.0 |
| 26.0 | 14.0 | 42.0 | 29.5 |
| 29.5 | 10.0 | 24.0 | 26.0 |
| 35.0 | 9.0 | 20.0 | 20.0 |
| 36.5 | 21.0 | 38.0 | 40.5 |
| 60.5 | 57.5 | 33.0 | 22.0 |
| 39.0 | 37.5 | 23.0 | 34.0 |
| 37.5 | 34.5 | 46.5 | 12.0 |
| 10.0 | 26.0 | 45.0 | 16.0 |
| 24.5 | 12.5 | 32.0 | 8.0 |
| 26.5 | 27.0 | 20.0 | 30.5 |
| 25.0 | 29.0 | 22.0 | 25.0 |
| | | 47.0 | 17.0 |
| | | 26.5 | 24.0 |
| | | 28.5 | 32.5 |
| | | 24.0 | 16.0 |

**ที่มา**: ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล (2544)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ ข2** ข้อมูลปริมาณน้ำฝนในเขตภาคเหนือตอนล่าง ประจำเดือน มิถุนายน พ.ศ. 2552

(หน่วย : มิลลิเมตร)

| ปริมาณน้ำฝนที่วัดได้ | |
|---|---|
| **สำนักงานชลประทานนครสวรรค์** | **ศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคเหนือตอนล่าง** |
| 297.1 | 124.8 |
| 204.7 | 508.0 |
| 230.7 | 223.7 |
| 169.4 | 289.9 |
| 154.8 | 222.3 |
| 56.3 | 175.1 |
| 97.0 | 2.0 |
| 161.7 | 0.0 |
| 122.5 | 324.4 |
| 115.0 | 296.7 |
| 145.2 | 252.3 |
| 179.7 | 0.0 |
| 195.4 | |
| 285.3 | |
| 259.0 | |

**ที่มา**: ศูนย์ประสานและติดตามสถานการณ์น้ำ สำนักชลประทานที่ 3 กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2552)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ ข3** สถิติคดีอุบัติเหตุจราจรทางบกทั่วราชอาณาจักร กรณีขับรถเร็วเกินอัตราที่กำหนด ตั้งแต่ เดือนมกราคม-กันยายน ปี 2551

(หน่วย : จำนวนครั้ง)

| สาเหตุการเกิดอุบัติเหตุ | |
|---|---|
| **ขับรถเร็วเกินอัตราที่กำหนด** | **อุปกรณ์ชำรุด** |
| 1435 | 69 |
| 1388 | 76 |
| 1128 | 173 |
| 1292 | 46 |
| 1205 | 41 |
| 987 | 43 |
| 1113 | 111 |
| 1058 | 25 |
| 1012 | 107 |

**ที่มา**: กองบัญชาการตำรวจนครบาล สำนักงานตำรวจแห่งชาติ (2552)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ ข4** อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศ จำแนกตามเดือน ปี พ.ศ. 2541-2545

(หน่วย : องศาเซลเซียส)

| อุณหภูมิเฉลี่ย | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ | | | ภาคเหนือ | | | |
| 26.0 | 26.4 | 27.6 | 28.3 | 28.6 | 24.4 | 26.4 |
| 26.2 | 26.8 | 27.0 | 27.0 | 26.5 | 26.1 | 25.4 |
| 26.4 | 27.0 | 27.2 | 27.7 | 25.0 | 26.2 | 28.4 |
| 26.8 | 26.4 | 27.2 | 27.8 | 26.9 | 27.2 | 27.2 |
| 25.7 | 26.5 | 27.4 | 28.1 | 27.2 | 25.4 | 27.6 |
| 26.5 | 26.7 | 27.8 | 26.0 | 26.1 | 24.4 | 27.7 |
| 27.2 | 27.1 | | 26.4 | 27.6 | 26.0 | 28.1 |
| 27.2 | 26.0 | | 26.6 | 26.7 | 26.0 | 26.1 |
| 27.0 | 26.7 | | 27.6 | 27.1 | 25.1 | 26.5 |
| 27.0 | 27.3 | | 25.5 | 27.2 | 28.3 | 26.5 |
| 27.3 | 27.0 | | 24.5 | 27.4 | 27.3 | 27.7 |
| 278 | 27.1 | | 25.7 | 25.9 | 27.5 | 25.6 |
| 25.9 | 37.0 | | 25.2 | 26.1 | 27.5 | 24.4 |
| 26.0 | 27.4 | | 29.1 | 26.2 | 279 | 25.9 |
| 26.2 | 27.7 | | 28.0 | 27.2 | 26.0 | 26.4 |
| 26.5 | 26.4 | | 28.3 | 25.4 | 26.4 | 25.1 |
| 25.4 | 26.4 | | 28.8 | 24.4 | 26.5 | |
| 26.3 | 26.7 | | 28.7 | 26.1 | 27.5 | |
| 26.7 | 27.0 | | 26.7 | 26.2 | 25.7 | |
| 26.5 | 26.0 | | 27.1 | 27.2 | 24.7 | |
| 26.6 | 26.8 | | 27.5 | 25.4 | 26.0 | |

**ที่มา**: กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (2545)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ ข5** ราคาน้ำมันดิบในประเทศระหว่าง ปี ค.ศ. 1996-1997

(หน่วย : บาท / ลิตร)

| ราคาน้ำมันดิบ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ปี ค.ศ. 1996 | | | | ปี ค.ศ. 1997 | | |
| 8.9 | 9.03 | 9.34 | 9.50 | 9.65 | 9.53 | 11.47 |
| 8.9 | 9.18 | 9.24 | 9.58 | 9.65 | 9.48 | 11.67 |
| 8.8 | 9.28 | 9.24 | 9.58 | 9.65 | 9.43 | 12.88 |
| 8.75 | 9.43 | 9.16 | 9.58 | 9.60 | 9.43 | 11.67 |
| 8.7 | 9.43 | 9.16 | 9.58 | 9.75 | 9.43 | 11.92 |
| 8.68 | 9.58 | 9.06 | 9.58 | 9.85 | 9.62 | 12.17 |
| 8.68 | 9.68 | 9.06 | 9.65 | 9.95 | 9.76 | 12.17 |
| 8.65 | 9.63 | 9.21 | | 9.95 | 9.91 | 12.37 |
| 8.65 | 9.63 | 9.11 | | 9.95 | 10.00 | 12.22 |
| 8.65 | 9.73 | 9.11 | | 9.83 | 10.31 | 12.42 |
| 8.65 | 9.71 | 9.21 | | 9.73 | 10.60 | 12.52 |
| 8.65 | 9.71 | 9.26 | | 9.46 | 10.75 | |
| 8.75 | 9.61 | 9.31 | | 9.43 | 10.95 | |
| 8.88 | 9.46 | 9.41 | | 9.58 | 11.25 | |
| 8.88 | 9.44 | 9.51 | | 9.53 | 11.22 | |

**ที่มา**: บริษัท เอสโซ่ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) (2552)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# ประวัติการศึกษา และการทำงาน

| | |
|---|---|
| **ชื่อ –นามสกุล** | นางสาวธนพนัง ราโชกาญจน์ |
| **วัน เดือน ปี ที่เกิด** | 1 เมษายน 2528 |
| **สถานที่เกิด** | อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ |
| **ประวัติการศึกษา** | ระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์ วิชาเอกสถิติ มหาวิทยาลัยนเรศวร |
| **ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน** | - |
| **สถานที่ทำงานปัจจุบัน** | - |
| **ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ** | - |
| **ทุนการศึกษาที่ได้รับ** | - |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์