การประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนของแผนแบบการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ด้วยวิธีบูตสแตรป

นายบำรุงศักดิ์ เผื่อนอารีย์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถิติศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถิติ ภาควิชาสถิติ
คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2550
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

AN ESTIMATION OF VARIANCE COMPONENTS FOR RANDOMIZED COMPLETE BLOCK DESIGN BY BOOTSTRAP METHOD

Mr.Bumrungsak Phuenaree

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Statistics
Department of Statistics
Faculty of Commerce and Accountancy
Chulalongkorn University
Academic Year 2007

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนของแผนแบบการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ด้วยวิธีบูตสแตรป
โดย	นายบำรุงศักดิ์ เผื่อนอารีย์
สาขาวิชา	สถิติ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.กัลยา วานิชย์บัญชา

คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี

(รองศาสตราจารย์ ดร.อรรณพ ตันละมัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร.อรุณี กำลัง)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.กัลยา วานิชย์บัญชา)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ผกาวดี ศิริรังษี)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บำรุงศักดิ์ เผื่อนอารีย์ : การประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนของแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ด้วยวิธีบูตสแตรป.(AN ESTIMATION OF VARIANCE COMPONENTS FOR RANDOMIZED COMPLETE BLOCK DESIGN BY BOOTSTRAP METHOD) อ.ที่ปรึกษา : รศ. ดร. กัลยา วานิชย์บัญชา, 219 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนระหว่างวิธีแบบคลาสสิกกับวิธีบูตสแตรปในแผนแบบการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ 2 กรณีคือ กรณีที่1) ปัจจัยทดลองไม่มีผลกระทบร่วมกับปัจจัยแบ่งบล็อกและ กรณีที่2) ปัจจัยทดลองมีผลกระทบร่วมกับปัจจัยแบ่งบล็อกที่ใช้ปัจจัยแบบสุ่ม ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติแบบดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล ที่ค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันเท่ากับ 10% 30% 50% 100% และแบบปกติปลอมปนที่มีค่าสเกลแฟกเตอร์เท่ากับ 5,10 เปอร์เซนต์การปลอมปนเท่ากับ 5% 10% 25% 50% พารามิเตอร์ที่กำหนดความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 100 ($\sigma^2 = 100$) ศึกษาภายใต้สถานการณ์ทดลองต่างๆ ดังนี้ 1)$a=3,b=3$ 2)$a=3,b=4$ 3)$a=3,b=5$ 4)$a=4,b=4$ 5)$a=4,b=5$ 6)$a=5,b=5$ โดยที่ n = 3,5,7 (a เป็นระดับของปัจจัยทดลอง b เป็นระดับของปัจจัยแบ่งบล็อก n เป็นขนาดหน่วยทดลองที่ใช้ในแต่ละวิธีการทดลองผสม) ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการจำลองข้อมูลด้วยเทคนิคมอนติคาร์โลด้วยโปรแกรม R 2.4.0 ส่วนเกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบคือค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ย ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

สำหรับกรณีที่ 1 เมื่อความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับความแปรปรวนของปัจจัยอื่น ๆ สำหรับทุกการแจกแจง วิธีบูตสแตรปจะมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีคลาสสิก รวมถึงเมื่อความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่ามากกว่าความแปรปรวนของปัจจัยอื่น ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปน ระดับปัจจัยทดลองมากกว่า 3 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 7 วิธีบูตสแตรปจะมีประสิทธิภาพดีกว่า

สำหรับกรณีที่ 2 เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติและดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล วิธีบูตสแตรปจะมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีคลาสสิกในกรณีที่ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับความแปรปรวนของปัจจัยอื่น และระดับปัจจัยทดลองน้อยกว่า 5 ส่วนกรณีที่ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนวิธีบูตสแตรปจะมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีคลาสสิกในกรณีที่ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับความแปรปรวนของปัจจัยอื่น ๆ และสเกลแฟคเตอร์มีค่าสูง

วิธีบูตสแตรปจะมีประสิทธิภาพสูงขึ้นเมื่อขนาดหน่วยทดลองเพิ่มขึ้นหรือเมื่อสเกลแฟคเตอร์มีค่าเพิ่มขึ้นสำหรับความคลาดเคลื่อนที่มีการแจกแจงปกติปลอมปน

ภาควิชา สถิติ
สาขาวิชา สถิติ
ปีการศึกษา 2550

ลายมือชื่อนิสิต บำรุงศักดิ์ เผื่อนอารีย์
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

4882207026 : MAJORS STATISTICS

KEY WORD: Variance Components / Bootstrap Method / Randomized Complete Block Design/ Random-Effect

BUMRUNGSAK PHUENAREE : AN ESTIMATION OF VARIANCE COMPONENTS FOR RANDOMIZED COMPLETE BLOCK DESIGN BY BOOTSTRAP METHOD. THESIS ADVISOR :ASSOCIATE PROFESSOR KANLAYA VANICHBUNCHA,Ph.D., 219 pp.

The objective of this thesis is to study and compare the efficiency of estimating method for variance components in the randomized complete block design,First case,RCBD without interaction between blocking factor and treatment factor. Second case, RCBD with interaction between blocking factor and treatment factor.The estimating method used in this thesis are classical and bootstrap.The distribution of error are normal and double exponential,The coefficient of variation (CV%) is specified at 10% 30% 50% and 100%.When the distribution of error is scale contaminated normal,The scale factor is specified at 5 and 10.The percentage of contamination is specified at 5,10,25 and 50 and the variance of error is specified at 100. The data was generated through the Monte Carlo simulation technique by R.2.4.0. In this study,the data were generates as the following $1)a=3,b=3$ $2)a=3,b=4$ $3)a=3,b=5$ $4)a=4,b=4$ $5)a=4,b=5$ $6)a=5,b=5$ When n = 3,5,7 respectively. (a is the level of treatment factor , b is level of blocking factor , n is the replications) The criteria used in comparising the estimation method is the average of Euclidian distance.The results of this thesis are as followed:

For the First case, when the variance of error is less than or equal to the other factors. The Bootstrap method gives higher efficiency than the Classical method for all distribution of error. when the variance of error is more than to the other factors and the level of treatment factor is more than 3 and the replications is equal to 7. The Bootstrap method gives higher efficiency than the Classical method for the distribution of error is scale contaminated normal.

For the Second case, The distribution of error is either normal or double exponential:The Bootstrap method gives higher efficiency than the Classical method in the case that the variance of error is less than or equal to the other factors and the number of treatment factor is less than 5. the distribution of error is scale contaminated normal: The Bootstrap method gives higher efficiency than the Classical method in the case that the variance of error is less than or equal to the other factors and when the scale factor is high.

The Bootstrap method gives high efficiency when the replications is increasing or the scale factor is increasing for the distribution of error is scale contaminated normal.

Department : Statistics Student's signature Bumrungsak P.

Field of study: Statistics Advisor's signature Kanlaya Vanichbuncha

Academic year : 2007

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก รองศาสตราจารย์ ดร.กัลยา วานิชย์บัญชา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำปรึกษาตลอดจนช่วยเหลือตรวจสอบ แก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนกระทั่งวิทยานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์ และ อาจารย์ ดร.วนิดา พงษ์ศักดิ์ชาติ ภาควิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ให้ความรู้และช่วยแนะนำวิธีการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา R ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณด้วยความรู้สึกซาบซึ้งเคารพและสำนึกในพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.อรุณี กำลัง และ รองศาสตราจารย์ ผกาวดี ศิริรังษี ประธานกรรมการและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น นอกจากนี้ขอขอบคุณ คุณกุลกานต์ ประเสริฐกิจวัฒนา ที่ให้ความช่วยเหลือในการประมวลผลโปรแกรมในการทำวิจัยครั้งนี้ด้วย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้การส่งเสริม สนับสนุนด้านทุนการศึกษา รวมทั้งให้ความรักและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอดจนสำเร็จการศึกษา คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยขอมอบแด่ บิดา มารดาและผู้มีพระคุณทุกท่าน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญ..... ช
สารบัญตาราง..... ฌ
บทที่
1 บทนำ..... 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 2
1.3 สมมติฐานของการวิจัย..... 2
1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น..... 2
1.5 ขอบเขตของการวิจัย..... 4
1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย..... 6
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 7
2 ระเบียบวิธีการวิจัย..... 8
2.1 ตัวแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ปัจจัยเชิงสุ่ม..... 8
2.2 ลักษณะการแจกแจงที่ศึกษา..... 10
2.3 การประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนวิธีคลาสสิก..... 11
2.4 การประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนวิธีบูตสแตรป..... 14
2.5 เกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบวิธีการประมาณ..... 16
3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 18
3.1 แผนการดำเนินการวิจัย..... 18
3.2 เทคนิคมอนติคาร์โล..... 19
3.3 การสร้างการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนตามที่กำหนด..... 19
3.4 คำนวณหาค่าประมาณองค์ประกอบความแปรปรวน..... 21
3.5 คำนวณหาระยะทางยุคลิดเฉลี่ย..... 22
3.6 ขั้นตอนการดำเนินงานของโปรแกรม..... 24

บทที่ หน้า

4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 26
4.1 กรณีที่ 1 ปัจจัยแบ่งบล็อกไม่มีผลกระทบร่วมกับปัจจัยทดลอง..... 27
4.2 กรณีที่ 2 ปัจจัยแบ่งบล็อกมีผลกระทบร่วมกับปัจจัยทดลอง..... 106
5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 185
5.1 สรุปผลการวิจัย..... 186
5.2 ข้อเสนอแนะ..... 188
รายการอ้างอิง..... 189
ภาคผนวก..... 190
ภาคผนวก ก..... 191
ภาคผนวก ข..... 203
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 219

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแผนแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์เมื่อปัจจัยแบ่งบล็อกไม่มีผลกระทบร่วมกับปัจจัยทดลอง……..	9
2.2	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแผนแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์เมื่อปัจจัยแบ่งบล็อกมีผลกระทบร่วมกับปัจจัยทดลอง……..	10
4.1	แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ……...	27
4.2	แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ……...	28
4.3	แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ……...	29
4.4	แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ……...	30
4.5	แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ……...	31

ตาราง หน้า

4.6 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ..... 32

4.7 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ..... 33

4.8 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ..... 34

4.9 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ..... 35

4.10 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ..... 36

4.11 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ..... 37

4.12 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ..... 38

ตาราง หน้า

4.13 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ..... 39

4.14 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ..... 40

4.15 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ..... 41

4.16 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ..... 42

4.17 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ..... 43

4.18 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ..... 44

4.19 แสดงสรุปวิธีการประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนที่ให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่า (กรณีที่ 1) เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ..... 45

ตาราง หน้า

4.20 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล..... 47

4.21 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล..... 48

4.22 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล..... 49

4.23 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล..... 50

4.24 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล..... 51

4.25 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล..... 52

4.26 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล..... 53

ตาราง หน้า

4.27 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล..... 54

4.28 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล..... 55

4.29 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล..... 56

4.30 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล..... 57

4.31 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล..... 58

4.32 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล..... 59

4.33 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล..... 60

ตาราง หน้า

4.34 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล..... 61

4.35 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล..... 62

4.36 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล..... 63

4.37 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล..... 64

4.38 แสดงวิธีการประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนที่ให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่า (กรณีที่ 1) เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล.. 65

4.39 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5..... 67

4.40 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10..... 68

ตาราง หน้า

4.41 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5..... 69

4.42 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10..... 70

4.43 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5..... 71

4.44 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10..... 72

4.45 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5..... 73

4.46 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10..... 74

4.47 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5..... 75

ตาราง หน้า

4.48 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10..... 76

4.49 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5..... 77

4.50 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10..... 78

4.51 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5..... 79

4.52 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10..... 80

4.53 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5..... 81

4.54 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10..... 82

ตาราง หน้า

4.55 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5..... 83

4.56 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10..... 84

4.57 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5..... 85

4.58 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10..... 86

4.59 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5..... 87

4.60 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10..... 88

4.61 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5..... 89

ตาราง หน้า

4.62 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10..... 90

4.63 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5..... 91

4.64 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10..... 92

4.65 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5..... 93

4.66 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10..... 94

4.67 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5..... 95

4.68 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10..... 96

ตาราง หน้า

4.69 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5..... 97

4.70 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10..... 98

4.71 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5..... 99

4.72 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10..... 100

4.73 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5..... 101

4.74 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10..... 102

4.75 แสดงวิธีการประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนที่ให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่า (กรณีที่ 1) เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนและค่าสเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5 103

ตาราง หน้า

4.76 แสดงวิธีการประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนที่ให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่า (กรณีที่ 1) เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนและค่าสเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10 104

4.77 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ..... 106

4.78 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ..... 107

4.79 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ..... 108

4.80 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ..... 109

4.81 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ..... 110

4.82 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ..... 111

ตาราง หน้า

4.83 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ..... 112

4.84 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ..... 113

4.85 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ..... 114

4.86 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ..... 115

4.87 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ..... 116

4.88 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ..... 117

4.89 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ..... 118

ตาราง หน้า

4.90 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ..... 119

4.91 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ..... 120

4.92 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ..... 121

4.93 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ..... 122

4.94 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ..... 123

4.95 แสดงวิธีการประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนที่ให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่า (กรณีที่ 2) เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ..... 124

4.96 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล..... 126

ตาราง หน้า

4.97 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล..... 127

4.98 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล..... 128

4.99 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล..... 129

4.100 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล..... 130

4.101 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล..... 131

4.102 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล..... 132

4.103 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล..... 133

ตาราง หน้า

4.104 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล..... 134
4.105 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล..... 135
4.106 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล..... 136
4.107 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล..... 137
4.108 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล..... 138
4.109 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล..... 139
4.110 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล..... 140

ตาราง หน้า

4.111 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล..... 141

4.112 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล..... 142

4.113 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่าง ๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล..... 143

4.114 แสดงวิธีการประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนที่ให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่า (กรณีที่ 2) เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล.. 144

4.115 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5..... 146

4.116 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10..... 147

4.117 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5..... 148

ตาราง หน้า

4.118 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10..... 149

4.119 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5..... 150

4.120 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10..... 151

4.121 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5..... 152

4.122 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10..... 153

4.123 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5..... 154

4.124 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10..... 155

ตาราง หน้า

4.125 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5..... 156

4.126 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10..... 157

4.127 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5..... 158

4.128 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10..... 159

4.129 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5..... 160

4.130 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10..... 161

4.131 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5..... 162

ตาราง หน้า

4.132 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10..... 163

4.133 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5..... 164

4.134 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10..... 165

4.135 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5..... 166

4.136 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10..... 167

4.137 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5..... 168

4.138 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10..... 169

ตาราง หน้า

4.139 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5..... 170

4.140 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10..... 171

4.141 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5..... 172

4.142 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10..... 173

4.143 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5..... 174

4.144 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10..... 175

4.145 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5..... 176

ตาราง หน้า

4.146 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10..... 177

4.147 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5..... 178

4.148 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10..... 179

4.149 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5..... 180

4.150 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10..... 181

4.151 แสดงวิธีการประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนที่ให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่า (กรณีที่ 2) เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนและค่าสเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5..... 182

4.152 แสดงวิธีการประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนที่ให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่า (กรณีที่ 2) เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนและค่าสเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10..... 183

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การศึกษาตัวแบบในลักษณะของแผนแบบการทดลอง (Experimental Design) จะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) เป็นวิธีการทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งสิ่งที่น่าสนใจประการหนึ่งในการวิเคราะห์ความแปรปรวน คือ ลักษณะของปัจจัย (Factor) ที่ใช้ในตัวแบบ โดยถ้าปัจจัยที่ศึกษามีอิทธิพลแบบกำหนด (Fixed effect) คือปัจจัยแต่ละระดับถูกเลือกมาอย่างเฉพาะเจาะจงตามที่ผู้วิจัยสนใจ ทำให้ผลการวิจัยที่ได้จะสรุปอ้างอิงได้เฉพาะระดับที่ถูกเลือกมาเท่านั้น แต่ถ้าปัจจัยมีอิทธิพลแบบสุ่ม (Random effect) คือระดับของปัจจัยได้มาจากการสุ่ม ผลการวิจัยที่ได้จะสามารถสรุปอ้างอิงถึงประชากรที่ทำการสุ่มระดับต่าง ๆ ของปัจจัยมาทดลองได้ โดยมีพารามิเตอร์ที่สำคัญคือ ความแปรปรวนของปัจจัยต่าง ๆ ที่นำมาทดลองหรือค่าองค์ประกอบความแปรปรวน (Variance component) ในการศึกษาครั้งนี้กล่าวถึงตัวแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์โดยแบ่งเป็น 2 กรณี คือแผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์เมื่อปัจจัยแบ่งบล็อกไม่มีผลกระทบร่วมกับปัจจัยทดลองและแผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์เมื่อปัจจัยแบ่งบล็อกมีผลกระทบร่วมกับปัจจัยทดลองโดยปัจจัยทดลองและปัจจัยแบ่งบล็อกกำหนดให้เป็นตัวแบบเชิงสุ่ม

โดยปกติการคำนวณองค์ประกอบความแปรปรวนนิยมใช้วิธีคลาสสิก (Classical Method) ซึ่งจะเป็นวิธีที่เหมาะสมเมื่อความคลาดเคลื่อนเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น กล่าวคือความคลาดเคลื่อนต้องมีการแจกแจงปกติ ถ้าข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นนี้จะมีผลให้ค่าผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (Sum Square Error) ของข้อมูลมีค่าผิดไป ซึ่งจะทำให้การประมาณค่าความแปรปรวนมีความแม่นยำลดลงได้ในกรณีดังกล่าวการประมาณด้วยวิธีคลาสสิกอาจไม่เหมาะสม จึงได้มีการทดลองนำหลักการของบูตสแตรปมาใช้ในการประมาณค่าเพื่อแก้ปัญหาเหล่านี้

วิธีแบบบูตสแตรป (Bootstrap Method) เป็นวิธีทางนอนพาราเมตริก ซึ่งเป็นวิธีการสุ่มตัวอย่างซ้ำแบบใส่คืน (Resampling with Replacement) โดยใช้ประโยชน์ของการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่ออนุมานเชิงสถิติเกี่ยวกับประชากรที่สนใจ ในกรณีที่ไม่ทราบการแจกแจงของความคลาดเคลื่อน ในปี ค.ศ. 1979 แบรดเลย์ เอฟรอน (Bradley Efron) ได้เสนอวิธีการนี้เป็นคนแรก ซึ่งวิธีนี้มีแนวความคิดมาจาก วิธีแจกไนฟ (Jackknife) ของเควโนอีล (Queneuille) และตูกี้ (Tukey)

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยสนใจศึกษาและเปรียบเทียบการประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนสำหรับตัวแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ 2 วิธีคือ วิธีแบบคลาสสิก และวิธีบูตสแตรป เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ แบบปกติปลอมปน และแบบดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนสำหรับตัวแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ 2 วิธีคือ

1. วิธีคลาสสิก (Classical Method)
2. วิธีบูตสแตรป (Bootstrap Method)

เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจกแจงแบบปกติ แบบปกติปลอมปน และแบบดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติการประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนด้วยวิธีคลาสสิกมีค่าใกล้เคียงกับพารามิเตอร์มากกว่าวิธีบูตสแตรป แต่เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปน และแบบดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล การประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนด้วยวิธีบูตสแตรปมีค่าใกล้เคียงกับพารามิเตอร์มากกว่าวิธีคลาสสิก

1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น

ศึกษาภายใต้ตัวแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์โดยแบ่งเป็น 2 กรณีคือ

1.4.1 กรณีที่ 1 แผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์เมื่อปัจจัยแบ่งบล็อกไม่มีผลกระทบร่วมกับปัจจัยทดลอง สมมติว่าปัจจัยที่ศึกษามี 1 ปัจจัยคือปัจจัยทดลองมี a ระดับ โดยมีปัจจัยแบ่งบล็อก b ระดับ จะได้ตัวแบบสำหรับ Y_{ijk} ซึ่งคือค่าสังเกตของปัจจัยทดลองที่ i และปัจจัยแบ่งบล็อกที่ j ดังนี้

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ijk} \qquad ; \qquad i = 1,...,a;\ j = 1,...,b;k = 1,...,n$$

ซึ่งค่าสังเกต Y_{ijk} ประกอบด้วยส่วนประกอบ 4 ส่วนคือ

1. μ คือ ค่าเฉลี่ยรวมของประชากร
2. τ_i คือ ผลกระทบจากระดับปัจจัยทดลองที่ i
3. β_j คือ ผลกระทบจากระดับปัจจัยแบ่งบล็อกที่ j
4. ε_{ijk} คือ ความคลาดเคลื่อนของค่าสังเกตที่ k ของระดับปัจจัยทดลอง i และระดับปัจจัยแบ่งบล็อกที่ j

สมมติให้ μ เป็นพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่า และ τ_i, β_j เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติและเป็นอิสระกันดังนี้ $\tau_i \sim NID(0, \sigma_\tau^2)$, $\beta_j \sim NID(0, \sigma_\beta^2)$ และ ε_{ijk} เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงซึ่งไม่ทราบรูปแบบของการแจกแจง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ σ_ε^2 และจะได้ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของข้อมูล Y_{ijk} คือ $E(Y_{ijk}) = \mu$ และ $V(Y_{ijk}) = \sigma_\tau^2 + \sigma_\beta^2 + \sigma_\varepsilon^2$ ตามลำดับ

1.4.2 กรณีที่ 2 แผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์เมื่อปัจจัยแบ่งบล็อกมีผลกระทบร่วมกับปัจจัยทดลอง สมมติว่าปัจจัยที่ศึกษามี 1 ปัจจัยคือปัจจัยทดลองมี a ระดับ โดยมีปัจจัยแบ่งบล็อก b ระดับ จะได้ตัวแบบสำหรับ Y_{ijk} ซึ่งคือค่าสังเกตที่ k ของปัจจัยทดลองที่ i และปัจจัยแบ่งบล็อกที่ j ดังนี้

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad ; \quad i = 1,...,a; j = 1,...,b; k = 1,...,n$$

ซึ่งค่าสังเกต Y_{ijk} ประกอบด้วยส่วนประกอบ 5 ส่วนคือ

1. μ คือ ค่าเฉลี่ยรวมของประชากร
2. τ_i คือ ผลกระทบจากระดับปัจจัยทดลองที่ i
3. β_j คือ ผลกระทบจากระดับปัจจัยแบ่งบล็อกที่ j
4. $(\tau\beta)_{ij}$ คือ ผลกระทบร่วมจากระดับปัจจัยทดลอง i และระดับปัจจัยแบ่งบล็อก j
5. ε_{ijk} คือ ความคลาดเคลื่อนของค่าสังเกตที่ k ของระดับปัจจัยทดลอง i และ ระดับปัจจัยแบ่งบล็อกที่ j

สมมติให้ μ เป็นพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่า และ $\tau_i, \beta_j, (\tau\beta)_{ij}$ เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติและเป็นอิสระกันดังนี้ $\tau_i \sim NID(0, \sigma_\tau^2)$, $\beta_j \sim NID(0, \sigma_\beta^2)$, $(\tau\beta)_{ij} \sim NID(0, \sigma_{\tau\beta}^2)$ และ ε_{ijk} เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงซึ่งไม่ทราบรูปแบบของการแจกแจงโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ σ_ε^2 และจะได้ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของข้อมูล Y_{ijk} คือ $E(Y_{ijk}) = \mu$ และ $V(Y_{ijk}) = \sigma_\tau^2 + \sigma_\beta^2 + \sigma_{\tau\beta}^2 + \sigma_\varepsilon^2$ ตามลำดับ

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 กำหนดระดับของปัจจัยคือ ปัจจัยทดลอง a ปัจจัย และ ปัจจัยแบ่งบล็อก b ปัจจัย และขนาดหน่วยทดลองที่ใช้ n เป็น (a , b , n) มีค่าดังตารางข้างล่าง

(3 , 3 , 3)	(3 , 4 , 3)	(3 , 5 , 3)	(4 , 4 , 3)	(4 , 5 , 3)	(5 , 5 , 3)
(3 , 3 , 5)	(3 , 4 , 5)	(3 , 5 , 5)	(4 , 4 , 5)	(4 , 5 , 5)	(5 , 5 , 5)
(3 , 3 , 7)	(3 , 4 , 7)	(3 , 5 , 7)	(4 , 4 , 7)	(4 , 5 , 7)	(5 , 5 , 7)

1.5.2 ลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนที่ศึกษามีดังนี้

1.5.2.1 การแจกแจงปกติ (Normal Distribution)

ฟังก์ชันการแจกแจงคือ

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2\sigma^2}(x-\mu)^2}, -\infty < x < \infty$$

ค่าคาดหวัง $E(X) = \mu$

ความแปรปรวน $V(X) = \sigma^2$

1.5.2.2 การแจกแจงปกติปลอมปน (Scale Contaminated Normal Distribution)

ฟังก์ชันการแจกแจงคือ

$$f(x) = (1-p)N(0,\sigma^2) + pN(0,c^2\sigma^2), c > 0, 0 \le p \le 1$$

ซึ่งหมายความว่าค่า X จะมาจากการแจกแจงแบบ $N(0,\sigma^2)$ ด้วยความน่าจะเป็น 1- p และจากการแจกแจงแบบ $N(0,c^2\sigma^2)$ ด้วยความน่าจะเป็น p

เมื่อ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และ σ^2 เป็นพารามิเตอร์ที่กำหนดความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน

p และ c เป็นค่าคงที่ (Fixed Constant) ที่กำหนดเปอร์เซ็นต์การปลอมปนและสเกลแฟคเตอร์

ค่าคาดหวัง $E(X) = 0$

ความแปรปรวน $V(X) = (1-p)\sigma^2 + pc^2\sigma^2$

1.5.2.3 การแจกแจงแบบดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล (Double Exponential Distribution)

ฟังก์ชันการแจกแจงคือ

$$f(x)=\left(\frac{1}{2\beta}\right)e^{\left(-\frac{|x-\alpha|}{\beta}\right)} \qquad ;-\infty<\alpha<\infty,\beta>0$$

ค่าคาดหวัง $E(X)=\alpha$

ความแปรปรวน $V(X)=2\beta^2$

1.5.3 เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ กำหนดให้ข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน (Coefficient of Variation; C.V.) เท่ากับ 10% 30% 50% 100% และค่าเฉลี่ย (μ) เท่ากับ 40 ได้ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) เท่ากับ 4 , 12 , 20 , 40

1.5.4 เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติปลอมปน กำหนดให้พารามิเตอร์ที่กำหนดค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (σ^2) มีค่าเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์การปลอมปนเท่ากับ 5% 10% 25% 50% และสเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5 และ 10 ตามลำดับ

1.5.5 เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล กำหนดพารามิเตอร์ (α,β) โดยคำนวณ β จาก $V(X)=2\beta^2=\sigma_\varepsilon{}^2$

โดยกรณีที่ 1 จะได้ $\beta=\dfrac{C.V.(Y_{ijk})\times\mu}{\sqrt{2(2k+1)}}$ และ กรณีที่ 2 จะได้ $\beta=\dfrac{C.V.(Y_{ijk})\times\mu}{\sqrt{2(3k+1)}}$

1.5.6 กำหนดค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนของการทดลอง (σ_ε^2) โดยมีหลักการดังนี้

1.5.6.1 กรณีที่ 1 แผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์เมื่อปัจจัยแบ่งบล็อกไม่มีผลกระทบร่วมกับปัจจัยทดลอง

จาก $C.V.(Y_{ijk})=\dfrac{SD(Y_{ijk})}{\mu}=\dfrac{\sqrt{\sigma_\tau^2+\sigma_\beta^2+\sigma_\varepsilon^2}}{\mu}$

ในการศึกษาครั้งนี้กำหนดให้ค่าความแปรปรวนของปัจจัยทดลองและค่าความแปรปรวนของปัจจัยแบ่งบล็อกมีค่าเป็น k เท่าของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน $(\sigma_\tau^2=\sigma_\beta^2=k\sigma_\varepsilon^2)$ โดยที่ k เป็นค่าจำนวนเต็มคงที่ $k=\dfrac{1}{3},1,3$

จะได้ $C.V.(Y_{ijk})=\dfrac{\sqrt{k\sigma_\varepsilon^2+k\sigma_\varepsilon^2+\sigma_\varepsilon^2}}{\mu}$

$=\dfrac{\sigma_\varepsilon\sqrt{2k+1}}{\mu}$

ดังนั้น $\sigma_{\varepsilon}^2 = \dfrac{(C.V.(Y_{ijk}) \times \mu)^2}{2k+1}$

1.5.6.2 กรณีที่ 2 แผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์เมื่อปัจจัยแบ่งบล็อกมีผลกระทบร่วมกับปัจจัยทดลอง

จาก $C.V.(Y_{ijk}) = \dfrac{SD(Y_{ijk})}{\mu} = \dfrac{\sqrt{\sigma_{\tau}^2 + \sigma_{\beta}^2 + \sigma_{\tau\beta}^2 + \sigma_{\varepsilon}^2}}{\mu}$

ในการศึกษาครั้งนี้กำหนดให้ค่าความแปรปรวนของปัจจัยทดลองและค่าความแปรปรวนของปัจจัยแบ่งบล็อกมีค่าเป็น k เท่าของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน $(\sigma_{\tau}^2 = \sigma_{\beta}^2 = \sigma_{\tau\beta}^2 = k\sigma_{\varepsilon}^2)$ โดยที่ k เป็นค่าจำนวนเต็มคงที่ $k = \dfrac{1}{3}, 1, 3$

จะได้ $C.V.(Y_{ijk}) = \dfrac{\sqrt{k\sigma_{\varepsilon}^2 + k\sigma_{\varepsilon}^2 + k\sigma_{\varepsilon}^2 + \sigma_{\varepsilon}^2}}{\mu}$

$= \dfrac{\sigma_{\varepsilon}\sqrt{3k+1}}{\mu}$

ดังนั้น $\sigma_{\varepsilon}^2 = \dfrac{(C.V.(Y_{ijk}) \times \mu)^2}{3k+1}$

1.5.7 ในการวิจัยครั้งนี้สร้างแบบจำลองข้อมูลโดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โลซีมูเลชั่น (Monte Carlo Simulation) เขียนด้วยโปรแกรมภาษา R 2.4.0 โดยมีจำนวนการทำซ้ำในแต่ละการทดลองเท่ากับ 500 ครั้ง

1.5.8 การสุ่มตัวอย่างแบบใส่คืนในวิธีแบบบูตสแตรปกระทำซ้ำ 100 ครั้ง

1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1.6.1 ปัจจัย (Factor) หมายถึง ตัวแปรอิสระที่กำลังศึกษาว่าสัมพันธ์หรือมีผลกระทบต่อตัวแปรตามหรือไม่

1.6.2 หน่วยทดลอง (Experimental Unit) หมายถึง หน่วยหรือกลุ่มของหน่วยที่ได้รับวิธีการทดลอง (Treatment) อย่างเดียวกัน กล่าวคือหน่วยทดลองจัดเป็นหน่วยที่ใหญ่ที่สุดที่ได้รับวิธีการทดลอง

1.6.3 ระยะทางยุคลิด (Euclidean Distance) หมายถึง ระยะทางระหว่างเวกเตอร์ค่าจริงกับเวกเตอร์ค่าประมาณขององค์ประกอบความแปรปรวนที่ศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 สามารถใช้หลักการของบูตสแตรปประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนสำหรับแผนแบบการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ได้

1.7.2 สามารถเปรียบเทียบการประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนสำหรับแผนแบบการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ได้ระหว่างการใช้วิธีคลาสสิก และ วิธีบูตสแตรปว่าวิธีการใดให้ค่าประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนที่ดีกว่า เพื่อจะเป็นประโยชน์ทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลให้ถูกต้องแม่นยำมากขึ้น

1.7.3 เพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาการประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลองอื่นต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
ระเบียบวิธีการวิจัย

การประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนในการวิจัยครั้งนี้ศึกษาการประมาณ 2 วิธี คือวิธีคลาสสิก (Classical Method) และวิธีบูตสแตรป (Bootstrap Method) ซึ่งแนวความคิดแบบคลาสสิกจะมีการกำหนดข้อตกลงเบื้องต้นของข้อมูล (Assumption) แต่ถ้าข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น กล่าวคือ เมื่อความคลาดเคลื่อนไม่ได้มีการแจกแจงปกติ เราจะใช้หลักการของบูตสแตรป โดยการสุ่มตัวอย่างซ้ำแบบใส่คืน (Resampling with Replacement) และใช้ประโยชน์ของการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์มาช่วย ซึ่งเป็นวิธีการประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนที่นำมาเปรียบเทียบในการศึกษาครั้งนี้ รายละเอียดต่าง ๆ ได้กล่าวไว้ในหัวข้อต่อไป

2.1 ตัวแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ปัจจัยเชิงสุ่ม

กรณีที่1แผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์เมื่อปัจจัยแบ่งบล็อกไม่มีผลกระทบร่วมกับปัจจัยทดลอง

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ijk}$$

โดยที่ $i = 1,...,a;\ j = 1,...,b;\ k = 1,...,n$

Y_{ijk} คือ ค่าสังเกตที่ k ของระดับปัจจัยทดลองที่ i และ ระดับปัจจัยแบ่งบล็อกที่ j

μ คือ ค่าเฉลี่ยรวมของประชากร

τ_i คือ ผลกระทบจากระดับปัจจัยทดลองที่ i ดังนั้น $\tau_i \sim NID(0, \sigma_\tau^2)$

β_j คือ ผลกระทบจากระดับปัจจัยแบ่งบล็อกที่ j ดังนั้น $\beta_j \sim NID(0, \sigma_\beta^2)$

ε_{ijk} คือ ความคลาดเคลื่อนของการทดลองของค่าสังเกตที่ k จากระดับปัจจัยทดลอง i และระดับปัจจัยแบ่งบล็อกที่ j โดย ε_{ijk} เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงซึ่งไม่ทราบรูปแบบของการแจกแจง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ σ_ε^2

a คือ จำนวนระดับของปัจจัยทดลอง

b คือ จำนวนระดับของปัจจัยแบ่งบล็อก

n คือ จำนวนค่าสังเกตในแต่ละวิธีทดลองผสม

ตารางที่ 2.1 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแผนแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์เมื่อปัจจัยแบ่งบล็อกไม่มีผลกระทบร่วมกับปัจจัยทดลอง

สาเหตุของความแปรปรวน	**ระดับขั้นความเสรี**	**ผลรวมกำลังสอง** (SS)	**ผลรวมกำลังสองเฉลี่ย** (MS)	**ค่าคาดหวังของผลรวมกำลังสองเฉลี่ย** (E(MS))
ปัจจัยทดลอง	$a-1$	$SSTr = bn\sum_i (\bar{y}_{i..} - \bar{y}_{...})^2$	$\frac{SSTr}{a-1}$	$\sigma_\varepsilon^2 + bn\sigma_\tau^2$
ปัจจัยแบ่งบล็อก	$b-1$	$SSB = an\sum_j (\bar{y}_{.j.} - \bar{y}_{...})^2$	$\frac{SSB}{b-1}$	$\sigma_\varepsilon^2 + an\sigma_\beta^2$
ความคลาดเคลื่อน	$abn-a-b+1$	$SSE = \sum_i\sum_j\sum_k (y_{ijk} - \bar{y}_{i..} - \bar{y}_{.j.} + \bar{y}_{...})^2$	$\frac{SSE}{abn-a-b+1}$	σ_ε^2
รวม	$abn-1$	$SST = \sum_i\sum_j\sum_k (y_{ijk} - \bar{y}_{...})^2$		

กรณีที่ 2 แผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์เมื่อปัจจัยแบ่งบล็อกมีผลกระทบร่วมกับปัจจัยทดลอง

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad ;$$

โดยที่ $i = 1,...,a; j = 1,...,b; k = 1,...,n$

Y_{ijk} คือ ค่าสังเกตที่ k ของระดับปัจจัยทดลองที่ i และ ระดับปัจจัยแบ่งบล็อกที่ j

μ คือ ค่าเฉลี่ยรวมของประชากร

τ_i คือ ผลกระทบจากระดับปัจจัยทดลองที่ i ดังนั้น $\tau_i \sim NID(0, \sigma_\tau^2)$

β_j คือ ผลกระทบจากระดับปัจจัยแบ่งบล็อกที่ j ดังนั้น $\beta_j \sim NID(0, \sigma_\beta^2)$

$(\tau\beta)_{ij}$ คือ ผลกระทบร่วมจากระดับปัจจัยทดลอง i และระดับปัจจัยแบ่งบล็อก j ดังนั้น $(\tau\beta)_{ij} \sim NID(0, \sigma_{\tau\beta}^2)$

ε_{ijk} คือ ความคลาดเคลื่อนของการทดลองของค่าสังเกตที่ k จากระดับปัจจัยทดลอง i และระดับปัจจัยแบ่งบล็อกที่ j โดย ε_{ijk} เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงซึ่งไม่ทราบรูปแบบของการแจกแจง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ σ_ε^2

a คือ จำนวนระดับของปัจจัยทดลอง

b คือ จำนวนระดับของปัจจัยแบ่งบล็อก

n คือ จำนวนค่าสังเกตในแต่ละวิธีทดลองผสม

ตารางที่ 2.2 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแผนแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์เมื่อปัจจัยแบ่งบล็อกมีผลกระทบร่วมกับปัจจัยทดลอง

สาเหตุของความแปรปรวน	**ระดับขั้นความเสรี**	**ผลรวมกำลังสอง (SS)**	**ผลรวมกำลังสองเฉลี่ย (MS)**	**ค่าคาดหวังของผลรวมกำลังสองเฉลี่ย (E(MS))**
ปัจจัยทดลอง	$a-1$	$SSTr = bn\sum_i (\bar{y}_{i..} - \bar{y}_{...})^2$	$\frac{SSTr}{a-1}$	$\sigma_\varepsilon^2 + bn\sigma_\tau^2 + n\sigma_{\tau\beta}^2$
ปัจจัยแบ่งบล็อก	$b-1$	$SSB = an\sum_j (\bar{y}_{.j.} - \bar{y}_{...})^2$	$\frac{SSB}{b-1}$	$\sigma_\varepsilon^2 + an\sigma_\beta^2 + n\sigma_{\tau\beta}^2$
ผลกระทบร่วม	$(a-1)(b-1)$	$SSTrB = n\sum_i\sum_j (\bar{y}_{ij.} - \bar{y}_{i..} - \bar{y}_{.j.} + \bar{y}_{...})^2$	$\frac{SSTrB}{(a-1)(b-1)}$	$\sigma_\varepsilon^2 + n\sigma_{\tau\beta}^2$
ความคลาดเคลื่อน	$ab(n-1)$	$SSE = \sum_i\sum_j\sum_k (y_{ijk} - \bar{y}_{ij.})^2$	$\frac{SSE}{ab(n-1)}$	σ_ε^2
รวม	$abn-1$	$SST = \sum_i\sum_j\sum_k (y_{ijk} - \bar{y}_{...})^2$		

2.2 ลักษณะการแจกแจงที่ศึกษา

ลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนที่ศึกษามีดังนี้

2.2.1 การแจกแจงปกติ (Normal Distribution)

ฟังก์ชันการแจกแจงคือ

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2\sigma^2}(x-\mu)^2}, -\infty < x < \infty$$

ค่าคาดหวัง $E(X) = \mu$

ความแปรปรวน $V(X) = \sigma^2$

2.2.2 การแจกแจงปกติปลอมปน (Scale Contaminated Normal Distribution)

ฟังก์ชันการแจกแจงคือ

$$f(x) = (1-p)N(0,\sigma^2) + pN(0,c^2\sigma^2), c > 0, 0 \le p \le 1$$

ซึ่งหมายความว่าค่า X จะมาจากการแจกแจงแบบ $N(0,\sigma^2)$ ด้วยความน่าจะเป็น 1- p และจากการแจกแจงแบบ $N(0,c^2\sigma^2)$ ด้วยความน่าจะเป็น p

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และ σ^2 เป็นพารามิเตอร์ที่กำหนดความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน

p และ c เป็นค่าคงที่ (Fixed Constant) ที่กำหนดเปอร์เซ็นต์การปลอมปนและสเกลแฟคเตอร์

ค่าคาดหวัง $E(X) = 0$

ความแปรปรวน $V(X) = (1-p)\sigma^2 + pc^2\sigma^2$

2.2.3 การแจกแจงแบบดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล (Double Exponential Distribution)

ฟังก์ชันการแจกแจงคือ

$$f(x) = \left(\frac{1}{2\beta}\right) e^{\left(-\frac{|x-\alpha|}{\beta}\right)} \qquad ;-\infty < \alpha < \infty, \beta > 0$$

ค่าคาดหวัง $E(X) = \alpha$

ความแปรปรวน $V(X) = 2\beta^2$

2.3 การประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนวิธีคลาสสิก

วิธีการประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนด้วยวิธีคลาสสิกนี้จะใช้หลักการวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยนำค่าคาดหวังของผลรวมกำลังสองเฉลี่ยของตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนมาใช้หลักการคำนวณทางคณิตศาสตร์เพื่อหาค่าประมาณองค์ประกอบความแปรปรวน แสดงได้ดังนี้

2.3.1 กรณีที่ 1 แผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์เมื่อปัจจัยแบ่งบล็อกไม่มีผลกระทบร่วมกับปัจจัยทดลอง

ค่าประมาณแบบจุดของ σ_ε^2

จากตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน เราทราบว่า

$$E(MSE) = \sigma_\varepsilon^2$$

นั่นคือ MSE เป็นตัวประมาณไม่เอนเอียงสำหรับ σ_ε^2

ดังนั้น ค่าประมาณแบบจุดของ σ_ε^2 คือ $\hat{\sigma}_\varepsilon^2 = MSE$

ค่าประมาณแบบจุดของ σ_τ^2

จากตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน เราทราบว่า

$$E(MSTr) = \sigma_\varepsilon^2 + bn\sigma_\tau^2$$

$$E(MSTr) - E(MSE) = (\sigma_\varepsilon^2 + bn\sigma_\tau^2) - \sigma_\varepsilon^2$$

$$E(MSTr) - E(MSE) = bn\sigma_\tau^2$$

$$\therefore \sigma_\tau^2 = \frac{E(MSTr) - E(MSE)}{bn}$$

$$= E(\frac{MSTr - MSE}{bn})$$

นั่นคือ $\frac{MSTr - MSE}{bn}$ เป็นตัวประมาณไม่เอนเอียงสำหรับ σ_τ^2

ดังนั้น ค่าประมาณแบบจุดของ σ_τ^2 คือ $\hat{\sigma}_\tau^2 = \frac{MSTr - MSE}{bn}$

ค่าประมาณแบบจุดของ σ_β^2

ในทำนองเดียวกันเราทราบว่า

$$E(MSB) = \sigma_\varepsilon^2 + an\sigma_\beta^2$$

ดังนั้น ค่าประมาณแบบจุดของ σ_β^2 คือ $\hat{\sigma}_\beta^2 = \frac{MSB - MSE}{an}$

2.3.2 กรณีที่ 2 แผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์เมื่อปัจจัยแบ่งบล็อกมีผลกระทบร่วมกับปัจจัยทดลอง

ค่าประมาณแบบจุดของ σ_ε^2

จากตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน เราทราบว่า

$$E(MSE) = \sigma_\varepsilon^2$$

นั่นคือ MSE เป็นตัวประมาณไม่เอนเอียงสำหรับ σ_ε^2

ดังนั้น ค่าประมาณแบบจุดของ σ_ε^2 คือ $\hat{\sigma}_\varepsilon^2 = MSE$

ค่าประมาณแบบจุดของ $\sigma_{\tau\beta}^2$

จากตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน เราทราบว่า

$$E(MSTrB) = \sigma_\varepsilon^2 + n\sigma_{\tau\beta}^2$$

$$E(MSTrB) - E(MSE) = (\sigma_\varepsilon^2 + n\sigma_{\tau\beta}^2) - (\sigma_\varepsilon^2)$$

$$E(MSTrB) - E(MSE) = n\sigma_{\tau\beta}^2$$

$$\therefore \sigma^2_{\tau\beta} = \frac{E(MSTrB) - E(MSE)}{n}$$

$$= E(\frac{MSTrB - MSE}{n})$$

นั่นคือ $\frac{MSTr - MSTrB}{n}$ เป็นตัวประมาณไม่เอนเอียงสำหรับ $\sigma^2_{\tau\beta}$

ดังนั้น ค่าประมาณแบบจุดของ $\sigma^2_{\tau\beta}$ คือ $\hat{\sigma}^2_{\tau\beta} = \frac{MSTrB - MSE}{n}$

ค่าประมาณแบบจุดของ σ^2_{τ}

จากตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน เราทราบว่า

$$E(MSTr) = \sigma^2_{\varepsilon} + bn\sigma^2_{\tau} + n\sigma^2_{\tau\beta}$$

$$E(MSTr) - E(MSTrB) = (\sigma^2_{\varepsilon} + bn\sigma^2_{\tau} + n\sigma^2_{\tau\beta}) - (\sigma^2_{\varepsilon} + n\sigma^2_{\tau\beta})$$

$$E(MSTr) - E(MSTrB) = bn\sigma^2_{\tau}$$

$$\therefore \sigma^2_{\tau} = \frac{E(MSTr) - E(MSTrB)}{bn}$$

$$= E(\frac{MSTr - MSTrB}{bn})$$

นั่นคือ $\frac{MSTr - MSTrB}{bn}$ เป็นตัวประมาณไม่เอนเอียงสำหรับ σ^2_{τ}

ดังนั้น ค่าประมาณแบบจุดของ σ^2_{τ} คือ $\hat{\sigma}^2_{\tau} = \frac{MSTr - MSTrB}{bn}$

ค่าประมาณแบบจุดของ σ^2_{β}

ในทำนองเดียวกันเราทราบว่า

$$E(MSB) = \sigma^2_{\varepsilon} + an\sigma^2_{\beta} + n\sigma^2_{\tau\beta}$$

ดังนั้น ค่าประมาณแบบจุดของ σ^2_{β} คือ $\hat{\sigma}^2_{\beta} = \frac{MSB - MSTrB}{an}$

จากค่าประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนดังกล่าว จะเห็นได้ว่าโอกาสที่ค่าประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนอาจเกิดค่าที่เป็นลบได้ซึ่งกรณีดังกล่าวทำให้ได้ค่าประมาณที่ไม่ดีนัก โดย Montogomery[1] ได้เสนอให้ค่าองค์ประกอบความแปรปรวนที่ติดลบมีค่าเป็นศูนย์หรือตัดค่าประมาณนั้นออกไป และในการวิจัยครั้งนี้ได้เลือกทำการตัดค่าประมาณที่ติดลบนั้นออกไป

---

[1]Montgomery, D.C.(2005) Design and analysis of experiments. 6th ed.New York : John Wiley & Sons , pp.487.

2.4 การประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนวิธีบูตสแตรป

วิธีบูตสแตรปมีการพัฒนามากจากการนำตัวแบบสมการถดถอยที่ไม่ทราบการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนไปใช้ในการประมาณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัมประสิทธิ์ความถดถอย ผู้ศึกษาคือ แบรดเลย์ เอฟรอน (Bradley Efron) ในปี ค.ศ.1979 ซึ่งวิธีบูตสแตรปนี้เป็นวิธีที่นำมาแก้ปัญหาการไม่สามารถหาค่าประมาณในกรณีที่ข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น เช่น เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงที่ไม่เป็นแบบปกติ เป็นต้น

วิธีนี้มีแนวคิดว่า ตัวอย่างคือสิ่งที่เราทราบทั้งหมดเกี่ยวกับประชากร การสุ่มตัวอย่างจากตัวอย่างที่เรามีอยู่จะเหมือนกับการสุ่มตัวอย่างจากประชากรและตัวอย่างแต่ละหน่วยจะสามารถอธิบายลักษณะของประชากรด้วยความน่าจะเป็นที่เท่า ๆ กัน ซึ่งแนวคิดนี้อาจจะทำให้ได้ข้อสรุปที่ดีเกี่ยวกับลักษณะประชากร และอาจดีกว่าการกำหนดข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption) เกี่ยวกับประชากรในการอนุมานค่าพารามิเตอร์

การประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนด้วยวิธีบูตสแตรปมีหลักเกณฑ์ดังนี้คือ เมื่อจำลองข้อมูลตามตัวแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์แล้ว จะทำการสุ่มตัวอย่างแบบใส่คืน (Resampling with Replacement) ซ้ำ ๆ กัน จากกลุ่มข้อมูลนี้จำนวน m ครั้ง (Bootstrap Replications)จากนั้นหาตัวประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนโดยยึดหลักเดียวกันกับวิธีคลาสสิก

2.4.1 กรณีที่ 1 แผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์เมื่อปัจจัยแบ่งบล็อกไม่มีผลกระทบร่วมกับปัจจัยทดลอง

มีขั้นตอนในการประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนดังนี้

1. สุ่มตัวอย่างขนาด abn แบบใส่คืน (with Replacement) ได้ชุดตัวอย่างทั้งหมด $Y^{*1}, Y^{*2}, ..., Y^{*m}$ (m = 100) ชุด

2. หาค่าประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนของตัวอย่างแต่ละชุดคือ $\hat{\sigma}_{\varepsilon}^{2(i)}, \hat{\sigma}_{\tau}^{2(i)}, \hat{\sigma}_{\beta}^{2(i)} : i = 1,2,3,...,m$ ดังนี้

$$\hat{\sigma}_{\varepsilon}^{2(i)} = MSE$$

$$\hat{\sigma}_{\tau}^{2(i)} = \frac{MSTr - MSE}{bn}$$

$$\hat{\sigma}_{\beta}^{2(i)} = \frac{MSB - MSE}{an}$$

3. คำนวณหาตัวประมาณบูตสแตรปดังนี้

$$\hat{\sigma}_{\varepsilon}^{2} = \frac{\sum_{i=1}^{m} \hat{\sigma}_{\varepsilon}^{2(i)}}{m}$$

$$\hat{\sigma}_{\tau}^{2} = \frac{\sum_{i=1}^{m} \hat{\sigma}_{\tau}^{2(i)}}{m}$$

$$\hat{\sigma}_{\beta}^{2} = \frac{\sum_{i=1}^{m} \hat{\sigma}_{\beta}^{2(i)}}{m}$$

2.4.2 กรณีที่ 2 แผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์เมื่อปัจจัยแบ่งบล็อกมีผลกระทบร่วมกับปัจจัยทดลอง

มีขั้นตอนในการประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนดังนี้

1. สุ่มตัวอย่างขนาด abn แบบใส่คืน (with Replacement) ได้ชุดตัวอย่างทั้งหมด $Y^{*1}, Y^{*2}, ..., Y^{*m}$ (m = 100) ชุด

2. หาค่าประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนของตัวอย่างแต่ละชุดคือ $\hat{\sigma}_{\varepsilon}^{2(i)}, \hat{\sigma}_{\tau\beta}^{2(i)}, \hat{\sigma}_{\tau}^{2(i)}, \hat{\sigma}_{\beta}^{2(i)} : i = 1,2,3,..., m$ ดังนี้

$$\hat{\sigma}_{\varepsilon}^{2(i)} = MSE$$

$$\hat{\sigma}_{\tau\beta}^{2(i)} = \frac{MSTrB - MSE}{n}$$

$$\hat{\sigma}_{\tau}^{2(i)} = \frac{MSTr - MSTrB}{bn}$$

$$\hat{\sigma}_{\beta}^{2(i)} = \frac{MSB - MSTrB}{an}$$

3. คำนวณหาตัวประมาณบูตสแตรปดังนี้

$$\hat{\sigma}_{\varepsilon}^{2} = \frac{\sum_{i=1}^{m} \hat{\sigma}_{\varepsilon}^{2(i)}}{m}$$

$$\hat{\sigma}_{\tau\beta}^{2} = \frac{\sum_{i=1}^{m} \hat{\sigma}_{\tau\beta}^{2(i)}}{m}$$

$$\hat{\sigma}_{\tau}^{2} = \frac{\sum_{i=1}^{m} \hat{\sigma}_{\tau}^{2(i)}}{m}$$

$$\hat{\sigma}_{\beta}^{2} = \frac{\sum_{i=1}^{m} \hat{\sigma}_{\beta}^{2(i)}}{m}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.5 เกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบวิธีการประมาณ

การเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนสำหรับตัวแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์จะพิจารณาโดยเปรียบเทียบขนาดเวกเตอร์ขององค์ประกอบความแปรปรวน ระหว่างค่าประมาณของพารามิเตอร์ที่ศึกษากับค่าจริงขององค์ประกอบความแปรปรวน ซึ่งเรียกเกณฑ์การเปรียบเทียบนี้ว่า “ระยะทางยุคลิด (Euclidean Distance)” โดยมีหลักการดังนี้

กำหนดให้ $\underset{\sim}{\theta}$ เป็นเวกเตอร์ค่าจริงขององค์ประกอบความแปรปรวน

$\underset{\sim C}{\hat{\theta}}$ เป็นเวกเตอร์ค่าประมาณขององค์ประกอบความแปรปรวนวิธีคลาสสิก

$\underset{\sim B}{\hat{\theta}}$ เป็นเวกเตอร์ค่าประมาณขององค์ประกอบความแปรปรวนวิธีบูตสแตรป

2.5.1 กรณีที่ 1 แผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์เมื่อปัจจัยแบ่งบล็อกไม่มีผลกระทบร่วมกับปัจจัยทดลอง

โดยที่ $\hat{\theta} = \begin{pmatrix} \sigma_{\tau}^2 \\ \sigma_{\beta}^2 \\ \sigma_{\varepsilon}^2 \end{pmatrix}$, $\underset{\sim}{\hat{\theta}_C} = \begin{pmatrix} \hat{\sigma}_{\tau_C}^2 \\ \hat{\sigma}_{\beta_C}^2 \\ \hat{\sigma}_{\varepsilon_C}^2 \end{pmatrix}$, $\underset{\sim}{\hat{\theta}_B} = \begin{pmatrix} \hat{\sigma}_{\tau_B}^2 \\ \hat{\sigma}_{\beta_B}^2 \\ \hat{\sigma}_{\varepsilon_B}^2 \end{pmatrix}$

ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก

$$\overline{EuC} = \frac{\sum_{i=1}^{N} \sqrt{\left(\hat{\sigma}_{\tau_{C_i}}^2 - \sigma_{\tau_i}^2\right)^2 + \left(\hat{\sigma}_{\beta_{C_i}}^2 - \sigma_{\beta_i}^2\right)^2 + \left(\hat{\sigma}_{\varepsilon_{C_i}}^2 - \sigma_{\varepsilon_i}^2\right)^2}}{N}$$

ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป

$$\overline{EuB} = \frac{\sum_{i=1}^{N} \sqrt{\left(\hat{\sigma}_{\tau_{B_i}}^2 - \sigma_{\tau_i}^2\right)^2 + \left(\hat{\sigma}_{\beta_{B_i}}^2 - \sigma_{\beta_i}^2\right)^2 + \left(\hat{\sigma}_{\varepsilon_{B_i}}^2 - \sigma_{\varepsilon_i}^2\right)^2}}{N}$$

โดย N คือจำนวนรอบที่กระทำซ้ำในแต่ละการทดลอง ในงานวิจัยนี้กำหนดให้ N มีค่าเท่ากับ 500

2.5.2 กรณีที่ 2 แผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์เมื่อปัจจัยแบ่งบล็อกมีผลกระทบร่วมกับปัจจัยทดลอง

โดยที่ $\hat{\theta} = \begin{pmatrix} \sigma_{\tau}^2 \\ \sigma_{\beta}^2 \\ \sigma_{\tau\beta}^2 \\ \sigma_{\varepsilon}^2 \end{pmatrix}$, $\underset{\sim}{\hat{\theta}_C} = \begin{pmatrix} \hat{\sigma}_{\tau_C}^2 \\ \hat{\sigma}_{\beta_C}^2 \\ \hat{\sigma}_{\tau\beta_C}^2 \\ \hat{\sigma}_{\varepsilon_C}^2 \end{pmatrix}$, $\underset{\sim}{\hat{\theta}_B} = \begin{pmatrix} \hat{\sigma}_{\tau_B}^2 \\ \hat{\sigma}_{\beta_B}^2 \\ \hat{\sigma}_{\tau\beta_B}^2 \\ \hat{\sigma}_{\varepsilon_B}^2 \end{pmatrix}$

ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก

$$\overline{EuC} = \frac{\sum_{i=1}^{N} \sqrt{\left(\hat{\sigma}_{\tau_{C_i}}^2 - \sigma_{\tau_i}^2\right)^2 + \left(\hat{\sigma}_{\beta_{C_i}}^2 - \sigma_{\beta_i}^2\right)^2 + \left(\hat{\sigma}_{(\tau\beta)_{C_i}}^2 - \sigma_{(\tau\beta)_i}^2\right)^2 + \left(\hat{\sigma}_{\varepsilon_{C_i}}^2 - \sigma_{\varepsilon_i}^2\right)^2}}{N}$$

ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป

$$\overline{EuB} = \frac{\sum_{i=1}^{N} \sqrt{\left(\hat{\sigma}_{\tau_{B_i}}^2 - \sigma_{\tau_i}^2\right)^2 + \left(\hat{\sigma}_{\beta_{B_i}}^2 - \sigma_{\beta_i}^2\right)^2 + \left(\hat{\sigma}_{(\tau\beta)_{Bi}}^2 - \sigma_{(\tau\beta)_i}^2\right)^2 + \left(\hat{\sigma}_{\varepsilon_{B_i}}^2 - \sigma_{\varepsilon_i}^2\right)^2}}{N}$$

โดย N คือจำนวนรอบที่กระทำซ้ำในแต่ละการทดลอง ในงานวิจัยนี้กำหนดให้ N มีค่าเท่ากับ 500

การสรุปผล ถ้าวิธีการประมาณค่าแบบใดให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่าจะถือว่าการประมาณค่าจากวิธีนั้นเป็นวิธีการประมาณที่มีประสิทธิภาพมากกว่า กล่าวคือค่าประมาณขององค์ประกอบความแปรปรวนที่ได้จะมีค่าใกล้เคียงกับค่าจริงขององค์ประกอบความแปรปรวนมากที่สุด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ศึกษาการเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนสำหรับแผนแบบการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์สองแบบ คือ การประมาณวิธีคลาสสิก (Classical Method) และการประมาณวิธีบูตสแตรป (Bootstrap Method) โดยใช้ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบวิธีการประมาณทั้งสองวิธีเพื่อหาวิธีการประมาณที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งขั้นตอนในการวิจัยจะนำเสนอตามลำดับดังต่อไปนี้

3.1 แผนการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ต้องการเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนสำหรับแผนแบบการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์สองแบบด้วยวิธีคลาสสิกและวิธีบูตสแตรปด้วยโปรแกรมภาษา R 2.4.0 โดยกำหนดสถานการณ์ในการวิจัยดังต่อไปนี้

3.1.1 กำหนดระดับปัจจัยทดลองและระดับปัจจัยแบ่งบล็อกที่มีขนาด $3\times3,3\times4,3\times5$ $4\times4,4\times5$ และ 5×5

3.1.2 ขนาดหน่วยทดลองของแต่ละวิธีการทดลองเป็น 3,5 และ 7 ตามลำดับ

3.1.3 เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ กำหนดให้ข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน (Coefficient of Variation;C.V.) เท่ากับ 10% 30% 50% 100% และค่าเฉลี่ย (μ) เท่ากับ 40 ได้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ^2) เท่ากับ 4 , 12 , 20 , 40

3.1.4 เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปน กำหนดให้พารามิเตอร์ที่กำหนดค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (σ^2) มีค่าเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์การปลอมปนเท่ากับ 5% 10% 25% 50% และสเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5 และ 10 ตามลำดับ

3.1.5 เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล กำหนดพารามิเตอร์ (α,β) โดยคำนวณ β จาก $V(X)=2\beta^2=\sigma_\varepsilon^2$

โดยกรณีที่ 1 จะได้ $\beta=\dfrac{C.V.(Y_{ijk})\times\mu}{\sqrt{2(2k+1)}}$ และกรณีที่ 2 จะได้ $\beta=\dfrac{C.V.(Y_{ijk})\times\mu}{\sqrt{2(3k+1)}}$

3.1.6 กำหนดค่าคงที่ $k=\dfrac{1}{3},1,3$

3.1.7 การประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนด้วยวิธีบูตสแตรปทำซ้ำ 100 ครั้ง

3.1.8 กำหนดการทำซ้ำในแต่ละการทดลองเป็น 500 ครั้ง

3.2 เทคนิคมอนติคาร์โล

เทคนิคมอนติคาร์โลเป็นการจำลองระบบที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา ซึ่งตัวแบบของการจำลองจะมีลักษณะเป็นตัวแบบทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ตัวเลขสุ่มมาช่วยในการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบให้กับระบบที่ยังไม่แน่ใจในผลที่จะเกิดขึ้น ซึ่งมีขั้นตอนที่สำคัญดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างเลขสุ่ม (Generate Random Number) การสร้างเลขสุ่มจะกำหนดให้มีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มในช่วง [0,1] และเป็นอิสระซึ่งกันและกัน จากนั้นนำเลขสุ่มนี้ไปสร้างตัวแปรตามลักษณะการแจกแจงที่ต้องการศึกษา เพื่อเป็นข้อมูลของปัญหานั้น ๆ

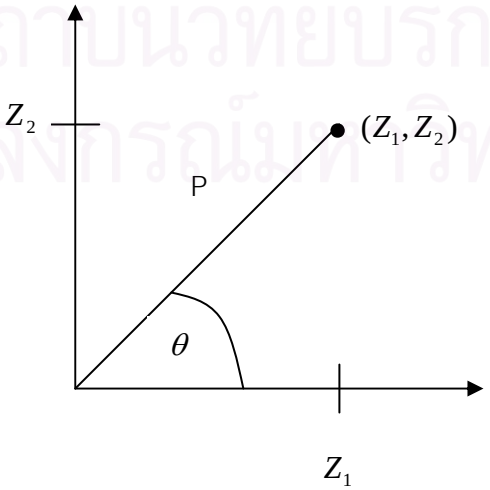
ขั้นตอนที่ 2 การประยุกต์ใช้เลขสุ่มในการแก้ปัญหา ขั้นตอนนี้เป็นการนำตัวแปรที่ได้จากขั้นตอนแรกมาใช้ในการหาค่าต่าง ๆ ตามปัญหาที่ต้องการศึกษา

ขั้นตอนที่ 3 การทดลอง ขั้นตอนนี้เป็นการทำวิธีนั้นซ้ำ ๆ กัน (Replication) จำนวนหลายครั้ง โดยถือว่าการทำซ้ำ ๆ กันนั้น เป็นวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลให้มีจำนวนมากเพื่อลดความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่มที่เกิดขึ้นในการวิเคราะห์หาค่าต่าง ๆ ในแต่ละครั้งให้หมดไป

3.3 การสร้างการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนตามที่กำหนด

3.3.1 การสร้างการแจกแจงปกติ

George E. P. Box และ Mervin E.Muller (1958) ได้คิดค้นวิธีการจำลองตัวแปรสุ่มปกติมาตรฐาน N(0,1) โดยใช้การแปลงตัวแปรสุ่ม คือ จากตัวแปรสุ่มมาตรฐานอิสระกัน Z_1 และ Z_2 ได้จุดบนระนาบในระบบพิกัดคาร์ทีเซียน (Cartesian coordinates) จากตัวแปรสุ่มในระบบพิกัดคาร์ทีเซียนแปลงเป็นตัวแปรสุ่มในระบบพิกัดเชิงขั้ว (polar coordinates) เป็นจุด (P,θ) ได้ดังนี้



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิจารณาจากรูปจะได้ $Z_1 = P\cos\theta$ (1)

$$Z_2 = P\sin\theta \quad (2)$$

เมื่อ $P > 0, 0 \le \theta \le 2\pi$

คำนวณหาค่า P โดยวิธีแปลงผกผัน (Inverse transformation) จะได้ $P = \sqrt{-2\ln R_1}$ เมื่อ $R_1 \sim U(0,1)$ และ จำลอง θ จากการแจกแจง $U(0,2\pi)$ จะได้ $\theta = 2\pi R_2$ เมื่อ $R_2 \sim U(0,1)$ และนำไปแทนค่าลงในสมการ (1) และ (2) จะได้

$$Z_1 = \sqrt{-2\ln R_1}\cos(2\pi R_2)$$
$$Z_2 = \sqrt{-2\ln R_1}\sin(2\pi R_2)$$

เมื่อได้ Z_1, Z_2 แล้วนำไปแปลงเป็นตัวแปร X จะได้

$$X = \mu + \sigma Z_1 \quad \text{หรือ} \quad X = \mu + \sigma Z_2$$

ซึ่ง X จะมีการแจกแจงปกติด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ μ และความแปรปรวนเท่ากับ σ^2

3.3.2 การสร้างการแจกแจงปกติปลอมปน

การผลิตเลขสุ่มที่มีการแจกแจงปกติปลอมปนทำได้โดยการสร้างการแจกแจงที่แปลงมาจากการแจกแจงปกติ ที่มีฟังก์ชันการแจกแจงอยู่ในรูปของ

$$f(x) = (1-p)N(0,\sigma^2) + pN(0,c^2\sigma^2) \quad , c > 0, 0 \le p \le 1$$

ซึ่งหมายความว่า ค่า X จะมาจากการแจงแจง $N(0,\sigma^2)$ ด้วยความน่าจะเป็น 1-p และจากการแจกแจง $N(0,c^2\sigma^2)$ ด้วยความน่าจะเป็น p

เมื่อ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และ σ^2 เป็นพารามิเตอร์ที่กำหนดความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน

เมื่อ p และ c เป็นค่าคงที่ (Fixed Constant) ที่กำหนดค่าเปอร์เซนต์การปลอมปนและสเกลแฟคเตอร์ตามลำดับ

3.3.3 การสร้างการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

ฟังก์ชันการแจกแจงคือ

$$f(x) = \left(\frac{1}{2\beta}\right)e^{\left(-\frac{|x-\alpha|}{\beta}\right)} \quad ; -\infty < \alpha < \infty, \beta > 0$$

การผลิตเลขสุ่มที่มีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียลจะใช้วิธีการแปลงผกผันโดยเริ่มด้วยการหาฟังก์ชันการแจกแจงสะสมดังนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$F(x)=\begin{cases}\frac{1}{2}e^{\frac{(x-\alpha)}{\beta}}, -\infty < x < \alpha \\ 1-\frac{1}{2}e^{\frac{-(x-\alpha)}{\beta}}, \alpha \le x < \alpha\end{cases}$$

จากนั้นแก้สมการหา x ในเทอมของ r จาก $F(x)=r, 0 \le r \le 1$ จะได้

$\frac{1}{2}e^{\frac{(x-\alpha)}{\beta}}=r$ ก็ต่อเมื่อ $x=\alpha+\beta\ln(2r)$ สำหรับ $0<r<\frac{1}{2}$ และ

$1-\frac{1}{2}e^{-\frac{(x-\alpha)}{\beta}}=r$ ก็ต่อเมื่อ $x=\alpha-\beta\ln(2(1-r))$ สำหรับ $\frac{1}{2}\le r<1$

ดังนั้นจะได้ตัวแบบจำลองตัวแปรสุ่มเป็นดังนี้

$$X=\begin{cases}\alpha+\beta\ln(2R), 0<R<\frac{1}{2} \\ \alpha-\beta\ln(2(1-R)), \frac{1}{2}\le R<1\end{cases}$$

3.4 คำนวณหาค่าประมาณองค์ประกอบความแปรปรวน

เมื่อสร้างข้อมูล Y_{ijk} ให้เป็นไปตามข้อกำหนดข้างต้นแล้ว นำข้อมูลที่ได้ไปเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทำให้ได้ค่าเฉลี่ยกำลังสองที่เกิดจากสาเหตุความแปรปรวนต่าง ๆ เพื่อนำไปคำนวณหาค่าประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนทั้งวิธีคลาสสิกและวิธีบูตสแตรป ได้ดังนี้

3.4.1 วิธีคลาสสิก แสดงได้ดังนี้

กรณีที่ 1 แผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์เมื่อปัจจัยแบ่งบล็อกไม่มีผลกระทบร่วมกับปัจจัยทดลอง

ค่าประมาณแบบจุดของ σ_τ^2 คือ $\hat{\sigma}_\tau^2=\frac{MSTr-MSE}{bn}$

ค่าประมาณแบบจุดของ σ_β^2 คือ $\hat{\sigma}_\beta^2=\frac{MSB-MSE}{an}$

ค่าประมาณแบบจุดของ σ_ε^2 คือ $\hat{\sigma}_\varepsilon^2=MSE$

กรณีที่ 2 แผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์เมื่อปัจจัยแบ่งบล็อกมีผลกระทบร่วมกับปัจจัยทดลอง

ค่าประมาณแบบจุดของ σ_τ^2 คือ $\hat{\sigma}_\tau^2=\frac{MSTr-MSTrB}{bn}$

ค่าประมาณแบบจุดของ σ_β^2 คือ $\hat{\sigma}_\beta^2=\frac{MSB-MSTrB}{an}$

ค่าประมาณแบบจุดของ $\sigma_{\tau\beta}^2$ คือ $\hat{\sigma}_{\tau\beta}^2=\frac{MSTrB-MSE}{n}$

ค่าประมาณแบบจุดของ σ_ε^2 คือ $\hat{\sigma}_\varepsilon^2=MSE$

3.4.2 วิธีบูตสแตรป แสดงได้ดังนี้

กรณีที่ 1 แผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์เมื่อปัจจัยแบ่งบล็อกไม่มีผลกระทบร่วมกับปัจจัยทดลอง

ค่าประมาณแบบจุดของ σ_τ^2 คือ $\hat{\sigma}_\tau^2 = \dfrac{\sum_{i=1}^{m} \hat{\sigma}_\tau^{2(i)}}{m}$

ค่าประมาณแบบจุดของ σ_β^2 คือ $\hat{\sigma}_\beta^2 = \dfrac{\sum_{i=1}^{m} \hat{\sigma}_\beta^{2(i)}}{m}$

ค่าประมาณแบบจุดของ σ_ε^2 คือ $\hat{\sigma}_\varepsilon^2 = \dfrac{\sum_{i=1}^{m} \hat{\sigma}_\varepsilon^{2(i)}}{m}$

กรณีที่ 2 แผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์เมื่อปัจจัยแบ่งบล็อกมีผลกระทบร่วมกับปัจจัยทดลอง

ค่าประมาณแบบจุดของ σ_τ^2 คือ $\hat{\sigma}_\tau^2 = \dfrac{\sum_{i=1}^{m} \hat{\sigma}_\tau^{2(i)}}{m}$

ค่าประมาณแบบจุดของ σ_β^2 คือ $\hat{\sigma}_\beta^2 = \dfrac{\sum_{i=1}^{m} \hat{\sigma}_\beta^{2(i)}}{m}$

ค่าประมาณแบบจุดของ $\sigma_{\tau\beta}^2$ คือ $\hat{\sigma}_{\tau\beta}^2 = \dfrac{\sum_{i=1}^{m} \hat{\sigma}_{\tau\beta}^{2(i)}}{m}$

ค่าประมาณแบบจุดของ σ_ε^2 คือ $\hat{\sigma}_\varepsilon^2 = \dfrac{\sum_{i=1}^{m} \hat{\sigma}_\varepsilon^{2(i)}}{m}$

เมื่อ m คือจำนวนครั้งในการสุ่มตัวอย่างแบบใส่คืน โดยกำหนดให้ m =100

3.5 คำนวณหาระยะทางยุคลิดเฉลี่ย

กรณีที่ 1 แผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์เมื่อปัจจัยแบ่งบล็อกไม่มีผลกระทบร่วมกับปัจจัยทดลอง

ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก

$$\overline{EuC} = \frac{\sum_{i=1}^{N} \sqrt{\left(\hat{\sigma}_{\tau_{C_i}}^2 - \sigma_{\tau_i}^2\right)^2 + \left(\hat{\sigma}_{\beta_{C_i}}^2 - \sigma_{\beta_i}^2\right)^2 + \left(\hat{\sigma}_{\varepsilon_{C_i}}^2 - \sigma_{\varepsilon_i}^2\right)^2}}{N}$$

ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป

$$\overline{EuB} = \frac{\sum_{i=1}^{N}\sqrt{\left(\hat{\sigma}^2_{\tau_{B_i}} - \sigma^2_{\tau_i}\right)^2 + \left(\hat{\sigma}^2_{\beta_{B_i}} - \sigma^2_{\beta_i}\right)^2 + \left(\hat{\sigma}^2_{\varepsilon_{B_i}} - \sigma^2_{\varepsilon_i}\right)^2}}{N}$$

กรณีที่ 2 แผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์เมื่อปัจจัยแบ่งบล็อกมีผลกระทบร่วมกับปัจจัยทดลอง

ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก

$$\overline{EuC} = \frac{\sum_{i=1}^{N}\sqrt{\left(\hat{\sigma}^2_{\tau_{C_i}} - \sigma^2_{\tau_i}\right)^2 + \left(\hat{\sigma}^2_{\beta_{C_i}} - \sigma^2_{\beta_i}\right)^2 + \left(\hat{\sigma}^2_{(\tau\beta)_{C_i}} - \sigma^2_{(\tau\beta)_i}\right)^2 + \left(\hat{\sigma}^2_{\varepsilon_{C_i}} - \sigma^2_{\varepsilon_i}\right)^2}}{N}$$

ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป

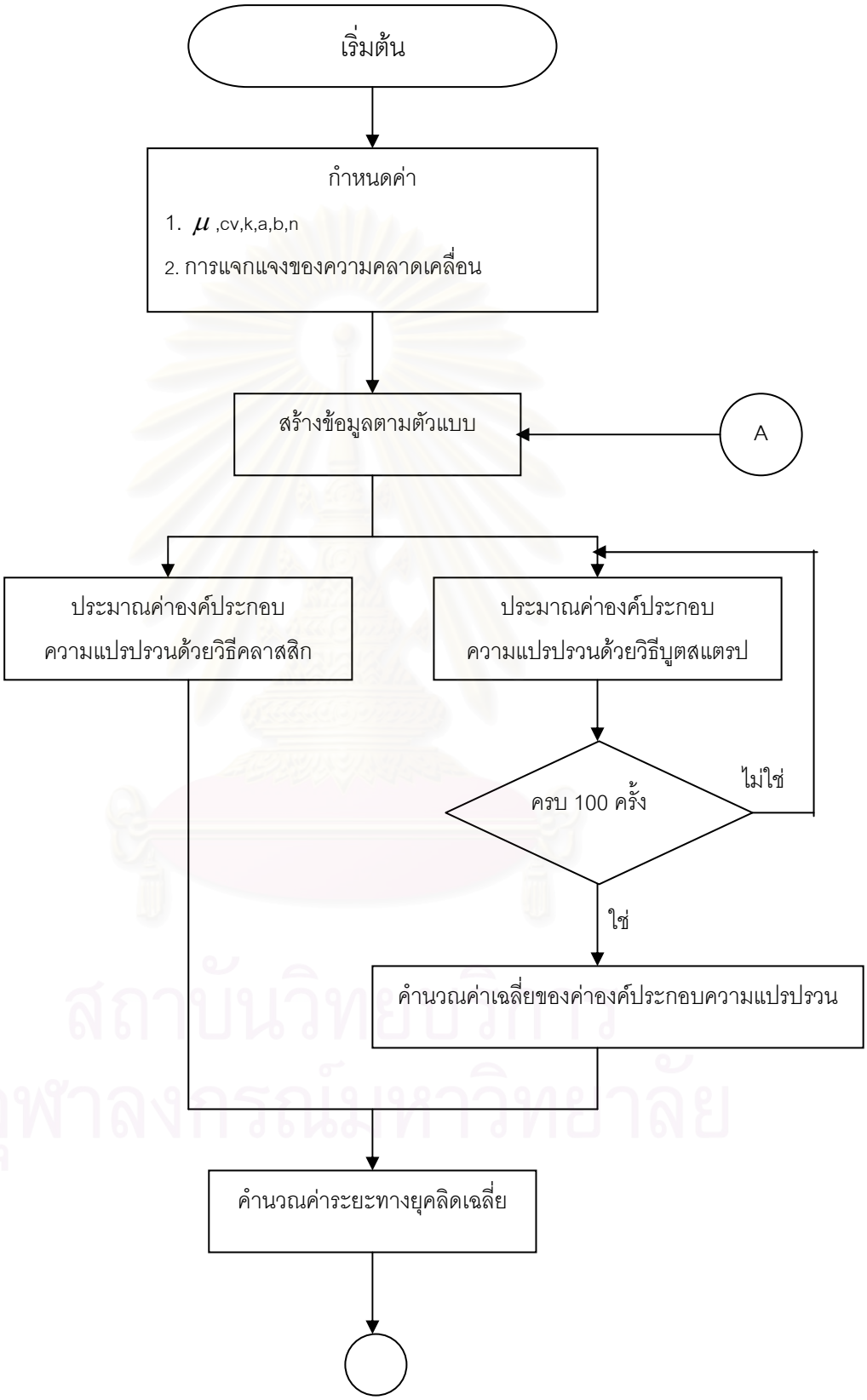
$$\overline{EuB} = \frac{\sum_{i=1}^{N}\sqrt{\left(\hat{\sigma}^2_{\tau_{B_i}} - \sigma^2_{\tau_i}\right)^2 + \left(\hat{\sigma}^2_{\beta_{B_i}} - \sigma^2_{\beta_i}\right)^2 + \left(\hat{\sigma}^2_{(\tau\beta)_{B_i}} - \sigma^2_{(\tau\beta)_i}\right)^2 + \left(\hat{\sigma}^2_{\varepsilon_{B_i}} - \sigma^2_{\varepsilon_i}\right)^2}}{N}$$

โดย N คือจำนวนรอบที่กระทำซ้ำในแต่ละการทดลอง ในงานวิจัยนี้กำหนดให้ N มีค่าเท่ากับ 500

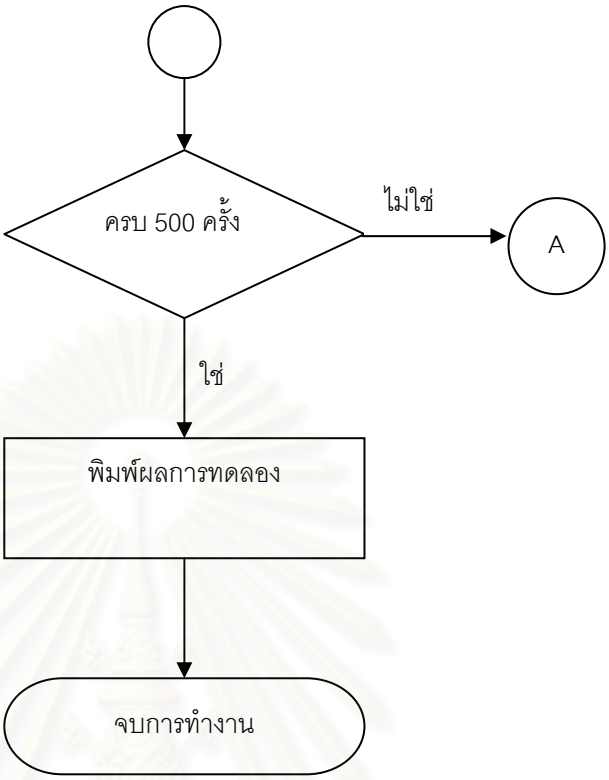
ดังนั้น ถ้าวิธีการประมาณค่าแบบใดให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยน้อยกว่า การประมาณค่าจากวิธีนั้นจะเป็นวิธีการประมาณที่ดีกว่า กล่าวคือค่าประมาณขององค์ประกอบความแปรปรวนที่ได้จะมีค่าใกล้เคียงกับค่าจริงขององค์ประกอบความแปรปรวนมากที่สุด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.6 ขั้นตอนการดำเนินงานของโปรแกรม



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ศึกษาการเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนสำหรับแผนแบบการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์สองแบบ คือ การประมาณวิธีคลาสสิก (Classical Method) และการประมาณวิธีแบบบูตสแตรป (Bootstrap Method) โดยใช้ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบวิธีการประมาณทั้งสองวิธีเพื่อหาวิธีการประมาณที่เหมาะสมที่สุด นั่นคือถ้าวิธีการใดที่ให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่าจะเป็นวิธีการประมาณที่เหมาะสมกว่าซึ่งแสดงได้ว่าค่าประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนที่ได้โดยส่วนใหญ่มีค่าใกล้เคียงกับค่าจริงขององค์ประกอบความแปรปรวนนั้น

สำหรับการนำเสนอผลการวิจัยจะนำเสนอในรูปของตารางโดยแบ่งเป็น 2 ตอนตามกรณีที่ทำการทดลองคือ

4.1 กรณีที่ 1 แผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์เมื่อปัจจัยแบ่งบล็อกไม่มีผลกระทบร่วมกับปัจจัยทดลอง เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ (ตารางที่ 4.1 – 4.19) แบบดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล (ตารางที่ 4.20 – 4.38) และแบบปกติปลอมปน (ตารางที่ 4.39 – 4.76)

4.2 กรณีที่ 2 แผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์เมื่อปัจจัยแบ่งบล็อกมีผลกระทบร่วมกับปัจจัยทดลอง เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ (ตารางที่ 4.77 – 4.95) แบบดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล(ตารางที่ 4.96 – 4.114)และแบบปกติปลอมปน(ตารางที่ 4.115 – 4.152)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1 กรณีที่ 1 ปัจจัยแบ่งบล็อกไม่มีผลกระทบร่วมกับปัจจัยทดลอง

4.1.1 เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

ตารางที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	6.35440 *	7.34885	0.99445
	30	54.64256 *	63.71568	9.07312
	50	159.7494 *	186.2099	26.4605
	100	627.9844 *	726.6480	98.7812
1	10	7.16218	7.15021	0.01197
	30	63.61422	63.55741	0.05681
	50	174.9935	174.5668	0.4267
	100	696.5942	695.8829	0.7113
3	10	8.54261	8.51439	0.02822
	30	76.66126	76.15276 *	0.50850
	50	204.9077	203.8909 *	1.0168
	100	800.3117	796.6011 *	3.7106

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

ตารางที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	4.86827 *	5.11566	0.24739
	30	46.16914 *	48.66486	2.49572
	50	126.4908 *	133.5425	7.0517
	100	494.7309 *	526.1383	31.4074
1	10	7.05091	6.95446 *	0.09645
	30	57.79234	57.11067 *	0.68167
	50	172.1659	169.7006 *	2.4653
	100	658.0261	647.8979 *	10.1282
3	10	7.54283	7.49555 *	0.04728
	30	73.57674	73.1190 *	0.45774
	50	203.8317	203.1806 *	0.6511
	100	828.4026	823.2795 *	5.1231

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	4.60835	4.59979	0.00856
	30	43.98384 *	44.76437	0.78053
	50	111.5239 *	112.6556	1.1317
	100	480.7502 *	488.5177	7.7675
1	10	6.76298	6.72485 *	0.03813
	30	57.47428	56.78959 *	0.68469
	50	165.1251	164.0538 *	1.0713
	100	645.7908	641.0866 *	4.7042
3	10	8.56273	8.53770 *	0.02503
	30	72.18623	71.95139 *	0.23484
	50	212.9980	212.0844 *	0.9136
	100	807.1236	802.8014 *	4.3222

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	4.67035 *	5.34783	0.67748
	30	46.92740 *	52.97398	6.04658
	50	127.2511 *	145.1921	17.9410
	100	547.1312 *	615.5176	68.3864
1	10	6.02984	6.00545	0.02439
	30	54.27961	53.74949	0.53012
	50	153.9710	152.6369	1.3341
	100	644.0260	641.9227	2.1033
3	10	7.06067	7.01266 *	0.04801
	30	67.41407	66.89261 *	0.52146
	50	187.5268	186.5218 *	1.0050
	100	761.2950	756.0316 *	5.2634

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	4.41991 *	4.58914	0.16923
	30	39.85624 *	41.03914	1.18290
	50	113.0725 *	116.4664	3.3939
	100	432.2859 *	447.4081	15.1222
1	10	6.40366	6.34975 *	0.05391
	30	54.15799	53.79193 *	0.36606
	50	147.5704	146.8515 *	0.7189
	100	616.6102	613.5158 *	3.0944
3	10	7.33117	7.28565 *	0.04552
	30	66.68536	66.43670 *	0.24866
	50	186.5793	185.4863 *	1.0930
	100	735.5163	733.3210 *	2.1953

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	3.93026	3.89506	0.03520
	30	35.97349	36.26320	0.28971
	50	99.19464	99.66115	0.46651
	100	430.1839	432.8109	2.6270
1	10	5.86386	5.84051 *	0.02335
	30	54.36663	53.70591 *	0.66072
	50	144.3372	142.8089 *	1.5283
	100	623.3177	618.5643 *	4.7534
3	10	7.91562	7.86927 *	0.04635
	30	70.64689	70.40507 *	0.24182
	50	186.3010	185.2639 *	1.0371
	100	749.3017	747.8219 *	1.4798

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	4.46755 *	4.91829	0.45074
	30	43.03082 *	47.54351	4.51269
	50	116.8740 *	129.2535	12.3795
	100	488.6962 *	537.4558	48.7596
1	10	5.62899	5.56248	0.06651
	30	53.99776	53.79843	0.19933
	50	138.7291	137.3095 *	1.4196
	100	583.3914	579.2538 *	4.1376
3	10	6.62106	6.54702 *	0.07404
	30	61.43108	61.02103 *	0.41005
	50	180.6014	179.6935 *	0.9079
	100	737.1333	733.2022 *	3.9311

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	4.08710 *	4.18542	0.09832
	30	34.38045 *	35.26822	0.88777
	50	99.90183 *	103.1777	3.27587
	100	402.5156 *	410.4981	7.9825
1	10	6.12861	6.10289	0.02572
	30	53.10894	52.78667 *	0.32227
	50	138.8278	137.0954 *	1.7324
	100	553.7205	550.5816 *	3.1389
3	10	6.22228	6.21573 *	0.00655
	30	63.73827	63.54508 *	0.19319
	50	182.6957	182.1642 *	0.5315
	100	721.9480	719.2474 *	2.7006

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	3.71973	3.66402	0.05571
	30	33.45115	33.72509	0.27394
	50	92.22251	93.62453	1.40202
	100	384.6466	386.9469	2.3003
1	10	5.65350	5.61166 *	0.04184
	30	48.79631	48.37872 *	0.41759
	50	141.1822	140.3166 *	0.8656
	100	547.4135	543.5391 *	3.8744
3	10	6.82505	6.81089 *	0.01416
	30	61.77850	61.64768 *	0.13082
	50	178.1913	177.9224 *	0.2689
	100	674.1706	673.0351 *	1.1355

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	4.04098 *	4.43021	0.38923
	30	37.07368 *	40.56796	3.49428
	50	105.4617 *	114.2087	8.7470
	100	415.2207 *	449.3271	34.1064
1	10	5.59133	5.57951	0.01182
	30	51.93144	51.69762	0.23382
	50	140.4733	139.7333	0.7400
	100	561.7652	558.3346	3.4306
3	10	6.67581	6.65552	0.02029
	30	60.67795	60.37973 *	0.29822
	50	169.8371	168.9745 *	0.8626
	100	664.3559	659.6551 *	4.7008

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.11 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	3.89322	3.97206	0.07884
	30	34.45207	35.01037	0.55830
	50	96.58506	97.01041	0.42535
	100	369.0641	367.5836	1.4805
1	10	5.40773	5.37827	0.02946
	30	50.25283	50.02836 *	0.22447
	50	138.6036	138.1653 *	0.4383
	100	563.6071	559.8540 *	3.7531
3	10	6.54886	6.53165	0.01721
	30	61.60614	61.39326 *	0.21288
	50	182.2536	181.7153 *	0.5383
	100	693.3037	690.7191 *	2.5846

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.12 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	3.69875	3.69140	0.00735
	30	31.48840	31.22271	0.26569
	50	88.14108	86.90239	1.23869
	100	347.0005	344.5776	2.4229
1	10	5.13782	5.10799 *	0.02983
	30	46.18869	45.81007 *	0.37862
	50	135.8258	134.9240 *	0.9018
	100	536.5166	533.0978 *	3.4188
3	10	6.93456	6.90977 *	0.02479
	30	60.94526	60.84474 *	0.10052
	50	173.0296	172.4710 *	0.5586
	100	649.6714	647.7180 *	1.9534

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.13 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	3.98592 *	4.16794	0.18202
	30	35.19209 *	37.2450	2.05291
	50	97.07610 *	103.1055	6.0294
	100	368.0846 *	393.1879	25.1033
1	10	5.10437	5.04574	0.05863
	30	44.19219	44.05156	0.14063
	50	133.3079	131.9929 *	1.3150
	100	491.0243	489.4618 *	1.5625
3	10	6.04262	6.03281 *	0.00981
	30	56.27090	56.06240 *	0.20850
	50	164.2168	163.4799 *	0.7369
	100	630.0418	626.0292 *	4.0126

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.14 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	3.39657	3.43158	0.03501
	30	31.87859	32.20742	0.32883
	50	89.36811	90.43186	1.06375
	100	340.4080	340.2245	0.1835
1	10	4.99747	4.95782 *	0.03965
	30	45.16894	44.64809 *	0.52085
	50	129.2284	128.3443 *	0.8841
	100	502.8857	500.1525 *	2.7332
3	10	6.41180	6.39218 *	0.01962
	30	53.18489	53.02218 *	0.16271
	50	153.4532	153.2020 *	0.2512
	100	635.4874	634.6098 *	0.8776

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.15 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	3.30340	3.29673	0.00667
	30	29.52620	29.35665	0.16955
	50	85.67601	85.20891	0.4671
	100	338.1616	337.6946	0.4670
1	10	4.96713	4.95601 *	0.01112
	30	44.41212	44.12915 *	0.28297
	50	128.4121	127.8435 *	0.5686
	100	510.3705	506.6784 *	3.6921
3	10	6.79540	6.77311 *	0.02229
	30	56.52094	56.42767 *	0.09327
	50	156.6770	156.4169 *	0.2601
	100	633.5241	632.0894 *	1.4347

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.16 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	3.57845 *	3.75802	0.17957
	30	33.11991 *	34.25074	1.13083
	50	93.44945 *	95.58330	2.13385
	100	365.5203 *	372.3914	6.8711
1	10	4.72412	4.69308	0.03104
	30	42.54439	42.34847	0.19592
	50	122.0013	121.6962	0.3051
	100	486.6529	480.6536 *	5.9993
3	10	5.68542	5.66482	0.02060
	30	52.60375	52.37595 *	0.22780
	50	146.6954	146.0567 *	0.6387
	100	576.0882	574.0874 *	2.0008

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.17 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	3.10187	3.14140	0.03953
	30	29.47827	29.55093	0.07266
	50	79.71525	80.21784	0.50259
	100	319.6633	319.2912	0.3721
1	10	4.61334	4.58030	0.03304
	30	44.60205	44.41648 *	0.18557
	50	125.2393	124.6288 *	0.6105
	100	470.6607	468.6112 *	2.0495
3	10	5.87015	5.85397 *	0.01618
	30	52.89020	52.73527 *	0.15493
	50	147.5368	147.2707 *	0.2661
	100	574.8388	573.3314 *	1.5074

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.18 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	3.20686	3.18033	0.02653
	30	27.24445	26.97745	0.26700
	50	80.63760	80.41147	0.22613
	100	317.9733	316.1729	1.8004
1	10	4.75009	4.71199 *	0.03810
	30	41.07077	40.90818 *	0.16259
	50	115.9555	115.6333 *	0.3222
	100	484.5744	483.5149 *	1.0595
3	10	5.97925	5.95522 *	0.02403
	30	51.21628	51.09877 *	0.11751
	50	146.5748	146.3407 *	0.2341
	100	592.5079	591.1001 *	1.4078

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

จากตารางที่ 4.1 – 4.18 เพื่อให้เห็นการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยของวิธีการประมาณทั้ง 2 วิธีในทุกสถานการณ์ให้ชัดเจนยิ่งขึ้น จะแสดงสรุปให้เห็นดังตารางที่ 4.19 (ค่าสถิติแสดงในภาคผนวก ข)

ตารางที่ 4.19 แสดงสรุปวิธีการประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนที่ให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่า (กรณีที่ 1) เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

k	$\frac{1}{3}$			1			3		
n / (a,b)	3	5	7	3	5	7	3	5	7
(3,3)	C	C	C	EQ	B	B	B(30,50,100)	B	B
(3,4)	C	C	EQ	EQ	B	B	B	B	B
(3,5)	C	C	EQ	B(50,100)	B(30,50,100)	B	B	B	B
(4,4)	C	EQ	EQ	EQ	B(30,50,100)	B	B(30,50,100)	B(30,50,100)	B
(4,5)	C	EQ	EQ	B(50,100)	B	B	B	B	B
(5,5)	C	EQ	EQ	B(100)	B(30,50,100)	B	B(30,50,100)	B	B

หมายเหตุ B(cv) คือ วิธีบูตสแตรปให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยน้อยกว่าวิธีคลาสสิก ในกรณีสัมประสิทธิ์การแปรผันเท่ากับ cv%

B คือ วิธีบูตสแตรปให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยน้อยกว่าวิธีคลาสสิกในทุกกรณี

C คือ วิธีคลาสสิกให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยน้อยกว่าวิธีบูตสแตรปในทุกกรณี

EQ คือ วิธีการประมาณทั้งสองวิธีให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 4.19 เมื่อความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่ามากกว่าความแปรปรวนของปัจจัยอื่น ๆ พบว่ากรณีที่ขนาดหน่วยทดลองเท่ากับ 3 หรือเมื่อขนาดหน่วยทดลองเป็น 5 และระดับของปัจจัยทดลองเท่ากับ 3 รวมทั้งกรณีที่ระดับปัจจัยทดลองกับระดับปัจจัยแบ่งบล็อกเท่ากับ 3 และขนาดหน่วยทดลองเท่ากับ 7 การประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนด้วยวิธีคลาสสิกจะให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่าการประมาณด้วยวิธีบูตสแตรป ส่วนกรณีอื่นนอกจากนี้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่ได้จากทั้งสองวิธีไม่แตกต่างกัน

เมื่อความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่าเท่ากับความแปรปรวนของปัจจัยอื่น ๆ พบว่ากรณีที่ขนาดหน่วยทดลองเท่ากับ 3 ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่ได้จากทั้งสองวิธีไม่แตกต่างกัน ยกเว้นกรณีที่ระดับปัจจัยแบ่งบล็อกเท่ากับ 5 สัมประสิทธิ์การแปรผันเท่ากับ 50% หรือ 100 %ที่การประมาณด้วยวิธีบูตสแตรปจะให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่าการประมาณด้วยวิธีคลาสสิก ส่วนในกรณีที่ขนาดหน่วยทดลองเท่ากับ 5 หรือ 7 การประมาณด้วยวิธีบูตสแตรปจะให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่าการประมาณด้วยวิธีคลาสสิก

เมื่อความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่าน้อยกว่าความแปรปรวนของปัจจัยอื่น ๆ การประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนด้วยวิธีบูตสแตรปโดยส่วนใหญ่จะให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่าการประมาณด้วยวิธีคลาสสิก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.2 เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

ตารางที่ 4.20 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	6.62112 *	7.59516	0.97404
	30	61.18592 *	69.00087	7.81495
	50	169.6266 *	192.8334	23.2068
	100	642.7908 *	732.5791	89.7883
1	10	6.85632	6.86675	0.01043
	30	63.56014	63.94028	0.38014
	50	174.5524	175.1482	0.5958
	100	714.0432	710.7957	3.2475
3	10	8.50583	8.40244 *	0.10339
	30	74.27841	73.50152 *	0.77689
	50	201.4079	199.5430 *	1.8649
	100	781.7192	773.7482 *	7.9710

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.21 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	5.02646 *	5.25470	0.22824
	30	50.98531 *	53.35162	2.36631
	50	138.9120 *	145.2792	6.3672
	100	529.9208 *	557.1868	27.2660
1	10	6.60448	6.49455 *	0.10993
	30	60.38611	59.57419 *	0.81192
	50	172.5903	171.1148 *	1.4755
	100	642.9206	637.9598 *	4.96080
3	10	7.94817	7.89351 *	0.05466
	30	73.33960	72.80093 *	0.53867
	50	204.7560	203.1679 *	1.5881
	100	803.3057	798.7862 *	4.5195

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.22 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	4.71579	4.77895	0.06316
	30	44.81521	45.24282	0.42761
	50	124.4867	125.6745	1.1878
	100	504.6895	510.9743	6.2848
1	10	6.80233	6.71402 *	0.08831
	30	60.69193	59.91407 *	0.77786
	50	160.5391	158.7657 *	1.7734
	100	682.7215	677.8800 *	4.8415
3	10	8.01722	7.97743 *	0.03979
	30	74.46024	74.15132 *	0.30892
	50	197.1498	196.2012 *	0.9486
	100	779.3732	775.7774 *	3.5958

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.23 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	5.81088 *	6.47917	0.66829
	30	51.23664 *	56.92469	5.68805
	50	140.1257 *	155.5603	15.4346
	100	571.8363 *	630.3114	58.4751
1	10	6.67431	6.61302 *	0.06129
	30	58.13776	57.63012 *	0.50764
	50	159.5887	157.1768 *	2.4119
	100	648.7505	646.7922 *	1.9583
3	10	8.43455	8.38254 *	0.05201
	30	65.66911	65.26914 *	0.39997
	50	182.2740	180.8260 *	1.4480
	100	766.1220	763.1940 *	2.9280

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.24 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	4.49961 *	4.56016	0.06055
	30	41.66094 *	43.00511	1.34417
	50	122.7601 *	125.9327	3.1726
	100	472.6501 *	488.9485	16.2984
1	10	5.98885	5.84544 *	0.14341
	30	55.64631	55.38485 *	0.26146
	50	149.8941	147.5908 *	2.3033
	100	594.8897	589.4777 *	5.4120
3	10	6.84849	6.82123 *	0.02726
	30	67.37898	67.06004 *	0.31894
	50	199.4200	198.6042 *	0.8158
	100	712.5300	707.9561 *	4.5739

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.25 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	4.27894	4.26320	0.01574
	30	41.61696	41.56253	0.05443
	50	115.6027	115.4515	0.1512
	100	432.1187	430.5848	1.5339
1	10	6.10694	6.08736 *	0.01958
	30	52.91651	52.59410 *	0.32241
	50	156.6991	155.7947 *	0.9044
	100	614.3550	608.2485 *	6.1065
3	10	6.88659	6.85031 *	0.03628
	30	70.35514	70.19905 *	0.15609
	50	187.5305	186.7917 *	0.7388
	100	728.1795	726.1845 *	1.9950

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.26 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	4.88320 *	5.33024	0.44704
	30	44.30664 *	48.57490	4.26826
	50	125.4529 *	136.3031	10.8502
	100	498.5890 *	539.8074	41.2184
1	10	5.81338	5.74829 *	0.06509
	30	55.46419	54.96527 *	0.49832
	50	156.4163	154.9671 *	1.4492
	100	588.9225	581.9012 *	7.0213
3	10	6.81036	6.76667 *	0.04369
	30	60.81259	60.40815 *	0.40444
	50	176.6102	175.6393 *	0.9709
	100	721.0860	717.0606 *	4.0254

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.27 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	4.11222	4.15066	0.03844
	30	40.93579	41.20123	0.26544
	50	110.1451 *	111.4973	1.3522
	100	424.6223 *	437.1732	12.5509
1	10	5.74961	5.70772 *	0.04189
	30	51.66633	51.14930 *	0.51703
	50	144.0470	142.8283 *	1.2187
	100	578.7730	573.3294 *	5.4436
3	10	6.61383	6.56379 *	0.05004
	30	66.17532	65.90709 *	0.26823
	50	175.8416	175.3277 *	0.5139
	100	695.3017	691.0544 *	4.2473

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.28 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	3.62945	3.57569	0.05376
	30	38.41525	38.29396	0.12129
	50	106.7090	106.3721	0.3369
	100	414.5175	414.3776	0.1399
1	10	5.99888	5.98091 *	0.01797
	30	51.33872	50.88761 *	0.45111
	50	140.8391	139.8524 *	0.9867
	100	580.8715	579.0066 *	1.8649
3	10	6.33547	6.32457 *	0.0109
	30	61.80818	61.64335 *	0.16483
	50	168.3118	167.9418 *	0.3700
	100	699.0343	697.2784 *	1.7559

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.29 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	4.67550 *	5.05776	0.38226
	30	42.21432 *	44.95445	2.74013
	50	124.6062 *	131.0174	6.4112
	100	464.6752 *	495.7203	31.0451
1	10	5.79346	5.74594	0.04752
	30	54.56353	54.07446 *	0.48907
	50	145.1966	143.9074 *	1.2892
	100	555.0361	548.3988 *	6.6373
3	10	7.33332	7.31460	0.01872
	30	62.54141	62.37127 *	0.17014
	50	172.1665	170.8625 *	1.3040
	100	688.3825	684.9417 *	3.4408

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.30 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	4.38229 *	4.44962	0.06733
	30	37.24092 *	37.52031	0.27939
	50	101.3221 *	102.9188	1.5967
	100	412.2057 *	414.0178	1.8121
1	10	4.80470	4.71127 *	0.09343
	30	48.68502	48.18169 *	0.50333
	50	136.7554	135.5053 *	1.2501
	100	574.5957	570.7747 *	3.8210
3	10	6.50890	6.47887 *	0.03003
	30	60.85794	60.51773 *	0.34021
	50	167.6583	166.8460 *	0.8123
	100	703.6945	702.0219 *	1.6726

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.31 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	3.97727	3.93412	0.04315
	30	34.27217	34.02652	0.24565
	50	95.20046	94.51811	0.68235
	100	404.0870	400.6728	3.4142
1	10	5.67533	5.63432 *	0.04101
	30	47.01357	46.65743 *	0.35614
	50	138.3427	137.1062 *	1.2365
	100	560.0802	557.3560 *	2.7242
3	10	6.79768	6.78337 *	0.01431
	30	61.16582	61.04517 *	0.12065
	50	172.5201	172.2421 *	0.2780
	100	679.0833	677.6759 *	1.4074

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.32 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	4.37841 *	4.53940	0.16103
	30	36.96465 *	38.51053	1.54588
	50	115.6654 *	120.8937	5.2283
	100	431.8562 *	453.8597	22.0035
1	10	5.70488	5.68445	0.02043
	30	48.63032	48.00771 *	0.62261
	50	137.4313	136.0524 *	1.3789
	100	550.0585	544.4832 *	5.5753
3	10	6.35551	6.30544	0.05007
	30	59.17004	58.93280 *	0.23724
	50	157.9779	156.9305 *	1.0474
	100	627.2159	624.3893 *	2.8266

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.33 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	3.82530 *	3.90605	0.08075
	30	35.47994 *	35.83169	0.35175
	50	98.55539 *	99.53247	0.97708
	100	385.3894 *	389.2287	3.8393
1	10	4.73928	4.66512 *	0.07416
	30	45.57744	45.15514 *	0.42230
	50	123.9570	122.5998 *	1.3572
	100	505.0614	501.8418 *	3.2196
3	10	6.16573	6.14575 *	0.01998
	30	55.60461	55.39535 *	0.20926
	50	156.7062	156.2063 *	0.4999
	100	624.8853	622.2065 *	2.6788

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.34 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก (SD_{EuCl})	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป (SD_{EuBo})	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	3.42022	3.41651	0.00371
	30	32.96805	32.91817	0.04988
	50	91.57791	91.43937	0.13854
	100	365.4136	360.1894 *	5.2242
1	10	5.38956	5.32155 *	0.06801
	30	44.73996	44.43936 *	0.30060
	50	125.7139	125.0509 *	0.6630
	100	523.2434	520.1992 *	3.0442
3	10	6.07566	6.05952 *	0.01614
	30	56.03172	55.91202 *	0.11970
	50	158.8667	158.4578 *	0.4089
	100	647.5252	646.4284 *	1.0968

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.35 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	3.86668	3.90804	0.04136
	30	35.24453 *	36.32130	1.07677
	50	100.0125 *	102.5821	2.5696
	100	394.7758 *	400.4843	5.7085
1	10	5.14387	5.08840	0.05547
	30	44.07687	43.53909 *	0.53778
	50	126.1067	124.9359 *	1.1708
	100	513.0093	507.6490 *	5.3603
3	10	5.93351	5.90979 *	0.02372
	30	55.61410	55.49918 *	0.11492
	50	149.9205	149.1316 *	0.7889
	100	585.3871	583.0559 *	2.3312

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.36 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	3.33905	3.36634	0.02729
	30	32.37951	32.44718	0.06767
	50	89.94309	90.13106	0.18797
	100	360.9093	362.2391	1.3298
1	10	4.36012	4.31250 *	0.04762
	30	43.32384	43.07068 *	0.25316
	50	122.0423	120.9506 *	1.09170
	100	500.2279	497.5666 *	2.6613
3	10	5.93169	5.90607 *	0.02562
	30	53.71737	53.56226 *	0.15511
	50	143.6559	142.9398 *	0.71610
	100	587.5917	585.7351 *	1.8566

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.37 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	3.31967	3.30602	0.01365
	30	30.11560	30.00103	0.11457
	50	83.71594	83.15393	0.56201
	100	336.9131	334.1610 *	2.7521
1	10	4.50799	4.48811 *	0.01988
	30	43.32252	43.20390 *	0.11862
	50	119.0539	118.5759 *	0.4780
	100	487.2530	485.8585 *	1.3945
3	10	5.87369	5.86297 *	0.01072
	30	53.97682	53.87420 *	0.10262
	50	141.9772	141.5615 *	0.4157
	100	575.8994	574.5824 *	1.3170

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

จากตารางที่ 4.20 – 4.37 เพื่อให้เห็นการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยของวิธีการประมาณทั้ง 2 วิธีในทุกสถานการณ์ให้ชัดเจนยิ่งขึ้น จะแสดงสรุปให้เห็นดังตารางที่ 4.38 (ค่าสถิติแสดงในภาคผนวก ข)

ตารางที่ 4.38 แสดงวิธีการประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนที่ให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่า (กรณีที่ 1) เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

k	$\frac{1}{3}$			1			3		
n / (a,b)	3	5	7	3	5	7	3	5	7
(3,3)	C	C	EQ	EQ	B	B	B	B	B
(3,4)	C	C	EQ	B	B	B	B	B	B
(3,5)	C	C(50,100)	EQ	B	B	B	B	B	B
(4,4)	C	C	EQ	B(30,50,100)	B	B	B(30,50,100)	B	B
(4,5)	C	C	B(100)	B(30,50,100)	B	B	B(30,50,100)	B	B
(5,5)	C(30,50,100)	EQ	B(100)	B(30,50,100)	B	B	B	B	B

หมายเหตุ B(cv) คือ วิธีบูตสแตรปให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยน้อยกว่าวิธีคลาสสิก ในกรณีสัมประสิทธิ์การแปรผันเท่ากับ cv%

B คือ วิธีบูตสแตรปให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยน้อยกว่าวิธีคลาสสิกในทุกกรณี

C(cv) คือ วิธีคลาสสิกให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยน้อยกว่าวิธีบูตสแตรป ในกรณีสัมประสิทธิ์การแปรผันเท่ากับ cv%

C คือ วิธีคลาสสิกให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยน้อยกว่าวิธีบูตสแตรปในทุกกรณี

EQ คือ วิธีการประมาณทั้งสองวิธีให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

จากตารางที่ 4.38 เมื่อความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่ามากกว่าความแปรปรวนของปัจจัยอื่น ๆ กรณีที่ขนาดหน่วยทดลองเท่ากับ 3 หรือ 5 การประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนด้วยวิธีคลาสสิกจะให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่าการประมาณด้วยวิธีบูตสแตรป ส่วนกรณีที่ขนาดหน่วยทดลองเท่ากับ 7 ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่ได้จากทั้งสองวิธีโดยส่วนใหญ่ไม่แตกต่างกัน ยกเว้นกรณีที่ระดับปัจจัยทดลองมากกว่า 3 ระดับปัจจัยแบ่งบล็อกเท่ากับ 5 สัมประสิทธิ์การแปรผันเท่ากับ 100% วิธีบูตสแตรปจะให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่า

เมื่อความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับความแปรปรวนของปัจจัยอื่น ๆ การประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนด้วยวิธีบูตสแตรปโดยส่วนใหญ่จะให้ค่าระยะทาง ยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่าการประมาณด้วยวิธีคลาสสิก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.3 เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปน

ตารางที่ 4.39 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	170.9460 *	186.2449	15.2989
	10	265.8067 *	286.6016	20.7949
	25	505.0216 *	559.9057	54.8841
	50	856.7147 *	976.2029	119.4882
1	5	329.2899	328.2700	1.0199
	10	489.1878	485.3654 *	3.8224
	25	923.9045	908.0776 *	15.8269
	50	1652.6693	1641.0880 *	11.5813
3	5	754.9978	746.2150 *	8.7828
	10	1157.0519	1144.4444 *	12.6075
	25	2405.3380	2382.5224 *	22.8156
	50	4736.4183	4692.8721 *	43.5462

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

ตารางที่ 4.40 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	552.4965 *	576.5295	24.0330
	10	993.3238 *	1039.3975	46.0739
	25	1949.7534 *	2138.5526	188.7992
	50	3602.3971 *	4061.1400	458.7429
1	5	886.3794	882.4572	3.9222
	10	1516.0078	1502.8477 *	13.1601
	25	3798.8415	3757.0201 *	41.8214
	50	6611.8427	6574.1755 *	37.6672
3	5	2234.3256	2201.1132 *	33.2124
	10	4093.1308	4045.3492 *	47.7816
	25	9165.8899	9102.8809 *	63.0090
	50	17901.3297	17804.6350 *	96.6947

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.41 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	146.4314 *	152.2497	5.8183
	10	241.2811 *	249.6256	8.3445
	25	421.9527 *	443.3906	21.7379
	50	726.7311 *	770.8884	44.1573
1	5	289.7038	284.4864 *	5.2174
	10	440.1323	430.7207 *	9.4116
	25	837.3882	823.1529 *	14.2353
	50	1644.4613	1619.9849 *	24.4764
3	5	775.3746	768.2469 *	7.1277
	10	1255.4227	1248.7618 *	6.6609
	25	2516.5045	2501.6143 *	14.8902
	50	4561.7083	4541.8339 *	19.8744

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.42 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	488.3970	492.3975	4.0005
	10	814.0505 *	838.6747	24.6242
	25	1709.1899 *	1773.9431	64.7532
	50	2845.7515 *	2979.7553	134.0038
1	5	892.1591	869.4167 *	22.7424
	10	1518.4422	1493.9302 *	24.5120
	25	3358.9837	3330.1720 *	28.8117
	50	6726.2319	6654.9324 *	71.2995
3	5	2169.2089	2142.7795 *	26.4294
	10	3851.1633	3818.1001 *	33.0632
	25	9141.3875	9066.2583 *	75.1292
	50	18183.3289	18084.2402 *	99.0887

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.43 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	143.3003 *	145.1219	1.8216
	10	223.3758 *	226.3216	2.9458
	25	390.0778 *	394.9692	4.8914
	50	641.8576 *	650.7211	8.8635
1	5	282.9521	278.9942 *	3.9579
	10	428.9475	421.5132 *	7.4343
	25	905.3022	893.1479 *	12.1543
	50	1650.3091	1631.2274 *	19.0817
3	5	769.5530	764.1319 *	5.4211
	10	1148.8181	1142.7146 *	6.1035
	25	2480.5897	2471.1021 *	9.4876
	50	4932.8561	4915.3927 *	17.4634

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.44 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	474.3930	476.4585	2.0655
	10	784.3021	790.1245	5.8224
	25	1580.5798 *	1609.7814	29.2016
	50	2698.0305 *	2727.5103	29.4798
1	5	855.0577	840.9872 *	14.0705
	10	1436.0301	1404.3165 *	31.7136
	25	3141.7251	3082.6110 *	59.1141
	50	6388.5671	6322.6351 *	65.9320
3	5	2147.2414	2133.5193 *	13.7221
	10	3834.5471	3808.7078 *	25.8393
	25	9165.0688	9114.4331 *	50.6357
	50	19118.0047	19038.3319 *	79.6728

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.45 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	144.2004 *	155.8018	11.6014
	10	236.6503 *	252.6945	16.0442
	25	434.0766 *	476.4566	42.3800
	50	763.0149 *	836.8000	73.7851
1	5	273.0955	270.2485	2.8470
	10	449.6560	446.9364	2.7196
	25	851.1311	845.2745	5.8566
	50	1649.4128	1636.9641 *	12.4487
3	5	722.6780	715.1385 *	7.5395
	10	1119.3668	1108.7816 *	10.5852
	25	2393.8533	2378.2910 *	15.5623
	50	4247.2504	4223.3775 *	23.8729

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.46 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	481.6431 *	502.0247	20.3816
	10	851.9006 *	893.1360	41.2354
	25	1780.3821 *	1925.2449	144.8628
	50	2884.3031 *	3215.0857	330.7826
1	5	829.1326	812.3678 *	16.7648
	10	1479.4259	1456.4670 *	22.9589
	25	3320.9611	3287.1839 *	33.7772
	50	5871.9894	5826.0970 *	45.8924
3	5	2086.7345	2064.6286 *	22.1059
	10	3829.0007	3802.4177 *	26.5830
	25	8792.2225	8745.0161 *	47.2064
	50	17101.0390	17011.2118 *	89.8272

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.47 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	137.1619 *	139.4841	2.3222
	10	202.1527 *	206.6033	4.4506
	25	388.5435 *	399.4060	10.8625
	50	636.5145 *	654.7728	18.2583
1	5	288.5193	284.4806 *	4.0387
	10	415.0864	410.6834 *	4.4030
	25	815.7741	803.9813 *	11.7928
	50	1446.9748	1434.4669 *	12.5079
3	5	731.1389	726.0741 *	5.0648
	10	1090.8615	1083.7454 *	7.1161
	25	2269.6213	2258.5913 *	11.0300
	50	4188.7002	4169.2589 *	19.4413

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.48 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	439.4163	442.7965	3.3802
	10	733.3020	740.3621	7.0601
	25	1482.3345 *	1526.7736	44.4391
	50	2466.8611 *	2526.6977	59.8366
1	5	795.9045	775.5584 *	20.3461
	10	1427.6214	1412.4247 *	15.1967
	25	3216.7734	3174.6397 *	42.1337
	50	5693.7315	5619.8203 *	73.9112
3	5	2084.6317	2065.8321 *	18.7996
	10	3793.4435	3774.9655 *	18.4780
	25	8197.8205	8154.0916 *	43.7289
	50	17521.4439	17467.1167 *	54.3272

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.49 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	122.1255	120.5871	1.5384
	10	190.1383	188.7068	1.4315
	25	365.9469	364.1440	1.8029
	50	589.6485	586.7825	2.866
1	5	268.4598	263.5432 *	4.9166
	10	414.6059	410.0957 *	4.5102
	25	769.2475	761.8080 *	7.4395
	50	1486.4012	1476.4272 *	9.9740
3	5	708.9463	705.7351 *	3.2112
	10	1200.8955	1195.9101 *	4.9854
	25	2290.5391	2282.8788 *	7.6603
	50	4232.2686	4224.1969 *	8.0717

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.50 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	404.9305	400.0420	4.8885
	10	666.4779	662.1569	4.3210
	25	1315.8744	1309.8698	6.0046
	50	2340.9747	2323.2441	17.7306
1	5	749.2641	735.2861 *	13.9780
	10	1315.6708	1290.9605 *	24.7103
	25	2979.3646	2945.4070 *	33.9576
	50	5605.7442	5555.9983 *	49.7459
3	5	2002.5960	1991.0757 *	11.5203
	10	3732.9846	3718.6681 *	14.3165
	25	8436.4471	8399.9001 *	36.5470
	50	16527.5588	16482.2818 *	45.2770

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.51 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	141.0921 *	149.4922	8.4001
	10	204.4613 *	216.6128	12.1515
	25	396.6523 *	428.0663	31.4140
	50	702.4245 *	756.0480	53.6235
1	5	260.9427	254.6542 *	6.2885
	10	403.6930	399.4675 *	4.2255
	25	802.3817	790.7746 *	11.6071
	50	1446.4785	1435.7997 *	10.6788
3	5	692.7391	686.8458 *	5.8933
	10	1054.3332	1044.7767 *	9.5565
	25	2316.8167	2305.8981 *	10.9186
	50	3906.5282	3875.2358 *	31.2924

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.52 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	449.4186 *	462.8789	13.4603
	10	764.7588 *	799.8057	35.0469
	25	1595.6995 *	1689.7859	94.0864
	50	2595.1819 *	2852.2672	257.0853
1	5	771.5994	761.5233 *	10.0761
	10	1427.6254	1406.4879 *	21.1375
	25	3030.8155	3008.6827 *	22.1328
	50	5831.5813	5800.5633 *	31.0180
3	5	1962.5112	1943.4717 *	19.0395
	10	3692.9442	3658.7730 *	34.1712
	25	8657.7958	8618.9702 *	38.8256
	50	15525.6390	15460.1917 *	65.4473

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.53 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	128.9338	129.1833	0.2495
	10	193.8960	195.5186	1.6226
	25	336.7335 *	347.0280	10.2945
	50	586.0277 *	591.4208	5.3931
1	5	244.2197	240.9397 *	3.2800
	10	394.3767	388.5495 *	5.8272
	25	768.0554	756.5992 *	11.4562
	50	1430.5660	1416.5528 *	14.0132
3	5	695.9002	692.3215 *	3.5787
	10	1053.6231	1048.2292 *	5.3939
	25	2222.5775	2213.5781 *	8.9994
	50	4129.2183	4121.6837 *	7.5346

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.54 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	387.9952	389.0972	1.1020
	10	666.6251	671.2102	4.5851
	25	1349.1419 *	1375.4738	26.3319
	50	2263.6491 *	2312.2520	48.6029
1	5	758.9561	739.9369 *	19.0192
	10	1260.2173	1240.8501 *	19.3672
	25	2890.6909	2867.9946 *	22.6963
	50	5642.9533	5594.8128 *	48.1405
3	5	1934.4948	1922.9658 *	11.5290
	10	3391.8576	3371.4804 *	20.3772
	25	8195.0202	8154.7918 *	40.2284
	50	15873.5986	15800.3826 *	73.2160

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.55 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	116.5652	116.1751	0.3901
	10	173.4818	171.7118	1.7700
	25	297.5446	295.7927	1.7519
	50	572.2616	570.9680	1.2936
1	5	242.1632	239.0445 *	3.1187
	10	357.0362	352.6301 *	4.4061
	25	751.6198	746.8215 *	4.7983
	50	1454.1116	1444.8883 *	9.2233
3	5	696.0991	694.4320 *	1.6671
	10	1069.3273	1066.5666 *	2.7607
	25	2179.3333	2172.5951 *	6.7382
	50	3959.1426	3949.5513 *	9.5913

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.56 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก (SD_{EuCl})	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป (SD_{EuBo})	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	399.8185	391.1218 *	8.6967
	10	603.2481	597.6057 *	5.6424
	25	1216.2224	1210.2578	5.9646
	50	2153.5700	2136.5684	17.0016
1	5	700.6095	691.4462 *	9.1633
	10	1241.2095	1228.0431 *	13.1664
	25	2797.5778	2768.6285 *	28.9493
	50	5373.7031	5335.7524 *	37.9507
3	5	1841.9241	1834.4459 *	7.4782
	10	3380.2373	3372.6220 *	7.6153
	25	7873.9977	7854.6831 *	19.3146
	50	15854.1852	15816.9064 *	37.2788

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.57 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	131.0667 *	138.7512	7.6845
	10	205.9643 *	213.4015	7.4372
	25	394.8979 *	410.8346	15.9367
	50	643.2053 *	689.1677	45.9624
1	5	264.1232	260.5027 *	3.6205
	10	406.1887	399.4326 *	6.7561
	25	800.4221	792.1958 *	8.2263
	50	1398.7442	1385.7706 *	12.9736
3	5	633.7461	626.8839 *	6.8622
	10	1083.1952	1075.8324 *	7.3628
	25	2149.9738	2136.6207 *	13.3531
	50	4177.2345	4163.0565 *	14.1780

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.58 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	463.0813 *	473.0174	9.9361
	10	749.1280 *	773.5526	24.4246
	25	1514.8756 *	1585.7064	70.8308
	50	2529.9429 *	2685.8077	155.8648
1	5	779.0210	756.7124 *	22.3086
	10	1328.1016	1304.3129 *	23.7887
	25	3008.5277	2990.2713 *	18.2564
	50	5601.8252	5522.3262 *	79.4990
3	5	1846.3258	1821.8387 *	24.4871
	10	3510.0675	3471.6061 *	38.4614
	25	8118.7121	8093.9025 *	24.8096
	50	14996.1871	14935.0311 *	61.1560

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.59 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	117.8781	119.4739	1.5958
	10	175.0994	176.5500	1.4506
	25	331.2601	333.1481	1.8880
	50	579.4899	588.3733	8.8834
1	5	245.8995	240.6711 *	5.2284
	10	362.8728	356.3593 *	6.5135
	25	749.1751	738.5117 *	10.6634
	50	1428.6263	1414.2895 *	14.3368
3	5	694.1431	691.3808 *	2.7623
	10	1037.5185	1033.5898 *	3.9287
	25	2078.2330	2066.4555 *	11.7775
	50	3776.1338	3761.0763 *	15.0575

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.60 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	403.2543	400.5326	2.7217
	10	657.0460	654.2423	2.8037
	25	1299.6781	1295.3862	4.2919
	50	2290.0398	2276.5181	13.5217
1	5	708.9495	694.4935 *	14.4560
	10	1270.4210	1258.0949 *	12.3261
	25	2845.6498	2798.6487 *	47.0011
	50	5301.6220	5266.2476 *	35.3744
3	5	1796.2724	1784.1712 *	12.1012
	10	3153.5598	3128.1624 *	25.3974
	25	7442.5743	7412.1151 *	30.4592
	50	15050.2834	14985.5097 *	64.7737

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.61 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	114.4629	112.0788 *	2.3841
	10	167.6569	166.6282 *	1.0287
	25	317.7338	312.6441 *	5.0897
	50	518.7658	515.5309 *	3.2349
1	5	236.2249	233.9728 *	2.2521
	10	367.7601	362.9895 *	4.7706
	25	736.9087	728.5965 *	8.3122
	50	1259.2955	1251.3505 *	7.9450
3	5	657.1542	655.1341 *	2.0201
	10	948.1496	944.0005 *	4.1491
	25	2020.6788	2013.4375 *	7.2413
	50	3767.1512	3752.5409 *	14.6103

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.62 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	361.0377	354.8934 *	6.1443
	10	582.1717	569.1034 *	13.0683
	25	1137.9654	1126.8648 *	11.1006
	50	2001.8264	1986.1894 *	15.637
1	5	706.7395	698.5467 *	8.1928
	10	1151.1416	1133.9382 *	17.2034
	25	2738.0746	2716.0917 *	21.9829
	50	5045.3181	5011.6160 *	33.7021
3	5	1820.6225	1809.9650 *	10.6575
	10	3244.4446	3232.5149 *	11.9297
	25	7150.3791	7132.6836 *	17.6955
	50	15261.7754	15230.9866 *	30.7888

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.63 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	119.5172 *	123.8963	4.3791
	10	190.8481 *	198.1894	7.3413
	25	352.2894 *	365.4852	13.1958
	50	579.1840 *	608.9069	29.7229
1	5	233.4717	228.6586 *	4.8131
	10	366.2822	360.4704 *	5.8118
	25	751.1142	746.1856 *	4.9286
	50	1360.1685	1343.8906 *	16.2779
3	5	612.4263	607.8057 *	4.6206
	10	1001.2359	991.0814 *	10.1545
	25	2060.5840	2054.4284 *	6.1556
	50	3802.6356	3784.7932 *	17.8424

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.64 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	411.2645 *	415.8517	4.5872
	10	698.9723 *	713.1612	14.1889
	25	1315.0203 *	1370.4904	55.4701
	50	2351.8323 *	2462.0546	110.2223
1	5	685.6397	671.8705 *	13.7692
	10	1255.9695	1234.2414 *	21.7281
	25	2835.6106	2809.1687 *	26.4419
	50	5060.5194	5009.0218 *	51.4976
3	5	1683.0813	1662.4298 *	20.6515
	10	3016.4003	2989.9296 *	26.4707
	25	7488.6314	7452.1395 *	36.4919
	50	14124.2006	14051.0317 *	73.1689

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.65 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	109.4285	107.3431	2.0854
	10	172.5385	171.9254	1.6131
	25	306.6049	308.0547	1.4498
	50	516.5031	520.0352	3.5321
1	5	226.1702	223.6277 *	2.5425
	10	341.2055	336.0889 *	5.1166
	25	708.4225	699.6004 *	8.8221
	50	1279.8505	1270.9823 *	8.8682
3	5	612.9864	609.0573 *	3.9291
	10	957.2840	953.8260 *	3.4580
	25	1919.5869	1915.3464 *	4.2405
	50	3580.9141	3566.4308 *	14.4833

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.66 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	378.7010	367.1515 *	11.5495
	10	572.8251	567.9793	4.8458
	25	1174.4818	1170.8465	3.6353
	50	2020.7977	2012.5914	8.2063
1	5	667.4716	656.6006 *	10.8710
	10	1159.7274	1137.8876 *	21.8398
	25	2754.9631	2730.1465 *	24.8166
	50	5118.5836	5083.7234 *	34.8602
3	5	1766.0427	1753.2489 *	12.7938
	10	3189.8247	3177.0670 *	12.7577
	25	7319.9986	7277.0502 *	42.9484
	50	13749.4202	13709.6510 *	39.7692

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.67 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	103.0428	101.4562 *	1.5866
	10	151.8868	149.4468 *	2.4400
	25	290.8832	288.7484	2.1348
	50	507.9077	503.3878	4.5199
1	5	228.7815	226.7457 *	2.0358
	10	350.3542	347.6563 *	2.6979
	25	674.4548	670.3792 *	4.0756
	50	1247.6083	1240.0105 *	7.5978
3	5	649.2561	647.9974 *	1.2587
	10	927.9945	925.5488 *	2.4457
	25	1985.9518	1981.2787 *	4.6731
	50	3522.3169	3516.3517 *	5.9652

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.68 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	331.5902	320.9370 *	10.6532
	10	550.0739	536.3928 *	13.6811
	25	1090.8521	1075.1606	15.6915
	50	1928.9863	1920.0937	8.8926
1	5	667.2254	660.4745 *	6.7509
	10	1111.7267	1098.8260 *	12.9007
	25	2450.2062	2434.5084 *	15.6978
	50	5085.6231	5070.1165 *	15.5066
3	5	1658.1177	1651.7199 *	6.3978
	10	3056.9368	3049.5566 *	7.3802
	25	7078.4494	7059.8990 *	18.5504
	50	14337.5173	14310.4539 *	27.0634

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.69 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	110.7078 *	111.8526	1.1448
	10	172.2999 *	176.1884	3.8885
	25	324.4761 *	329.1236	4.6475
	50	523.0376 *	540.0392	17.0016
1	5	217.6024	214.4877 *	3.1147
	10	347.5897	340.5800 *	7.0097
	25	688.3652	678.6100 *	9.7552
	50	1218.9114	1206.0580 *	12.8534
3	5	584.6259	580.9226 *	3.7033
	10	885.8835	882.3883 *	3.4952
	25	1836.4712	1828.0262 *	8.4450
	50	3441.6041	3429.7147 *	11.8894

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.70 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	389.3271	386.7903	2.5368
	10	606.0293	602.4901	3.5392
	25	1238.4237	1249.0191	10.5954
	50	2068.4317	2104.2202	35.7885
1	5	648.4350	633.3647 *	15.0703
	10	1084.3567	1069.1532 *	15.2035
	25	2539.2700	2513.6281 *	25.6419
	50	4711.5309	4676.6330 *	34.8979
3	5	1613.9437	1602.7349 *	11.2088
	10	2871.6446	2845.4587 *	26.1859
	25	6516.9509	6463.2191 *	53.7318
	50	13214.7219	13151.5655 *	63.1564

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.71 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	99.69818	98.50878 *	1.1894
	10	151.5870	149.3192 *	2.2678
	25	290.4068	291.4946	1.0878
	50	472.6390	476.1924	3.5534
1	5	216.7240	213.9794 *	2.7446
	10	323.2496	320.0182 *	3.2314
	25	666.1048	660.3598 *	5.7450
	50	1121.6160	1114.2968 *	7.3192
3	5	570.3819	568.6893 *	1.6926
	10	906.3577	904.7667 *	1.5910
	25	1761.6846	1756.6356 *	5.0490
	50	3364.6253	3356.5589 *	8.0664

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.72 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	323.3328	319.5976 *	3.7352
	10	540.1065	527.3677 *	12.7388
	25	1037.0887	1030.5106	6.5781
	50	1879.7421	1869.1973	10.5448
1	5	612.7460	606.4153 *	6.3307
	10	1055.0788	1040.6245 *	14.4543
	25	2433.3383	2407.4509 *	25.8874
	50	4623.6163	4601.0073 *	22.6090
3	5	1616.8534	1609.6419 *	7.2115
	10	2811.0936	2801.9681 *	9.1255
	25	6612.4696	6586.7965 *	25.6731
	50	13594.3028	13570.1220 *	24.1808

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.73 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	95.93994	94.92044 *	1.0195
	10	141.1479	139.1138 *	2.0341
	25	265.2390	263.1372 *	2.1018
	50	450.7469	447.2442 *	3.5027
1	5	215.3764	213.6729 *	1.7035
	10	314.8442	312.7962 *	2.048
	25	638.8695	633.6658 *	5.2037
	50	1159.0504	1153.5154 *	5.5350
3	5	552.1539	550.6836 *	1.4703
	10	856.5734	853.7820 *	2.7914
	25	1847.4626	1845.3545 *	2.1081
	50	3370.1035	3364.2499 *	5.8536

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.74 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 1) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	305.8556	302.9609 *	2.8947
	10	503.9236	497.1868 *	6.7368
	25	975.9996	969.7042 *	6.2954
	50	1940.7908	1930.4857 *	10.3051
1	5	597.5444	590.7775 *	6.7669
	10	1020.0598	1009.2860 *	10.7738
	25	2311.7576	2300.0525 *	11.7051
	50	4555.0560	4519.8932 *	35.1628
3	5	1542.8752	1536.0515 *	6.8237
	10	2720.8992	2710.4259 *	10.4733
	25	6600.3696	6587.0797 *	13.2899
	50	13149.1663	13111.9146 *	37.2517

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

จากตารางที่ 4.39 – 4.74 เพื่อให้เห็นการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยของวิธีการประมาณทั้ง 2 วิธีในทุกสถานการณ์ให้ชัดเจนยิ่งขึ้น จะแสดงสรุปให้เห็นดังตารางที่ 4.75-4.76 (ค่าสถิติแสดงในภาคผนวก ข)

ตารางที่ 4.75 แสดงวิธีการประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนที่ให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่า (กรณีที่ 1)
เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนและค่าสเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5

k	$\frac{1}{3}$			1			3		
n / (a,b)	3	5	7	3	5	7	3	5	7
(3,3)	C	C	C	B(10,25,50)	B	B	B	B	B
(3,4)	C	C	EQ	B(50)	B	B	B	B	B
(3,5)	C	C(25,50)	EQ	B	B	B	B	B	B
(4,4)	C	EQ	B	B	B	B	B	B	B
(4,5)	C	EQ	B(5,10)	B	B	B	B	B	B
(5,5)	C	B(5,10)	B	B	B	B	B	B	B

หมายเหตุ B(p) คือ วิธีบูตสแตรปให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยน้อยกว่าวิธีคลาสสิก ในกรณีเปอร์เซ็นต์การปลอมปนเท่ากับ p%

B คือ วิธีบูตสแตรปให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยน้อยกว่าวิธีคลาสสิกในทุกกรณี

C(p) คือ วิธีคลาสสิกให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยน้อยกว่าวิธีบูตสแตรป ในกรณีเปอร์เซ็นต์การปลอมปนเท่ากับ p%

C คือ วิธีคลาสสิกให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยน้อยกว่าวิธีบูตสแตรปในทุกกรณี

EQ คือ วิธีการประมาณทั้งสองวิธีให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.76 แสดงวิธีการประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนที่ให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่า (กรณีที่ 1)
เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนและค่าสเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10

k	$\frac{1}{3}$			1			3		
n / (a,b)	3	5	7	3	5	7	3	5	7
(3,3)	C	C(10,25,50)	C(25,50)	B(10,25,50)	B	B	B	B	B
(3,4)	C	C(25,50)	EQ	B	B	B	B	B	B
(3,5)	C	C(25,50)	B(5,10)	B	B	B	B	B	B
(4,4)	C	EQ	B	B	B	B	B	B	B
(4,5)	C	B(5)	B(5,10)	B	B	B	B	B	B
(5,5)	EQ	B(5,10)	B	B	B	B	B	B	B

หมายเหตุ B(p) คือ วิธีบูตสแตรปให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยน้อยกว่าวิธีคลาสสิก ในกรณีเปอร์เซ็นต์การปลอมปนเท่ากับ p%

B คือ วิธีบูตสแตรปให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยน้อยกว่าวิธีคลาสสิกในทุกกรณี

C(p) คือ วิธีคลาสสิกให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยน้อยกว่าวิธีบูตสแตรป ในกรณีเปอร์เซ็นต์การปลอมปนเท่ากับ p%

C คือ วิธีคลาสสิกให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยน้อยกว่าวิธีบูตสแตรปในทุกกรณี

EQ คือ วิธีการประมาณทั้งสองวิธีให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

จากตารางที่ 4.75 - 4.76 เมื่อความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับความแปรปรวนของปัจจัยอื่น ๆ การประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนด้วยวิธีบูตสแตรปโดยส่วนใหญ่จะให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่าการประมาณด้วยวิธีคลาสสิก ส่วนในกรณีที่ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่ามากกว่าความแปรปรวนของปัจจัยอื่น ๆ จำแนกเป็นกรณีดังนี้

เมื่อขนาดหน่วยทดลองเท่ากับ 3 การประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนด้วยวิธีคลาสสิกจะให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่าการประมาณด้วยวิธีบูตแตรป

เมื่อขนาดหน่วยทดลองเท่ากับ 5 และระดับปัจจัยทดลองเท่ากับ 3 การประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนด้วยวิธีคลาสสิกจะให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่าการประมาณด้วยวิธีบูตแตรป กรณีอื่นระยะทางยุคลิดที่ได้จากทั้งสองวิธีไม่แตกต่างกันยกเว้นกรณีที่ระดับปัจจัยทดลองและปัจจัยแบ่งบล็อกเท่ากับ 5 เปอร์เซนต์การปลอมปนเท่ากับ 5%และ10% วิธีบูตสแตรปจะให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่า

เมื่อขนาดหน่วยทดลองเท่ากับ 7 การประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนด้วยวิธีบูตสแตรปจะให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่าการประมาณด้วยวิธีคลาสสิกยกเว้นกรณีที่ระดับปัจจัยทดลองกับปัจจัยแบ่งบล็อกเท่ากับ 3 วิธีคลาสสิกจะให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรณีที่ 2 ปัจจัยแบ่งบล็อกมีผลกระทบร่วมกับปัจจัยทดลอง

4.2.1 เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

ตารางที่ 4.77 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	6.55707 *	7.53108	0.97401
	30	61.07393 *	69.26698	8.19305
	50	166.8782 *	188.2795	21.4013
	100	683.8458 *	780.5655	96.7197
1	10	7.35950	7.16892 *	0.19058
	30	68.33768	66.89647 *	1.44121
	50	184.5351	179.4192 *	5.1159
	100	752.3254	736.9440 *	15.3814
3	10	7.81062	7.63890 *	0.17172
	30	71.47457	70.06924 *	1.40533
	50	202.3488	198.3615 *	3.9873
	100	840.6286	827.1472 *	13.4814

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

ตารางที่ 4.78 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	5.82082 *	5.87790	0.05698
	30	53.66253 *	55.30210	1.63957
	50	141.1709 *	144.5160	3.3451
	100	569.8519 *	579.6128	9.7609
1	10	7.18635	6.91760 *	0.26875
	30	63.81933	61.70994 *	2.10939
	50	176.5272	170.4852 *	6.0420
	100	722.7749	704.8063 *	17.9686
3	10	7.84759	7.73569 *	0.11190
	30	77.15524	76.21585 *	0.93939
	50	196.5971	193.8372 *	2.7599
	100	830.0793	818.3741 *	11.7052

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.79 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	5.29304	5.17670 *	0.11634
	30	48.97012	48.05793 *	0.91219
	50	137.0107	134.1790 *	2.8317
	100	515.1950	500.2051 *	14.9899
1	10	6.80040	6.63363 *	0.16677
	30	60.84551	59.01074 *	1.83477
	50	182.7206	177.8316 *	4.8890
	100	704.9497	685.9444 *	19.0053
3	10	7.73098	7.63939 *	0.09159
	30	73.12676	72.47384 *	0.65292
	50	194.0698	192.0186 *	2.0512
	100	760.4586	752.3369 *	8.1217

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.80 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	5.76782 *	6.71298	0.94516
	30	52.18692 *	61.06202	8.87510
	50	144.9637 *	169.6167	24.6530
	100	560.6121 *	655.6063	94.9942
1	10	6.40067	6.31685 *	0.08382
	30	60.51123	59.81488 *	0.69635
	50	169.4711	167.5279 *	1.9432
	100	638.3284	629.8562 *	8.4722
3	10	7.05273	6.95448 *	0.09825
	30	66.47414	65.76299 *	0.71115
	50	178.8473	176.8238 *	2.0235
	100	700.3943	690.8740 *	9.5203

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.81 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	4.65099 *	4.84464	0.19365
	30	43.57395 *	44.54898	0.97503
	50	111.4619 *	114.9716	3.5097
	100	469.7321 *	480.1345	10.4024
1	10	6.25626	6.14530 *	0.11096
	30	55.64313	54.56624 *	1.07689
	50	154.4655	151.3489 *	3.1166
	100	631.1603	620.2917 *	10.8686
3	10	6.57077	6.50501 *	0.06576
	30	61.91360	61.22756 *	0.68604
	50	175.0407	173.3181 *	1.7226
	100	698.2790	692.7192 *	5.5598

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.82 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	4.75091	4.61579 *	0.13512
	30	41.85079	41.25587 *	0.59492
	50	111.8479	109.4381 *	2.4098
	100	454.7228	447.4521 *	7.2707
1	10	6.17045	6.05838 *	0.11207
	30	53.04990	51.81008 *	1.23982
	50	150.2058	146.8531 *	3.3527
	100	631.3461	619.9954 *	11.3507
3	10	7.35551	7.29624 *	0.05927
	30	62.52253	62.00038 *	0.52215
	50	171.2501	170.2667 *	0.9834
	100	689.8155	684.6735 *	5.1420

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.83 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	4.93075 *	6.00258	1.07183
	30	46.08235 *	55.18477	9.10242
	50	130.6330 *	153.9668	23.3338
	100	504.8894 *	606.2008	101.3114
1	10	5.84990	5.83567	0.01423
	30	54.25283	54.12693	0.12590
	50	142.6105	142.0987	0.5118
	100	550.1125	545.7156	4.3969
3	10	6.30266	6.25259 *	0.05007
	30	57.35578	56.87281 *	0.48297
	50	171.7339	170.4421 *	1.2918
	100	637.8537	632.5633 *	5.2904

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.84 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	4.02264 *	4.24075	0.21811
	30	37.56680 *	39.88175	2.31495
	50	104.3522 *	110.7827	6.4305
	100	429.8060 *	452.5846	22.7786
1	10	5.51951	5.46020	0.05931
	30	48.48460	47.61775 *	0.86685
	50	134.1663	132.5053 *	1.6610
	100	593.2862	585.4921 *	7.7941
3	10	6.18785	6.15174 *	0.03611
	30	60.00928	59.64089 *	0.36839
	50	167.5762	166.1909 *	1.3853
	100	668.5910	663.6700 *	4.9210

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.85 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	4.01144	4.01399	0.00255
	30	36.99088	37.03237	0.04149
	50	100.7710	101.2610	0.4900
	100	415.7888	420.3138	4.5250
1	10	5.35920	5.28328 *	0.07592
	30	50.29709	49.78424 *	0.51285
	50	140.1585	138.3736 *	1.7849
	100	551.4735	544.2141 *	7.2594
3	10	6.32064	6.28362 *	0.03702
	30	57.49352	57.17993 *	0.31359
	50	160.0523	159.6206 *	0.4317
	100	637.5136	634.1748 *	3.3388

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.86 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	4.86820 *	5.92206	1.05386
	30	42.02651 *	51.39581	9.36930
	50	113.2026 *	141.2664	28.0638
	100	468.9718 *	576.5794	107.6076
1	10	5.72509	5.75605	0.03096
	30	50.81053 *	51.08091	0.27038
	50	133.8464 *	136.0209	2.1745
	100	551.4773 *	557.1785	5.7012
3	10	5.90268	5.86615	0.03653
	30	54.28315	53.89221 *	0.39094
	50	159.3656	158.1255 *	1.2401
	100	613.0027	609.3187 *	3.6840

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.87 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	4.10264 *	4.33080	0.22816
	30	37.08566 *	39.54963	2.46397
	50	104.6776 *	111.0747	6.3971
	100	389.7869 *	414.4179	24.6310
1	10	5.53345	5.47911 *	0.05434
	30	50.54933	49.96337 *	0.58596
	50	133.4737	132.8641 *	0.6096
	100	561.6592	555.1486 *	6.5106
3	10	6.84388	6.78774 *	0.05614
	30	54.79000	54.50400 *	0.28600
	50	150.2645	149.5805 *	0.6840
	100	630.2524	627.6393 *	2.6131

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.88 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	3.77081 *	3.81685	0.04604
	30	35.69878 *	36.61920	0.92042
	50	96.83017 *	98.47231	1.64214
	100	409.9069 *	415.9270	6.0201
1	10	5.14297	5.12613 *	0.01684
	30	46.44761	46.03437 *	0.41324
	50	131.8395	131.0011 *	0.8384
	100	516.0846	511.4930 *	4.5916
3	10	5.62971	5.60209 *	0.02762
	30	55.73330	55.54253 *	0.19077
	50	154.9112	154.1848 *	0.7264
	100	594.1542	590.7617 *	3.3925

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.89 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	4.09290 *	5.34423	1.25133
	30	39.17738 *	49.12183	9.94445
	50	106.8314 *	136.2170	29.3856
	100	426.2471 *	541.1272	114.8801
1	10	4.93775 *	5.11351	0.17576
	30	46.82909 *	47.41694	0.58785
	50	128.8906 *	132.1894	3.2988
	100	516.2839 *	525.2350	8.9511
3	10	5.73201	5.70098	0.03103
	30	51.86375	51.76618	0.09757
	50	147.7275	147.5104	0.2171
	100	583.0683	580.9778	2.0905

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.90 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	3.69246 *	4.05456	0.36210
	30	35.13002 *	38.88278	3.75276
	50	95.92047 *	105.7286	9.80813
	100	372.9586 *	408.3106	35.3520
1	10	5.01739	5.06353	0.04614
	30	44.83852	45.06685	0.22833
	50	127.5703	128.2368	0.6665
	100	474.4191	479.8962	5.4771
3	10	6.16774	6.14160	0.02614
	30	49.81762	49.63365	0.18397
	50	140.0219	139.7046	0.3173
	100	568.9608	566.2335	2.7273

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.91 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	3.55542 *	3.67315	0.11773
	30	33.09501 *	34.62423	1.52922
	50	90.67502 *	94.03691	3.36189
	100	371.5732 *	386.8302	15.2570
1	10	4.59211	4.57604	0.01607
	30	45.10753	44.95050	0.15703
	50	121.6259	121.3936	0.2323
	100	484.4296	483.8550	0.5746
3	10	5.57107	5.54983 *	0.02124
	30	50.63927	50.53083 *	0.10844
	50	137.6881	137.1560 *	0.5321
	100	546.3514	544.7776 *	1.5738

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.92 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	3.75517 *	5.10751	1.35234
	30	34.16070 *	46.06791	11.90721
	50	94.09172 *	126.4357	32.34398
	100	395.0295 *	527.2857	132.2562
1	10	4.46792 *	4.67726	0.20934
	30	43.35401 *	45.67431	2.32030
	50	111.3089 *	117.2547	5.9458
	100	466.6350 *	489.6764	23.0414
3	10	5.17577 *	5.21337	0.03760
	30	46.92433 *	47.06661	0.14228
	50	132.3026 *	133.2483	0.9457
	100	539.4156 *	541.6656	2.2500

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.93 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	3.38185 *	3.91321	0.53136
	30	30.63276 *	34.97134	4.33858
	50	84.86101 *	96.94937	12.08836
	100	341.2860 *	386.9384	45.6524
1	10	4.45724 *	4.49535	0.03811
	30	41.03848 *	41.89499	0.85651
	50	111.5588 *	113.5145	1.9557
	100	437.5649 *	445.4207	7.8558
3	10	5.22905	5.23919	0.01014
	30	49.47134	49.47349	0.00215
	50	131.6010	131.6033	0.0023
	100	534.6975	535.4231	0.7256

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.94 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	3.06836 *	3.36419	0.29583
	30	29.91520 *	32.32219	2.40699
	50	83.71712 *	89.67489	5.95777
	100	333.4855 *	358.2358	24.7503
1	10	4.29733 *	4.35022	0.05289
	30	39.45183 *	39.86739	0.41556
	50	108.4219 *	109.6015	1.1796
	100	433.4983 *	437.1646	3.6663
3	10	4.87122	4.85158 *	0.01964
	30	43.76416	43.65742 *	0.10674
	50	130.1931	130.0152 *	0.1779
	100	526.8380	525.9010 *	0.9370

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

จากตารางที่ 4.77 – 4.94 เพื่อให้เห็นการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยของวิธีการประมาณทั้ง 2 วิธีในทุกสถานการณ์ให้ชัดเจนยิ่งขึ้น จะแสดงสรุปให้เห็นดังตารางที่ 4.95 (ค่าสถิติแสดงในภาคผนวก ข)

ตารางที่ 4.95 แสดงวิธีการประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนที่ให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่า (กรณีที่ 2)
เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

k	$\frac{1}{3}$			1			3		
n / (a,b)	3	5	7	3	5	7	3	5	7
(3,3)	C	C	B	B	B	B	B	B	B
(3,4)	C	C	B	B	B	B	B	B	B
(3,5)	C	C	EQ	EQ	B(30,50,100)	B	B	B	B
(4,4)	C	C	C	C(30,50,100)	B	B	B(30,50,100)	B	B
(4,5)	C	C	C	C	EQ	EQ	EQ	EQ	B
(5,5)	C	C	C	C	C	C	C	EQ	B

หมายเหตุ B(cv) คือ วิธีบูตสแตรปให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยน้อยกว่าวิธีคลาสสิก ในกรณีสัมประสิทธิ์การแปรผันเท่ากับ cv%

B คือ วิธีบูตสแตรปให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยน้อยกว่าวิธีคลาสสิกในทุกกรณี

C(cv) คือ วิธีคลาสสิกให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยน้อยกว่าวิธีบูตสแตรป ในกรณีสัมประสิทธิ์การแปรผันเท่ากับ cv%

C คือ วิธีคลาสสิกให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยน้อยกว่าวิธีบูตสแตรปในทุกกรณี

EQ คือ วิธีการประมาณทั้งสองวิธีให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

จากตารางที่ 4.95 เมื่อความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่ามากกว่าความแปรปรวนของปัจจัยอื่น ๆ การประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนด้วยวิธีคลาสสิกจะให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่าการประมาณด้วยวิธีบูตสแตรป ยกเว้นกรณีที่ระดับปัจจัยทดลองเท่ากับ 3 และขนาดหน่วยทดลองเท่ากับ 7 การประมาณด้วยวิธีบูตสแตรปจะให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่า

เมื่อความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่าเท่ากับความแปรปรวนของปัจจัยอื่น ๆ การประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนด้วยวิธีบูตสแตรปจะให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่าการประมาณด้วยวิธีคลาสสิกยกเว้นกรณีที่ระดับปัจจัยทดลองมากกว่า 3 การประมาณด้วยวิธีคลาสสิกจะให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่า

เมื่อความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่าน้อยกว่าความแปรปรวนของปัจจัยอื่น ๆ การประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนด้วยวิธีบูตสแตรปจะให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่าการประมาณด้วยวิธีคลาสสิกยกเว้นกรณีที่ระดับปัจจัยทดลองกับระดับปัจจัยแบ่งบล็อกเท่ากับ 5 และขนาดหน่วยทดลองเท่ากับ 3 การประมาณด้วยวิธีคลาสสิกจะให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.2 เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

ตารางที่ 4.96 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	6.84527 *	7.67386	0.82859
	30	61.70482 *	69.15464	7.44982
	50	174.4084 *	196.4667	22.0583
	100	685.7486 *	770.4582	84.7096
1	10	7.13075	6.90288 *	0.22787
	30	69.15940	68.02363 *	1.13577
	50	192.1094	188.9545 *	3.1549
	100	735.7608	719.6674 *	16.0934
3	10	7.64699	7.48319 *	0.16380
	30	74.54031	73.28680 *	1.25351
	50	212.5445	208.9106 *	3.6339
	100	806.8320	789.7610 *	17.0710

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.97 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	6.01811 *	6.10954	0.09143
	30	56.56948 *	56.96654	0.39706
	50	150.4118 *	152.0419	1.6301
	100	590.4404 *	605.0995	14.6591
1	10	6.41333	6.19924 *	0.21409
	30	64.77085	62.68803 *	2.08282
	50	181.5176	175.8123 *	5.7053
	100	715.7665	695.8610 *	19.9055
3	10	8.61286	8.50163 *	0.11123
	30	76.94828	76.06957 *	0.87871
	50	210.0640	207.2047 *	2.8593
	100	845.0542	834.4663 *	10.5879

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.98 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	5.51185	5.40526 *	0.10659
	30	51.60982	50.58099 *	1.02883
	50	132.4742	130.1975 *	2.2767
	100	541.2726	527.2180 *	14.0546
1	10	6.53187	6.31742 *	0.21445
	30	65.27418	63.56174 *	1.71244
	50	174.1764	168.7902 *	5.3862
	100	704.8569	685.0316 *	19.8253
3	10	8.41841	8.33079 *	0.08762
	30	71.68675	70.87502 *	0.81173
	50	191.8009	189.6866 *	2.1143
	100	815.5206	806.6910 *	8.8296

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.99 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	5.77266 *	6.64775	0.87509
	30	53.23113 *	60.45874	7.22761
	50	140.2222 *	164.5443	24.3221
	100	579.3334 *	667.5516	88.2182
1	10	6.31341	6.14931 *	0.16410
	30	57.99955	56.79355 *	1.20600
	50	163.3726	162.0297 *	1.3429
	100	648.2239	642.4223 *	5.8016
3	10	6.97376	6.87362 *	0.10014
	30	68.05725	66.91429 *	1.14296
	50	181.4346	178.8753 *	2.5593
	100	740.5404	734.2958 *	6.2446

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.100 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	5.24386 *	5.51176	0.26790
	30	48.44835 *	49.98089	1.53254
	50	129.6276 *	133.7903	4.1627
	100	507.7223 *	517.5929	9.8706
1	10	5.91507	5.75512 *	0.15995
	30	53.28534	52.06459 *	1.22075
	50	158.3124	155.1994 *	3.1130
	100	613.4187	600.8020 *	12.6167
3	10	7.44899	7.37881 *	0.07018
	30	59.11074	58.58350 *	0.52724
	50	181.9461	180.4083 *	1.5378
	100	701.3449	694.5169 *	6.8280

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.101 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	4.80554	4.68835 *	0.11719
	30	43.28751	41.62405 *	1.66346
	50	116.1350	113.3429 *	2.7921
	100	472.0892	457.8445 *	14.2447
1	10	6.00869	5.90608 *	0.10261
	30	57.95709	56.50384 *	1.45325
	50	156.9431	154.3414 *	2.6017
	100	655.5070	643.2277 *	12.2793
3	10	7.63936	7.59963 *	0.03973
	30	64.27906	63.78095 *	0.49811
	50	171.1305	169.7457 *	1.3848
	100	716.5197	709.7640 *	6.7557

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.102 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	5.09510 *	6.08049	0.98539
	30	48.68515 *	56.58939	7.90424
	50	128.8097 *	151.9308	23.1211
	100	516.0266 *	617.2930	101.2664
1	10	5.65035	5.63800	0.01235
	30	53.05343	53.02138	0.03205
	50	151.3013	150.5642	0.7371
	100	598.9795	597.5130	1.4665
3	10	6.42401	6.34909 *	0.07492
	30	60.06348	59.45242 *	0.61106
	50	170.7334	169.1595 *	1.5739
	100	650.2176	642.4738 *	7.7438

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.103 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	4.47175 *	4.62810	0.15635
	30	39.73202 *	42.06927	2.33725
	50	113.5929 *	117.4636	3.8707
	100	433.9368 *	451.0390	17.1022
1	10	5.76332	5.64904 *	0.11428
	30	52.65053	51.94225 *	0.70828
	50	136.1563	133.8482 *	2.3081
	100	556.9022	549.6232 *	7.2790
3	10	6.27703	6.20686 *	0.07017
	30	58.16464	57.80383 *	0.36081
	50	169.5351	168.2002 *	1.3349
	100	655.8595	650.2844 *	5.5751

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.104 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	4.07558	4.08408	0.00850
	30	39.94381	40.15557	0.21176
	50	106.5887	107.1233	0.5346
	100	449.7838	453.0799	3.2961
1	10	5.52493	5.45832 *	0.06661
	30	52.16720	51.70875 *	0.45845
	50	133.3878	131.7966 *	1.5912
	100	567.5191	560.7886 *	6.7305
3	10	6.14670	6.11355 *	0.03315
	30	57.22405	56.90952 *	0.31453
	50	161.3435	160.5111 *	0.8324
	100	645.1050	642.3328 *	2.7722

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.105 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	5.21801 *	6.29948	1.08147
	30	43.77644 *	52.68045	8.90401
	50	124.9949 *	149.8553	24.8604
	100	534.1897 *	623.9946	89.8049
1	10	5.67857	5.73954	0.06097
	30	51.50915	51.58012	0.07097
	50	141.8269	142.5425	0.7156
	100	571.1513	576.7781	5.6268
3	10	6.52399	6.34709 *	0.17690
	30	60.26984	59.84763 *	0.42221
	50	152.6615	151.2857 *	1.3758
	100	642.6895	638.4631 *	4.2264

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.106 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	4.33658 *	4.52329	0.18671
	30	39.71215 *	41.83986	2.12771
	50	115.0383 *	121.3317	6.2934
	100	420.6943 *	444.3896	23.6953
1	10	5.50321	5.48043	0.02278
	30	48.43362	47.80853 *	0.62509
	50	134.5093	133.5148 *	0.9945
	100	554.6540	548.5751 *	6.0789
3	10	6.17340	6.11806 *	0.05534
	30	58.16464	57.80383 *	0.36081
	50	155.3889	154.4116 *	0.9773
	100	636.0101	632.9377 *	3.0724

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.107 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	4.07099 *	4.18536	0.11437
	30	37.68786 *	38.51271	0.82485
	50	102.6384 *	103.9528	1.3144
	100	418.8967	424.0730	5.1763
1	10	5.72010	5.68894	0.03116
	30	47.75565	47.24386 *	0.51179
	50	133.2710	131.7709 *	1.5001
	100	526.4320	520.9337 *	5.4983
3	10	6.30280	6.27256 *	0.03024
	30	53.57335	53.23319 *	0.34016
	50	153.0015	152.2999 *	0.7016
	100	604.2185	602.3088 *	1.9097

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.108 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	4.28077 *	5.41614	1.13537
	30	39.67768 *	50.22470	10.54702
	50	112.8752 *	141.4381	28.5629
	100	458.3353 *	554.4117	96.0764
1	10	5.20569 *	5.28440	0.07871
	30	48.90272 *	49.68425	0.78153
	50	132.9646 *	135.4757	2.5111
	100	514.4341 *	523.2613	8.8272
3	10	5.56562	5.53251	0.03311
	30	56.63833	56.57195	0.06638
	50	140.5030	140.2400	0.2630
	100	569.3312	566.5665 *	2.7647

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.109 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	3.77622 *	4.07529	0.29907
	30	36.42344 *	38.63006	2.20662
	50	104.2543 *	111.6102	7.3559
	100	402.0513 *	434.5082	32.4569
1	10	5.27429	5.24784	0.02645
	30	44.48183	44.42983	0.05200
	50	121.5867	121.3620	0.2247
	100	524.0546	522.9392	1.1154
3	10	6.08450	6.06389 *	0.02061
	30	49.48354	49.30574 *	0.1778
	50	142.1028	141.6209 *	0.4819
	100	588.8162	586.2249 *	2.5913

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.110 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	3.79157 *	3.98833	0.19676
	30	34.52036 *	35.44791	0.92755
	50	98.99866 *	101.8408	2.84214
	100	391.7168 *	401.8053	10.0885
1	10	4.74473	4.72905	0.01568
	30	45.32155	45.07041	0.25114
	50	128.7413	128.2973	0.4440
	100	457.8502	455.9674	1.8828
3	10	5.06708	5.05091 *	0.01617
	30	51.52617	51.42032 *	0.10585
	50	143.2773	142.8660 *	0.4113
	100	576.3962	574.5901 *	1.8061

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.111 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 3 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	4.02660 *	5.27931	1.25271
	30	36.06579 *	46.56906	10.50327
	50	98.89996 *	130.7435	31.84354
	100	398.4083 *	526.9001	128.4918
1	10	4.68626 *	4.92105	0.23479
	30	43.87974 *	45.61158	1.73184
	50	117.1137 *	121.7855	4.6718
	100	482.3818 *	498.6007	16.2189
3	10	5.54204	5.57153	0.02949
	30	48.29559	48.46164	0.16605
	50	131.4075	131.9390	0.5315
	100	532.6923	533.6521	0.9598

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.112 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 5 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	3.67311 *	4.01692	0.34381
	30	32.83101 *	36.03596	3.20495
	50	91.61196 *	102.0080	10.39604
	100	358.0119 *	401.0228	43.0109
1	10	4.57367 *	4.63629	0.06262
	30	40.79055 *	41.16635	0.37580
	50	187.0258 *	188.3667	1.3409
	100	446.7843 *	451.0880	4.3037
3	10	5.18554	5.16644	0.01910
	30	48.02805	47.94236	0.08569
	50	138.9624	138.9164	0.0460
	100	497.9034	497.6981	0.2053

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.113 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) ณ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันต่างๆ เมื่อระดับปัจจัยทดลองปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 7 ตามลำดับ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

ค่าคงที่ k	สัมประสิทธิ์การแปรผัน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	10	3.44064 *	3.64275	0.20211
	30	32.04835 *	33.32822	1.27987
	50	86.66860 *	93.13946	6.47086
	100	347.2938 *	366.4592	19.1654
1	10	4.21657 *	4.25104	0.03447
	30	40.36916	40.43284	0.06368
	50	108.6242	109.1004	0.4762
	100	434.4484	435.3117	0.8633
3	10	4.91341	4.88238 *	0.03103
	30	48.02834	47.87572 *	0.15262
	50	137.3243	137.1838 *	0.1405
	100	524.7175	523.5793 *	1.1382

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

จากตารางที่ 4.96 – 4.113 เพื่อให้เห็นการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยของวิธีการประมาณทั้ง 2 วิธีในทุกสถานการณ์ให้ชัดเจนยิ่งขึ้น จะแสดงสรุปให้เห็นดังตารางที่ 4.114 (ค่าสถิติแสดงในภาคผนวก ข)

ตารางที่ 4.114 แสดงวิธีการประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนที่ให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่า (กรณีที่ 2)
เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

k	$\frac{1}{3}$			1			3		
n / (a,b)	3	5	7	3	5	7	3	5	7
(3,3)	C	C	B	B	B	B	B	B	B
(3,4)	C	C	B	B	B	B	B	B	B
(3,5)	C	C	EQ	EQ	B	B	B	B	B
(4,4)	C	C	C(10,30,50)	EQ	B(30,50,100)	B(30,50,100)	B	B	B
(4,5)	C	C	C	C	EQ	EQ	B(100)	B	B
(5,5)	C	C	C	C	C	C(10)	EQ	EQ	B

หมายเหตุ B(cv) คือ วิธีบูตสแตรปให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยน้อยกว่าวิธีคลาสสิก ในกรณีสัมประสิทธิ์การแปรผันเท่ากับ cv%

B คือ วิธีบูตสแตรปให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยน้อยกว่าวิธีคลาสสิกในทุกกรณี

C(cv) คือ วิธีคลาสสิกให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยน้อยกว่าวิธีบูตสแตรป ในกรณีสัมประสิทธิ์การแปรผันเท่ากับ cv%

C คือ วิธีคลาสสิกให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยน้อยกว่าวิธีบูตสแตรปในทุกกรณี

EQ คือ วิธีการประมาณทั้งสองวิธีให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

จากตารางที่ 4.114 เมื่อความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่ามากกว่าความแปรปรวนของปัจจัยอื่น ๆ การประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนด้วยวิธีคลาสสิกจะให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่าการประมาณด้วยวิธีบูตสแตรป ยกเว้นกรณีที่ระดับปัจจัยทดลองเท่ากับ 3 และขนาดหน่วยทดลองเท่ากับ 7 การประมาณด้วยวิธีบูตสแตรปจะให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่า

เมื่อความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่าเท่ากับความแปรปรวนของปัจจัยอื่น ๆ การประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนด้วยวิธีบูตสแตรปจะให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่าการประมาณด้วยวิธีคลาสสิกยกเว้นกรณีที่ระดับปัจจัยทดลองมากกว่า 3 และระดับปัจจัยแบ่งบล็อกเท่ากับ 5 การประมาณด้วยวิธีคลาสสิกจะให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่า

เมื่อความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่าน้อยกว่าความแปรปรวนของปัจจัยอื่น ๆ การประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนด้วยวิธีบูตสแตรปจะให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่าการประมาณด้วยวิธีคลาสสิก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.3 เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปน

ตารางที่ 4.115 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	198.4048 *	217.4560	19.0512
	10	328.1834 *	352.2944	24.1110
	25	642.3668 *	708.6105	66.2437
	50	1123.4951 *	1255.2773	131.7822
1	5	418.9532	413.9276 *	5.0256
	10	655.7558	643.2364 *	12.5194
	25	1319.6977	1296.2662 *	23.4315
	50	2489.3632	2413.2135 *	76.1497
3	5	1198.4021	1177.7040 *	20.6981
	10	1712.6759	1678.0961 *	34.5798
	25	3524.6595	3441.6010 *	83.0585
	50	6825.3146	6692.8681 *	132.4465

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.116 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	579.3671 *	630.1416	32.7745
	10	1122.6599 *	1182.6264	59.9665
	25	2350.8213 *	2592.5569	241.7356
	50	4743.4161 *	5213.0689	469.6528
1	5	1099.8434	1075.8587 *	23.9847
	10	2176.8209	2135.8772 *	40.9437
	25	4897.6331	4771.5184 *	126.1147
	50	9761.9887	9533.2349 *	228.7538
3	5	3196.2070	3130.9637 *	65.2433
	10	5500.8544	5375.3136 *	125.5408
	25	13226.9869	12959.9531 *	267.0338
	50	26610.6250	26110.3730 *	500.2520

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.117 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	174.2276 *	176.3863	2.1587
	10	282.7351 *	285.1341	2.3990
	25	528.1521 *	532.9803	4.8282
	50	988.9477 *	1010.2288	21.2811
1	5	413.3903	400.2107 *	13.1796
	10	620.9470	604.8771 *	16.0699
	25	1241.8252	1200.8895 *	40.9357
	50	2438.3997	2364.0739 *	74.3258
3	5	1104.3400	1088.2005 *	16.1395
	10	1803.0931	1775.6916 *	27.4015
	25	3444.3347	3387.4845 *	56.8502
	50	6209.5176	6117.2886 *	92.2290

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.118 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	585.5960 *	587.4102	1.8142
	10	964.8654 *	981.8487	16.9833
	25	2093.3545 *	2109.1024	15.7479
	50	3904.2096 *	3994.4476	90.2380
1	5	1153.2957	1111.5358 *	41.7599
	10	1975.5042	1905.4400 *	70.0642
	25	4763.0860	4593.8100 *	169.2760
	50	9458.4829	9190.2152 *	268.2677
3	5	3033.4165	2974.3625 *	59.054
	10	5636.4948	5551.5392 *	84.9556
	25	13764.1740	13607.6112 *	156.5628
	50	26466.5035	26119.4307 *	347.0728

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.119 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	173.0709	169.1209 *	3.9500
	10	259.0194	255.2186 *	3.8008
	25	519.3877	510.9430 *	8.4447
	50	864.6449	843.7572 *	20.8877
1	5	411.7549	402.0986 *	9.6563
	10	614.6306	597.5636 *	17.067
	25	1326.4022	1287.6032 *	38.799
	50	2281.2255	2217.1153 *	64.1102
3	5	1106.1193	1095.2131 *	10.9062
	10	1623.1935	1603.8829 *	19.3106
	25	3574.3950	3533.8575 *	40.5375
	50	6450.9294	6372.4262 *	78.5032

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.120 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 3 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	524.6184	512.8256 *	11.7928
	10	931.2716	918.2289 *	13.0427
	25	1974.8329	1917.8083 *	57.0246
	50	3541.0045	3457.5200 *	83.4845
1	5	1123.7882	1088.6854 *	35.1028
	10	1989.4676	1921.1516 *	68.3160
	25	4524.9689	4392.9328 *	132.0361
	50	9059.8446	8841.2473 *	218.5973
3	5	3060.9541	3022.8209 *	38.1332
	10	5444.0744	5374.4001 *	69.6743
	25	12883.7079	12762.5967 *	121.1112
	50	24500.7681	24210.9527 *	289.8154

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.121 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	178.3583 *	199.4351	21.0768
	10	268.5203 *	300.7034	32.1831
	25	550.2141 *	621.6877	71.4736
	50	990.8251 *	1108.9195	118.0944
1	5	362.1322	357.3158 *	4.8164
	10	574.5762	559.4417 *	15.1346
	25	1149.3690	1129.1210 *	20.248
	50	2080.5436	2030.8894 *	49.6542
3	5	995.3403	974.9786 *	20.3617
	10	1527.0724	1502.3254 *	24.7470
	25	3091.3568	3050.4205 *	40.9363
	50	5879.9526	5784.1704 *	95.7822

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.122 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	530.1881 *	573.3299	43.1418
	10	978.9567 *	1046.5838	67.6271
	25	2070.6138 *	2306.2977	235.6839
	50	3900.6692 *	4357.9179	457.2487
1	5	1080.6360	1063.5825 *	17.0535
	10	1850.4023	1815.9970 *	34.4053
	25	4252.7614	4131.4985 *	121.2629
	50	8211.6147	8025.0824 *	186.5323
3	5	2800.8216	2725.4644 *	75.3572
	10	4977.3925	4869.0482 *	108.3443
	25	11138.7693	10940.5703 *	198.1990
	50	23181.8564	22868.2825 *	313.5739

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.123 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	161.1575 *	163.1446	1.9871
	10	238.5257 *	244.2385	5.7128
	25	475.8011 *	483.1884	7.3873
	50	802.5264 *	824.0416	21.5152
1	5	358.3881	348.3067 *	10.0814
	10	537.8387	521.1714 *	16.6673
	25	1093.9202	1069.1455 *	24.7747
	50	2022.5444	1971.0033 *	51.5411
3	5	941.1816	926.8006 *	14.3810
	10	1513.1627	1497.5984 *	15.5643
	25	3193.7793	3160.3131 *	33.4662
	50	5843.2988	5782.0215 *	61.2773

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.124 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	499.9091	502.9619	3.0528
	10	883.9523	888.9475	4.9952
	25	1643.1999	1660.7928	17.5929
	50	3262.3563	3312.5469	50.1906
1	5	1038.0816	1010.0443 *	28.0373
	10	1760.3482	1711.6435 *	48.7047
	25	4028.9737	3922.1275 *	106.8462
	50	8064.7148	7873.1869 *	191.5279
3	5	2708.0295	2668.1246 *	39.9049
	10	4620.7769	4567.0904 *	53.6865
	25	11668.4838	11567.2255 *	101.2583
	50	22562.4420	22306.0164 *	256.4256

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.125 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	151.2409	149.7299 *	1.5110
	10	214.9819	210.6877 *	4.2942
	25	439.6609	430.3742 *	9.2867
	50	757.3852	745.0385 *	12.3467
1	5	348.6590	341.3558 *	7.3032
	10	535.6529	524.0154 *	11.6375
	25	1034.7067	1013.7976 *	20.9091
	50	1997.8646	1952.4570 *	45.4076
3	5	977.8312	969.1292 *	8.7020
	10	1529.6375	1518.6350 *	11.0025
	25	3159.4201	3138.4938 *	20.9263
	50	5760.1106	5710.0040 *	50.1066

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.126 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	467.6115	454.4822 *	13.1293
	10	802.6138	780.3908 *	22.2230
	25	1633.7060	1606.3420 *	27.3640
	50	2946.9603	2891.6921 *	55.2682
1	5	996.2437	973.6807 *	22.5630
	10	1924.1603	1866.3295 *	57.8308
	25	4067.8250	3981.5569 *	86.2681
	50	8184.5785	8003.1672 *	181.4113
3	5	2617.8900	2582.5678 *	35.3222
	10	4688.3868	4637.9542 *	50.4326
	25	11050.5901	10956.3008 *	94.2893
	50	22377.4844	22245.8511 *	131.6333

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.127 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	167.8182 *	187.0470	19.2288
	10	254.8138 *	285.6451	30.8313
	25	489.4768 *	558.4409	68.9641
	50	882.1440 *	1020.3391	138.1951
1	5	356.7090	352.6790 *	4.0300
	10	517.2662	509.5508 *	7.7154
	25	1029.4519	1018.9428	10.5091
	50	1980.2317	1970.1151	10.1166
3	5	955.5981	944.8399 *	10.7582
	10	1486.1305	1471.6735 *	14.4570
	25	3057.7954	3026.2207 *	31.5747
	50	5297.0405	5254.9980 *	42.0425

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.128 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	514.1133 *	550.7761	36.6628
	10	852.5060 *	928.1078	75.6018
	25	1886.3233 *	2116.2464	229.9231
	50	3313.8191 *	3916.7659	602.9468
1	5	993.1601	958.7093 *	34.4508
	10	1728.7347	1686.9024 *	41.8323
	25	3864.9167	3775.5792 *	89.3375
	50	7409.4346	7336.3064	73.1282
3	5	2486.9465	2431.0906 *	55.8559
	10	4627.4783	4555.2618 *	72.2165
	25	10495.0990	10339.8036 *	155.2954
	50	21468.7486	21175.9981 *	292.7505

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.129 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	151.6807	152.8869	1.2062
	10	231.1167 *	237.5000	6.3833
	25	427.1136 *	435.9065	8.7929
	50	741.5571 *	760.8829	19.3258
1	5	326.8270	320.0726 *	6.7544
	10	511.1790	499.8793 *	11.2997
	25	1001.8263	982.9682 *	18.8581
	50	1828.6015	1805.4407 *	23.1608
3	5	891.2854	883.0268 *	8.2586
	10	1378.4138	1364.6749 *	13.7389
	25	2960.6917	2939.4238 *	21.2679
	50	5034.6337	4997.4553 *	37.1784

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.130 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	456.2296	459.4264	3.1968
	10	791.3936	800.6395	9.2459
	25	1616.1036	1635.2060	19.1024
	50	2977.3081 *	3102.6262	125.3181
1	5	938.0850	908.8655 *	29.2195
	10	1759.8684	1707.9531 *	51.9153
	25		3674.3132 *	49.6130
	50	6989.3448	6887.6322 *	101.7126
3	5	2517.0497	2482.7781 *	34.2716
	10	4492.0241	4441.9128 *	50.1113
	25	10579.8666	10479.7239 *	100.1427
	50	21332.5973	21143.9211 *	188.6762

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.131 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	139.2134	136.8741	2.3393
	10	206.5708	205.5114	1.0594
	25	410.7215	407.7458	2.9757
	50	715.3921	711.5448	3.8473
1	5	313.3713	306.8988 *	6.4725
	10	479.4553	468.2619 *	11.1934
	25	989.4420	974.1336 *	15.3084
	50	1852.2488	1831.3631 *	20.8857
3	5	870.4229	864.1003 *	6.3226
	10	1313.1994	1305.1366 *	8.0628
	25	2661.6411	2644.8167 *	16.8244
	50	5198.0488	5167.8092 *	30.2396

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.132 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 3 , 5 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	424.8781	411.3465 *	13.5316
	10	739.7414	723.2850 *	16.4564
	25	1522.3508	1511.3354	11.0154
	50	2763.5146	2735.4061	28.1085
1	5	887.2505	857.9786 *	29.2719
	10	1603.4819	1560.1673 *	43.3146
	25	3500.4643	3438.6090 *	61.8553
	50	7056.0662	6969.0614 *	87.0048
3	5	2426.8532	2407.2960 *	19.5572
	10	4361.2296	4312.9323 *	48.2973
	25	10569.1069	10504.2212 *	64.8857
	50	20776.2212	20675.7343 *	100.4869

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.133 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	158.4027 *	180.2155	21.8128
	10	243.8561 *	278.4672	34.6111
	25	474.3887 *	550.9462	76.5575
	50	777.0160 *	946.1324	169.1164
1	5	304.5882	300.2402 *	4.3480
	10	519.8849	514.0624 *	5.8225
	25	1028.2412	1020.7213 *	7.5199
	50	1797.4037	1814.9251	17.5214
3	5	874.5179	863.3420 *	11.3420
	10	1342.3934	1330.1694 *	12.2240
	25	2820.3533	2795.6880 *	24.6653
	50	5097.9880	5066.1148 *	31.8732

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.134 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	497.6771 *	528.0610	30.3839
	10	886.6672 *	959.3105	72.6433
	25	1829.3730 *	2092.4037	263.0307
	50	3380.5941 *	4014.7135	634.1194
1	5	941.6767	915.2471 *	26.4296
	10	1652.8417	1601.3795 *	51.4622
	25	3816.2215	3786.2274 *	29.9941
	50	6888.7976	6922.5854	33.7878
3	5	2400.9059	2356.3702 *	44.5357
	10	4254.9483	4193.3231 *	61.6252
	25	9734.2911	9664.1344 *	70.1567
	50	19356.2641	19195.3890 *	160.8751

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.135 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	139.3719 *	143.6531	4.2812
	10	218.4169 *	223.2792	4.8623
	25	411.3512 *	423.2483	11.8971
	50	707.6522 *	739.2085	31.5563
1	5	297.4746	291.5811 *	5.8935
	10	473.4838	463.6717 *	9.8121
	25	961.3325	945.8078 *	15.5247
	50	1707.2064	1696.7819 *	10.4245
3	5	797.3263	789.0686 *	8.2577
	10	1333.3579	1324.9218 *	8.4361
	25	2858.0945	2837.1437 *	20.9508
	50	4989.5354	4958.2270 *	31.3084

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.136 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	435.7526	440.6972	4.9446
	10	731.6699	738.5941	6.9242
	25	1524.9084	1550.6993	25.7909
	50	2778.9575 *	2925.4512	146.4937
1	5	902.9511	873.8297 *	29.1214
	10	1594.7231	1543.9654 *	50.7577
	25	3792.4069	3732.6722 *	59.7347
	50	6897.4495	6806.8921 *	90.5574
3	5	2298.5516	2268.5725 *	29.9791
	10	4420.8427	4384.8782 *	35.9645
	25	10150.0385	10088.9824 *	61.0561
	50	19540.8235	19442.5908 *	98.2327

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.137 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	129.4598	129.5591	0.0993
	10	204.6634	205.3976	0.7342
	25	382.8443	385.5558	2.7115
	50	651.3262	660.5333	9.2071
1	5	314.3711	309.7892 *	4.5819
	10	461.0935	453.6629 *	7.4306
	25	940.7985	930.0533 *	10.7452
	50	1745.2315	1725.1557 *	20.0758
3	5	825.6236	820.7020 *	4.9216
	10	1341.4634	1334.4612 *	7.0022
	25	2621.4736	2608.0834 *	13.3902
	50	4988.7002	4969.5964 *	19.1038

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.138 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 4 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	407.8867	398.9453	8.9414
	10	664.5151	655.6796	8.8355
	25	1479.7191	1497.7541	18.035
	50	2557.2736	2575.8516	18.578
1	5	855.0902	835.0988 *	19.9914
	10	1512.2752	1476.9484 *	35.3268
	25	3374.2160	3314.6932 *	59.5228
	50	6754.1337	6646.7852 *	107.3485
3	5	2243.5190	2227.2388 *	16.2802
	10	4408.6996	4378.7946 *	29.9050
	25	10317.5164	10274.2666 *	43.2498
	50	18899.7051	18810.5938 *	89.1113

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.139 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	145.2165 *	167.1990	21.9825
	10	219.1002 *	252.4670	33.3668
	25	436.6425 *	517.0344	80.3919
	50	720.9897 *	902.2506	181.2609
1	5	290.2299	292.1011	1.8712
	10	456.0739	458.1282	2.0543
	25	933.2812	938.2812	5.5467
	50	1589.4097 *	1625.0019	35.5922
3	5	806.6095	802.0412 *	4.5683
	10	1204.6039	1198.4291 *	6.1748
	25	2460.4195	2458.3851	2.0344
	50	4555.0868	4553.9882	1.0986

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.140 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	459.3018 *	501.3308	42.029
	10	797.2668 *	881.3815	84.1147
	25	1551.5563 *	1844.8550	293.2987
	50	2846.8676 *	3502.7443	655.8767
1	5	829.3123	810.7202 *	18.5921
	10	1527.1815	1504.8448 *	22.3367
	25	3470.0110	3507.0187	37.0077
	50	6669.5600 *	6846.2036	176.6436
3	5	2187.1143	2164.5460 *	22.5683
	10	3963.4204	3935.9042 *	27.5162
	25	9348.2815	9312.6423 *	35.6392
	50	17513.0460	17378.0018 *	135.0442

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.141 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	129.1577 *	138.0601	8.9024
	10	193.7918 *	202.1506	8.3588
	25	383.4667 *	409.3210	25.8543
	50	653.7352 *	701.5121	47.7769
1	5	281.2599	277.4774 *	3.7825
	10	450.2376	447.1848 *	3.0528
	25	903.7340	895.9479	7.7861
	50	1640.4706	1638.3427	2.1279
3	5	768.8203	766.6351 *	2.1852
	10	1144.4158	1140.0020 *	4.4138
	25	2469.7698	2457.6932 *	12.0766
	50	4515.0028	4494.5587 *	20.4441

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.142 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	413.8383	410.1943	3.6440
	10	678.7409	688.2918	9.5509
	25	1409.5256 *	1472.8993	63.3737
	50	2566.4252 *	2706.1174	139.6922
1	5	773.9854	756.7737 *	17.2117
	10	1485.1639	1454.1337 *	31.0302
	25	3242.7523	3225.8907	16.8616
	50	6450.6375	6448.7205	1.917
3	5	2140.6414	2125.3223 *	15.3191
	10	3883.9271	3852.3356 *	31.5915
	25	9662.5735	9615.7458 *	46.8277
	50	17820.6217	17728.1106 *	92.5111

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.143 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	117.4967	117.6067	0.1100
	10	183.1132	183.7933	0.6801
	25	350.5980	354.2480	3.6500
	50	621.2618 *	635.1301	13.8683
1	5	267.3162	263.1628 *	4.1534
	10	425.4775	421.8619 *	3.6156
	25	866.8664	859.0692 *	7.7972
	50	1536.7069	1527.3424 *	9.3645
3	5	780.4498	777.1801 *	3.2697
	10	1160.2537	1155.4764 *	4.7773
	25	2536.3571	2525.3327 *	11.0244
	50	4638.0811	4622.8291 *	15.2520

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.144 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 4 , 5 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	365.3964	360.8690	4.5274
	10	625.2613	620.6521	4.6092
	25	1254.2118	1278.1176	23.9058
	50	2360.9273 *	2433.9582	73.0309
1	5	777.3918	759.7441 *	17.6477
	10	1403.4216	1384.7086 *	18.7130
	25	3348.7260	3315.6505 *	33.0755
	50	6113.2319	6071.2402 *	41.9917
3	5	2045.1868	2032.0331 *	13.1537
	10	3794.0969	3782.1907 *	11.9062
	25	9195.9680	9150.8036 *	45.1644
	50	16860.4529	16803.3551 *	57.0978

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.145 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	132.6807 *	158.5488	25.8681
	10	203.2129 *	238.8273	35.6144
	25	383.5508 *	488.4421	104.8913
	50	662.9797 *	853.3102	190.3305
1	5	277.9670 *	284.5717	6.6047
	10	426.5042 *	433.5138	7.0096
	25	826.0792 *	856.8681	30.7889
	50	1539.2059 *	1609.9203	70.7144
3	5	733.9384	735.8770	1.9386
	10	1143.9620	1147.8810	3.9190
	25	2359.2314	2364.3139	5.0825
	50	4343.1883	4351.0033	7.8150

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.146 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 3 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	420.5576 *	469.3561	48.7985
	10	678.9555 *	789.4037	110.4482
	25	1450.2874 *	1771.6228	321.3354
	50	2597.8698 *	3295.1653	697.2955
1	5	796.5990	785.2985	11.3005
	10	1338.0267	1373.3555	35.3288
	25	3080.8100 *	3165.7326	84.9226
	50	6521.8246 *	6808.1793	286.3547
3	5	2036.5634	2007.4351 *	29.1283
	10	3578.6913	3557.0035 *	21.6878
	25	8453.0886	8432.9849	20.1037
	50	16434.6632	16422.8627	11.8005

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.147 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	115.4992 *	121.8039	6.3047
	10	172.5733 *	186.7186	14.1453
	25	336.5807 *	369.3727	32.7920
	50	571.0356 *	642.7907	71.7551
1	5	270.0753	270.2762	0.2009
	10	414.1917	415.9414	1.7497
	25	787.8485 *	796.3683	8.5198
	50	1472.8458 *	1488.4221	15.5763
3	5	711.2435	708.7806 *	2.4629
	10	1146.8976	1143.6728 *	3.2248
	25	2258.5877	2256.5002	2.0875
	50	4182.2254	4170.7886	11.4368

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.148 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 5 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	382.8354	383.2719	0.4365
	10	639.7468	650.1118	10.3650
	25	1271.1172 *	1371.7778	100.6606
	50	2194.0663 *	2495.4080	301.3417
1	5	772.5198	758.1397 *	14.3801
	10	1255.9458	1248.4761	7.4697
	25	3003.5208	3006.4035	2.8827
	50	5755.7236 *	5846.9608	91.2372
3	5	1971.0510	1957.7052 *	13.3458
	10	3551.2682	3536.9758 *	14.2924
	25	8431.5260	8400.1586 *	31.3674
	50	16192.7199	16164.0251	28.6948

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.149 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	113.0277 *	115.4554	2.4277
	10	164.0321 *	170.1332	6.1011
	25	318.1062 *	329.4255	11.3193
	50	583.7702 *	613.7916	30.0214
1	5	255.4683	253.7023 *	1.7660
	10	409.3177	409.7913	0.4736
	25	776.0199	777.2700	1.2501
	50	1425.7233 *	1434.2066	8.4833
3	5	708.2331	706.7268 *	1.5063
	10	1115.5149	1113.6015 *	1.9134
	25	2392.5148	2389.2924	3.2224
	50	4018.0055	4014.2062	3.7993

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.150 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่คำนวณได้จากวิธีการประมาณทั้งสองวิธี (กรณีที่ 2) เมื่อระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 , 5 และ 7 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10

ค่าคงที่ k	เปอร์เซนต์การปลอมปน	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีคลาสสิก	ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยวิธีบูตสแตรป	ความแตกต่างระหว่างระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี
$\frac{1}{3}$	5	344.3904	345.7118	1.3214
	10	587.9634	590.7498	2.7864
	25	1203.0678 *	1240.0073	36.9395
	50	2257.9246 *	2396.8863	138.9617
1	5	724.8584	719.3515 *	5.5069
	10	1263.6327	1251.7551 *	11.8776
	25	3001.8504	3010.3937	8.5433
	50	5550.5108	5579.3670	28.8562
3	5	1933.6436	1926.2852 *	7.3584
	10	3441.2392	3428.9154 *	12.3238
	25	8173.5509	8154.9822 *	18.5687
	50	16166.1890	16133.6800 *	32.5090

หมายเหตุ * ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยที่มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ $(\alpha = 0.05)$

จากตารางที่ 4.115 – 4.150 เพื่อให้เห็นการเปรียบเทียบค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยของวิธีการประมาณทั้ง 2 วิธีในทุกสถานการณ์ให้ชัดเจนยิ่งขึ้น จะแสดงสรุปให้เห็นดังตารางที่ 4.151-4.152 (ค่าสถิติแสดงในภาคผนวก ข)

ตารางที่ 4.151 แสดงวิธีการประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนที่ให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่า (กรณีที่ 2)
เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนและค่าสเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5

k	$\frac{1}{3}$			1			3		
n / (a,b)	3	5	7	3	5	7	3	5	7
(3,3)	C	C	B	B	B	B	B	B	B
(3,4)	C	C	B	B	B	B	B	B	B
(3,5)	C	C	EQ	B(5,10)	B	B	B	B	B
(4,4)	C	C	EQ	B(5,10,25)	B	B	B	B	B
(4,5)	C	C	C(50)	C(50)	B(5,10)	B	B(5,10)	B	B
(5,5)	C	C	C	C	C(25,50)	B(5) C(50)	EQ	B(5,10)	B(5,10)

หมายเหตุ B(p) คือ วิธีบูตสแตรปให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยน้อยกว่าวิธีคลาสสิก ในกรณีเปอร์เซ็นต์การปลอมปนเท่ากับ p%

B คือ วิธีบูตสแตรปให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยน้อยกว่าวิธีคลาสสิกในทุกกรณี

C(p) คือ วิธีคลาสสิกให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยน้อยกว่าวิธีบูตสแตรป ในกรณีเปอร์เซ็นต์การปลอมปนเท่ากับ p%

C คือ วิธีคลาสสิกให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยน้อยกว่าวิธีบูตสแตรปในทุกกรณี

EQ คือ วิธีการประมาณทั้งสองวิธีให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.152 แสดงวิธีการประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนที่ให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่า (กรณีที่ 2)
เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนและค่าสเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10

k	$\frac{1}{3}$			1			3		
n / (a,b)	3	5	7	3	5	7	3	5	7
(3,3)	C	C	B	B	B	B	B	B	B
(3,4)	C	EQ	B	B	B	B	B	B	B
(3,5)	C	C(50)	B(5,10)	B(5,10,25)	B	B	B	B	B
(4,4)	C	C(50)	EQ	B(5,10,25)	B	B	B	B	B
(4,5)	C	C(25,50)	C(50)	B(5,10),C(50)	B(5,10)	B	B	B	B
(5,5)	C	C(25,50)	C(25,50)	C(25,50)	B(5) ,C(50)	B(5,10)	B(5,10)	B(5,10,25)	B

หมายเหตุ B(p) คือ วิธีบูตสแตรปให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยน้อยกว่าวิธีคลาสสิก ในกรณีเปอร์เซ็นต์การปลอมปนเท่ากับ p%

B คือ วิธีบูตสแตรปให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยน้อยกว่าวิธีคลาสสิกในทุกกรณี

C(p) คือ วิธีคลาสสิกให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยน้อยกว่าวิธีบูตสแตรป ในกรณีเปอร์เซ็นต์การปลอมปนเท่ากับ p%

C คือ วิธีคลาสสิกให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยน้อยกว่าวิธีบูตสแตรปในทุกกรณี

EQ คือ วิธีการประมาณทั้งสองวิธีให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

จากตารางที่ 4.151-4.152 เมื่อความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่ามากกว่าความแปรปรวนของปัจจัยอื่น ๆ การประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนด้วยวิธีคลาสสิกโดยส่วนใหญ่จะให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่าการประมาณด้วยวิธีบูตสแตรป ยกเว้นกรณีที่ระดับปัจจัยทดลองเท่ากับ 3 และขนาดหน่วยทดลองเท่ากับ 7 การประมาณด้วยวิธีบูตสแตรปจะให้ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่า

เมื่อความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่าเท่ากับความแปรปรวนของปัจจัยอื่น ๆ การประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนด้วยวิธีบูตสแตรปโดยส่วนใหญ่จะให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่าการประมาณด้วยวิธีคลาสสิกยกเว้นกรณีที่ขนาดหน่วยทดลองเท่ากับ 3 ระดับปัจจัยทดลองและปัจจัยแบ่งบล็อกเท่ากับ 5 การประมาณด้วยวิธีคลาสสิกจะให้ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่า

เมื่อความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่าน้อยกว่าความแปรปรวนของปัจจัยอื่น ๆ การประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนด้วยวิธีบูตสแตรปโดยส่วนใหญ่จะให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่าการประมาณด้วยวิธีคลาสสิก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ศึกษาการเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนสำหรับแผนแบบการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์สองแบบ คือ การประมาณวิธีคลาสสิก (Classical Method) และการประมาณวิธีบูตสแตรป (Bootstrap Method) โดยศึกษาแผนแบบ 2 กรณี คือ แผนแบบทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์เมื่อปัจจัยแบ่งบล็อกไม่มีผลกระทบร่วมกับปัจจัยทดลอง และ แผนแบบทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์เมื่อปัจจัยแบ่งบล็อกมีผลกระทบร่วมกับปัจจัยทดลอง ภายใต้การแจกแจงของความคลาดเคลื่อน 3 ลักษณะคือ ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ แบบดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล ซึ่งศึกษาภายใต้สถานการณ์ของระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อกและขนาดหน่วยทดลองที่ใช้ ได้แก่ a=3,b=3,n=3,5,7 ; a=3,b=4,n=3,5,7; a=3,b=5,n=3,5,7; a=4,b=4,n=3,5,7; a=4,b=5,n=3,5,7; และ a=5,b=5,n=3,5,7; โดยกำหนดสัมประสิทธิ์การแปรผัน (C.V.) เท่ากับ 10%,30%,50% และ 100% ตามลำดับค่าคงที่ k เป็น $\frac{1}{3},1,3$ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนซึ่งศึกษาภายใต้สถานการณ์ของระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก และ ขนาดหน่วยทดลองที่ใช้ ได้แก่ a=3,b=3,n=3,5,7 ; a=3,b=4,n=3,5,7; a=3,b=5,n=3,5,7; a=4,b=4,n=3,5,7; a=4,b=5,n=3,5,7; และ a=5,b=5,n=3,5,7; ที่ระดับเปอร์เซ็นต์การปลอมปนเท่ากับ 5%,10%,25% และ 50% ตามลำดับสเกลแฟคเตอร์เป็น 5,10 ค่าคงที่ k เป็น $\frac{1}{3},1,3$ โดยใช้ระยะทางยุคลิดเฉลี่ยเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบวิธีการประมาณทั้งสองวิธีเพื่อหาวิธีการประมาณที่เหมาะสมที่สุด นั่นคือถ้าวิธีการใดที่ให้ค่าระยะทางยุคลิดเฉลี่ยต่ำกว่าจะเป็นวิธีการประมาณที่เหมาะสมกว่าซึ่งแสดงได้ว่าค่าประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าจริงของค่าองค์ประกอบความแปรปรวนนั้น ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยจำลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โลด้วยโปรแกรมภาษา R 2.4.0

5.1 สรุปผลการวิจัย

กรณีที่ 1ปัจจัยแบ่งบล็อกไม่มีผลกระทบร่วมกับปัจจัยทดลอง

เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติและการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

กรณีที่ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่ามากกว่าความแปรปรวนของปัจจัยอื่น ๆ โดยส่วนใหญ่ วิธีคลาสสิกจะมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีบูตสแตรป

กรณีที่ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับความแปรปรวนของปัจจัยอื่น ๆ โดยส่วนใหญ่วิธีบูตสแตรปจะมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีคลาสสิก

นอกจากนี้ยังพบว่าวิธีบูตสแตรปจะมีประสิทธิภาพสูงขึ้นเมื่อขนาดหน่วยทดลองมีค่าเพิ่มขึ้น (ระดับปัจจัยอื่น ๆ คงที่)

เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปน

กรณีที่ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่ามากกว่าความแปรปรวนของปัจจัยอื่น ๆ จำแนกได้ดังนี้

เมื่อขนาดหน่วยทดลองเท่ากับ 3 และ 5 โดยส่วนใหญ่วิธีคลาสสิกจะมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีบูตสแตรป ยกเว้นกรณีที่ระดับปัจจัยทดลอง ปัจจัยแบ่งบล็อก ขนาดหน่วยทดลองเท่ากับ 5 วิธีบูตสแตรปจะมีประสิทธิภาพดีกว่า

เมื่อขนาดหน่วยทดลองเท่ากับ 7 วิธีบูตสแตรปจะมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีคลาสสิกยกเว้นกรณีที่ระดับปัจจัยทดลองกับปัจจัยแบ่งบล็อกเท่ากับ 3 วิธีคลาสสิกจะมีประสิทธิภาพดีกว่า

กรณีที่ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับความแปรปรวนของปัจจัยอื่น ๆ โดยส่วนใหญ่วิธีบูตสแตรปจะมีประสิทธิภาพดีกว่าการประมาณด้วยวิธีคลาสสิก

นอกจากนี้ยังพบว่าวิธีบูตสแตรปจะมีประสิทธิภาพสูงขึ้นเมื่อขนาดหน่วยทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นหรือเมื่อค่าสเกลแฟคเตอร์มีค่าเพิ่มขึ้น (ระดับปัจจัยอื่น ๆ คงที่)

กรณีที่ 2 ปัจจัยแบ่งบล็อกมีผลกระทบร่วมกับปัจจัยทดลอง

เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติและการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล

กรณีที่ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่ามากกว่าความแปรปรวนของปัจจัยอื่น ๆ วิธีคลาสสิกจะมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีบูตสแตรป ยกเว้นเมื่อขนาดหน่วยทดลองเท่ากับ 7 และระดับปัจจัยทดลองเท่ากับ 3 วิธีบูตสแตรปจะมีประสิทธิภาพดีกว่า

กรณีที่ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่าเท่ากับความแปรปรวนของปัจจัยอื่น ๆ และระดับปัจจัยทดลองกับปัจจัยแบ่งบล็อกน้อยกว่า 5 วิธีบูตสแตรปจะมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีคลาสสิก

กรณีที่ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่าน้อยกว่าความแปรปรวนของปัจจัยอื่น ๆ วิธีบูตสแตรปจะมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีคลาสสิก

นอกจากนี้ยังพบว่าวิธีบูตสแตรปจะมีประสิทธิภาพสูงขึ้นเมื่อขนาดหน่วยทดลองมีค่าเพิ่มขึ้น (ระดับปัจจัยอื่น ๆ คงที่)

เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปน

กรณีที่ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่ามากกว่าความแปรปรวนของปัจจัยอื่น ๆ โดยส่วนใหญ่วิธีคลาสสิกจะมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีบูตสแตรป ยกเว้นเมื่อขนาดหน่วยทดลองเท่ากับ 7 และระดับปัจจัยทดลองเท่ากับ 3 วิธีบูตสแตรปจะมีประสิทธิภาพดีกว่า

กรณีที่ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่าเท่ากับความแปรปรวนของปัจจัยอื่นๆ วิธีบูตสแตรปจะมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีคลาสสิก ยกเว้นกรณีที่ระดับปัจจัยทดลองกับปัจจัยแบ่งบล็อกเท่ากับ 5 และขนาดหน่วยทดลองเท่ากับ 3 และ 5 ที่วิธีคลาสสิกจะมีประสิทธิภาพดีกว่า

กรณีที่ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่าน้อยกว่าความแปรปรวนของปัจจัยอื่น ๆ โดยส่วนใหญ่วิธีบูตสแตรปจะมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีคลาสสิก

นอกจากนี้ยังพบว่าวิธีบูตสแตรปจะมีประสิทธิภาพสูงขึ้นเมื่อขนาดหน่วยทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นหรือเมื่อค่าสเกลแฟคเตอร์มีค่าเพิ่มขึ้น (ระดับปัจจัยอื่น ๆ คงที่)

จากผลการทดลองยังพบว่า เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ แบบดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล วิธีการประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนทั้ง 2 วิธีจะมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นในกรณีที่ค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันมีค่าลดลง หรือเมื่อค่าคงที่ k ลดลง

และเมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปน วิธีการประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนทั้ง 2 วิธีจะมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นในกรณีที่ ค่าเปอร์เซ็นต์การปลอมปน หรือ ค่าสเกลเฟคเตอร์มีค่าลดลง

5.2 **ข้อเสนอแนะ**

5.2.1 ในการวิจัยครั้งนี้ได้จำลองสถานการณ์ขนาดหน่วยทดลองเท่ากับ 3,5,7 เท่านั้นในการทำวิจัยครั้งต่อไปควรกำหนดขนาดหน่วยทดลองเท่ากับ 2,4,6 ด้วยเพื่อจะได้สรุปผลได้ละเอียดและชัดเจนยิ่งขึ้น

5.2.2 ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนแบบจุดเท่านั้นในการทำวิจัยครั้งต่อไปควรทำการประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนแบบช่วงเพิ่มเติมเพื่อตรวจสอบความน่าเชื่อถือของค่าประมาณที่ได้

5.2.3 ควรทำการเปรียบเทียบการประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนด้วยวิธีบูตสแตรปสำหรับตัวแบบที่ซับซ้อนมากขึ้น เช่น แผนแบบการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์กรณีที่มีหน่วยตัวอย่างย่อย เป็นต้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ธีระพร วีระถาวร.ตัวแบบเชิงเส้น : ทฤษฎีและการประยุกต์. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2541

มนชยา เจียงประดิษฐ์ . การประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนสำหรับการทดลองปัจจัยพหุด้วยวิธีบูตสแตรป. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2543

มานพ วราภักดิ์. การจำลองเบื้องต้น. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2547

มาลี ตระการศิรินนท์ . การเปรียบเทียบการประมาณค่าพารามิเตอร์ของรูปแบบสมการถดถอยเชิงเส้นด้วยวิธีกำลังสองต่ำสุดและวิธีบูตสแตรป . วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2531

สุพล ดุรงค์วัฒนา. การวางแผนทดลองขั้นสูง. เอกสารประกอบการสอนวิชาการวางแผนการทดลองขั้นสูง ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ,2549

ภาษาอังกฤษ

Charles E. McCulloch, George Casella and Shayle R. Searle. Variance Components. New York : John Willey and son , 1992.

Christopher Z.Mooney and Robert D. Duval. Bootstrapping A Nonparametric Approach to Statistical Inference . Newbury Park, California : Sage , 1993

Efron,B. “Bootstrap Method : Another look at the Jackknife.” The Annals of statistics 7,1 (January 1979): 1-26.

Efron,B.,and Robert J. Tibshirani . An Introduction to the Bootstrap.New York : Chapman and Hall , 1993

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

Montgomery, D.C. Design and Analysis of Experiments. 6th ed Hoboken, NJ.: John Willey and son , 2005.

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

โปรแกรมการคำนวณค่าประมาณองค์ประกอบความแปรปรวน วิธีคลาสสิกและวิธีบูตสแตรป

```
program=function(cv,mu,k1,k2,k3,a,b,n,boot,ro){
                varer= (cv*mu)^2/(k1+k2+k3+1)
                vart = k1*varer
                varbl= k2*varer
                vartbl=k3*varer
                vare = varer
    o=0
    eucl1=0
    euboo1=0
    eucll1=0
    eubbo1=0
    check=T
    l=1
    p=1
    rche=array(0,c(2))
    rche2=array(0,c(2))
    rche3=array(0,c(2))
    rmin=array(0,c(2))
    rmin2=array(0,c(2))
    rmin3=array(0,c(2))
    rmin4=array(0,c(2))
(*สร้างความคลาดเคลื่อนให้มีการแจกแจงปกติ*)
e  = array(rnorm(a*b*n,0,sqrt(vare)),dim = c(a,b,n))
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
(*สร้างความคลาดเคลื่อนให้มีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กซ์โพเนนเชียล*)
e=array(,dim=c(a,b,n))
                R=array(runif(a*b*n),dim=c(a,b,n))
                for(i in 1:a){
                   for(j in 1:b){
                          for(k in 1:n){
    if(R[i,j,k]<0.5)
                e[i,j,k]=bet*log(2*R[i,j,k])+alp
    else
                e[i,j,k]=-bet*log(2*(1-R[i,j,k]))+alp

(*สร้างความคลาดเคลื่อนให้มีการแจกแจงปกติปลอมปน*)
e=array(,dim=c(a,b,n))
                R=array(runif(a*b*n),dim=c(a,b,n))
                for(i in 1:a){
                   for(j in 1:b){
                          for(k in 1:n){
    if(R[i,j,k]<=pr)
                e[i,j,k]=rnorm(1,0,cr*10)

    else
                e[i,j,k]=rnorm(1,0,10)

(*สร้างข้อมูล*)
while(p<=ro){
                t  = array(rnorm(a,0,sqrt(vart)),dim = c(a))
                bl = array(rnorm(b,0,sqrt(varbl)),dim = c(b))
                tbl= array(rnorm(a*b,0,sqrt(vartbl)),dim = c(a,b))
    check=T

    y=array(,dim=c(a,b,n))
      for(i in 1:a){
         for(j in 1:b){
              for(k in 1:n){
```

```
                    y[i,j,k]=mu+t[i]+bl[j]+tbl[i,j]+e[i,j,k]
                }
            }
        }
(*คำนวณหาค่าประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนด้วยวิธีคลาสสิก*)
ss=0
    for(i in 1:a){
        for(j in 1:b){
            for(k in 1:n){
            ss=ss+y[i,j,k]
                }
            }
        }
cm=(ss^2)/(a*b*n)
yy=0
  for(i in 1:a){
        for(j in 1:b){
            for(k in 1:n){
            yy=yy+(y[i,j,k])^2
                }
            }
        }
tt=0
tt2=0
  for(i in 1:a){
        for(j in 1:b){
            for(k in 1:n){
                tt=tt+y[i,j,k]
                }
            }

            tt2=tt2+(tt^2)
            tt=0
        }
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
bb=0
bb2=0
  for(j in 1:b){
          for(i in 1:a){
             for(k in 1:n){
                    bb=bb+y[i,j,k]
                        }
                      }
                    bb2=bb2+(bb^2)
                    bb=0
                 }
tb=0
tb2=0
  for(i in 1:a){
          for(j in 1:b){
            for(k in 1:n){
                    tb=tb+y[i,j,k]
                       }
                          tb2=tb2+(tb^2)
                          tb=0
                     }
          }
ssto =yy-cm
sstrt=(tt2/(b*n))-cm
ssbl =(bb2/(a*n))-cm
sstbl=(tb2/n)-cm-sstrt-ssbl
sse  =ssto-sstrt-ssbl-sstbl
dftrt=(a-1)
dfbl =(b-1)
dftbl=(a-1)*(b-1)
dfe  = a*b*(n-1)
dfto = (a*b*n)-1
mstrt=round(sstrt/dftrt,6)
msbl =round(ssbl/dfbl,6)
mstbl=round(sstbl/dftbl,6)
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      mse  =round(sse/dfe,6)
      fbl=round(msbl/mse,6)
      ftable=qf(0.95,dfbl,dfe)
#------------Variance component CLASSIC----------------------------
      cle  =mse
      cltbl=(mstbl-mse)/n
      cltrt=(mstrt-mstbl)/(b*n)
      clbl =(msbl-mstbl)/(a*n)

      if((cle<0)||(cltbl<0)||(cltrt<0)||(clbl<0)||(fbl<ftable)){

                  p=p
                  check=F
                  }
      else
                  p=p+1

(*คำนวณค่าระยะทางยุคลิดวิธีคลาสสิก*)
      if(check==T){
                  rmin[1]=rmin[1]+1
                  rmin[2]=rmin[2]+1
                  eucl=sqrt((cltrt-vart)^2+(clbl-varbl)^2+(cltbl-vartbl)^2+(cle-vare)^2)
                  write(round(eucl,5),file="UCL1.dat")
        if(rmin[1]==1)
                  write(round(eucl,5),file="UUCL.dat")
        else
                  write(round(eucl,5),file="UUCL.dat",append=T)

                  rche[1]=rche[1]+1
                  rche[2]=rche[2]+1
                  eucll1=eucll1+eucl

                  write(round(eucll1/(p-1),5),file="CC.dat")
        if(rche[1]==1)
                  write(round(eucll1/(p-1),5),file="ECCC.dat")
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
  else
        write(round(eucll1/(p-1),5),file="ECCC.dat",append=T)
        ucl=scan("UUCL.dat")
        eeucl=matrix(ucl)
        ucl2=scan("ECCC.dat")
        ave.eeucl=matrix(ucl2)

(*คำนวณหาค่าประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนด้วยวิธีบูตสแตรป*)
  botrt=array(,dim=c(boot))
  bobl =array(,dim=c(boot))
  botbl=array(,dim=c(boot))
  boe  =array(,dim=c(boot))
  x    =array(,dim=c(a*b))
  z    =array(,dim=c(a,b,n))
        while(l<=boot){
        check3=T
        for(i in 1:a){
              for(j in 1:b){
                    x=sample(y[i,j,],n,replace=T)
                    for(k in 1:n){
                          z[i,j,k]=x[k]
                    }
              }
        }
  ss=0
    for(i in 1:a){
        for(j in 1:b){
          for(k in 1:n){
            ss=ss+z[i,j,k]
                }
              }
            }
  cm=(ss^2)/(a*b*n)
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
yy=0
  for(i in 1:a){
          for(j in 1:b){
             for(k in 1:n){
                    yy=yy+(z[i,j,k])^2
                       }
                    }
                 }
tt=0
tt2=0
  for(i in 1:a){
          for(j in 1:b){
             for(k in 1:n){
                    tt=tt+z[i,j,k]
                       }
                    }
                       tt2=tt2+(tt^2)
                       tt=0
                 }
bb=0
bb2=0
  for(j in 1:b){
          for(i in 1:a){
             for(k in 1:n){
                    bb=bb+z[i,j,k]
                       }
                    }
                    bb2=bb2+(bb^2)
                    bb=0
                 }
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
tb=0
tb2=0
  for(i in 1:a){
          for(j in 1:b){
            for(k in 1:n){
                  tb=tb+z[i,j,k]
                      }
                  tb2=tb2+(tb^2)
                  tb=0
                  }
             }
ssto =yy-cm
sstrt=(tt2/(b*n))-cm
ssbl =(bb2/(a*n))-cm
sstbl=(tb2/n)-cm-sstrt-ssbl
sse  =ssto-sstrt-ssbl-sstbl
dftrt=(a-1)
dfbl =(b-1)
dftbl=(a-1)*(b-1)
dfe  = a*b*(n-1)
dfto = (a*b*n)-1
mstrt=round(sstrt/dftrt,6)
msbl =round(ssbl/dfbl,6)
mstbl=round(sstbl/dftbl,6)
mse  =round(sse/dfe,6)
fblbo=round(msbl/mse,6)
ftable=qf(0.95,dfbl,dfe)
#----------Variance component Bootstrap----------------------------------------
boe[l]  =mse
botbl[l]=(mstbl-mse)/n
botrt[l]=(mstrt-mstbl)/(b*n)
bobl[l] =(msbl-mstbl)/(a*n)
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
            if((boe[l]<0)||(botbl[l]<0)||(botrt[l]<0)||(bobl[l]<0)||(fblbo<ftable)){
            check3=F
            l=l
            }
if(check3==T){
                    rmin3[1]=rmin3[1]+1
                    rmin3[2]=rmin3[2]+1
                    write(round(boe[l],5),file="BOE.dat")
                    write(round(botbl[l],5),file="BOTBL.dat")
                    write(round(botrt[l],5),file="BOTRT.dat")
                    write(round(bobl[l],5),file="BOBL.dat")
                 if(rmin3[1]==1){
                    write(round(boe[l],5),file="BOOE.dat")
                    write(round(botbl[l],5),file="BOOTBL.dat")
                    write(round(botrt[l],5),file="BOOTRT.dat")
                    write(round(bobl[l],5),file="BOOBL.dat")
                    }
            else
                    write(round(boe[l],5),file="BOOE.dat",append=T)
                    write(round(botbl[l],5),file="BOOTBL.dat",append=T)
                    write(round(botrt[l],5),file="BOOTRT.dat",append=T)
                    write(round(bobl[l],5),file="BOOBL.dat",append=T)
            }
if((boe[l]<0)||(botbl[l]<0)||(botrt[l]<0)||(bobl[l]<0)||(fblbo<ftable))
            l=l
else
            l=l+1
             w1=scan("BOOE.dat")
             w2=scan("BOOTBL.dat")
             w3=scan("BOOTRT.dat")
             w4=scan("BOOBL.dat")
            mw1=matrix(w1)
            mw2=matrix(w2)
            mw3=matrix(w3)
            mw4=matrix(w4)
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
s1=0
s2=0
s3=0
s4=0

    for(c in (((p-2)*boot)+1):(((p-2)*boot)+boot)){
            s1=s1+w1[c]
            }
    for(c in (((p-2)*boot)+2):(((p-2)*boot)+(boot+1))){
            s2=s2+w2[c]
            s3=s3+w3[c]
            s4=s4+w4[c]
            }

    rmin4[1]=rmin4[1]+1
    rmin4[2]=rmin4[2]+1
    write(round(s1/boot,5),file="BP_ER.dat")
    write(round(s2/boot,5),file="BP_TBL.dat")
    write(round(s3/boot,5),file="BP_TRT.dat")
    write(round(s4/boot,5),file="BP_BL.dat")
    if(rmin4[1]==1){

            write(round(s1/boot,5),file="BP1_ER.dat")
            write(round(s2/boot,5),file="BP1_TBL.dat")
            write(round(s3/boot,5),file="BP1_TRT.dat")
            write(round(s4/boot,5),file="BP1_BL.dat")
            }
    else

            write(round(s1/boot,5),file="BP1_ER.dat",append=T)
            write(round(s2/boot,5),file="BP1_TBL.dat",append=T)
            write(round(s3/boot,5),file="BP1_TRT.dat",append=T)
            write(round(s4/boot,5),file="BP1_BL.dat",append=T)
              l=1
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
(*คำนวณค่าระยะทางยุคลิดวิธีบูตสแตรป*)
if(check3==T){
                rmin2[1]=rmin2[1]+1
                rmin2[2]=rmin2[2]+1
                euboo=sqrt(((s3/boot)-vart)^2+((s4/boot)-varbl)^2+((s2/boot)-
vartbl)^2+((s1/boot)-vare)^2)
                write(round(euboo,5),file="UBO1.dat")
        if(rmin2[1]==1)
                write(round(euboo,5),file="UUBO.dat")
        else
                write(round(euboo,5),file="UUBO.dat",append=T)

                rche2[1]=rche2[1]+1
                rche2[2]=rche2[2]+1
                eubbo1=eubbo1+euboo
                write(round(eubbo1/(p-1),5),file="BBO.dat")
        if(rche2[1]==1)
                write(round(eubbo1/(p-1),5),file="EBBO.dat")
        else
                write(round(eubbo1/(p-1),5),file="EBBO.dat",append=T)
                ubo=scan("UBO1.dat")
                mm=matrix(ubo)
                uubo=scan("UUBO.dat")
                eeubo=matrix(uubo)
                uubo2=scan("EBBO.dat")
                ave.eeubo=matrix(uubo2)
                }
          }
      }
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
(*คำนวณหาระยะทางยุคลิดเฉลี่ยทั้งสองวิธี*)
seucl=0
seubo=0
      for(g in 1:(p-1)){
                  seucl=seucl+nnn[g]
                  seubo=seubo+mmm[g]
                  write(round(seucl/g,5),file="SEUCr.dat",append=T)
                  write(round(seubo/g,5),file="SEBOr.dat",append=T)
                  }
                  avec=scan("SEUCr.dat")
                  aveb=scan("SEBOr.dat")
                  avecl=matrix(avec)
                  avebo=matrix(aveb)
cat("     **EUCLIDEAN DISTANCE**\n")
clboo=cbind(eeucl,eeubo,ave.eeucl,ave.eeubo)
na=c("CLASSIC","BOOTSTRAP","AVECLASS","AVEBOOT")
dimnames(clboo)=list(NULL,na)
print(clboo)
cat("----------------------------------------","\n")
sdcl=sd(eeucl)
sdbo=sd(eeubo)
asdcl=sd(ave.eeucl)
asdbo=sd(ave.eeubo)
cat("cv=",cv,"k=",k1,"a=",a,"b=",b,"n=",n,"\n")
cat("sdclass=",sdcl,"     ","sdboot=",sdbo,"\n")
cat("sd_aveclass=",asdcl," ","sd_aveboot=",asdbo,"\n")
}
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข.

ตารางที่ ข.1 แสดงค่าสถิติทดสอบ (กรณีที่ 1) เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

cv	0.1			0.3		
k / (a,b,n)	(1/3)	1	3	(1/3)	1	3
3,3,3	-25.3053*	0.1932	1.4427	-36.6294*	0.2075	4.2562*
3,3,5	-5.5942*	2.2225*	3.2384*	-8.303*	3.5881*	5.1975*
3,3,7	0.1359	1.6711*	2.3247*	-3.3102*	4.5804*	3.5618*
3,4,3	-10.2316*	0.5789	1.8537*	-23.4928*	1.1813	5.5377*
3,4,5	-4.476*	1.8271*	3.7855*	-4.3706*	2.3989*	2.3104*
3,4,7	1.0489	1.6557*	4.8391*	-1.5152	5.7334*	4.6381*
3,5,3	-11.033*	1.1694	2.4604*	-17.9604*	0.9227	5.1403*
3,5,5	-2.6784*	0.5492	3.4804*	-9.3451*	2.4596*	3.1235*
3,5,7	1.4966	2.3248*	1.6725*	-0.4936	4.4591*	1.6804*
4,4,3	-6.3756*	0.4031	1.212	-12.5694*	1.292	3.526*
4,4,5	-1.4248	1.3181	1.3784	-1.4225	1.8458*	3.5971*
4,4,7	0.2136	1.6638*	1.7878*	0.9821	4.4011*	2.1075*
4,5,3	-3.4556*	1.0296	1.7543*	-7.6436*	0.9019	2.5156*
4,5,5	-0.8716	2.0781*	1.7471*	0.5802	4.5602*	2.1303*
4,5,7	0.1802	1.8429*	2.6769*	1.1703	3.623*	2.1833*
5,5,3	-3.393*	1.0684	1.3938	-4.3532*	1.4182	3.9329*
5,5,5	-0.7546	1.0236	1.7207*	-0.4277	1.9728*	3.4742*
5,5,7	0.7239	2.5466*	2.2112*	1.4736	1.9662*	2.5003*

หมายเหตุ * หมายถึงมีนัยสำคัญที่ $\alpha = 0.05$

ตารางที่ ข.1(ต่อ) แสดงค่าสถิติทดสอบ (กรณีที่ 1) เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

cv	0.5			1		
k / (a,b,n)	(1/3)	1	3	(1/3)	1	3
3,3,3	-38.2164*	0.5406	2.566*	-31.043*	0.228	2.798*
3,3,5	-8.7731*	4.5554*	2.482*	-11.244*	4.91*	5.174*
3,3,7	-1.6612*	2.8226*	4.861*	-2.913*	2.981*	5.723*
3,4,3	-25.5043*	0.903	3.782*	-23.2*	0.823	4.75*
3,4,5	-4.3498*	1.757*	5.679*	-5.063*	1.793*	2.82*
3,4,7	-0.8189	4.837*	6.949*	-1.123	3.573*	2.317*
3,5,3	-16.2696*	2.089*	3.82*	-17.299*	1.863*	4.066*
3,5,5	-4.9294*	4.837*	2.798*	-2.986*	2.222*	4.017*
3,5,7	-1.5972	3.268*	1.98*	-1.119	3.507*	2.084*
4,4,3	-11.4949*	1.463	3.747*	-11.057*	1.566	5.076*
4,4,5	-0.6165	1.671*	3.453*	0.578	2.642*	4.089*
4,4,7	1.5677	3.54*	4.225*	0.477	3.312*	4.061*
4,5,3	-7.9133*	3.032*	3.80*	-8.713*	1.902*	5.259*
4,5,5	-1.6336	3.167*	1.788*	0.081	2.415*	1.75*
4,5,7	1.0763	2.571*	2.294*	0.278	4.361*	3.117*
5,5,3	-2.9975*	0.84	4.034*	-2.286*	4.001*	3.082*
5,5,5	-0.9797	2.466*	1.73*	0.186	2.042*	3.126*
5,5,7	0.6489	1.715*	2.419*	1.245	1.693**	3.444*

หมายเหตุ * หมายถึงมีนัยสำคัญที่ $\alpha = 0.05$

ตารางที่ ข.2 แสดงค่าสถิติทดสอบ (กรณีที่ 1) เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กโพเนนเชียล

cv	0.1			0.3		
k / (a,b,n)	(1/3)	1	3	(1/3)	1	3
3,3,3	-11.442*	-0.212	4.373*	-27.133*	-1.42	6.579*
3,3,5	-4.256*	3.078*	2.784*	-8.38*	4.32*	5.912*
3,3,7	-1.298	2.248*	2.897*	-1.605	5.144*	4.714*
3,4,3	-13.912*	1.955*	2.844*	-21.593*	1.87*	3.777*
3,4,5	-1.874*	3.481*	1.788*	-4.735*	1.749*	4.426*
3,4,7	0.119	1.916*	3.672*	0.235	2.748*	2.701*
3,5,3	-9.701*	2.041*	2.159*	-15.582*	2.312*	4.406*
3,5,5	-0.685	1.893*	3.722*	-0.991	3.672*	2.754*
3,5,7	0.297	1.672*	1.833*	0.582	4.368*	2.301*
4,4,3	-7.413*	0.46	0.768	-6.833*	2.636*	2.012*
4,4,5	-1.958*	1.917*	2.329*	-1.711*	3.813*	4.70*
4,4,7	1.186	1.859*	2.509*	1.246	3.536*	2.585*
4,5,3	-3.308*	0.657	1.498	-5.072*	3.605*	3.214*
4,5,5	-2.126*	2.663*	1.713*	-1.693*	3.935*	3.908*
4,5,7	0.111	2.207*	1.992*	0.311	3.706*	3.004*
5,5,3	-0.853	0.983	1.874*	-3.916*	3.626*	1.748*
5,5,5	-1.632	2.019*	2.598*	-0.351	2.542*	2.703*
5,5,7	0.48	1.859*	1.917*	0.794	2.081*	2.755*

หมายเหตุ * หมายถึงมีนัยสำคัญที่ $\alpha = 0.05$

ตารางที่ ข.2 (ต่อ) แสดงค่าสถิติทดสอบ (กรณีที่ 1) เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กโพเนนเชียล

cv	0.5			1		
k / (a,b,n)	(1/3)	1	3	(1/3)	1	3
3,3,3	-29.442*	-0.765	4.754*	-26.639*	1.051	5.683*
3,3,5	-7.332*	1.915*	6.158*	-8.497*	2.437*	4.446*
3,3,7	-1.605*	4.296*	4.999*	-1.21	3.089*	4.467*
3,4,3	-20.952*	3.385*	5.155*	-18.932*	1.732*	2.411*
3,4,5	-3.825*	5.013*	3.972*	-5.527*	3.256*	5.964*
3,4,7	0.235	2.675*	4.815*	0.588	4.552*	2.984*
3,5,3	-13.511*	2.36*	4.002*	-12.673*	3.008*	4.213*
3,5,5	-1.891*	3.419*	3.035*	-4.783*	3.522*	3.751*
3,5,7	0.582	3.365*	2.809*	0.064	1.721*	3.049*
4,4,3	-7.314*	2.269*	5.658*	-9.195*	3.072*	3.487*
4,4,5	-2.385*	3.382*	4.987*	-1.689*	2.736*	2.657*
4,4,7	1.246	4.551*	2.136*	1.55	2.589*	2.67*
4,5,3	-6.379*	2.852*	5.22*	-6.818*	2.977*	3.459*
4,5,5	-1.684*	4.453*	3.403*	-1.873*	2.56*	4.327*
4,5,7	0.311	2.814*	3.516*	2.678*	3.08*	2.506*
5,5,3	-3.234*	2.984*	4.511*	-1.777*	3.38*	1.671
5,5,5	-0.351	4.224*	6.045*	-0.643	2.609*	3.712*
5,5,7	1.426	2.343*	2.922*	1.646*	1.769*	3.374*

หมายเหตุ * หมายถึงมีนัยสำคัญที่ $\alpha = 0.05$

ตารางที่ ข.3 แสดงค่าสถิติทดสอบ (กรณีที่ 1) เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปน ที่สแกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5

p	0.05			0.1		
k / (a,b,n)	(1/3)	1	3	(1/3)	1	3
3,3,3	-22.746*	0.709	4.88*	-17.717*	1.822*	5.273*
3,3,5	-7.408*	4.339*	6.386*	-6.107*	5.697*	3.683*
3,3,7	-2.183*	4.101*	6.407*	-2.212*	4.896*	4.808*
3,4,3	-17.118*	1.168	5.426*	-11.742*	0.987	5.486*
3,4,5	-2.49*	4.37*	5.553*	-3.655*	3.461*	4.942*
3,4,7	1.572	6.563*	4.795*	0.398	4.532*	4.73*
3,5,3	-10.183*	4.621*	4.369*	-9.905*	2.706*	5.316*
3,5,5	-0.295	4.039*	5.136*	-1.357	4.741*	4.787*
3,5,7	0.586	4.618*	2.946*	1.339	5.204*	2.998*
4,4,3	-9.489*	3.226*	6.574*	-5.043*	3.789*	4.142*
4,4,5	-1.118	6.442*	3.63*	-0.394	5.493*	3.632*
4,4,7	3.186*	3.99*	3.499*	1.695*	5.678*	5.064*
4,5,3	-5.348*	4.554*	5.267*	-5.812*	4.101*	6.717*
4,5,5	0.738	3.61*	6.98*	0.56	5.277*	3.89*
4,5,7	2.687*	4.35*	2.814*	3.043*	4.043*	3.568*
5,5,3	-1.733*	3.764*	5.214*	-3.702*	5.683*	3.016*
5,5,5	1.665*	4.285*	3.395*	2.32*	4.211*	2.063*
5,5,7	2.11*	4.273*	3.53*	2.861*	3.649*	4.863*

หมายเหตุ * หมายถึงมีนัยสำคัญที่ $\alpha = 0.05$

ตารางที่ ข.3 (ต่อ) แสดงค่าสถิติทดสอบ (กรณีที่ 1) เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ ปลอมปนที่สแกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5

p	0.25			0.5		
k / (a,b,n)	(1/3)	1	3	(1/3)	1	3
3,3,3	-23.365*	3.341*	4.653*	-30.765*	1.67*	5.093*
3,3,5	-8.773*	4.622*	5.037*	-10.964*	4.298*	3.501*
3,3,7	-2.029*	5.175*	4.295*	-2.211*	4.682*	3.837*
3,4,3	-19.68*	1.58	4.018*	-16.815*	1.91*	3.983*
3,4,5	-4.482*	4.34*	4.201*	-4.329*	3.003*	4.276*
3,4,7	0.099	4.364*	3.783*	0.825	2.99*	2.22*
3,5,3	-13.68*	3.378*	3.445*	-11.818*	1.975*	5.705*
3,5,5	-4.793*	5.38*	4.103*	-1.666*	3.812*	1.82*
3,5,7	1.029	3.034*	3.717*	0.098	3.285*	2.947*
4,4,3	-5.977*	2.829*	4.472*	-10.59*	2.409*	2.794*
4,4,5	-0.824	5.249*	5.716*	-1.371	4.131*	3.973*
4,4,7	3.066*	5.572*	4.552*	1.663*	3.139*	5.064*
4,5,3	-5.146*	2.268*	2.455*	-6.977*	3.637*	4.203*
4,5,5	-0.228	5.024*	2.366*	-1.15	2.959*	4.556*
4,5,7	0.798	3.222*	3.38*	1.091	3.504*	2.152*
5,5,3	-1.997*	4.231*	3.844*	-4.233*	3.449*	3.081*
5,5,5	-0.051	3.96*	3.246*	-1.266	2.83*	2.753*
5,5,7	1.711*	4.719*	1.706*	1.658*	2.771*	1.832*

หมายเหตุ * หมายถึงมีนัยสำคัญที่ $\alpha = 0.05$

ตารางที่ ข.4 แสดงค่าสถิติทดสอบ (กรณีที่ 1) เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปน ที่สแกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10

p	0.05			0.1		
k / (a,b,n)	(1/3)	1	3	(1/3)	1	3
3,3,3	-11.791*	1.274	5.904*	-10.14*	1.892*	4.921*
3,3,5	-1.203	4.234*	6.843*	-5.279*	4*	5.89*
3,3,7	-0.711	4.144*	4.918*	-1.219	5.713*	6.142*
3,4,3	-10.07*	4.319*	5.042*	-9.613*	3.344*	3.829*
3,4,5	-0.128	5.54*	5.371*	-1.528	3.42*	3.641*
3,4,7	1.549	5.581*	5.466*	1.081	6.493*	4.038*
3,5,3	-5.06*	2.915*	4.556*	-7.82*	3.43*	4.764*
3,5,5	-0.404	5.965*	4.633*	-1.017	4.801*	5.224*
3,5,7	3.372*	4.924*	4.157*	1.672	4.68*	2.685*
4,4,3	-4.248*	5.284*	5.756*	-5.498*	4.214*	6.571*
4,4,5	1.012	5.04*	4.543*	0.093	3.356*	6.464*
4,4,7	2.574*	3.866*	5.931*	3.62*	5.245*	3.775*
4,5,3	-1.726*	4.724*	5.932*	-3.613*	4.361*	5.186*
4,5,5	4.051*	4.768*	6.505*	1.022	6.004*	3.861*
4,5,7	4.887*	4.744*	4.299*	4.279*	5.664*	3.198*
5,5,3	1.371	4.533*	4.523*	0.047	3.96*	6.509*
5,5,5	1.788*	3.74*	4.144*	3.618*	5.158*	3.305*
5,5,7	1.975*	4.645*	5.793*	4.113*	5.50*	4.903*

หมายเหตุ * หมายถึงมีนัยสำคัญที่ $\alpha = 0.05$

ตารางที่ ข.4 (ต่อ) แสดงค่าสถิติทดสอบ (กรณีที่ 1) เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สแกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10

p	0.25			0.5		
k / (a,b,n)	(1/3)	1	3	(1/3)	1	3
3,3,3	-21.191*	2.416*	3.761*	-26.543*	1.696*	3.219*
3,3,5	-6.958*	2.651*	5.867*	-7.629*	3.482*	4.566*
3,3,7	-3.408*	6.355*	5.009*	-1.844*	4.178*	4.706*
3,4,3	-20.441*	2.449*	3.325*	-21.338*	1.696*	3.505*
3,4,5	-5.085*	4.292*	4.63*	-3.634*	4.125*	2.832*
3,4,7	1.003	4.959*	5.037*	1.414	4.087*	3.229*
3,5,3	-10.332*	1.935*	2.676*	-15.714*	1.741*	3.134*
3,5,5	-3.335*	2.939*	4.865*	-3.348*	3.342*	4.995*
3,5,7	0.989	4.844*	3.037*	0.272	1.711*	3.072*
4,4,3	-7.322*	1.735*	2.278*	-8.586*	3.62*	2.706*
4,4,5	0.503	5.938*	4.374*	0.716	2.755*	4.333*
4,4,7	1.771*	3.679*	3.192*	1.728*	3.298*	2.586*
4,5,3	-6.102*	2.644*	3.733*	-6.537*	3.07*	4.025*
4,5,5	0.502	3.857*	6.594*	0.379	3.105*	3.217*
4,5,7	1.711*	3.256*	3.298*	0.96	1.701*	2.69*
5,5,3	-1.147	3.042*	6.466*	-1.618*	2.275*	3.923*
5,5,5	1.035	4.718*	4.81*	0.948	2.339*	2.139*
5,5,7	1.709*	2.987*	2.965*	1.703*	4.654*	2.205*

หมายเหตุ * หมายถึงมีนัยสำคัญที่ $\alpha = 0.05$

ตารางที่ ข.5 แสดงค่าสถิติทดสอบ (กรณีที่ 2) เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

cv	0.1			0.3		
k / (a,b,n)	(1/3)	1	3	(1/3)	1	3
3,3,3	-21.397*	3.943*	8.475*	-26.28*	5.204*	10.083*
3,3,5	-4.069*	6.8*	6.27*	-5.141*	11.034*	10.609*
3,3,7	3.086*	6.38*	5.858*	3.449*	11.939*	8.97*
3,4,3	-16.259*	1.647*	4.615*	-24.25*	2.522*	4.491*
3,4,5	-3.005*	3.442*	3.58*	-2.409*	6.273*	8.084*
3,4,7	2.41*	4.621*	4.493*	2.411*	10.195*	9.124*
3,5,3	-15.897*	0.302	2.964*	-24.416*	0.434	4.21*
3,5,5	-4.226*	1.357	2.405*	-7.497*	5.335*	5.499*
3,5,7	-1.227	3.402*	5.493*	-0.169	4.297*	5.997*
4,4,3	-13.096*	-0.731	1.455	-22.51*	-2.245*	3.06*
4,4,5	-4.758*	2.056*	3.916*	-7.887*	3.68*	4.174*
4,4,7	-1.897*	1.884*	2.623*	-3.801*	3.585*	3.641*
4,5,3	-9.15*	-3.606*	1.59	-21.503*	-2.028*	1.001
4,5,5	-7.501*	-0.751	1.11	-11.653*	-1.612	0.992
4,5,7	-2.615*	0.594	2.028*	-5.543*	1.523	2.349*
5,5,3	-16.565*	-2.465*	-2.06*	-19.723*	-9.076*	-1.659*
5,5,5	-7.93*	-1.651*	-0.715	-14.194*	-5.889*	-0.027
5,5,7	-6.597*	-2.687*	2.145*	-11.758*	-5.384*	1.831*

หมายเหตุ * หมายถึงมีนัยสำคัญที่ $\alpha = 0.05$

ตารางที่ ข.5 (ต่อ) แสดงค่าสถิติทดสอบ (กรณีที่ 2) เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

cv	0.5			1		
k / (a,b,n)	(1/3)	1	3	(1/3)	1	3
3,3,3	-22.114*	6.42*	11.195*	-23.895*	4.625*	9.2*
3,3,5	-4.024*	11.594*	10.585*	-2.651*	8.664*	11.737*
3,3,7	3.92*	11.556*	10.244*	4.909*	12.854*	10.506*
3,4,3	-21.424*	2.64*	6.176*	-22.94*	2.669*	8.012*
3,4,5	-3.961*	6.845*	8.186*	-2.805*	5.873*	6.049*
3,4,7	3.403*	9.8*	7.71*	2.526*	8.336*	8.232*
3,5,3	-20.973*	0.693	6.504*	-22.139*	1.486	4.471*
3,5,5	-4.647*	3.756*	7.289*	-6.63*	4.463*	6.061*
3,5,7	-0.705	5.648*	2.76*	-1.545	5.762*	5.58*
4,4,3	-24.577*	-3.001*	4.365*	-23.785*	-2.283*	3.252*
4,4,5	-7.44*	2.368*	3.789*	-7.093*	3.68*	3.561*
4,4,7	-2.526*	2.695*	5.186*	-2.211*	3.585*	6.058*
4,5,3	-24.948*	-5.131*	0.845	-23.54*	-3.239*	0.794
4,5,5	-12.196*	-1.609	0.396	-10.616*	-1.232	0.621
4,5,7	-5.419*	0.787	4.079*	-5.978*	0.504	3.08*
5,5,3	-29.255*	-8.897*	-3.671*	-28.185*	-8.635*	-2.141*
5,5,5	-14.712*	-4.917*	-0.015	-13.862*	-5.182*	-1.127
5,5,7	-9.748*	-3.751*	1.66*	-10.019*	-3.251*	1.768*

หมายเหตุ * หมายถึงมีนัยสำคัญที่ $\alpha = 0.05$

ตารางที่ ข.6 แสดงค่าสถิติทดสอบ (กรณีที่ 2) เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กโพเนนเชียล

cv	0.1			0.3		
k / (a,b,n)	(1/3)	1	3	(1/3)	1	3
3,3,3	-19.792*	4.541*	5.752*	-19.593*	3.886*	9.507*
3,3,5	-2.214*	3.687*	5.426*	-1.704*	9.372*	8.499*
3,3,7	2.159*	7.144*	6.892*	3.402*	11.009*	10.619*
3,4,3	-11.339*	1.698*	4.014*	-18.516*	4.097*	8.934*
3,4,5	-4.251*	5.104*	3.826*	-4.66*	6.835*	3.456*
3,4,7	2.308*	2.599*	3.395*	2.233*	11.001*	7.989*
3,5,3	-14.419*	0.291	3.569*	-18.092*	0.108	5.897*
3,5,5	-4.019*	3.59*	3.488*	-5.6*	4.11*	5.138*
3,5,7	-0.195	2.999*	2.259*	-0.744	3.695*	5.759*
4,4,3	-16.763*	-0.968	4.603*	-19.127*	-0.26	3.861*
4,4,5	-1.781*	0.635	3.63*	-6.049*	3.929*	5.138*
4,4,7	-1.661*	1.066	2.539*	-3.146*	4.256*	6.489*
4,5,3	-13.802*	-1.666*	1.584*	-24.714*	-2.945*	0.671
4,5,5	-4.275*	0.471	1.797*	-6.162*	0.277	2.849*
4,5,7	-3.808*	0.604	1.659*	-3.629*	0.113	2.29*
5,5,3	-14.466*	-4.608*	-0.252*	-22.691*	-6.314*	-1.383
5,5,5	-4.661*	-2.126*	1.427*	-9.201*	-2.451*	1.518
5,5,7	-4.047*	-1.761*	2.439*	-4.744*	-0.575	3.809*

หมายเหตุ * หมายถึงมีนัยสำคัญที่ $\alpha = 0.05$

ตารางที่ ข.6 (ต่อ) แสดงค่าสถิติทดสอบ (กรณีที่ 2) เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดับเบิ้ลเอ็กโพเนนเชียล

cv	0.5			1		
k / (a,b,n)	(1/3)	1	3	(1/3)	1	3
3,3,3	-22.572*	3.866*	10.104*	-21.317*	4.836*	11.03*
3,3,5	-1.95*	9.404*	11.187*	-3.996*	8.11*	9.232*
3,3,7	2.416*	12.42*	10.561*	4.118*	10.819*	10.651*
3,4,3	-24.168*	1.765*	7.707*	-22.063*	1.869*	4.62*
3,4,5	-4.28*	5.874*	6.727*	-2.311*	6.526*	8.219*
3,4,7	1.981*	6.886*	7.937*	4.039*	8.824*	9.534*
3,5,3	-19.703*	0.968	4.904*	-22.938*	0.057	6.221*
3,5,5	-3.821*	4.831*	6.7*	-4.343*	3.551*	6.767*
3,5,7	-0.719	4.771*	5.327*	-1.19	4.802*	4.413*
4,4,3	-19.875*	-0.928	4.456*	-17.582*	-1.628	3.362*
4,4,5	-6.717*	1.99*	5.215*	-6.076*	3.254*	3.803*
4,4,7	-1.782*	4.402*	4.85*	-0.14	4.198*	3.253*
4,5,3	-24.171*	-3.457*	0.913	-17.796*	-3.093*	2.415*
4,5,5	-7.644*	0.52	2.902*	-8.768*	0.645	3.796*
4,5,7	-4.105*	1.418*	3.183*	-3.311*	1.485	3.339*
5,5,3	-25.319*	-7.12*	-1.068	-29.278*	-5.17*	-0.907
5,5,5	-11.809*	-3.343*	0.272	-11.658*	-2.634*	0.308
5,5,7	-9.861*	-1.613	1.691*	-7.082*	-0.134	2.245*

หมายเหตุ * หมายถึงมีนัยสำคัญที่ $\alpha = 0.05$

ตารางที่ ข.7 แสดงค่าสถิติทดสอบ (กรณีที่ 2) เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปน ที่สแกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5

p	0.05			0.1		
k / (a,b,n)	(1/3)	1	3	(1/3)	1	3
3,3,3	-18.961*	2.843*	8.466*	-11.8*	4.76*	9.506*
3,3,5	-1.756*	7.314*	8.676*	-1.699*	6.832*	9.917*
3,3,7	3.212*	6.857*	7.99*	2.215*	8.77*	9.273*
3,4,3	-16.613*	2.233*	7.113*	-17.017*	4.619*	7.353*
3,4,5	-1.667*	6.79*	9.542*	-3.015*	7.549*	7.643*
3,4,7	1.725*	6.449*	8.126*	2.727*	8.354*	6.742*
3,5,3	-12.089*	2.07*	4.519*	-13.193*	2.274*	4.679*
3,5,5	-0.784	5.179*	6.555*	-3.318*	6.071*	7.304*
3,5,7	1.592	7.088*	6.721*	0.368	8.037*	5.677*
4,4,3	-14.625*	1.746*	5.009*	-15.851*	1.94*	4.01*
4,4,5	-2.862*	4.328*	6.416*	-2.33*	4.472*	4.667*
4,4,7	-0.084	4.675*	5.586*	-0.455	5.485*	4.642*
4,5,3	-12.833*	-0.826	2.598*	-12.318*	-1.605	2.339*
4,5,5	-7.084*	2.777*	2.113*	-4.156*	1.66*	2.983*
4,5,7	-0.098	4.546*	4.04*	-0.422	2.97*	4.026*
5,5,3	-15.207*	-3.414*	-1.033	-13.654*	-2.495*	-1.638
5,5,5	-4.48*	-0.169	2.396*	-7.305*	-0.968	2.237*
5,5,7	-2.314*	2.1*	1.712*	-4.451*	-0.412	1.996*

หมายเหตุ * หมายถึงมีนัยสำคัญที่ $\alpha = 0.05$

ตารางที่ ข.7 (ต่อ) แสดงค่าสถิติทดสอบ (กรณีที่ 2) เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สแกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5

p	0.25			0.5		
k / (a,b,n)	(1/3)	1	3	(1/3)	1	3
3,3,3	-17.561*	4.021*	11.657*	-19.464*	6.574*	10.481*
3,3,5	-3.835*	9.531*	11.318*	-3.427*	9.587*	10.999*
3,3,7	2.679*	12.133*	9.988*	3.771*	12.031*	10.442*
3,4,3	-18.688*	1.916*	6.596*	-16.226*	4.731*	8.093*
3,4,5	-1.916*	6.541*	8.518*	-3.293*	7.525*	8.495*
3,4,7	1.972*	7.318*	7.307*	2.499*	9.021*	10.011*
3,5,3	-15.79*	0.701	5.319*	-17.823*	0.316	4.216*
3,5,5	-2.398*	5.402*	5.952*	-3.127*	3.907*	6.062*
3,5,7	0.131	6.079*	5.827*	0.788	4.888*	6.298*
4,4,3	-18.3*	1.668*	4.304*	-23.535*	1.595	3.239*
4,4,5	-3.103*	4.495*	6.278*	-4.963*	1.733*	4.874*
4,4,7	-0.309	3.175*	5.113*	-0.746	4.45*	4.105*
4,5,3	-17.277*	-1.037	0.405	-21.806*	-11.594*	0.111
4,5,5	-7.089*	1.211	3.877*	-7.491*	0.402	3.455*
4,5,7	-1.282	3.274*	4.613*	-2.968*	2.422*	3.625*
5,5,3	-23.414*	-6.11*	-0.186	-22.774*	-7.942*	-0.905
5,5,5	-8.941*	-2.597*	0.717	-11.576*	-2.868*	1.632
5,5,7	-4.372*	-0.59	1.494	-6.273*	-2.296*	0.923

หมายเหตุ * หมายถึงมีนัยสำคัญที่ $\alpha = 0.05$

ตารางที่ ข.8 แสดงค่าสถิติทดสอบ (กรณีที่ 2) เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปน ที่สแกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10

p	0.05			0.1		
k / (a,b,n)	(1/3)	1	3	(1/3)	1	3
3,3,3	-8.317*	4.263*	3.638*	-9.834*	4.096*	7.882*
3,3,5	-1.656*	6.736*	9.827*	-2.727*	7.668*	8.627*
3,3,7	3.071*	7.035*	8.001*	1.872*	9.48*	9.424*
3,4,3	-13.273*	2.789*	7.975*	-8.119*	3.523*	7.618*
3,4,5	-0.817	5.877*	8.246*	-0.687	6.263*	7.087*
3,4,7	3.023*	6.214*	9.43*	3.462*	9.315*	9.418*
3,5,3	-8.296*	4.844*	6.835*	-9.613*	2.288*	6.196*
3,5,5	-0.479	6.592*	7.648*	-1.284	7.19*	7.77*
3,5,7	3.526*	8.057*	6.441*	2.688*	7.461*	9.702*
4,4,3	-7.147*	3.747*	6.265*	-8.498*	4.483*	5.764*
4,4,5	-1.557	6.339*	7.456*	-0.891	6.503*	5.171*
4,4,7	0.925	5.758*	6.185*	0.519	6.961*	6.593*
4,5,3	-8.554*	2.981*	3.605*	-10.589*	2.239*	2.768*
4,5,5	0.58	4.319*	4.493*	-1.373	4.819*	5.118*
4,5,7	1.27	5.895*	5.382*	0.873	4.292*	3.092*
5,5,3	-3.248*	0.752	4.944*	-13.599*	-0.594	2.227*
5,5,5	-0.097	3.315*	3.973*	-1.445	1.349	2.683*
5,5,7	-0.402	2.134*	3.674*	-0.525	2.863*	3.132*

หมายเหตุ * หมายถึงมีนัยสำคัญที่ $\alpha = 0.05$

ตารางที่ ข.8 (ต่อ) แสดงค่าสถิติทดสอบ (กรณีที่ 2) เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปนที่สแกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10

p	0.25			0.5		
k / (a,b,n)	(1/3)	1	3	(1/3)	1	3
3,3,3	-17.977*	5.711*	9.286*	-18.24*	5.06*	10.24*
3,3,5	-1.839*	9.502*	8.641*	-3.656*	9.31*	10.403*
3,3,7	4.436*	10.71*	8.644*	4.037*	10.123*	11.522*
3,4,3	-16.834*	2.554*	7.969*	-20.22*	2.06*	6.652*
3,4,5	-1.15	5.365*	7.317*	-1.617	8.012*	9.379*
3,4,7	1.681*	8.451*	8.566*	2.756*	9.393*	6.23*
3,5,3	-13.336*	3.914*	6.843*	-22.437*	0.805	6.913*
3,5,5	-1.314	3.756*	6.944*	-4.931*	4.006*	7.691*
3,5,7	1.017	6.462*	6.22*	1.412	5.073*	4.751*
4,4,3	-15.785*	1.762*	3.319*	-23.192*	-0.888	4.217*
4,4,5	-1.627	4.554*	4.966*	-6.107*	3.525*	4.181*
4,4,7	-1.134	6.411*	4.445*	-1.043	6.627*	4.647*
4,5,3	-18.05*	-1.639	1.714*	-20.859*	-4.998*	3.707*
4,5,5	-4.479*	1.262	4.035*	-5.67*	0.088	4.079*
4,5,7	-1.559	3.8*	5.167*	-3.446*	1.739*	3.474*
5,5,3	-17.926*	-4.424*	1.037	-21.664*	-8.026*	0.348
5,5,5	-7.449*	-0.225	2.672*	-12.36*	-4.493*	1.472
5,5,7	-3.444*	-1.062	2.254*	-8.197*	-1.585	1.719*

หมายเหตุ * หมายถึงมีนัยสำคัญที่ $\alpha = 0.05$

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายบำรุงศักดิ์ เผื่อนอารีย์ เกิดเมื่อวันที่ 21 เมษายน พ.ศ. 2526 ที่กรุงเทพฯ สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสถิติ มหาวิทยาลัยบูรพา บางแสน จังหวัดชลบุรี ในปีการศึกษา 2547 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรสถิติศาสตรมหาบัณฑิตที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2548

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย