การประมาณค่าผลกระทบจากวิธีทดลองสำหรับแผนแบบข้ามปัจจัยทดลองที่มี 2 ช่วงระยะเวลา

นางมลุลี คงสกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถิติศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถิติ ภาควิชาสถิติ
คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Estimation of Treatment Effect in Two-Period Crossover Design

Mrs.Malulee Kongsakoon

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 2008

Copyright of Chulalongkorn University

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประมาณค่าผลกระทบจากวิธีทดลองสำหรับแผนแบบข้ามปัจจัย ทดลองที่มี 2 ช่วงระยะเวลา
โดย	นางมลุลี คงสกุล
สาขาวิชา	สถิติ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. สุพล ดุรงค์วัฒนา

คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี

(รองศาสตราจารย์ ดร. อรรณพ ตันละมัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ผกาวดี ศิริรังษี)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุพล ดุรงค์วัฒนา)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. มนต์ทิพย์ เทียนสุวรรณ)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร. อรุณี กำลัง)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มลุลี คงสกุล : การประมาณค่าผลกระทบจากวิธีทดลองสำหรับแผนแบบข้ามปัจจัยทดลองที่มี 2 ช่วงระยะเวลา. (ESTIMATION OF TREATMENT EFFECT IN TWO-PERIOD CROSSOVER DESIGN) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ดร. สุพล ดุรงค์วัฒนา,115 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ผลกระทบจากวิธีทดลองสำหรับแผนแบบข้ามปัจจัยทดลองที่มี 2 ช่วงระยะเวลาด้วยวิธีการประมาณค่าด้วยค่าสูงสุด (Maximum Estimation Method) และวิธีการประมาณค่าแบบ 2 ขั้นตอน (Two-Stage Estimation Method) ที่มีตัวแบบ ดังนี้ $Y_{ijkmc} = \mu + \alpha_i + \beta_{ij} + \gamma_k + \tau_{m[i,k]} + \lambda_{c[i,k-1]} + \varepsilon_{ijkmc}$ เมื่อ i=1, 2 ; j=1,2,...n_i ; k=1,2; m=1,2 และ c=1,2 เนื่องจาก $\beta_{ij} \sim NID(0,\sigma_\beta^2)$ และ $\varepsilon_{ijkmc} \sim NID(0,\sigma_\varepsilon^2)$ ดังนั้น $Y_{ijkmc} \sim NID(E(Y_{ijkmc}), Var(Y_{ijkmc}))$ โดยที่ $Var(Y_{ijkmc})$ เท่ากับ $(w+1)\sigma_\varepsilon^2$ ซึ่งเกณฑ์การเปรียบเทียบคือ ร้อยละของความผิดพลาดโดยเฉลี่ยของผลกระทบจากวิธีทดลองที่ประมาณได้กับผลกระทบจากวิธีทดลองที่เกิดขึ้นจริง (Average Percent Difference) โดยทำการศึกษาภายใต้สถานการณ์ที่ขนาดของหน่วยทดลอง(n) เท่ากับ 6,16 และ 30, ค่าคงที่(w) เท่ากับ 0.01, 0.02 และ 0.03, ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกต Y_{ijkmc} $(E(Y_{ijkmc}))$ เท่ากับ 25, 30 และ 35 และ ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม(σ_ε^2) เท่ากับ 5, 10 และ 15 ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยได้จากการจำลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โลโดยใช้ฟังก์ชัน normrnd($E(Y_{ijkmc})$, $s.d.(Y_{ijkmc})$, Number of rows, Number of column) และเขียนคำสั่งด้วยโปรแกรม MATLAB 7.0 ซึ่งกระทำซ้ำ 2,000 ครั้งในแต่ละสถานการณ์

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. ปัจจัยที่มีผลต่อค่าร้อยละของความผิดพลาดโดยเฉลี่ย ได้แก่ ขนาดของหน่วยทดลอง ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม และค่าคงที่ โดยค่าร้อยละของความผิดพลาดโดยเฉลี่ย จะแปรผันตามค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม และ ค่าคงที่ และแปรผกผันกับขนาดของหน่วยทดลอง

2. เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการประมาณของทั้งสองวิธี พบว่าโดยส่วนใหญ่วิธีการประมาณค่าด้วยค่าสูงสุดให้ค่าร้อยละของความผิดพลาดโดยเฉลี่ยต่ำกว่าวิธีการประมาณค่าแบบ 2 ขั้นตอน ดังนั้นวิธีการประมาณค่าด้วยค่าสูงสุดจึงมีประสิทธิภาพในการประมาณดีกว่าวิธีการประมาณค่าแบบ 2 ขั้นตอน ยกเว้นกรณีที่ขนาดของหน่วยทดลองเท่ากับ 6 ค่าคงที่เท่ากับ 0.01 ที่ทุกระดับของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม และค่าเฉลี่ยของค่าสังเกต ดังนั้นควรเลือกใช้วิธีการประมาณค่าแบบ 2 ขั้นตอน เมื่อขนาดของหน่วยทดลองมีขนาดเล็ก และความแปรปรวนของค่าสังเกตมีค่าน้อย ส่วนวิธีการประมาณค่าด้วยค่าสูงสุดนั้น ควรเลือกใช้เมื่อขนาดของหน่วยทดลอง และความแปรปรวนของค่าสังเกตเพิ่มขึ้น รวมทั้งเมื่อขนาดของหน่วยทดลองมีขนาดเล็ก และความแปรปรวนของค่าสังเกตที่เพิ่มขึ้นด้วย

ภาควิชา..... สถิติ..... ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา.....สถิติ.....ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา.....2551.....

4982212126 : MAJOR STATISTICS

KEY WORD : TWO-PERIOD CROSSOVER DESIGN / TREATMENT EFFECT OR DIRECT EFFECT / MAXIMUM ESTIMATION METHOD / TWO-STAGE ESTIMATION METHOD

MALULEE KONGSAKOON : ESTIMATION OF TREATMENT EFFECT IN TWO-PERIOD CROSSOVER DESIGN. THESIS PRINCIPAL ADVISOR : ASSOC.PROF. SUPOL DURONGWATTANA, Ph.D., 115 pp.

The objective of this study is to compare the Maximum estimation method and the Two-Stage estimation method for estimating the treatment effect in two-period crossover design. The statistical model for two-period crossover design is as follow: $Y_{ijkmc} = \mu + \alpha_i + \beta_{ij} + \gamma_k + \tau_{m[i,k]} + \lambda_{c[i,k-1]} + \varepsilon_{ijkmc}$ when i=1, 2 ; j=1,2,...n_i ; k=1,2; m=1,2 and c=1,2. Because of $\beta_{ij} \sim NID(0,\sigma_\beta^2)$ and $\varepsilon_{ijkmc} \sim NID(0,\sigma_\varepsilon^2)$ then $Y_{ijkmc} \sim NID(E(Y_{ijkmc}),Var(Y_{ijkmc}))$ when $Var(Y_{ijkmc})$ is equal to $(w+1)\sigma_\varepsilon^2$. The criterion for comparing the result of both methods is the average percent difference when the sizes of experimental unit(n) are 6, 16 and 30, the constants are 0.01, 0.02 and 0.03, the expected value of observations are 25, 30 and 35 and the variance of random error are 5, 10 and 15. The research data is simulated with Monte Carlo technique by normrnd $(E(Y_{ijkmc}), s.d.(Y_{ijkmc})$, Number of rows, Number of column) function though MATLAB 7.0 program under 2,000 times for each situation.

The result of this study can be summarized as follows:

1. The factors that effect the estimating of treatment effect are the size of experimental unit, the variance of random error and the constant. The average percent difference varies directly with the variance of random error and the constant but it varies inversely the size of experimental unit.

2. The average percent difference that calculated by the Maximum estimation method is almost lower value when comparing with the average percent difference that calculated by the Two-Stage estimation method then the Maximum estimation method is more efficiency method for estimate the treatment effect than the Two-Stage estimation method. Except for the size of experimental unit is equal to 6 and the constant is equal to 0.01 in every level of the variance of random error and the expected value of observations the Two-Stage estimation method is more efficiency method for estimate the treatment effect. The conclusion of this study is that the Two-Stage estimation method is chosen when the sizes of experimental unit and the variance of observations are minimum. In another way, the Maximum estimation method is chosen when the sizes of experimental unit and the variance of the observations are increase, including when the sizes of experimental unit are minimum and the variance of the observations are maximum.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department : .....Statistics.....Student's signature : Malulee Kongsakoon

Field of study : .....Statistics.....Principal Advisor's signature : Supol Durongwattana

Academic year : .....2008.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของรองศาสตราจารย์ ดร.สุพล ดุรงค์วัฒนา อาจารย์ที่ปรึกษาประจำวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนช่วยเหลือแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยดีตลอดมา จนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จสมบูรณ์ จึงใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพร วีระถาวร ในฐานะประธานกรรมการ รองศาสตราจารย์ ดร. มนต์ทิพย์ เทียนสุวรรณ กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย รองศาสตราจารย์ ผกาวดี ศิริรังษี และ อาจารย์ ดร. อรุณี กำลัง กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจสอบ และแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา พี่สาว เพื่อน ๆ และน้องๆ ทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือ และสนับสนุน สุดท้ายนี้ต้องขอขอบคุณ คุณหมอโกเมน คงสกุล คู่ชีวิตที่เสียสละทั้งเวลา ทุนทรัพย์ พร้อมทั้งให้กำลังใจตลอดมาจนจบการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญภาพ..... ด

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 3

1.3 สมมติฐานของการวิจัย..... 4

1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น..... 4

1.5 ขอบเขตของการวิจัย..... 5

1.6 เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของตัวประมาณ..... 7

1.7 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย..... 8

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย..... 8

1.9 วิธีดำเนินการวิจัย..... 9

บทที่ 2 ข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... 10

2.1 แผนแบบข้ามปัจจัยทดลองที่มี 2 ช่วงระยะเวลา..... 10

2.2 วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ผลกระทบจากวิธีทดลอง..... 14

2.2.1 วิธีการประมาณค่าด้วยค่าสูงสุด..... 15

2.2.2 วิธีการประมาณค่าแบบ 2 ขั้นตอน 17

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 18

3.1 แผนการดำเนินการวิจัย..... 18

3.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย..... 18

3.2.1 สร้างข้อมูลตามแผนแบบข้ามปัจจัยทดลองที่มี 2 ช่วงระยะเวลา..... 19

3.2.2 การประมาณค่าพารามิเตอร์..... 19

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

3.2.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวประมาณค่า..... 19
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานของโปรแกรม..... 20

บทที่ 4 ผลการวิจัย..... 22
4.1 การศึกษาเมื่อขนาดของหน่วยทดลอง(n) เพิ่มขึ้น..... 23
4.2 การศึกษาเมื่อค่าเฉลี่ยของค่าสังเกต($E(Y_{ijkmc})$) เพิ่มขึ้น..... 42
4.3 การศึกษาเมื่อความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม(σ_{ε}^2) เพิ่มขึ้น..... 61
4.4 การศึกษาเมื่อค่าคงที่(w) เพิ่มขึ้น..... 80

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ..... 100
5.1 สรุปผลการวิจัย..... 100
5.1.1 การศึกษาเมื่อขนาดของหน่วยทดลอง(n) เพิ่มขึ้น..... 101
5.1.2 การศึกษาเมื่อค่าเฉลี่ยของค่าสังเกต ($E(Y_{ijkmc})$) เพิ่มขึ้น..... 101
5.1.3 การศึกษาเมื่อความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม(σ_{ε}^2) เพิ่มขึ้น..... 101
5.1.4 การศึกษาเมื่อค่าคงที่ (w) เพิ่มขึ้น..... 101
5.2 อภิปรายผล..... 102
5.3 ข้อเสนอแนะ..... 103

รายการอ้างอิง..... 104
บรรณานุกรม..... 105
ภาคผนวก..... 106
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 115

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1.1.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =25 ,w=0.01 และ σ_{ε}^2 = 5..... 23

4.1.1.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =25 ,w=0.01 และ σ_{ε}^2 = 10..... 24

4.1.1.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =25 ,w=0.01 และ σ_{ε}^2 = 15..... 25

4.1.1.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =25 ,w=0.02 และ σ_{ε}^2 = 5..... 25

4.1.1.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =25 ,w=0.02 และ σ_{ε}^2 = 10..... 26

4.1.1.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =25 ,w=0.02 และ σ_{ε}^2 = 15..... 27

4.1.1.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =25 ,w=0.03 และ σ_{ε}^2 = 5..... 27

4.1.1.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =25 ,w=0.03 และ σ_{ε}^2 = 10..... 28

4.1.1.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =25 ,w=0.03 และ σ_{ε}^2 = 15..... 29

4.1.2.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =30 ,w=0.01 และ σ_{ε}^2 = 5..... 30

4.1.2.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =30 ,w=0.01 และ σ_{ε}^2 = 10..... 30

4.1.2.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =30 ,w=0.01 และ σ_{ε}^2 = 15..... 31

4.1.2.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =30 ,w=0.02 และ σ_{ε}^2 = 5..... 32

4.1.2.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =30 ,w=0.02 และ σ_{ε}^2 = 10..... 32

ตารางที่ หน้า

4.1.2.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =30 ,w=0.02 และ σ_ε^2 = 15..... 33

4.1.2.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =30 ,w=0.03 และ σ_ε^2 = 5..... 34

4.1.2.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =30 ,w=0.03 และ σ_ε^2 = 10..... 34

4.1.2.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =30 ,w=0.03 และ σ_ε^2 = 15..... 35

4.1.3.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =35,w=0.01 และ σ_ε^2 = 5..... 36

4.1.3.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =35,w=0.01 และ σ_ε^2 = 10..... 37

4.1.3.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =35,w=0.01 และ σ_ε^2 = 15..... 37

4.1.3.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =35,w=0.02 และ σ_ε^2 = 5..... 38

4.1.3.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =35,w=0.02 และ σ_ε^2 = 10..... 39

4.1.3.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =35,w=0.02 และ σ_ε^2 = 15..... 39

4.1.3.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =35,w=0.03 และ σ_ε^2 = 5..... 40

4.1.3.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =35,w=0.03 และ σ_ε^2 = 10..... 41

4.1.3.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =35,w=0.03 และ σ_ε^2 = 15..... 41

4.2.1.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=6, σ_ε^2 = 5 และ w=0.01..... 42

ตารางที่ หน้า

4.2.1.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=6, σ_ε^2 = 5 และ w=0.02..... 43
4.2.1.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=6, σ_ε^2 = 5 และ w=0.03..... 44
4.2.1.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=6, σ_ε^2 = 10 และ w=0.01..... 44
4.2.1.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=6, σ_ε^2 = 10 และ w=0.02..... 45
4.2.1.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=6, σ_ε^2 = 10 และ w=0.03..... 46
4.2.1.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=6, σ_ε^2 = 15 และ w=0.01..... 46
4.2.1.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=6, σ_ε^2 = 15 และ w=0.02..... 47
4.2.1.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=6, σ_ε^2 = 15 และ w=0.03..... 48
4.2.2.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=16, σ_ε^2 = 5 และ w=0.01..... 49
4.2.2.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=16, σ_ε^2 = 5 และ w=0.02..... 49
4.2.2.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=16, σ_ε^2 = 5 และ w=0.03..... 50
4.2.2.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=16, σ_ε^2 = 10 และ w=0.01..... 51
4.2.2.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=16, σ_ε^2 = 10 และ w=0.02..... 51
4.2.2.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=16, σ_ε^2 = 10 และ w=0.03..... 52

ตารางที่ หน้า

4.2.2.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=16, σ_ε^2 = 15 และ w=0.01..... 53
4.2.2.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=16, σ_ε^2 = 15 และ w=0.02..... 53
4.2.2.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=16, σ_ε^2 = 15 และ w=0.03..... 54
4.2.3.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=30, σ_ε^2 = 5 และ w=0.01..... 55
4.2.3.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=30 , σ_ε^2 = 5 และ w=0.02..... 56
4.2.3.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=30 , σ_ε^2 = 5 และ w=0.03..... 56
4.2.3.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=30 , σ_ε^2 = 10 และ w=0.01..... 57
4.2.3.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=30 , σ_ε^2 = 10 และ w=0.02..... 58
4.2.3.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=30 , σ_ε^2 = 10 และ w=0.03..... 58
4.2.3.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=30 , σ_ε^2 = 15 และ w=0.01..... 59
4.2.3.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=30 , σ_ε^2 = 15 และ w=0.02..... 60
4.2.3.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=30 , σ_ε^2 = 15 และ w=0.03..... 60
4.3.1.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=6 และ w=0.01..... 61
4.3.1.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=6 และ w=0.02..... 62

ตารางที่ หน้า

4.3.1.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=6 และ w=0.03…….. 63
4.3.1.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=16 และ w=0.01…….. 63
4.3.1.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=16 และ w=0.02…….. 64
4.3.1.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=16 และ w=0.03…….. 65
4.3.1.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=30 และ w=0.01…….. 65
4.3.1.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=30 และ w=0.02…….. 66
4.3.1.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=30 และ w=0.03…….. 67
4.3.2.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=6 และ w=0.01…….. 68
4.3.2.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=6 และ w=0.02…….. 68
4.3.2.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=6 และ w=0.03…….. 69
4.3.2.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=16 และ w=0.01…….. 70
4.3.2.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=16 และ w=0.02…….. 70
4.3.2.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=16 และ w=0.03…….. 71
4.3.2.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=30 และ w=0.01…….. 72

ตารางที่ หน้า

4.3.2.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=30 และ w=0.02..... 72
4.3.2.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=30 และ w=0.03..... 73
4.3.3.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=6 และ w=0.01..... 74
4.3.3.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=6 และ w=0.02..... 75
4.3.3.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=6 และ w=0.03..... 75
4.3.3.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=16 และ w=0.01..... 76
4.3.3.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=16 และ w=0.02..... 77
4.3.3.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=16 และ w=0.03..... 77
4.3.3.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=30 และ w=0.01..... 78
4.3.3.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=30 และ w=0.02..... 79
4.3.3.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=30 และ w=0.03..... 79
4.4.1.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=6 และ σ_{ε}^2 = 5..... 80
4.4.1.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=6 และ σ_{ε}^2 = 10..... 81
4.4.1.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=6 และ σ_{ε}^2 = 15..... 82

ตารางที่ หน้า

4.4.1.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=16 และ σ_ε^2 = 5..... 82
4.4.1.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=16 และ σ_ε^2 = 10..... 83
4.4.1.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=16 และ σ_ε^2 = 15..... 84
4.4.1.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=30 และ σ_ε^2 = 5..... 84
4.4.1.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=30 และ σ_ε^2 = 10..... 85
4.4.1.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=30 และ σ_ε^2 = 15..... 86
4.4.2.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=6 และ σ_ε^2 =5..... 87
4.4.2.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=6 และ σ_ε^2 =10..... 87
4.4.2.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=6 และ σ_ε^2 =15..... 88
4.4.2.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=16 และ σ_ε^2 =5..... 89
4.4.2.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=16 และ σ_ε^2 =10..... 89
4.4.2.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=16 และ σ_ε^2 =15..... 90
4.4.2.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=30 และ σ_ε^2 =5..... 91
4.4.2.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=30 และ σ_ε^2 =10..... 91

ตารางที่ หน้า

4.4.2.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=30 และ σ_{ε}^2 =15..... 92
4.4.3.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=6 และ σ_{ε}^2 =5..... 93
4.4.3.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=6 และ σ_{ε}^2 =10..... 94
4.4.3.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=6 และ σ_{ε}^2 =15..... 94
4.4.3.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=16 และ σ_{ε}^2 =5..... 95
4.4.3.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=16 และ σ_{ε}^2 =10..... 96
4.4.3.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=16 และ σ_{ε}^2 =15..... 96
4.4.3.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=30 และ σ_{ε}^2 =5..... 97
4.4.3.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=30 และ σ_{ε}^2 =10..... 98
4.4.3.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=30 และ σ_{ε}^2 =15..... 98

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่ หน้า

4.1.1.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =25 ,w=0.01 และ σ_{ε}^2 = 5..... 24

4.1.1.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =25 ,w=0.01 และ σ_{ε}^2 = 10..... 24

4.1.1.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =25 ,w=0.01 และ σ_{ε}^2 = 15..... 25

4.1.1.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =25 ,w=0.02 และ σ_{ε}^2 = 5..... 26

4.1.1.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =25 ,w=0.02 และ σ_{ε}^2 = 10..... 26

4.1.1.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =25 ,w=0.02 และ σ_{ε}^2 = 15..... 27

4.1.1.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =25 ,w=0.03 และ σ_{ε}^2 = 5..... 28

4.1.1.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =25 ,w=0.03 และ σ_{ε}^2 = 10..... 28

4.1.1.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =25 ,w=0.03 และ σ_{ε}^2 = 15..... 29

4.1.2.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =30 ,w=0.01 และ σ_{ε}^2 = 5..... 30

4.1.2.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =30 ,w=0.01 และ σ_{ε}^2 = 10..... 31

4.1.2.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =30 ,w=0.01 และ σ_{ε}^2 = 15..... 31

4.1.2.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =30 ,w=0.02 และ σ_{ε}^2 = 5..... 32

4.1.2.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =30 ,w=0.02 และ σ_{ε}^2 = 10..... 33

รูปที่ หน้า

4.1.2.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =30 ,w=0.02 และ σ_ε^2 = 15..... 33

4.1.2.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =30 ,w=0.03 และ σ_ε^2 = 5..... 34

4.1.2.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =30 ,w=0.03 และ σ_ε^2 = 10..... 35

4.1.2.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =30 ,w=0.03 และ σ_ε^2 = 15..... 35

4.1.3.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =35,w=0.01 และ σ_ε^2 = 5..... 36

4.1.3.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =35,w=0.01 และ σ_ε^2 = 10..... 37

4.1.3.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =35,w=0.01 และ σ_ε^2 = 15..... 38

4.1.3.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =35,w=0.02 และ σ_ε^2 = 5..... 38

4.1.3.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =35,w=0.02 และ σ_ε^2 = 10..... 39

4.1.3.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =35,w=0.02 และ σ_ε^2 = 15..... 40

4.1.3.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =35,w=0.03 และ σ_ε^2 = 5..... 40

4.1.3.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =35,w=0.03 และ σ_ε^2 = 10..... 41

4.1.3.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =35,w=0.03 และ σ_ε^2 = 15..... 42

4.2.1.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=6, σ_ε^2 = 5 และ w=0.01..... 43

รูปที่ หน้า

4.2.1.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=6, σ_ε^2 = 5 และ w=0.02..... 43
4.2.1.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=6, σ_ε^2 = 5 และ w=0.03..... 44
4.2.1.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=6, σ_ε^2 = 10 และ w=0.01..... 45
4.2.1.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=6, σ_ε^2 = 10 และ w=0.02..... 45
4.2.1.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=6, σ_ε^2 = 10 และ w=0.03..... 46
4.2.1.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=6, σ_ε^2 = 15 และ w=0.01..... 47
4.2.1.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=6, σ_ε^2 = 15 และ w=0.02..... 47
4.2.1.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=6, σ_ε^2 = 15 และ w=0.03..... 48
4.2.2.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=16, σ_ε^2 = 5 และ w=0.01..... 49
4.2.2.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=16, σ_ε^2 = 5 และ w=0.02..... 50
4.2.2.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=16, σ_ε^2 = 5 และ w=0.03..... 50
4.2.2.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=16, σ_ε^2 = 10 และ w=0.01..... 51
4.2.2.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=16, σ_ε^2 = 10 และ w=0.02..... 52
4.2.2.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=16, σ_ε^2 = 10 และ w=0.03..... 52

รูปที่ หน้า

4.2.2.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=16, σ_ε^2 = 15 และ w=0.01..... 53
4.2.2.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=16, σ_ε^2 = 15 และ w=0.02..... 54
4.2.2.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=16, σ_ε^2 = 15 และ w=0.03..... 54
4.2.3.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=30, σ_ε^2 = 5 และ w=0.01..... 55
4.2.3.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=30 , σ_ε^2 = 5 และ w=0.02..... 56
4.2.3.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=30 , σ_ε^2 = 5 และ w=0.03..... 57
4.2.3.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=30 , σ_ε^2 = 10 และ w=0.01..... 57
4.2.3.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=30 , σ_ε^2 = 10 และ w=0.02..... 58
4.2.3.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=30 , σ_ε^2 = 10 และ w=0.03..... 59
4.2.3.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=30 , σ_ε^2 = 15 และ w=0.01..... 59
4.2.3.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=30 , σ_ε^2 = 15 และ w=0.02..... 60
4.2.3.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=30 , σ_ε^2 = 15 และ w=0.03..... 61
4.3.1.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=6 และ w=0.01..... 62
4.3.1.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=6 และ w=0.02..... 62

รูปที่ หน้า

4.3.1.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=6 และ w=0.03…….. 63
4.3.1.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=16 และ w=0.01…….. 64
4.3.1.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=16 และ w=0.02…….. 64
4.3.1.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=16 และ w=0.03…….. 65
4.3.1.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=30 และ w=0.01…….. 66
4.3.1.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=30 และ w=0.02…….. 66
4.3.1.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=30 และ w=0.03…….. 67
4.3.2.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=6 และ w=0.01…….. 68
4.3.2.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=6 และ w=0.02…….. 69
4.3.2.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=6 และ w=0.03…….. 69
4.3.2.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=16 และ w=0.01…….. 70
4.3.2.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=16 และ w=0.02…….. 71
4.3.2.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=16 และ w=0.03…….. 71
4.3.2.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=30 และ w=0.01…….. 72

รูปที่ หน้า

4.3.2.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=30 และ w=0.02..... 73
4.3.2.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=30 และ w=0.03..... 73
4.3.3.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=6 และ w=0.01..... 74
4.3.3.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=6 และ w=0.02..... 75
4.3.3.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=6 และ w=0.03..... 76
4.3.3.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=16 และ w=0.01..... 76
4.3.3.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=16 และ w=0.02..... 77
4.3.3.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=16 และ w=0.03..... 78
4.3.3.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=30 และ w=0.01..... 78
4.3.3.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=30 และ w=0.02..... 79
4.3.3.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=30 และ w=0.03..... 80
4.4.1.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=6 และ σ_{ε}^2 = 5..... 81
4.4.1.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=6 และ σ_{ε}^2 = 10..... 81
4.4.1.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=6 และ σ_{ε}^2 = 15..... 82

รูปที่ หน้า

4.4.1.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=16 และ σ_ε^2 = 5..... 83
4.4.1.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=16 และ σ_ε^2 = 10..... 83
4.4.1.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=16 และ σ_ε^2 = 15..... 84
4.4.1.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=30 และ σ_ε^2 = 5..... 85
4.4.1.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=30 และ σ_ε^2 = 10..... 85
4.4.1.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=30 และ σ_ε^2 = 15..... 86
4.4.2.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=6 และ σ_ε^2 =5..... 87
4.4.2.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=6 และ σ_ε^2 =10..... 88
4.4.2.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=6 และ σ_ε^2 =15..... 88
4.4.2.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=16 และ σ_ε^2 =5..... 89
4.4.2.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=16 และ σ_ε^2 =10..... 90
4.4.2.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=16 และ σ_ε^2 =15..... 90
4.4.2.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=30 และ σ_ε^2 =5..... 91
4.4.2.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=30 และ σ_ε^2 =10..... 92

รูปที่ หน้า

4.4.2.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=30 และ σ_{ε}^2 =15..... 92
4.4.3.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=6 และ σ_{ε}^2 =5..... 93
4.4.3.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=6 และ σ_{ε}^2 =10..... 94
4.4.3.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=6 และ σ_{ε}^2 =15..... 95
4.4.3.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=16 และ σ_{ε}^2 =5..... 95
4.4.3.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=16 และ σ_{ε}^2 =10..... 96
4.4.3.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=16 และ σ_{ε}^2 =15..... 97
4.4.3.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=30 และ σ_{ε}^2 =5..... 97
4.4.3.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=30 และ σ_{ε}^2 =10..... 98
4.4.3.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=30 และ σ_{ε}^2 =15..... 99

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การวางแผนการทดลอง(Experimental Design) เป็นระเบียบวิธีทางสถิติที่นำมาใช้ในงานวิจัยหลายด้าน ได้แก่ ด้านการแพทย์ ด้านการเกษตร เป็นต้น เนื่องจากงานวิจัยเหล่านี้ได้เกี่ยวข้องกับชีวิตมนุษย์และสัตว์โดยตรงดังนั้นการวางแผนการทดลองที่ดี มีความเหมาะสมกับสถานการณ์ถือเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อความปลอดภัยของมนุษย์ และสัตว์ทดลอง นอกจากนั้นยังได้ผลการวิจัยที่ถูกต้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการศึกษาในแผนแบบการทดลองข้ามปัจจัยทดลองที่มี 2 ช่วงระยะเวลา(Two-Period Crossover Design) ซึ่งเป็นแผนแบบนี้มีข้อจำกัดเพิ่มจากแผนแบบข้ามปัจจัยทดลอง(Crossover Design) นั่นคือทำภายใต้ช่วงระยะเวลาเพียง 2 ช่วงระยะเวลาเท่านั้น ซึ่งแผนแบบการทดลองดังกล่าวข้างต้นมีปัญหาที่เกิดขึ้นตามมาอย่างไร และจะมีวิธีการแก้ปัญหาต่างๆ เหล่านั้นได้หรือไม่ ก่อนที่จะวิเคราะห์ถึงแผนแบบและปัญหาที่จะเกิดตามมาข้างต้น จะขอกล่าวถึงความเป็นมาของแผนแบบที่เกี่ยวข้องกับแผนแบบข้างต้น พร้อมทั้งปัญหาและวิธีการแก้ไข อันได้แก่ แผนแบบข้ามปัจจัยทดลอง (Crossover Design) และ แผนแบบข้ามปัจจัยทดลองที่มี 2 วิธีการทดลอง(Two-Treatment Crossover Design)

แผนแบบข้ามปัจจัยทดลอง (Crossover Design หรือ Changeover Design) (Grizzle,1965) เป็นแผนแบบที่นิยมใช้ในการวิจัยทางการแพทย์ที่ศึกษากับผู้ป่วยที่เป็นโรคเรื้อรังรักษาไม่หายขาด ได้แก่ โรคหอบหืด โรคความดันโลหิตสูง เป็นต้น เนื่องจากสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนจากหน่วยทดลองได้ โดยใช้หน่วยทดลองเป็นปัจจัยในการแบ่งบล็อก (Blocking Factor) จึงทำให้แผนแบบการทดลองนี้มีความแม่นยำ (Precision) และ มีอำนาจการทดสอบ (Power of the test) ที่สูง ปัญหาที่ตามมาสำหรับการเลือกใช้แผนแบบการทดลองนี้ คือ ปัญหาผลกระทบตกค้าง(Carryover Effect) ที่หลงเหลือจากช่วงเวลาก่อนหน้าช่วงเวลาที่กำลังศึกษา โดยที่ผลกระทบตกค้างนี้ได้ไปปลอมปนกับผลกระทบจากวิธีทดลอง (Treatment Effect หรือ Direct Effect) จนไม่สามารถแยกผลกระทบตกค้างออกจากผลกระทบจากวิธีทดลองได้ วิธีการที่พอทำได้ในทางปฏิบัติคือ การเพิ่มช่วงเวลาล้างผลกระทบตกค้าง (Washout Period) ให้มากพอก่อนที่จะให้วิธีการทดลองที่สองเข้าไปในหน่วยทดลอง แต่ปัญหาที่ตามมาก็คือเวลาที่เพิ่มขึ้นนั้นไม่สามารถกำจัดผลกระทบตกค้างให้หมดไปได้ จึงได้มีการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นโดยออกแบบให้

ผลกระทบตกค้างมีความสมดุล (Balanced Crossover Design for Carryover Effect) (สุพล ดุรงค์วัฒนา,2544:493) นั่นคือ ทุกวิธีทดลองต้องมีโอกาสนำหน้าและตามหลังวิธีทดลองอื่นๆ เป็นจำนวนครั้งที่เท่ากัน(มาลัย แสวงทรัพย์,2547:30) จากวิธีการแก้ปัญหาข้างต้นทำให้สามารถประมาณค่าผลกระทบจากวิธีทดลองได้ และไม่มีผลกระทบตกค้างหลงเหลืออยู่

แผนแบบข้ามปัจจัยทดลองที่มี 2 วิธีการทดลอง (Two-Treatment Crossover Design) เป็นแผนแบบที่มีข้อกำหนดจากแผนแบบข้ามปัจจัยทดลอง โดยทำภายใต้วิธีการทดลองเพียง 2 วิธีการทดลอง ปัญหาที่เกิดขึ้นตามมาจากการเลือกใช้แผนแบบนี้คือ ไม่สามารถแยกผลกระทบตกค้างออกจากผลกระทบจากวิธีทดลองได้ เช่นเดียวกับแผนแบบข้ามปัจจัยทดลอง (Crossover Design) วิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหา(สุพล ดุรงค์วัฒนา, 2544: 561-562
และ Mongomery,1991:549-551) ดังกล่าวได้ ก็คือ วิธีการเพิ่มช่วงระยะเวลาพิเศษ (Extra Period Method) และวิธีวนทางกลับ (Switchback Method) ซึ่งทั้งสองวิธีนี้จะช่วยแยกผลกระทบตกค้างออกจากผลกระทบจากวิธีทดลองได้อย่างสมบูรณ์ นั่นคือไม่มีผลกระทบตกค้างหลงเหลืออยู่ ทำให้สามารถประมาณค่าผลกระทบจากวิธีทดลองได้ เช่นเดียวกับแผนแบบข้ามปัจจัยทดลอง

จากปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในแต่ละแผนแบบข้างต้น ต่างก็สามารถที่จะแยกผลกระทบตกค้างออกจากผลกระทบจากปัจจัยทดลองได้ ทำให้สามารถประมาณค่าผลกระทบจากวิธีทดลองโดยที่ไม่มีผลกระทบตกค้างหลงเหลืออยู่ ในขั้นต่อไปจะกล่าวถึงปัญหาที่เกิดขึ้นกับแผนแบบข้ามปัจจัยทดลองที่มี 2 ช่วงระยะเวลา

แผนแบบข้ามปัจจัยทดลองที่มี 2 ช่วงระยะเวลา (Two-Period Crossover Design) เป็นแผนแบบที่มีข้อกำหนดจากแผนแบบข้ามปัจจัยทดลอง โดยกำหนดทำภายใต้ช่วงระยะเวลาเพียง 2 ช่วงระยะเวลา ปัญหาที่เกิดขึ้นกับแผนแบบนี้ก็เช่นเดียวกับแผนแบบดังกล่าวข้างต้น แต่เนื่องจากไม่สามารถใช้วิธีการแก้ปัญหาข้างต้นในการแยกผลกระทบตกค้างออกจากผลกระทบจากปัจจัยทดลอง เนื่องจากเป็นไปไม่ได้ที่จะทำให้แผนแบบข้ามปัจจัยทดลองที่มี 2 ช่วงระยะเวลามีผลกระทบตกค้างสมดุลได้ ยกเว้นในกรณีที่หน่วยทดลองที่นำมาทำการศึกษาเป็นจำนวนคู่ ก็จะทำให้ผลกระทบตกค้างมีความสมดุลได้ แต่ก็ยังไม่สามารถประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองได้ เนื่องจากยังมีผลกระทบตกค้างปลอมปนอยู่ นอกจากนั้นก็ไม่สามารถเพิ่มช่วงระยะเวลาพิเศษหรือ วิธีวนทางกลับได้เพราะจะทำให้ช่วงระยะเวลาเพิ่มจากที่กำหนด ทำให้การประมาณค่าผลกระทบจากวิธีทดลองของแผนแบบนี้ทำได้แตกต่างไปจากแผนแบบอื่น นั่นคือ จะต้องทดสอบสมมติฐานความเท่าเทียมกันของผลกระทบตกค้างก่อน ถ้ายอมรับสมมติฐานว่าง H_0 ที่ว่ามีความเท่าเทียมกันของผลกระทบตกค้าง แสดงว่าไม่มีผลกระทบตกค้างจากวิธีทดลองแรก มาปลอมปนกับวิธีทดลองที่สอง จึงพิจารณาประมาณค่าผลกระทบจากวิธีทดลองได้จากข้อมูลทั้งสองช่วงระยะเวลา ในทางกลับกันถ้าปฏิเสธสมมติฐานว่าง แสดงว่าเกิดความไม่เท่าเทียมกันของ

ผลกระทบตกค้าง จึงพิจารณาประมาณค่าผลกระทบจากวิธีทดลองโดยใช้ข้อมูลจากช่วงระยะเวลาที่ 1 เท่านั้น(Grizzle,1965) จากปัญหาข้างต้น จึงได้มีการหาแนวทางในการแก้ปัญหาดังกล่าวโดยใช้วิธีการประมาณค่าเข้ามาช่วยในการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลอง

โดยในปี 1988 Andrew R. Willan ได้นำวิธีการประมาณค่าด้วยค่าสูงสุด (Maximum Estimation Method) มาใช้ในการประมาณค่าผลกระทบจากวิธีทดลอง สำหรับแผนแบบข้ามปัจจัยทดลองที่มี 2 ช่วงระยะเวลา ทำภายใต้สถานการณ์ที่มีจำนวนหน่วยทดลองที่แตกต่างกันโดยวิธีการประมาณด้วยค่าสูงสุด หาจากค่าที่มากที่สุดระหว่างค่าประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองที่เกิดจากการวิเคราะห์ข้อมูลจากช่วงระยะเวลาที่ 1 และผลกระทบจากวิธีทดลองที่เกิดจากการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งจากช่วงระยะเวลาที่ 1 และ 2

ต่อมาในปี 1997 Sue-Jane Wang and H.M. James Hung ได้นำวิธีการประมาณค่าแบบ 2 ขั้นตอน (Two-Stage Estimation Method) มาใช้ในการประมาณค่าผลกระทบจากวิธีทดลอง สำหรับแผนแบบข้ามปัจจัยทดลองที่มี 2 ช่วงระยะเวลา โดยวิธีการประมาณค่าแบบ 2 ขั้นตอน นั้นจะทำการประมาณค่าผลกระทบตกค้างก่อนในขั้นตอนแรก ต่อจากนั้นขั้นตอนที่ 2 จะประมาณค่าผลกระทบจากวิธีทดลอง แต่ก่อนที่จะทำการประมาณค่าจะต้องทดสอบความเท่ากันของผลกระทบตกค้างก่อน ถ้าเกิดมีผลกระทบตกค้างหลงเหลืออยู่จะพิจารณาผลกระทบจากวิธีทดลองเฉพาะช่วงระยะเวลาที่ 1 เท่านั้น แต่ถ้าจากผลการทดสอบพบว่าไม่เกิดผลกระทบตกค้างหลงเหลืออยู่ก็จะพิจารณาทั้งช่วงระยะเวลาที่ 1 และที่ 2 พร้อมกัน

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยต้องเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าผลกระทบจากวิธีทดลองด้วยวิธีการประมาณค่าด้วยค่าสูงสุด (Maximum Estimation Method) และวิธีการประมาณค่าแบบ 2 ขั้นตอน (Two-Stage Estimation Method) สำหรับแผนแบบข้ามปัจจัยทดลองที่มี 2 ช่วงระยะเวลา

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาและประมาณค่าผลกระทบจากวิธีทดลองด้วยวิธีการประมาณค่าด้วยค่าสูงสุด(Maximum Estimation Method) และวิธีการประมาณค่าแบบ 2 ขั้นตอน(Two-Stage Estimation Method)

1.2.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการประมาณค่าผลกระทบจากวิธีทดลองด้วยวิธีการประมาณค่าด้วยค่าสูงสุด (Maximum Estimation Method) และ วิธีการประมาณค่าแบบ 2 ขั้นตอน (Two-Stage Estimation Method)

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

ภายใต้ข้อกำหนดของแผนแบบการทดลองที่มี 2 ช่วงระยะเวลาทำให้การประมาณค่าด้วยวิธีการประมาณค่าด้วยค่าสูงสุด (Maximum Estimation Method) จะให้ค่าร้อยละของความผิดพลาดโดยเฉลี่ยของผลกระทบจากวิธีทดลองที่ประมาณได้กับผลกระทบจากวิธีทดลองที่เกิดขึ้นจริง (Average Percent Difference) ต่ำกว่า วิธีการประมาณค่าแบบ 2 ขั้นตอน (Two-Stage Estimation Method)

แนวคิด : จากการศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง พบว่า ค่า Mean Square Error (MSE) ของวิธีการประมาณค่าด้วยค่าสูงสุด(Maximum Estimation Method) ต่ำกว่า ค่า Mean Square Error (MSE) ของวิธีการประมาณค่าแบบ 2 ขั้นตอน (Two-Stage Estimation Method) (Wang,Sue-Jane and James Hung,H.M.,1997:1089)

1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น

1.4.1 ในการศึกษาครั้งนี้ศึกษาเฉพาะแผนแบบข้ามปัจจัยทดลองที่มี 2 ช่วงระยะเวลา โดยมีตัวแบบเชิงสถิติ (Statistical Model) ที่ต้องการศึกษา เป็นดังนี้

$$Y_{ijkmc} = \mu + \alpha_i + \beta_{ij} + \gamma_k + \tau_{m[i,k]} + \lambda_{c[i,k-1]} + \varepsilon_{ijkmc}$$

โดยที่ Y_{ijkmc} คือ ค่าสังเกตจากลำดับการให้วิธีทดลองที่ i หน่วยทดลองที่ j ช่วงระยะเวลาที่ k ผลกระทบจากวิธีทดลองที่ m และผลกระทบตกค้างที่ c

μ คือ ค่าเฉลี่ยรวมของประชากร

α_i คือ พารามิเตอร์ผลกระทบจากลำดับการให้วิธีทดลองที่ i ; i =1,2

β_{ij} คือ พารามิเตอร์ผลกระทบจากหน่วยทดลองที่ j ลำดับการให้วิธีทดลองที่ i ; j = 1,2,…, n_i

γ_k คือ พารามิเตอร์ผลกระทบจากช่วงระยะเวลาที่ k ; k =1,2

$\tau_{m[i,k]}$ คือ พารามิเตอร์ผลกระทบจากวิธีทดลองที่ m สำหรับลำดับการให้วิธีทดลองที่ i ช่วงระยะเวลาที่ k เมื่อ m=1,2 ; i=1,2; k=1,2

$\lambda_{c[i,k-1]}$ คือ พารามิเตอร์ผลกระทบตกค้างที่ c จากลำดับการให้วิธีทดลองที่ i ช่วงระยะเวลาที่ k-1 เมื่อ c= 1,2 โดยที่ $\lambda_{c[i,0]} = 0$

ε_{ijkmc} คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่มจากลำดับการให้วิธีทดลองที่ i หน่วยทดลองที่ j และช่วงเวลาที่ k ผลกระทบจากวิธีทดลองที่ m และผลกระทบตกค้างที่ c

1.4.2 α_i, γ_k, $\tau_{m[i,k]}$ และ $\lambda_{c[i,k-1]}$ เป็นผลกระทบจากลำดับการให้วิธีการทดลอง ผลกระทบจากช่วงระยะเวลา ผลกระทบจากวิธีทดลอง และผลกระทบตกค้าง ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าคงที่ที่ไม่ทราบค่า โดยที่ $\alpha_1+\alpha_2=0$, $\gamma_1+\gamma_2=0$, $\tau_1+\tau_2=0$, $\lambda_1+\lambda_2=0$

1.4.3 ผลกระทบจากหน่วยทดลองที่ j ลำดับการให้วิธีทดลองที่ i เป็นผลกระทบเชิงสุ่ม ซึ่งมีการแจกแจงแบบปกติ และเป็นอิสระซึ่งกันและกัน นั่นคือ $\beta_{ij} \sim NID(0,\sigma_\beta^2)$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ σ_β^2

1.4.4 ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) และเป็นอิสระซึ่งกันและกัน นั่นคือ $\varepsilon_{ijkmc} \sim NID(0,\sigma_\varepsilon^2)$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ σ_ε^2

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตการวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะครอบคลุมถึงการศึกษาในเรื่องต่อไปนี้

1.5.1 ทำการศึกษาประมาณค่าด้วยวิธีประมาณค่าด้วยค่าสูงสุด และวิธีประมาณค่าแบบ 2 ขั้นตอน

1.5.2 ตัวแบบที่ศึกษาเป็นตัวแบบผลกระทบผสม (Mixed Effect Model) ในแผนแบบข้ามปัจจัยทดลองที่มี 2 ช่วงระยะเวลา

1.5.3 ประชากรที่ศึกษาสร้างมาจากตัวแบบ

$$Y_{ijkmc} = \mu + \alpha_i + \beta_{ij} + \gamma_k + \tau_{m[i,k]} + \lambda_{c[i,k-1]} + \varepsilon_{ijkmc}$$

เมื่อ i = 1,2 ; j = 1,2,…,n_i; k=1,2 ; m=1,2; c=1,2

1.5.4 กำหนดให้ค่าเฉลี่ยของประชากรมีค่าเท่ากันทุกกลุ่ม $\mu = 20$

1.5.5 เนื่องจากพารามิเตอร์ผลกระทบจากลำดับการให้วิธีทดลองที่ i (α_i), พารามิเตอร์ผลกระทบจากช่วงระยะเวลาที่ k (γ_k), พารามิเตอร์ผลกระทบจากวิธีทดลองที่ m ($\tau_{m[i,k]}$) และพารามิเตอร์ผลกระทบตกค้างที่ c จากลำดับการให้วิธีทดลองที่ i ช่วงระยะเวลาที่ k-1 ($\lambda_{c[i,k-1]}$) เป็นค่าคงที่ซึ่งต้องกำหนดค่าให้โดยจำลองข้อมูลภายใต้สถานการณ์ที่เกิดผลกระทบจากวิธีทดลอง $(H_1 : \tau_{m[i,k]} \neq 0)$

จาก $CV(Y_{ijkmc}) = \dfrac{S.D.(Y_{ijkmc})}{E(Y_{ijkmc})}$

โดยที่ $E(Y_{ijkmc}) = \mu + \alpha_i + \gamma_k + \tau_{m[i,k]} + \lambda_{c[i,k-1]}$

และ $S.D.(Y_{ijkmc}) = \sqrt{\sigma_\beta^2 + \sigma_\varepsilon^2} = \sqrt{(w+1)\sigma_\varepsilon^2}$; กำหนดให้ $\sigma_\beta^2 = w\sigma_\varepsilon^2$

จากสูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน ถ้าเรากำหนดค่าให้กับ $E(Y_{ijkmc})$ จะทำให้เราได้ค่าพารามิเตอร์ดังนี้

กำหนดให้ $E(Y_{ijkmc})$ เท่ากับ 25, 30 และ 35

จะได้ $E(Y_{ijkmc}) = \mu + \alpha_i + \gamma_k + \tau_{m[i,k]} + \lambda_{c[i,k-1]} = 25$

โดยกำหนด $\alpha_i = (a + 0.02)\mu$

$\gamma_k = (a + 0.045)\mu$

$\tau_{m[i,k]} = (a + 0.07)\mu$

และ $\lambda_{c[i,k-1]} = (a + 0.095)\mu$

แทนค่าพร้อมทั้งหาค่า a จะได้ว่า a เท่ากับ 0.005 ในทำนองเดียวกัน ถ้ากำหนดให้ $E(Y_{ijkmc})$ เท่ากับ 30 และ 35 จะได้ค่า a เท่ากับ 0.0675 และ 0.13 ตามลำดับ และเมื่อแทนค่า a ในแต่ละพารามิเตอร์ โดยแบ่งออกเป็น 3 กรณี

<u>กรณี 1</u> เมื่อกำหนด $E(Y_{ijkmc})$=25, $\mu = 20$ จะได้ค่า a = 0.005

ดังนั้น $\alpha_i = (0.005 + 0.02) \times 20 = 0.50$

$\gamma_k = (0.005 + 0.045) \times 20 = 1.00$

$\tau_{m[i,k]} = (0.005 + 0.07) \times 20 = 1.50$

และ $\lambda_{c[i,k-1]} = (0.005 + 0.095) \times 20 = 2.00$

จากเงื่อนไข $\alpha_1 + \alpha_2 = 0$, $\gamma_1 + \gamma_2 = 0$, $\tau_1 + \tau_2 = 0$ และ $\lambda_1 + \lambda_2 = 0$ และค่าพารามิเตอร์ที่ได้ข้างต้นจึงทำให้กำหนดค่า α_1=0.50, γ_1=1.00, τ_1=1.50 และ λ_1=2.00 ส่วน α_2=-0.50, γ_2=-1.00, τ_2=-1.50 และ λ_2=-2.00

<u>กรณี 2</u> เมื่อกำหนด $E(Y_{ijkmc})$=30, $\mu = 20$ จะได้ค่า a = 0.0675

ดังนั้น $\alpha_i = (0.0675 + 0.02) \times 20 = 1.75$

$\gamma_k = (0.0675 + 0.045) \times 20 = 2.25$

$\tau_{m[i,k]} = (0.0675 + 0.07) \times 20 = 2.75$

และ $\lambda_{c[i,k-1]} = (0.0675 + 0.095) \times 20 = 3.25$

จากเงื่อนไข $\alpha_1 + \alpha_2 = 0$, $\gamma_1 + \gamma_2 = 0$, $\tau_1 + \tau_2 = 0$ และ $\lambda_1 + \lambda_2 = 0$ และค่าพารามิเตอร์ที่ได้ข้างต้นจึงทำให้กำหนดค่า α_1=1.75, γ_1=2.25, τ_1=2.75และ λ_1=3.25 ส่วน α_2=-1.75, γ_2=-2.25, τ_2=-2.75 และ λ_2=-3.25

<u>กรณี 3</u> เมื่อกำหนด $E(Y_{ijkmc})$=35, $\mu = 20$ จะได้ค่า a = 0.13

ดังนั้น $\alpha_i = (0.13 + 0.02) \times 20 = 3.00$

$\gamma_k = (0.13 + 0.045) \times 20 = 3.50$

$\tau_{m[i,k]} = (0.13 + 0.07) \times 20 = 4.00$

และ $\lambda_{c[i,k-1]} = (0.13 + 0.095) \times 20 = 4.50$

จากเงื่อนไข $\alpha_1 + \alpha_2 = 0$, $\gamma_1 + \gamma_2 = 0$, $\tau_1 + \tau_2 = 0$ และ $\lambda_1 + \lambda_2 = 0$ และค่าพารามิเตอร์ที่ได้ข้างต้นจึงทำให้กำหนดค่า α_1=3.00, γ_1=3.50, τ_1=4.00 และ λ_1=4.50 ส่วน α_2=-3.00, γ_2=-3.50, τ_2=-4.00 และ λ_2=-4.50

1.5.6 กำหนดให้ค่าคงที่(w) เท่ากับ 0.01, 0.02 และ 0.03

1.5.7 กำหนดให้ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม(σ_ε^2) เท่ากับ 5, 10 และ 15

1.5.8 กำหนดให้ขนาดของหน่วยทดลอง(n)เท่ากับ 6, 16, และ 30

1.5.9 กำหนดระดับนัยสำคัญ(α) เท่ากับ 0.05

1.5.10 การวิจัยครั้งนี้จำลองข้อมูลขึ้นตามสถานการณ์ที่ต้องการศึกษา ด้วยเทคนิคการจำลองแบบมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation Technique) (เสกสรร เกียรติสุไพบูลย์, 2548) บนเครื่อง PC(Personal Computer) และเขียนคำสั่งด้วยโปรแกรม MATLAB 7.0

1.5.11 จำลองข้อมูลในแต่ละสถานการณ์ของการกระทำซ้ำ 2,000 รอบ

1.6 เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของตัวประมาณ

ในการวิจัยนี้จะพิจารณาร้อยละของความผิดพลาดโดยเฉลี่ยของผลกระทบจากวิธีทดลองที่ประมาณได้กับผลกระทบจากวิธีทดลองที่เกิดขึ้นจริง (Average Percent Difference) โดยวิธีการประมาณค่าผลกระทบจากวิธีทดลองวิธีใดที่ให้ค่า Average Percent Difference ต่ำสุด จะเป็นวิธีที่ดีกว่า ซึ่งมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$\text{Average \% Difference} = \frac{1}{2 \text{ x (iteration)}} \sum_{t=1}^{iteration} \sum_{m=1}^{2} \left(\frac{\left| \hat{\tau}_{m[i,k]t} - \tau_{m[i,k]} \right|}{\tau_{m[i,k]}} x100 \right)$$

โดยที่ $\tau_{m[i,k]}$ คือ พารามิเตอร์ผลกระทบจากวิธีทดลองที่ m สำหรับลำดับการให้วิธีทดลองที่ i ช่วงระยะเวลาที่ k เมื่อ m=1,2 ; i=1,2; k=1,2

$\hat{\tau}_{m[i,k]t}$ คือ ค่าประมาณของ $\tau_{m[i,k]}$ ในรอบที่ t

iteration คือ จำนวนรอบในการจำลองแต่ละสถานการณ์ สำหรับงานวิจัยนี้กำหนดให้เท่ากับ 2,000

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.7 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1.7.1 ปัจจัยทดลอง (Treatment Factor) หมายถึง วิธีการที่จะใส่ให้กับหน่วยทดลองเพื่อศึกษาเปรียบเทียบตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.7.2 วิธีทดลอง (Treatments) หมายถึง ระดับของปัจจัยทดลองที่ใส่ให้กับหน่วยทดลอง เช่น ต้องการเปรียบเทียบวิธีการสอน 3 วิธี ได้แก่ วิธี A, วิธี B และ วิธี C โดยเรียกวิธีการสอน ว่าปัจจัยทดลอง และวิธีการสอนนี้มีทั้งหมด 3 ระดับ(Level) เรียกแต่ละระดับว่า วิธีการทดลอง

1.7.3 หน่วยทดลอง (Experimental Units) หรือในทางงานวิจัยทางการแพทย์ เรียกว่า Subject หมายถึง หน่วยทดลองที่ได้รับวิธีทดลอง

1.7.4 ค่าสังเกต (Observation) หมายถึง ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากหน่วยทดลอง

1.7.5 ผลกระทบตกค้าง (Carryover Effect) หมายถึง ผลกระทบตกค้างอันดับที่ 1 ซึ่งเป็นผลกระทบที่ยังหลงเหลืออยู่จากวิธีการทดลองในช่วงระยะเวลาแรกที่ทำการศึกษามาปลอมปนกับผลกระทบจากวิธีทดลองในช่วงระยะเวลาที่สอง

1.7.6 ผลกระทบจากวิธีทดลอง(Treatment Effect หรือ Direct Effect) หมายถึง ผลกระทบจากวิธีทดลองที่เกิดขึ้นกับหน่วยทดลอง ณ ช่วงระยะเวลาที่ศึกษา

1.7.7 ระยะเวลาล้างผลกระทบตกค้าง (Washout Period) หมายถึง ช่วงระยะเวลาที่หยุดพักก่อนเปลี่ยนวิธีการทดลอง

1.7.8 ลำดับการให้วิธีทดลอง (Treatment Sequence) หมายถึง การให้วิธีทดลองตามลำดับที่กำหนด เช่น มีวิธีการทดลอง 2 วิธี ดังนั้น ลำดับการให้วิธีทดลองจะเท่ากับ 2! ซึ่งเท่ากับ 2 ลำดับการทดลอง ได้แก่ AB และ BA นั่นคือช่วงระยะเวลาแรกให้วิธีการทดลอง A กับหน่วยทดลองก่อน ต่อมาช่วงระยะเวลาที่ 2 ให้วิธีการทดลอง B ส่วนลำดับการให้วิธีการทดลอง BA ก็เช่นเดียวกัน

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1.8.1 สามารถประมาณค่าผลกระทบจากวิธีทดลองเมื่อข้อมูลมีขนาดต่างๆ ด้วยวิธีการประมาณค่าด้วยค่าสูงสุด (Maximum Estimation Method) และวิธีการประมาณค่าแบบ 2 ขั้นตอน (Two-Stage Estimation Method)

1.8.2 ได้ทราบถึงประสิทธิภาพของการประมาณค่าผลกระทบจากวิธีทดลอง ด้วยวิธีการประมาณค่าด้วยค่าสูงสุด(Maximum Estimation Method) และวิธีการประมาณค่าแบบ 2 ขั้นตอน (Two-Stage Estimation Method)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. 9 วิธีดำเนินการวิจัย

1.9.1 ศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับแผนแบบข้ามปัจจัยทดลองที่มี 2 ช่วงระยะเวลาและวิธีการประมาณค่าทั้งสองวิธี

1.9.2 ศึกษาการเขียนโปรแกรมการจำลองค่าสังเกตในตัวแบบตามขอบเขตที่ต้องการศึกษา

1.9.3 ทำการประมาณค่าผลกระทบจากวิธีทดลองด้วยวิธีการประมาณค่าด้วยค่าสูงสุด (Maximum Estimation Method) และวิธีการประมาณค่าแบบ 2 ขั้นตอน(Two-Stage Estimation Method)

1.9.4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพโดยพิจารณาจากค่าร้อยละของความผิดพลาดโดยเฉลี่ยของผลกระทบจากวิธีทดลองที่ประมาณค่าได้กับผลกระทบจากวิธีทดลองที่เกิดขึ้นจริง (Average Percent Difference) โดยวิธีการประมาณค่าใดที่ให้ค่า Average Percent Difference ต่ำกว่าก็แสดงว่าวิธีนั้นได้ค่าประมาณที่ใกล้เคียงค่าจริงมากกว่า

1.9.5 สรุปผลการวิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีและตัวสถิติที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้สนใจศึกษาการประมาณค่าผลกระทบจากวิธีทดลองสำหรับแผนแบบข้ามปัจจัยทดลองที่มี 2 ช่วงระยะเวลา ดังนั้นในบทนี้จะกล่าวถึงแผนแบบข้ามปัจจัยทดลองที่มี 2 ช่วงระยะเวลา (Two-Period Crossover Design) และวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ผลกระทบจากวิธีทดลองซึ่งมี 2 วิธี ได้แก่ วิธีการประมาณค่าด้วยค่าสูงสุด (Maximum Estimation Method) และวิธีการประมาณค่าแบบ 2 ขั้นตอน (Two-Stage Estimation Method) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 แผนแบบข้ามปัจจัยทดลองที่มี 2 ช่วงระยะเวลา (Two-Period Crossover Design)

แผนแบบข้ามปัจจัยทดลองที่มี 2 ช่วงระยะเวลานี้ เป็นแผนแบบที่เป็นส่วนหนึ่งของแผนแบบข้ามปัจจัยทดลองแต่กำหนดทำภายใต้ช่วงระยะเวลาเพียง 2 ช่วงระยะเวลา ดังนั้นวิธีการทดลองทั้งหมดจึงมี 2 วิธีทดลอง ซึ่งจะกลายเป็นแผนแบบข้ามปัจจัยทดลอง 2 × 2 (2 × 2 Crossover Design) ซึ่งเป็นแผนแบบที่นิยมใช้ในทางการแพทย์ โดยเฉพาะกับการรักษาผู้ป่วยที่เป็นโรคเรื้อรังและมีอาการคงที่ นอกจากนั้นหน่วยทดลองจะได้รับลำดับการให้วิธีทดลองอย่างสุ่ม อย่างเช่น มีวิธีทดลอง 2 วิธี ได้แก่ วิธีทดลอง A และ วิธีทดลอง B ดังนั้นลำดับการให้วิธีทดลอง คือ AB และ BA นั่นคือจะต้องสุ่มให้ลำดับการทดลอง AB หรือ BA ให้กับหน่วยทดลองทั้งหมดโดยในแต่ละลำดับจะมีหน่วยทดลองพอๆ กัน เช่นมีหน่วยทดลอง 10 จะมีหน่วยทดลองอยู่ 5 หน่วยทดลอง ได้รับลำดับการให้วิธีการทดลอง AB ส่วนอีก 5 หน่วยทดลอง จะได้รับลำดับการให้วิธีการทดลอง BA

ปัญหาสำหรับแผนแบบการทดลองนี้คือไม่สามารถล้างผลกระทบตกค้างออกจากผลกระทบจากวิธีทดลองได้ ทำให้ค่าประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองมีการปลอมปนของผลกระทบตกค้างหลงเหลืออยู่ จนทำให้ประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองไม่ได้ จึงได้มีวิธีการที่จะประมาณผลกระทบจากวิธีทดลอง ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อต่อไป

ตัวแบบเชิงสถิติ(Statistical Model) สำหรับแผนแบบข้ามปัจจัยทดลองที่มี 2 ช่วงระยะเวลา เป็นดังนี้

$$Y_{ijkmc} = \mu + \alpha_i + \beta_{ij} + \gamma_k + \tau_{m[i,k]} + \lambda_{c[i,k-1]} + \varepsilon_{ijkmc}$$

โดยที่ Y_{ijkmc} คือ ค่าสังเกตจากลำดับการให้วิธีทดลองที่ i หน่วยทดลองที่ j ช่วงระยะเวลาที่ k ผลกระทบจากวิธีทดลองที่ m และผลกระทบตกค้างที่ c

μ คือ ค่าเฉลี่ยรวมของประชากร

α_i คือ พารามิเตอร์ผลกระทบจากลำดับการให้วิธีทดลองที่ i ; i =1,2

β_{ij} คือ พารามิเตอร์ผลกระทบจากหน่วยทดลองที่ j ลำดับการให้วิธีทดลองที่ i ; j = 1,2,…, n_i

γ_k คือ พารามิเตอร์ผลกระทบจากช่วงระยะเวลาที่ k ; k =1,2

$\tau_{m[i,k]}$ คือ พารามิเตอร์ผลกระทบจากวิธีทดลองที่ m สำหรับลำดับการให้วิธีทดลองที่ i ช่วงระยะเวลาที่ k เมื่อ m=1,2; i=1,2; k=1,2

$\lambda_{c[i,k-1]}$ คือ พารามิเตอร์ผลกระทบตกค้างที่ c จากลำดับการให้วิธีทดลองที่ i ช่วงระยะเวลาที่ k-1 เมื่อ c= 1,2 โดยที่ $\lambda_{c[i,0]} = 0$

ε_{ijkmc} คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่มจากลำดับการให้วิธีทดลองที่ i หน่วยทดลองที่ j และช่วงเวลาที่ k ผลกระทบจากวิธีทดลองที่ m และผลกระทบตกค้างที่ c

จากตัวแบบข้างต้น สามารถเขียนตารางค่าสังเกตได้ดังนี้

Period	Treatment Sequence	Experimental Unit (Subject)	Treatment Sequence	Experimental Unit (Subject)
		$\beta_{11}, \beta_{12}, ..., \beta_{1n_1}$		$\beta_{21}, \beta_{22}, ..., \beta_{2n_2}$
1	A	$y_{11111}, y_{12111}, ..., y_{1n_1111}$	B	$y_{21122}, y_{22122}, ..., y_{2n_2122}$
2	B	$y_{11221}, y_{12221}, ..., y_{1n_1221}$	A	$y_{21212}, y_{22212}, ..., y_{2n_2212}$

ตัวแบบจากตารางค่าสังเกต คือ

$$y_{ijkmc} = \hat{\mu} + \hat{\alpha}_i + \hat{\beta}_{ij} + \hat{\gamma}_k + \hat{\tau}_{m[i,k]} + \hat{\lambda}_{c[i,k-1]} + e_{ijkmc}$$

โดยที่ y_{ijkmc} คือ ค่าสังเกตที่มาจากลำดับการให้วิธีทดลองที่ i หน่วยทดลองที่ j ช่วงระยะเวลาที่ k ผลกระทบจากวิธีทดลองที่ m และผลกระทบตกค้างที่ c

$\hat{\mu}$ คือ ค่าประมาณค่าเฉลี่ยรวมของประชากร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$\hat{\alpha}_i$ คือ ค่าประมาณพารามิเตอร์ลำดับการให้วิธีทดลองที่ i ; i =1,2

$\hat{\beta}_{ij}$ คือ ค่าประมาณพารามิเตอร์ผลกระทบจากหน่วยทดลองที่ j ลำดับการให้วิธีทดลองที่ i ; j = 1,2,..., n_i

$\hat{\gamma}_k$ คือ ค่าประมาณพารามิเตอร์ผลกระทบจากช่วงระยะเวลาที่ k ; k =1,2

$\hat{\tau}_{m[i,k]}$ คือ พารามิเตอร์ผลกระทบจากวิธีทดลองที่ m สำหรับลำดับการให้วิธีทดลองที่ i ช่วงระยะเวลาที่ k ; m=1,2 ; i=1,2 ; k=1,2

$\hat{\lambda}_{c[i,k-1]}$ คือ พารามิเตอร์ผลกระทบตกค้างที่ c สำหรับลำดับการให้วิธีทดลองที่ i ช่วงเวลาที่ k-1 ; c=1,2 โดยที่ $\hat{\lambda}_{c[i,0]} = 0$

e_{ijkmc} คือ เศษเหลือจากลำดับการให้วิธีทดลองที่ i หน่วยทดลองที่ j ช่วงเวลาที่ k ผลกระทบจากวิธีทดลองที่ m และผลกระทบตกค้างที่ c

สามารถแสดงตัวแบบจากตารางค่าสังเกต ตามลำดับการทดลอง ช่วงระยะเวลา และหน่วยทดลอง สำหรับค่าประมาณพารามิเตอร์ผลกระทบจากวิธีทดลอง และพารามิเตอร์ผลกระทบตกค้าง จะแทนค่าตามนิยามของแต่ละพารามิเตอร์ข้างต้น ได้ดังนี้

$$y_{11111} = \hat{\mu} + \hat{\alpha}_1 + \hat{\beta}_{11} + \hat{\gamma}_1 + \hat{\tau}_1 + 0 + e_{11111}$$
$$y_{12111} = \hat{\mu} + \hat{\alpha}_1 + \hat{\beta}_{12} + \hat{\gamma}_1 + \hat{\tau}_1 + 0 + e_{12111}$$

.

.

.

$$y_{1n_1111} = \hat{\mu} + \hat{\alpha}_1 + \hat{\beta}_{1n_1} + \hat{\gamma}_1 + \hat{\tau}_1 + 0 + e_{1n_1111}$$
$$y_{11221} = \hat{\mu} + \hat{\alpha}_1 + \hat{\beta}_{11} + \hat{\gamma}_2 + \hat{\tau}_2 + \hat{\lambda}_1 + e_{11221}$$
$$y_{12221} = \hat{\mu} + \hat{\alpha}_1 + \hat{\beta}_{12} + \hat{\gamma}_2 + \hat{\tau}_2 + \hat{\lambda}_1 + e_{12221}$$

.

.

.

$$y_{1n_1221} = \hat{\mu} + \hat{\alpha}_1 + \hat{\beta}_{1n_1} + \hat{\gamma}_2 + \hat{\tau}_2 + \hat{\lambda}_1 + e_{1n_1221}$$
$$y_{21122} = \hat{\mu} + \hat{\alpha}_2 + \hat{\beta}_{21} + \hat{\gamma}_1 + \hat{\tau}_2 + 0 + e_{21122}$$
$$y_{22122} = \hat{\mu} + \hat{\alpha}_2 + \hat{\beta}_{22} + \hat{\gamma}_1 + \hat{\tau}_2 + 0 + e_{22122}$$

.

.

.

$$y_{2n_2122} = \hat{\mu} + \hat{\alpha}_2 + \hat{\beta}_{2n_2} + \hat{\gamma}_1 + \hat{\tau}_2 + 0 + e_{2n_2122}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$y_{21212} = \hat{\mu} + \hat{\alpha}_1 + \hat{\beta}_{21} + \hat{\gamma}_2 + \hat{\tau}_1 + \hat{\lambda}_2 + e_{21212}$$

$$y_{22212} = \hat{\mu} + \hat{\alpha}_1 + \hat{\beta}_{22} + \hat{\gamma}_2 + \hat{\tau}_1 + \hat{\lambda}_2 + e_{22212}$$

.

.

.

$$y_{2n_2 212} = \hat{\mu} + \hat{\alpha}_1 + \hat{\beta}_{2n_2} + \hat{\gamma}_2 + \hat{\tau}_1 + \hat{\lambda}_2 + e_{2n_2 212}$$

แต่ละตัวแบบข้างต้น เขียนในรูปของเมตริกได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} y_{11111} \\ y_{12111} \\ . \\ . \\ . \\ y_{1n_1 111} \\ y_{11221} \\ y_{12221} \\ . \\ . \\ . \\ y_{1n_1 221} \\ y_{21122} \\ y_{22122} \\ . \\ . \\ . \\ y_{2n_2 122} \\ y_{21212} \\ y_{22212} \\ . \\ . \\ . \\ y_{2n_2 212} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1\ 1\ 0\ 1\ 0\ .\ .\ .\ 0\ 0\ 0\ .\ .\ .\ 0\ 1\ 0\ 1\ 0\ 0\ 0 \\ 1\ 1\ 0\ 0\ 1\ .\ .\ .\ 0\ 0\ 0\ .\ .\ .\ 0\ 1\ 0\ 1\ 0\ 0\ 0 \\ . \\ . \\ . \\ 1\ 1\ 0\ 0\ 0\ .\ .\ .\ 1\ 0\ 0\ .\ .\ .\ 0\ 1\ 0\ 1\ 0\ 0\ 0 \\ 1\ 1\ 0\ 1\ 0\ .\ .\ .\ 0\ 0\ 0\ .\ .\ .\ 0\ 0\ 1\ 0\ 1\ 1\ 0 \\ 1\ 1\ 0\ 0\ 1\ .\ .\ .\ 0\ 0\ 0\ .\ .\ .\ 0\ 0\ 1\ 0\ 1\ 1\ 0 \\ . \\ . \\ . \\ 1\ 1\ 0\ 0\ 0\ .\ .\ .\ 1\ 0\ 0\ .\ .\ .\ 0\ 0\ 1\ 0\ 1\ 1\ 0 \\ 1\ 0\ 1\ 0\ 0\ .\ .\ .\ 0\ 1\ 0\ .\ .\ .\ 0\ 1\ 0\ 0\ 1\ 0\ 0 \\ 1\ 0\ 1\ 0\ 0\ .\ .\ .\ 0\ 0\ 1\ .\ .\ .\ 0\ 1\ 0\ 0\ 1\ 0\ 0 \\ . \\ . \\ . \\ 1\ 0\ 1\ 0\ 0\ .\ .\ .\ 0\ 0\ 0\ .\ .\ .\ 1\ 1\ 0\ 0\ 1\ 0\ 0 \\ 1\ 0\ 1\ 0\ 0\ .\ .\ .\ 0\ 1\ 0\ .\ .\ .\ 0\ 0\ 1\ 1\ 0\ 0\ 1 \\ 1\ 0\ 1\ 0\ 0\ .\ .\ .\ 0\ 0\ 1\ .\ .\ .\ 0\ 0\ 1\ 1\ 0\ 0\ 1 \\ . \\ . \\ . \\ 1\ 0\ 1\ 0\ 0\ .\ .\ .\ 0\ 0\ 0\ .\ .\ .\ 1\ 0\ 1\ 1\ 0\ 0\ 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\mu} \\ \hat{\alpha}_1 \\ \hat{\alpha}_2 \\ \hat{\beta}_{11} \\ \hat{\beta}_{12} \\ . \\ . \\ . \\ \hat{\beta}_{1n_1} \\ \hat{\beta}_{21} \\ \hat{\beta}_{22} \\ . \\ . \\ . \\ \hat{\beta}_{2n_2} \\ \hat{\gamma}_1 \\ \hat{\gamma}_2 \\ \hat{\tau}_1 \\ \hat{\tau}_2 \\ \hat{\lambda}_1 \\ \hat{\lambda}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_{11111} \\ e_{12111} \\ . \\ . \\ . \\ e_{1n_1 111} \\ e_{11221} \\ e_{12221} \\ . \\ . \\ . \\ e_{1n_1 221} \\ e_{21122} \\ e_{22122} \\ . \\ . \\ . \\ e_{2n_2 122} \\ e_{21212} \\ e_{22212} \\ . \\ . \\ . \\ e_{2n_2 212} \end{bmatrix}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จะได้ว่า

$$Y_{ijkmc} = \left(y_{11111}, y_{12111}, ..., y_{1n_1111}, y_{11221}, y_{12221}, ..., y_{1n_1221}, y_{21122}, y_{22122}, ..., y_{2n_2122}, y_{21212}, y_{22212}, ..., y_{2n_2212}\right)'$$

$$e_{ijkmc} = \left(e_{11111}, e_{12111}, ..., e_{1n_1111}, e_{11221}, e_{12221}, ..., e_{1n_1221}, e_{21122}, e_{22122}, ..., e_{2n_2122}, e_{21212}, e_{22212}, ..., e_{2n_2212}\right)'$$

ค่าประมาณพารามิเตอร์ = $\left(\hat{\mu}, \hat{\alpha}_1, \hat{\alpha}_2, \hat{\beta}_{11}, \hat{\beta}_{12}, ..., \hat{\beta}_{1n_1}, \hat{\beta}_{21}, \hat{\beta}_{22}, ..., \hat{\beta}_{2n_2}, \hat{\gamma}_1, \hat{\gamma}_2, \hat{\tau}_1, \hat{\tau}_2, \hat{\lambda}_1, \hat{\lambda}_2\right)'$

$$X = \begin{bmatrix}
1&1&0&1&0&.&.&.&0&0&0&.&.&.&0&1&0&1&0&0&0\\
1&1&0&0&1&.&.&.&0&0&0&.&.&.&0&1&0&1&0&0&0\\
.&.&.&.&.&.&.&.&.&.&.&.&.&.&.&.&.&.&.&.&.\\
.&.&&&&.&&&&&&&&&&&&&&&.\\
.&.&&&&.&&&&&&&&&&&&&&&.\\
1&1&0&0&0&.&.&.&1&0&0&.&.&.&0&1&0&1&0&0&0\\
1&1&0&1&0&.&.&.&0&0&0&.&.&.&0&0&1&0&1&1&0\\
1&1&0&0&1&.&.&.&0&0&0&.&.&.&0&0&1&0&1&1&0\\
.&.&.&.&.&.&.&.&.&.&.&.&.&.&.&.&.&.&.&.&.\\
.&.&&&&.&&&&&&&&&&&&&&&.\\
.&.&&&&.&&&&&&&&&&&&&&&.\\
1&1&0&0&0&.&.&.&1&0&0&.&.&.&0&0&1&0&1&1&0\\
1&0&1&0&0&.&.&.&0&1&0&.&.&.&0&1&0&0&1&0&0\\
1&0&1&0&0&.&.&.&0&0&1&.&.&.&0&1&0&0&1&0&0\\
.&.&.&.&.&.&.&.&.&.&.&.&.&.&.&.&.&.&.&.&.\\
.&.&&&&&&&&&&&&.&&&&&&&&.\\
.&.&&&&&&&&&&&&.&&&&&&&&.\\
1&0&1&0&0&.&.&.&0&0&0&.&.&.&1&1&0&0&1&0&0\\
1&0&1&0&0&.&.&.&0&1&0&.&.&.&0&0&1&1&0&0&1\\
1&0&1&0&0&.&.&.&0&0&1&.&.&.&0&0&1&1&0&0&1\\
.&.&.&.&.&.&.&.&.&.&.&.&.&.&.&.&.&.&.&.&.\\
.&.&&&&&&&&&&&&.&&&&&&&&.\\
.&.&&&&&&&&&&&&.&&&&&&&&.\\
1&0&1&0&0&.&.&.&0&0&0&.&.&.&1&0&1&1&0&0&1
\end{bmatrix}$$

2.2 วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ผลกระทบจากวิธีทดลอง

การประมาณค่าผลกระทบจากวิธีทดลองสำหรับแผนแบบข้ามปัจจัยทดลองที่มี 2 ช่วงระยะเวลา (Two-Period Crossover Design) จะต้องคำนึงถึงผลกระทบตกค้างจากช่วงระยะเวลาแรกหลงเหลือมาปลอมปนกับผลกระทบจากวิธีทดลองในช่วงระยะเวลาที่ 2 ดังนั้นโดยหลักการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แล้วจะต้องมีการทดสอบผลกระทบตกค้าง พร้อมทั้งประมาณค่าผลกระทบตกค้าง ในกรณีที่มีผลกระทบตกค้างหลงเหลืออยู่จะพิจารณาประมาณค่าผลกระทบจากวิธีทดลอง เฉพาะช่วงระยะเวลาแรก แต่ถ้าไม่มีผลกระทบตกค้างหลงเหลืออยู่จะพิจารณาประมาณค่าผลกระทบจากวิธีทดลองจากทั้ง 2 ช่วงระยะเวลา ก่อนที่จะดำเนินการประมาณค่าผลกระทบจากวิธีทดลองในขั้นตอนที่ 2 จึงเป็นที่มาของวิธีการประมาณค่าแบบ 2 ขั้นตอน ส่วนวิธีการประมาณค่าด้วยวิธีค่าสูงสุดนั้น จะพิจารณาทั้งช่วงระยะเวลาแรก และทั้ง 2 ช่วงระยะเวลาไปพร้อมๆ กัน

2.2.1 **วิธีการประมาณค่าด้วยค่าสูงสุด** (Maximum Estimation Method)(Willan,1988 ; Wang,Sue-Jane and James Hung,H.M.,1997)

การประมาณค่าด้วยวิธีนี้ ต้องการเปรียบเทียบและเลือกตัวประมาณที่ให้ค่าสูงสุด โดยมีการกำหนดสัญลักษณ์ที่ใช้ดังนี้

$\hat{\tau}_{\max}$ คือ ค่าประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธีการประมาณค่าด้วยค่าสูงสุด

$\hat{\tau}_1$ คือ ค่าประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยคำนวณจากข้อมูลในช่วงระยะเวลาแรก

$\hat{\sigma}_1$ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการประมาณค่าผลกระทบจากวิธีทดลองโดยคำนวณจากข้อมูลในช่วงระยะเวลาแรก

$\hat{\tau}_{1,2}$ คือ ค่าประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยคำนวณจากข้อมูลของทั้ง 2 ช่วงระยะเวลา

$\hat{\sigma}_{1,2}$ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการประมาณค่าผลกระทบจากวิธีทดลองโดยคำนวณจากข้อมูลของทั้ง 2 ช่วงระยะเวลา

T_1 คือ ตัวสถิติทดสอบผลกระทบจากวิธีทดลองในช่วงระยะเวลาแรก = $\frac{\hat{\tau}_1}{\hat{\sigma}_1}$

T_2 คือ ตัวสถิติทดสอบผลกระทบจากวิธีทดลองทั้ง 2 ช่วงระยะเวลา = $\frac{\hat{\tau}_{1,2}}{\hat{\sigma}_{1,2}}$

$\bar{y}_{i.kmc}$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตสำหรับลำดับการทดลองที่ i ช่วงระยะเวลาที่ k จากหน่วยทดลองที่ j = 1,2,…,n_i ผลกระทบจากการทดลองที่ m ผลกระทบตกค้างที่ c

นั่นคือ $\bar{y}_{i.kmc} = \frac{\sum_{i=1}^{2}\sum_{j=1}^{n_i}\sum_{k=1}^{2}\sum_{m=1}^{2}\sum_{c=1}^{2} y_{ijkmc}}{n_i}$

y_{ijkmc} คือ ค่าสังเกตของลำดับการให้วิธีทดลองที่ i หน่วยทดลองที่ j ช่วงระยะเวลาทดลองที่ k ผลกระทบจากวิธีทดลองที่ m และผลกระทบตกค้างที่ c

n คือ จำนวนหน่วยทดลองทั้งหมด

n_1 คือ จำนวนหน่วยทดลองในลำดับการให้วิธีทดลองที่ 1 (AB)

n_2 คือ จำนวนหน่วยทดลองในลำดับการให้วิธีทดลองที่ 2 (BA)

สูตรที่ใช้ในการประมาณค่าผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธีการประมาณค่าด้วยค่าสูงสุด เป็นดังนี้

$$\hat{\tau}_{\max} = \begin{cases} \hat{\tau}_1 & ; \dfrac{\hat{\tau}_1}{\hat{\sigma}_1} > \dfrac{\hat{\tau}_{1,2}}{\hat{\sigma}_{1,2}} \\ \hat{\tau}_{1,2} & ; \text{อื่นๆ} \end{cases}$$

โดยที่ $\hat{\tau}_1 = \bar{y}_{2.122} - \bar{y}_{1.111}$

$$\hat{\tau}_{1,2} = \frac{1}{2}\left(\bar{y}_{2.122} - \bar{y}_{1.111} + \bar{y}_{1.221} - \bar{y}_{2.212}\right)$$

$$\hat{\sigma}_1^2 = \frac{n}{n_1 n_2}\hat{\sigma}^2$$

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{2}\sum_{j=1}^{n_i}\sum_{m=1}^{2}\sum_{c=1}^{2}\left(y_{ij1mc} - \bar{y}_{i.1mc}\right)^2}{n-2}$$

$$\hat{\sigma}_{1,2}^2 = \frac{1}{2}\tilde{\sigma}^2\left(1-\hat{\rho}\right)\frac{n}{n_1 n_2}$$

$$\hat{\rho} = \left(1 - \frac{\tilde{\sigma}_w^2}{\tilde{\sigma}^2}\right)$$

$$\tilde{\sigma}_w^2 = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{2}\sum_{j=1}^{n_i}\sum_{m=1}^{2}\sum_{c=1}^{2}\frac{\left(y_{ij2mc} - y_{ij1mc} - \left(\bar{y}_{i.2mc} - \bar{y}_{i.1mc}\right)\right)^2}{n-2}$$

$$\tilde{\sigma}^2 = \sum_{i=1}^{2}\sum_{k=1}^{2}\sum_{j=1}^{n_i}\sum_{m=1}^{2}\sum_{c=1}^{2}\frac{\left(y_{ijkmc} - \bar{y}_{i.kmc}\right)^2}{2\left(n-2\right)}$$

$$\hat{\lambda} = \bar{y}_{2.122} - \bar{y}_{1.111} - \bar{y}_{1.221} + \bar{y}_{2.212}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2.2 วิธีการประมาณค่าแบบ 2 ขั้นตอน (Two-Stage Estimation Method)

(Wang,Sue-Jane and James Hung H.M.,1997)

เป็นการประมาณค่าที่แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน โดยในขั้นตอนแรกจะทดสอบและประมาณค่าผลกระทบตกค้าง ต่อมาในขั้นตอนที่ 2 จะประมาณค่าผลกระทบจากวิธีทดลอง

ขั้นตอนแรก ประมาณผลกระทบตกค้าง พร้อมทั้งทดสอบผลกระทบตกค้างว่ามีผลกระทบตกค้างหรือไม่ โดยมีตัวสถิติทดสอบดังนี้

$$T_{2-stage} = \frac{\hat{\lambda}}{\hat{\sigma}_{\lambda}}$$

โดยที่ $\hat{\lambda}$ คือ ค่าประมาณผลกระทบตกค้าง = $\bar{y}_{2.122} - \bar{y}_{1.111} - \bar{y}_{1.221} + \bar{y}_{2.212}$

$\hat{\sigma}_{\lambda}$ คือ ค่าประมาณส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลกระทบตกค้าง เท่ากับ

$$\sqrt{\frac{2\tilde{\sigma}^2(1+\hat{\rho})n}{n_1 n_2}}$$

n คือ ขนาดของหน่วยทดลองทั้งหมด

n_1 คือ จำนวนหน่วยทดลองในลำดับการให้วิธีทดลองที่ 1 (AB)

n_2 คือ จำนวนหน่วยทดลองในลำดับการให้วิธีทดลองที่ 2 (BA)

$$\hat{\rho} = \left(1 - \frac{\tilde{\sigma}_w^2}{\tilde{\sigma}^2}\right)$$

$$\tilde{\sigma}_w^2 = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{2}\sum_{j=1}^{n_i}\sum_{m=1}^{2}\sum_{c=1}^{2}\frac{\left(y_{ij2mc} - y_{ij1mc} - (\bar{y}_{i.2mc} - \bar{y}_{i.1mc})\right)^2}{n-2}$$

$$\tilde{\sigma}^2 = \sum_{i=1}^{2}\sum_{k=1}^{2}\sum_{j=1}^{n_i}\sum_{m=1}^{2}\sum_{c=1}^{2}\frac{\left(y_{ijkmc} - \bar{y}_{i.kmc}\right)^2}{2(n-2)}$$

ขั้นตอนที่ 2

สามารถประมาณผลกระทบจากวิธีทดลอง ได้ดังนี้

$$\hat{\tau}_{2-Stage} = \hat{\tau}_1 + (\hat{\tau}_{1,2} - \hat{\tau}_1) I\left[\left|\frac{\hat{\lambda}}{\hat{\sigma}_{\lambda}}\right| < z_{\alpha/2}\right]$$

โดยที่ $\hat{\tau}_1$ คือ ค่าประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยคำนวณจากข้อมูลในช่วงระยะเวลาแรก

$\hat{\tau}_{1,2}$ คือ ค่าประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยคำนวณจากข้อมูลของทั้ง 2 ช่วงระยะเวลา

$$I = \begin{cases} 1 & ; \quad \left|\frac{\hat{\lambda}}{\hat{\sigma}_{\lambda}}\right| < z_{\alpha/2} \\ 0 & ; \quad \text{อื่นๆ} \end{cases}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีลักษณะเป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อต้องการศึกษาการประมาณค่าผลกระทบจากวิธีทดลองในแผนแบบข้ามปัจจัยทดลองที่มี 2 ช่วงระยะเวลา ด้วยวิธีการประมาณค่าด้วยค่าสูงสุด และวิธีการประมาณค่าแบบ 2 ขั้นตอน ซึ่งการจำลองข้อมูลในแต่ละสถานการณ์ด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล และเขียนคำสั่งด้วยโปรแกรม MATLAB 7.0 บนเครื่อง PC ดังนั้นรายละเอียดแผนการดำเนินการวิจัย จะกล่าวในรายละเอียด ดังต่อไปนี้

3.1 แผนการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ต้องการศึกษาการประมาณค่าพารามิเตอร์ในแผนแบบข้ามปัจจัยทดลองที่มี 2 ช่วงระยะเวลา โดยกำหนดสถานการณ์ในการวิจัย ดังต่อไปนี้

3.1.1 ขนาดของหน่วยทดลอง(n) เท่ากับ 6, 16 และ 30

3.1.2 ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกต($E(Y_{ijkmc})$) เท่ากับ 25, 30 และ 35

3.1.3 ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม (σ_{ε}^{2}) เท่ากับ 5,10 และ 15

3.1.4 ค่าคงที่(w) เท่ากับ 0.01, 0.02 และ 0.03

3.1.5 กำหนดระดับนัยสำคัญ (α) เท่ากับ 0.05

3.1.6 ค่าเฉลี่ยรวมของประชากรมีค่าเท่ากันทุกกลุ่ม (μ) เท่ากับ 20

3.1.7 การแจกแจงความคลาดเคลื่อนที่ศึกษาเป็นการแจกแจงแบบปกติ และเป็นอิสระซึ่งกันและกัน

3.1.8 ผลกระทบจากหน่วยทดลองที่ j ลำดับการให้วิธีทดลองที่ i เป็นผลกระทบเชิงสุ่ม ซึ่งมีการแจกแจงแบบปกติ และเป็นอิสระซึ่งกันและกัน

3.1.9 จำลองสถานการณ์ละ 2,000 รอบ

3.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

3.2.1 สร้างข้อมูลตามแผนแบบข้ามปัจจัยทดลองที่มี 2 ช่วงระยะเวลา

3.2.2 ประมาณค่าพารามิเตอร์

3.2.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวประมาณค่า

3.2.1 สร้างข้อมูลตามแผนแบบข้ามปัจจัยทดลองที่มี 2 ช่วงระยะเวลา

สร้างข้อมูลตามตัวแบบที่ศึกษา โดยข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ $E(Y_{ijkmc})$ ความแปรปรวนเท่ากับ $(w+1)\sigma_{\varepsilon}^2$ กำหนดให้ $E(Y_{ijkmc})$ เท่ากับ 25, 30 และ 35 และกำหนดให้ σ_{ε}^2 เท่ากับ 5, 10 และ 15 จำลองข้อมูลด้วยฟังก์ชัน normrnd ($E(Y_{ijkmc})$, $s.d.(Y_{ijkmc})$, r, c) เมื่อ r แทน จำนวนแถว ซึ่งก็คือ จำนวนค่าสังเกตสำหรับแต่ละสถานการณ์ และ c แทน จำนวนสดมภ์ที่เท่ากับ 1

3.2.2 การประมาณค่าพารามิเตอร์

เมื่อสร้างข้อมูล Y_{ijkmc} ให้เป็นไปตามข้อกำหนดข้างต้นได้แล้ว ขั้นต่อไปคือ นำข้อมูลที่ได้ไปประมาณค่าพารามิเตอร์ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้เสนอการประมาณค่าด้วยวิธีการประมาณค่าด้วยค่าสูงสุด และวิธีการประมาณค่าแบบ 2 ขั้นตอน ซึ่งมีสูตรในการประมาณค่า ดังนี้

3.2.2.1 วิธีการประมาณค่าด้วยค่าสูงสุด (Maximum Estimation Method)

$$\hat{\tau}_{\max} = \begin{cases} \hat{\tau}_1 & ; \ \frac{\hat{\tau}_1}{\hat{\sigma}_1} > \frac{\hat{\tau}_{1,2}}{\hat{\sigma}_{1,2}} \\ \hat{\tau}_{1,2} & ; \text{ อื่นๆ} \end{cases}$$

3.2.2.2 วิธีการประมาณค่าแบบ2 ขั้นตอน(Two-Stage Estimation Method)

$$\hat{\tau}_{2-stage} = \hat{\tau}_1 + (\hat{\tau}_{1,2} - \hat{\tau}_1) I\left[\left|\frac{\hat{\lambda}}{\hat{\sigma}_{\lambda}}\right| < z_{\alpha/2}\right]$$

โดยที่

$$I = \begin{cases} 1 & ; \ \left|\frac{\hat{\lambda}}{\hat{\sigma}_{\lambda}}\right| < z_{\alpha/2} \\ 0 & ; \text{ อื่นๆ} \end{cases}$$

3.2.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวประมาณค่า

ในการวิจัยครั้งนี้เปรียบเทียบค่าประมาณพารามิเตอร์ โดยพิจารณาจากค่าร้อยละของความผิดพลาดโดยเฉลี่ยของผลกระทบจากวิธีทดลองที่ประมาณได้กับผลกระทบจากวิธีทดลองที่เกิดขึ้นจริง (Average Percent Difference) โดยวิธีการประมาณค่าผลกระทบจากวิธีทดลองวิธีใด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่ให้ค่าร้อยละของความผิดพลาดโดยเฉลี่ยต่ำสุด จะเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพดีกว่าอีกวิธีหนึ่ง ซึ่งมีสูตรในการคำนวณ ดังนี้

$$\text{Average \% Difference} = \frac{1}{2 \times (\text{iteration})} \sum_{t=1}^{iteration} \sum_{m=1}^{2} \left(\frac{\left| \hat{\tau}_{m[i,k]t} - \tau_{m[i,k]} \right|}{\tau_{m[i,k]}} x100 \right)$$

โดยที่ $\tau_{m[i,k]}$ คือ พารามิเตอร์ผลกระทบจากวิธีทดลองที่ m สำหรับลำดับการให้วิธีทดลองที่ i ช่วงระยะเวลาที่ k เมื่อ m=1,2 ; i=1,2 ; k=1,2

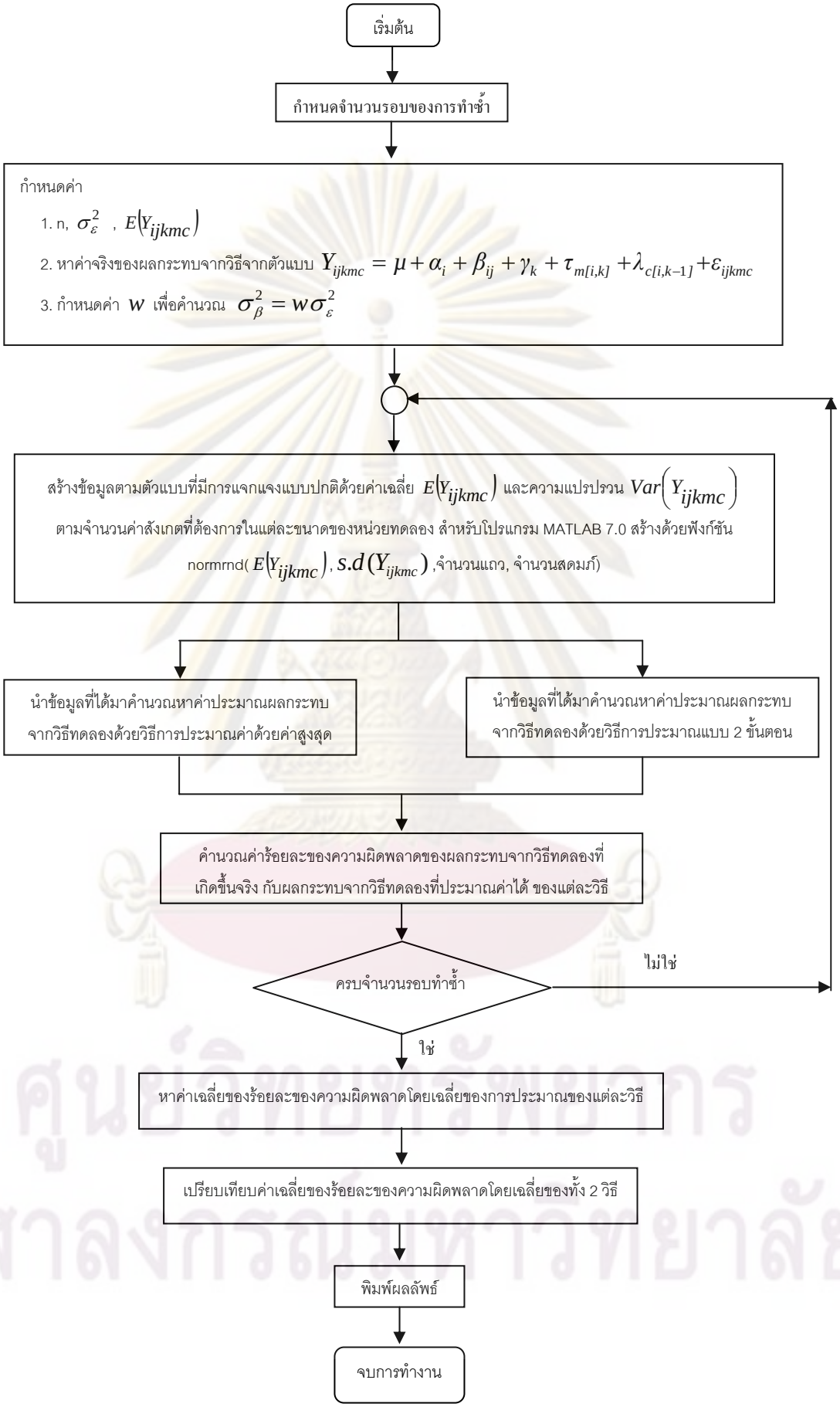
$\hat{\tau}_{m[i,k]t}$ คือ ค่าประมาณของ $\tau_{m[i,k]}$ ในรอบที่ t

iteration คือ จำนวนรอบในการจำลองแต่ละสถานการณ์ สำหรับงานวิจัยนี้กำหนดให้เท่ากับ 2,000

3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานของโปรแกรม

จากแผนการดำเนินงานข้างต้นที่ได้กล่าวมาแล้ว สามารถเขียนเป็นแผนผังสรุปขั้นตอนการดำเนินงานได้ ดังต่อไปนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ผลกระทบจากวิธีทดลองสำหรับแผนแบบข้ามปัจจัยทดลองที่มี 2 ช่วงระยะเวลาด้วยวิธีการประมาณค่าด้วยค่าสูงสุด (Maximum Estimation Method) และวิธีการประมาณค่าแบบ 2 ขั้นตอน (Two-Stage Estimation Method) ซึ่งเกณฑ์การเปรียบเทียบคือ ร้อยละของความผิดพลาดโดยเฉลี่ยของผลกระทบจากวิธีทดลองที่ประมาณได้กับผลกระทบจากวิธีทดลองที่เกิดขึ้นจริง(Average Percent Difference:Avg%Diff) ซึ่งมีวิธีคำนวณเกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบดังนี้

$$\text{Average \% Difference} = \frac{1}{2 \text{ x (iteration)}} \sum_{t=1}^{iteration} \sum_{m=1}^{2} \left(\frac{\left| \hat{\tau}_{m[i,k]t} - \tau_{m[i,k]} \right|}{\tau_{m[i,k]}} x100 \right)$$

โดยที่ $\tau_{m[i,k]}$ คือ พารามิเตอร์ผลกระทบจากวิธีทดลองที่ m สำหรับลำดับการให้วิธีทดลองที่ i ช่วงระยะเวลาที่ k เมื่อ m=1,2 ; i=1,2; k=1,2

$\hat{\tau}_{m[i,k]t}$ คือ ค่าประมาณของ $\tau_{m[i,k]}$ ในรอบที่ t

iteration คือ จำนวนรอบในการจำลองแต่ละสถานการณ์ สำหรับงานวิจัยนี้กำหนดให้เท่ากับ 2000

สำหรับการนำเสนอผลการวิจัยจะนำเสนอในรูปแบบของตารางเพื่อความสะดวกในการอธิบาย จึงใช้สัญลักษณ์ต่อไปนี้ เพื่อแทนความหมายต่างๆ

n หมายถึง ขนาดของหน่วยทดลอง

$E(Y_{ijkmc})$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตจากลำดับการให้วิธีทดลองที่ i หน่วยทดลองที่ j ช่วงระยะเวลาที่ k ผลกระทบจากวิธีทดลองที่ m และผลกระทบตกค้างที่ c

σ_{ε}^2 หมายถึง ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม

w หมายถึง ค่าคงที่ ใช้สำหรับการคำนวณ $\sigma_{\beta}^2 = w\sigma_{\varepsilon}^2$

Max หมายถึง วิธีการประมาณค่าด้วยค่าสูงสุด(Maximum Estimation Method)

2-Stage หมายถึง วิธีการประมาณค่าแบบ 2 ขั้นตอน(Two-Stage Estimation Method)

Avg%Diff หมายถึง ร้อยละของความผิดพลาดโดยเฉลี่ยของผลกระทบจากวิธีทดลองที่ประมาณได้กับผลกระทบจากวิธีทดลองที่เกิดขึ้นจริง(Average Percent Difference)

$\tau_{m[i,k]}$ หมายถึง พารามิเตอร์ผลกระทบจากวิธีทดลองที่ m สำหรับลำดับการให้วิธีทดลองที่ i ช่วงระยะเวลาที่ k ที่เกิดขึ้นจริง กำหนดให้เท่ากับ 1.5, 2.75 และ 4.00 เมื่อ $E(Y_{ijkmc})$ มีค่าเท่ากับ 25, 30 และ 35 ตามลำดับ

* หมายถึง ค่า Avg%Diff ที่ต่ำสุด

ในการประมาณค่าทั้ง 2 ได้ศึกษาภายใต้สถานการณ์ที่ขนาดของหน่วยทดลองเท่ากับ 6,16 และ 30 ค่าคงที่(w) เท่ากับ 0.01, 0.02 และ 0.03 ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกต Y_{ijkmc} ($E(Y_{ijkmc})$) เท่ากับ 25, 30 และ 35 และ ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม (σ_ε^2) เท่ากับ 5, 10 และ 15 เมื่อได้ค่าสังเกตตามสถานการณ์ที่ศึกษาแล้วนำค่าสังเกตเหล่านั้นมาคำนวณหาค่าประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองด้วยวิธีการการประมาณทั้ง 2 ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น จากนั้นนำค่าประมาณที่ได้จากทั้ง 2 วิธีมาเปรียบเทียบกันด้วยเกณฑ์ร้อยละของความผิดพลาดโดยเฉลี่ยของผลกระทบจากวิธีทดลองที่ประมาณได้กับผลกระทบจากวิธีทดลองที่เกิดขึ้นจริง(Average Percent Differrence)

โดยแบ่งการศึกษาออกเป็นกรณีต่างๆ ดังนี้

4.1 การศึกษาเมื่อขนาดของหน่วยทดลอง(n) เพิ่มขึ้น

4.2 การศึกษาเมื่อค่าเฉลี่ยของค่าสังเกต($E(Y_{ijkmc})$) เพิ่มขึ้น

4.3 การศึกษาเมื่อความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม(σ_ε^2) เพิ่มขึ้น

4.4 การศึกษาเมื่อค่าคงที่ (w) เพิ่มขึ้น

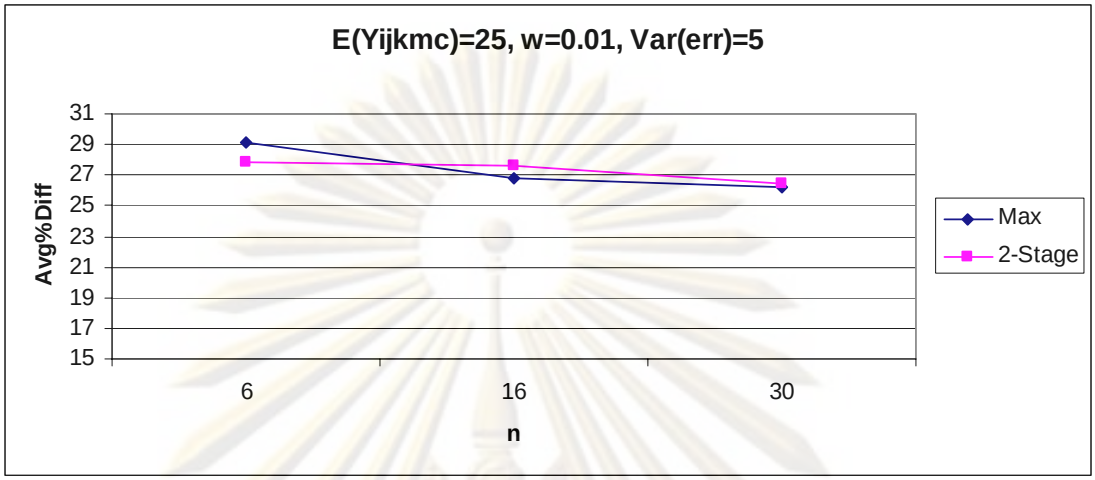
4.1 การศึกษาเมื่อขนาดของหน่วยทดลอง(n)เพิ่มขึ้น

4.1.1 การศึกษาเมื่อ $E(Y_{ijkmc})$ = 25 ที่ทุกระดับของ w และ σ_ε^2 แสดงดังตาราง และรูปที่ 4.1.1.1-4.1.1.9 ดังนี้

ตารางที่ 4.1.1.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =25 ,w=0.01 และ σ_ε^2 = 5

$E(Y_{ijkmc})$=25, w=0.01, σ_ε^2=5	n		
	6	16	30
Max	29.1425	26.8211*	26.1955*
2-Stage	27.8572*	27.6293	26.4407

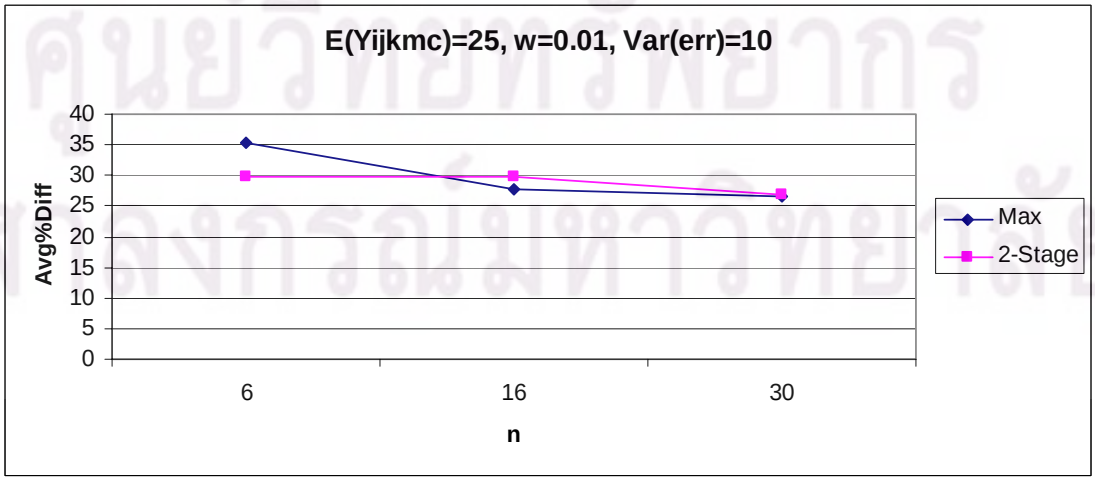
รูปที่ 4.1.1.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =25 ,w=0.01 และ σ_ε^2 = 5



ตารางที่ 4.1.1.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =25 ,w=0.01 และ σ_ε^2 = 10

$E(Y_{ijkmc})$=25, w=0.01, σ_ε^2=10	n		
	6	16	30
Max	35.3512	27.7409*	26.7005*
2-Stage	29.9027*	29.8409	26.9187

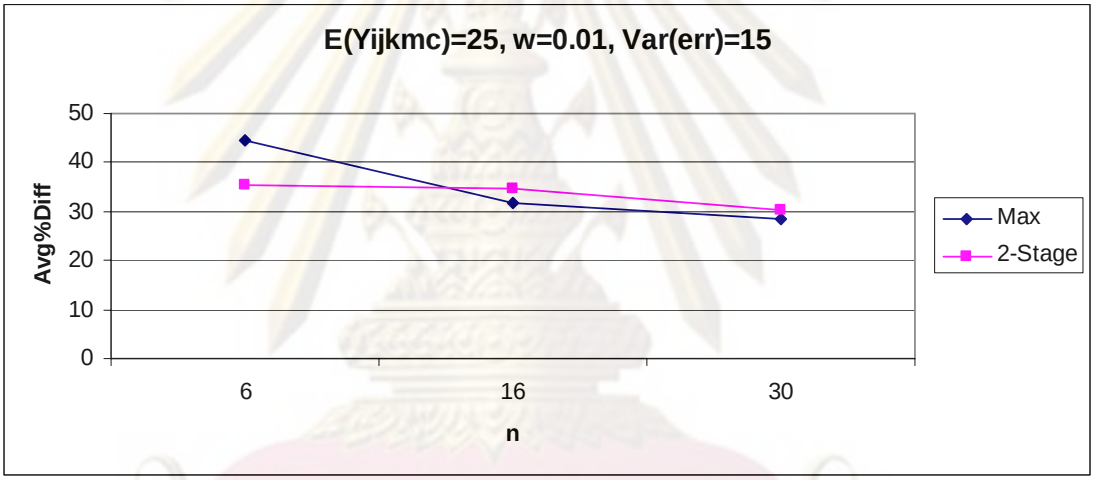
รูปที่ 4.1.1.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =25 ,w=0.01 และ σ_ε^2 = 10



ตารางที่ 4.1.1.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$=25 ,w=0.01 และ σ_ε^2 = 15

$E(Y_{ijkmc})$=25, w=0.01, σ_ε^2=15	n		
	6	16	30
Max	44.3456	31.8639*	28.4513*
2-Stage	35.2302*	34.7023	30.2814

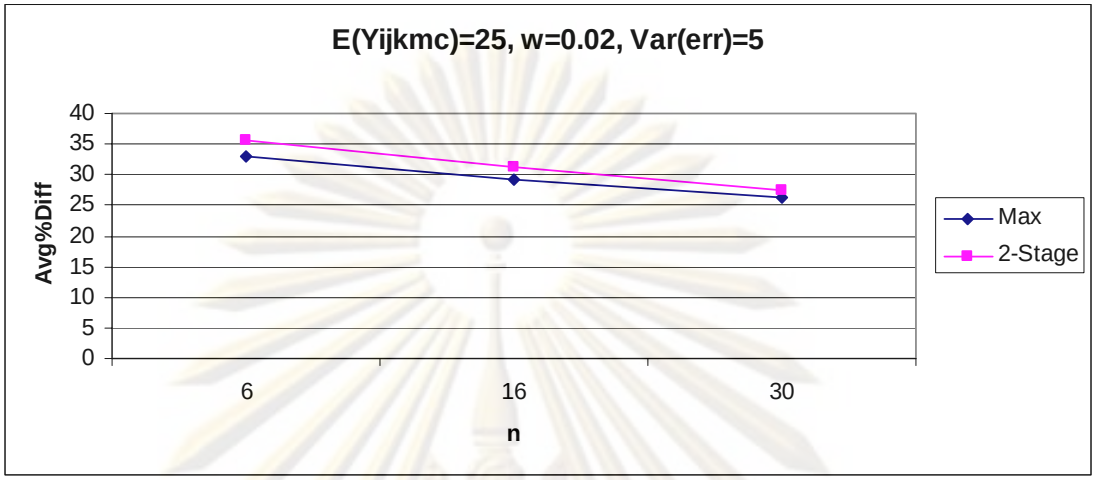
รูปที่ 4.1.1.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$=25 ,w=0.01 และ σ_ε^2 = 15



ตารางที่ 4.1.1.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$=25 ,w=0.02 และ σ_ε^2 = 5

$E(Y_{ijkmc})$=25, w=0.02, σ_ε^2=5	n		
	6	16	30
Max	32.9595*	29.1799*	26.3693*
2-Stage	35.6002	31.2143	27.3150

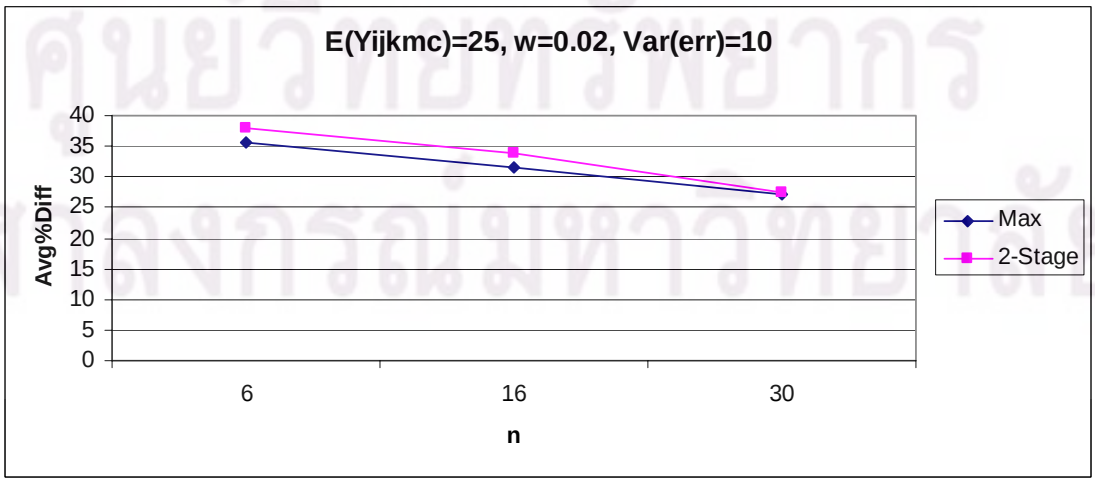
รูปที่ 4.1.1.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =25 ,w=0.02 และ σ_{ε}^2 = 5



ตารางที่ 4.1.1.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =25 ,w=0.02 และ σ_{ε}^2 = 10

$E(Y_{ijkmc})$=25, w=0.02, σ_{ε}^2=10	n		
	6	16	30
Max	35.6003*	31.5262*	27.2872*
2-Stage	38.0182	33.8103	27.4448

รูปที่ 4.1.1.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =25 ,w=0.02 และ σ_{ε}^2 = 10

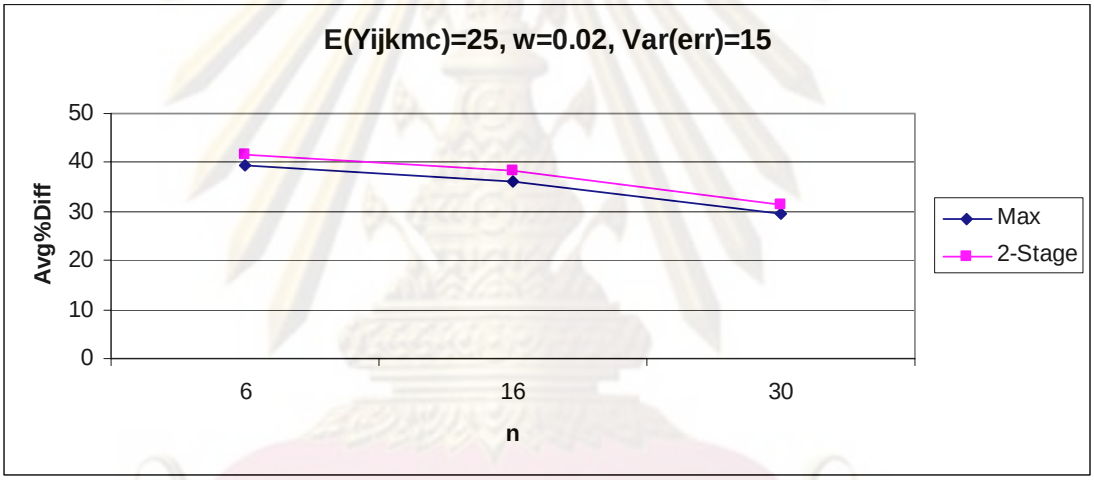


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1.1.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$=25 ,w=0.02 และ σ_ε^2 = 15

$E(Y_{ijkmc})$=25, w=0.02, σ_ε^2=15	n		
	6	16	30
Max	39.5932*	36.0913*	29.6942*
2-Stage	41.5679	38.3522	31.2498

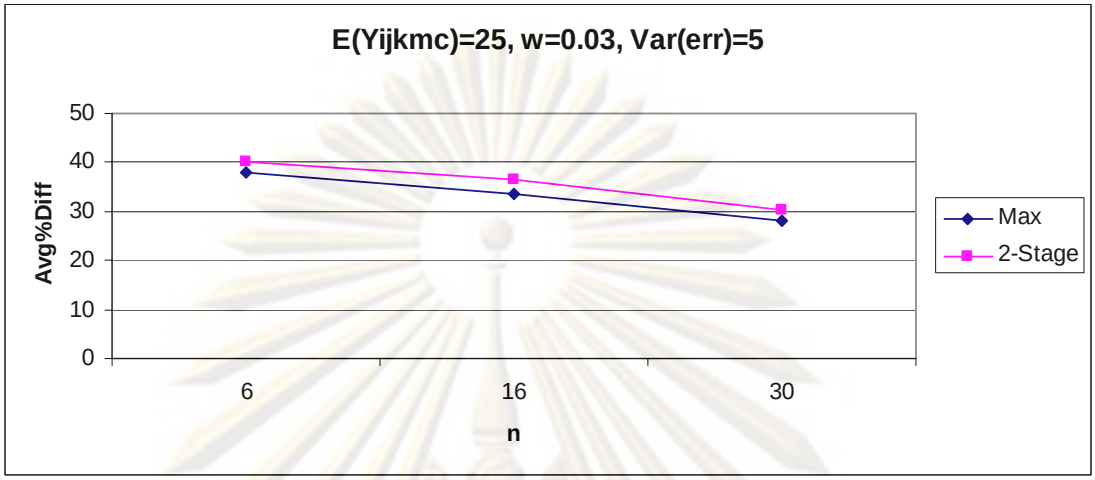
รูปที่ 4.1.1.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$=25 ,w=0.02 และ σ_ε^2 = 15



ตารางที่ 4.1.1.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$=25 ,w=0.03 และ σ_ε^2 = 5

$E(Y_{ijkmc})$=25, w=0.03, σ_ε^2=5	n		
	6	16	30
Max	37.9638*	33.6998*	27.9243*
2-Stage	39.9987	36.4355	30.1806

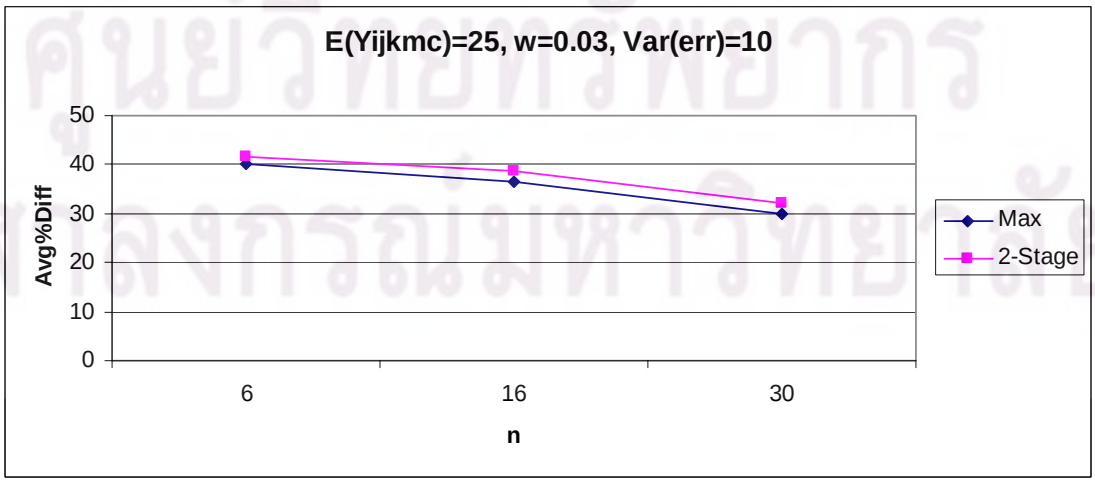
รูปที่ 4.1.1.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =25 ,w=0.03 และ σ_{ε}^2 = 5



ตารางที่ 4.1.1.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =25 ,w=0.03 และ σ_{ε}^2 = 10

$E(Y_{ijkmc})$=25, w=0.03, σ_{ε}^2=10	n		
	6	16	30
Max	39.9782*	36.4002*	29.9900*
2-Stage	41.7230	38.7830	32.1081

รูปที่ 4.1.1.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =25 ,w=0.03 และ σ_{ε}^2 = 10

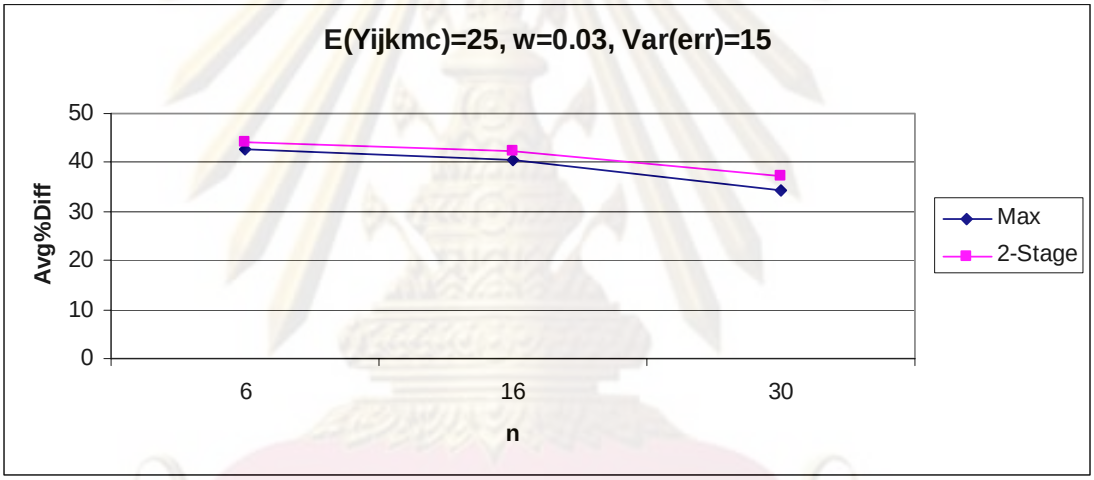


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1.1.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$=25 ,w=0.03 และ σ_ε^2 = 15

$E(Y_{ijkmc})$=25, w=0.03, σ_ε^2=15	n		
	6	16	30
Max	42.8455*	40.3437*	34.3140*
2-Stage	43.9991	42.1559	37.1722

รูปที่ 4.1.1.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$=25 ,w=0.03 และ σ_ε^2 = 15



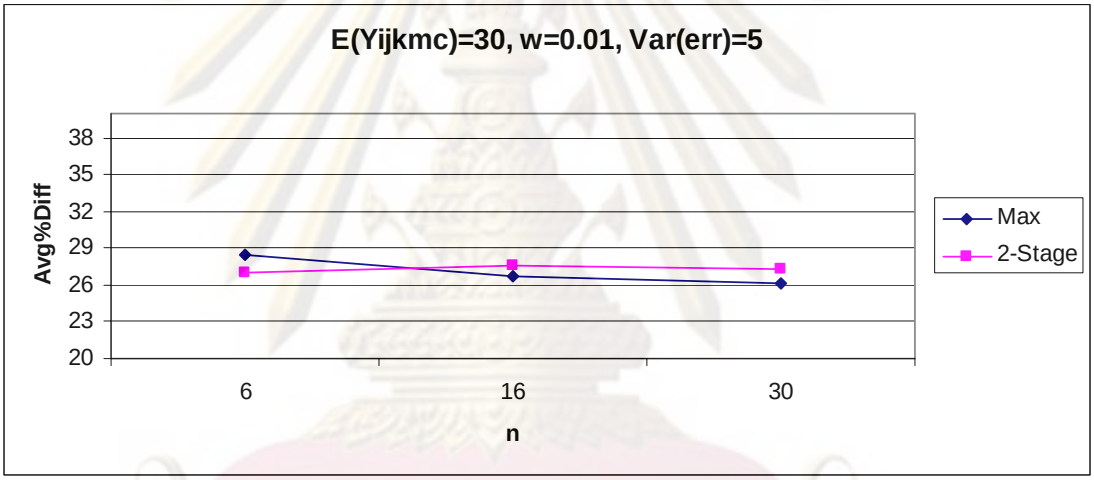
จากแผนภาพที่ 4.1.1.1- 4.1.1.9 พบว่า ค่า Avg%Diff มีแนวโน้มลดลงในทุกสถานการณ์ และ วิธีการประมาณค่าด้วยวิธี Max มีค่า Avg%Diff ต่ำกว่าวิธี 2-Stage ดังนั้นวิธี Max จึงมีประสิทธิภาพในการประมาณดีกว่าวิธี 2-Stage ที่ทุกระดับของ w และ σ_ε^2 เมื่อกำหนดให้ $E(Y_{ijkmc})$เท่ากับ 25 ยกเว้นที่ n เท่ากับ 6 และ w เท่ากับ 0.01 ที่ทุกระดับของ σ_ε^2

4.1.2 การศึกษาเมื่อ $E(Y_{ijkmc})$ = 30 ที่ทุกระดับของ w และ σ_ε^2 แสดงดังตาราง และรูปที่ 4.1.2.1-4.1.2.9 ดังนี้

ตารางที่ 4.1.2.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$=30 ,w=0.01 และ σ_ε^2 = 5

$E(Y_{ijkmc})$=30, w=0.01, σ_ε^2=5	n		
	6	16	30
Max	28.5251	26.7027*	26.0711*
2-Stage	26.9950*	27.6271	27.2482

รูปที่ 4.1.2.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$=30 ,w=0.01 และ σ_ε^2 = 5

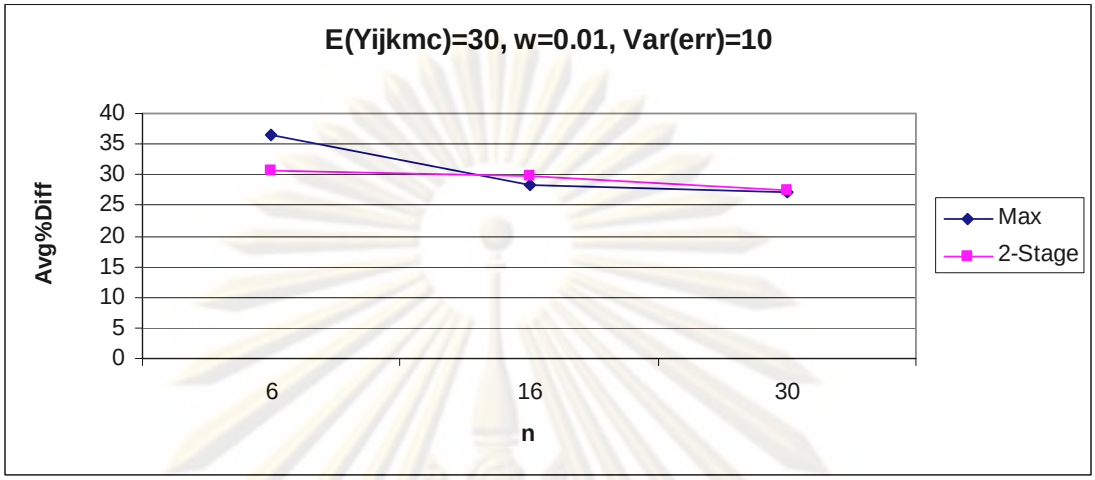


ตารางที่ 4.1.2.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$=30 ,w=0.01 และ σ_ε^2 = 10

$E(Y_{ijkmc})$=30, w=0.01, σ_ε^2=10	n		
	6	16	30
Max	36.3787	28.3704*	27.0838*
2-Stage	30.5511*	29.8053	27.3783

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

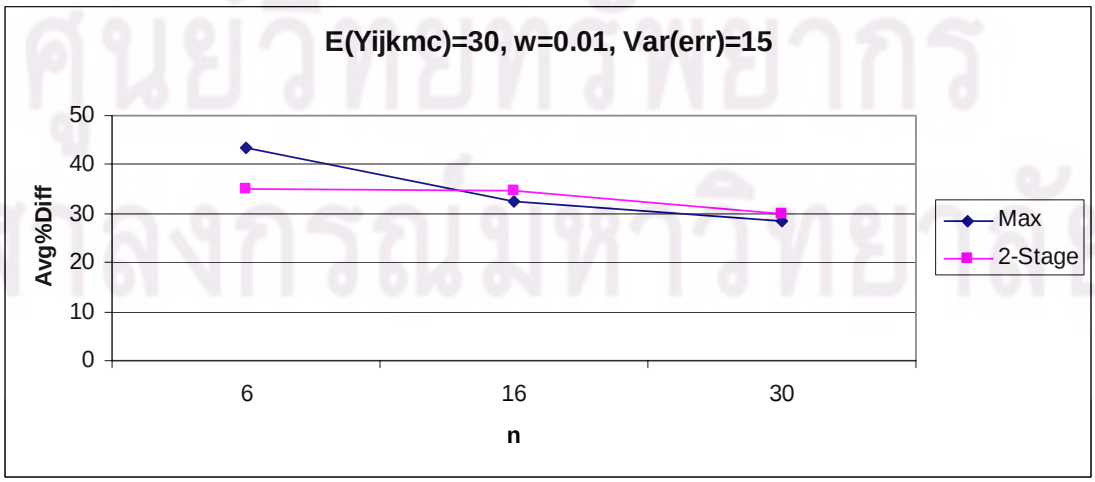
รูปที่ 4.1.2.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =30 ,w=0.01 และ σ_{ε}^2 = 10



ตารางที่ 4.1.2.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =30 ,w=0.01 และ σ_{ε}^2 = 15

$E(Y_{ijkmc})$=30, w=0.01, σ_{ε}^2=15	n		
	6	16	30
Max	43.4283	32.4528*	28.4660*
2-Stage	35.1905*	34.5421	29.7926

รูปที่ 4.1.2.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =30 ,w=0.01 และ σ_{ε}^2 = 15

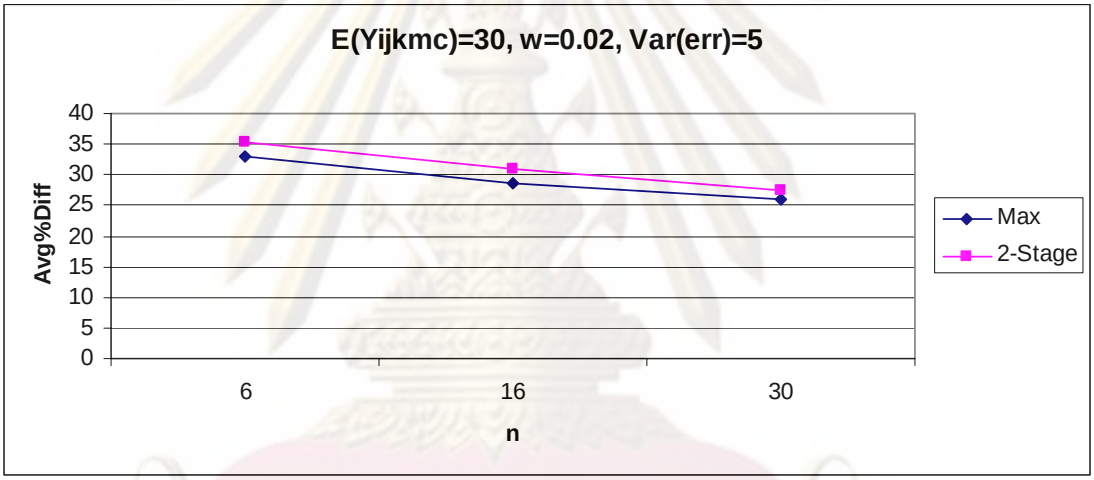


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1.2.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$=30 ,w=0.02 และ σ_ε^2 = 5

$E(Y_{ijkmc})$=30, w=0.02, σ_ε^2=5	n		
	6	16	30
Max	32.9692*	28.6693*	26.0986*
2-Stage	35.3435	30.8546	27.3447

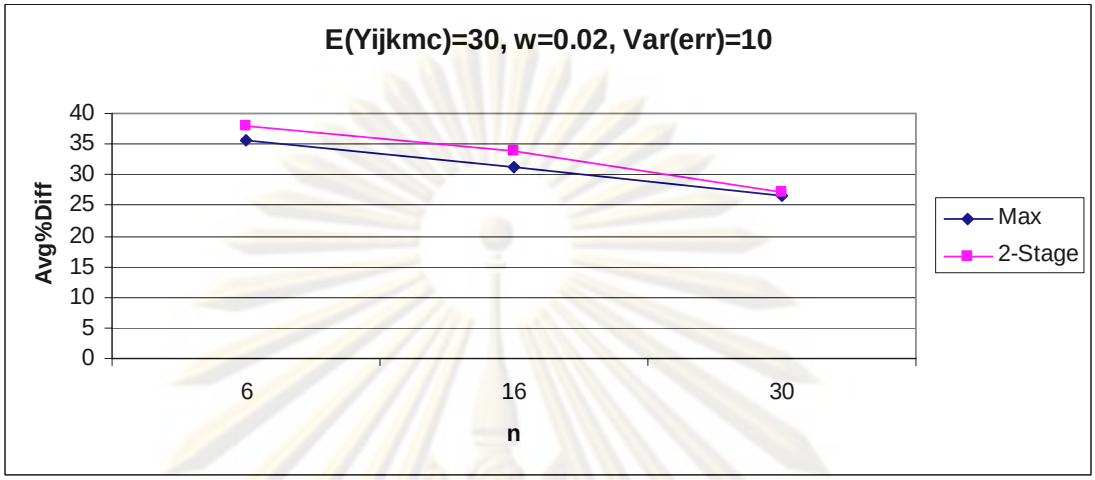
รูปที่ 4.1.2.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$=30 ,w=0.02 และ σ_ε^2 = 5



ตารางที่ 4.1.2.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$=30 ,w=0.02 และ σ_ε^2 = 10

$E(Y_{ijkmc})$=30, w=0.02, σ_ε^2=10	n		
	6	16	30
Max	35.5431*	31.2210*	26.6129*
2-Stage	38.0446	33.8075	27.1080

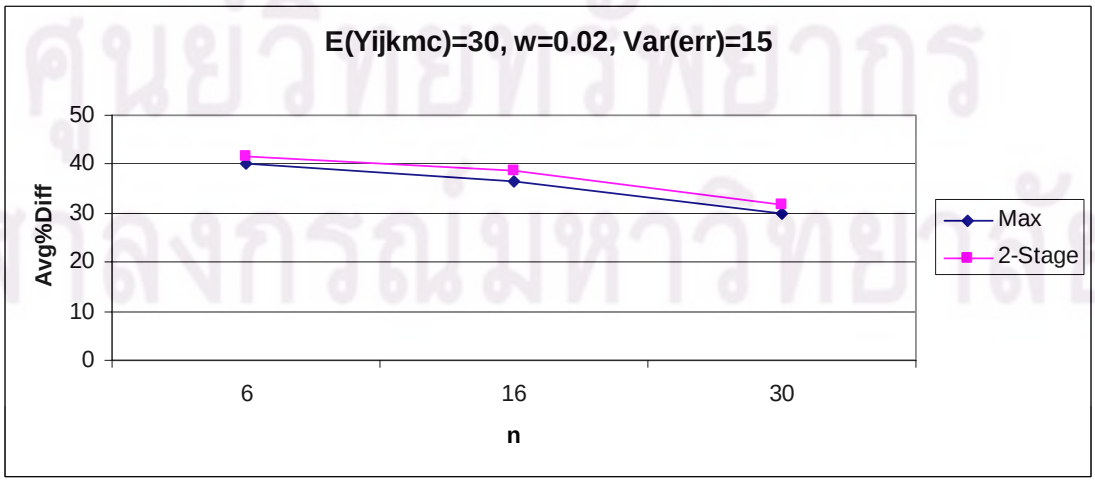
รูปที่ 4.1.2.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =30 ,w=0.02 และ σ_{ε}^2 = 10



ตารางที่ 4.1.2.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =30 ,w=0.02 และ σ_{ε}^2 = 15

$E(Y_{ijkmc})$=30, w=0.02, σ_{ε}^2=15	n		
	6	16	30
Max	39.9873*	36.5034*	29.8596*
2-Stage	41.5164	38.7822	31.6903

รูปที่ 4.1.2.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =30 ,w=0.02 และ σ_{ε}^2 = 15

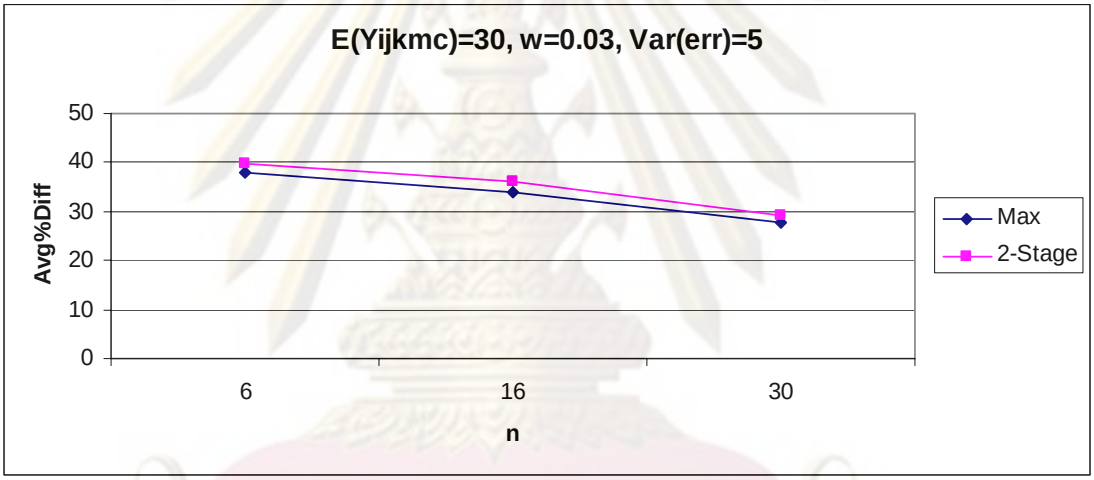


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1.2.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$=30 ,w=0.03 และ σ_ε^2 = 5

$E(Y_{ijkmc})$=30, w=0.03, σ_ε^2=5	n		
	6	16	30
Max	37.8788*	33.9607*	27.5574*
2-Stage	39.7196	36.1708	29.3503

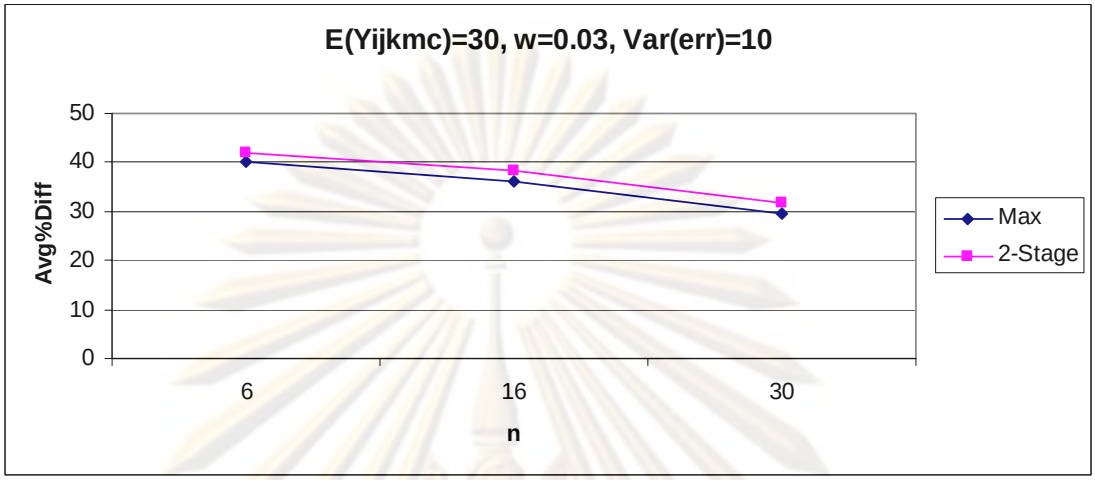
รูปที่ 4.1.2.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$=30 ,w=0.03 และ σ_ε^2 = 5



ตารางที่ 4.1.2.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$=30 ,w=0.03 และ σ_ε^2 = 10

$E(Y_{ijkmc})$=30, w=0.03, σ_ε^2=10	n		
	6	16	30
Max	40.1865*	36.1502*	29.6247*
2-Stage	41.9260	38.4588	31.7737

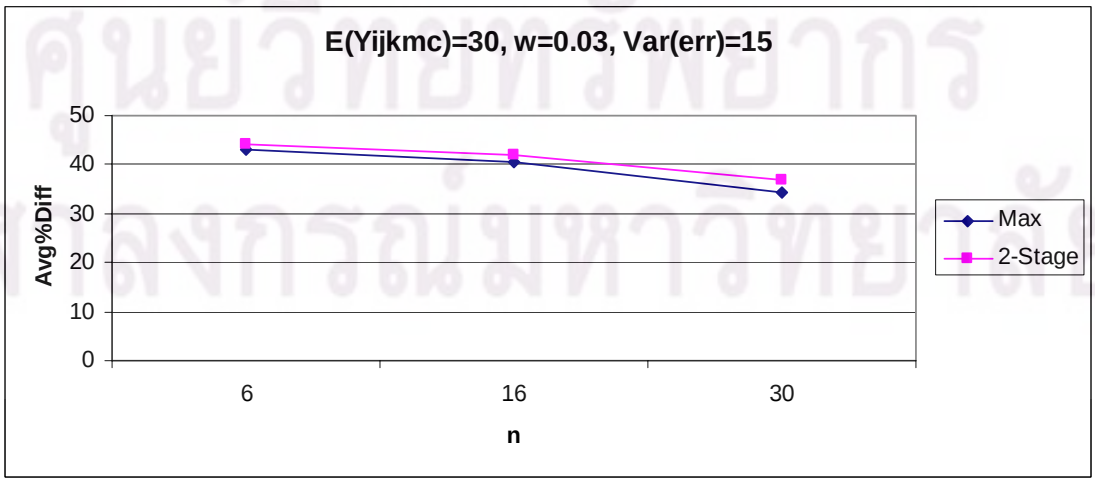
รูปที่ 4.1.2.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =30 ,w=0.03 และ σ_{ε}^2 = 10



ตารางที่ 4.1.2.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =30 ,w=0.03 และ σ_{ε}^2 = 15

$E(Y_{ijkmc})$=30, w=0.03, σ_{ε}^2=15	n		
	6	16	30
Max	42.9496*	40.4447*	34.4441*
2-Stage	44.0313	42.0758	36.8614

รูปที่ 4.1.2.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =30 ,w=0.03 และ σ_{ε}^2 = 15



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

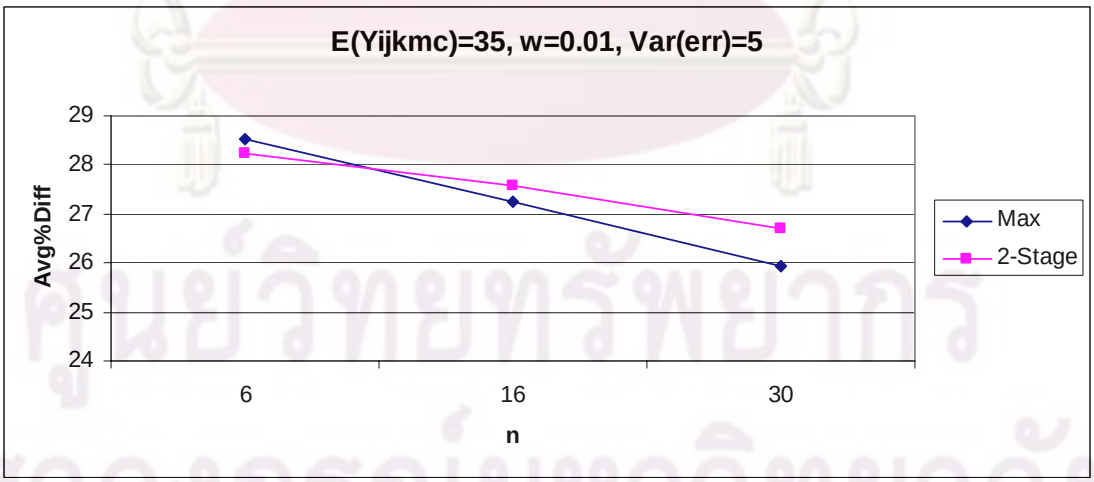
จากแผนภาพที่ 4.1.2.1- 4.1.2.9 พบว่า ค่า Avg%Diff มีแนวโน้มลดลงในทุกสถานการณ์ และ วิธีการประมาณค่าด้วยวิธี Max มีค่า Avg%Diff ต่ำกว่าวิธี 2-Stage ดังนั้นวิธี Max จึงมีประสิทธิภาพในการประมาณดีกว่าวิธี 2-Stage ที่ทุกระดับของ w และ σ_ε^2 เมื่อกำหนดให้ $E(Y_{ijkmc})$เท่ากับ 30 ยกเว้นที่ n เท่ากับ 6 และ w เท่ากับ 0.01 ที่ทุกระดับของ σ_ε^2

4.1.3 การศึกษาเมื่อ $E(Y_{ijkmc})$ = 35 ที่ทุกระดับของ w และ σ_ε^2 แสดงดังตาราง และรูปที่ 4.1.3.1- 4.1.3.9 ดังนี้

ตารางที่ 4.1.3.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =35,w=0.01 และ σ_ε^2 = 5

$E(Y_{ijkmc})$=35, w=0.01, σ_ε^2=5	n		
	6	16	30
Max	28.5245	27.2324*	25.9170*
2-Stage	28.2278*	27.5665	26.7164

รูปที่ 4.1.3.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =35,w=0.01 และ σ_ε^2 = 5

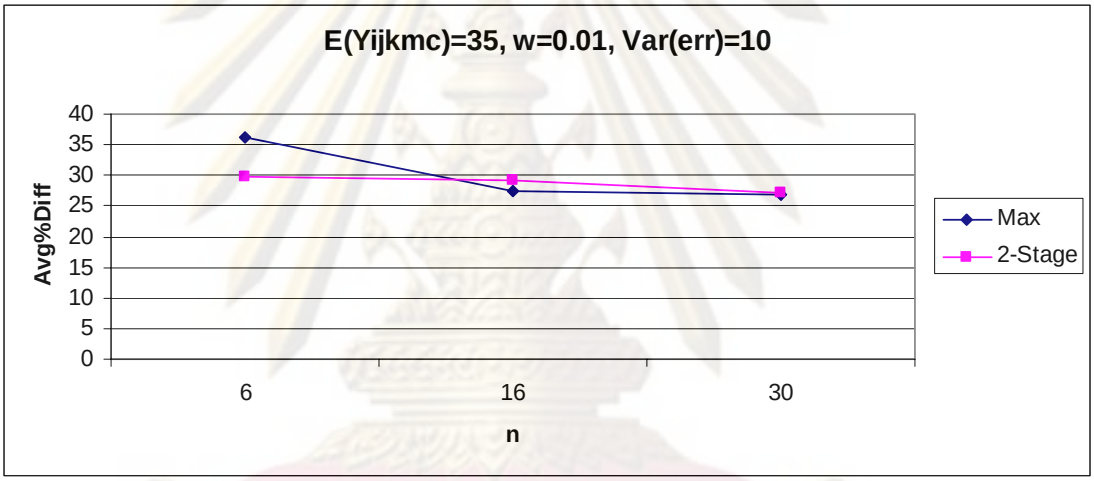


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1.3.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$=35,w=0.01 และ σ_ε^2 = 10

$E(Y_{ijkmc})$=35, w=0.01, σ_ε^2=10	n		
	6	16	30
Max	36.1311	27.5393*	26.8578*
2-Stage	29.8060*	29.1472	27.2046

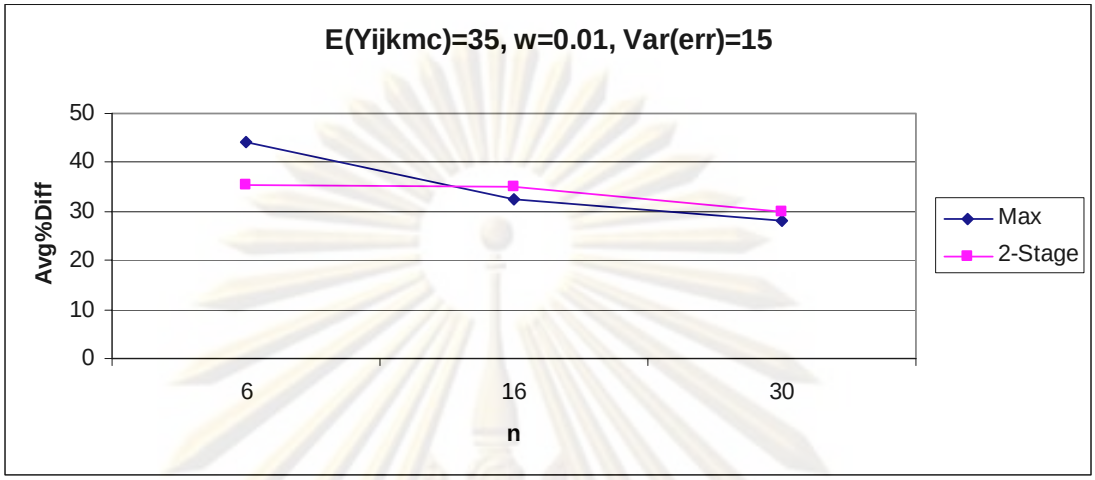
รูปที่ 4.1.3.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$=35,w=0.01 และ σ_ε^2 = 10



ตารางที่ 4.1.3.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$=35,w=0.01 และ σ_ε^2 = 15

$E(Y_{ijkmc})$=35, w=0.01, σ_ε^2=15	n		
	6	16	30
Max	44.2984	32.3300*	28.1000*
2-Stage	35.2874*	34.8592	29.8602

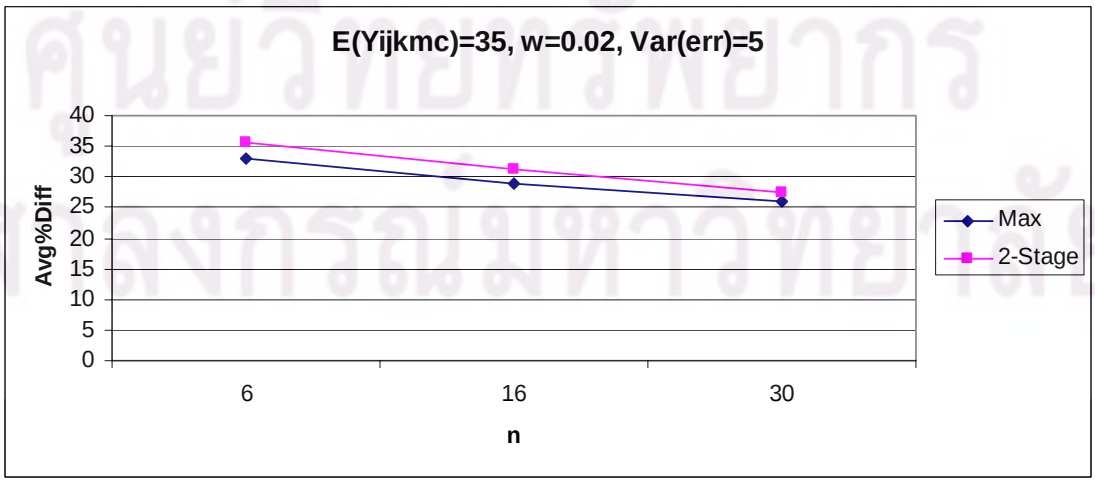
รูปที่ 4.1.3.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =35,w=0.01 และ σ_ε^2 = 15



ตารางที่ 4.1.3.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =35,w=0.02 และ σ_ε^2 = 5

$E(Y_{ijkmc})$=35, w=0.02, σ_ε^2=5	n		
	6	16	30
Max	32.9904*	28.8243*	26.1067*
2-Stage	35.5662	31.2815	27.4482

รูปที่ 4.1.3.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =35,w=0.02 และ σ_ε^2 = 5

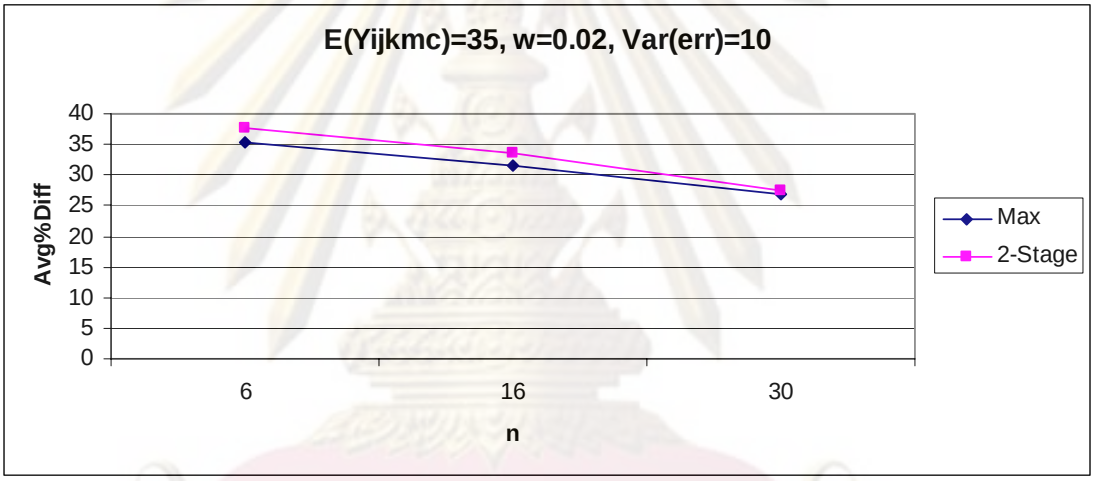


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1.3.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$=35,w=0.02 และ σ_ε^2 = 10

$E(Y_{ijkmc})$=35, w=0.02, σ_ε^2=10	n		
	6	16	30
Max	35.4103*	31.4695*	26.7653*
2-Stage	37.6552	33.7053	27.3551

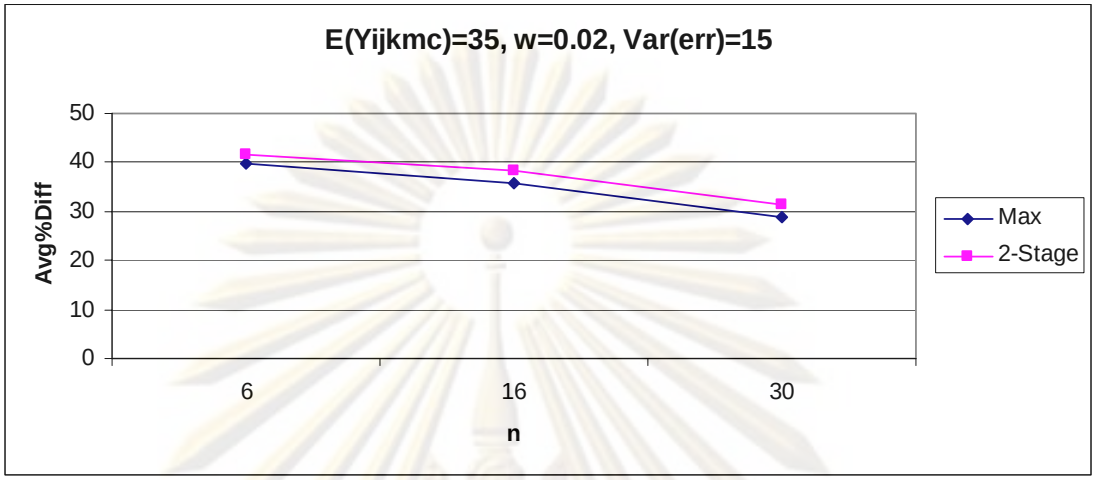
รูปที่ 4.1.3.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$=35,w=0.02 และ σ_ε^2 = 10



ตารางที่ 4.1.3.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$=35,w=0.02 และ σ_ε^2 = 15

$E(Y_{ijkmc})$=35, w=0.02, σ_ε^2=15	n		
	6	16	30
Max	39.6137*	35.9341*	28.9978*
2-Stage	41.5156	38.2679	31.3045

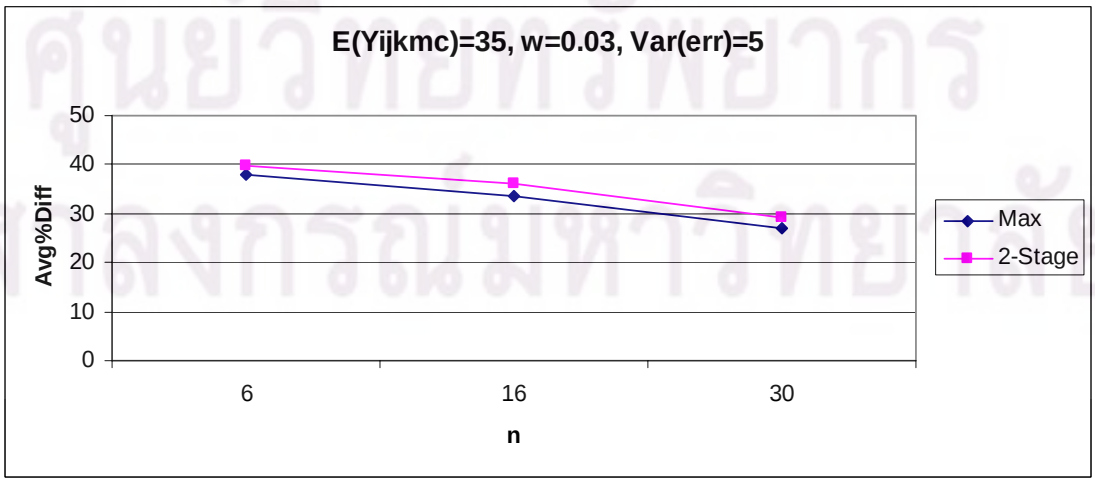
รูปที่ 4.1.3.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =35,w=0.02 และ σ_{ε}^2 = 15



ตารางที่ 4.1.3.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =35,w=0.03 และ σ_{ε}^2 = 5

$E(Y_{ijkmc})$=35, w=0.03, σ_{ε}^2=5	n		
	6	16	30
Max	37.7998*	33.6803*	27.0953*
2-Stage	39.7821	36.2816	29.1440

รูปที่ 4.1.3.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =35,w=0.03 และ σ_{ε}^2 = 5

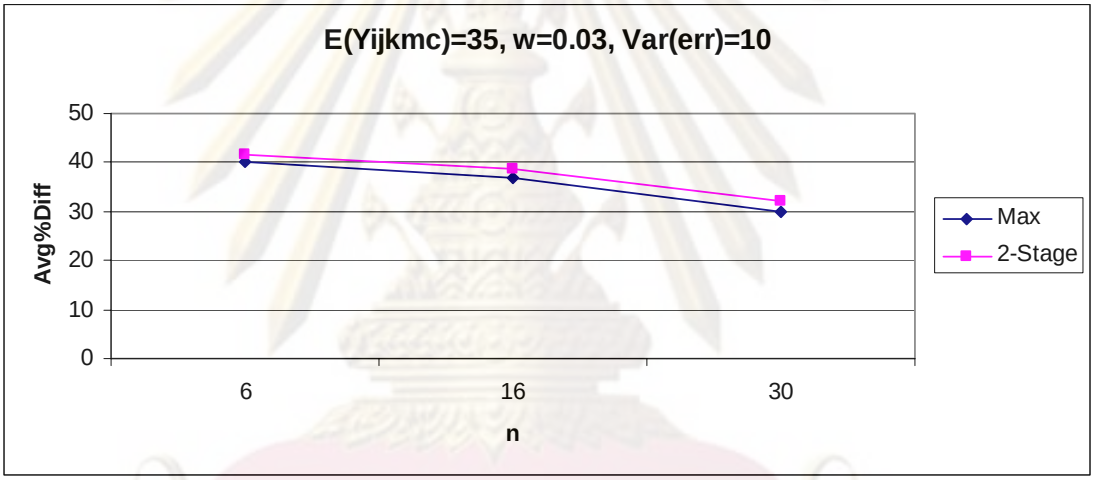


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1.3.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$=35,w=0.03 และ σ_ε^2 = 10

$E(Y_{ijkmc})$=35, w=0.03, σ_ε^2=10	n		
	6	16	30
Max	40.0322*	36.7204*	29.8029*
2-Stage	41.5163	38.7746	32.1971

รูปที่ 4.1.3.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$=35,w=0.03 และ σ_ε^2 = 10

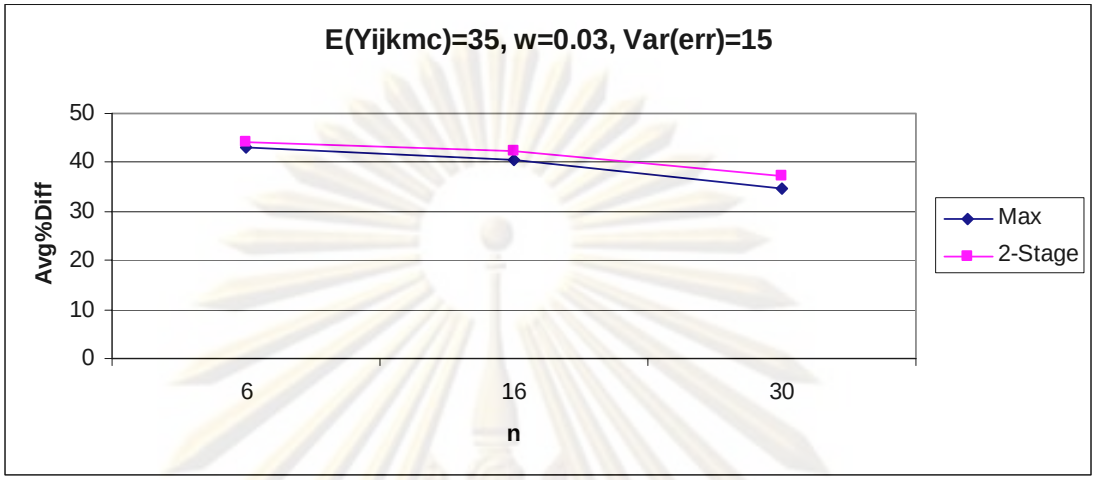


ตารางที่ 4.1.3.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$=35,w=0.03 และ σ_ε^2 = 15

$E(Y_{ijkmc})$=35, w=0.03, σ_ε^2=15	n		
	6	16	30
Max	43.1355*	40.5748*	34.5870*
2-Stage	44.2037	42.1753	37.1111

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.1.3.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ =35,w=0.03 และ σ_ε^2 = 15



จากรูปที่ 4.1.3.1 – 4.1.3.9 พบว่า ค่า Avg%Diff มีแนวโน้มลดลงในทุกสถานการณ์ และ วิธีการประมาณค่าด้วยวิธี Max มีค่า Avg%Diff ต่ำกว่าวิธี 2-Stage ดังนั้นวิธี Max จึงมีประสิทธิภาพในการประมาณดีกว่าวิธี 2-Stage ที่ทุกระดับของ w และ σ_ε^2 เมื่อกำหนดให้ $E(Y_{ijkmc})$เท่ากับ 35 ยกเว้นที่ n เท่ากับ 6 และ w เท่ากับ 0.01 ที่ทุกระดับของ σ_ε^2

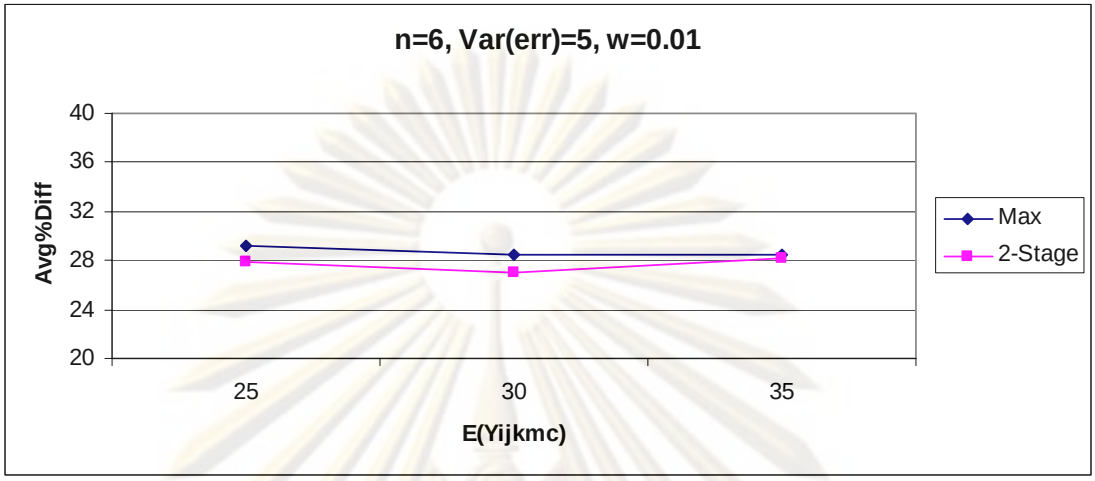
4.2 การศึกษาเมื่อค่าเฉลี่ยของค่าสังเกต($E(Y_{ijkmc})$)เพิ่มขึ้น

4.2.1 การศึกษาเมื่อ n=6 ที่ทุกระดับของ w และ σ_ε^2 แสดงดังตาราง และรูปที่ 4.2.1.1-4.2.1.9 ดังนี้

ตารางที่ 4.2.1.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=6, σ_ε^2 = 5 และ w=0.01

n=6, σ_ε^2 = 5 และ w=0.01	$E(Y_{ijkmc})$		
	25	30	35
Max	29.1425	28.5251	28.5245
2-Stage	27.8572*	26.9950*	28.2278*

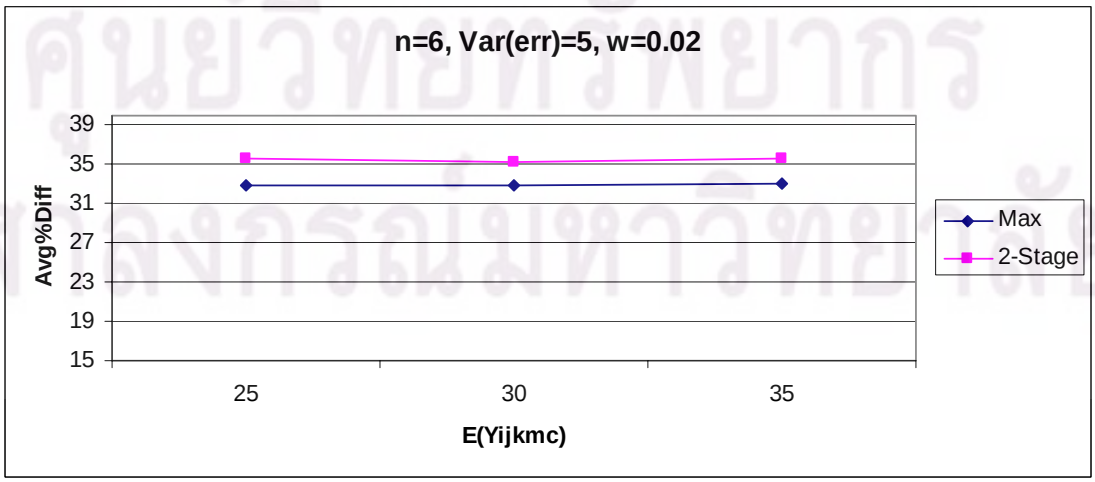
รูปที่ 4.2.1.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=6, σ_ε^2 = 5 และ w=0.01



ตารางที่ 4.2.1.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=6, σ_ε^2 = 5 และ w=0.02

n=6, σ_ε^2 = 5 และ w=0.02	$E(Y_{ijkmc})$		
	25	30	35
Max	32.9595*	32.9692*	32.9904*
2-Stage	35.6002	35.3435	35.5662

รูปที่ 4.2.1.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=6, σ_ε^2 = 5 และ w=0.02

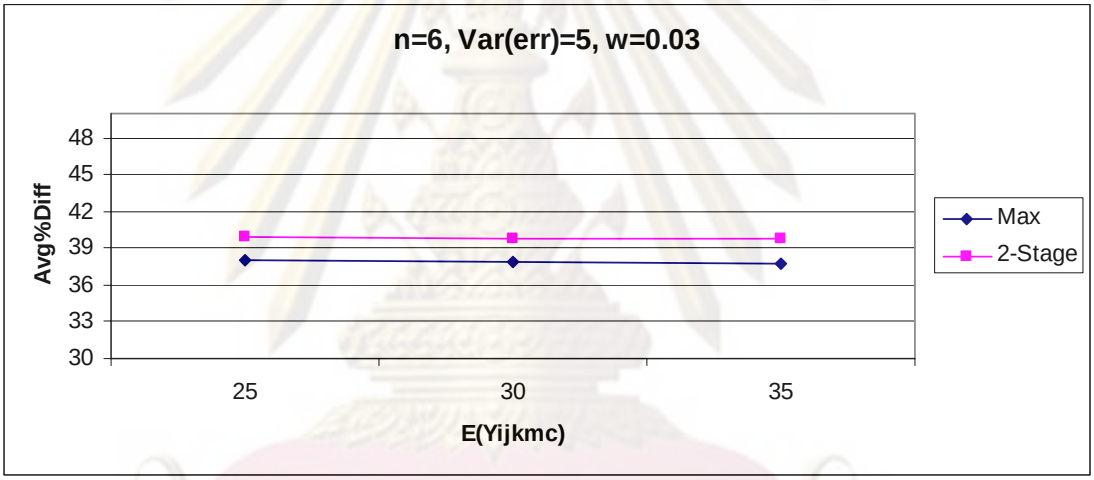


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2.1.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=6, σ_ε^2 = 5 และ w=0.03

n=6, σ_ε^2 = 5 และ w=0.03	$E(Y_{ijkmc})$		
	25	30	35
Max	37.9638*	37.8788*	37.7998*
2-Stage	39.9987	39.7196	39.7821

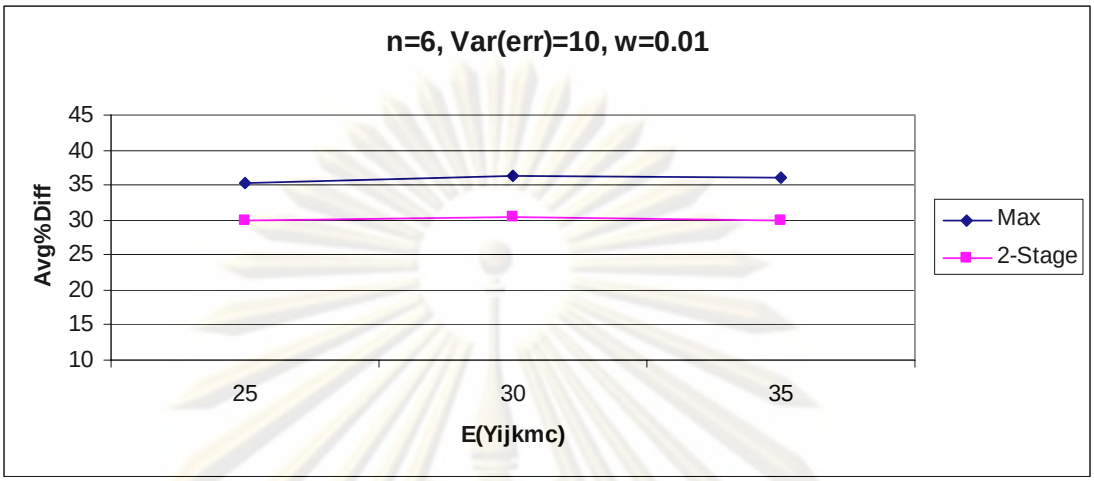
รูปที่ 4.2.1.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=6, σ_ε^2 = 5 และ w=0.03



ตารางที่ 4.2.1.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=6, σ_ε^2 = 10 และ w=0.01

n=6, σ_ε^2 = 10 และ w=0.01	$E(Y_{ijkmc})$		
	25	30	35
Max	35.3512	36.3787	36.1311
2-Stage	29.9027*	30.5511*	29.8060*

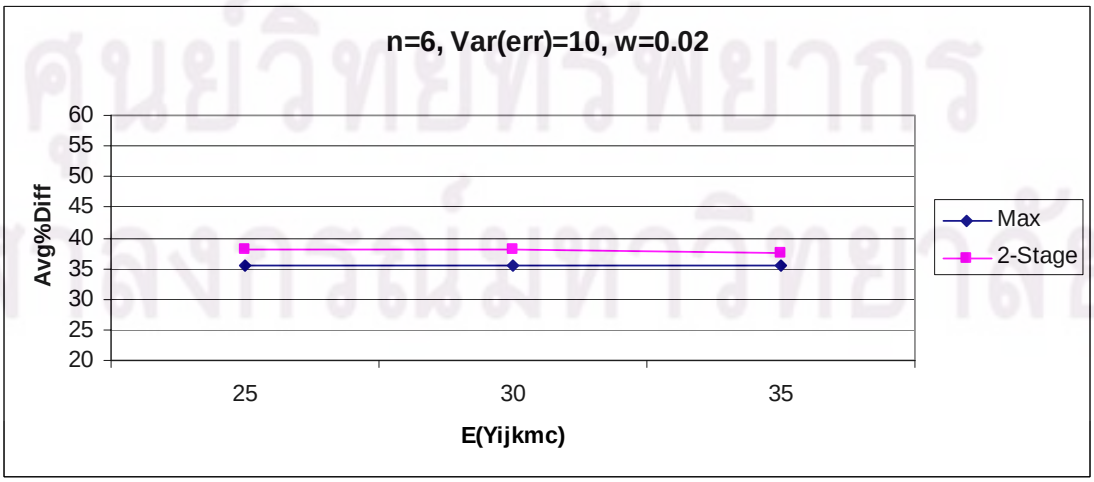
รูปที่ 4.2.1.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=6, σ_ε^2 = 10 และ w=0.01



ตารางที่ 4.2.1.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=6, σ_ε^2 = 10 และ w=0.02

n=6, σ_ε^2 = 10 และ w=0.02	$E(Y_{ijkmc})$		
	25	30	35
Max	35.6003*	35.5431*	35.4103*
2-Stage	38.0182	38.0446	37.6552

รูปที่ 4.2.1.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=6, σ_ε^2 = 10 และ w=0.02

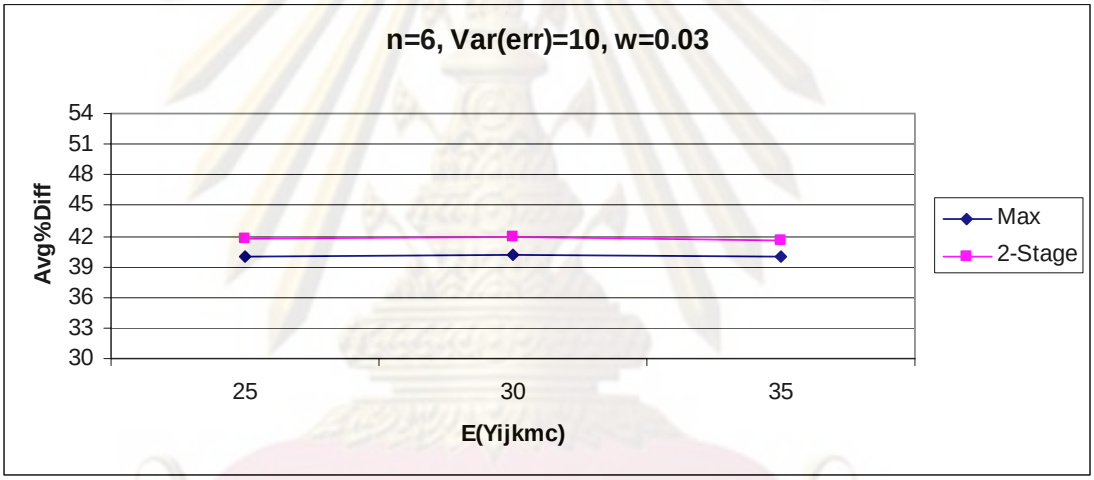


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2.1.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=6, σ_ε^2 = 10 และ w=0.03

n=6, σ_ε^2 = 10 และ w=0.03	$E(Y_{ijkmc})$		
	25	30	35
Max	39.9782*	40.1865*	40.0322*
2-Stage	41.7230	41.9260	41.5163

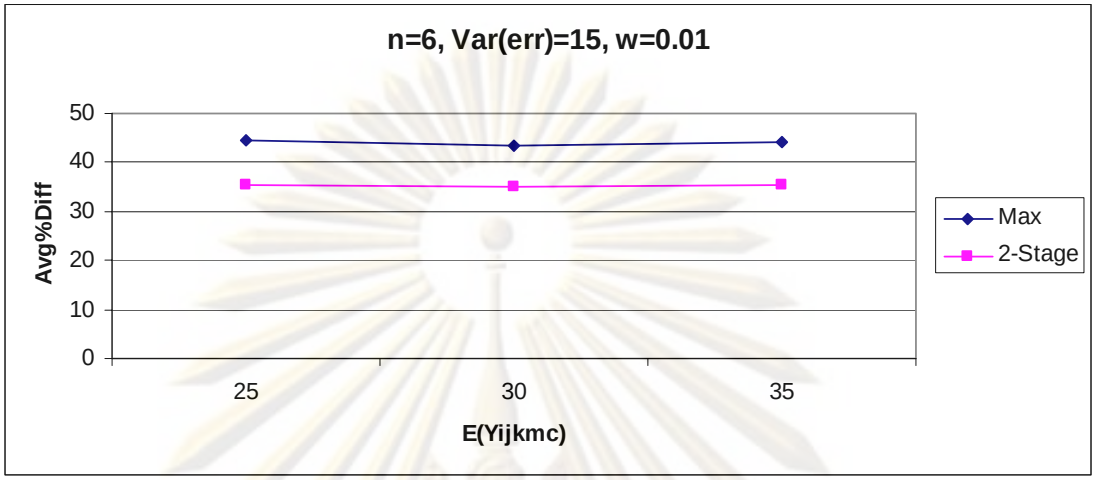
รูปที่ 4.2.1.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=6, σ_ε^2 = 10 และ w=0.03



ตารางที่ 4.2.1.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=6, σ_ε^2 = 15 และ w=0.01

n=6, σ_ε^2 = 15 และ w=0.01	$E(Y_{ijkmc})$		
	25	30	35
Max	44.3456	43.4283	44.2984
2-Stage	35.2302*	35.1905*	35.2874*

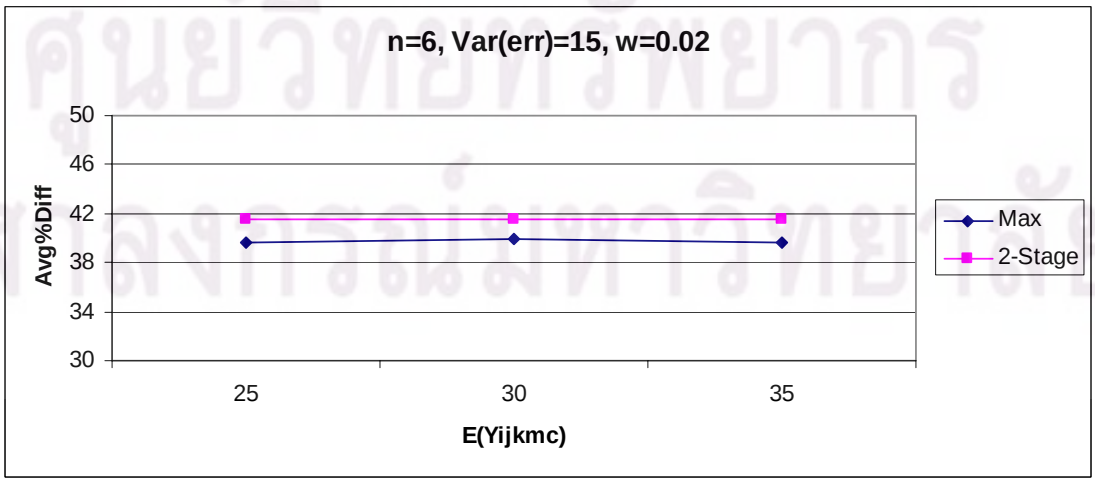
รูปที่ 4.2.1.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=6, σ_ε^2 = 15 และ w=0.01



ตารางที่ 4.2.1.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=6, σ_ε^2 = 15 และ w=0.02

n=6, σ_ε^2 = 15 และ w=0.02	$E(Y_{ijkmc})$		
	25	30	35
Max	39.5932*	39.9873*	39.6137*
2-Stage	41.5679	41.5164	41.5156

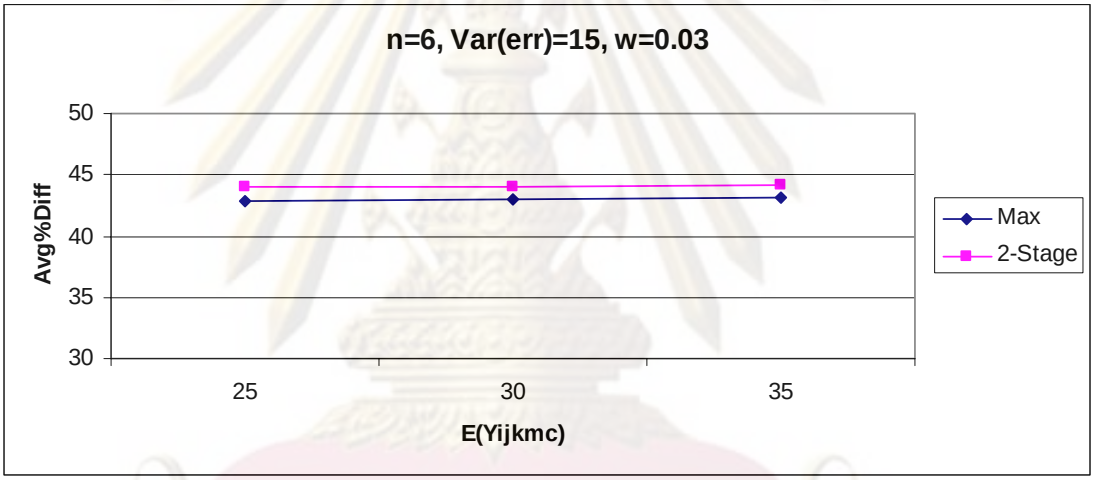
รูปที่ 4.2.1.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=6, σ_ε^2 = 15 และ w=0.02



ตารางที่ 4.2.1.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=6, σ_ε^2 = 15 และ w=0.03

n=6, σ_ε^2 = 15 และ w=0.03	$E(Y_{ijkmc})$		
	25	30	35
Max	42.8455*	42.9496*	43.1355*
2-Stage	43.9991	44.0313	44.2037

รูปที่ 4.2.1.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=6, σ_ε^2 = 15 และ w=0.03



จากรูปที่ 4.2.1.1 – 4.2.1.9 พบว่า ค่า Avg%Diff ไม่มีแนวโน้มในทุกสถานการณ์ และวิธีการประมาณค่าด้วยวิธี Max มีค่า Avg%Diff ต่ำกว่าวิธี 2-Stage ดังนั้นวิธี Max จึงมีประสิทธิภาพในการประมาณดีกว่าวิธี 2-Stage ที่ทุกระดับของ w และ σ_ε^2 เมื่อกำหนดให้ n เท่ากับ 6 ยกเว้นที่ w เท่ากับ 0.01 ที่ทุกระดับของ σ_ε^2 และ $E(Y_{ijkmc})$

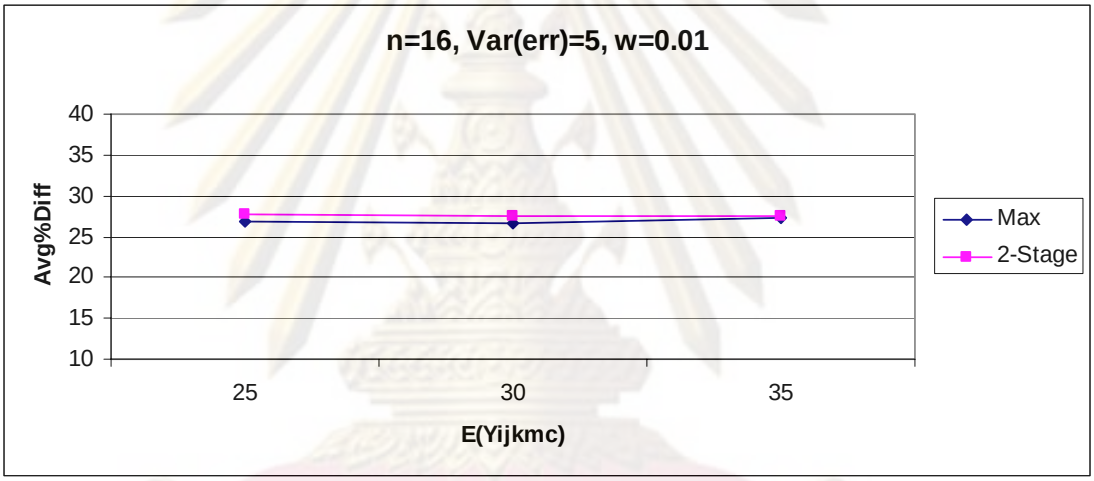
4.2.2 การศึกษาเมื่อ n=16 ที่ทุกระดับของ w และ σ_ε^2 แสดงดังตาราง และรูปที่ 4.2.2.1-4.2.2.9 ดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2.2.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=16, σ_ε^2 = 5 และ w=0.01

n=16, σ_ε^2 = 5 และ w=0.01	$E(Y_{ijkmc})$		
	25	30	35
Max	26.8211*	26.7027*	27.2324*
2-Stage	27.6293	27.6271	27.5665

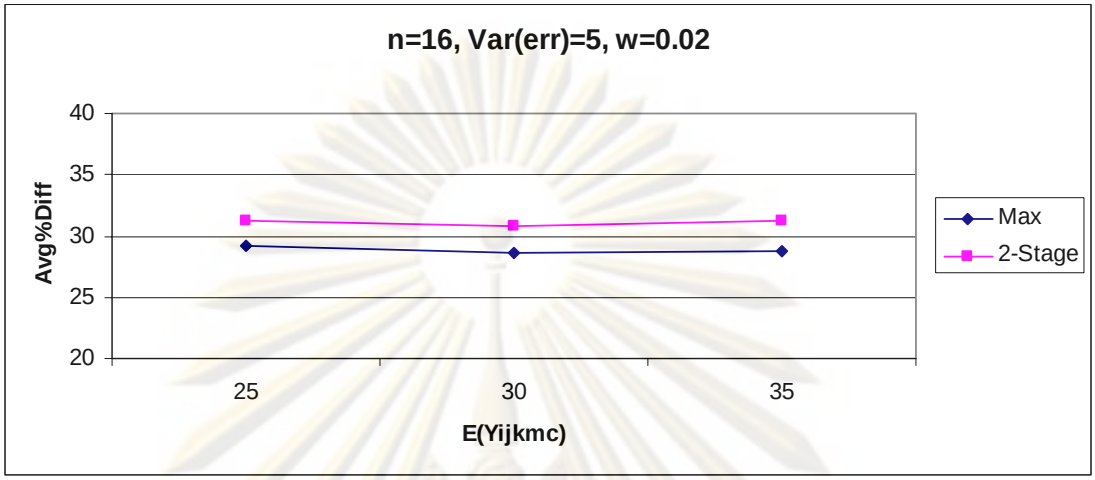
รูปที่ 4.2.2.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=16, σ_ε^2 = 5 และ w=0.01



ตารางที่ 4.2.2.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=16, σ_ε^2 = 5 และ w=0.02

n=16, σ_ε^2 = 5 และ w=0.02	$E(Y_{ijkmc})$		
	25	30	35
Max	29.1799*	28.6693*	28.8243*
2-Stage	31.2143	30.8546	31.2815

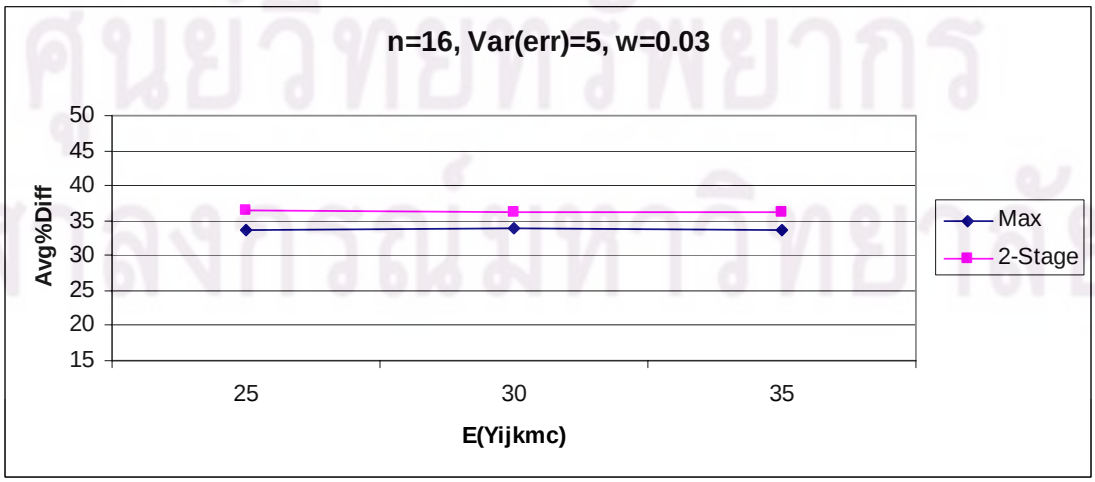
รูปที่ 4.2.2.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=16, σ_ε^2 = 5 และ w=0.02



ตารางที่ 4.2.2.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=16, σ_ε^2 = 5 และ w=0.03

n=16, σ_ε^2 = 5 และ w=0.03	$E(Y_{ijkmc})$		
	25	30	35
Max	33.6998*	33.9607*	33.6803*
2-Stage	36.4355	36.1708	36.2816

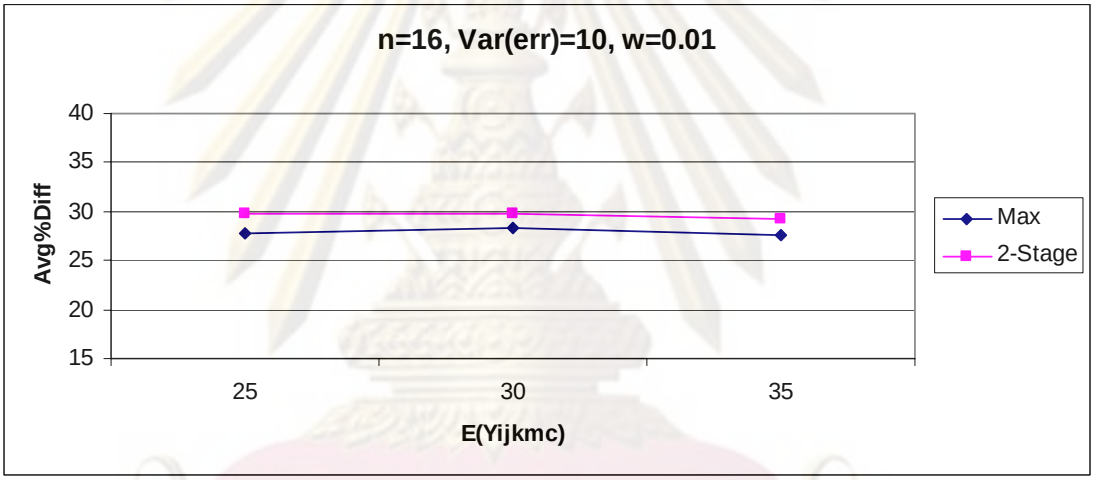
รูปที่ 4.2.2.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=16, σ_ε^2 = 5 และ w=0.03



ตารางที่ 4.2.2.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=16, σ_ε^2 = 10 และ w=0.01

n=16, σ_ε^2 = 10 และ w=0.01	$E(Y_{ijkmc})$		
	25	30	35
Max	27.7409*	28.3704*	27.5393*
2-Stage	29.8409	29.8053	29.1472

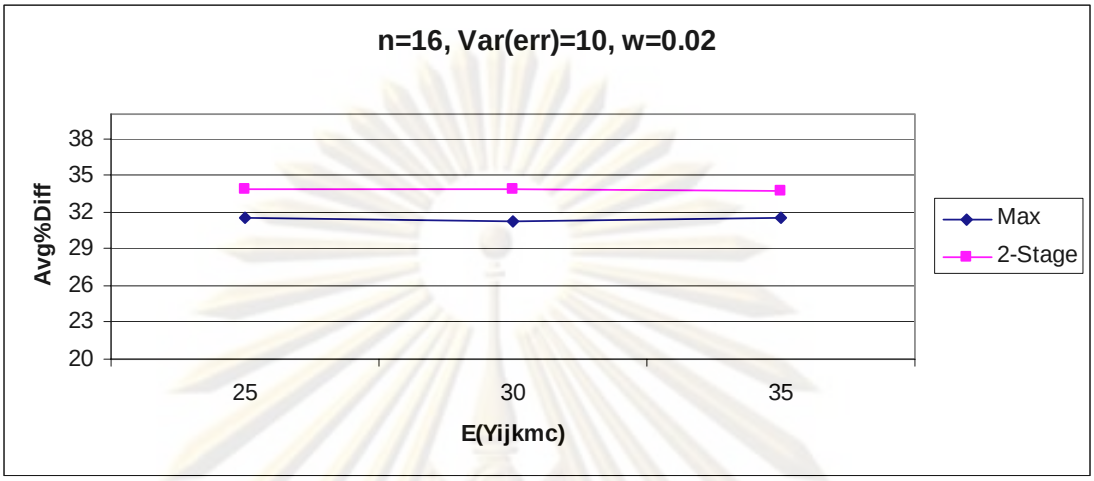
รูปที่ 4.2.2.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=16, σ_ε^2 = 10 และ w=0.01



ตารางที่ 4.2.2.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=16, σ_ε^2 = 10 และ w=0.02

n=16, σ_ε^2 = 10 และ w=0.02	$E(Y_{ijkmc})$		
	25	30	35
Max	31.5262*	31.2210*	31.4695*
2-Stage	33.8103	33.8075	33.7053

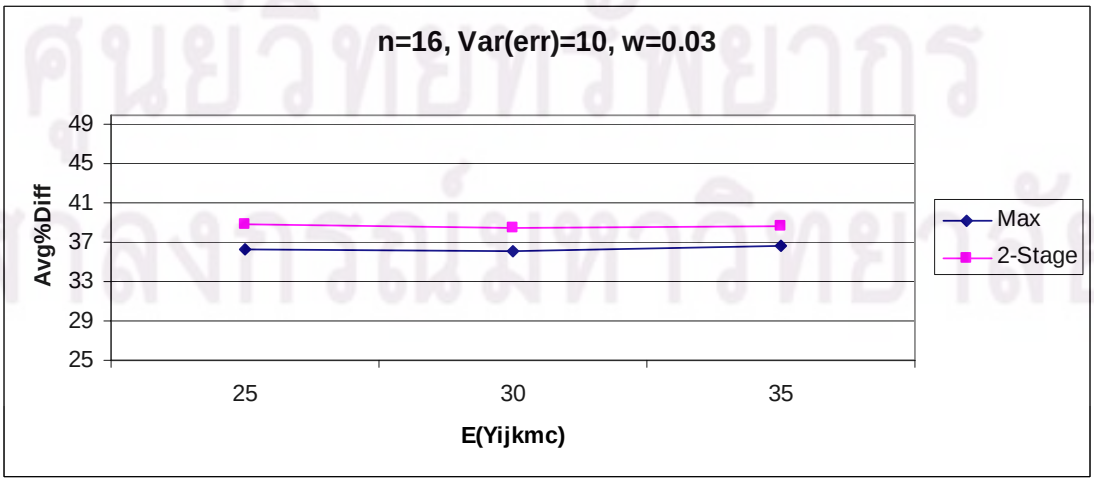
รูปที่ 4.2.2.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=16, σ_ε^2 = 10 และ w=0.02



ตารางที่ 4.2.2.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=16, σ_ε^2 = 10 และ w=0.03

n=16, σ_ε^2 = 10 และ w=0.03	$E(Y_{ijkmc})$		
	25	30	35
Max	36.4002*	36.1502*	36.7204*
2-Stage	38.7830	38.4588	38.7746

รูปที่ 4.2.2.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=16, σ_ε^2 = 10 และ w=0.03

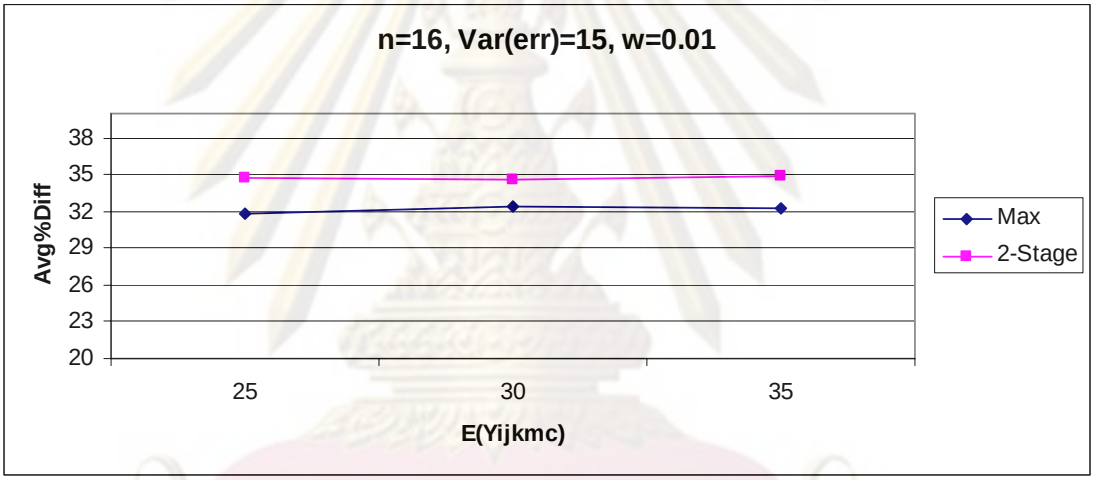


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2.2.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=16, σ_ε^2 = 15 และ w=0.01

n=16, σ_ε^2 = 15 และ w=0.01	$E(Y_{ijkmc})$		
	25	30	35
Max	31.8639*	32.4528*	32.3300*
2-Stage	34.7023	34.5421	34.8592

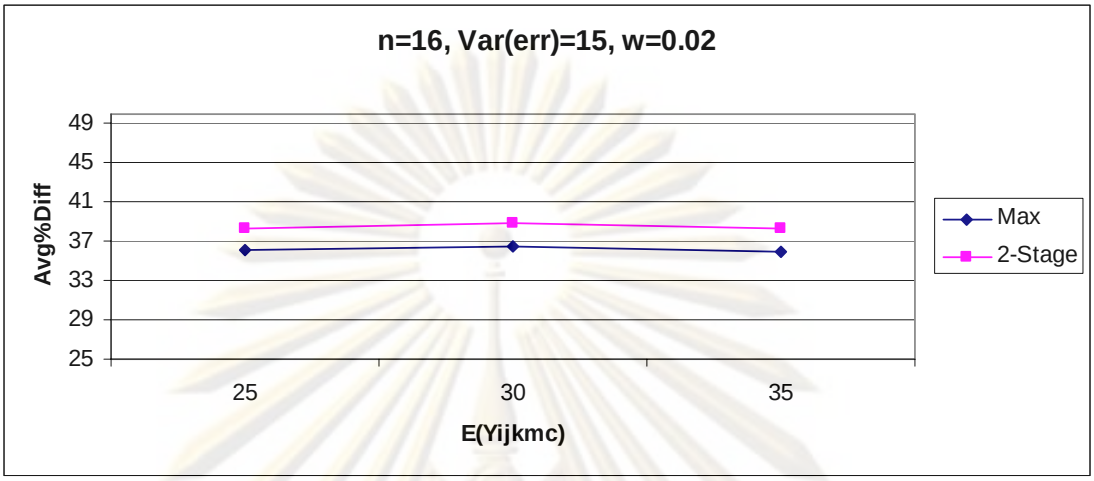
รูปที่ 4.2.2.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=16, σ_ε^2 = 15 และ w=0.01



ตารางที่ 4.2.2.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=16, σ_ε^2 = 15 และ w=0.02

n=16, σ_ε^2 = 15 และ w=0.02	$E(Y_{ijkmc})$		
	25	30	35
Max	36.0913*	36.5034*	35.9341*
2-Stage	38.3522	38.7822	38.2679

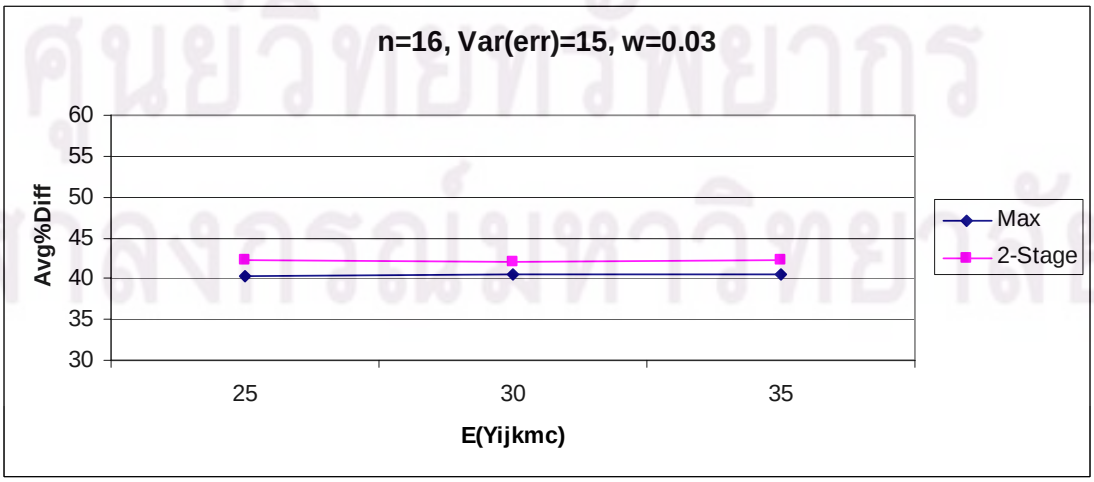
รูปที่ 4.2.2.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=16, σ_ε^2 = 15 และ w=0.02



ตารางที่ 4.2.2.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=16, σ_ε^2 = 15 และ w=0.03

n=16, σ_ε^2 = 15 และ w=0.03	$E(Y_{ijkmc})$		
	25	30	35
Max	40.3437*	40.4447*	40.5748*
2-Stage	42.1559	42.0758	42.1753

รูปที่ 4.2.2.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=16, σ_ε^2 = 15 และ w=0.03



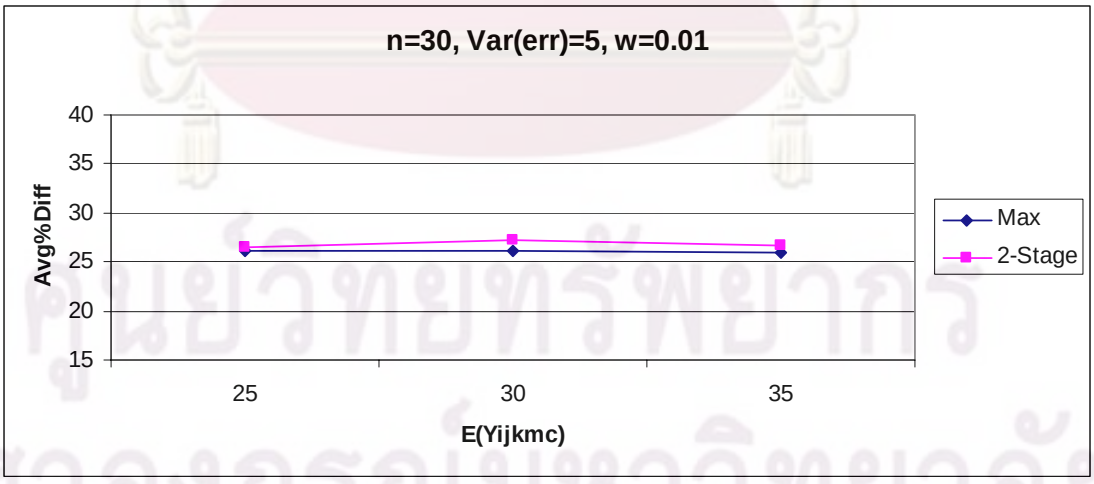
จากรูปที่ 4.2.2.1 – 4.2.2.9 พบว่า ค่า Avg%Diff ไม่มีแนวโน้มในทุกสถานการณ์ และวิธีการประมาณค่าด้วยวิธี Max มีค่า Avg%Diff ต่ำกว่าวิธี 2-Stage ดังนั้นวิธี Max จึงมีประสิทธิภาพในการประมาณดีกว่าวิธี 2-Stage ที่ทุกระดับของ w และ σ_ε^2 เมื่อกำหนดให้ n เท่ากับ 16

4.2.3 การศึกษาเมื่อ n=30 ที่ทุกระดับของ w และ σ_ε^2 แสดงดังตาราง และรูปที่ 4.2.3.1-4.2.3.9 ดังนี้

ตารางที่ 4.2.3.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=30 , σ_ε^2 = 5 และ w=0.01

n=30, σ_ε^2 = 5 และ w=0.01	$E(Y_{ijkmc})$		
	25	30	35
Max	26.1955*	26.0711*	25.9170*
2-Stage	26.4407	27.2482	26.7164

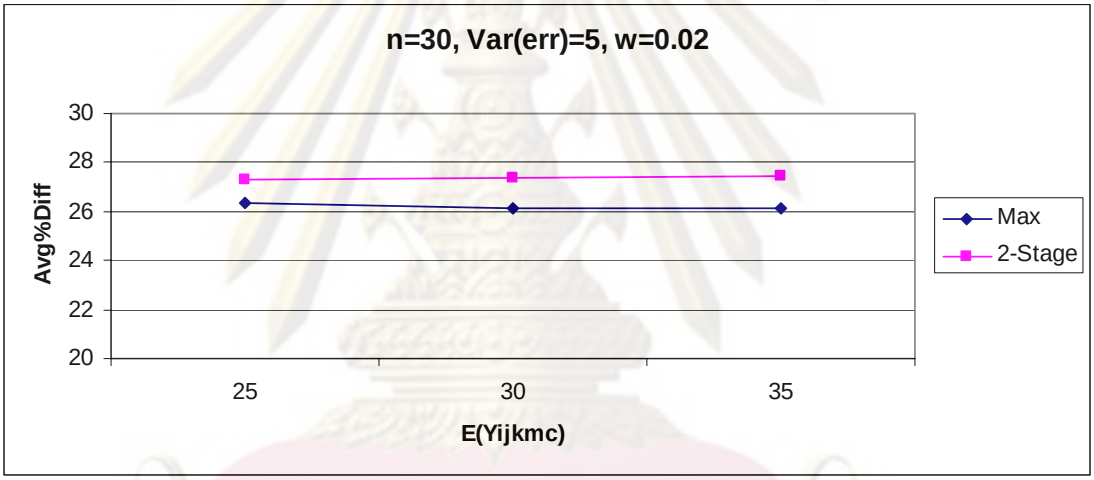
รูปที่ 4.2.3.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=30 , σ_ε^2 = 5 และ w=0.01



ตารางที่ 4.2.3.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=30 , σ_ε^2 = 5 และ w=0.02

n=30, σ_ε^2 = 5 และ w=0.02	$E(Y_{ijkmc})$		
	25	30	35
Max	26.3693*	26.0986*	26.1067*
2-Stage	27.3150	27.3447	27.4482

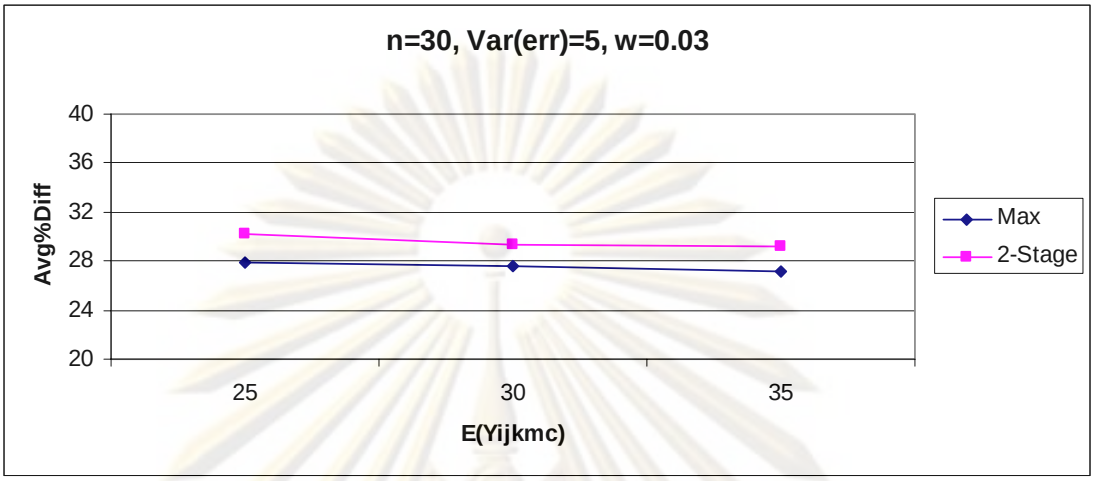
รูปที่ 4.2.3.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=30 , σ_ε^2 = 5 และ w=0.02



ตารางที่ 4.2.3.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=30 , σ_ε^2 = 5 และ w=0.03

n=30, σ_ε^2 = 5 และ w=0.03	$E(Y_{ijkmc})$		
	25	30	35
Max	27.9243*	27.5574*	27.0953*
2-Stage	30.1806	29.3503	29.1440

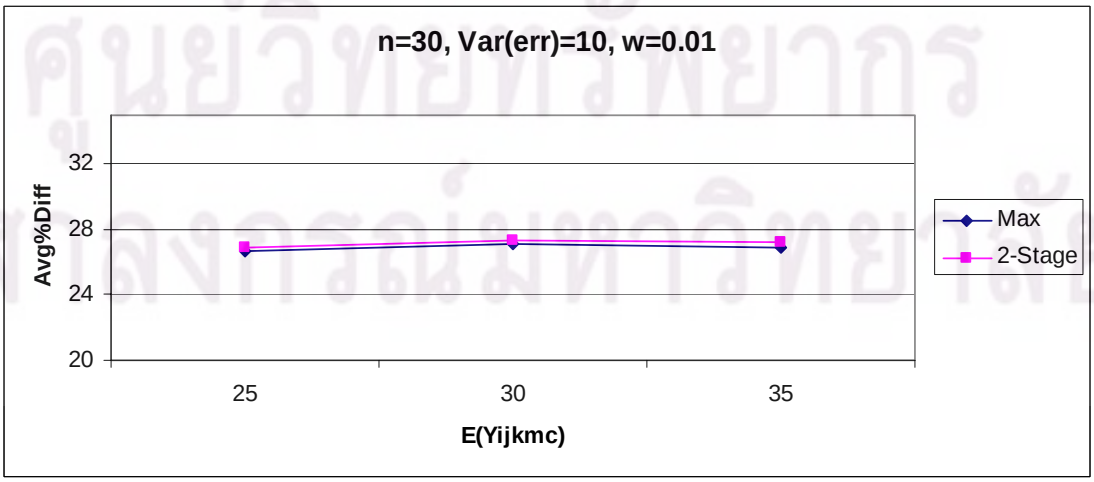
รูปที่ 4.2.3.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=30 , σ_ε^2 = 5 และ w=0.03



ตารางที่ 4.2.3.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=30 , σ_ε^2 = 10 และ w=0.01

n=30, σ_ε^2 = 10 และ w=0.01	$E(Y_{ijkmc})$		
	25	30	35
Max	26.7005*	27.0838*	26.8578*
2-Stage	26.9187	27.3783	27.2046

รูปที่ 4.2.3.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=30 , σ_ε^2 = 10 และ w=0.01

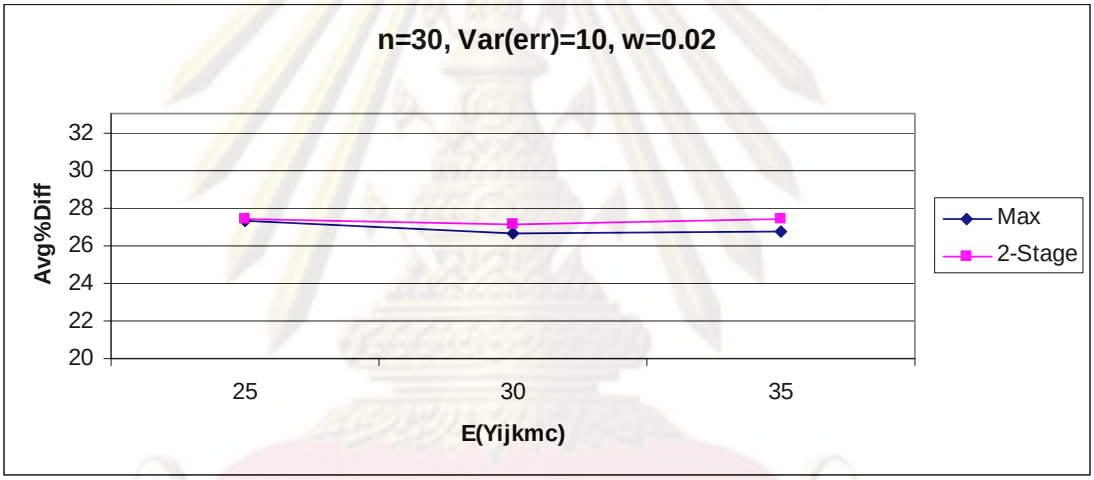


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2.3.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=30 , σ_ε^2 = 10 และ w=0.02

n=30, σ_ε^2 = 10 และ w=0.02	$E(Y_{ijkmc})$		
	25	30	35
Max	27.2872*	26.6129*	26.7653*
2-Stage	27.4448	27.1080	27.3551

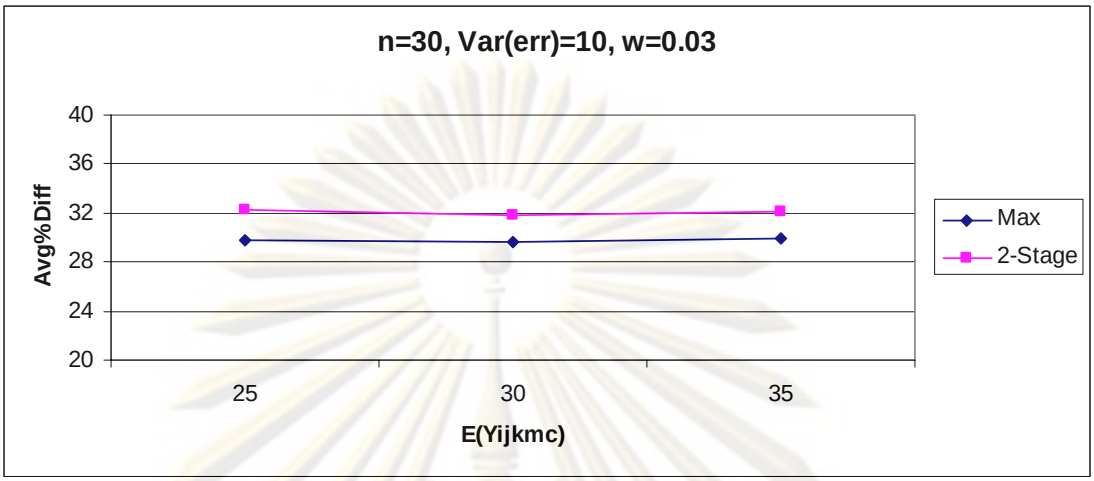
รูปที่ 4.2.3.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=30 , σ_ε^2 = 10 และ w=0.02



ตารางที่ 4.2.3.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=30 , σ_ε^2 = 10 และ w=0.03

n=30, σ_ε^2 = 10 และ w=0.03	$E(Y_{ijkmc})$		
	25	30	35
Max	29.8029*	29.6247*	29.9900*
2-Stage	32.1971	31.7737	32.1081

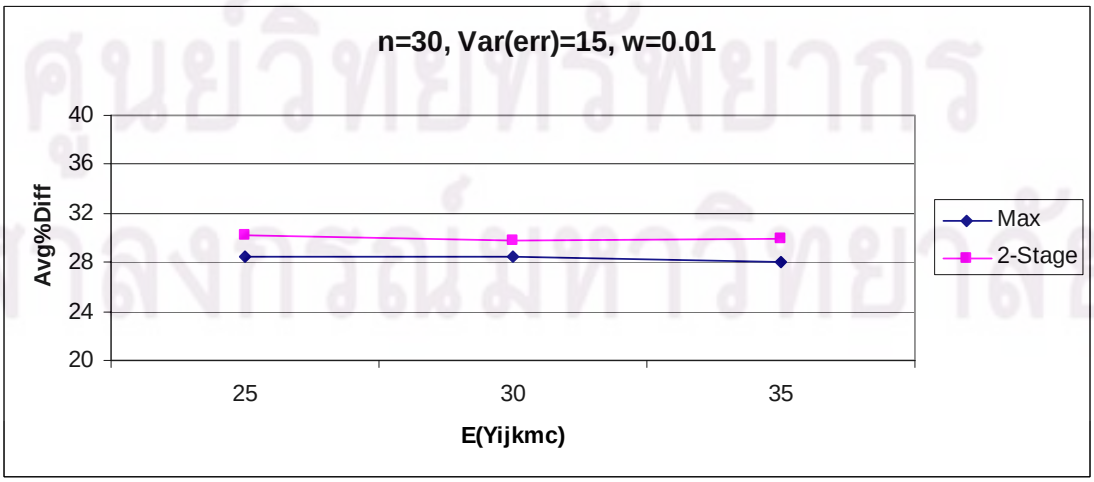
รูปที่ 4.2.3.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=30 , σ_ε^2 = 10 และ w=0.03



ตารางที่ 4.2.3.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=30 , σ_ε^2 = 15 และ w=0.01

n=30, σ_ε^2 = 15 และ w=0.01	$E(Y_{ijkmc})$		
	25	30	35
Max	28.4513*	28.4660*	28.1000*
2-Stage	30.2814	29.7926	29.8602

รูปที่ 4.2.3.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=30 , σ_ε^2 = 15 และ w=0.01

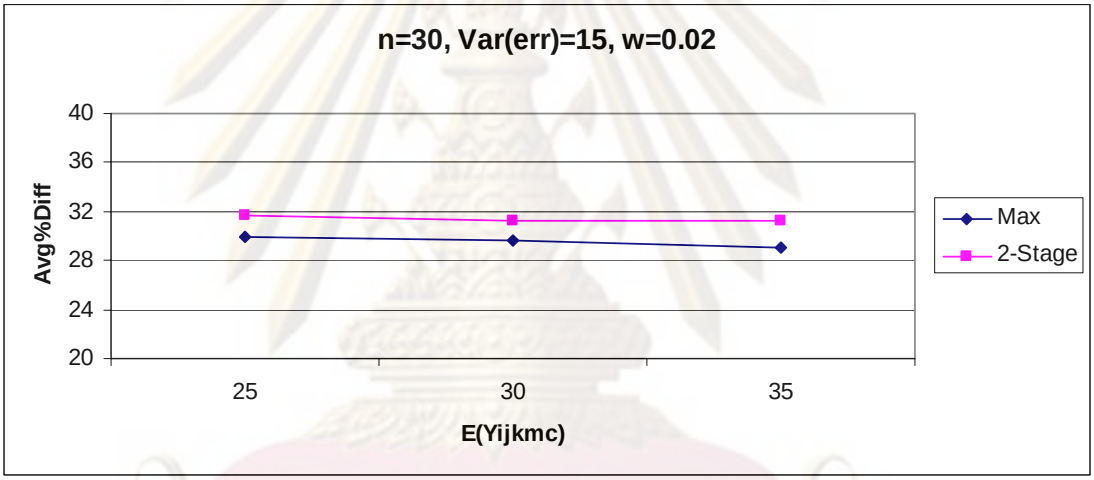


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2.3.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=30 , σ_ε^2 = 15 และ w=0.02

n=30, σ_ε^2 = 15 และ w=0.02	$E(Y_{ijkmc})$		
	25	30	35
Max	29.8596*	29.6942*	28.9978*
2-Stage	31.6903	31.2498	31.3045

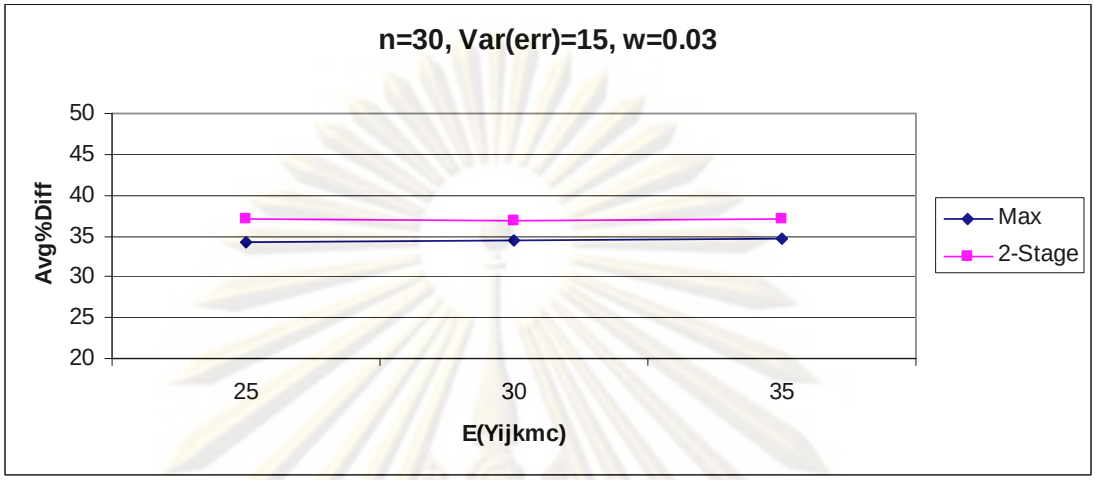
รูปที่ 4.2.3.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=30 , σ_ε^2 = 15 และ w=0.02



ตารางที่ 4.2.3.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=30 , σ_ε^2 = 15 และ w=0.03

n=30, σ_ε^2 = 15 และ w=0.03	$E(Y_{ijkmc})$		
	25	30	35
Max	34.3140*	34.4441*	34.5870*
2-Stage	37.1722	36.8614	37.1111

รูปที่ 4.2.3.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ n=30 , σ_ε^2 = 15 และ w=0.03



จากรูปที่ 4.2.3.1 – 4.2.3.9 พบว่า ค่า Avg%Diff ไม่มีแนวโน้มในทุกสถานการณ์ และวิธีการประมาณค่าด้วยวิธี Max มีค่า Avg%Diff ต่ำกว่าวิธี 2-Stage ดังนั้นวิธี Max จึงมีประสิทธิภาพในการประมาณดีกว่าวิธี 2-Stage ที่ทุกระดับของ w และ σ_ε^2 เมื่อกำหนดให้ n เท่ากับ 30

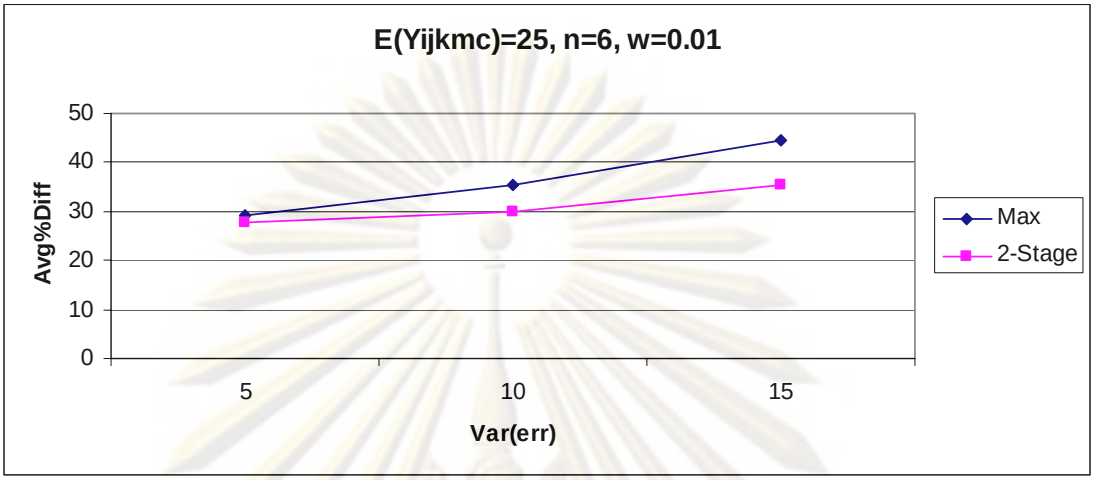
4.3 การศึกษาเมื่อความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม(σ_ε^2) เพิ่มขึ้น

4.3.1 การศึกษาเมื่อ $E(Y_{ijkmc})$=25 ที่ทุกระดับของ w และ n แสดงดังตาราง และรูปที่ 4.3.1.1- 4.3.1.9 ดังนี้

ตารางที่ 4.3.1.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=6 และ w=0.01

$E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=6 และ w=0.01	σ_ε^2		
	5	10	15
Max	29.1425	35.3512	44.3456
2-Stage	27.8572*	29.9027*	35.2302*

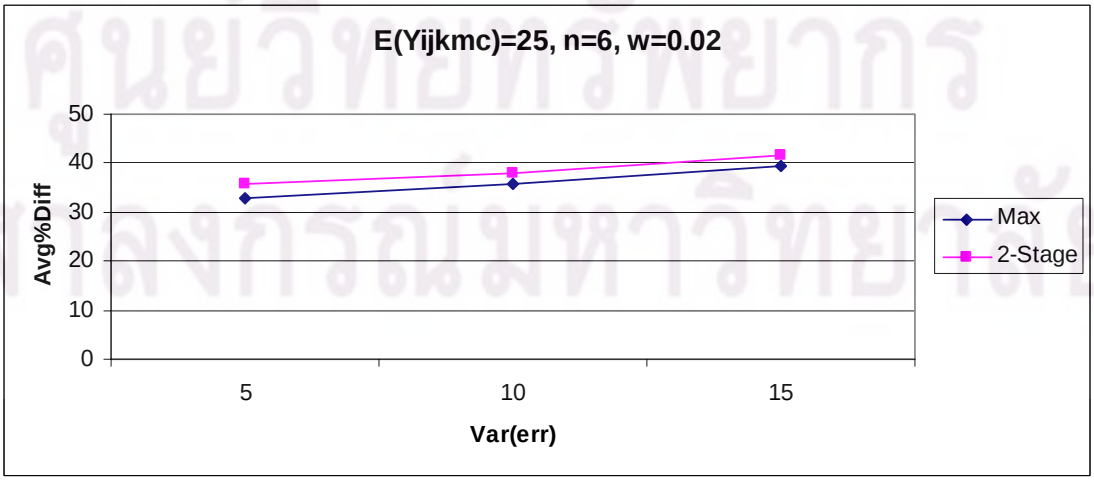
รูปที่ 4.3.1.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=6 และ w=0.01



ตารางที่ 4.3.1.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=6 และ w=0.02

$E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=6 และ w=0.02	σ_ε^2		
	5	10	15
Max	32.9595*	35.6003*	39.5932*
2-Stage	35.6002	38.0182	41.5679

รูปที่ 4.3.1.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=6 และ w=0.02

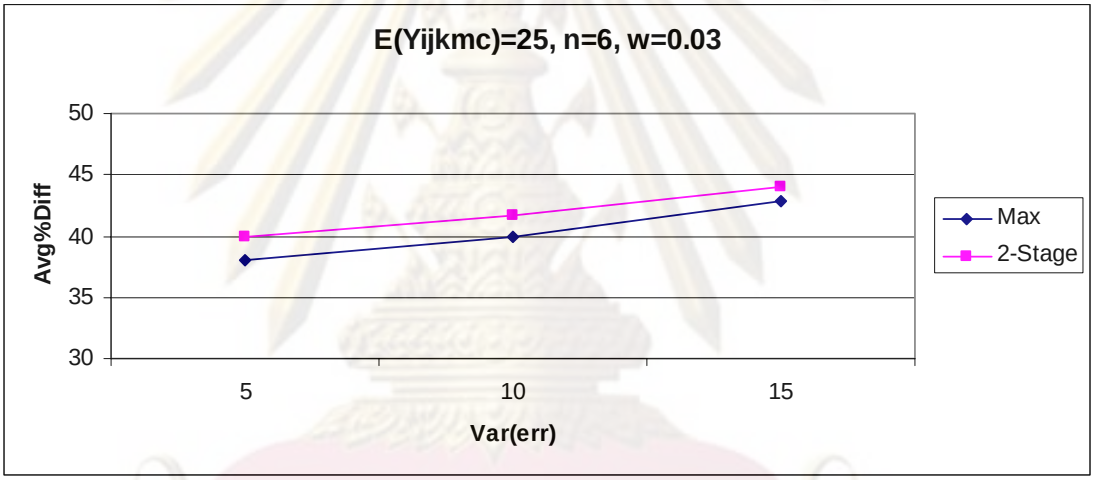


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3.1.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=6 และ w=0.03

$E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=6 และ w=0.03	σ_ε^2		
	5	10	15
Max	37.9638*	39.9782*	42.8455*
2-Stage	39.9987	41.7230	43.9991

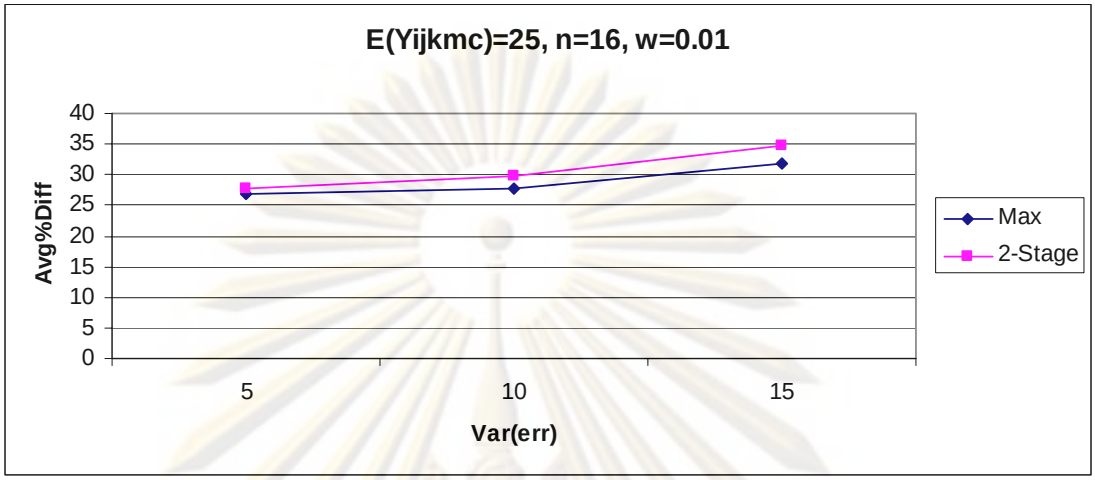
รูปที่ 4.3.1.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=6 และ w=0.03



ตารางที่ 4.3.1.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=16 และ w=0.01

$E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=16 และ w=0.01	σ_ε^2		
	5	10	15
Max	26.8211*	27.7409*	31.8639*
2-Stage	27.6293	29.8409	34.7023

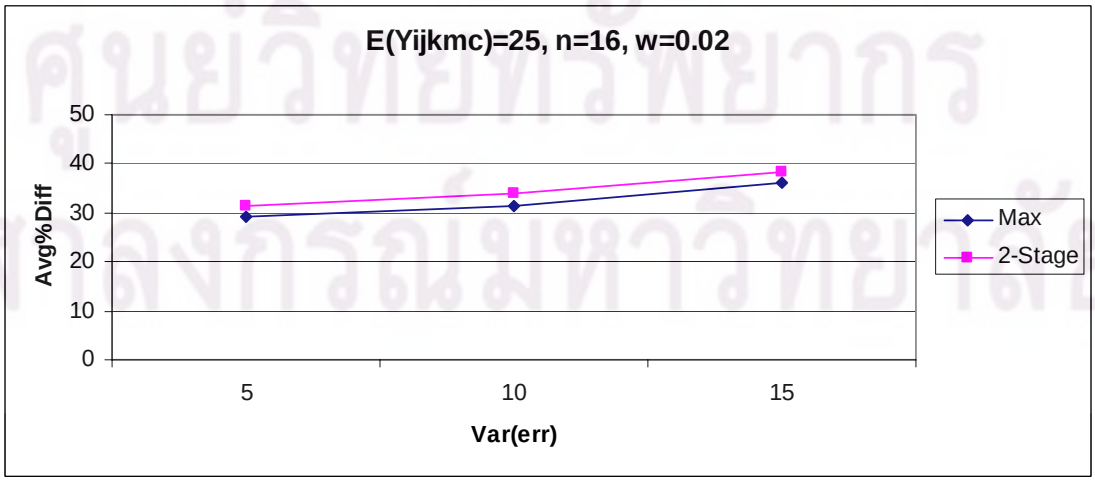
รูปที่ 4.3.1.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=16 และ w=0.01



ตารางที่ 4.3.1.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=16 และ w=0.02

$E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=16 และ w=0.02	σ_ε^2		
	5	10	15
Max	29.1799*	31.5262*	36.0913*
2-Stage	31.2143	33.8103	38.3522

รูปที่ 4.3.1.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=16 และ w=0.02

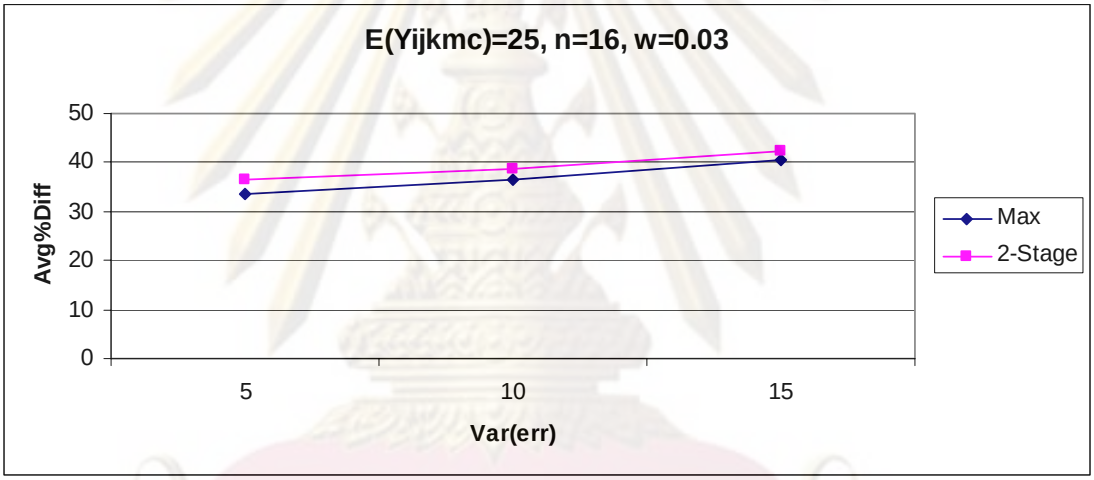


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3.1.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=16 และ w=0.03

$E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=16 และ w=0.03	σ_ε^2		
	5	10	15
Max	33.6998*	36.4002*	40.3437*
2-Stage	36.4355	38.7830	42.1559

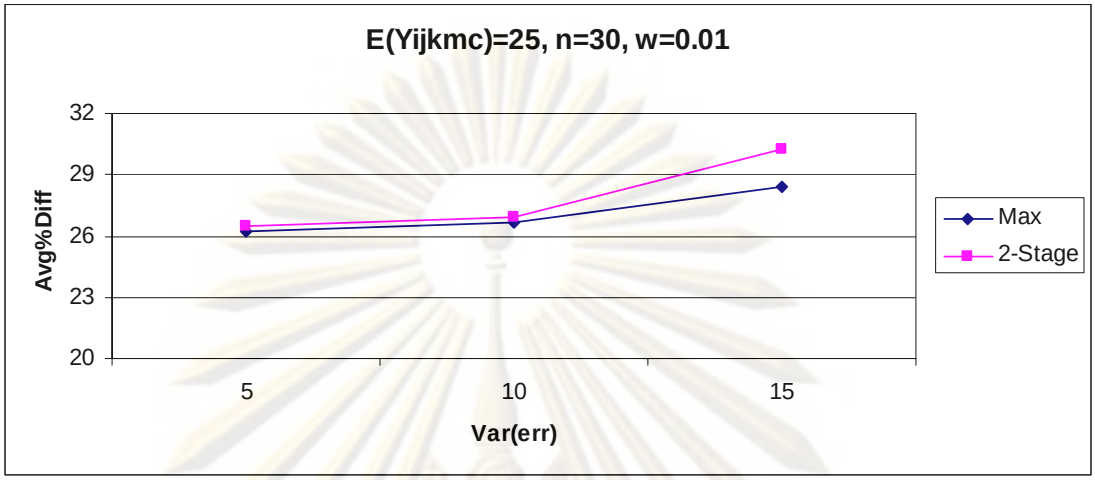
รูปที่ 4.3.1.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=16 และ w=0.03



ตารางที่ 4.3.1.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=30 และ w=0.01

$E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=30 และ w=0.01	σ_ε^2		
	5	10	15
Max	26.1955*	26.7005*	28.4513*
2-Stage	26.4407	26.9187	30.2814

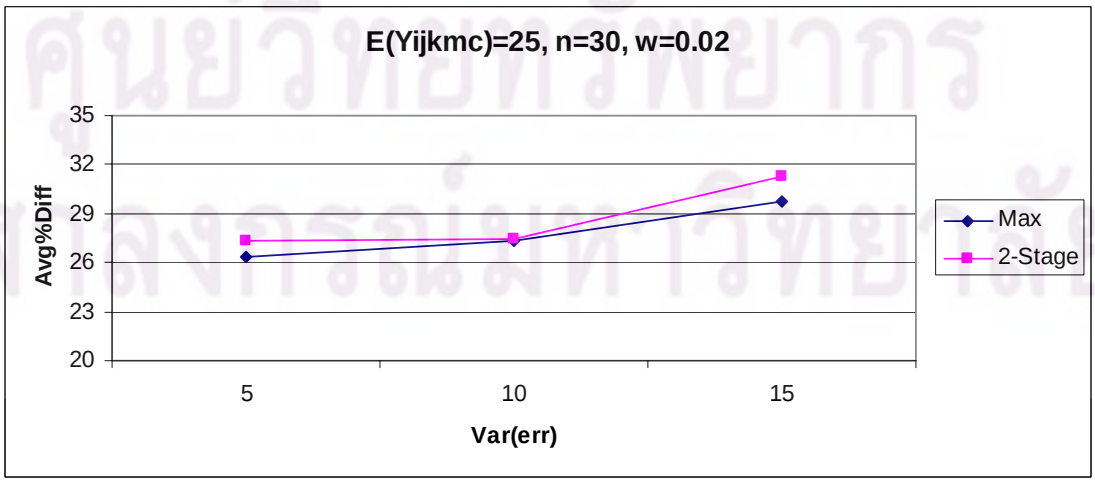
รูปที่ 4.3.1.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=30 และ w=0.01



ตารางที่ 4.3.1.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=30 และ w=0.02

$E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=30 และ w=0.02	σ_ε^2		
	5	10	15
Max	26.3693*	27.2872*	29.6942*
2-Stage	27.3150	27.4448	31.2498

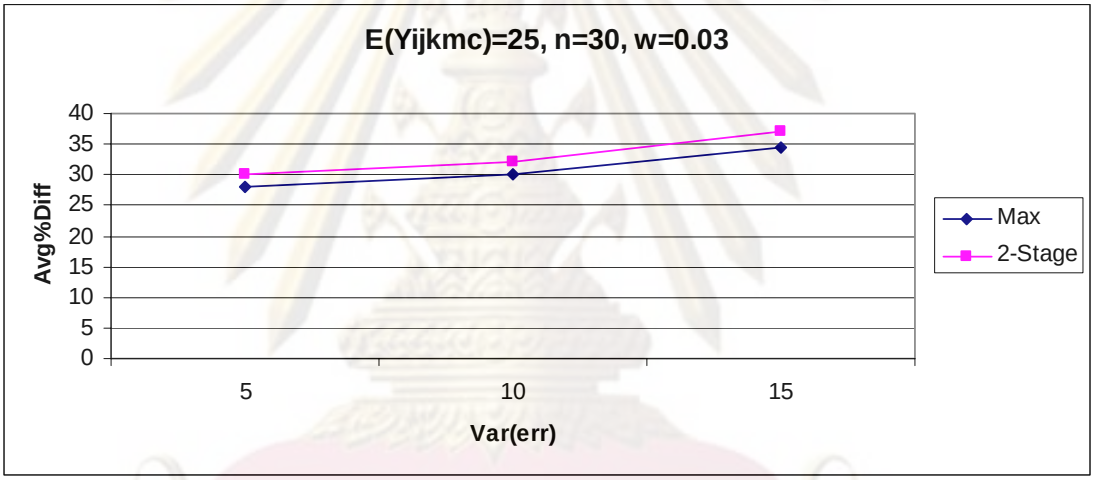
รูปที่ 4.3.1.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=30 และ w=0.02



ตารางที่ 4.3.1.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=30 และ w=0.03

$E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=30 และ w=0.03	σ_ε^2		
	5	10	15
Max	27.9243*	29.9900*	34.3140*
2-Stage	30.1806	32.1081	37.1722

รูปที่ 4.3.1.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=30 และ w=0.03



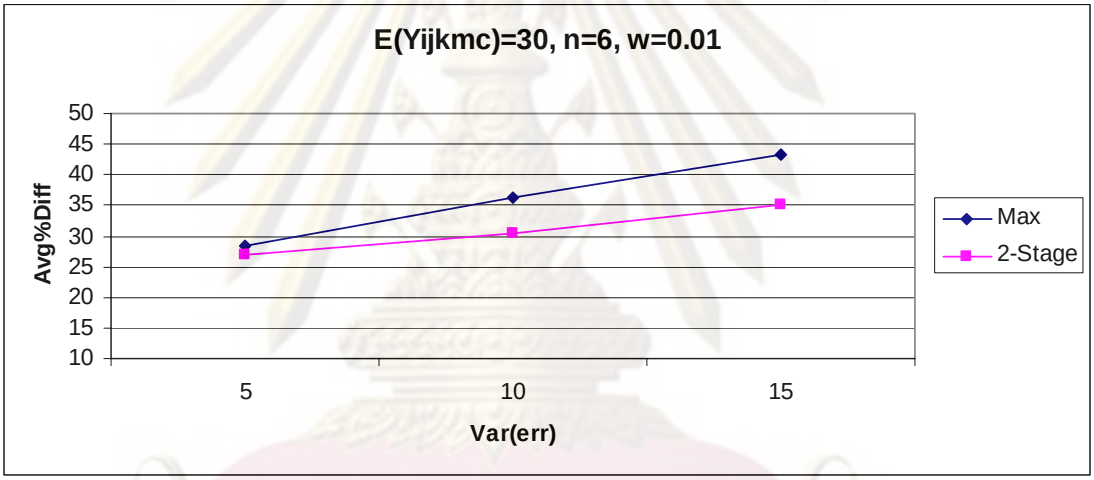
จากรูปที่ 4.3.1.1 – 4.3.1.9 พบว่า ค่า Avg%Diff มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกสถานการณ์ และ วิธีการประมาณค่าด้วยวิธี Max มีค่า Avg%Diff ต่ำกว่าวิธี 2-Stage ดังนั้นวิธี Max จึงมีประสิทธิภาพในการประมาณดีกว่าวิธี 2-Stage ที่ทุกระดับของ n และ w เมื่อกำหนดให้ $E(Y_{ijkmc})$ เท่ากับ 25 ยกเว้นที่ n เท่ากับ 6 และ w เท่ากับ 0.01 สำหรับทุกระดับของ σ_ε^2 ที่เพิ่มขึ้น

4.3.2 การศึกษาเมื่อ $E(Y_{ijkmc})$=30 ที่ทุกระดับของ w และ n แสดงดังตาราง และรูปที่ 4.3.2.1- 4.3.2.9 ดังนี้

ตารางที่ 4.3.2.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=6 และ w=0.01

$E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=6 และ w=0.01	σ_ε^2		
	5	10	15
Max	28.5251	36.3787	43.4283
2-Stage	26.9950*	30.5511*	35.1905*

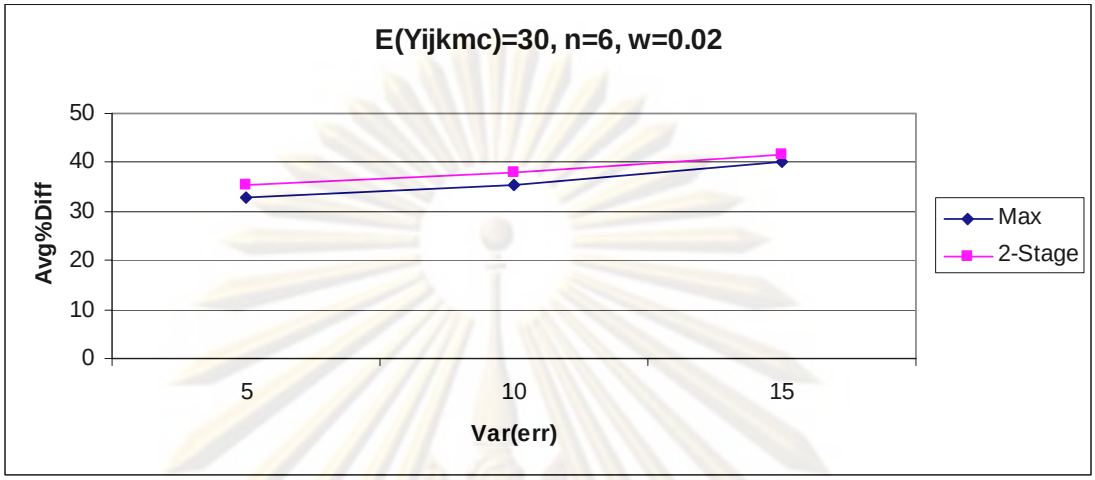
รูปที่ 4.3.2.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=6 และ w=0.01



ตารางที่ 4.3.2.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=6 และ w=0.02

$E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=6 และ w=0.02	σ_ε^2		
	5	10	15
Max	32.9692*	35.5431*	39.9873*
2-Stage	35.3435	38.0446	41.5164

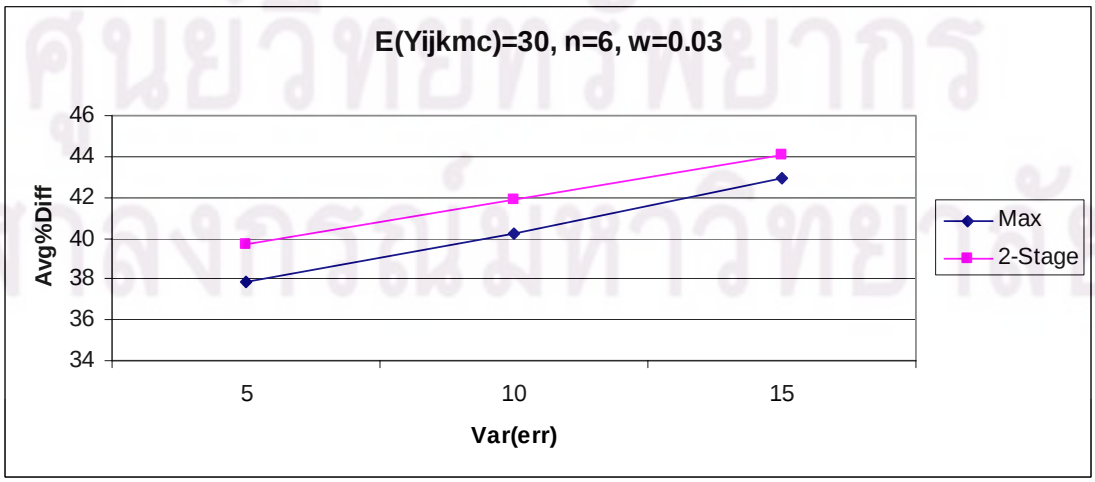
รูปที่ 4.3.2.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=6 และ w=0.02



ตารางที่ 4.3.2.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=6 และ w=0.03

$E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=6 และ w=0.03	σ_ε^2		
	5	10	15
Max	37.8788*	40.1865*	42.9496*
2-Stage	39.7196	41.9260	44.0313

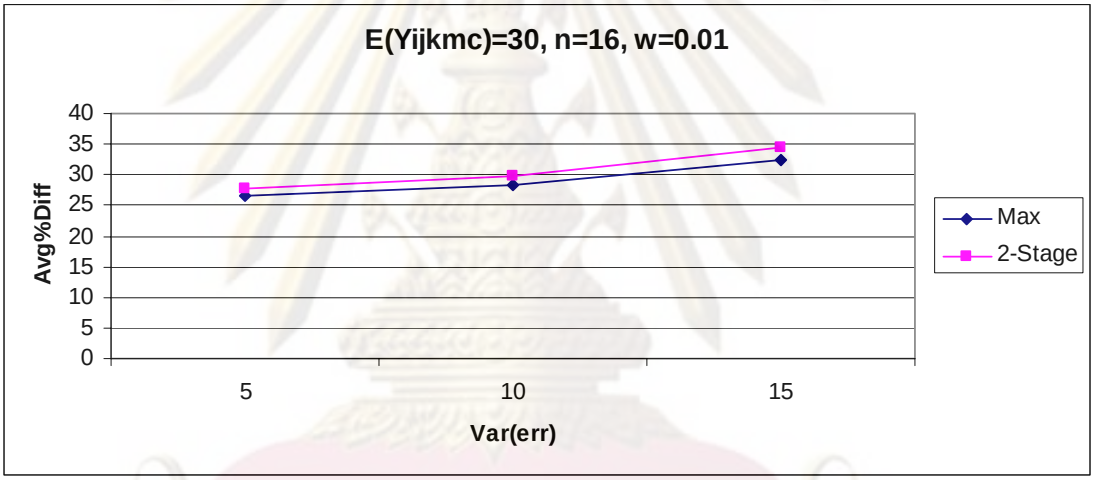
รูปที่ 4.3.2.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=6 และ w=0.03



ตารางที่ 4.3.2.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=16 และ w=0.01

$E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=16 และ w=0.01	σ_ε^2		
	5	10	15
Max	26.7027*	28.3704*	32.4528*
2-Stage	27.6271	29.8053	34.5421

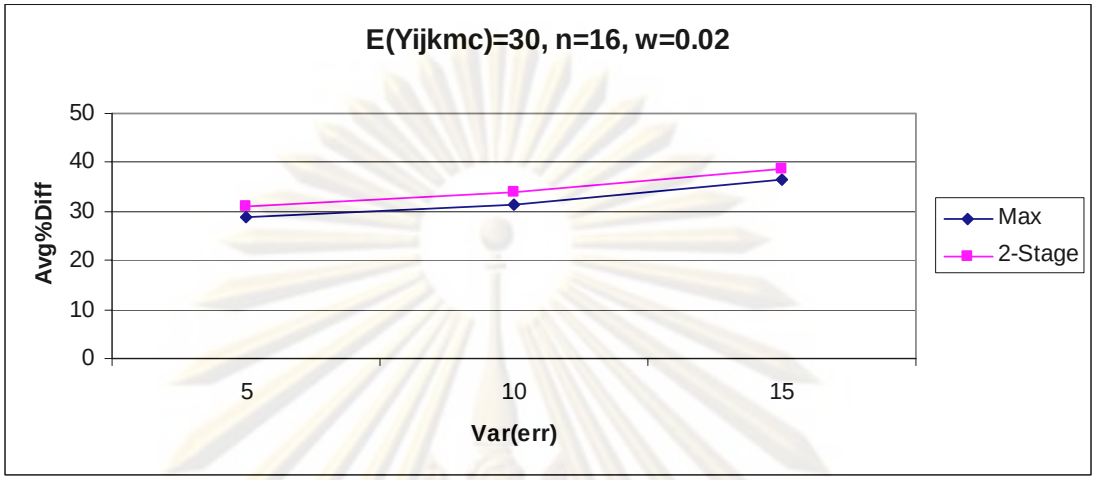
รูปที่ 4.3.2.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=16 และ w=0.01



ตารางที่ 4.3.2.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=16 และ w=0.02

$E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=16 และ w=0.02	σ_ε^2		
	5	10	15
Max	28.6693*	31.2210*	36.5034*
2-Stage	30.8546	33.8075	38.7822

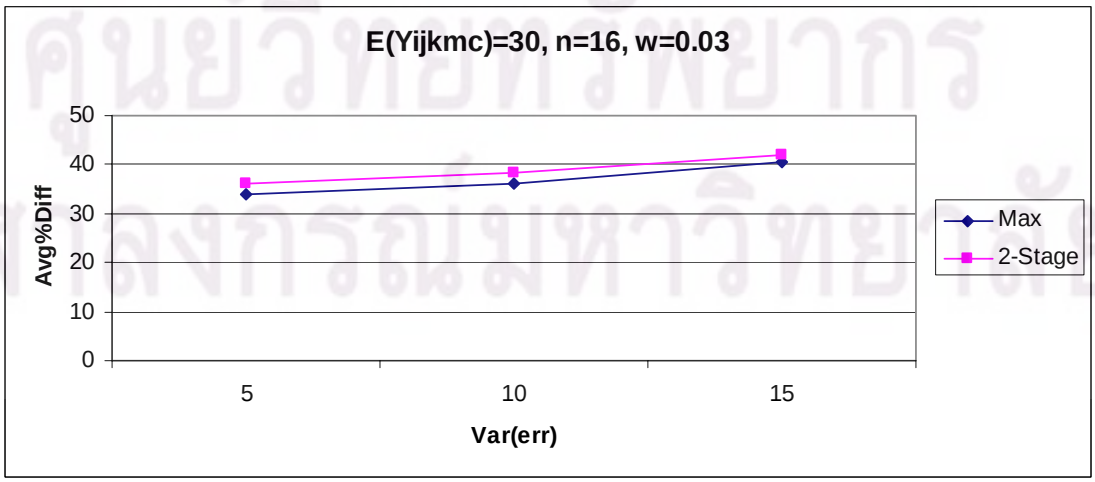
รูปที่ 4.3.2.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=16 และ w=0.02



ตารางที่ 4.3.2.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=16 และ w=0.03

$E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=16 และ w=0.03	σ_ε^2		
	5	10	15
Max	33.9607*	36.1502*	40.4447*
2-Stage	36.1708	38.4588	42.0758

รูปที่ 4.3.2.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=16 และ w=0.03

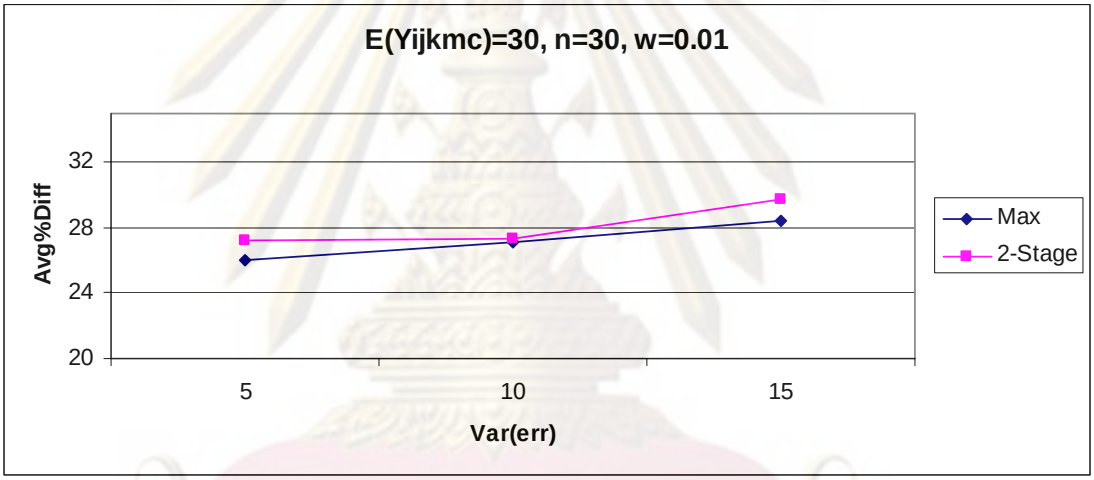


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3.2.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=30 และ w=0.01

$E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=30 และ w=0.01	σ_ε^2		
	5	10	15
Max	26.0711*	27.0838*	28.4660*
2-Stage	27.2482	27.3783	29.7926

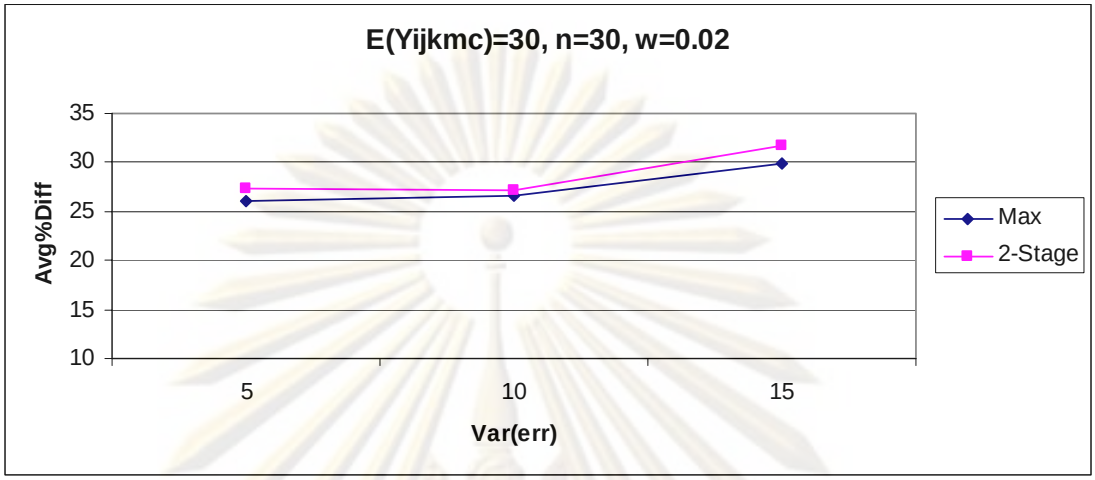
รูปที่ 4.3.2.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=30 และ w=0.01



ตารางที่ 4.3.2.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=30 และ w=0.02

$E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=30 และ w=0.02	σ_ε^2		
	5	10	15
Max	26.0986*	26.6129*	29.8596*
2-Stage	27.3447	27.1080	31.6903

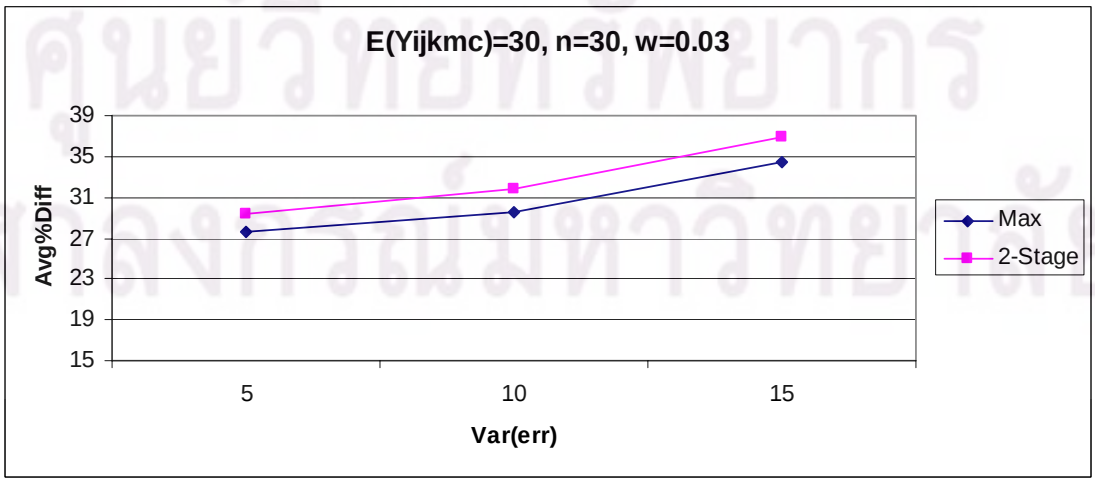
รูปที่ 4.3.2.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=30 และ w=0.02



ตารางที่ 4.3.2.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=30 และ w=0.02

$E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=30 และ w=0.03	σ_ε^2		
	5	10	15
Max	27.5574*	29.6247*	34.4441*
2-Stage	29.3503	31.7737	36.8614

รูปที่ 4.3.2.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=30 และ w=0.03



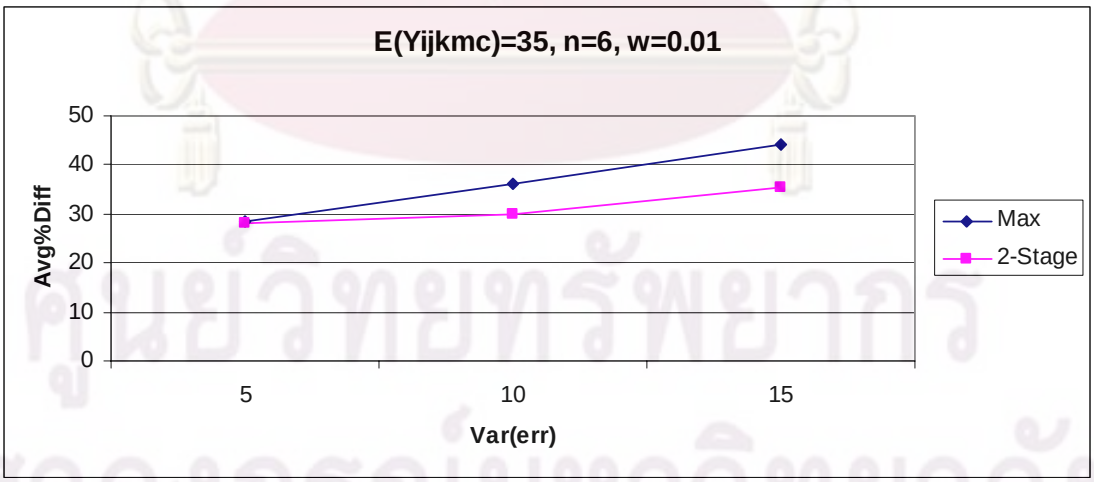
จากรูปที่ 4.3.2.1 – 4.3.2.9 พบว่า ค่า Avg%Diff มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกสถานการณ์ และวิธีการประมาณค่าด้วยวิธี Max มีค่า Avg%Diff ต่ำกว่าวิธี 2-Stage ดังนั้นวิธี Max จึงมีประสิทธิภาพในการประมาณดีกว่าวิธี 2-Stage ที่ทุกระดับของ n และ w เมื่อกำหนดให้ $E(Y_{ijkmc})$ เท่ากับ 30 ยกเว้นที่ n เท่ากับ 6 และ w เท่ากับ 0.01 สำหรับทุกระดับของ σ_ε^2 ที่เพิ่มขึ้น

4.3.3 การศึกษาเมื่อ $E(Y_{ijkmc})$=35 ที่ทุกระดับของ w และ n แสดงดังตาราง และรูปที่ 4.3.3.1- 4.3.3.9 ดังนี้

ตารางที่ 4.3.3.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=6 และ w=0.01

$E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=6 และ w=0.01	σ_ε^2		
	5	10	15
Max	28.5245	36.1311	44.2984
2-Stage	28.2278*	29.8060*	35.2874*

รูปที่ 4.3.3.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=6 และ w=0.01

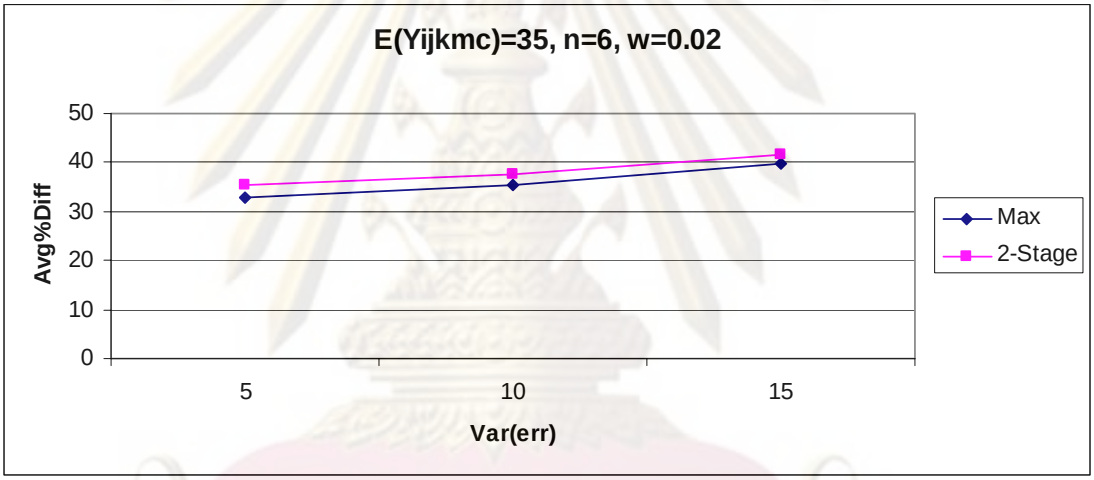


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3.3.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=6 และ w=0.02

$E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=6 และ w=0.02	σ_ε^2		
	5	10	15
Max	32.9904*	35.4103*	39.6137*
2-Stage	35.5662	37.6552	41.5156

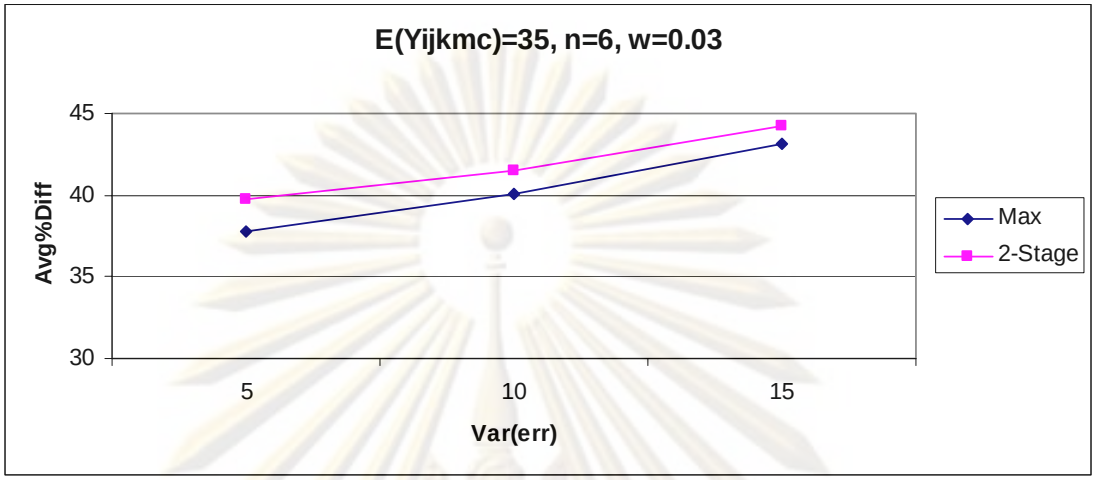
รูปที่ 4.3.3.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=6 และ w=0.02



ตารางที่ 4.3.3.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=6 และ w=0.03

$E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=6 และ w=0.03	σ_ε^2		
	5	10	15
Max	37.7998*	40.0322*	43.1355*
2-Stage	39.7821	41.5163	44.2037

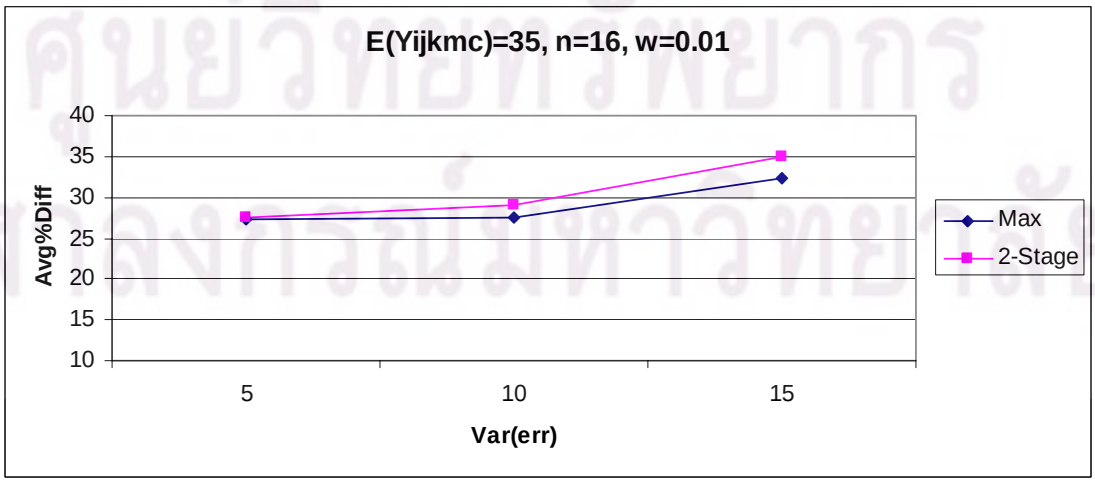
รูปที่ 4.3.3.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=6 และ w=0.03



ตารางที่ 4.3.3.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=16 และ w=0.01

$E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=16 และ w=0.01	σ_ε^2		
	5	10	15
Max	27.2324*	27.5393*	32.3300*
2-Stage	27.5665	29.1472	34.8592

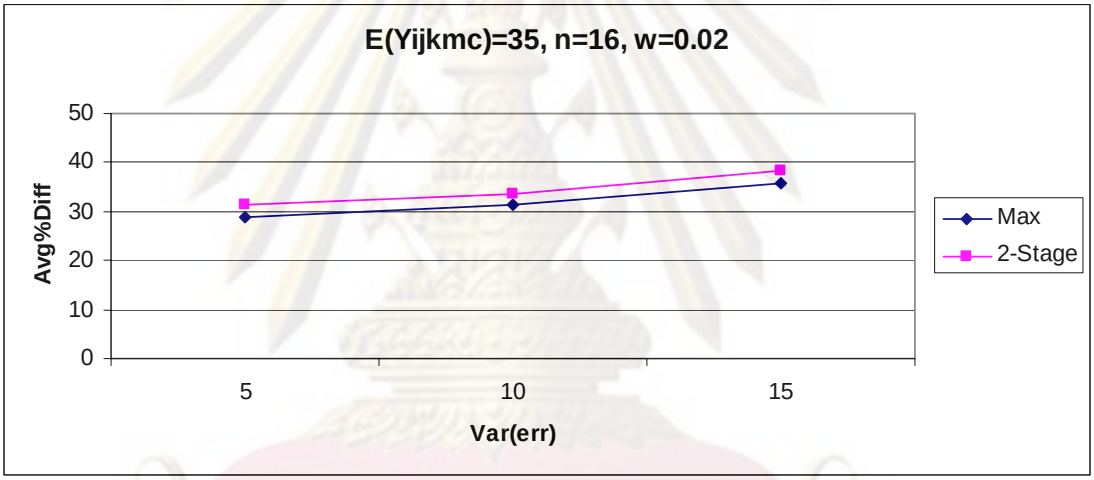
รูปที่ 4.3.3.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=16 และ w=0.01



ตารางที่ 4.3.3.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=16 และ w=0.02

$E(Y_{ijkmc})$ = 36, n=16 และ w=0.02	σ_ε^2		
	5	10	15
Max	28.8243*	31.4695*	35.9341*
2-Stage	31.2815	33.7053	38.2679

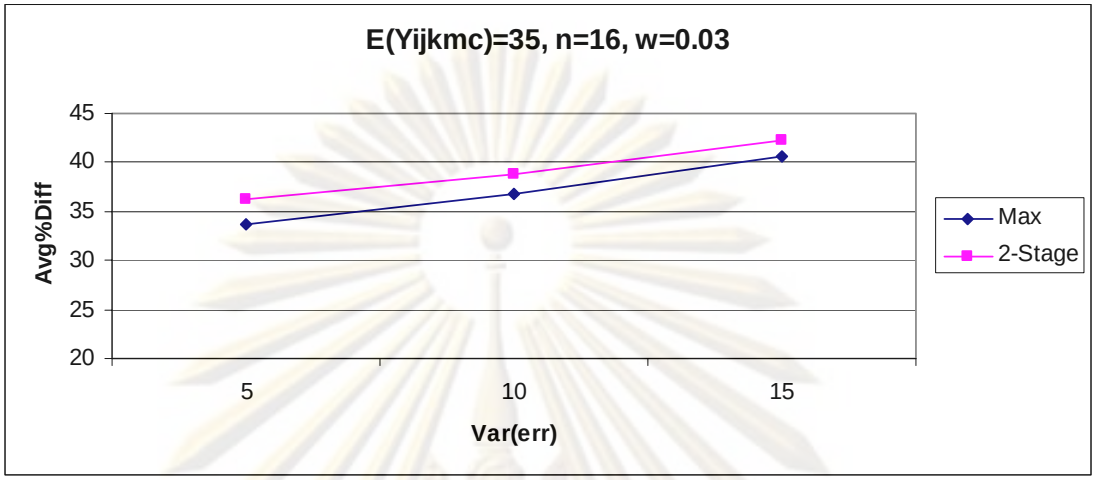
รูปที่ 4.3.3.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=16 และ w=0.02



ตารางที่ 4.3.3.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=16 และ w=0.03

$E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=16 และ w=0.03	σ_ε^2		
	5	10	15
Max	33.6803*	36.7204*	40.5748*
2-Stage	36.2816	38.7746	42.1753

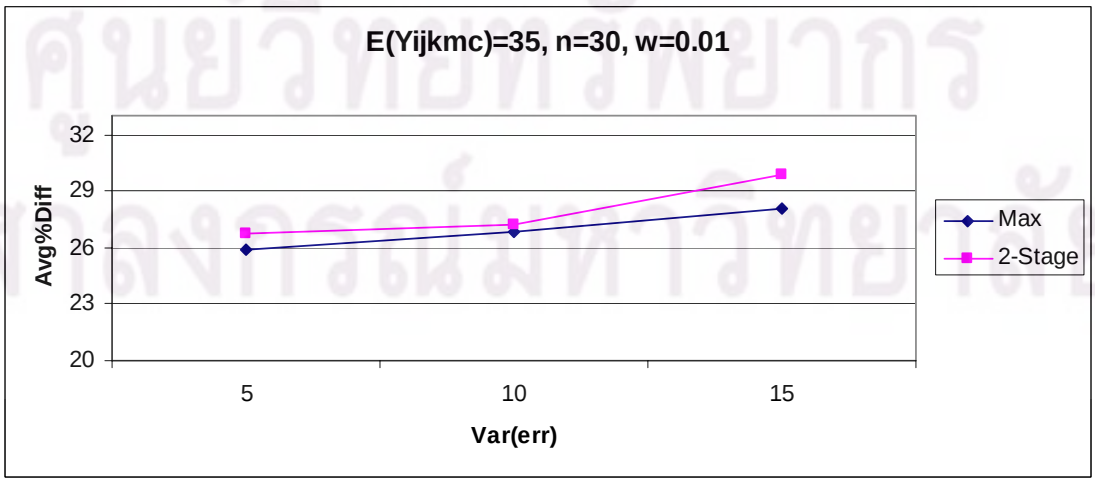
รูปที่ 4.3.3.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=16 และ w=0.03



ตารางที่ 4.3.3.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=30 และ w=0.01

$E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=30 และ w=0.01	σ_ε^2		
	5	10	15
Max	25.9170*	26.8578*	28.1000*
2-Stage	26.7164	27.2046	29.8602

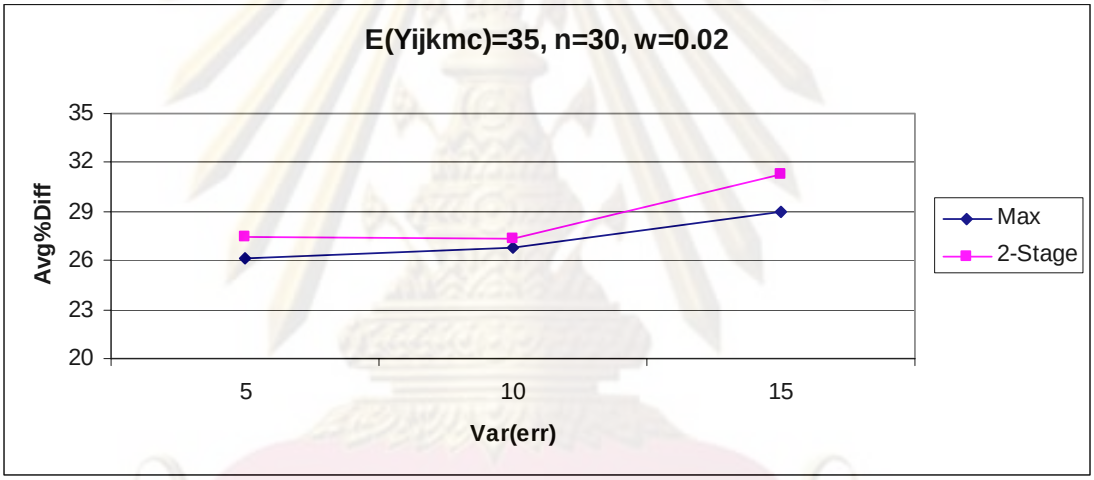
รูปที่ 4.3.3.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=30 และ w=0.01



ตารางที่ 4.3.3.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=30 และ w=0.02

$E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=30 และ w=0.02	σ_ε^2		
	5	10	15
Max	26.1067*	26.7653*	28.9978*
2-Stage	27.4482	27.3551	31.3045

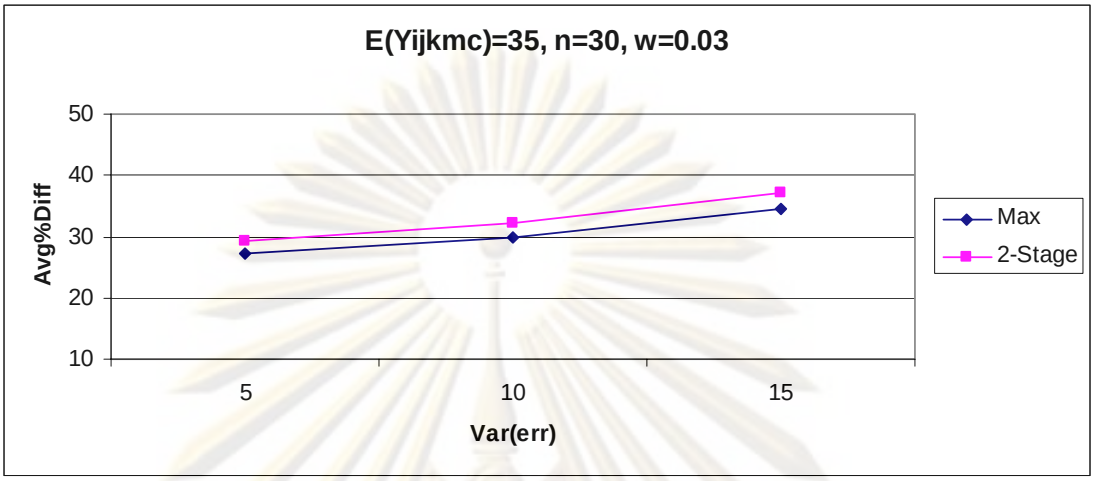
รูปที่ 4.3.3.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=30 และ w=0.02



ตารางที่ 4.3.3.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=30 และ w=0.03

$E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=30 และ w=0.03	σ_ε^2		
	5	10	15
Max	27.0953*	29.8029*	34.5870*
2-Stage	29.1440	32.1971	37.1111

รูปที่ 4.3.3.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=30 และ w=0.03



จากรูปที่ 4.3.3.1 – 4.3.3.9 พบว่า ค่า Avg%Diff มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกสถานการณ์ และวิธีการประมาณค่าด้วยวิธี Max มีค่า Avg%Diff ต่ำกว่าวิธี 2-Stage ดังนั้นวิธี Max จึงมีประสิทธิภาพในการประมาณดีกว่าวิธี 2-Stage ที่ทุกระดับของ n และ w เมื่อกำหนดให้ $E(Y_{ijkmc})$ เท่ากับ 35 ยกเว้นที่ n เท่ากับ 6 และ w เท่ากับ 0.01 สำหรับทุกระดับของ σ_ε^2 ที่เพิ่มขึ้น

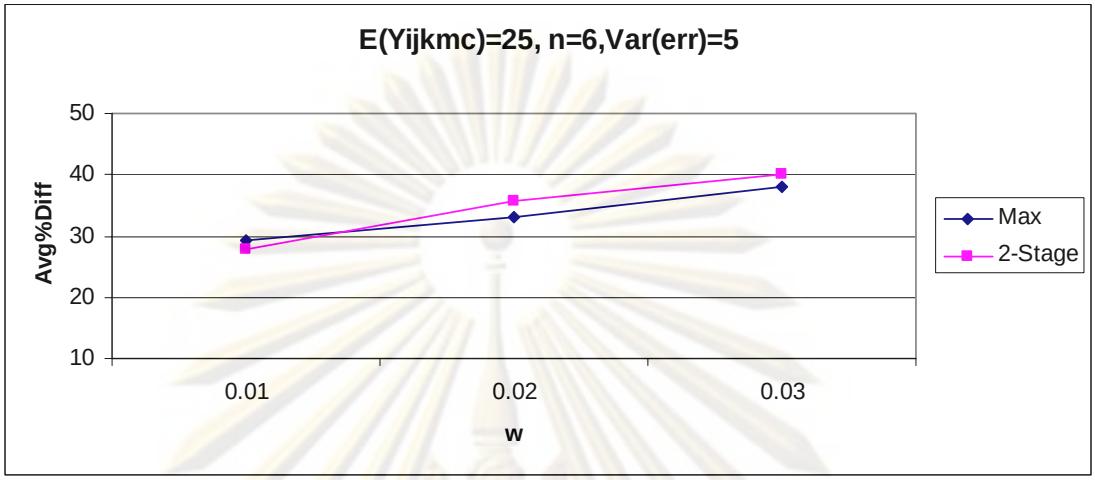
4.4 การศึกษาเมื่อค่าคงที่(w) เพิ่มขึ้น

4.4.1 การศึกษาเมื่อ $E(Y_{ijkmc})$=25 ที่ทุกระดับของ n และ σ_ε^2 แสดงดังตาราง และรูปที่ 4.4.1.1- 4.4.1.9 ดังนี้

ตารางที่ 4.4.1.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=6 และ σ_ε^2 = 5

$E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=6 และ σ_ε^2 = 5	w		
	0.01	0.02	0.03
Max	29.1425	32.9595*	37.9638*
2-Stage	27.8572*	35.6002	39.9987

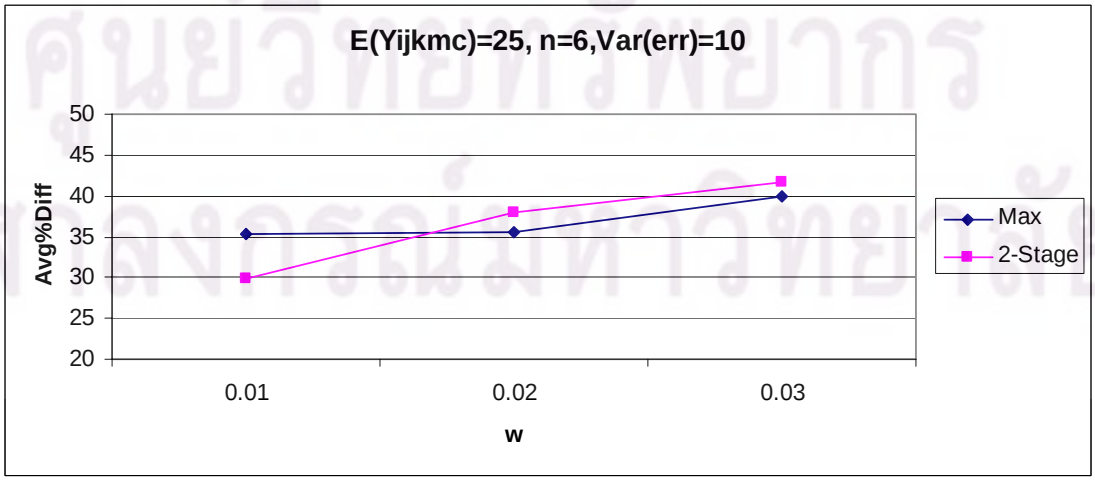
รูปที่ 4.4.1.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=6 และ σ_{ε}^2 = 5



ตารางที่ 4.4.1.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=6 และ σ_{ε}^2 = 10

$E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=6 และ σ_{ε}^2 = 10	w		
	0.01	0.02	0.03
Max	35.3512	35.6003*	39.9782*
2-Stage	29.9027*	38.0182	41.723

รูปที่ 4.4.1.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=6 และ σ_{ε}^2 = 10

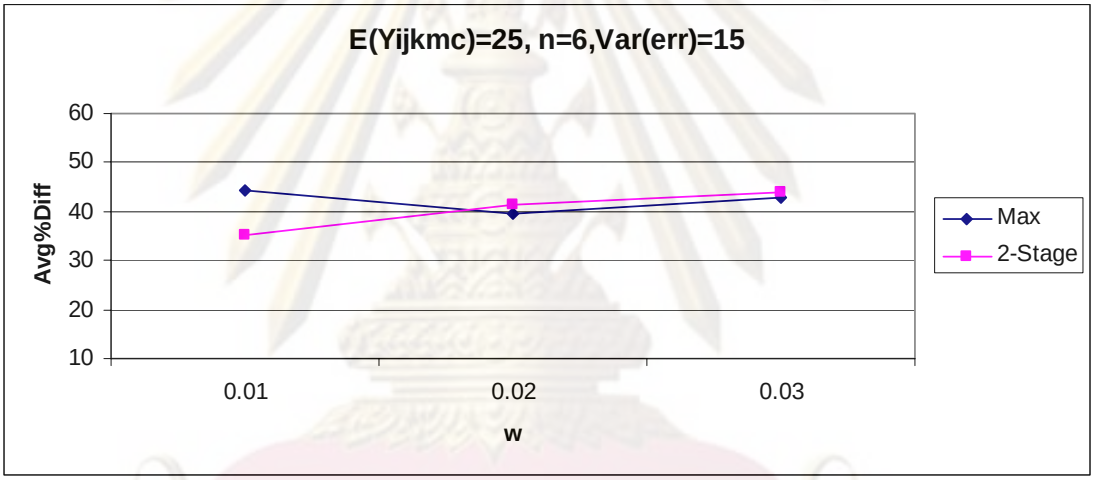


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4.1.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=6 และ σ_ε^2 = 15

$E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=6 และ σ_ε^2 = 15	w		
	0.01	0.02	0.03
Max	44.3456	39.5932*	42.8455*
2-Stage	35.2302*	41.5679	43.9991

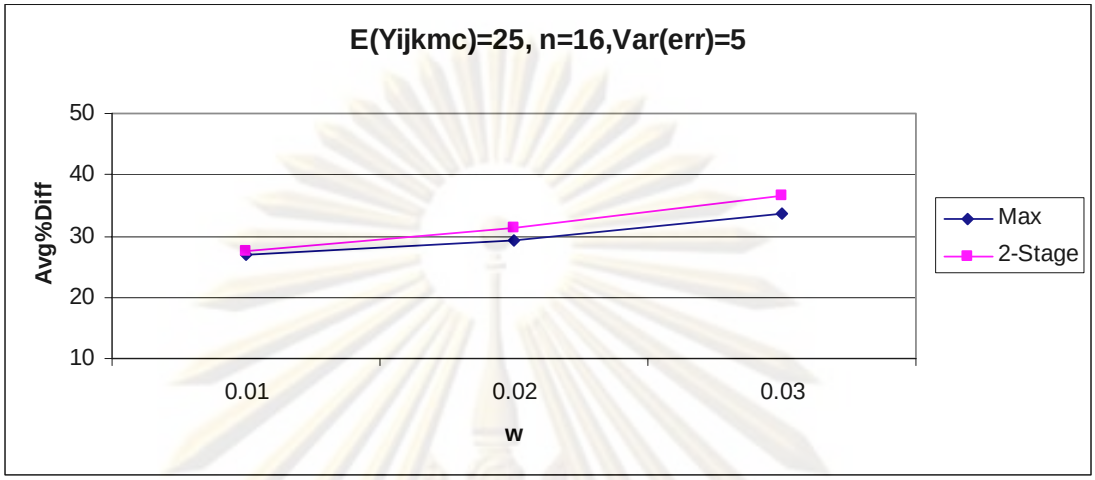
รูปที่ 4.4.1.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=6 และ σ_ε^2 = 15



ตารางที่ 4.4.1.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=16 และ σ_ε^2 = 5

$E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=16 และ σ_ε^2 = 5	w		
	0.01	0.02	0.03
Max	26.8211*	29.1799*	33.6998*
2-Stage	27.6293	31.2143	36.4355

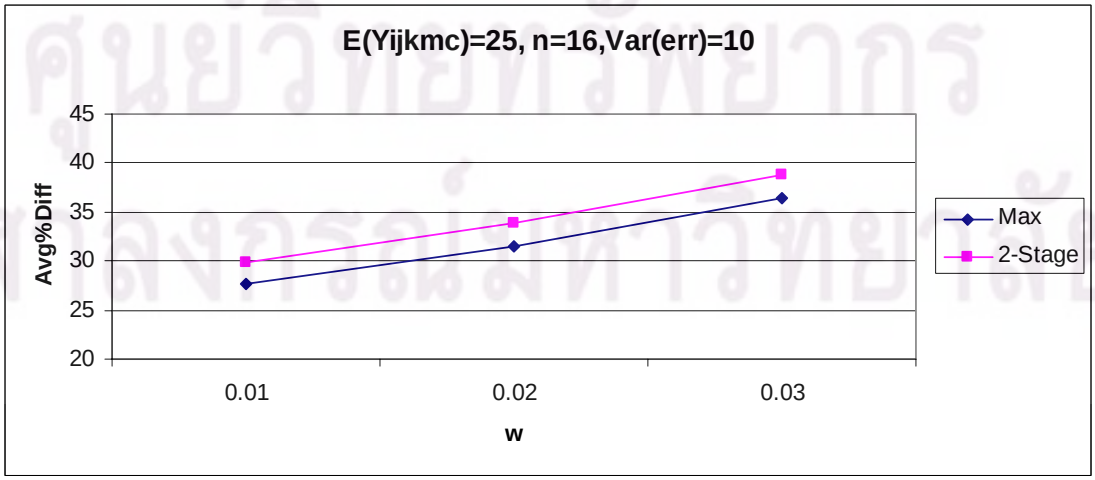
รูปที่ 4.4.1.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=16 และ σ_{ε}^2 = 5



ตารางที่ 4.4.1.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=16 และ σ_{ε}^2 = 10

$E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=16 และ σ_{ε}^2 = 10	w		
	0.01	0.02	0.03
Max	27.7409*	31.5262*	36.4002*
2-Stage	29.8409	33.8103	38.7830

รูปที่ 4.4.1.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=16 และ σ_{ε}^2 = 10

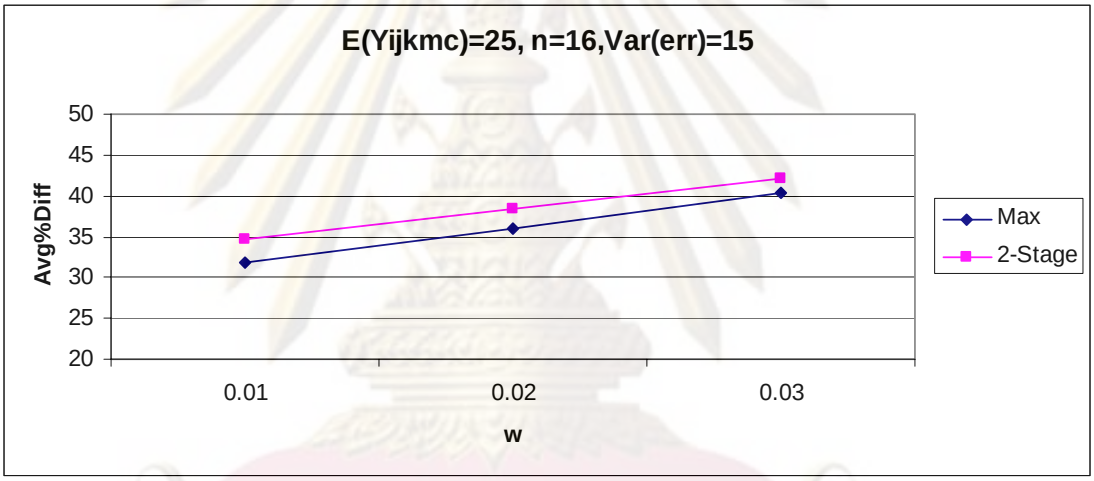


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4.1.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=16 และ σ_ε^2 =15

$E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=16 และ σ_ε^2 = 15	w		
	0.01	0.02	0.03
Max	31.8639*	36.0913*	40.3437*
2-Stage	34.7023	38.3522	42.1559

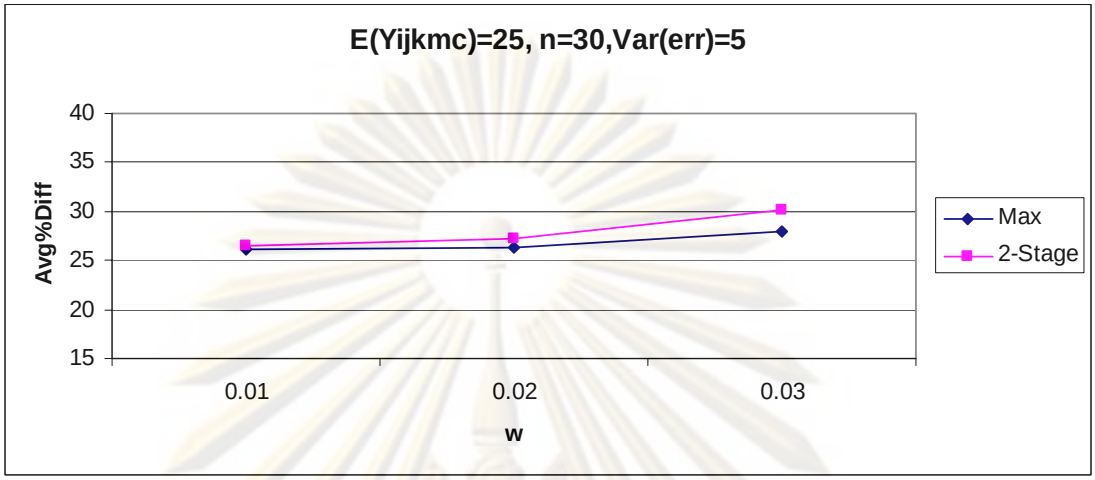
รูปที่ 4.4.1.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=16 และ σ_ε^2 = 15



ตารางที่ 4.4.1.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=30 และ σ_ε^2 = 5

$E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=30 และ σ_ε^2 = 5	w		
	0.01	0.02	0.03
Max	26.1955*	26.3693*	27.9243*
2-Stage	26.4407	27.3150	30.1806

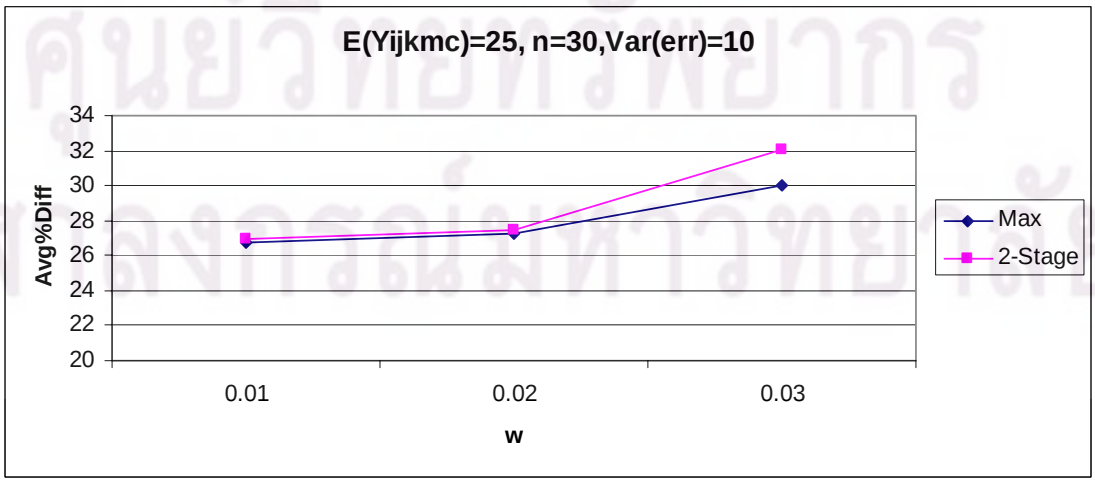
รูปที่ 4.4.1.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=30 และ σ_{ε}^2 = 5



ตารางที่ 4.4.1.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=30 และ σ_{ε}^2 = 10

$E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=30 และ σ_{ε}^2 = 10	w		
	0.01	0.02	0.03
Max	26.7005*	27.2872*	29.9900*
2-Stage	26.9187	27.4448	32.1081

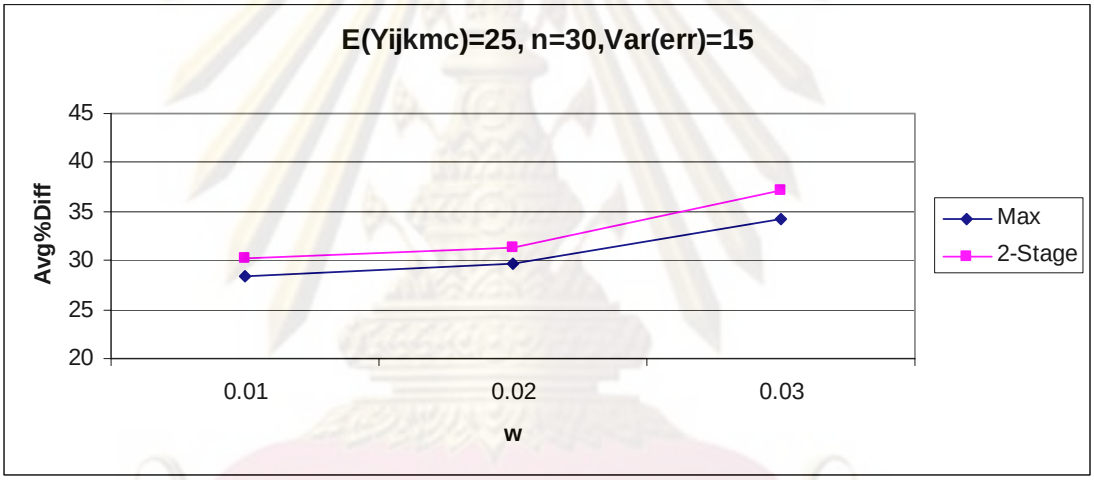
รูปที่ 4.4.1.8 การเปรียบเทียบค่า A%D ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=30 และ σ_{ε}^2 = 10



ตารางที่ 4.4.1.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=30 และ σ_ε^2 = 15

$E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=30 และ σ_ε^2 = 15	w		
	0.01	0.02	0.03
Max	28.4513*	29.6942*	34.3140*
2-Stage	30.2814	31.2498	37.1722

รูปที่ 4.4.1.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 25, n=30 และ σ_ε^2 = 15



จากรูปที่ 4.4.1.1 – 4.4.1.9 พบว่า ค่า Avg%Diff มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกสถานการณ์ และวิธีการประมาณค่าด้วยวิธี Max มีค่า Avg%Diff ต่ำกว่าวิธี 2-Stage ดังนั้นวิธี Max จึงมีประสิทธิภาพในการประมาณดีกว่าวิธี 2-Stage ที่ทุกระดับของ n และ w เมื่อกำหนดให้ $E(Y_{ijkmc})$ เท่ากับ 25 ยกเว้นที่ n เท่ากับ 6 และ w เท่ากับ 0.01 ที่ทุกระดับของ σ_ε^2

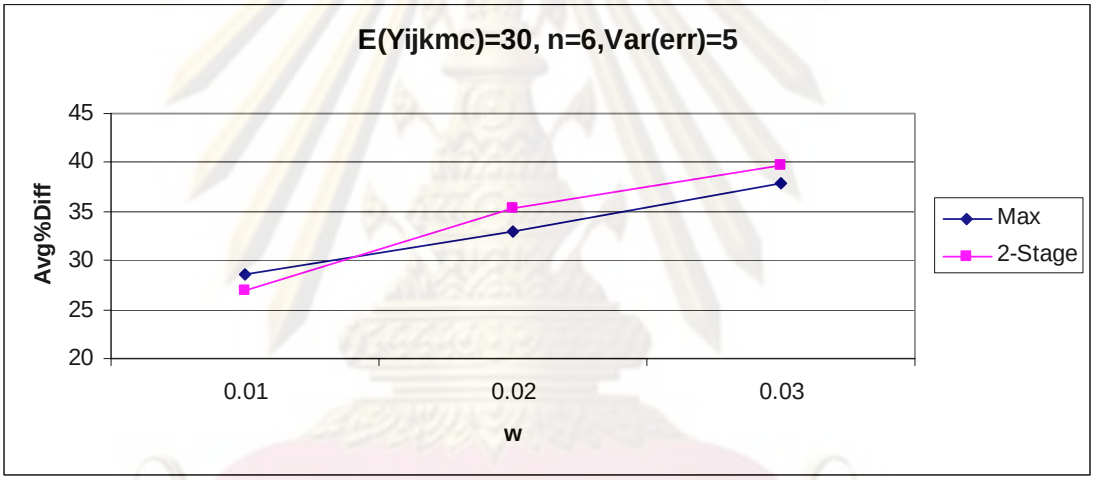
4.4.2 การศึกษาเมื่อ $E(Y_{ijkmc})$=30 ที่ทุกระดับของ n และ σ_ε^2 แสดงดังตาราง และรูปที่ 4.4.2.1- 4.4.2.9 ดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4.2.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=6 และ σ_ε^2 =5

$E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=6 และ σ_ε^2 =5	w		
	0.01	0.02	0.03
Max	28.5251	32.9692*	37.8788*
2-Stage	26.9950*	35.3435	39.7196

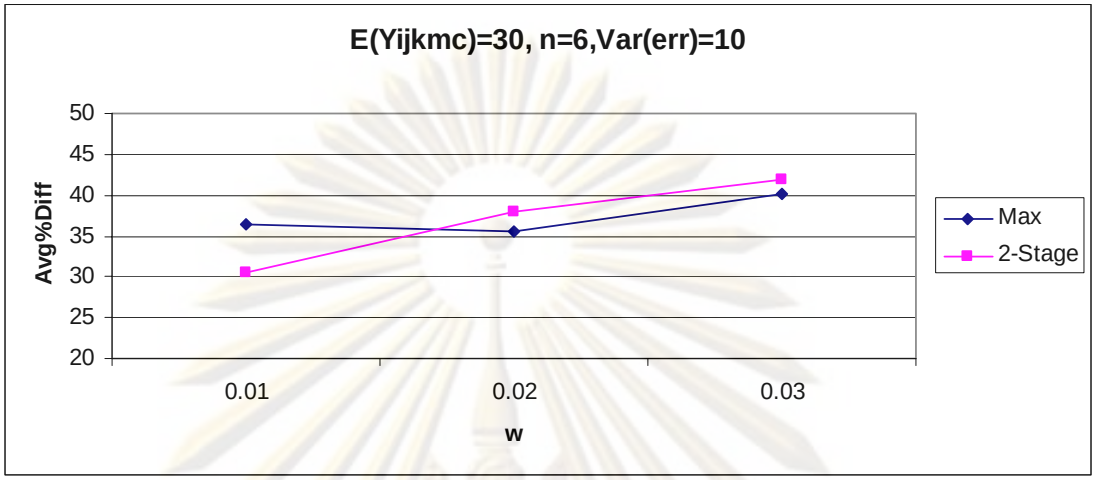
รูปที่ 4.4.2.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=6 และ σ_ε^2 =5



ตารางที่ 4.4.2.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=6 และ σ_ε^2 =10

$E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=6 และ σ_ε^2 =10	w		
	0.01	0.02	0.03
Max	36.3787	35.5431*	40.1865*
2-Stage	30.5511*	38.0446	41.9260

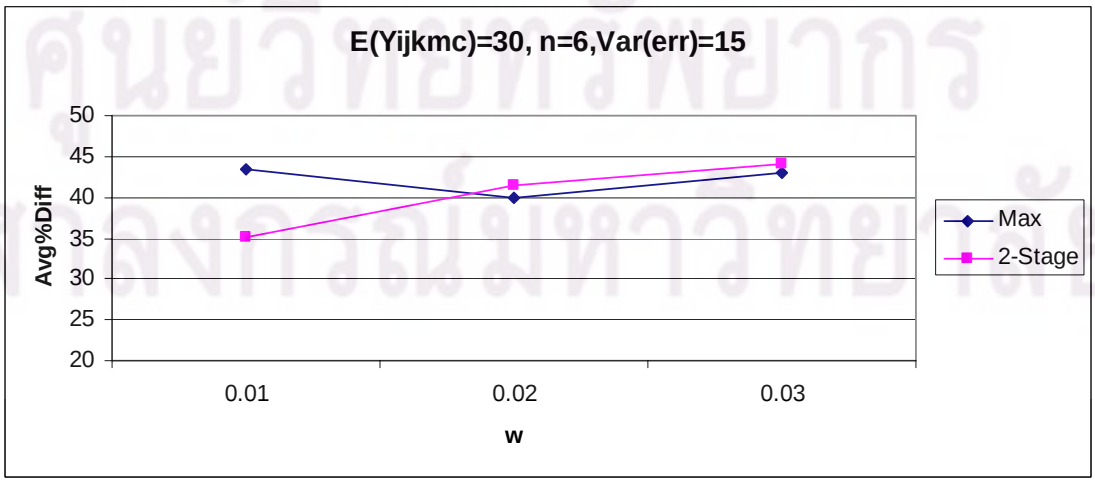
รูปที่ 4.4.2.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=6 และ σ_{ε}^2 =10



ตารางที่ 4.4.2.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=6 และ σ_{ε}^2 =15

$E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=6 และ σ_{ε}^2 =15	w		
	0.01	0.02	0.03
Max	43.4283	39.9873*	42.9496*
2-Stage	35.1905*	41.5164	44.0313

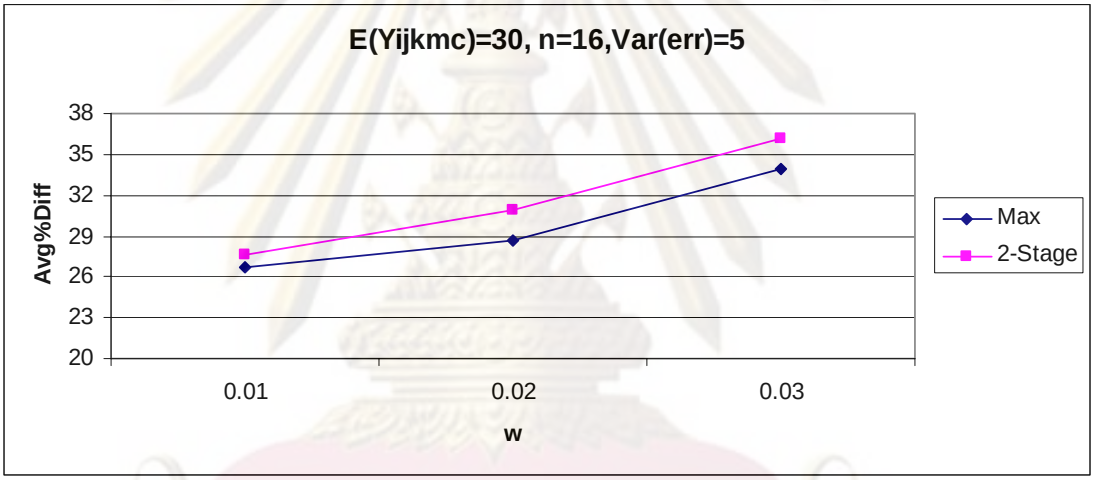
รูปที่ 4.4.2.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=6 และ σ_{ε}^2 =15



ตารางที่ 4.4.2.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=16 และ σ_ε^2 =5

$E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=16 และ σ_ε^2 =5	w		
	0.01	0.02	0.03
Max	26.7027*	28.6693*	33.9607*
2-Stage	27.6271	30.8546	36.1708

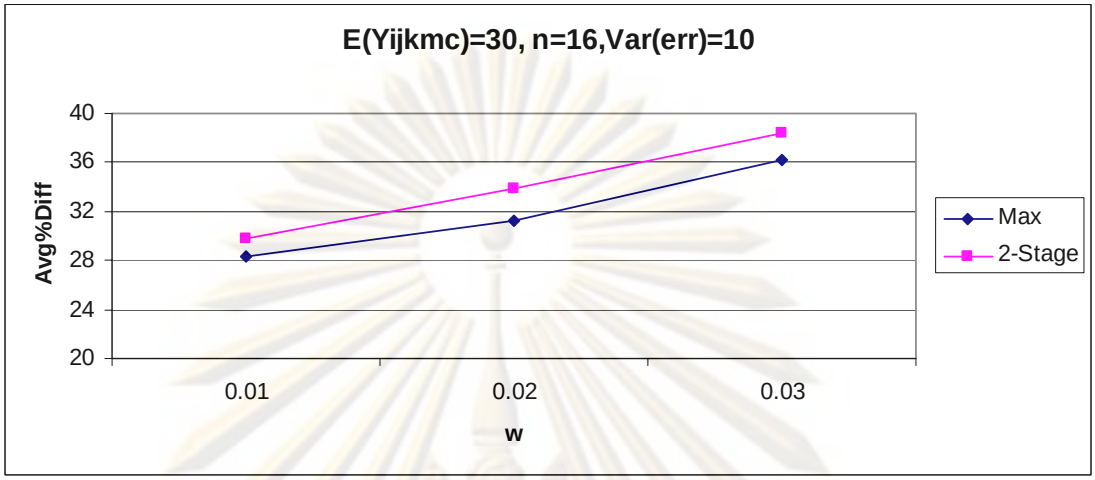
รูปที่ 4.4.2.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=16 และ σ_ε^2 =5



ตารางที่ 4.4.2.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=16 และ σ_ε^2 =10

$E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=16 และ σ_ε^2 =10	w		
	0.01	0.02	0.03
Max	28.3704*	31.2210*	36.1502*
2-Stage	29.8053	33.8075	38.4588

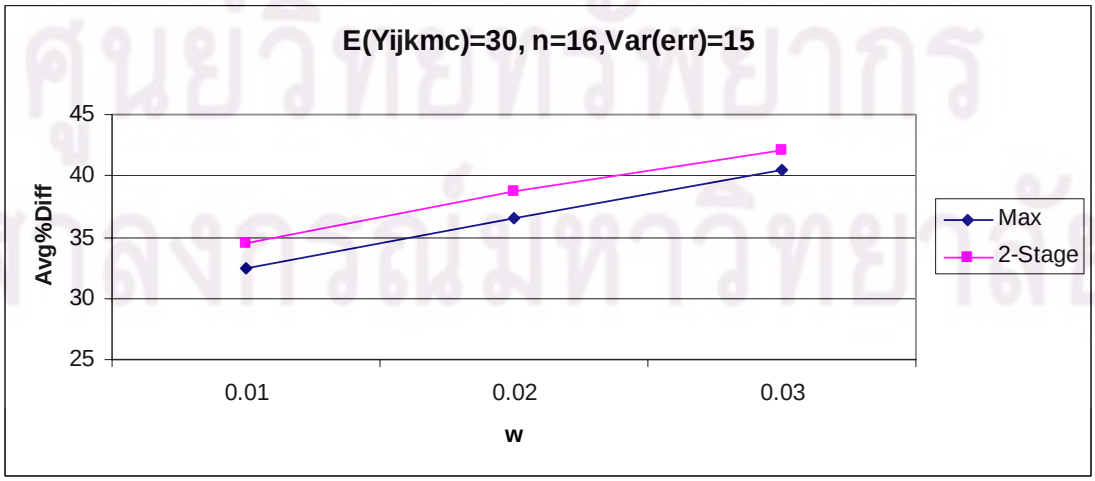
รูปที่ 4.4.2.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=16 และ σ_{ε}^2 =10



ตารางที่ 4.4.2.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=16 และ σ_{ε}^2 =15

$E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=16 และ σ_{ε}^2 =15	w		
	0.01	0.02	0.03
Max	32.4528*	36.5034*	40.4447*
2-Stage	34.5421	38.7822	42.0758

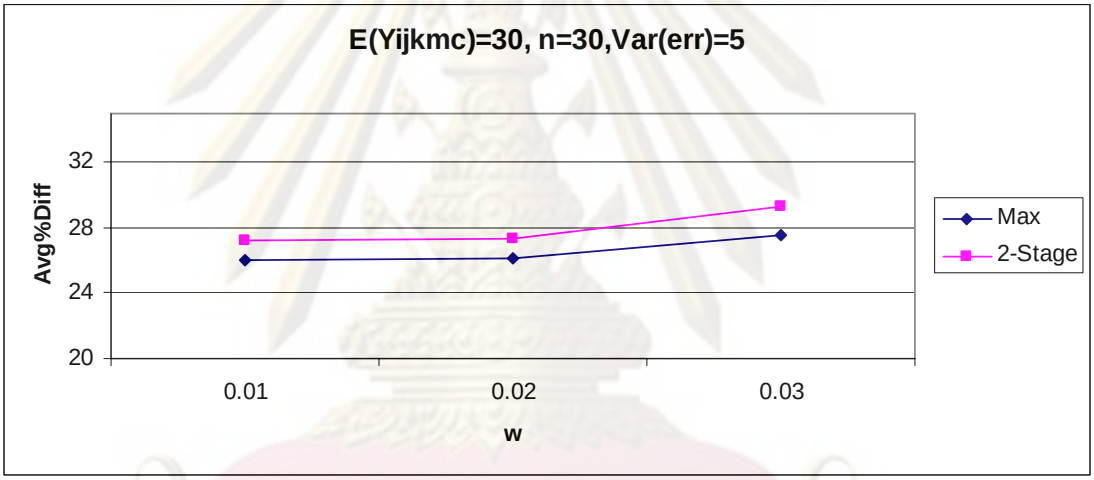
รูปที่ 4.4.2.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=16 และ σ_{ε}^2 =15



ตารางที่ 4.4.2.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=30 และ σ_ε^2 =5

$E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=30 และ σ_ε^2 =5	w		
	0.01	0.02	0.03
Max	26.0711*	26.0986*	27.5574*
2-Stage	27.2482	27.3447	29.3503

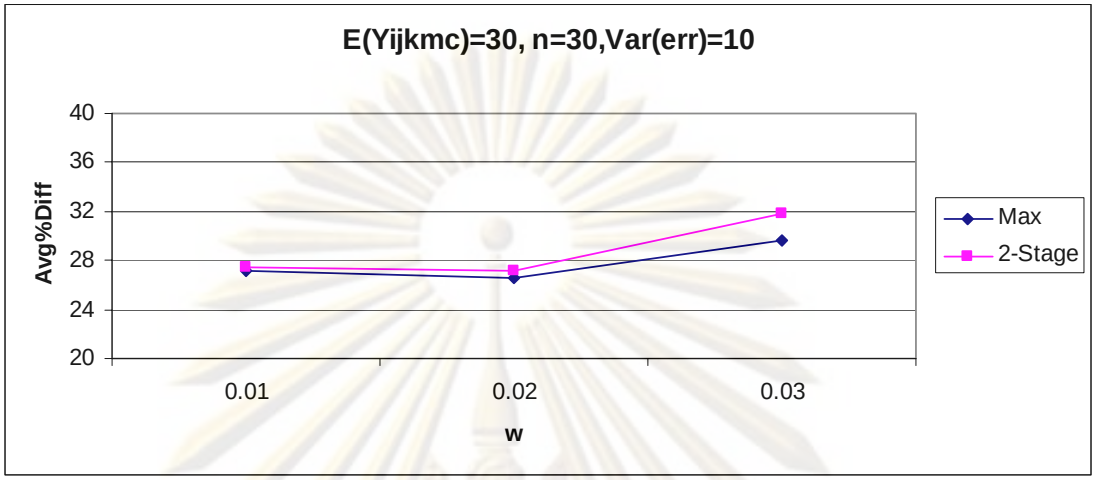
รูปที่ 4.4.2.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=30 และ σ_ε^2 =5



ตารางที่ 4.4.2.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=30 และ σ_ε^2 =10

$E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=30 และ σ_ε^2 =10	w		
	0.01	0.02	0.03
Max	27.0838*	26.6129*	29.6247*
2-Stage	27.3783	27.1080	31.7737

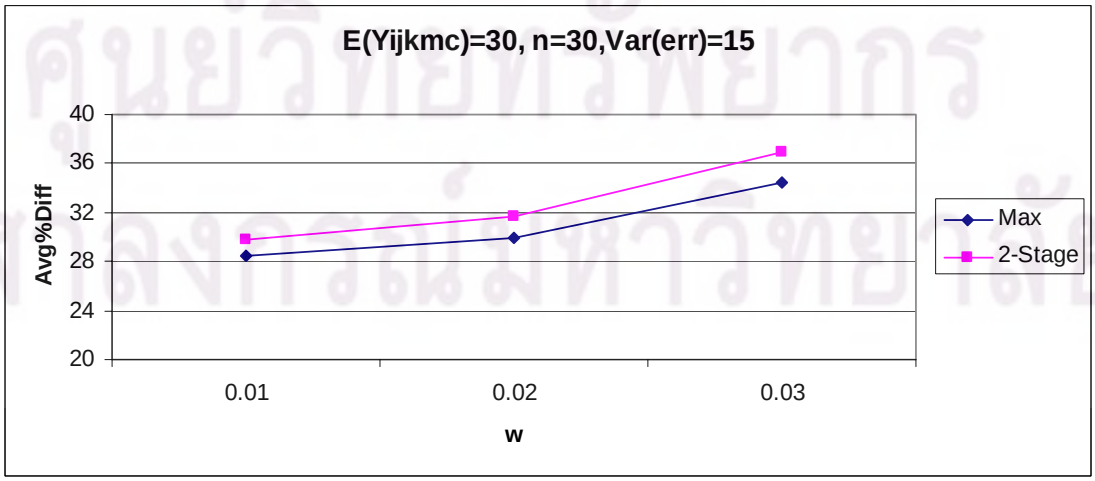
รูปที่ 4.4.2.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=30 และ σ_ε^2 =10



ตารางที่ 4.4.2.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=30 และ σ_ε^2 =15

$E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=30 และ σ_ε^2 =15	w		
	0.01	0.02	0.03
Max	28.4660*	29.8596*	34.4441*
2-Stage	29.7926	31.6903	36.8614

รูปที่ 4.4.2.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 30, n=30 และ σ_ε^2 =15



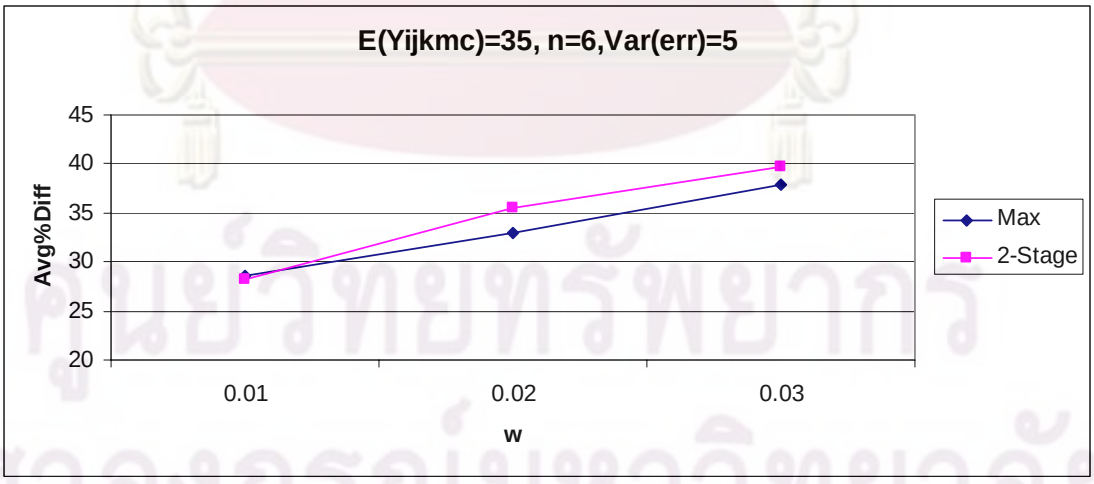
จากรูปที่ 4.4.2.1 – 4.4.2.9 พบว่า ค่า Avg%Diff มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกสถานการณ์ และ วิธีการประมาณค่าด้วยวิธี Max มีค่า Avg%Diff ต่ำกว่าวิธี 2-Stage ดังนั้นวิธี Max จึงมีประสิทธิภาพในการประมาณดีกว่าวิธี 2-Stage ที่ทุกระดับของ n และ w เมื่อกำหนดให้ $E(Y_{ijkmc})$ เท่ากับ 30 ยกเว้นที่ n เท่ากับ 6 และ w เท่ากับ 0.01 ที่ทุกระดับของ σ_ε^2

4.4.3 การศึกษาเมื่อ $E(Y_{ijkmc})$=35 ที่ทุกระดับของ w และ σ_ε^2 แสดงดังตาราง และรูปที่ 4.4.3.1- 4.4.3.9 ดังนี้

ตารางที่ 4.4.3.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=6 และ σ_ε^2 =5

$E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=6 และ σ_ε^2 =5	w		
	0.01	0.02	0.03
Max	28.5245	32.9904*	37.7998*
2-Stage	28.2278*	35.5662	39.7821

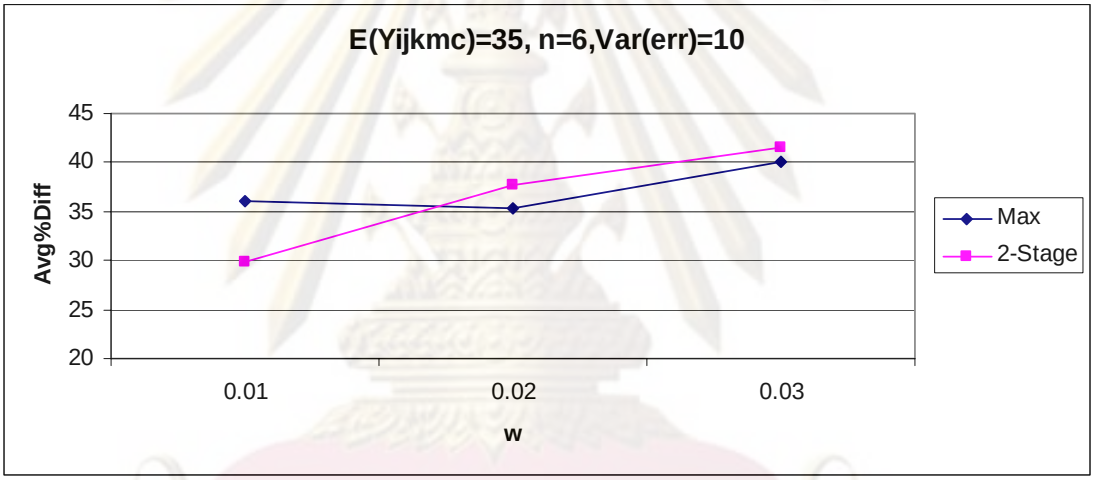
รูปที่ 4.4.3.1 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=6 และ σ_ε^2 =5



ตารางที่ 4.4.3.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=6 และ σ_ε^2 =10

$E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=6 และ σ_ε^2 =10	w		
	0.01	0.02	0.03
Max	36.1311	35.4103*	40.0322*
2-Stage	29.8060*	37.6552	41.5163

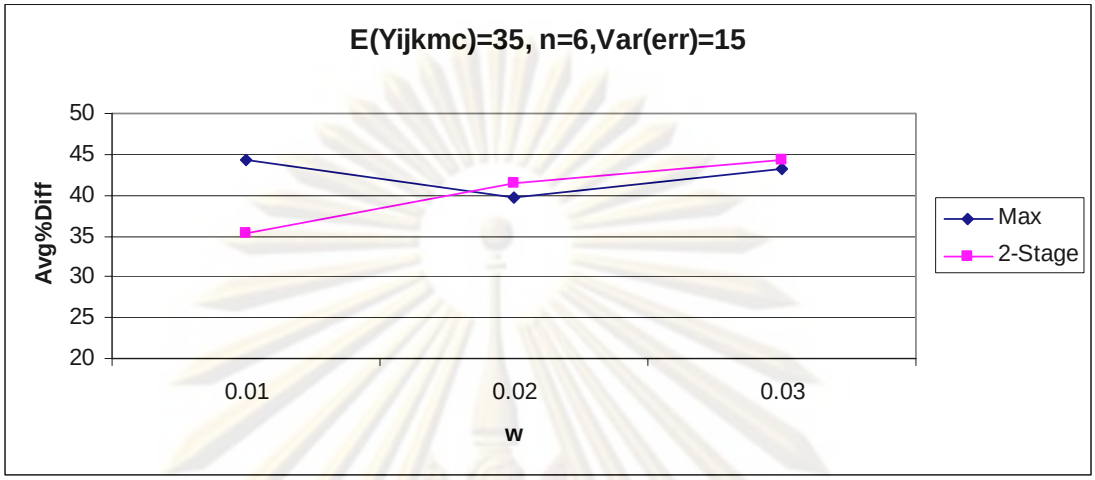
รูปที่ 4.4.3.2 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=6 และ σ_ε^2 =10



ตารางที่ 4.4.3.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=6 และ σ_ε^2 =15

$E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=6 และ σ_ε^2 =15	w		
	0.01	0.02	0.03
Max	44.2984	39.6137*	43.1355*
2-Stage	35.2874*	41.5156	44.2037

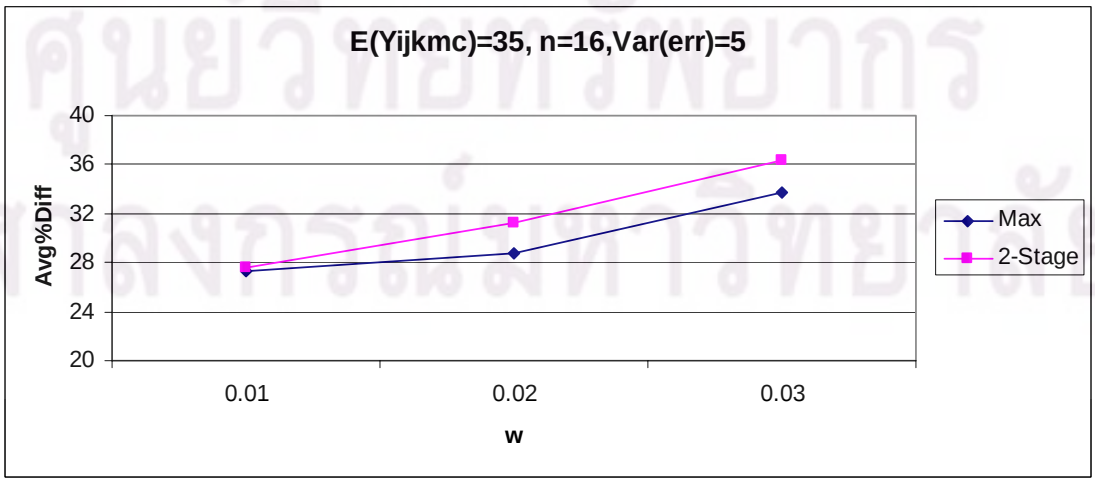
รูปที่ 4.4.3.3 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=6 และ σ_{ε}^2 =15



ตารางที่ 4.4.3.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=16 และ σ_{ε}^2 =5

$E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=16 และ σ_{ε}^2 =5	w		
	0.01	0.02	0.03
Max	27.2324*	28.8243*	33.6803*
2-Stage	27.5665	31.2815	36.2816

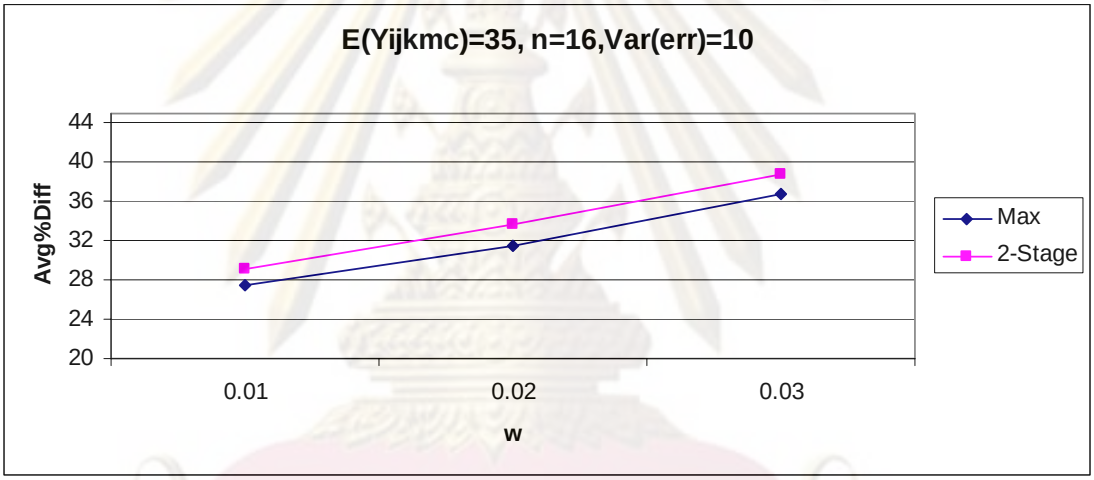
รูปที่ 4.4.3.4 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=16 และ σ_{ε}^2 =5



ตารางที่ 4.4.3.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=16 และ σ_ε^2 =10

$E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=16 และ σ_ε^2 =10	w		
	0.01	0.02	0.03
Max	27.5393*	31.4695*	36.7204*
2-Stage	29.1472	33.7053	38.7746

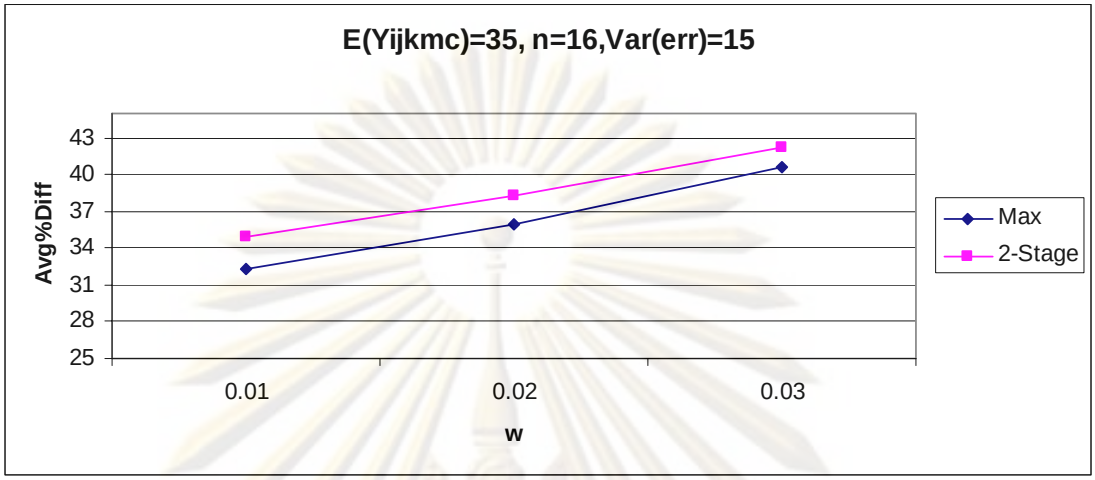
รูปที่ 4.4.3.5 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=16 และ σ_ε^2 =10



ตารางที่ 4.4.3.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=16 และ σ_ε^2 =15

$E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=16 และ σ_ε^2 =15	w		
	0.01	0.02	0.03
Max	32.3300*	35.9341*	40.5748*
2-Stage	34.8592	38.2679	42.1753

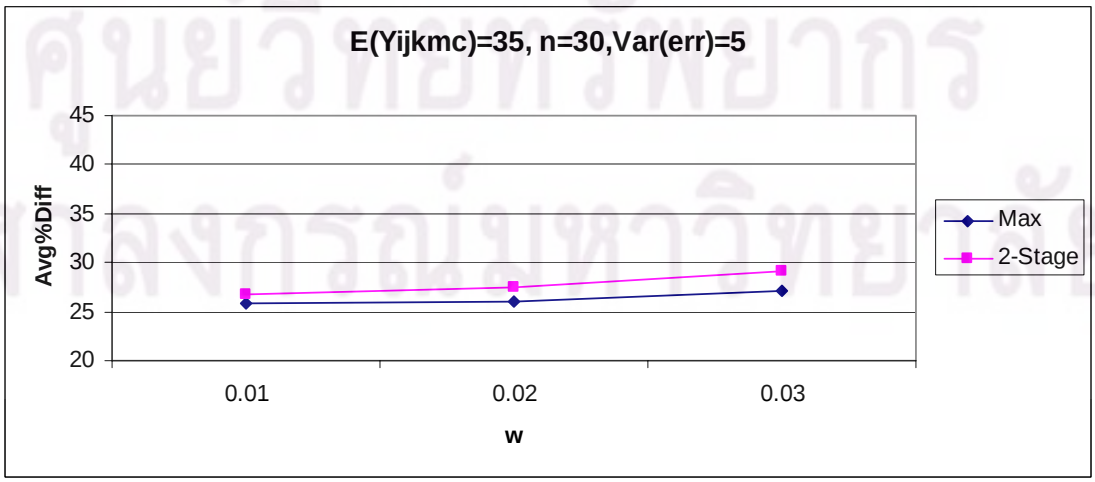
รูปที่ 4.4.3.6 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=16 และ σ_{ε}^2 =15



ตารางที่ 4.4.3.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=30 และ σ_{ε}^2 =5

$E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=30 และ σ_{ε}^2 =5	w		
	0.01	0.02	0.03
Max	25.9170*	26.1067*	27.0953*
2-Stage	26.7164	27.4482	29.1440

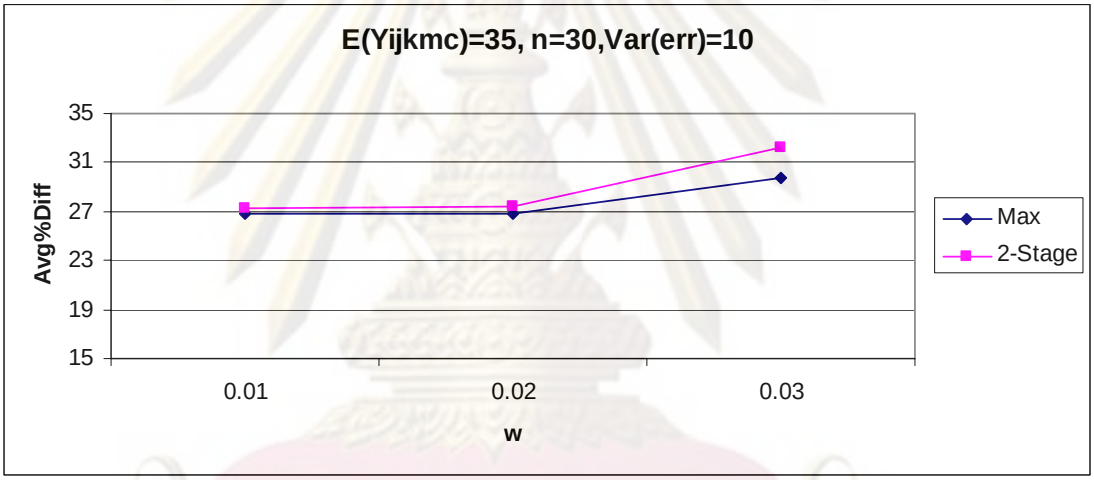
รูปที่ 4.4.3.7 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=30 และ σ_{ε}^2 =5



ตารางที่ 4.4.3.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=30 และ σ_ε^2 =10

$E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=30 และ σ_ε^2 =10	w		
	0.01	0.02	0.03
Max	26.8578*	26.7653*	29.8029*
2-Stage	27.2046	27.3551	32.1971

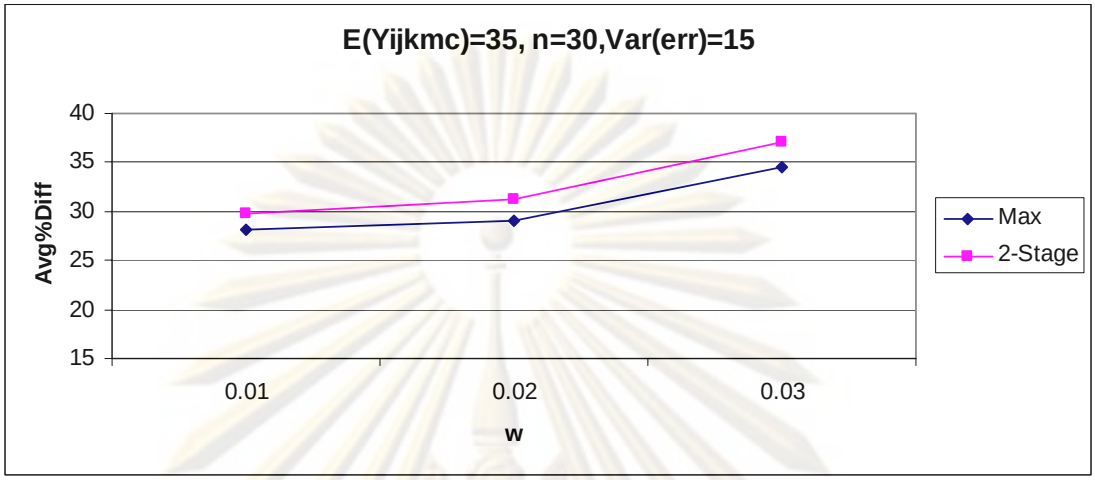
รูปที่ 4.4.3.8 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=30 และ σ_ε^2 =10



ตารางที่ 4.4.3.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=30 และ σ_ε^2 =15

$E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=30 และ σ_ε^2 =15	w		
	0.01	0.02	0.03
Max	28.1000*	28.9978*	34.5870*
2-Stage	29.8602	31.3045	37.1111

รูปที่ 4.4.3.9 การเปรียบเทียบค่า Avg%Diff ของการประมาณผลกระทบจากวิธีทดลองโดยวิธี Max และวิธี 2-Stage ในกรณีที่ $E(Y_{ijkmc})$ = 35, n=30 และ σ_{ε}^2 =15



จากรูปที่ 4.4.3.1 – 4.4.3.9 พบว่า ค่า Avg%Diff มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกสถานการณ์ และวิธีการประมาณค่าด้วยวิธี Max มีค่า Avg%Diff ต่ำกว่าวิธี 2-Stage ดังนั้นวิธี Max จึงมีประสิทธิภาพในการประมาณดีกว่าวิธี 2-Stage ที่ทุกระดับของ n และ w เมื่อกำหนดให้ $E(Y_{ijkmc})$ เท่ากับ 35 ยกเว้นที่ n เท่ากับ 6 และ w เท่ากับ 0.01 ที่ทุกระดับของ σ_{ε}^2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ผลกระทบจากวิธีทดลองสำหรับแผนแบบข้ามปัจจัยทดลองที่มี 2 ช่วงระยะเวลาด้วยวิธีการประมาณค่าด้วยค่าสูงสุด (Maximum Estimation Method) และวิธีการประมาณค่าแบบ 2 ขั้นตอน (Two-Stage Estimation Method) ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพพิจารณาจากร้อยละของความผิดพลาดโดยเฉลี่ยของผลกระทบจากวิธีทดลองที่ประมาณได้กับผลกระทบจากวิธีทดลองที่เกิดขึ้นจริง (Average Percent Difference) โดยวิธีการประมาณค่าผลกระทบจากวิธีทดลอง วิธีใดที่ให้ค่าร้อยละของความผิดพลาดโดยเฉลี่ยต่ำสุดจะเป็นวิธีที่ดีกว่า โดยศึกษาภายใต้สถานการณ์ต่างๆ ที่กำหนดขึ้น ดังนี้

1. กำหนดให้ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกต($E(Y_{ijkmc})$)เท่ากับ 25, 30 และ 35
2. กำหนดให้ค่าคงที่(w) เท่ากับ 0.01, 0.02 และ 0.03
3. กำหนดให้ค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม(σ_{ε}^2) เท่ากับ 5, 10 และ 15
4. กำหนดให้ขนาดของหน่วยทดลอง(n) เท่ากับ 6, 16, และ 30

ศึกษาและวิเคราะห์ด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล และเขียนคำสั่งด้วยโปรแกรม MATLAB 7.0 เพื่อสร้างสถานการณ์ที่กำหนด โดยกระทำซ้ำ 2,000 รอบ ในแต่ละสถานการณ์

5.1 สรุปผลการวิจัย

สรุปผลการวิจัยออกเป็นกรณีต่างๆ ดังนี้

5.1.1 การศึกษาเมื่อขนาดของหน่วยทดลอง(n) เพิ่มขึ้น

5.1.2 การศึกษาเมื่อค่าเฉลี่ยของค่าสังเกต($E(Y_{ijkmc})$) เพิ่มขึ้น

5.1.3 การศึกษาเมื่อความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม(σ_{ε}^2) เพิ่มขึ้น

5.1.4 การศึกษาเมื่อค่าคงที่ (w) เพิ่มขึ้น

สำหรับในแต่ละกรณีนั้นจะวิเคราะห์ได้ทั้งสิ้น 81 สถานการณ์ 27 ตารางและรูปภาพ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.1.1 การศึกษาเมื่อขนาดของหน่วยทดลอง(n)เพิ่มขึ้น

เมื่อขนาดของหน่วยทดลองมีค่าเพิ่มขึ้น พบว่าค่าร้อยละของความผิดพลาดโดยเฉลี่ยมีแนวโน้มลดลงในทุกสถานการณ์ และโดยภาพรวมแล้ววิธีการประมาณค่าด้วยค่าสูงสุด จะมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าวิธีการประมาณค่าแบบ 2 ขั้นตอน เนื่องจากค่าร้อยละของความผิดพลาดโดยเฉลี่ยต่ำกว่า ยกเว้นเมื่อขนาดของหน่วยทดลองเท่ากับ 6 ค่าคงที่เท่ากับ 0.01 ที่ทุกระดับของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม และค่าเฉลี่ยของค่าสังเกต

5.1.2 การศึกษาเมื่อค่าเฉลี่ยของค่าสังเกต($E(Y_{ijkmc})$) เพิ่มขึ้น

เมื่อค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตมีค่าเพิ่มขึ้น พบว่าค่าร้อยละของความผิดพลาดโดยเฉลี่ยไม่มีแนวโน้มในทุกสถานการณ์ และโดยภาพรวมแล้ววิธีการประมาณค่าด้วยค่าสูงสุด จะมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าวิธีการประมาณค่าแบบ 2 ขั้นตอน เนื่องจากค่าร้อยละของความผิดพลาดโดยเฉลี่ยต่ำกว่า ยกเว้นเมื่อขนาดของหน่วยทดลองเท่ากับ 6 ค่าคงที่เท่ากับ 0.01 ที่ทุกระดับของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม และค่าเฉลี่ยของค่าสังเกต

5.1.3 การศึกษาเมื่อความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม(σ_{ε}^2) เพิ่มขึ้น

เมื่อค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่มมีค่าเพิ่มขึ้นพบว่าค่าร้อยละของความผิดพลาดโดยเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกสถานการณ์ และโดยภาพรวมแล้ววิธีการประมาณค่าด้วยค่าสูงสุด จะมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าวิธีการประมาณค่าแบบ 2 ขั้นตอน เนื่องจากค่าร้อยละของความผิดพลาดโดยเฉลี่ยต่ำกว่า ยกเว้นเมื่อขนาดของหน่วยทดลองเท่ากับ 6 ค่าคงที่เท่ากับ 0.01 ที่ทุกระดับของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม และค่าเฉลี่ยของค่าสังเกต

5.1.4 การศึกษาเมื่อค่าคงที่ (w) เพิ่มขึ้น

เมื่อค่าคงที่มีค่าเพิ่มขึ้น พบว่าค่าร้อยละของความผิดพลาดโดยเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกสถานการณ์ และโดยภาพรวมแล้ววิธีการประมาณค่าด้วยค่าสูงสุด จะมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าวิธีการประมาณค่าแบบ 2 ขั้นตอน เนื่องจากค่าร้อยละของความผิดพลาดโดยเฉลี่ย ต่ำกว่า ยกเว้นเมื่อขนาดของหน่วยทดลองเท่ากับ 6 ค่าคงที่เท่ากับ 0.01 ที่ทุกระดับของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม และค่าเฉลี่ยของค่าสังเกต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นั่นคือ ปัจจัยที่มีผลต่อค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ย ได้แก่ ขนาดของหน่วยทดลอง ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม และ ค่าคงที่ โดยค่าร้อยละของความผิดพลาดโดยเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่มและค่าคงที่มีค่าเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดของหน่วยทดลองเพิ่มขึ้น

ควรเลือกใช้วิธีการประมาณค่าแบบ 2 ขั้นตอน เมื่อขนาดของหน่วยทดลองมีขนาดเล็ก สำหรับการวิจัยครั้งนี้สรุปที่ขนาดของหน่วยทดลองเท่ากับ 6 และความแปรปรวนของค่าสังเกตมีค่าน้อย ซึ่งคิดความแปรปรวนของค่าสังเกตจากค่าคงที่บวกกับ 1 แล้วเอาทั้งหมดนี้คูณกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม

ควรเลือกใช้วิธีการประมาณค่าด้วยค่าสูงสุด เมื่อขนาดของหน่วยทดลองและความแปรปรวนของค่าสังเกตเพิ่มขึ้น รวมทั้งที่ขนาดของหน่วยทดลองขนาดเล็ก และความแปรปรวนของค่าสังเกตเพิ่มขึ้น

ดังนั้นก่อนที่จะเลือกใช้วิธีการประมาณค่าวิธีใดนั้นควรจะมีการตรวจสอบข้อมูลที่ได้มาในเบื้องต้นก่อนว่าข้อมูลนั้นมีความแปรปรวน และขนาดของหน่วยทดลองมากน้อยเพียงใด

5.2 **อภิปรายผล**

การแก้ปัญหาผลกระทบตกค้างที่มาปลอมปนกับผลกระทบจากวิธีทดลองวิธีหนึ่งก็คือ การออกแบบการทดลองให้ผลกระทบตกค้างมีความสมดุล นั่นคือทุกวิธีทดลองมีโอกาสนำหน้าและตามหลังวิธีทดลองอื่นเป็นจำนวนครั้งที่เท่ากัน สำหรับแผนแบบข้ามปัจจัยทดลองที่มี 2 ช่วงระยะเวลา ถ้ากำหนดขนาดของหน่วยทดลองให้เป็นจำนวนคู่ ผลกระทบตกค้างก็จะมีความสมดุลกันได้ แต่ก็ยังไม่สามารถแยกผลกระทบตกค้างออกจากผลกระทบจากวิธีทดลองได้ และถ้ากำหนดเป็นเลขคี่ก็ไม่มีทางที่ผลกระทบตกค้างจะสมดุลได้ นั่นคือไม่สามารถแยกผลกระทบตกค้างได้อย่างแน่นอน ดังนั้นไม่ว่าจะกำหนดขนาดของหน่วยทดลองเป็นจำนวนคู่หรือจำนวนคี่ก็ตาม ก็ไม่สามารถแยกผลกระทบตกค้างออกจากผลกระทบจากวิธีทดลองได้ สำหรับการวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดขนาดของหน่วยทดลองเป็นจำนวนคู่ ได้แก่ 6, 16 และ 30 เพื่อความสะดวกในการจำลองข้อมูล เนื่องจากในแต่ละลำดับการให้วิธีทดลองนั้นจะต้องมีขนาดของหน่วยทดลองเท่าๆ กัน แต่ก็มีข้อสังเกตว่าสามารถกำหนดขนาดของหน่วยทดลองเท่ากับ 2 และ 4 ได้หรือไม่ นั่นคือถ้ากำหนดขนาดของหน่วยทดลองเท่ากับ 2 จะไม่สามารถทำได้แน่นอน เนื่องจากพารามิเตอร์สำหรับแผนแบบที่มีการกำหนดเงื่อนไข $\alpha_1 + \alpha_2$, $\gamma_1 + \gamma_2$, $\tau_1 + \tau_2$ และ $\lambda_1 + \lambda_2$ ทำให้มีพารามิเตอร์เท่ากับ 7 พารามิเตอร์ และจากการกำหนดขนาดของหน่วยทดลองเท่ากับ 2 ทำให้มีจำนวนค่าสังเกตเท่ากับ 4 ค่าสังเกต นั่นคือไม่สามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ได้ เนื่องจากจำนวนค่าสังเกตมีน้อยกว่า

จำนวนพารามิเตอร์ และถ้ากำหนดขนาดของหน่วยทดลองเท่ากับ 4 จะมีจำนวนค่าสังเกตเท่ากับ 8 ค่าสังเกต ซึ่งก็มากกว่าจำนวนพารามิเตอร์ ดังนั้นการกำหนดขนาดของหน่วยทดลองเท่ากับ 4 ก็สามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยครั้งนี้มีข้อเสนอแนะ 2 ด้าน คือ

5.2.1 ด้านการนำไปใช้ประโยชน์

- การเพิ่มของขนาดของหน่วยทดลองนั้น ช่วยทำให้ค่าประมาณที่ได้ใกล้เคียงค่าจริงมากขึ้นแต่ในการนำไปใช้ประโยชน์ต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมกับงบประมาณของการวิจัยด้วย เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของขนาดของหน่วยทดลอง จะทำให้ค่าใช้จ่ายสูงขึ้นตามไปด้วย
- ควรตรวจสอบข้อมูลเบื้องต้นก่อนว่ามีความแปรปรวนมากน้อยเพียงใด เพื่อเลือกใช้วิธีการประมาณค่าที่มีประสิทธิภาพ

5.2.2 ด้านการศึกษา

- ผลการวิจัยครั้งนี้ได้มาจากการจำลองข้อมูลภายใต้สถานการณ์ที่กำหนด ซึ่งในการศึกษาครั้งต่อไปควรจะมีการนำเอาข้อมูลจริงมาใช้ในการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลที่ได้กับผลที่ได้จากวิธีการจำลองข้อมูล
- การศึกษาครั้งนี้ ได้เปรียบเทียบวิธีการประมาณค่า 2 วิธีเท่านั้น ในการศึกษาครั้งต่อไปควรนำวิธีการประมาณค่าด้วยวิธีอื่นมาเปรียบเทียบกับวิธีการประมาณค่าในครั้งนี้ เพื่อที่จะได้เลือกใช้วิธีการประมาณค่าที่มีประสิทธิภาพที่ดีกว่า
- การศึกษาครั้งนี้ได้สรุปผลการวิจัยที่ค่าเฉลี่ย (μ) เท่ากับ 20 เท่านั้น สำหรับการวิจัยครั้งต่อไปควรกำหนดให้ค่าเฉลี่ยให้เปลี่ยนแปลงไปหลายๆ ระดับ เพื่อศึกษาว่าค่าเฉลี่ยมีผลต่อการสรุปผลหรือไม่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

สุพล ดุรงค์วัฒนา. การวางแผนการทดลองขั้นสูง. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.(อัดสำเนา)

เสกสรร เกียรติสุไพบูลย์. 2548.เอกสารประกอบการสอนวิชาการจำลองแบบเชิงสถิติ. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มาลัย แสวงทรัพย์. การประมาณค่าผลกระทบตกค้างในแผนการทดลองข้ามปัจจัยทดลองแบบสมดุลเมื่อผลกระทบตกค้างเป็นสัดส่วนโดยตรงกับผลกระทบโดยตรง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิตสาขาสถิติ ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

อรวรรณ แซ่ตั้น และพงษ์เดช สารการ. Analysis of 2x2 Crossover Design with Continuous Data.Data Management and Biostatistics Network Journal. 2,2(2549):28.

ภาษาอังกฤษ

Grizzle, James E. The Two-Period Change-Over Design and Its Use in Clinical Trials. Biometrics. Vol.21,No.2(1965), 467-480.

Wang, Sue-Jane. and James Hung, H.M. Use of Two-Stage Test Statistic in the Two-Period Crossover Trials. Biometrics. Vol.53(1997), 1081-1091.

Willan, A. R. Using the maximum test statistic in the two-period crossover clinical trial. Biometrics. Vol.44(1988), 211-218.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บรรณานุกรม

ภาษาอังกฤษ

Byron Wm., Brown Jr. The Crossover Experiment for Clinical Trials.Biometric, Vol.36,No.1(1980), 69-79.

Eugene Laska, Morris Meisner and Kushner H.B. Optical Crossover Designs in the Presence of Carryover Effects. Biometrics, Vol.39. No.4(1983),1087-1091.

Kersher, Ronald P., Federer, Wallis T. Two-Treatment Crossover Designs for Estimating a Variety of Effects.Journal of the American Statistical Association.Vol.76 No. 375(1981), 612-619.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โปรแกรมแสดงการประมาณค่าผลกระทบจากวิธีทดลองสำหรับแผนแบบข้ามปัจจัยทดลองที่มี 2 ช่วงระยะเวลา

```
clear
% กำหนดจำนวนรอบของการจำลองข้อมูลในแต่ละสถานการณ์
loop=2000
for rep =1:loop
% กำหนดค่าให้พารามิเตอร์เริ่มต้น
   exp_y=25
   w=0.01
   var_e=5
   n=6
   para=1.50
   var_y=(w+1)*var_e;
   sd_y=sqrt(var_y);
   n1=n/2;
   n2=n/2;
   zalpha_d2=1.96;
% สูตรที่ใช้ในการคำนวณ เมื่อขนาดของหน่วยทดลองเท่ากับ 6
   y=normrnd(exp_y,sd_y,12,1);
   mean_y21=mean(y(7:9,1));
   mean_y11=mean(y(1:3,1));
   mean_y12=mean(y(4:6,1));
   mean_y22=mean(y(10:12,1));
   mean_y=mean(y(1:12,1));
   trt1=mean_y21-mean_y11
   trt12=(mean_y21-mean_y11+mean_y12-mean_y22)/2
   carr=mean_y21-mean_y11-mean_y12+mean_y22
   v_p1=(((y(1,1)-mean_y11)^2)+((y(2,1)-mean_y11)^2)+((y(3,1)-mean_y11)^2)...
      +((y(7,1)-mean_y21)^2)+((y(8,1)-mean_y21)^2)+((y(9,1)-mean_y21)^2))/(n-2);
   var_p1=(n/(n1*n2))*v_p1;
   v_p12=((y(1,1)-mean_y)^2+(y(2,1)-mean_y)^2+(y(3,1)-mean_y)^2 ...
```

```
      +(y(4,1)-mean_y)^2+(y(5,1)-mean_y)^2+(y(6,1)-mean_y)^2 ...
      +(y(7,1)-mean_y)^2+(y(8,1)-mean_y)^2+(y(9,1)-mean_y)^2 ...
      +(y(10,1)-mean_y)^2+(y(11,1)-mean_y)^2+(y(12,1)-mean_y)^2)/(2*(n-2));
   v_w_12=((y(4,1)-y(1,1)-(mean_y12-mean_y11)^2)+(y(5,1)-y(2,1)-(mean_y12-
mean_y11)^2)...
      +(y(6,1)-y(3,1)-(mean_y12-mean_y11)^2)+(y(10,1)-y(7,1)-(mean_y22-
mean_y21)^2)...
      +(y(11,1)-y(8,1)-(mean_y22-mean_y21)^2)+(y(12,1)-y(9,1)-(mean_y22-
mean_y21)^2))/(2*(n-2));
   rho=1-(v_w_12/v_p12);
   var_p12=(v_p12*(1-rho)*n)/(n1*n2*2);
   sd_lamda=sqrt((2*v_p12*(1+rho)*n)/(n1*n2))
   T12=trt12/sqrt(var_p12)
   T1=trt1/sqrt(var_p1)
% สูตรที่ใช้ในการคำนวณ เมื่อขนาดของหน่วยทดลองเท่ากับ 16
   y=normrnd(exp_y,sd_y,32,1);
   mean_y21=mean(y(17:24,1));
   mean_y11=mean(y(1:8,1));
   mean_y12=mean(y(9:16,1));
   mean_y22=mean(y(25:32,1));
   mean_y=mean(y(1:32,1));
   trt1=mean_y21-mean_y11
   trt12=(mean_y21-mean_y11+mean_y12-mean_y22)/2
   carr=mean_y21-mean_y11-mean_y12+mean_y22
   v_p1=(((y(1,1)-mean_y11)^2)+((y(2,1)-mean_y11)^2)+((y(3,1)-
mean_y11)^2)+((y(4,1)-mean_y11)^2)...
      +((y(5,1)-mean_y11)^2)+((y(6,1)-mean_y11)^2)+((y(7,1)-mean_y11)^2)+((y(8,1)-
mean_y11)^2)...
      +((y(17,1)-mean_y21)^2)+((y(18,1)-mean_y21)^2)+((y(19,1)-
mean_y21)^2)+((y(20,1)-mean_y21)^2)...
```

```
      +((y(21,1)-mean_y21)^2)+((y(22,1)-mean_y21)^2)+((y(23,1)-
mean_y21)^2)+((y(24,1)-mean_y21)^2))/(n-2);
   var_p1=(n/(n1*n2))*v_p1;
   v_p12=((y(1,1)-mean_y)^2+(y(2,1)-mean_y)^2+(y(3,1)-mean_y)^2+(y(4,1)-
mean_y)^2 ...
      +(y(5,1)-mean_y)^2+(y(6,1)-mean_y)^2+(y(7,1)-mean_y)^2+(y(8,1)-mean_y)^2 ...
      +(y(9,1)-mean_y)^2+(y(10,1)-mean_y)^2+(y(11,1)-mean_y)^2+(y(12,1)-
mean_y)^2 ...
      +(y(13,1)-mean_y)^2+(y(14,1)-mean_y)^2+(y(15,1)-mean_y)^2+(y(16,1)-
mean_y)^2 ...
      +(y(17,1)-mean_y)^2+(y(18,1)-mean_y)^2+(y(19,1)-mean_y)^2+(y(20,1)-
mean_y)^2 ...
      +(y(21,1)-mean_y)^2+(y(22,1)-mean_y)^2+(y(23,1)-mean_y)^2+(y(24,1)-
mean_y)^2 ...
      +(y(25,1)-mean_y)^2+(y(26,1)-mean_y)^2+(y(27,1)-mean_y)^2+(y(28,1)-
mean_y)^2 ...
      +(y(29,1)-mean_y)^2+(y(30,1)-mean_y)^2+(y(31,1)-mean_y)^2+(y(32,1)-
mean_y)^2)/(2*(n-2));
   v_w_12=((y(9,1)-y(1,1)-(mean_y12-mean_y11)^2)+(y(10,1)-y(2,1)-(mean_y12-
mean_y11)^2)...
      +(y(11,1)-y(3,1)-(mean_y12-mean_y11)^2)+(y(12,1)-y(4,1)-(mean_y12-
mean_y11)^2)...
      +(y(13,1)-y(5,1)-(mean_y12-mean_y11)^2)+(y(14,1)-y(6,1)-(mean_y12-
mean_y11)^2)...
      +(y(15,1)-y(7,1)-(mean_y12-mean_y11)^2)+(y(16,1)-y(8,1)-(mean_y12-
mean_y11)^2)...
      +(y(25,1)-y(17,1)-(mean_y22-mean_y21)^2)+(y(26,1)-y(18,1)-(mean_y22-
mean_y21)^2)...
      +(y(27,1)-y(19,1)-(mean_y22-mean_y21)^2)+(y(28,1)-y(20,1)-(mean_y22-
mean_y21)^2)...
```

```
      +(y(29,1)-y(21,1)-(mean_y22-mean_y21)^2)+(y(30,1)-y(22,1)-(mean_y22-
mean_y21)^2)...
      +(y(31,1)-y(23,1)-(mean_y22-mean_y21)^2)+(y(32,1)-y(24,1)-(mean_y22-
mean_y21)^2))/(2*(n-2));
   rho=1-(v_w_12/v_p12);
   var_p12=(v_p12*(1-rho)*n)/(n1*n2*2);
   sd_lamda=sqrt((2*v_p12*(1+rho)*n)/(n1*n2)
   T12=trt12/sqrt(var_p12)
   T1=trt1/sqrt(var_p1)
% สูตรที่ใช้ในการคำนวณ เมื่อขนาดของหน่วยทดลองเท่ากับ 30
   y=normrnd(exp_y,sd_y,60,1);
   mean_y21=mean(y(31:45,1));
   mean_y11=mean(y(1:15,1));
   mean_y12=mean(y(16:30,1));
   mean_y22=mean(y(46:60,1));
   mean_y=mean(y(1:60,1));
   trt1=mean_y21-mean_y11
   trt12=(mean_y21-mean_y11+mean_y12-mean_y22)/2
   carr=mean_y21-mean_y11-mean_y12+mean_y22
   v_p1=(((y(1,1)-mean_y11)^2)+((y(2,1)-mean_y11)^2)+((y(3,1)-
mean_y11)^2)+((y(4,1)-mean_y11)^2)...
      +((y(5,1)-mean_y11)^2)+((y(6,1)-mean_y11)^2)+((y(7,1)-mean_y11)^2)+((y(8,1)-
mean_y11)^2)...
      +((y(9,1)-mean_y11)^2)+((y(10,1)-mean_y11)^2)+((y(11,1)-
mean_y11)^2)+((y(12,1)-mean_y11)^2)...
      +((y(13,1)-mean_y11)^2)+((y(14,1)-mean_y11)^2)+((y(15,1)-mean_y11)^2)...
      +((y(31,1)-mean_y21)^2)+((y(32,1)-mean_y21)^2)+((y(33,1)-
mean_y21)^2)+((y(34,1)-mean_y21)^2)...
      +((y(35,1)-mean_y21)^2)+((y(36,1)-mean_y21)^2)+((y(37,1)-
mean_y21)^2)+((y(38,1)-mean_y21)^2)...
```

```
      +((y(39,1)-mean_y21)^2)+((y(40,1)-mean_y21)^2)+((y(41,1)-
mean_y21)^2)+((y(42,1)-mean_y21)^2)...
      +((y(43,1)-mean_y21)^2)+((y(44,1)-mean_y21)^2)+((y(45,1)-mean_y21)^2))/(n-2);
   var_p1=(n/(n1*n2))*v_p1;
   v_p12=((y(1,1)-mean_y)^2+(y(2,1)-mean_y)^2+(y(3,1)-mean_y)^2+(y(4,1)-
mean_y)^2 ...
      +(y(5,1)-mean_y)^2+(y(6,1)-mean_y)^2+(y(7,1)-mean_y)^2+(y(8,1)-mean_y)^2 ...
      +(y(9,1)-mean_y)^2+(y(10,1)-mean_y)^2+(y(11,1)-mean_y)^2+(y(12,1)-
mean_y)^2 ...
      +(y(13,1)-mean_y)^2+(y(14,1)-mean_y)^2+(y(15,1)-mean_y)^2+(y(16,1)-
mean_y)^2 ...
      +(y(17,1)-mean_y)^2+(y(18,1)-mean_y)^2+(y(19,1)-mean_y)^2+(y(20,1)-
mean_y)^2 ...
      +(y(21,1)-mean_y)^2+(y(22,1)-mean_y)^2+(y(23,1)-mean_y)^2+(y(24,1)-
mean_y)^2 ...
      +(y(25,1)-mean_y)^2+(y(26,1)-mean_y)^2+(y(27,1)-mean_y)^2+(y(28,1)-
mean_y)^2 ...
      +(y(29,1)-mean_y)^2+(y(30,1)-mean_y)^2+(y(31,1)-mean_y)^2+(y(32,1)-
mean_y)^2 ...
      +(y(33,1)-mean_y)^2+(y(34,1)-mean_y)^2+(y(35,1)-mean_y)^2+(y(36,1)-
mean_y)^2 ...
      +(y(37,1)-mean_y)^2+(y(38,1)-mean_y)^2+(y(39,1)-mean_y)^2+(y(40,1)-
mean_y)^2 ...
      +(y(41,1)-mean_y)^2+(y(42,1)-mean_y)^2+(y(43,1)-mean_y)^2+(y(44,1)-
mean_y)^2 ...
      +(y(45,1)-mean_y)^2+(y(46,1)-mean_y)^2+(y(47,1)-mean_y)^2+(y(48,1)-
mean_y)^2 ...
      +(y(49,1)-mean_y)^2+(y(50,1)-mean_y)^2+(y(51,1)-mean_y)^2+(y(52,1)-
mean_y)^2 ...
      +(y(53,1)-mean_y)^2+(y(54,1)-mean_y)^2+(y(55,1)-mean_y)^2+(y(56,1)-
mean_y)^2 ...
```

```
+(y(57,1)-mean_y)^2+(y(58,1)-mean_y)^2+(y(59,1)-mean_y)^2+(y(60,1)-
mean_y)^2)/(2*(n-2));
  v_w_12=((y(16,1)-y(1,1)-(mean_y12-mean_y11)^2)+(y(17,1)-y(2,1)-(mean_y12-
mean_y11)^2)...
      +(y(18,1)-y(3,1)-(mean_y12-mean_y11)^2)+(y(19,1)-y(4,1)-(mean_y12-
mean_y11)^2)...
      +(y(20,1)-y(5,1)-(mean_y12-mean_y11)^2)+(y(21,1)-y(6,1)-(mean_y12-
mean_y11)^2)...
      +(y(22,1)-y(7,1)-(mean_y12-mean_y11)^2)+(y(23,1)-y(8,1)-(mean_y12-
mean_y11)^2)...
      +(y(24,1)-y(9,1)-(mean_y12-mean_y11)^2)+(y(25,1)-y(10,1)-(mean_y12-
mean_y11)^2)...
      +(y(26,1)-y(11,1)-(mean_y12-mean_y11)^2)+(y(27,1)-y(12,1)-(mean_y12-
mean_y11)^2)...
      +(y(28,1)-y(13,1)-(mean_y12-mean_y11)^2)+(y(29,1)-y(14,1)-(mean_y12-
mean_y11)^2)...
      +(y(30,1)-y(15,1)-(mean_y12-mean_y11)^2)...
      +(y(46,1)-y(31,1)-(mean_y22-mean_y21)^2)+(y(47,1)-y(32,1)-(mean_y22-
mean_y21)^2)...
      +(y(48,1)-y(33,1)-(mean_y22-mean_y21)^2)+(y(49,1)-y(34,1)-(mean_y22-
mean_y21)^2)...
      +(y(50,1)-y(35,1)-(mean_y22-mean_y21)^2)+(y(51,1)-y(36,1)-(mean_y22-
mean_y21)^2)...
      +(y(52,1)-y(37,1)-(mean_y22-mean_y21)^2)+(y(53,1)-y(38,1)-(mean_y22-
mean_y21)^2)...
      +(y(54,1)-y(39,1)-(mean_y22-mean_y21)^2)+(y(55,1)-y(40,1)-(mean_y22-
mean_y21)^2)...
      +(y(56,1)-y(41,1)-(mean_y22-mean_y21)^2)+(y(57,1)-y(42,1)-(mean_y22-
mean_y21)^2)...
      +(y(58,1)-y(43,1)-(mean_y22-mean_y21)^2)+(y(59,1)-y(44,1)-(mean_y22-
mean_y21)^2)...
```

```
    +(y(60,1)-y(45,1)-(mean_y22-mean_y21)^2))/(2*(n-2));
  rho=1-(v_w_12/v_p12);
  var_p12=(v_p12*(1-rho)*n)/(n1*n2*2);
  sd_lamda=sqrt((2*v_p12*(1+rho)*n)/(n1*n2))
  T12=trt12/sqrt(var_p12)
  T1=trt1/sqrt(var_p1)

% ตรวจสอบเงื่อนไขของการประมาณค่าด้วยค่าสูงสุด
  if  T1<T12
    est_trt_max=trt1-(carr/2);
  else
    est_trt_max=trt1;
  end
  a_per_diff_max=((abs(est_trt_max-para))/para)*100;

% ตรวจสอบเงื่อนไขของการประมาณค่าแบบ 2 ขั้นตอน
  if abs(carr/sd_lamda)<zalpha_d2
    est_trt_2stage=trt12;
  else
    est_trt_2stage=trt1;
  end
  a_per_diff_2stage=((abs(est_trt_2stage-para))/para)*100;

  est_max(rep)=est_trt_max
  est_2stage(rep)=est_trt_2stage
  max(rep)=a_per_diff_max
  ts(rep)=a_per_diff_2stage
end
tmax=mean(max)
t2stage=mean(ts)
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
% เปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าทั้งสองวิธี
if tmax<t2stage
   compare='max';
elseif tmax>t2stage
   compare='2stage';
else tmax=t2stage;
   compare='equal';
end
compare
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางมลุลี คงสกุล เกิดวันที่ 4 กรกฎาคม พ.ศ. 2524 ที่จังหวัดสมุทรสาคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสถิติ ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ในปีการศึกษา 2547 จากนั้นเข้าทำงานตำแหน่ง นักสถิติ ประจำโรงพยาบาลเมตตาประชารักษ์(วัดไร่ขิง) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 จนถึงปี พ.ศ. 2548 ต่อมาได้เข้าศึกษาในหลักสูตรสถิติศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถิติ ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชีที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2549

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย