การเปรียบเทียบวิธีการทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยมีค่าไม่เท่ากัน

นายมานะชัย รอดชื่น

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถิติศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถิติ ภาควิชาสถิติ
คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-17-6769-2

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A COMPARISION ON TEST STATISTICS FOR THE ANALYSIS OF COVARIANCE WHEN SLOPES ARE UNEQUAL

Mr. Manachai Rodchuen

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Statistics

Department of Statistics

Faculty of Commerce and Accountancy

Chulalongkorn University

Academic Year 2004

ISBN 974-17-6769-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเปรียบเทียบวิธีการทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยมีค่าไม่เท่ากัน
โดย	นายมานะชัย รอดชื่น
สาขาวิชา	สถิติ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพร วีระถาวร

คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดนุชา คุณพนิชกิจ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุพล ดุรงค์วัฒนา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพร วีระถาวร)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ วัชราภรณ์ สุริยาภิวัฒน์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.เสกสรร เกียรติสุไพบูลย์)

มานะชัย รอดชื่น : การเปรียบเทียบวิธีการทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยมีค่าไม่เท่ากัน (A COMPARISION ON TEST STATISTICS FOR THE ANALYSIS OF COVARIANCE WHEN SLOPES ARE UNEQUAL). อ.ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพร วีระถาวร, 108 หน้า. ISBN 974–17–6769-2

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทดสอบในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยมีค่าไม่เท่ากัน โดยจะเปรียบเทียบวิธีทดสอบ 2 วิธี ได้แก่ วิธีการทดสอบของฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (Hollingsworth F - Test Statistic (วิธี HF)) และวิธีทดสอบของจอห์นสันและเนย์แมน (Johnson - Neyman Test Statistic (วิธี JN)) โดยศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และอำนาจของการทดสอบของวิธีการทั้ง 2 วิธี และเกณฑ์ที่เป็นส่วนประกอบของการตัดสินใจ คือค่าสัมพัทธ์ของค่าอำนาจการทดสอบ (Relative of Power of the test (RPOW)) สถานการณ์ที่ศึกษาคือ กำหนดจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับสอง จำนวนตัวแปรร่วมเท่ากับหนึ่ง สัมประสิทธิ์การถดถอยของสิ่งทดลองที่ 1 (β_{11}) เป็น 0.2 0.3 0.4 และ 0.5 โดยที่สัมประสิทธิ์การถดถอยของสิ่งทดลองที่ 2 (β_{12}) กำหนดให้มีค่าเพิ่มขึ้นจากค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของสิ่งทดลองที่ 1 คิดเป็น 25% 50% 75% และ 100% ขนาดตัวอย่างของสิ่งทดลองที่ 1 และ 2 (n_1, n_2) ที่ศึกษา คือ (10, 10) (10, 20) (10, 30) (20, 20) (20, 30) และ (30, 30) ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลอง แตกต่างอยู่ในระดับ 50% 75% และ 100% ของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) และกำหนดระดับนัยสำคัญสำหรับการทดสอบสมมติฐาน (α) เท่ากับ 0.01 และ 0.05 ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยได้จากการจำลองแบบด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล กระทำซ้ำ 1,000 รอบ ในแต่ละสถานการณ์ ซึ่งผลการวิจัยได้ข้อสรุปดังนี้

1. <u>ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1</u>

วิธีการทั้ง 2 วิธีสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ครบทุกกรณี ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 เพิ่มขึ้นเมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยและขนาดตัวอย่างมีค่าเพิ่มขึ้น วิธีการทั้งสองวิธีสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ดีขึ้น เมื่อระดับนัยสำคัญ α มีค่าเพิ่มขึ้น

2. <u>อำนาจการทดสอบ</u>

ค่าอำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบทั้ง 2 วิธี โดยทั่วไปพบว่า วิธี JN จะให้อำนาจการทดสอบสูงกว่าวิธี HF ทั้ง 2 วิธีจะให้ค่าอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลอง ขนาดตัวอย่าง และระดับนัยสำคัญ มีค่าเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นค่าสัมพัทธ์ของอำนาจการทดสอบของวิธี JN จะเพิ่มขึ้นเมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยเพิ่มขึ้น และจะมีค่าลดลงเมื่อขนาดตัวอย่าง ระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลอง และระดับนัยสำคัญเพิ่มขึ้น

ทุกกรณีที่ศึกษา อำนาจการทดสอบทั้ง 2 วิธี จะแปรผันตามค่าของขนาดตัวอย่าง สัมประสิทธิ์การถดถอย ระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลอง และระดับนัยสำคัญ

ส่วนค่าสัมพัทธ์ของอำนาจการทดสอบของวิธี JN จะแปรผันตามค่าของสัมประสิทธิ์การถดถอย และจะแปรผกผันกับ ขนาดตัวอย่าง ระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลอง และระดับนัยสำคัญ

ภาควิชา สถิติ ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา สถิติ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2547

4582316426 : MAJOR STATISTICS
KEY WORD : ANALYSIS OF COVARIANCE / SLOPES ARE UNEQUAL / JOHNSON – NEYMAN TEST STATISTIC / HOLLINGWORTH F – TEST STATISTIC

MANACHAI RODCHUEN : A COMPARISION ON TEST STATISTICS FOR THE ANALYSIS OF COVARIANCE WHEN SLOPES ARE UNEQUAL. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. THEERAPORN VERATHAWORN, 108 pp. ISBN 974–17–6769-2

The objective of this research is to compare the efficiency of test statistics for the analysis of covariance when regression slopes are unequal. This research compares two test statistics, Hollingworth F – test statistic (HF test) and Johnson – Neyman test statistic (JN test) by comparing their ability in controlling probability of type I error and power of the test, and their relatives of power of the test (RPOW). As for the case study, this research used the number of treatment equal to two and the number of covariate equal to one. The regression slopes of the first treatment (β_{11}) are 0.2 0.3 0.4 and 0.5, respectively. For regression slopes of the second treatment (β_{12}) are increasing 25% 50% 75% and 100% from regression slopes of the first treatment. The sample sizes of the first and the second treatment (n_1, n_2) are (10, 10), (10, 20), (10, 30), (20, 20), (20,30) and (30, 30). Different treatment effects are 50% 75% and 100% of the standard deviation (σ). The level of significance (α) in the hypothesis testing are 0.01 and 0.05. The data in this research are simulated by using Monte Carlo simulation techniques with 1,000 repetitions for each case. The results of this research could be summarized as follows :

1. Probability of type I error

Both test statistics could control the probability of type I error completely in all cases. The probability of type I error of both test statistics increases when either the regression slope or the sample size of treatment increases. Both test statistics could control probability of type I error better when the level of significance has higher value.

2. Power of the test

For the power of the test of the two test statistics in general, we found that the JN test would give higher power of the test than the HF test. Both test statistics give a small difference of power of the test, especially when the level of different treatment effect, the sample size of treatment and the level of significance are high. The RPOW of the JN test provides higher power of the test when the regression slope has higher value and provides lower value when the sample size of treatment, the level of different treatment effect and the level of significance have higher value.

In all cases, the powers of the two test statistics vary according to the sample size of treatment, the regression slope, the level of different treatment effect and the level of significance, respectively.

Futhermore, the RPOW of the JN test varies with the regression slope and varies inversely with the sample size of treatment, the level of different treatment effect and level of significance, respectively.

Department Statistics Student's signature……..……..…
Field of study Statistics Advisor's signature……....……..……
Academic year 2004

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพร วีระถาวร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำ ปรึกษา ตลอดจนช่วยเหลือแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนกระทั่งวิทยานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณและสำนึกในพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สุพล ดุรงค์วัฒนา รองศาสตราจารย์ วัชราภรณ์ สุริยาภิวัฒน์ และอาจารย์ ดร.เสกสรร เกียรติสุไพบูลย์ ในฐานะประธานกรรมการและกรรมการการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาตรวจแก้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ประจำภาควิชาสถิติที่ให้โอกาสทางการศึกษา และประสิทธิประสาทความรู้ให้แก่ผู้วิจัยจนกระทั่งสำเร็จการศึกษา

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา รวมทั้ง พี่ชาย ญาติ ๆ และเพื่อน ๆ ทุกคนที่ส่งเสริมและให้กำลังใจให้แก่ผู้วิจัยมาตลอด และเนื่องจากทุนวิจัยครั้งนี้บางส่วนได้รับมาจากทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอกราบขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยมา ณ ที่นี้ด้วย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญรูปภาพ..... ฎ

บทที่

1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 3

1.3 สมมติฐานของการวิจัย..... 4

1.4 ข้อตกลงเบื้องต้นในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม..... 4

1.5 ขอบเขตการวิจัย..... 5

1.6 เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ..... 6

1.7 วิธีดำเนินการวิจัย..... 6

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 6

1.9 คำจำกัดความต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิจัย..... 7

2 ทฤษฎีและสถิติที่ใช้ในการวิจัย..... 8

2.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์..... 8

2.2 ตัวสถิติทดสอบของฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ..... 13

2.3 ตัวสถิติทดสอบของจอห์นสันและเนย์แมน..... 14

3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 18

3.1 การจำลองข้อมูลด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล..... 18

3.2 แผนการดำเนินการวิจัย..... 19

3.3 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย..... 21

3.4 ขั้นตอนในการทำงานของโปรแกรม..... 23

บทที่		หน้า
4	ผลการวิจัย	25
	4.1 ผลการเปรียบเทียบความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1	27
	4.2 การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ	35
5	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	93
	5.1 สรุปผลการวิจัย	94
	5.1.1 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1	94
	5.1.2 ผลการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟและวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน	94
	5.1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อค่าอำนาจการทดสอบของแต่ละวิธี	95
	5.1.4 ผลสรุปการเลือกวิธีการทดสอบในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยมีค่าไม่เท่ากัน	96
	5.2 ข้อเสนอแนะ	99
รายการอ้างอิง		100
บรรณานุกรม		101
ภาคผนวก		102
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์		108

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
ตารางที่ 1.1	แสดงตัวอย่างสัมประสิทธิ์การถดถอยร่วมที่ใช้ในการวิจัย.....	5
ตารางที่ 2.1	แสดงข้อมูลของการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์.....	12
ตารางที่ 3.1	แสดงตัวอย่างสัมประสิทธิ์การถดถอยร่วมที่ใช้ในการวิจัย.....	20
ตารางที่ 4.1	แสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11}=0.2$, $\beta_{21}=0.25$ 0.3 0.35 0.4 ตามลำดับ และ $\beta_{11}=0.3$, $\beta_{21}=0.375$ 0.45 ตามลำดับ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha=0.01$ และ 0.05 ตามลำดับ.....	28
ตารางที่ 4.2	แสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11}=0.3$, $\beta_{21}=0.525$ 0.6 ตามลำดับ และ $\beta_{11}=0.4$, $\beta_{21}=0.5$ 0.6 0.7 0.8 ตามลำดับ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha=0.01$ และ 0.05 ตามลำดับ.....	30
ตารางที่ 4.3	แสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11}=0.5$, $\beta_{21}=0.625$ 0.75 0.875 1.0 ตามลำดับ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha=0.01$ และ 0.05 ตามลำดับ.....	32
ตารางที่ 4.4	แสดงค่าอำนาจของการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11}=0.2$, $\beta_{21}=0.25$ 0.3 0.35 0.4 ตามลำดับ และ $\beta_{11}=0.3$, $\beta_{21}=0.375$ 0.45 ตามลำดับ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha=0.01$.....	36
ตารางที่ 4.4.1	แสดงค่าสัมพัทธ์ของอำนาจของการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11}=0.2$, $\beta_{21}=0.25$ 0.3 0.35 0.4 ตามลำดับ และ $\beta_{11}=0.3$, $\beta_{21}=0.375$ 0.45 ตามลำดับ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha=0.01$.....	37

ตาราง หน้า

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าอำนาจของการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11}=0.3$, $\beta_{21}=0.525$ 0.6 ตามลำดับ และ $\beta_{11}=0.4$, $\beta_{21}=0.5$ 0.6 0.7 0.8 ตามลำดับ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha=0.01$..... 46

ตารางที่ 4.5.1 แสดงค่าสัมพัทธ์ของอำนาจของการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11}=0.3$, $\beta_{21}=0.525$ 0.6 ตามลำดับ และ $\beta_{11}=0.4$, $\beta_{21}=0.5$ 0.6 0.7 0.8 ตามลำดับ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha=0.01$..... 47

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าอำนาจของการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11}=0.5$, $\beta_{21}=0.625$ 0.75 0.875 1.0 ตามลำดับ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha=0.01$..... 56

ตารางที่ 4.6.1 แสดงค่าสัมพัทธ์ของอำนาจของการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11}=0.5$, $\beta_{21}=0.625$ 0.75 0.875 1.0 ตามลำดับ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha=0.01$..... 57

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าอำนาจของการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11}=0.2$, $\beta_{21}=0.25$ 0.3 0.35 0.4 ตามลำดับ และ $\beta_{11}=0.3$, $\beta_{21}=0.375$ 0.45 ตามลำดับ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha=0.05$..... 64

ตารางที่ 4.7.1 แสดงค่าสัมพัทธ์ของอำนาจของการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11}=0.2$, $\beta_{21}=0.25$ 0.3 0.35 0.4 ตามลำดับ และ $\beta_{11}=0.3$, $\beta_{21}=0.375$ 0.45 ตามลำดับ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha=0.05$..... 65

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าอำนาจของการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11}=0.3$, $\beta_{21}=0.525$ 0.6 ตามลำดับ และ $\beta_{11}=0.4$, $\beta_{21}=0.5$ 0.6 0.7 0.8 ตามลำดับ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha=0.05$..... 74

ตาราง หน้า

ตารางที่ 4.8.1 แสดงค่าสัมพัทธ์ของอำนาจของการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11}=0.3$, $\beta_{21}=0.525$ 0.6 ตามลำดับ และ $\beta_{11}=0.4$, $\beta_{21}=0.5$ 0.6 0.7 0.8 ตามลำดับ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha=0.05$..... 75

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าอำนาจของการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11}=0.5$, $\beta_{21}=0.625$ 0.75 0.875 1.0 ตามลำดับ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha=0.05$..... 84

ตารางที่ 4.9.1 แสดงค่าสัมพัทธ์ของอำนาจของการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11}=0.5$, $\beta_{21}=0.625$ 0.75 0.875 1.0 ตามลำดับ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha=0.05$..... 85

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 4.4.1 เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.2$ โดยที่ $\beta_{21} = 0.25$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$..... 40

รูปที่ 4.4.2 เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.2$ โดยที่ $\beta_{21} = 0.3$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$..... 41

รูปที่ 4.4.3 เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.2$ โดยที่ $\beta_{21} = 0.35$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$..... 42

รูปที่ 4.4.4 เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.2$ โดยที่ $\beta_{21} = 0.4$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$..... 43

รูปที่ 4.4.5 เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.3$ โดยที่ $\beta_{21} = 0.375$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$..... 44

รูปที่ 4.4.6 เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.3$ โดยที่ $\beta_{21} = 0.45$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$..... 45

รูปที่ 4.5.1 เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.3$ โดยที่ $\beta_{21} = 0.525$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$..... 50

รูปที่ 4.5.2 เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.3$ โดยที่ $\beta_{21} = 0.6$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$..... 51

รูปที่ 4.5.3 เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.4$ โดยที่ $\beta_{21} = 0.5$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$..... 52

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 4.5.4 เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.4$ โดยที่ $\beta_{21} = 0.6$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$..... 53

รูปที่ 4.5.5 เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.4$ โดยที่ $\beta_{21} = 0.7$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$..... 54

รูปที่ 4.5.6 เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.4$ โดยที่ $\beta_{21} = 0.8$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$..... 55

รูปที่ 4.6.1 เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.5$ โดยที่ $\beta_{21} = 0.625$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$..... 60

รูปที่ 4.6.2 เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.5$ โดยที่ $\beta_{21} = 0.75$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$..... 61

รูปที่ 4.6.3 เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.5$ โดยที่ $\beta_{21} = 0.875$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$..... 62

รูปที่ 4.6.4 เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.5$ โดยที่ $\beta_{21} = 1.0$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$..... 63

รูปที่ 4.7.1 เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.2$ โดยที่ $\beta_{21} = 0.25$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$..... 68

รูปที่ 4.7.2 เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.2$ โดยที่ $\beta_{21} = 0.3$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$..... 69

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 4.7.3 เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.2$ โดยที่ $\beta_{21} = 0.35$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$..... 70

รูปที่ 4.7.4 เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.2$ โดยที่ $\beta_{21} = 0.4$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$..... 71

รูปที่ 4.7.5 เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.3$ โดยที่ $\beta_{21} = 0.375$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$..... 72

รูปที่ 4.7.6 เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.3$ โดยที่ $\beta_{21} = 0.45$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$..... 73

รูปที่ 4.8.1 เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.3$ โดยที่ $\beta_{21} = 0.525$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$..... 78

รูปที่ 4.8.2 เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.3$ โดยที่ $\beta_{21} = 0.6$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$..... 79

รูปที่ 4.8.3 เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.4$ โดยที่ $\beta_{21} = 0.5$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$..... 80

รูปที่ 4.8.4 เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.4$ โดยที่ $\beta_{21} = 0.6$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$..... 81

รูปที่ 4.8.5 เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.4$ โดยที่ $\beta_{21} = 0.7$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$..... 82

ภาพประกอบ		หน้า
รูปที่ 4.8.6	เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.4$ โดยที่ $\beta_{21} = 0.8$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$.....	83
รูปที่ 4.9.1	เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.5$ โดยที่ $\beta_{21} = 0.625$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$.....	88
รูปที่ 4.9.2	เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.5$ โดยที่ $\beta_{21} = 0.75$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$.....	89
รูปที่ 4.9.3	เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.5$ โดยที่ $\beta_{21} = 0.875$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$.....	90
รูปที่ 4.9.4	เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.5$ โดยที่ $\beta_{21} = 1.0$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$.....	91
รูปที่ 5.1	แสดงแผนผังผลสรุปการเลือกวิธีการทดสอบในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม โดยที่จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 2 เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยมีค่าไม่เท่ากัน.....	97
รูปที่ 5.2	แสดงแผนผังผลสรุปการเลือกวิธีการทดสอบในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม โดยที่จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 2 เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยมีค่าไม่เท่ากันในเชิงปฏิบัติ.....	98

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในการทดลองทุกประเภทมีวัตถุประสงค์ที่สำคัญข้อหนึ่ง คือ ต้องการข้อสรุปที่มีประสิทธิภาพ มีความถูกต้อง น่าเชื่อถือได้ ซึ่งการจะได้ข้อสรุปที่ดีนั้นผู้ทดลองจะต้องพยายามใช้วิธีการต่าง ๆ เพื่อควบคุมหรือลดความแปรปรวนในการทดลองให้มีน้อยที่สุด ซึ่งการควบคุมหรือลดความแปรปรวนดังกล่าว หากพิจารณาอย่างกว้าง ๆ จะจำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ การควบคุมทางตรง และการควบคุมโดยใช้วิธีการทางสถิติ

การควบคุมความแปรปรวนทางตรงสามารถทำได้โดยอาศัยเทคนิคต่าง ๆ ในการทดลอง เช่น ใช้หน่วยทดลอง (experimental unit) ต่าง ๆ ที่มีความแตกต่างกันน้อยที่สุด หรือหน่วยทดลองแต่ละหน่วยมีลักษณะสม่ำเสมอหรือคล้ายคลึงกัน (homogeneous) เลือกสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม การวัดผลการทดลองมีความรอบคอบและถูกต้อง อีกทั้งเครื่องมือในการวัดผลได้มาตรฐาน และวางแผนการทดลองที่เหมาะสม เป็นต้น แต่ในบางครั้งการควบคุมความแปรปรวนของแผนการทดลองทางตรงนั้นไม่สามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพเพียงพอ ในกรณีเช่นนี้ ผู้ทดลองควรใช้วิธีการทางสถิติเข้าช่วยในการวิเคราะห์และตีความหมายของข้อมูลเพื่อให้ได้ผลการทดลองที่มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะการทดสอบอิทธิพลของสิ่งทดลอง (treatment effect) หรือปัจจัยต่าง ๆ เมื่อมีการเก็บข้อมูลของหน่วยทดลองก่อนที่จะได้รับสิ่งทดลอง ซึ่งเราเรียกว่า ตัวแปรร่วม (covariate) X หลังจากนั้นเก็บข้อมูลของหน่วยทดลองเมื่อได้รับอิทธิพลของสิ่งทดลองแล้วซึ่งเราเรียกว่า ตัวแปรตาม Y ในกรณีเช่นนี้วิธีการทางสถิติที่เหมาะสมที่นิยมใช้ คือ การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (analysis of covariance (ANOCOVA))

การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเป็นเทคนิคที่ช่วยในการลดความคลาดเคลื่อนของการทดลอง (experimental error) และหาข้อสรุปในการทดสอบสมมติฐานของความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลอง ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะพบในการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านการเกษตร การแพทย์ และชีววิทยา โดยทั่วไปหากผู้ทดลองมีแหล่งความผันแปร (source of variation) ต่อหน่วยทดลองนอกเหนืออิทธิพลของสิ่งทดลอง หรือปัจจัยที่ต้องการทดสอบแล้ว ผู้ทดลองอาจแยกความผันแปรนั้นเป็นส่วนของบล็อกกรณีที่มีแหล่งเดียว หรือแยกเป็นความผันแปรในส่วนของแถว (row) และสดมภ์ (column) กรณีที่มี 2 แหล่ง ฯลฯ และการจัดบล็อกที่มีประสิทธิภาพนั้นควรเลือกปัจจัยบล็อกที่มีลักษณะเป็นปัจจัยไม่ต่อเนื่อง (discrete factor) หากปัจจัยความผันแปรดังกล่าวมี

ลักษณะเป็นปัจจัยต่อเนื่อง (continuous factor) ที่บอกถึงปริมาณการใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมจะมีประสิทธิภาพกว่าการนำปัจจัยต่อเนื่องนี้ไปจัดเป็นบล็อก

ในกรณีที่ผู้ทดลองมีปัจจัยที่สร้างความผันแปรให้กับหน่วยการทดลองก่อนการทดลองเป็นตัวเลขต่อเนื่องผู้ทดลองควรใช้เทคนิคการวิเคราะห์ความถดถอย (regression analysis) ผสมผสานกับการวิเคราะห์ความแปรปรวน วิธีนี้ใช้วัดตัวแปรเพิ่มขึ้นซึ่งเรียกว่า ตัวแปรร่วม (covariate หรือ concomitant variables) เพิ่มเติมจากการวัดตัวแปรตามที่สนใจศึกษา ตัวแปรร่วม (X) นี้เป็นตัวแปรที่มีผลต่อตัวแปรตาม (Y) ดังนั้นค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองจึงต้องมีการปรับด้วยค่าการถดถอยเนื่องจากอิทธิพลของตัวแปรร่วมนี้

จุดมุ่งหมายหลักในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม คือ ต้องการหาข้อสรุปว่าอิทธิพลของสิ่งทดลองแตกต่างกันหรือไม่ ซึ่งผลการวิเคราะห์จะถูกต้องตรงตามเป้าหมายก็ต่อเมื่อข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์มีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเท่านั้น แต่ถ้าข้อมูลขาดคุณสมบัติของข้อตกลงเบื้องต้นก็จะทำให้ผลการวิเคราะห์มีความคลาดเคลื่อนมากกว่าปกติ คุณสมบัติประการหนึ่งที่มักไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นและเป็นกรณีที่พบบ่อย ได้แก่ การที่สัมประสิทธิ์การถดถอยของแต่ละสิ่งทดลองมีค่าไม่เท่ากัน (heterogeneous regression slope) ซึ่งคุณสมบัติเช่นนี้แสดงให้ทราบว่าปัจจัยเหล่านั้นและตัวแปรร่วมเกิดอันตรกริยา (interaction) ถ้าข้อมูลไม่มีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นเช่นนี้ แต่ผู้ทดลองยังคงใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมอยู่ จะส่งผลกระทบให้ผลสรุปที่ได้มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ลดลง จากปัญหาที่เกิดขึ้นนี้เองผู้ทดลองจึงต้องการหาตัวสถิติทดสอบมาช่วยแก้ปัญหากรณีที่ข้อมูลไม่สอดคล้องกับ ข้อตกลงเบื้องต้นและได้มีผู้คิดค้นการทดสอบสำหรับกรณีเช่นนี้

ฮอลลิงค์เวิทธ์[1] (Hollingsworth) ได้เสนอวิธีการทดสอบโดยพิจารณาจากตัวแบบเชิงเส้น (linear models) ในการทดสอบความแตกต่างระหว่างสิ่งทดลองโดยใช้เส้นการถดถอย ที่จุด X = 0 ซึ่งจะสอดคล้องกับการทดสอบสมมติฐานในรูปแบบของ ANOCOVA เมื่อความชันเท่ากัน ฮอลลิงค์เวิทธ์ได้สรุปถึงความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1(P(Type I Error)) ควรจะเพิ่มขึ้นเมื่อความชันไม่เท่ากัน ฮุยทีมา[2] (Huitema ,1980 , p. 105) ได้กล่าวถึงข้อสรุปของฮอลลิงค์เวิทธ์ว่าสามารถประยุกต์ใช้กับกรณีศึกษาเมื่อค่าคาดหวังของความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรร่วมเท่ากับศูนย์

---

[1] Wu, Y. The effects of heterogeneous regression slopes on the robustness of two test statistics in the analysis of covariance. Educational and Psychological Measurement 44(1984) : 647-663.

[2] Huitema, B.E. The analysis of covariance and alternatives. New York : John Wiley, 1980, 105.

จอห์นสันและเนย์แมน[3] (Johnson and Neyman) ได้กล่าวถึงวิธีการทดสอบการเท่ากันของความชันของสมการถดถอย (homogeneity of regression slopes test) คล้ายกับการทดสอบอิทธิพลร่วมกันของปัจจัย A และปัจจัย B ในการวิเคราะห์ 2 ปัจจัยพร้อมกัน (two – factor ANOVA) ซึ่งสิ่งที่สนใจเหมือนกันก็คือ ระดับของปัจจัย B ที่มีผลกระทบต่อปัจจัย A (และ/หรือ ระดับของ A ที่มีผลกระทบต่อปัจจัย B) จอห์นสันและเนย์แมนเสนอตัวสถิติทดสอบโดยภาพรวมที่พิจารณาจากการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายของแต่ละสิ่งทดลองแล้วทดสอบผลต่างของเส้นการถดถอย โดยพิจารณาจากค่าต่ำสุดของความคลาดเคลื่อนของการทดสอบ ซึ่งตัวสถิติทดสอบของจอห์นสันและเนย์แมนสามารถประยุกต์ใช้โดยการกำหนดช่วงของ X ที่ทำให้ค่าของตัวแปรตามในแต่ละกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เพราะฉะนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาและเปรียบเทียบวิธีทดสอบทั้ง 2 วิธีในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของแต่ละสิ่งทดลองมีค่าไม่เท่ากัน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการทดสอบในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเมื่อพบว่าสัมประสิทธิ์การถดถอยไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น กล่าวคือ สัมประสิทธิ์การถดถอยของแต่ละสิ่งทดลองมีค่าไม่เท่ากัน โดยการพิจารณาตัวสถิติทดสอบ 2 วิธี คือ วิธีทดสอบโดยใช้เส้นการถดถอย ที่จุด X = 0 (Hollingsworth F – test statistic (วิธี HF)) และวิธีทดสอบผลต่างของเส้นการถดถอยโดยพิจารณาจากค่าต่ำสุดของความคลาดเคลื่อนของการทดสอบ (Johnson – Neyman test statistic (วิธี JN)) โดยพิจารณาเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 (P(Type I Error)) และอำนาจของการทดสอบ (power of the test)

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1. ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของแต่ละสิ่งทดลองมีค่าไม่เท่ากัน วิธี JN จะมีอำนาจการทดสอบสูงกว่าวิธี HF
2. ขนาดตัวอย่าง ผลต่างของสัมประสิทธิ์การถดถอย จะมีผลทำให้ค่าอำนาจการทดสอบต่างกัน

---

[3] Rogosa, D. Comparing nonparallel regression line. Psychological Bulletin 88(1980) : 307-321.

1.4 ข้อตกลงเบื้องต้นในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

1. พิจารณาตัวแบบ (model) ที่มี 1 ตัวแปรร่วม ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

(1.1) $$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_{1i}\left(x_{ij} - \bar{x}_{..}\right) + \varepsilon_{ij} \quad ; \; i = 1, 2, \ldots, t$$
$$j = 1, 2, \ldots, n_i$$

เมื่อ t หมายถึงจำนวนสิ่งทดลอง

n_i หมายถึงขนาดตัวอย่างในสิ่งทดลองที่ i

y_{ij} หมายถึงค่าสังเกตของตัวแปรตามจากหน่วยทดลองที่ j ในสิ่งทดลองที่ i

μ หมายถึงค่าเฉลี่ยของประชากร

τ_i หมายถึง อิทธิพลของสิ่งทดลองที่ i

β_{1i} หมายถึง สัมประสิทธิ์การถดถอยของ y บน x ของสิ่งทดลองที่ i

$x_{ij} - \bar{x}_{..}$ หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนของตัวแปรร่วมที่ j จากค่าเฉลี่ยทั้งหมดของตัวแปรร่วม

และ ε_{ij} หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนของการทดลองจากหน่วยที่ j ในสิ่งทดลองที่ i

2. วิธีสุ่ม (randomization) หมายถึง การเลือกหน่วยทดลองจากประชากรต้องเป็นไปโดยสุ่ม และการเลือกหน่วยทดลองให้กับสิ่งทดลองต้องเป็นไปโดยสุ่มและเป็นอิสระซึ่งกันและกัน

3. τ_i เป็นอิทธิพลของสิ่งทดลอง (treatment effect) ที่ i โดยที่ $\sum_{i=1}^{t} \tau_i = 0$

4. ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรร่วม (covariate) และตัวแปรตามจะมีความสัมพันธ์เชิงเส้น (linearity)

5. ค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยแต่ละสิ่งทดลองมีค่าเท่ากัน

6. ตัวแปรร่วม x ซึ่งเป็นตัวแปรอิสระ ถือว่าไม่ได้รับอิทธิพลของสิ่งทดลอง และการวัดไม่มีความคลาดเคลื่อน

7. อิทธิพลของสิ่งทดลองและสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ เป็นแบบบวก (additive) กล่าวคือ ผลที่ได้จากองค์ประกอบต่าง ๆ สามารถแยกเป็นส่วน ๆ ที่เป็นอิสระต่อกันและรวมกันได้

8. ความคลาดเคลื่อนของการทดลองเป็นตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่องที่มีการแจกแจงแบบเดียวกันและเป็นอิสระซึ่งกันและกัน และมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ยเป็น 0 และมีค่าความแปรปรวนเป็น σ^2

ในทางปฏิบัติผู้วิจัยมักประสบปัญหาที่ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของสิ่งทดลองมีค่าไม่เท่ากัน ดังนั้นการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลองในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมแบบสมบูรณ์กรณีปกติจะไม่เหมาะสม เนื่องจากมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นจากข้อตกลง

เบื้องต้นในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงทำการศึกษาปัญหาที่ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของสิ่งทดลองมีค่าไม่เท่ากัน โดยกำหนดขอบเขตของการวิจัย ดังนี้

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1. ตัวแบบ (model) ที่ใช้ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ เป็นแบบอิทธิพลกำหนด (fixed effect model) ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design (CRD))

2. กำหนดจำนวนกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 2 กลุ่ม

3. ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นดังนี้ (10 , 10)* , (10 , 20) , (10 , 30) , (20 , 20) , (20 , 30) , (30 , 30)

4. กำหนดสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 1 เป็น 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 2 กำหนดให้มีค่าเพิ่มขึ้นจากค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 1 คิดเป็น 25% , 50% , 75% และ 100% ซึ่งแสดงตัวอย่างสัมประสิทธิ์การถดถอยร่วมที่ใช้ในการวิจัย แสดงในตารางที่ 1.1 ดังนี้

ตารางที่ 1.1 แสดงตัวอย่างสัมประสิทธิ์การถดถอยร่วมที่ใช้ในการวิจัย

β_{11}	β_{12}			
	25%	50%	75%	100%
0.2	0.25	0.3	0.35	0.4
0.3	0.375	0.45	0.525	0.6
0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
0.5	0.625	0.75	0.875	1.0

5. กำหนดลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อนที่นำมาทดสอบโดยมีค่าเฉลี่ยของประชากร (μ) เท่ากับ 0 และมีความแปรปรวนของประชากร (σ^2) เท่ากันทุกกลุ่มเป็น 100 (ค่าความแปรปรวนเท่ากับ 100 ไม่มีผลต่อความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 (เลิศสรรพ์ เมฆสุต , 2530))

6. พิจารณาระดับนัยสำคัญของการทดสอบ 2 ระดับ คือ $\alpha = 0.01$ และ 0.05

7. การจำลองกระทำซ้ำ ๆ กัน 1,000 ครั้งในแต่ละสถานการณ์ของการทดลอง

---

* (10 , 10) หมายถึง ขนาดตัวอย่างของกลุ่มที่ 1 เท่ากับ 10 และกลุ่มที่ 2 เท่ากับ 10

1.6 เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ

การพิจารณาได้ดำเนินการเป็น 2 ขั้นตอน คือ

1. พิจารณาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 โดยใช้ค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 จากการทดลองในแต่ละสถานการณ์ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้เกณฑ์ของแบรดเลย์ (Bradley) ดังนี้

- ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$ ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 จะต้องมีค่าอยู่ในช่วงปิด $[0.005 , 0.015]$
- ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 จะต้องมีค่าอยู่ในช่วงปิด $[0.025 , 0.075]$

2. พิจารณาค่าอำนาจการทดสอบ นั่นคือ ทำการศึกษาเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบระหว่างวิธีการทดสอบทั้งสองวิธีในสถานการณ์ที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้เท่านั้น

1.7 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาวิธีการทดสอบความแตกต่างระหว่างสิ่งทดลองในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม และเขียนโปรแกรมจำลองค่าสังเกตของตัวแปรในตัวแบบที่ต้องการศึกษารวมทั้งโปรแกรมสำหรับการคำนวณสถิติทดสอบสมมติฐานของแต่ละวิธี ดังนี้

ก) วิธี JN

ข) วิธี HF

2. ศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และอำนาจทดสอบของวิธีทดสอบสมมติฐานในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมทั้งสองวิธี ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้จากการจำลองโดยเทคนิคมอนติคาโล (Monte Carlo Technique) กระทำซ้ำ 1,000 ครั้ง ในแต่ละสถานการณ์

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้วิจัยสามารถเลือกใช้ตัวสถิติทดสอบผลกระทบของสิ่งทดลองของแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมได้อย่างเหมาะสมเมื่อข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับข้อจำกัดของสมการถดถอยในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

2. เพื่อช่วยให้ผู้วิจัยสามารถทำการวิเคราะห์ข้อมูลได้ข้อสรุปที่ถูกต้องในการเลือกใช้วิธีทดสอบในสถานการณ์ต่าง ๆ

1.9 คำจำกัดความต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิจัย

สิ่งทดลอง (treatment) หมายถึงปัจจัยที่ใช้ศึกษาทดลอง

ตัวแปรตาม (dependent variable (y)) หมายถึงค่าของหน่วยทดลองที่วัดได้หลังจากที่หน่วยทดลองได้รับอิทธิพลของสิ่งทดลองแล้ว

ตัวแปรร่วม (covariate หรือ concomitant variable (x)) หมายถึงค่าของหน่วยทดลองที่วัดได้ก่อนที่หน่วยทดลองจะได้รับอิทธิพลของสิ่งทดลอง ซึ่งเป็นค่าของตัวแปรที่แฝงมากับหน่วยทดลอง

ความผิดพลาดแบบที่ 1 (type I Error) คือความผิดพลาดที่เกิดจากการปฏิเสธสมมติฐานว่าง (null hypothesis (H_0)) เมื่อสมมติฐานว่างนั้นเป็นจริง

ความผิดพลาดแบบที่ 2 (type II Error) คือความผิดพลาดที่เกิดจากการยอมรับสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างนั้นไม่จริง

อำนาจการทดสอบ (Power of the test) คือความน่าจะเป็นที่จะปฏิเสธสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างนั้นไม่จริง

บทที่ 2
ทฤษฎีและสถิติที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ต้องการศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบสมมติฐานในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม โดยต้องการเปรียบเทียบวิธีทดสอบของฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (วิธี HF) กับวิธีทดสอบจอห์นสันและเนย์แมน (วิธี JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของแต่ละสิ่งทดลองมีค่าไม่เท่ากัน ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียด วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของแผนการทดลองแบบสุ่มสมบรูณ์ (analysis of covariance of completely randomized design) และรายละเอียดของวิธีการทดสอบทั้ง 2 วิธี ซึ่งจะได้กล่าวรายละเอียดต่อไป

2.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของแผนการทดลองแบบสุ่มสมบรูณ์

การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ทดสอบสมมติฐานเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสิ่งทดลอง (treatment) โดยนำหลักการของการวิเคราะห์ความแปรปรวนกับการวิเคราะห์ความถดถอยเข้าด้วยกันโดยมีการวัดตัวแปรที่ร่วมมากับหน่วยทดลอง ซึ่งตัวแปรร่วมนี้จะเป็นแหล่งความแปรปรวนที่มิได้ควบคุมด้วยการทดลองและเชื่อว่ามีผลต่อตัวแปรตาม ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมนี้จะเป็นการปรับผลการทดลองโดยขจัดส่วนที่มิได้ควบคุมอันเป็นผลมาจากตัวแปรร่วมออกไป

ตัวแบบการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแผนการทดลองแบบสุ่มสมบรูณ์เป็นดังนี้

(2.1) $$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad ; \quad i = 1,2,\ldots,t \quad j = 1,2,\ldots,n_i$$

ในการวิเคราะห์ตัวแปรร่วม เมื่อตัวแปรร่วมมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับตัวแปรตาม มีตัวแบบเป็นเส้นถดถอยดังนี้

(2.2) $$y_{ij} = \mu + \beta_{1i}\left(x_{ij} - \bar{x}_{..}\right) + \varepsilon_{ij} \quad ; \quad i = 1,2,\ldots,t \quad j = 1,2,\ldots,n_i$$

จาก (2.1) และ (2.2) จะได้ว่า

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_{1i}\left(x_{ij} - \bar{x}_{..}\right) + \varepsilon_{ij} \quad ; \quad i = 1,2,\ldots,t \quad j = 1,2,\ldots,n_i$$

เมื่อ t หมายถึง จำนวนสิ่งทดลอง

n_i หมายถึง ขนาดตัวอย่างในสิ่งทดลองที่ i

y_{ij} หมายถึง ค่าสังเกตของตัวแปรตามจากหน่วยทดลองที่ j ในสิ่งทดลองที่ i

μ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของประชากร

τ_i หมายถึง อิทธิพลของสิ่งทดลองที่ i

β_{1i} หมายถึง สัมประสิทธิ์การถดถอยของ y บน x ของสิ่งทดลองที่ i

$x_{ij} - \bar{x}_{..}$ หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนของตัวแปรร่วมที่ j จากค่าเฉลี่ยทั้งหมดของตัวแปรร่วม

และ ε_{ij} หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนของการทดลองจากหน่วยที่ j ในสิ่งทดลองที่ i

ในการวิจัยครั้งนี้จะพิจารณาตัวแบบและตัวสถิติ ดังนี้

(2.3) $$y_{ij} = \lambda_i^* + \beta_{1i}\left(x_{ij} - \bar{x}_{..}\right) + \varepsilon_{ij} \quad ; \quad \lambda_i^* = \mu + \tau_i$$

เมื่อทำการปรับพารามิเตอร์เราจะได้ว่า

(2.4) $$y_{ij} = \lambda_i + \beta_{1i}\left(x_{ij} - \bar{x}_{i.}\right) + \varepsilon_{ij} \quad ; \quad \lambda_i = \lambda_i^* + \beta_{1i}\left(\bar{x}_{i.} - \bar{x}_{..}\right)$$

ซึ่งเขียนได้ในรูปของตัวแบบเชิงเส้น

(2.5) $$\underset{\sim}{y} = X\underset{\sim}{\beta} + \underset{\sim}{\varepsilon}$$

เมื่อ $\underset{\sim}{y}$ แทนเวกเตอร์ของค่าสังเกตหรือตัวแปรตามซึ่งมีขนาด n x 1 ; $n = \sum_{i=1}^{t} n_i$

X แทนเมตริกซ์ของตัวแปรอิสระซึ่งมีขนาด n x 2t

$\underset{\sim}{\beta}$ แทนเวกเตอร์ของสัมประสิทธิ์การถดถอยซึ่งมีขนาด 2t x 1

และ $\underset{\sim}{\varepsilon}$ แทนเวกเตอร์ของค่าความคลาดเคลื่อนที่มีขนาด n x 1

$$\underset{\sim}{y} = \begin{bmatrix} \underset{\sim}{y}_1 \\ \underset{\sim}{y}_2 \\ \vdots \\ \underset{\sim}{y}_t \end{bmatrix} \begin{matrix} n_1 \\ n_2 \\ \vdots \\ n_t \end{matrix} \quad , \quad \underset{\sim}{\beta} = \left(\lambda_1, \ \beta_{11}, \ \lambda_2, \ \beta_{12}, \ \cdots, \lambda_t, \ \beta_{1t}\right)'$$

$$X = \begin{bmatrix} 1 & (x_{1j} - \bar{x}_{1.}1) & 0 & 0 & \cdots & \cdots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & (x_{2j} - \bar{x}_{2.}1) & & & \vdots & \vdots & \\ \vdots & \vdots & & & & & & & \\ & & & & \ddots & & 0 & 0 & \\ 0 & 0 & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & 0 & 1 & (x_{tj} - \bar{x}_{t.}1) \end{bmatrix} \begin{matrix} n_1 \\ n_2 \\ \vdots \\ \\ n_t \end{matrix}$$

$$\varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \\ \varepsilon_t \end{bmatrix} \begin{matrix} n_1 \\ n_2 \\ \vdots \\ \\ n_t \end{matrix}$$

วิธีการประมาณพารามิเตอร์จะใช้วิธีกำลังสองน้อยสุด (Least Squares method) ซึ่งมีหลักการในการประมาณพารามิเตอร์ คือ ทำให้ผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (Sum Square Error หรือ SSE) มีค่าน้อยสุด ซึ่งแสดงรายละเอียดดังนี้

"สมมติว่าเราต้องการประมาณ $y \in R^n$ โดยเวกเตอร์ของการประมาณ อยู่ในรูปของ $\hat{y}_1 = X\beta$ เมื่อ $X_{n\times 2t}$ เป็นเมตริกซ์คงที่และ β เป็นเวกเตอร์ของพารามิเตอร์ซึ่งจะทำให้ค่าระยะทางกำลังสองมีค่าน้อยที่สุด กล่าวคือ เลือกค่า β ซึ่งทำให้

$$\begin{aligned} \{d(y, \hat{y}_1)\}^2 &= (y - \hat{y}_1)'(y - \hat{y}_1) \\ &= (y - X\beta)'(y - X\beta) \\ &= f(\beta) \end{aligned}$$

มีค่าน้อยที่สุด ซึ่งค่าของ β ดังกล่าวจะได้จากการหาอนุพันธ์รวม (total differential) แล้วกำหนดให้เท่ากับ 0 กล่าวคือ

$$\begin{aligned} df &= (-X\,d\beta)'(y - X\beta) + (y - X\beta)'(-X\,d\beta) \\ &= -2(y - X\beta)'X\,d\beta = 0 \end{aligned}$$

ค่า $df = 0$ ณ ค่า $\hat{\beta}$ ของ β จะสอดคล้องกับสมการ

$$(y - X\beta)'X = 0'$$

นั่นคือ $$X'X\hat{\beta} = X'y$$

ซึ่งเราเรียกสมการนี้ว่าสมการปกติ (normal equation) สำหรับค่า $\hat{\beta}$"[1] และจะหาตัวประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณได้ดังนี้

(2.6) $$\hat{\beta} = (X'X)^{-1}X'y$$

ตัวประมาณในสมการ (2.6) มีคุณสมบัติเป็นตัวประมาณไม่เอนเอียงของ β กล่าวคือ

$$\begin{aligned} E(\hat{\beta}) &= E[(X'X)^{-1}X'y] \\ &= E[(X'X)^{-1}X'(X\beta+\varepsilon)] \\ &= E[(X'X)^{-1}X'X\beta+(X'X)^{-1}X'\varepsilon)] \\ &= E(\beta)+(X'X)^{-1}X'E(\varepsilon) \\ &= \beta \end{aligned}$$

ตัวประมาณ $\hat{\beta}$ ในสมการ (2.6) ที่ได้จากการประมาณค่าด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดเป็นตัวประมาณไม่เอนเอียง ซึ่งมีความแปรปรวนต่ำสุดในบรรดาตัวประมาณไม่เอนเอียงทั้งหลาย

กรณีทั่วไปในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมแบบสมบูรณ์จะต้องมีการทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นที่สำคัญก่อน นั่นคือ การทดสอบสัมประสิทธิ์การถดถอยของทุกสิ่งทดลองต้องมีค่าเท่ากัน จากนั้นจึงทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลอง

การทดสอบสมมติฐาน เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลอง ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมแบบสมบูรณ์ จะพิจารณาตัวแบบและตัวสถิติดังนี้

ตัวแบบเต็มรูป (full model)

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta(x_{ij} - \bar{x}_{..}) + \varepsilon_{ij} \quad ; \quad i = 1,2,\ldots,t$$
$$j = 1,2,\ldots,n_i$$

ตัวแบบลดรูป (reduced model)

$$y_{ij} = \mu + \beta(x_{ij} - \bar{x}_{..}) + \varepsilon_{ij} \quad ; \quad i = 1,2,\ldots,t$$
$$j = 1,2,\ldots,n_i$$

---

[1] ธีระพร วีระถาวร , ตัวแบบเชิงเส้น : ทฤษฎีและการประยุกต์ (กรุงเทพ ฯ : วิทยพัฒน์ , 2541), หน้า 56 -57.

สมมติฐานในการทดสอบ

H_0 : ไม่มีความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลอง $(\tau_1 = \tau_2 = \ldots = \tau_t = 0)$ เทียบกับ H_1 : มีสิ่งทดลองอย่างน้อยที่สุด 2 สิ่งทดลองที่มีความแตกต่างกัน

ตัวสถิติที่ใช้ทดสอบ คือ $F = \dfrac{(SSF - SSR)/(t-1)}{(SST - SSF)/(n-t-q)}$

เมื่อ SSF คือ ผลบวกกำลังสองของการประมาณของตัวแบบเต็มรูป

SSR คือ ผลบวกกำลังสองของการประมาณของตัวแบบลดรูป

SST คือ ผลบวกกำลังสองรวม

และ n คือ จำนวนหน่วยตัวอย่างทั้งหมดซึ่งเท่ากับ $\sum_{i=1}^{t} n_i$

<u>เกณฑ์ในการตัดสินใจ</u>

จะปฏิเสธสมมติฐานหลักเมื่อค่าสถิติ F ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่าที่ได้จากการเปิดตาราง F ณ ระดับความเป็นเสรี (ร.ส.) เท่ากับ (t-1) และ (N - t - q) ณ ระดับนัยสำคัญ α เมื่อ q คือ จำนวนตัวแปรร่วม (ซึ่งงานวิจัยครั้งนี้ใช้ q = 1)

<u>ตาราง 2.1 แสดงข้อมูลของการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์</u>

ค่าสังเกตที่	สิ่งทดลองที่ 1		สิ่งทดลองที่ 2		. . .	สิ่งทดลองที่ t	
	y	x_1	y	x_2		y	x_t
1	y_{11}	x_{11}	y_{21}	x_{21}		y_{t1}	x_{t1}
2	y_{12}	x_{12}	y_{22}	x_{22}		y_{t2}	x_{t2}
.	.	.	.	.		.	.
.	.	.	.	.		.	.
.	.	.	.	.		.	.
n_i	y_{1n_1}	x_{1n_1}	y_{2n_2}	x_{2n_2}		y_{tn_t}	x_{tn_t}

แต่ถ้าเกิดการทดสอบสัมประสิทธิ์การถดถอยของทุกสิ่งทดลองพบว่า มีค่าไม่เท่ากันแล้ว การทดสอบสมมติฐานเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลองในการ

วิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมแบบสมบรูณ์ดังกล่าวข้างต้นนั้นจะไม่เหมาะสม เนื่องจากมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นอันเป็นผลมาจากตัวแบบข้างต้นใช้สัมประสิทธิ์การถดถอยกรณีที่มีค่าเท่ากัน

ดังนั้นการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลองเมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยมีค่าไม่เท่ากันนั้นจะเห็นได้ว่า อิทธิพลของสิ่งทดลองนั้นจะประมาณค่าได้จากความแตกต่างระหว่างเส้นการถดถอยที่ได้และจะมีค่าแปรผันตามค่าของตัวแปรร่วม ดังนั้นการประมาณอิทธิพลของสิ่งทดลองโดยภาพรวม สามารถประมาณได้โดยกระบวนการเลือกค่าตัวแปรร่วมประมาณความแตกต่างระหว่างเส้นการถดถอยที่ได้จากปัญหาที่เกิดขึ้นนี้เอง ผู้วิจัยจึงต้องการหาตัวสถิติทดสอบมาช่วยแก้ปัญหากรณีที่ข้อมูลไม่สอดคล้องกับข้อตกลงเบื้องต้นซึ่งได้มีผู้คิดค้นการทดสอบสำหรับกรณีเช่นนี้ ในการวิจัยครั้งนี้จะพิจารณาจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 2 กลุ่ม ซึ่งรายละเอียดสำหรับวิธีการทดสอบ มีดังนี้

2.2 ตัวสถิติทดสอบของฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (Hollingsworth F – Test Statistic)

เป็นตัวสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลองในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมสำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยการทดสอบความแตกต่าง เมื่อค่าของ $x = 0$ ซึ่งรายละเอียดของการทดสอบเป็นดังนี้

สมมติฐานการทดสอบ

H_0 : ไม่มีความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลอง ($\tau_1 = \tau_2 = 0$*)
เทียบกับ H_1 : สิ่งทดลอง 2 สิ่งทดลองมีความแตกต่างกัน

ตัวสถิติทดสอบของฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ

1. ทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ ($\hat{\beta}$) โดยวิธีกำลังสองน้อยสุด
2. คำนวณค่า SSE จากค่าประมาณที่ได้จากวิธีกำลังสองน้อยสุด
3. คำนวณตัวสถิติทดสอบจากสูตร

---

*จุดประสงค์ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมก็เพื่อต้องการเปรียบเทียบว่า อิทธิพลที่เกิดจากสิ่ง ทดลองแตกต่างกันหรือไม่ ดังนั้นสมมติฐานว่าง (H_0) ที่ทดสอบ คือ ไม่มีความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลอง นั่นคือ $\mu_i = \mu$ (โดยที่ $\mu_i = \mu + \tau_i$) ซึ่งแสดงว่าสิ่งทดลองที่นำมาใช้ไม่มีอิทธิพลต่อหน่วยทดลอง และจากข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมกำหนดให้ $\sum_i \tau_i = 0$ ดังนั้น จึงเขียนสมมติฐานที่กำหนดในรูปของอิทธิพลของสิ่งทดลองได้ว่า $\tau_i = 0$

$$F_H = \frac{(L'\underset{\sim}{\hat{\beta}})(L'(X'X)^{-1}L)^{-1}(L'\underset{\sim}{\hat{\beta}})/(t-1)}{SSE/(n-tq-t)}$$

เมื่อ t แทนจำนวนของสิ่งทดลอง (ในกรณีนี้ใช้ t = 2)

q แทนจำนวนของตัวแปรร่วม (ในกรณีนี้ใช้ q = 1)

X แทนเมตริกซ์ของค่าเบี่ยงเบนของตัวแปรร่วม จากค่าเฉลี่ยตัวแปรร่วมของสิ่งทดลองที่ i ซึ่งมีขนาด $n \times 2t$

L แทนเวกเตอร์ของการทดสอบ

$$\underset{\sim}{\hat{\beta}} = (X'X)^{-1}X'\underset{\sim}{y}$$

และ $SSE = \underset{\sim}{y}'[I_{n\times n} - X(X'X)^{-1}X']\underset{\sim}{y}$

โดยที่

$$\underset{\sim}{y} = \begin{bmatrix} \underset{\sim}{y_1} \\ \underset{\sim}{y_2} \end{bmatrix} \begin{matrix} n_1 \\ n_2 \end{matrix} \quad , \quad X = \begin{bmatrix} \underset{\sim}{1} & (\underset{\sim 1j}{x} - \underset{\sim}{\bar{x}}_{1.}\underset{\sim}{1}) & \underset{\sim}{0} & \underset{\sim}{0} \\ \underset{\sim}{0} & \underset{\sim}{0} & \underset{\sim}{1} & (\underset{\sim 2j}{x} - \underset{\sim}{\bar{x}}_{2.}\underset{\sim}{1}) \end{bmatrix} \begin{matrix} n_1 \\ n_2 \end{matrix}$$

$$L = (1,\ 0,\ -1,\ 0)' \quad \text{และ} \quad \underset{\sim}{\hat{\beta}} = (\hat{\lambda}_1,\ \hat{\beta}_{11},\ \hat{\lambda}_2,\ \hat{\beta}_{12})'$$

<u>เกณฑ์ในการตัดสินใจ</u>

จะปฏิเสธสมมติฐานว่าง (H_0) เมื่อค่าสถิติ F_H ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่าที่ได้จากการเปิดตาราง F ณ ระดับความเป็นเสรี (ร.ส.) เท่ากับ (t –1) และ (N– tq – t) ณ ระดับนัยสำคัญเท่ากับ α

2.3 **ตัวสถิติทดสอบของจอห์นสันและเนย์แมน (Johnson – Neyman Test Statistic)**

เป็นตัวสถิติทดสอบที่พิจารณาทั้งความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลองและความแตกต่างของสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรร่วม เราสามารถใช้ตัวสถิติทดสอบของจอห์นสันและเนย์แมนพิจารณาความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลองเท่ากับ 2 สิ่งทดลอง ซึ่งมีรายละเอียดของการทดสอบเป็นดังนี้

สมมติฐานการทดสอบ

H_0 : ไม่มีความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลอง $(\tau_1 = \tau_2 = 0)$

เทียบกับ H_1 : สิ่งทดลอง 2 สิ่งทดลองมีความแตกต่างกัน

ตัวสถิติทดสอบของจอห์นสันและเนย์แมน

ตัวสถิติทดสอบของจอห์นสันและเนย์แมนพิจารณาตัวแบบการถดถอยของแต่ละกลุ่มตัวอย่างดังนี้

(2.7) $$y_j = \gamma_1 + \beta_{11}x_j + \varepsilon_j \quad ; \quad j = 1, 2, \ldots, n_1$$

(2.8) $$y_j = \gamma_2 + \beta_{12}x_j + \varepsilon_j \quad ; \quad j = n_1 + 1, 2, \ldots, n$$

กำหนดให้ความแตกต่างระหว่างเส้นการถดถอยของประชากร เมื่อพิจารณาจากค่า x โดยแทนด้วย

(2.9) $$\Delta(x) = \gamma_1 - \gamma_2 + (\beta_{11} - \beta_{12})x$$

จากสมการที่ (2.7), (2.8) สามารถเขียนใหม่โดยใช้ตัวแปรเทียม (dummy variable T) ดังนั้นจะได้ว่า

(2.10) $$y_j = \beta_1 + \beta_2 T_j + \beta_3 x_j + \beta_4 T_j x_j + \varepsilon_j \quad ; \quad j = 1, 2, \ldots, n$$

โดยที่ $T_j = 1$ for $j = 1, 2, \ldots, n_1$

และ $T_j = 0$ for $j = n_1 + 1, 2, \ldots, n$

จะเห็นได้ชัดว่า $\beta_2 = \gamma_1 - \gamma_2$ และ $\beta_4 = \beta_{11} - \beta_{12}$ ดังนั้น

$$\Delta(x) = \beta_2 + \beta_4 x$$

เนื่องจากข้อตกลงเบื้องต้น ε_j จ.ม.อ. $N(0, \sigma^2)$ ดังนั้นการแจกแจงของ y เมื่อกำหนด x, T คือ $N(\beta_1 + \beta_2 T + \beta_3 x + \beta_4 Tx, \sigma^2)$ การประมาณพารามิเตอร์จากวิธีกำลังสองน้อยสุด (Ordinary Least Squares method) จะได้ตัวประมาณ $\hat{\gamma}, \hat{\beta}$ เพราะฉะนั้นความแตกต่างระหว่างเส้นการถดถอยของตัวอย่างเมื่อพิจารณาจากค่า x แทนโดย

$$D(x) = \hat{\gamma}_1 - \hat{\gamma}_2 + (\hat{\beta}_{11} - \hat{\beta}_{12})x = \hat{\beta}_2 + \hat{\beta}_4 x$$

เนื่องจากค่า s^2 เป็นตัวประมาณไม่เอนเอียงของ σ^2 โดยที่

$$s^2 = \frac{1}{n-4}\left(\sum_{j=1}^{n_A} \left(y_j - \hat{\gamma}_1 - \hat{\beta}_{11} x_j \right)^2 + \sum_{j=n_A+1}^{n} \left(y_j - \hat{\gamma}_2 - \hat{\beta}_{12} x_j \right)^2 \right)$$

จะได้ว่าการแจกแจงของ $\frac{(n-4)s^2}{\sigma^2} \sim \chi^2(n-4)$

และค่าความแปรปรวนร่วมของค่าประมาณพารามิเตอร์ใน (2.10) คือ

$$\sigma_{ii'} = \operatorname{cov}\left(\hat{\beta}_i, \hat{\beta}_{i'} \right), \quad i, i' = 1, \ldots, 4$$

และค่าประมาณค่า $\sigma_{ii'}$ แทนด้วย $\hat{s}_{ii'} = \hat{\operatorname{cov}}\left(\hat{\beta}_i, \hat{\beta}_{i'} \right), \quad i, i' = 1, \ldots, 4$

ในที่นี้จะพิจารณาความแปรปรวนร่วมของ $\hat{\beta}_2, \hat{\beta}_4$

$$\sigma_{22}^{\#} = \sigma^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} + \frac{\bar{x}_1^2}{SSX_1} + \frac{\bar{x}_2^2}{SSX_2} \right)$$

$$\sigma_{44} = \sigma^2 \left(\frac{1}{SSX_1} + \frac{1}{SSX_2} \right)$$

$$\sigma_{24} = -\sigma^2 \left(\frac{\bar{x}_1}{SSX_1} + \frac{\bar{x}_2}{SSX_2} \right)$$

โดยที่ $SSX_1 = \sum_{j=1}^{n_1} \left(x_j - \bar{x}_1 \right)^2, \quad SSX_2 = \sum_{j=n_1+1}^{n} \left(x_j - \bar{x}_2 \right)^2$

ภายใต้ตัวแบบการถดถอย (2.9) $D(x)$ เป็นตัวประมาณเชิงเส้นไม่เอนเอียงของ $\Delta(x)$ และการแจกแจงของ $D(x) \sim N\left(\Delta(x), \sigma_{D(x)}^2 \right)$

โดยที่

$$\sigma_{D(x)}^2 = \sigma^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} + \frac{(x - \bar{x}_1)^2}{SSX_2} + \frac{(x - \bar{x}_1)^2}{SSX_2} \right)$$

พิจารณา $S_{D(x)}^2$ เป็นตัวประมาณที่ไม่เอนเอียงของ $\sigma_{D(x)}^2$ ดังนั้น $\frac{(n-4)S_{D(x)}^2}{\sigma_{D(x)}^2} \sim \chi^2(n-4)$

[#] Rogosa, D. Comparing nonparallel regression line. Psychological Bulletin 88(1980) : 307-321.

จาก $\sigma^2_{D(x)}$ จะทำการหาอนุพันธ์ของ $\sigma^2_{D(x)}$ พบว่า Ca มีคุณสมบัติทำให้ $D(x)$ มีค่า $\sigma^2_{D(x)}$ น้อยที่สุดเท่ากับ $\sigma^2_{D(Ca)}$ ซึ่ง

$$\sigma^2_{D(Ca)} = \sigma^2\left(\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2}+\frac{(\bar{x}_1-\bar{x}_2)^2}{SSX_1+SSX_2}\right)$$

เมื่อ $Ca = \dfrac{\bar{x}_1 SSX_2 + \bar{x}_2 SSX_1}{SSX_1 + SSX_2}$

และการทดสอบสมมติฐานว่าง H_0 : ไม่มีความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลอง $(\Delta(Ca)=0)$ คือ

$$F_{JN} = \frac{[D(Ca)]^2}{S^2_{D(Ca)}}$$

<u>เกณฑ์ในการตัดสินใจ</u>

จะปฏิเสธสมมติฐานว่าง (H_0) เมื่อค่าสถิติ F_{JN} ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่าที่ได้จากการเปิดตาราง F ณ ระดับความเป็นเสรี (ร.ส.) เท่ากับ 1 และ (n – 4) ณ ระดับนัยสำคัญเท่ากับ α

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยมีค่าไม่เท่ากัน ระหว่างวิธีทดสอบของฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (วิธี HF) และวิธีทดสอบของจอห์นสันและเนย์แมน (วิธี JN) โดยจะศึกษาประสิทธิภาพของการทดสอบด้วยการพิจารณาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ การจำลองข้อมูลในสถานการณ์ต่าง ๆ ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นการจำลองโดยใช้เทคนิคการจำลองแบบมอนติคาร์โล (Simulation by Monte Carlo technique) ในการหาข้อสรุปของปัญหาที่ศึกษาตลอดจนใช้โปรแกรม S – plus ในการประมวลผล แผนการทดลองและขั้นตอนในการวิจัยรวมทั้งรายละเอียดเกี่ยวกับการทำงานของโปรแกรมที่ใช้ในการวิจัยจะนำเสนอในลำดับต่อไป

3.1 การจำลองข้อมูลด้วยวิธีมอนติคาร์โล[1] (Simulation by Monte Carlo Technique)

วิธีมอนติคาร์โลเป็นเทคนิคในการจำลองแบบทางคณิตศาสตร์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยมีการจำลองตัวเลขสุ่ม (random number) มาช่วยในการหาคำตอบของปัญหาที่ต้องการศึกษาซึ่งยังไม่แน่ใจผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น ซึ่งการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะใช้เทคนิคมอนติคาร์โล ในการสร้างข้อมูลที่มีลักษณะการแจกแจงตามที่ต้องการศึกษา โดยขั้นตอนที่สำคัญของการจำลองข้อมูล ด้วยวิธีมอนติคาร์โล มี 3 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 วิธีการสร้างเลขสุ่ม (method of generating random number)

การสร้างเลขสุ่มเป็นขั้นตอนที่สำคัญในวิธีมอนติคาร์โล ทั้งนี้เนื่องจากหลักการของวิธีมอนติคาร์โลนั้นจะใช้ตัวเลขสุ่มมาช่วยในการหาคำตอบของปัญหา ลักษณะของตัวเลขสุ่มที่ดีจะมีการแจกแจงสม่ำเสมอ (uniform distribution) ในช่วง [0, 1] และเป็นอิสระซึ่งกันและกัน จากนั้นนำเลขสุ่มที่ได้ไปสร้างตัวแปรสุ่มตามลักษณะการแจกแจงที่ต้องการศึกษา เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับปัญหานั้น ๆ

---

[1] นิทัสน์ สุขสุวรรณ , “การเปรียบเทียบวิธีการคัดเลือกสมการถดถอยที่ดีที่สุดภายใต้แนวทางของเบส์ในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ”,(วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2545),หน้า 44-46.

ขั้นตอนที่ 2 การประยุกต์ปัญหาที่ต้องการศึกษาโดยใช้เลขสุ่ม

ขั้นตอนนี้ขึ้นอยู่กับปัญหาที่ต้องการศึกษา ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ใช้เลขสุ่มในการหาคำตอบตามสูตรหรือการคำนวณในปัญหาที่ต้องการศึกษา บางปัญหาอาจใช้ตัวเลขสุ่มโดยตรง แต่บางปัญหาอาจใช้ตัวเลขสุ่มเพียงบางขั้นตอนของปัญหาเท่านั้น

ขั้นตอนที่ 3 การทดลองกระทำ

เมื่อประยุกต์ปัญหาที่ต้องการศึกษาโดยใช้ตัวเลขสุ่มแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการทดลองโดยใช้กระบวนการสุ่ม (random process) มาทดลองกระทำซ้ำ ๆ กัน(replication) จำนวนหลายครั้งเพื่อหาคำตอบของปัญหาที่ต้องการศึกษา ซึ่งการทำลองซ้ำ ๆ กันนั้นจะเป็นการช่วยลดความไม่แน่นอนของคำตอบได้

จากหลักการของวิธีมอนติคาร์โลจะเห็นได้ว่า การใช้เลขสุ่มเพื่อเป็นพื้นฐานในการหาคำตอบของปัญหาเป็นวิธีการที่จะนำไปสู่แนวคิดทางทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณ โดยเฉพาะทฤษฎีความน่าจะเป็นที่จะนำไปสู่การอ้างอิงผลสรุปในสถานการณ์ของข้อมูลจริง เพราะไม่มีผลกระทบจากปัจจัยอื่น ๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง ในการทดลองเมื่อกระทำซ้ำ ๆ กัน เป็นจำนวนมากแล้วความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่มที่เกิดขึ้น ในการวิเคราะห์หาค่าต่าง ๆ ในแต่ละครั้งจะหมดไป (counter balance)

3.2 แผนการดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ กำหนดสถานการณ์ต่าง ๆ สำหรับศึกษาความสามารถในการควบคุมน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธี HF และวิธี JN ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมดังนี้

3.2.1 กำหนดจำนวนกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 2 และขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นดังนี้ (10 , 10)[2] , (10 , 20) , (10 , 30) , (20 , 20) , (20 , 30) และ (30 , 30)

[2] (10 , 10) หมายถึง ขนาดตัวอย่างของกลุ่มที่ 1 เท่ากับ 10 และกลุ่มที่ 2 เท่ากับ 10

3.2.2 กำหนดสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 1 เป็น 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 2 กำหนดให้มีค่าเพิ่มขึ้นจากค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 1 คิดเป็น 25% , 50% , 75% และ 100% ซึ่งแสดงตัวอย่างสัมประสิทธิ์การถดถอยร่วมที่ใช้ในการวิจัย แสดงในตารางที่ 3.1 ดังนี้

ตารางที่ 3.1 แสดงตัวอย่างสัมประสิทธิ์การถดถอยร่วมที่ใช้ในการวิจัย

β_{11}	β_{12}			
	25%	50%	75%	100%
0.2	0.25	0.3	0.35	0.4
0.3	0.375	0.45	0.525	0.6
0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
0.5	0.625	0.75	0.875	1.0

(ทฤษฎีบทที่ 8.5.2[3]

ให้ X และ Y เป็นตัวแปรสุ่มซึ่งมีค่าเฉลี่ย μ_X , μ_Y และความแปรปรวน σ_X^2 , σ_Y^2 ตามลำดับ a และ b เป็นจำนวนจริง และกำหนด $w(X) = a + bX$ จะได้ว่าค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง (mean square error) ของการประมาณค่าสังเกต Y ด้วยตัวประมาณ $w(X)$ ซึ่งเขียนแทนได้โดย

$$R(Y, w(X)) = E[\{Y - w(X)\}^2]$$

จะมีค่าน้อยที่สุดเมื่อ $a = \mu_Y - b\mu_X$ และ $b = \rho_{XY}\frac{\sigma_Y}{\sigma_X}$ โดยที่ค่าน้อยที่สุด $R(Y, w(X))^*$ จะมีค่าเท่ากับ $\sigma_Y^2(1-\rho_{XY}^2)$ (σ_{XY} คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) ของ และ จะมีค่าอยู่ในช่วงปิด [-1, 1])

การวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดค่าคงที่ของตัวแปรร่วม (X) สร้างจากการแจกแจงปกติเพื่อให้เกิดค่าที่เป็นธรรมชาติ โดยที่มีความแปรปรวน $\sigma_X^2 = \sigma_Y^2 = \sigma^2$ ดังนั้น $b = \rho_{XY}\frac{\sigma_Y}{\sigma_X} = \rho_{XY}$ ซึ่งการวิจัยครั้งนี้พิจารณา σ_{XY} อยู่ในช่วงปิด [0.2, 1])

---

[3] ธีระพร วีระถาวร , ความน่าจะเป็นกับการประยุกต์ (กรุงเทพ ฯ : วิทยพัฒน์ , 2539), หน้า 315.

3.2.3 การหาค่าอำนาจการทดสอบ จะทำที่ระยะห่างของค่าเฉลี่ยของประชากร 2 ชุด (δ) เท่ากับ $\max|\mu_i - \mu_j|$, $i \neq j$ เป็นจำนวนเท่าต่าง ๆ ของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) นั่นคือ ทำการศึกษาที่ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลอง แตกต่างอยู่ในระดับ 50%, 75% และ 100% ของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) (Sid Sytsma[4] กล่าวว่าในการพิจารณาความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลองในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ควรจะมีความแตกต่างอย่างน้อยประมาณ 50% ของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (หรือประมาณ $\frac{1}{2}\sigma$))

3.3 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยมีขั้นตอนที่สำคัญเรียงลำดับ ดังต่อไปนี้

3.3.1 การสร้างข้อมูล

ก) การสร้างลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนให้มีการแจกแจงปกติ มีค่าเฉลี่ยเป็น 0 และความแปรปรวน (σ^2) เท่ากับ 100

ข) สร้างค่าคงที่ของตัวแปรร่วม (X) จะสร้างจากการแจกแจงปกติเพื่อให้เกิดค่าที่เป็นธรรมชาติและให้ได้ค่าที่ไม่ติดลบ โดยมีค่าเฉลี่ย (μ) เท่ากับ 100 และความแปรปรวน (σ^2) เท่ากับ 100

ค) สร้างข้อมูลตัวแปรตาม (y) โดยสร้างมาจากตัวแปรร่วม (x) , อิทธิพลของสิ่งทดลองและค่าความคลาดเคลื่อนที่กำหนด โดยให้ตัวแปรตามมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตามตัวแบบดังนี้

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_{1i}(x_{ij} - \bar{x}_{..}) + \varepsilon_{ij} \quad ; \quad i = 1,2$$
$$j = 1,2,\ldots,n_i$$

3.3.2 ทำการคำนวณค่าของตัวสถิติของการทดสอบแต่ละวิธี

3.3.3 เปรียบเทียบค่าตัวสถิติทดสอบที่ได้ทั้ง 2 วิธี กับค่าวิกฤต (critical value) ซึ่งได้จากตารางเอฟ ณ ระดับนัยสำคัญ (α) เท่ากับ 0.01 และ 0.05 ตามลำดับ โดยจะปฏิเสธสมมติฐานเมื่อค่าตัวสถิติทดสอบที่ได้มีค่ามากกว่าค่าวิกฤต

3.3.4 คำนวณค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และอำนาจการทดสอบของแต่ละวิธี

---

[4] Sid Sytsma , file://A:/thesis/ANCOVA%20Paper.htm (Professor of Statistics and Total Quality Management College of Business – Ferris State University) , 2004.

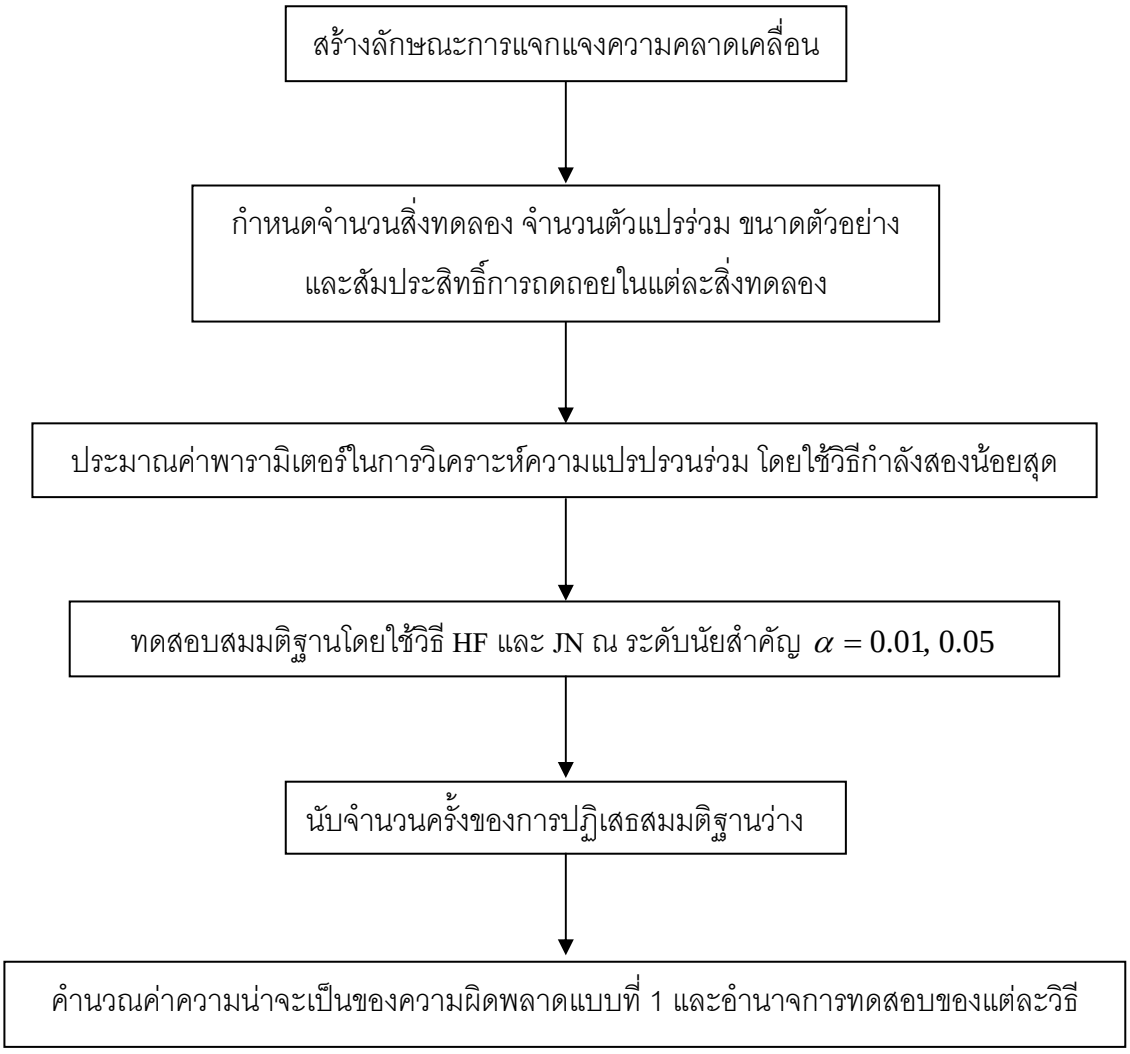
เมื่อทำการสุ่มตัวอย่างและคำนวณค่าตัวสถิติ พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับค่าวิกฤตซ้ำ ๆ กัน เป็นจำนวน 1,000 ครั้ง ในแต่ละสถานการณ์ แล้วนับจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานว่าง

ก) <u>การหาความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1</u> จะกระทำในกรณีที่อิทธิพลของสิ่งทดลองเป็น 0 นั่นคือ $\tau_i = 0$ โดยคำนวณจากจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานว่างหารด้วยจำนวนครั้งที่ใช้ทดสอบ

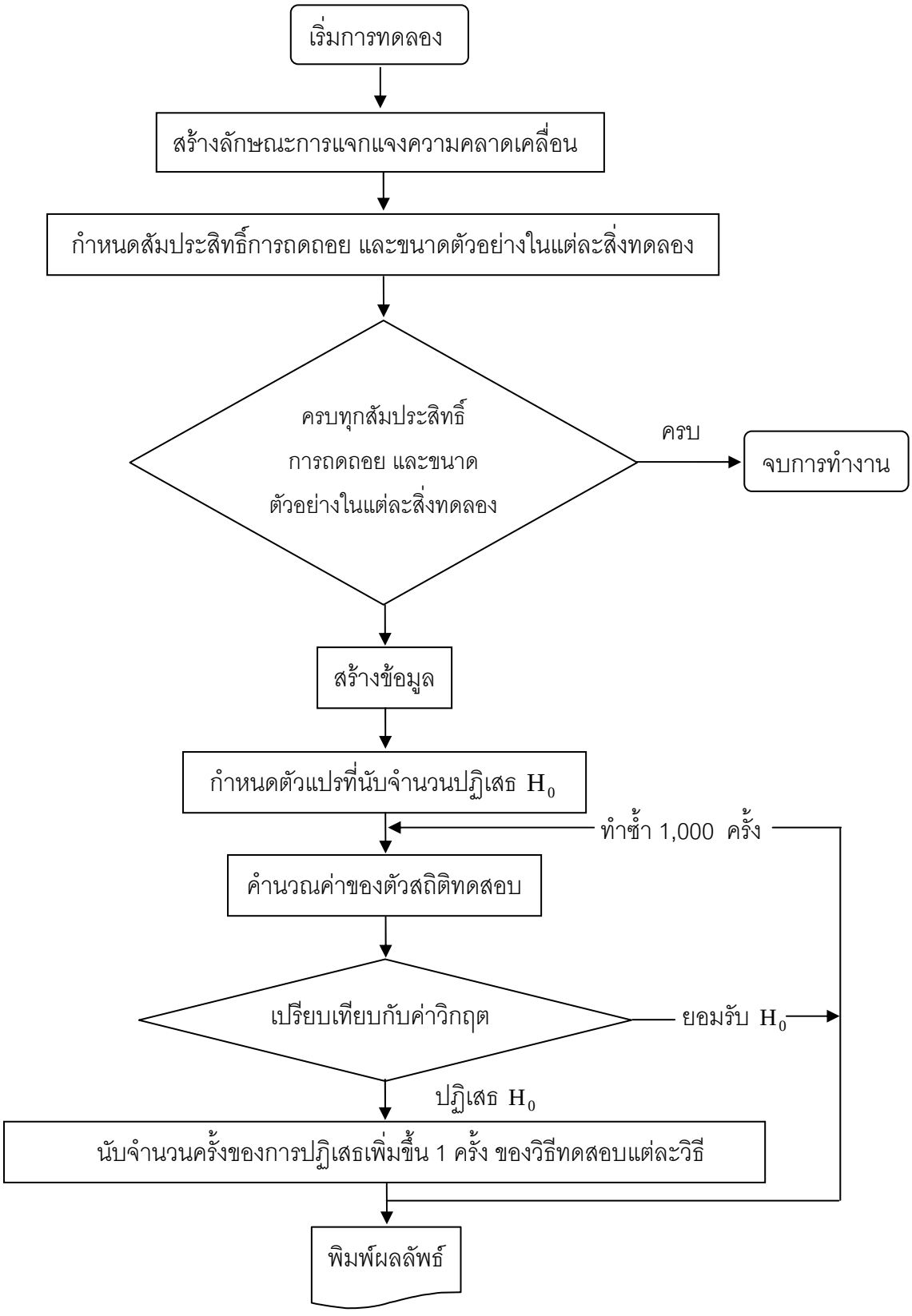
ข) <u>การคำนวณหาอำนาจการทดสอบ</u> ทำเฉพาะกรณีที่ตัวสถิติที่ได้จากการทดสอบสมมติฐานของแต่ละวิธีที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้เท่านั้น โดยสร้างข้อมูลให้อิทธิพลของสิ่งทดลอง (τ_i) มีค่าอื่น ๆ และ $\sum_{i=1}^{t} \tau_i = 0$

3.4 ขั้นตอนในการทำงานของโปรแกรม

ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมในการหาค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และค่าอำนาจการทดสอบ สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของแผนผังการทำงาน ดังนี้



แผนผังโปรแกรมในการหาคำนวณค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และค่าอำนาจการทดสอบ



บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ต้องการศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบความแตกต่างระหว่างสิ่งทดลองในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม 2 วิธี คือ วิธีการทดสอบฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (วิธี HF) และวิธีทดสอบของจอห์นสันและเนย์แมน (วิธี JN) ภายใต้กรณีที่สัมประสิทธิ์การถดถอยของสิ่งทดลองมีค่าไม่เท่ากันในสถานการณ์ต่าง ๆ

ขอบเขตของการวิจัย จะทำการศึกษาที่จำนวนสิ่งทดลอง (treatment) เท่ากับ 2 สิ่งทดลอง โดยกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 1 เป็น 0.2 0.3 0.4 และ 0.5 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 2 กำหนดให้มีค่าเพิ่มขึ้นจากสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 1 คิดเป็น 25% 50% 75 % และ 100% และขนาดตัวอย่างในแต่ละกลุ่มในการวิจัยเท่ากับ (10, 10) (10, 20) (10, 30) (20, 20) (20, 30) และ (30, 30) ที่ระดับนัยสำคัญ α เท่ากับ 0.01 และ 0.05 โดยวิธีจำลองข้อมูลนั้นจะอาศัยเทคนิคมอนติคาร์โลซิมูเลชันจากการทำซ้ำจำนวน 1,000 รอบในแต่ละสถานการณ์

เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณา

1. ในการวิจัยครั้งนี้จะพิจารณาความเหมาะสมของตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบโดยพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 2 วิธี ในสถานการณ์ที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้เท่านั้น โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 จากการทดลองผู้วิจัยได้ใช้เกณฑ์ของแบรดเลย์ (Bradley) ดังนี้

- ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$ ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 จะต้องมีค่าอยู่ในช่วงปิด $[0.005 , 0.015]$
- ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 จะต้องมีค่าอยู่ในช่วงปิด $[0.025 , 0.075]$

2. พิจารณาค่าอำนาจการทดสอบ นั่นคือ ทำการศึกษาเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบระหว่างวิธีการทดสอบทั้งสองวิธีในสถานการณ์ที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้เท่านั้น

<u>การนำเสนอผลงานวิจัย</u> ได้จำแนกแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ ค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และค่าอำนาจของการทดสอบ และเพื่อความสะดวกในการนำเสนอผลการวิจัยในครั้งนี้ จึงใช้สัญลักษณ์ต่อไปนี้แสดงในตารางและการสรุปผล โดยแทนความหมายต่าง ๆ ดังนี้

HF แทน วิธีทดสอบของฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ

JN แทน วิธีทดสอบของจอห์นสันและเนย์แมน

β_{11} แทน สัมประสิทธิ์การถดถอยของ y บน x ของสิ่งทดลองที่ 1

β_{12} แทน สัมประสิทธิ์การถดถอยของ y บน x ของสิ่งทดลองที่ 2

n_1 แทน ขนาดตัวอย่างในสิ่งทดลองที่ 1

n_2 แทน ขนาดตัวอย่างในสิ่งทดลองที่ 2

σ แทน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนสุ่ม

α แทน ระดับนัยสำคัญ

RPOW แทน ค่าสัมพัทธ์ของค่าอำนาจการทดสอบ

POW_{HF} แทน ค่าอำนาจการทดสอบของวิธี HF

POW_{JN} แทน ค่าอำนาจการทดสอบของวิธี JN

<u>ค่าที่แสดงในตารางผลการวิจัย</u>

การนำเสนอผลการวิจัยของการเปรียบเทียบวิธีการทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยมีค่าไม่เท่ากันของวิธีทดสอบทั้ง 2 วิธีนั้น ประกอบด้วยตารางและรูปภาพโดยแบ่งการนำเสนอเป็น 2 ตอน (ตอนที่ 4.1 และ 4.2) ซึ่งพิจารณาจากการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และอำนาจการทดสอบ โดยมีลำดับการนำเสนอดังนี้

การนำเสนอผลการวิจัยของการเปรียบเทียบวิธีการทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยมีค่าไม่เท่ากัน ทั้ง 2 ตอนนั้น

ตอนที่ 4.1 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1

การนำเสนอความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 จากการทดลองในสถานการณ์ต่าง ๆ จะนำเสนอในตารางที่ 4.1 -4.3 แสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบทั้ง 2 วิธี เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 1 เป็น 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 จำแนกตามขนาดตัวอย่างในแต่ละสิ่งทดลองและระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$ และ 0.05

ตอนที่ 4.2 การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ

การนำเสนอผลการทดสอบของวิธีการทดสอบทั้ง 2 วิธี เฉพาะกรณีที่ทั้ง 2 วิธีสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ จะนำเสนอเป็น 2 รูปแบบ คือ

1. แสดงค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 4.4 - 4.9 ของวิธีการทดสอบทั้ง 2 วิธี เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 1 เป็น 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$ และ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และสัมประสิทธิ์การถดถอยของแต่ละสิ่งทดลอง

2. แสดงค่าเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบทั้ง 2 วิธี โดยใช้ค่าสัมพัทธ์ของค่าอำนาจการทดสอบ (relative of power of the test (RPOW)) ในตารางที่ 4.4.1 - 4.9.1 ของวิธีการทดสอบทั้ง 2 วิธี เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 1 เป็น 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$ และ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่างและสัมประสิทธิ์การถดถอยของแต่ละสิ่งทดลอง

รูปแบบการนำเสนอผลการวิจัยในทุกตอนจะเริ่มจากผลการวิจัยที่ประกอบด้วยตารางและรูปภาพสำหรับแต่ละตอนซึ่งเมื่อเปลี่ยนค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย และค่าระดับนัยสำคัญจะมีการอธิบายผลการวิจัยที่ได้ และทำการอธิบายผลการวิจัยทั้งหมดของตอนนั้น ๆ เมื่อนำเสนอตารางและรูปภาพของผลการวิจัยในตอนนั้นครบแล้วในตอนท้ายของบท หลังจากที่นำเสนอผลการวิจัยครบทุกตอนแล้วจะมีการอธิบายสรุปผลการวิจัยทั้งหมดอีกครั้งหนึ่ง

ตอนที่ 4.1 ผลการเปรียบเทียบความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยมีค่าไม่เท่ากัน ซึ่งกำหนดจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 2 กลุ่ม ผลที่ได้ในแต่ละสถานการณ์แสดงในตารางที่ 4.1 – 4.3

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.2$, $\beta_{12} = 0.25$ 0.3 0.35 0.4 ตามลำดับ และ $\beta_{11} = 0.3$, $\beta_{12} = 0.375$ 0.45 ตามลำดับ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$ และ 0.05 ตามลำดับ

สัมประสิทธิ์การถดถอย β_{11} , β_{12}	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2)	ระดับนัยสำคัญ 0.01		ระดับนัยสำคัญ 0.05	
		ตัวสถิติทดสอบ		ตัวสถิติทดสอบ	
		HF	JN	HF	JN
0.2 , 0.25	(10 , 10)	0.008	0.011	0.046	0.046
	(10 , 20)	0.007	0.01	0.047	0.048
	(10 , 30)	0.01	0.007	0.037	0.044
	(20 , 20)	0.007	0.008	0.046	0.048
	(20 , 30)	0.006	0.005	0.058	0.05
	(30 , 30)	0.008	0.009	0.056	0.05
0.2 , 0.3	(10 , 10)	0.007	0.011	0.044	0.045
	(10 , 20)	0.007	0.01	0.047	0.047
	(10 , 30)	0.01	0.007	0.037	0.043
	(20 , 20)	0.007	0.008	0.047	0.049
	(20 , 30)	0.006	0.005	0.057	0.049
	(30 , 30)	0.008	0.008	0.056	0.05
0.2 , 0.35	(10 , 10)	0.007	0.011	0.044	0.045
	(10 , 20)	0.008	0.01	0.044	0.047
	(10 , 30)	0.01	0.007	0.037	0.042
	(20 , 20)	0.007	0.008	0.048	0.05
	(20 , 30)	0.007	0.005	0.054	0.05
	(30 , 30)	0.008	0.008	0.056	0.052
0.2 , 0.4	(10 , 10)	0.007	0.011	0.045	0.045
	(10 , 20)	0.008	0.01	0.043	0.049
	(10 , 30)	0.01	0.007	0.037	0.042
	(20 , 20)	0.007	0.008	0.048	0.049
	(20 , 30)	0.006	0.005	0.054	0.047
	(30 , 30)	0.008	0.009	0.056	0.053
0.3 , 0.375	(10 , 10)	0.008	0.011	0.046	0.044
	(10 , 20)	0.007	0.01	0.048	0.047
	(10 , 30)	0.01	0.007	0.037	0.042
	(20 , 20)	0.007	0.007	0.046	0.049
	(20 , 30)	0.006	0.005	0.057	0.047
	(30 , 30)	0.008	0.009	0.056	0.054
0.3 , 0.45	(10 , 10)	0.007	0.011	0.044	0.045
	(10 , 20)	0.008	0.01	0.044	0.053
	(10 , 30)	0.01	0.006	0.037	0.043
	(20 , 20)	0.007	0.007	0.048	0.049
	(20 , 30)	0.007	0.005	0.054	0.048
	(30 , 30)	0.008	0.008	0.056	0.057

จากตารางที่ 4.1 ผลการวิจัยเปรียบเทียบวิธีการทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 1 (β_{11}) มีค่าเป็น 0.2 โดยที่สัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 2 (β_{12}) มีค่า 0.25 0.3 0.35 0.4 ตามลำดับและ β_{11} มีค่าเป็น 0.3 โดยที่ β_{12} มีค่า 0.375 0.45 ตามลำดับวิธีการทดสอบวิธี JN เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ (10,10) เมื่อระดับนัยสำคัญ 0.01พบว่ามีค่ามากกว่ากรณีอื่น ๆ เนื่องจากขนาดตัวอย่างน้อย ดังนั้นทำให้ผลรวมกำลังสองของการประมาณเบี่ยงเบนจากค่าที่เป็นจริง เมื่อขนาดตัวอย่างในแต่ละสิ่งทดลองและสัมประสิทธิ์การถดถอยมีค่าเพิ่มขึ้น จะเห็นว่าค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของวิธี HF และวิธี JN มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เพราะว่าการเพิ่มขนาดตัวอย่างจะช่วยลดความเบี่ยงเบนที่ไม่ทราบสาเหตุลงได้ และเมื่อระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรร่วมกับตัวแปรตามที่ศึกษามีความสัมพันธ์กันมากขึ้น ดังนั้นส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการใช้ตัวแปรร่วมวิเคราะห์ข้อมูลมีค่าลดลง แต่อย่างไรก็ตามวิธีการทดสอบทั้ง 2 วิธี สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ครบทุกกรณี และเมื่อระดับนัยสำคัญมีค่าเพิ่มขึ้นวิธีการทั้งสองสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ดีขึ้น

ตารางต่อไปจะแสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบทั้ง 2 วิธีเมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 1 (β_{11}) มีค่าเป็น 0.3 โดยที่สัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 2 (β_{12}) มีค่า 0.525 0.6 ตามลำดับและ β_{11} มีค่าเป็น 0.4 โดยที่ β_{12} มีค่า 0.5 0.6 0.7 0.8 ตามลำดับ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$ และ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่างในแต่ละสิ่งทดลอง

<u>ตารางที่ 4.2</u> แสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.3$, $\beta_{12} = 0.525$ 0.6 ตามลำดับ และ $\beta_{11} = 0.4$, $\beta_{12} = 0.5$ 0.6 0.7 0.8 ตามลำดับ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$ และ 0.05 ตามลำดับ

สัมประสิทธิ์การถดถอย β_{11} , β_{12}	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2)	ระดับนัยสำคัญ 0.01 ตัวสถิติทดสอบ		ระดับนัยสำคัญ 0.05 ตัวสถิติทดสอบ	
		HF	JN	HF	JN
0.3 , 0.525	(10 , 10)	0.007	0.011	0.045	0.044
	(10 , 20)	0.009	0.009	0.043	0.053
	(10 , 30)	0.01	0.006	0.037	0.041
	(20 , 20)	0.007	0.007	0.048	0.049
	(20 , 30)	0.006	0.005	0.054	0.048
	(30 , 30)	0.008	0.007	0.056	0.056
0.3 , 0.6	(10 , 10)	0.007	0.013	0.047	0.043
	(10 , 20)	0.009	0.01	0.044	0.054
	(10 , 30)	0.01	0.006	0.038	0.042
	(20 , 20)	0.007	0.006	0.048	0.052
	(20 , 30)	0.007	0.006	0.055	0.048
	(30 , 30)	0.008	0.008	0.055	0.057
0.4 , 0.5	(10 , 10)	0.007	0.011	0.044	0.044
	(10 , 20)	0.007	0.01	0.047	0.053
	(10 , 30)	0.01	0.006	0.037	0.041
	(20 , 20)	0.007	0.007	0.047	0.05
	(20 , 30)	0.006	0.006	0.057	0.048
	(30 , 30)	0.008	0.007	0.056	0.056
0.4 , 0.6	(10 , 10)	0.007	0.012	0.045	0.044
	(10 , 20)	0.008	0.01	0.043	0.053
	(10 , 30)	0.01	0.006	0.037	0.042
	(20 , 20)	0.007	0.006	0.048	0.051
	(20 , 30)	0.006	0.006	0.054	0.048
	(30 , 30)	0.008	0.007	0.056	0.057
0.4 , 0.7	(10 , 10)	0.007	0.012	0.047	0.043
	(10 , 20)	0.009	0.01	0.044	0.057
	(10 , 30)	0.01	0.007	0.038	0.045
	(20 , 20)	0.007	0.007	0.048	0.052
	(20 , 30)	0.007	0.008	0.055	0.048
	(30 , 30)	0.008	0.007	0.055	0.06
0.4 , 0.8	(10 , 10)	0.007	0.012	0.045	0.043
	(10 , 20)	0.01	0.011	0.043	0.056
	(10 , 30)	0.01	0.008	0.038	0.046
	(20 , 20)	0.007	0.008	0.048	0.053
	(20 , 30)	0.007	0.009	0.055	0.051
	(30 , 30)	0.008	0.008	0.053	0.062

จากตารางที่ 4.2 ผลการวิจัยเปรียบเทียบวิธีการทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 1 (β_{11}) มีค่าเป็น 0.3 โดยที่สัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 2 (β_{12}) มีค่า 0.525 0.6 ตามลำดับ และ β_{11} มีค่าเป็น 0.4 โดยที่ β_{12} มีค่า 0.5 0.6 0.7 0.8 ตามลำดับ วิธีการทดสอบวิธี JN เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ (10,10) เมื่อระดับนัยสำคัญ 0.01พบว่ามีค่ามากกว่ากรณีอื่น ๆ เนื่องจากขนาดตัวอย่างน้อย ดังนั้นทำให้ผลรวมกำลังสองของการประมาณเบี่ยงเบนจากค่าที่เป็นจริง เมื่อขนาดตัวอย่างในแต่ละสิ่งทดลองและสัมประสิทธิ์การถดถอยมีค่าเพิ่มขึ้น จะเห็นว่าค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของวิธี HF และวิธี JN มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เพราะว่าการเพิ่มขนาดตัวอย่างจะช่วยลดความเบี่ยงเบนที่ไม่ทราบสาเหตุลงได้ และเมื่อระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรร่วมกับตัวแปรตามที่ศึกษามีความสัมพันธ์กันมากขึ้น ดังนั้นส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการใช้ตัวแปรร่วมวิเคราะห์ข้อมูลมีค่าลดลง แต่อย่างไรก็ตามวิธีการทดสอบทั้ง 2 วิธี สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ครบทุกกรณี และเมื่อระดับนัยสำคัญมีค่าเพิ่มขึ้นวิธีการทั้งสองสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ดีขึ้น

ตารางต่อไปจะแสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของวิธีการทดสอบทั้ง 2 วิธีเมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 1 (β_{11}) มีค่าเป็น 0.5 โดยที่สัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 2 (β_{12}) มีค่า 0.625 0.75 0.875 1.0 ตามลำดับ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$ และ 0.05 จำแนกตามขนาดตัวอย่างในแต่ละสิ่งทดลอง

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.5$, $\beta_{12} = 0.625$ 0.75 0.875 1.0 ตามลำดับ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$ และ 0.05 ตามลำดับ

สัมประสิทธิ์การถดถอย β_{11} , β_{12}	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2)	ระดับนัยสำคัญ 0.01		ระดับนัยสำคัญ 0.05	
		ตัวสถิติทดสอบ		ตัวสถิติทดสอบ	
		HF	JN	HF	JN
0.5 , 0.625	(10 , 10)	0.007	0.013	0.044	0.043
	(10 , 20)	0.008	0.01	0.047	0.053
	(10 , 30)	0.01	0.007	0.037	0.045
	(20 , 20)	0.007	0.006	0.048	0.052
	(20 , 30)	0.007	0.006	0.056	0.048
	(30 , 30)	0.008	0.007	0.056	0.058
0.5 , 0.75	(10 , 10)	0.007	0.012	0.045	0.044
	(10 , 20)	0.009	0.011	0.043	0.057
	(10 , 30)	0.01	0.008	0.037	0.046
	(20 , 20)	0.007	0.008	0.048	0.053
	(20 , 30)	0.006	0.008	0.053	0.048
	(30 , 30)	0.008	0.008	0.056	0.062
0.5 , 0.875	(10 , 10)	0.007	0.012	0.045	0.043
	(10 , 20)	0.01	0.012	0.043	0.057
	(10 , 30)	0.01	0.008	0.038	0.048
	(20 , 20)	0.007	0.008	0.048	0.055
	(20 , 30)	0.007	0.009	0.055	0.052
	(30 , 30)	0.008	0.01	0.053	0.067
0.5 , 1.0	(10 , 10)	0.007	0.012	0.046	0.046
	(10 , 20)	0.009	0.013	0.045	0.057
	(10 , 30)	0.01	0.008	0.038	0.046
	(20 , 20)	0.007	0.008	0.047	0.056
	(20 , 30)	0.006	0.01	0.053	0.057
	(30 , 30)	0.008	0.01	0.053	0.068

จากตารางที่ 4.3 ผลการวิจัยเปรียบเทียบวิธีการทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 1 (β_{11}) มีค่าเป็น 0.5 โดยที่สัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 2 (β_{12}) มีค่า 0.625 0.75 0.875 1.0 ตามลำดับ วิธีการทดสอบวิธี JN เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ (10,10) และ (10,20) เมื่อระดับนัยสำคัญ 0.01พบว่ามีค่ามากกว่ากรณีอื่น ๆ เนื่องจากขนาดตัวอย่างน้อย ดังนั้นทำให้ผลรวมกำลังสองของการประมาณเบี่ยงเบนจากค่าที่เป็นจริง เมื่อขนาดตัวอย่างในแต่ละสิ่งทดลองและสัมประสิทธิ์การถดถอยมีค่าเพิ่มขึ้น จะเห็นว่าค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของวิธี HF และวิธี JN มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เพราะว่าการเพิ่มขนาดตัวอย่างจะช่วยลดความเบี่ยงเบนที่ไม่ทราบสาเหตุลงได้ และเมื่อระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรร่วมกับตัวแปรตามที่ศึกษามีความสัมพันธ์กันมากขึ้น ดังนั้นส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการใช้ตัวแปรร่วมวิเคราะห์ข้อมูลมีค่าลดลง แต่อย่างไรก็ตามวิธีการทดสอบทั้ง 2 วิธี สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ครบทุกกรณี และเมื่อระดับนัยสำคัญมีค่าเพิ่มขึ้นวิธีการทั้งสองสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ดีขึ้น

สรุปการเปรียบเทียบความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของวิธีทดสอบวิธีของฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN)

เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 1 เป็น 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 2 มีค่าเพิ่มขึ้นจากสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 1 คิดเป็น 25% 50% 75 % และ 100% ตามลำดับ พบว่าวิธีการทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ครบทุกกรณี เมื่อขนาดตัวอย่างในแต่ละสิ่งทดลองและสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรร่วมกับตัวแปรตามที่ศึกษามีค่าเพิ่มขึ้น จะเห็นว่าค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของวิธีทดสอบทั้ง 2 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น นั่นคือการเพิ่มระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรร่วมกับตัวแปรตามที่ศึกษาส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการใช้ตัวแปรร่วมวิเคราะห์ข้อมูลมีค่าลดลง และการเพิ่มขนาดตัวอย่างจะช่วยลดความเบี่ยงเบนที่ไม่ทราบสาเหตุลงได้ สำหรับการเพิ่มค่าระดับนัยสำคัญ α จะทำให้ทุกสัมประสิทธิ์การถดถอยที่ศึกษาวิธีการทั้ง 2 วิธี สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ดีขึ้น

ตอนที่ 4.2 การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ

การวิจัยครั้งนี้ต้องการศึกษาเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของวิธีของฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) โดยศึกษาภายใต้สัมประสิทธิ์การถดถอยของสิ่งทดลองมีค่าไม่เท่ากัน ด้วยการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบในกรณีที่ทั้งสองวิธีสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้เท่านั้น

การนำเสนอผลการทดสอบของวิธีการทดสอบทั้ง 2 วิธี เฉพาะกรณีที่ทั้ง 2 วิธีสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ จะนำเสนอเป็น 2 รูปแบบ คือ

1. แสดงค่าอำนาจการทดสอบในตารางที่ 4.4 - 4.9 ของวิธีการทดสอบทั้ง 2 วิธี

2. แสดงค่าเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบทั้ง 2 วิธี โดยใช้ค่าสัมพัทธ์ของค่าอำนาจการทดสอบ (relative of power of the test (RPOW)) ในตารางที่ 4.4.1 - 4.9.1 ของวิธีการทดสอบทั้ง 2 วิธี ซึ่งคำนวณจากสูตรได้ดังนี้

กรณีที่ 1 $\quad POW_{JN} < POW_{HF}$

$$RPOW = \left(\frac{POW_{HF} - POW_{JN}}{POW_{JN}} \right) \times 100$$

กรณีที่ 2 $\quad POW_{HF} < POW_{JN}$

$$RPOW = \left(\frac{POW_{JN} - POW_{HF}}{POW_{HF}} \right) \times 100$$

ค่าอำนาจการทดสอบและค่าสัมพัทธ์ของค่าอำนาจการทดสอบจะนำเสนอไว้ในตารางที่ 4.4 – 4.9 และ 4.4.1 – 4.9.1 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าอำนาจของการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.2$, $\beta_{12} = 0.25$ 0.3 0.35 0.4 ตามลำดับ และ $\beta_{11} = 0.3$ $\beta_{12} = 0.375$ 0.45 ตามลำดับ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

สัมประสิทธิ์การถดถอย β_{11} , β_{12}	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2)	ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลอง					
		แตกต่าง 50% ของ σ		แตกต่าง 75% ของ σ		แตกต่าง 100% ของ σ	
		HF	JN	HF	JN	HF	JN
0.2 , 0.25	(10 , 10)	0.054	0.083	0.149	0.197	0.278	0.352
	(10 , 20)	0.078	0.109	0.226	0.276	0.423	0.484
	(10 , 30)	0.105	0.15	0.258	0.331	0.503	0.586
	(20 , 20)	0.136	0.153	0.368	0.395	0.688	0.709
	(20 , 30)	0.18	0.182	0.487	0.493	0.795	0.797
	(30 , 30)	0.238	0.271	0.607	0.646	0.891	0.911
0.2 , 0.3	(10 , 10)	0.054	0.089	0.152	0.206	0.283	0.36
	(10 , 20)	0.078	0.112	0.227	0.283	0.428	0.493
	(10 , 30)	0.103	0.157	0.256	0.34	0.503	0.595
	(20 , 20)	0.138	0.157	0.378	0.403	0.694	0.718
	(20 , 30)	0.182	0.189	0.495	0.499	0.801	0.806
	(30 , 30)	0.241	0.277	0.614	0.653	0.895	0.919
0.2 , 0.35	(10 , 10)	0.054	0.089	0.154	0.212	0.289	0.368
	(10 , 20)	0.078	0.119	0.227	0.292	0.435	0.508
	(10 , 30)	0.102	0.162	0.256	0.352	0.503	0.603
	(20 , 20)	0.141	0.166	0.387	0.407	0.702	0.721
	(20 , 30)	0.188	0.194	0.501	0.509	0.806	0.81
	(30 , 30)	0.247	0.292	0.623	0.663	0.902	0.924
0.2 , 0.4	(10 , 10)	0.055	0.099	0.158	0.216	0.302	0.382
	(10 , 20)	0.079	0.122	0.228	0.299	0.438	0.522
	(10 , 30)	0.099	0.166	0.256	0.361	0.505	0.613
	(20 , 20)	0.146	0.17	0.39	0.416	0.712	0.729
	(20 , 30)	0.191	0.198	0.507	0.518	0.811	0.818
	(30 , 30)	0.252	0.303	0.633	0.678	0.909	0.929
0.3 , 0.375	(10 , 10)	0.055	0.112	0.159	0.232	0.311	0.398
	(10 , 20)	0.084	0.138	0.238	0.32	0.456	0.553
	(10 , 30)	0.113	0.178	0.275	0.4	0.541	0.668
	(20 , 20)	0.152	0.183	0.4	0.437	0.722	0.75
	(20 , 30)	0.197	0.209	0.524	0.529	0.829	0.833
	(30 , 30)	0.262	0.32	0.649	0.698	0.917	0.936
0.3 , 0.45	(10 , 10)	0.061	0.123	0.164	0.249	0.325	0.432
	(10 , 20)	0.084	0.145	0.244	0.334	0.468	0.577
	(10 , 30)	0.114	0.185	0.275	0.423	0.549	0.694
	(20 , 20)	0.161	0.194	0.411	0.46	0.736	0.771
	(20 , 30)	0.211	0.213	0.534	0.549	0.839	0.846
	(30 , 30)	0.27	0.341	0.661	0.716	0.927	0.949

ตารางที่ 4.4.1 แสดงค่าสัมพัทธ์ของอำนาจของการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.2$, $\beta_{12} = 0.25$ 0.3 0.35 0.4 ตามลำดับ และ $\beta_{11} = 0.3$ $\beta_{12} = 0.375$ 0.45 ตามลำดับ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

สัมประสิทธิ์การถดถอย β_{11} , β_{12}	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2)	ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลอง					
		แตกต่าง 50% ของ σ		แตกต่าง 75% ของ σ		แตกต่าง 100% ของ σ	
		HF	JN	HF	JN	HF	JN
0.2 , 0.25	(10 , 10)	0.00	53.70	0.00	32.21	0.00	26.62
	(10 , 20)	0.00	39.74	0.00	22.12	0.00	14.42
	(10 , 30)	0.00	42.86	0.00	28.29	0.00	16.50
	(20 , 20)	0.00	12.50	0.00	7.34	0.00	3.05
	(20 , 30)	0.00	1.11	0.00	1.23	0.00	0.25
	(30 , 30)	0.00	13.87	0.00	6.43	0.00	2.24
0.2 , 0.3	(10 , 10)	0.00	64.81	0.00	35.53	0.00	27.21
	(10 , 20)	0.00	43.59	0.00	24.67	0.00	15.19
	(10 , 30)	0.00	52.43	0.00	32.81	0.00	18.29
	(20 , 20)	0.00	13.77	0.00	6.61	0.00	3.46
	(20 , 30)	0.00	3.85	0.00	0.81	0.00	0.62
	(30 , 30)	0.00	14.94	0.00	6.35	0.00	2.68
0.2 , 0.35	(10 , 10)	0.00	64.81	0.00	37.66	0.00	27.34
	(10 , 20)	0.00	52.56	0.00	28.63	0.00	16.78
	(10 , 30)	0.00	58.82	0.00	37.50	0.00	19.88
	(20 , 20)	0.00	17.73	0.00	5.17	0.00	2.71
	(20 , 30)	0.00	3.19	0.00	1.60	0.00	0.50
	(30 , 30)	0.00	18.22	0.00	6.42	0.00	2.44
0.2 , 0.4	(10 , 10)	0.00	80.00	0.00	36.71	0.00	26.49
	(10 , 20)	0.00	54.43	0.00	31.14	0.00	19.18
	(10 , 30)	0.00	67.68	0.00	41.02	0.00	21.39
	(20 , 20)	0.00	16.44	0.00	6.67	0.00	2.39
	(20 , 30)	0.00	3.66	0.00	2.17	0.00	0.86
	(30 , 30)	0.00	20.24	0.00	7.11	0.00	2.20
0.3 , 0.375	(10 , 10)	0.00	103.64	0.00	45.91	0.00	27.97
	(10 , 20)	0.00	64.29	0.00	34.45	0.00	21.27
	(10 , 30)	0.00	56.14	0.00	45.45	0.00	23.48
	(20 , 20)	0.00	20.39	0.00	9.25	0.00	3.88
	(20 , 30)	0.00	6.09	0.00	0.95	0.00	0.48
	(30 , 30)	0.00	22.14	0.00	7.55	0.00	2.07
0.3 , 0.45	(10 , 10)	0.00	101.64	0.00	51.83	0.00	32.92
	(10 , 20)	0.00	72.62	0.00	36.89	0.00	23.29
	(10 , 30)	0.00	63.72	0.00	53.82	0.00	26.41
	(20 , 20)	0.00	20.50	0.00	11.92	0.00	4.76
	(20 , 30)	0.00	0.95	0.00	2.81	0.00	0.83
	(30 , 30)	0.00	26.30	0.00	8.32	0.00	2.37

จากตารางที่ 4.4 ผลการวิจัยเปรียบเทียบวิธีการทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 1 (β_{11}) มีค่าเป็น 0.2 โดยที่สัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 2 (β_{12}) มีค่า 0.25 0.3 0.35 0.4 ตามลำดับวิธีการทดสอบ JN จะให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าวิธีทดสอบ HF เนื่องจากสถิติทดสอบของ JN คำนวณโดยพิจารณาจากค่าต่ำสุดของความคลาดเคลื่อนของการทดสอบ ดังนั้นอัตราส่วนระหว่างผลรวมกำลังสองของการประมาณกับผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อนของการทดสอบของวิธี JN มีค่ามากกว่าวิธี HF จึงทำให้การทดสอบด้วยวิธี JN มีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าวิธี HF

ค่าอำนาจของการทดสอบทั้ง 2 วิธี มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยและขนาดตัวอย่างในแต่ละสิ่งทดลองเพิ่มขึ้น แสดงว่าค่าอำนาจการทดสอบจะแปรผันตามสัมประสิทธิ์การถดถอยและขนาดตัวอย่างในแต่ละสิ่งทดลอง เพราะว่าการเพิ่มสัมประสิทธิ์การถดถอยแสดงให้เห็นว่าตัวแปรร่วมมีผลต่อการวิเคราะห์ความแปรปรวนมากขึ้น นั่นคือ ระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรร่วมกับตัวแปรตามที่ศึกษามีความสัมพันธ์กันมากขึ้น ดังนั้นส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการใช้ตัวแปรร่วมวิเคราะห์ข้อมูลมีค่าลดลง ผลการทดสอบสมมติฐานก็จะมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ในทำนองเดียวกันกับการเพิ่มขนาดตัวอย่าง จะช่วยลดความเบี่ยงเบนที่ไม่ทราบสาเหตุลงได้

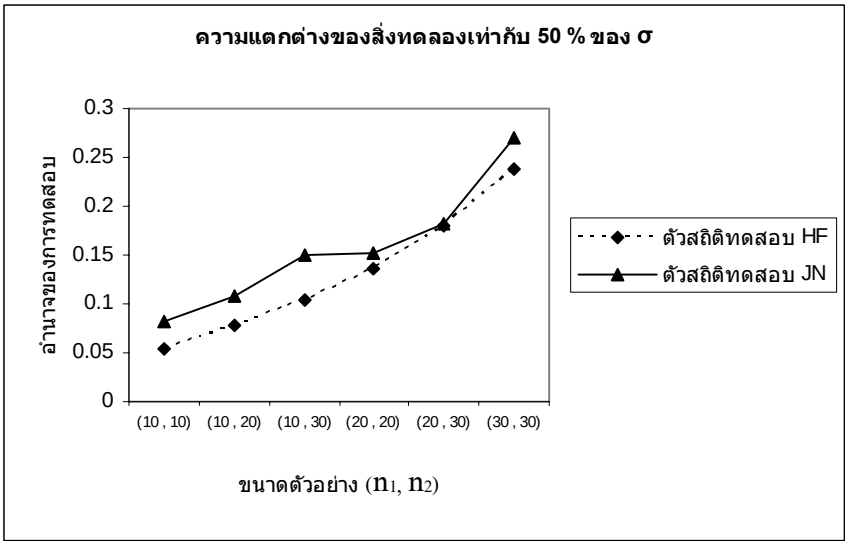
เมื่อเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 1 เพิ่มขึ้นจาก 0.2 เป็น 0.3 โดยที่สัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 2 เพิ่มขึ้นในอัตราส่วนเดียวกัน ค่าอำนาจของการทดสอบมีค่าเพิ่มขึ้น แสดงว่าอัตราการเพิ่มของค่าอำนาจของการทดสอบจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรร่วมมีค่าเพิ่มขึ้น และเมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นพบว่าค่าอำนาจของการทดสอบของทั้ง 2 วิธีมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลองส่งผลให้ผลรวมกำลังสองของการประมาณมีค่าเพิ่มขึ้น

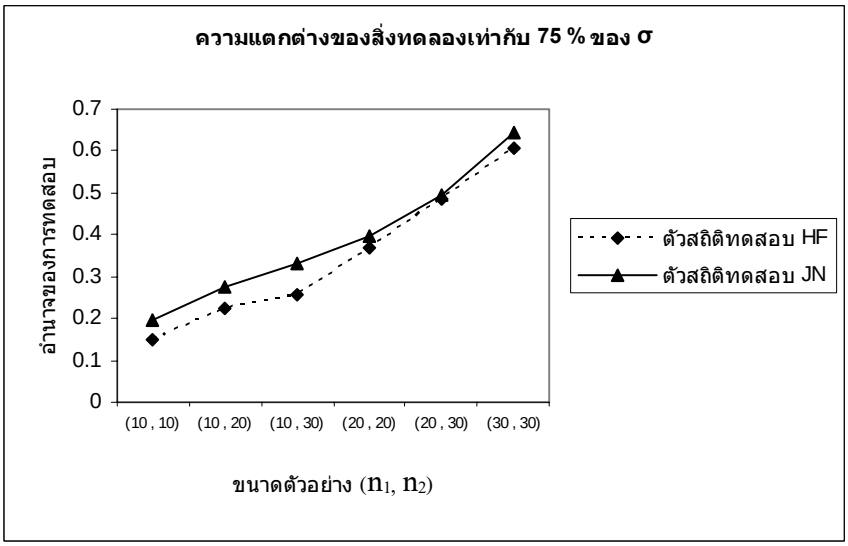
จากตารางที่ 4.4.1 สรุปผลการวิเคราะห์ได้ดังนี้ ค่าสัมพัทธ์ของอำนาจของการทดสอบ (RPOW) ของวิธี JN มีแนวโน้มลดลงตามขนาดตัวอย่างที่เพิ่มขึ้น และในกรณีที่ขนาดตัวอย่าง $n_1 = 20, n_2 = 30$ พบว่าอัตราการเพิ่มอำนาจของการทดสอบวิธี JN มีอัตราการเพิ่มที่น้อยกว่าวิธี HF ทำให้ค่าอำนาจของการทดสอบมีค่าใกล้เคียงกันมากขึ้น ดังนั้นค่า RPOW ของวิธี JN จึงมีค่าน้อยกว่ากรณีอื่น ๆ เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยเพิ่มขึ้นค่าสัมพัทธ์ของค่าอำนาจการทดสอบของวิธี JN มีแนวโน้มสูงขึ้น และจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อความแตกต่างระหว่างสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันมากขึ้น

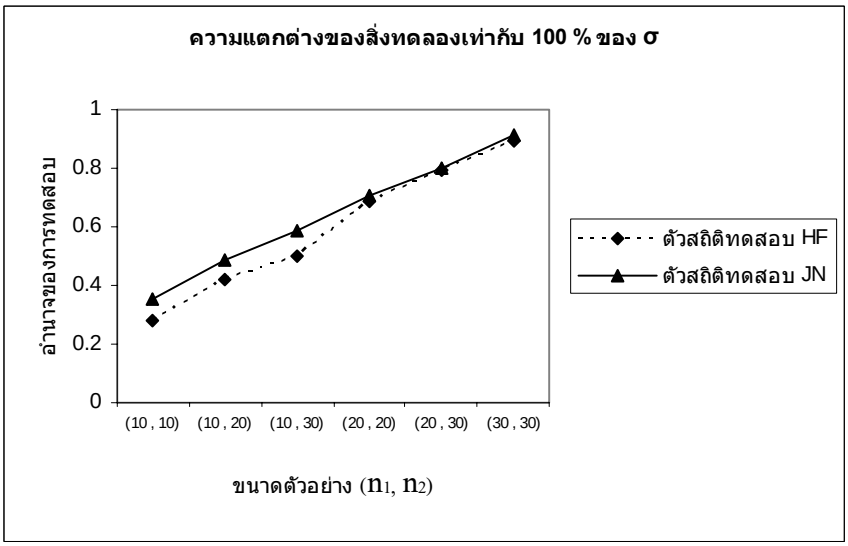
รายละเอียดเกี่ยวกับการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบระหว่างวิธีการทั้ง 2 วิธี เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 1 (β_{11}) มีค่าเป็น 0.2 โดยที่สัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 2 (β_{12}) มีค่า 0.25 0.3 0.35 0.4 ตามลำดับ และ $\beta_{11} = 0.3$ โดยที่ $\beta_{12} = 0.375$ 0.45 ตามลำดับ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$ จะแสดงไว้ในรูปที่ 4.4.1 – 4.4.6

ส่วนตารางต่อไปจะแสดงค่าอำนาจการทดสอบของวิธี HF กับวิธี JN เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 1 (β_{11}) มีค่าเป็น 0.3 โดยที่สัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 2 (β_{12}) มีค่า 0.525 0.6 ตามลำดับ และ $\beta_{11} = 0.4$ โดยที่ $\beta_{12} = 0.5$ 0.6 0.7 0.8 ตามลำดับ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

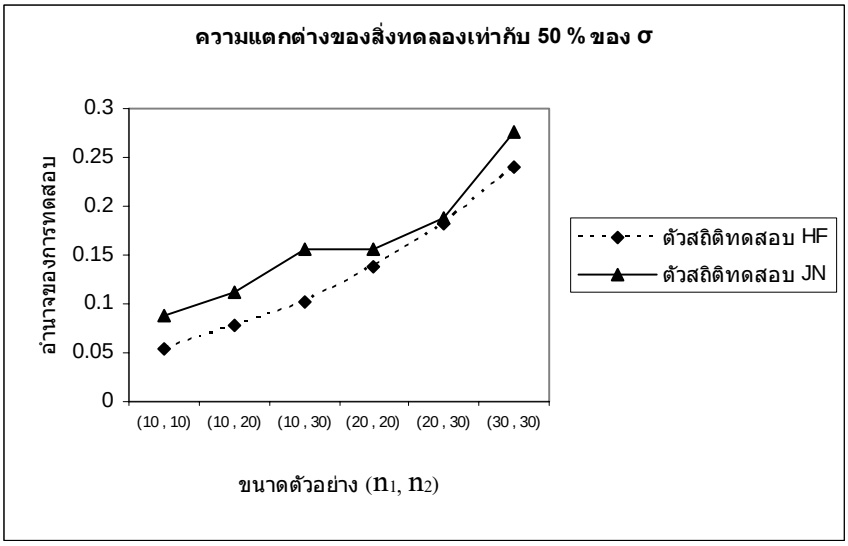
<u>รูปที่ 4.4.1</u> เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.2$ โดยที่ $\beta_{12} = 0.25$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

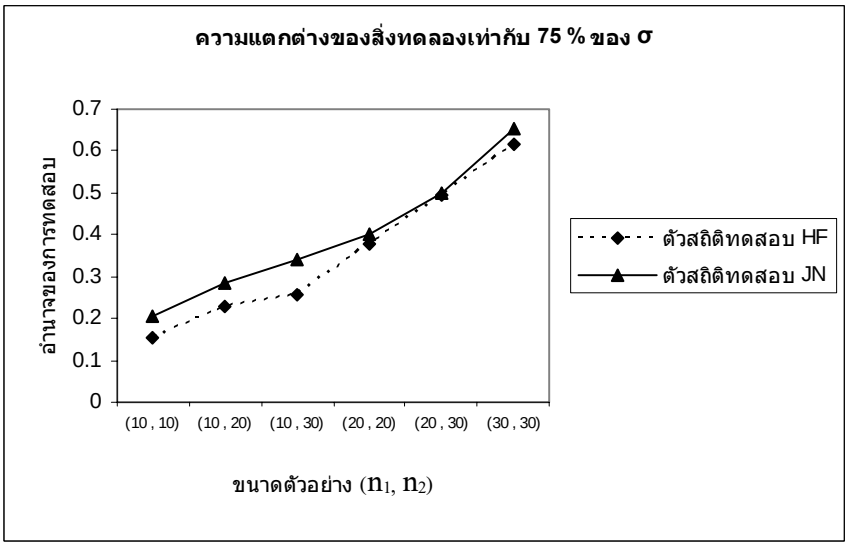


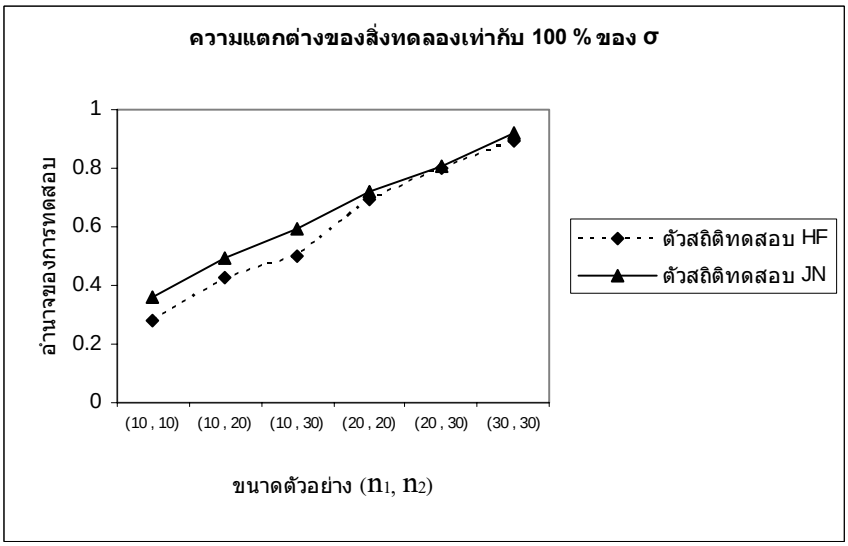




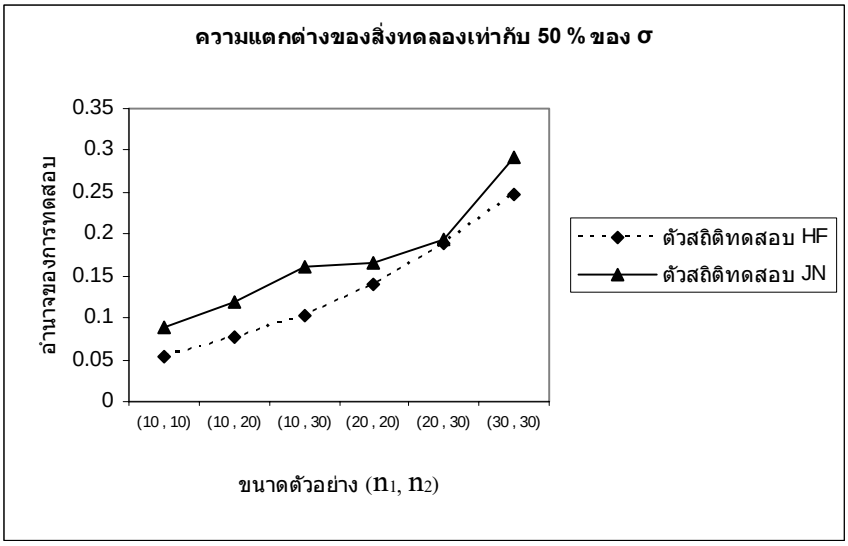
<u>รูปที่ 4.4.2</u> เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.2$ โดยที่ $\beta_{12} = 0.3$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

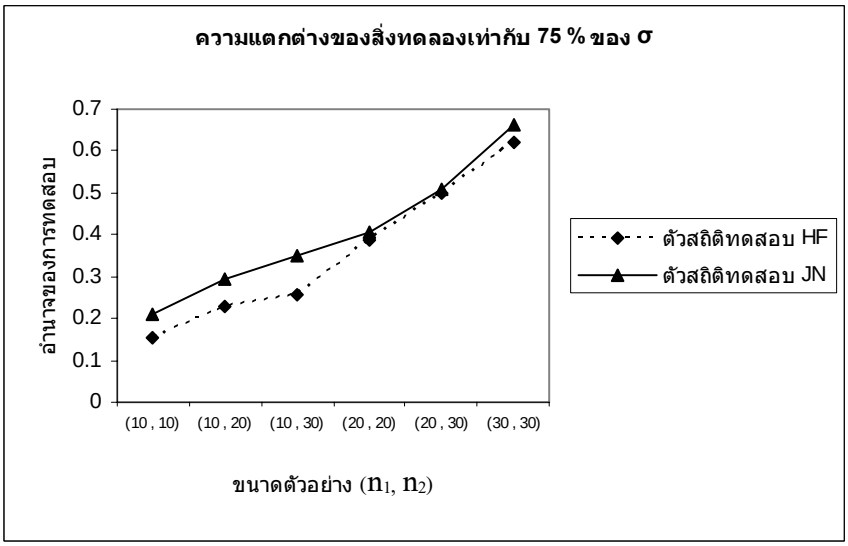


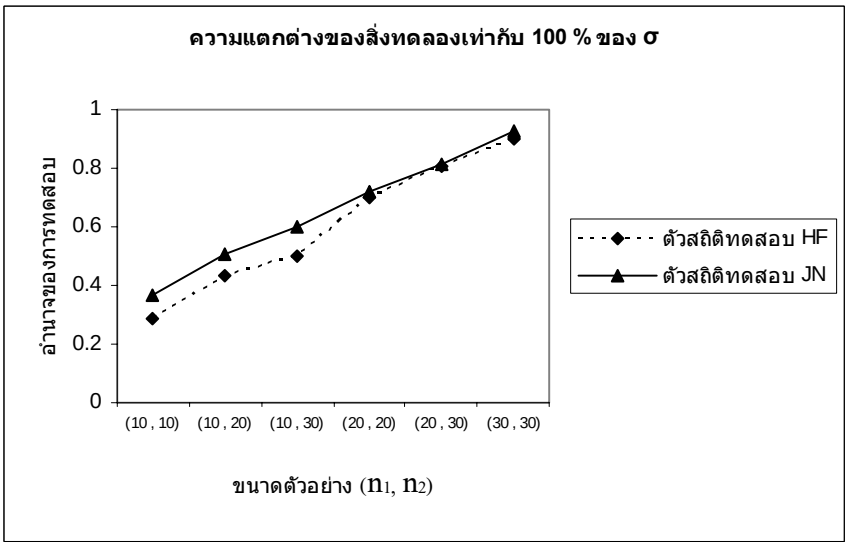




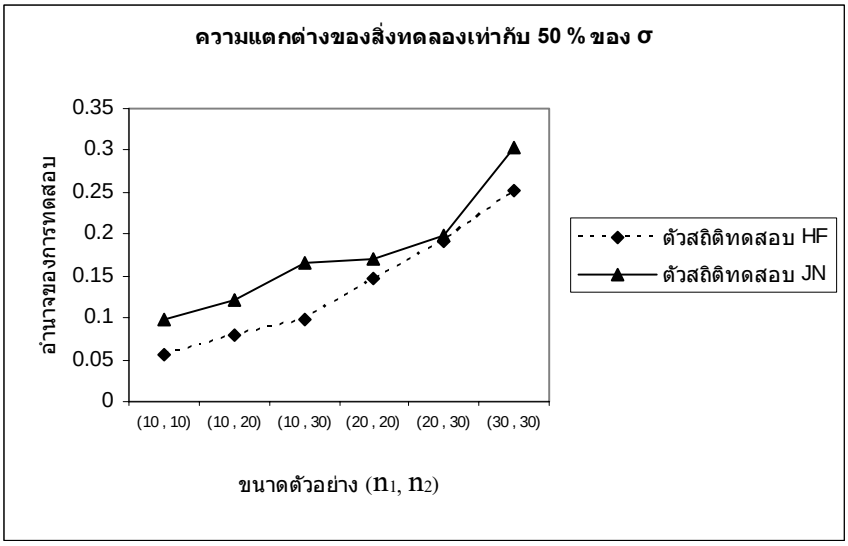
<u>รูปที่ 4.4.3</u> เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.2$ โดยที่ $\beta_{12} = 0.35$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

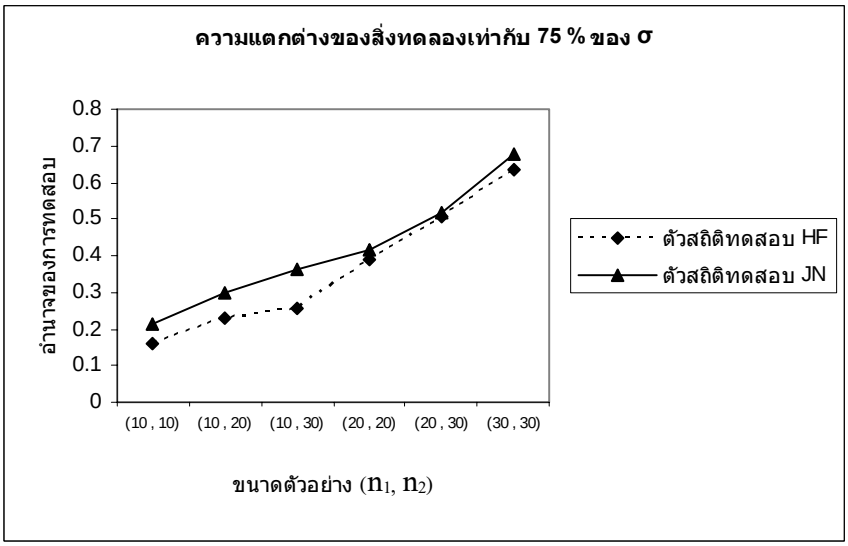


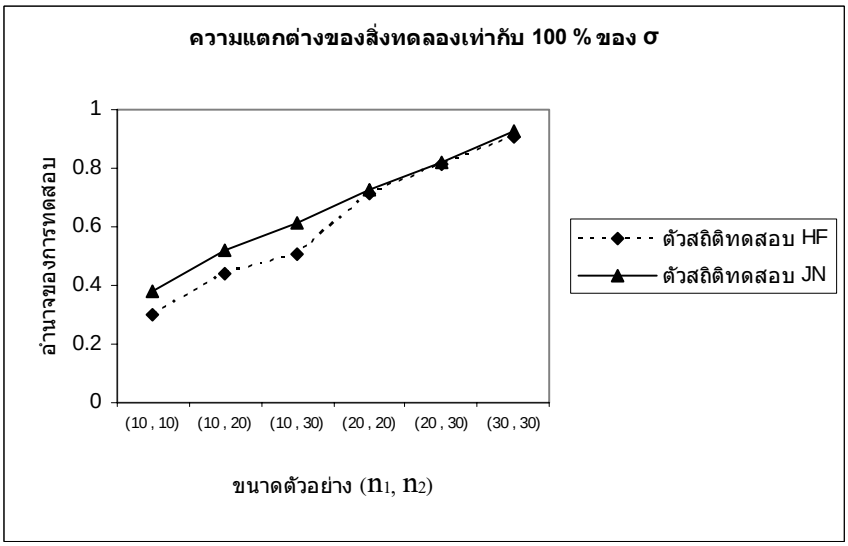




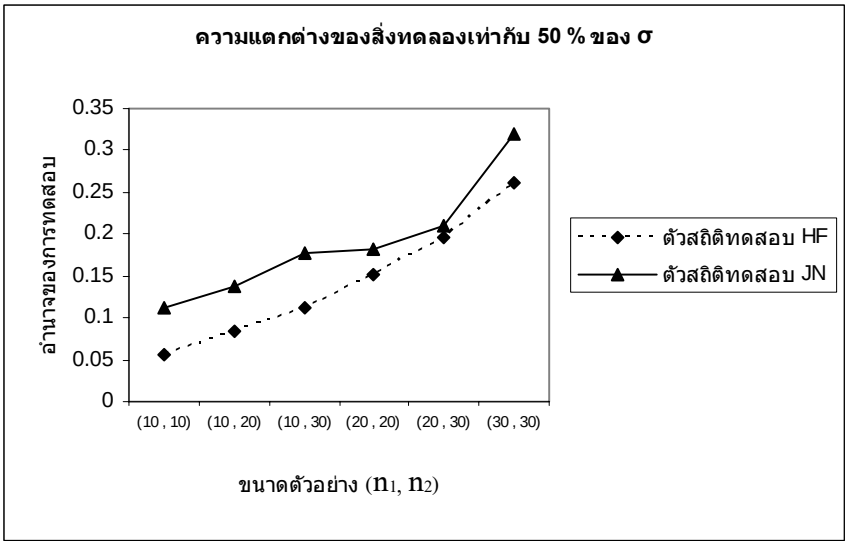
<u>รูปที่ 4.4.4</u> เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.2$ โดยที่ $\beta_{12} = 0.4$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

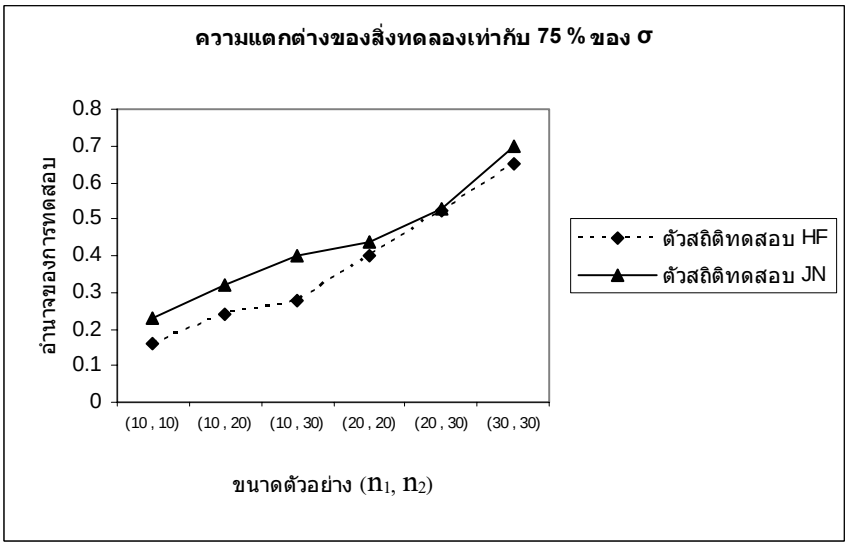


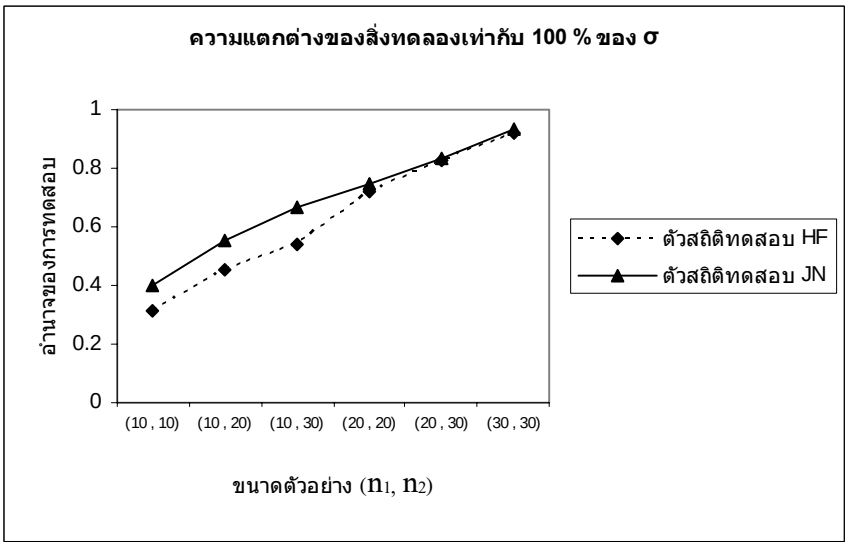




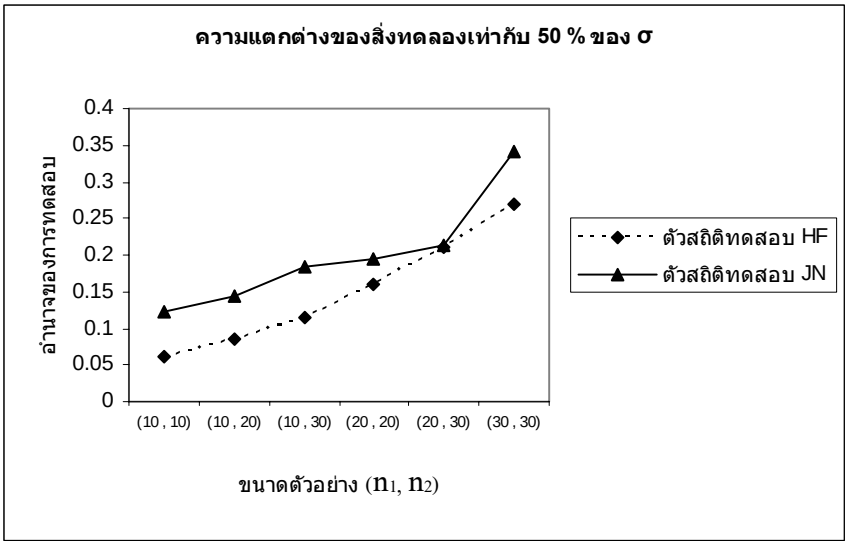
<u>รูปที่ 4.4.5</u> เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.3$ โดยที่ $\beta_{12} = 0.375$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

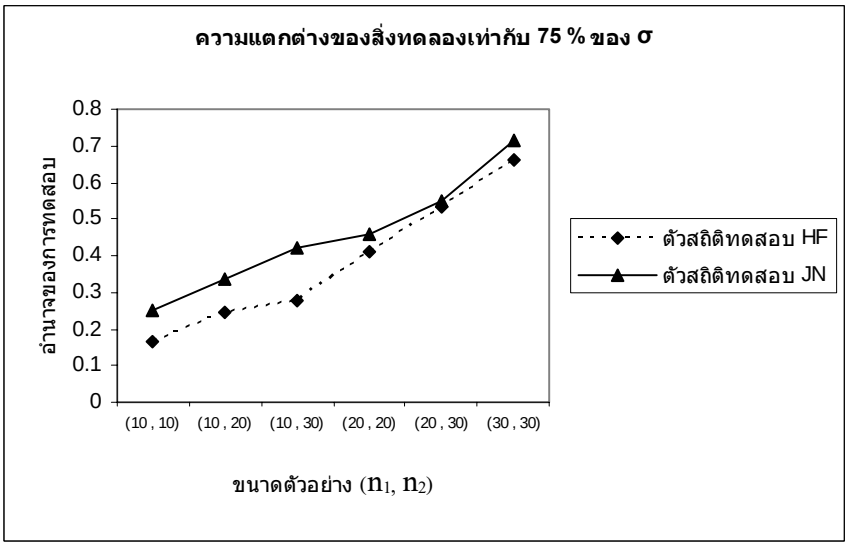


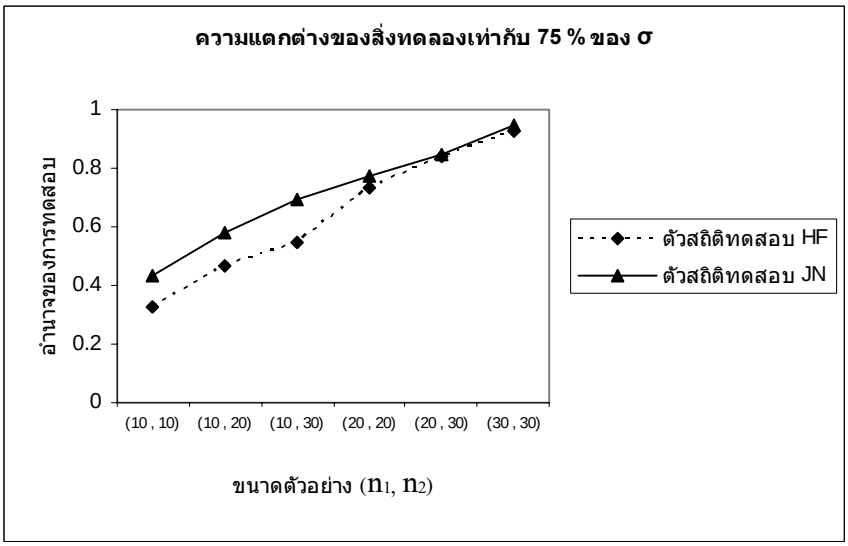




<u>รูปที่ 4.4.6</u> เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.3$ โดยที่ $\beta_{12} = 0.45$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$







ตารางที่ 4.5 แสดงค่าอำนาจของการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.3$, $\beta_{12} = 0.525$ 0.6 ตามลำดับ และ $\beta_{11} = 0.4$, $\beta_{12} = 0.5$ 0.6 0.7 0.8 ตามลำดับ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

สัมประสิทธิ์การถดถอย β_{11} , β_{12}	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2)	ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลอง					
		แตกต่าง 50% ของ σ		แตกต่าง 75% ของ σ		แตกต่าง 100% ของ σ	
		HF	JN	HF	JN	HF	JN
0.3 , 0.525	(10 , 10)	0.067	0.135	0.176	0.272	0.337	0.466
	(10 , 20)	0.087	0.152	0.249	0.35	0.479	0.6
	(10 , 30)	0.113	0.193	0.28	0.446	0.554	0.711
	(20 , 20)	0.169	0.206	0.429	0.484	0.752	0.8
	(20 , 30)	0.214	0.224	0.555	0.566	0.857	0.865
	(30 , 30)	0.286	0.364	0.679	0.744	0.936	0.958
0.3 , 0.6	(10 , 10)	0.074	0.146	0.186	0.292	0.36	0.498
	(10 , 20)	0.091	0.168	0.265	0.383	0.491	0.63
	(10 , 30)	0.113	0.204	0.286	0.468	0.561	0.742
	(20 , 20)	0.176	0.218	0.45	0.514	0.777	0.821
	(20 , 30)	0.225	0.237	0.573	0.585	0.874	0.884
	(30 , 30)	0.305	0.387	0.697	0.774	0.946	0.965
0.4 , 0.5	(10 , 10)	0.071	0.146	0.178	0.292	0.351	0.498
	(10 , 20)	0.095	0.174	0.274	0.394	0.499	0.639
	(10 , 30)	0.126	0.204	0.313	0.487	0.586	0.751
	(20 , 20)	0.175	0.226	0.449	0.514	0.776	0.821
	(20 , 30)	0.226	0.237	0.573	0.585	0.874	0.884
	(30 , 30)	0.305	0.387	0.697	0.774	0.946	0.965
0.4 , 0.6	(10 , 10)	0.077	0.164	0.198	0.334	0.379	0.545
	(10 , 20)	0.102	0.194	0.285	0.43	0.53	0.681
	(10 , 30)	0.13	0.225	0.322	0.524	0.603	0.791
	(20 , 20)	0.184	0.245	0.483	0.546	0.813	0.845
	(20 , 30)	0.243	0.257	0.609	0.618	0.899	0.906
	(30 , 30)	0.334	0.422	0.728	0.812	0.954	0.972
0.4 , 0.7	(10 , 10)	0.085	0.191	0.223	0.368	0.412	0.602
	(10 , 20)	0.112	0.219	0.306	0.466	0.56	0.728
	(10 , 30)	0.138	0.249	0.347	0.567	0.626	0.829
	(20 , 20)	0.198	0.274	0.53	0.607	0.842	0.881
	(20 , 30)	0.265	0.28	0.644	0.662	0.922	0.929
	(30 , 30)	0.366	0.463	0.772	0.863	0.969	0.982
0.4 , 0.8	(10 , 10)	0.097	0.22	0.25	0.423	0.458	0.663
	(10 , 20)	0.121	0.26	0.333	0.515	0.607	0.787
	(10 , 30)	0.142	0.283	0.362	0.614	0.671	0.884
	(20 , 20)	0.222	0.302	0.578	0.663	0.879	0.919
	(20 , 30)	0.295	0.313	0.691	0.708	0.942	0.947
	(30 , 30)	0.396	0.528	0.819	0.891	0.979	0.993

ตารางที่ 4.5.1 แสดงค่าสัมพัทธ์ของอำนาจของการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.3$, $\beta_{12} = 0.525$ 0.6 ตามลำดับ และ $\beta_{11} = 0.4$, $\beta_{12} = 0.5$ 0.6 0.7 0.8 ตามลำดับ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

สัมประสิทธิ์การถดถอย β_{11} , β_{12}	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2)	ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลอง					
		แตกต่าง 50% ของ σ		แตกต่าง 75% ของ σ		แตกต่าง 100% ของ σ	
		HF	JN	HF	JN	HF	JN
0.3 , 0.525	(10 , 10)	0.00	101.49	0.00	54.55	0.00	38.28
	(10 , 20)	0.00	74.71	0.00	40.56	0.00	25.26
	(10 , 30)	0.00	70.80	0.00	59.29	0.00	28.34
	(20 , 20)	0.00	21.89	0.00	12.82	0.00	6.38
	(20 , 30)	0.00	4.67	0.00	1.98	0.00	0.93
	(30 , 30)	0.00	27.27	0.00	9.57	0.00	2.35
0.3 , 0.6	(10 , 10)	0.00	97.30	0.00	56.99	0.00	38.33
	(10 , 20)	0.00	84.62	0.00	44.53	0.00	28.31
	(10 , 30)	0.00	80.53	0.00	63.64	0.00	32.26
	(20 , 20)	0.00	23.86	0.00	14.22	0.00	5.66
	(20 , 30)	0.00	5.33	0.00	2.09	0.00	1.14
	(30 , 30)	0.00	26.89	0.00	11.05	0.00	2.01
0.4 , 0.5	(10 , 10)	0.00	105.63	0.00	64.04	0.00	41.88
	(10 , 20)	0.00	83.16	0.00	43.80	0.00	28.06
	(10 , 30)	0.00	61.90	0.00	55.59	0.00	28.16
	(20 , 20)	0.00	29.14	0.00	14.48	0.00	5.80
	(20 , 30)	0.00	4.87	0.00	2.09	0.00	1.14
	(30 , 30)	0.00	26.89	0.00	11.05	0.00	2.01
0.4 , 0.6	(10 , 10)	0.00	112.99	0.00	68.69	0.00	43.80
	(10 , 20)	0.00	90.20	0.00	50.88	0.00	28.49
	(10 , 30)	0.00	73.08	0.00	62.73	0.00	31.18
	(20 , 20)	0.00	33.15	0.00	13.04	0.00	3.94
	(20 , 30)	0.00	5.76	0.00	1.48	0.00	0.78
	(30 , 30)	0.00	26.35	0.00	11.54	0.00	1.89
0.4 , 0.7	(10 , 10)	0.00	124.71	0.00	65.02	0.00	46.12
	(10 , 20)	0.00	95.54	0.00	52.29	0.00	30.00
	(10 , 30)	0.00	80.43	0.00	63.40	0.00	32.43
	(20 , 20)	0.00	38.38	0.00	14.53	0.00	4.63
	(20 , 30)	0.00	5.66	0.00	2.80	0.00	0.76
	(30 , 30)	0.00	26.50	0.00	11.79	0.00	1.34
0.4 , 0.8	(10 , 10)	0.00	126.80	0.00	69.20	0.00	44.76
	(10 , 20)	0.00	114.88	0.00	54.65	0.00	29.65
	(10 , 30)	0.00	99.30	0.00	69.61	0.00	31.74
	(20 , 20)	0.00	36.04	0.00	14.71	0.00	4.55
	(20 , 30)	0.00	6.10	0.00	2.46	0.00	0.53
	(30 , 30)	0.00	33.33	0.00	8.79	0.00	1.43

จากตารางที่ 4.5 ผลการวิจัยเปรียบเทียบวิธีการทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 1 (β_{11}) มีค่าเป็น 0.3 โดยที่สัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 2 (β_{12}) มีค่า 0.525 0.6 ตามลำดับและ $\beta_{11}=0.4$ โดยที่ $\beta_{12}=0.5$ 0.6 0.7 0.8 ตามลำดับ วิธีการทดสอบวิธี JN จะให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าวิธี HF เนื่องจากสถิติทดสอบของวิธี JN คำนวณโดยพิจารณาจากค่าต่ำสุดของความคลาดเคลื่อนของการทดสอบ ดังนั้นอัตราส่วนระหว่างผลรวมกำลังสองของการประมาณกับผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อนของการทดสอบของวิธี JN มีค่ามากกว่าวิธี HF จึงทำให้การทดสอบด้วยวิธี JN มีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าวิธี HF

ค่าอำนาจของการทดสอบทั้ง 2 วิธี มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นเนื่องจากขนาดตัวอย่างที่เพิ่มขึ้นนั้น จะช่วยลดความเบี่ยงเบนที่ไม่ทราบสาเหตุลงได้ ส่วนสัมประสิทธิ์การถดถอยในแต่ละสิ่งทดลองเมื่อเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าอำนาจของการทดสอบทั้ง 2 วิธี มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน แสดงว่าค่าอำนาจการทดสอบจะแปรผันตามสัมประสิทธิ์การถดถอยและขนาดตัวอย่างในแต่ละสิ่งทดลอง เพราะว่าการเพิ่มสัมประสิทธิ์การถดถอยแสดงให้เห็นว่าตัวแปรร่วมมีผลต่อการวิเคราะห์ความแปรปรวนมากขึ้น นั่นคือ ระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรร่วมกับตัวแปรตามที่ศึกษามีความสัมพันธ์กันมากขึ้น ดังนั้นส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการใช้ตัวแปรร่วมวิเคราะห์ข้อมูลมีค่าลดลง ผลการทดสอบสมมติฐานก็จะมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

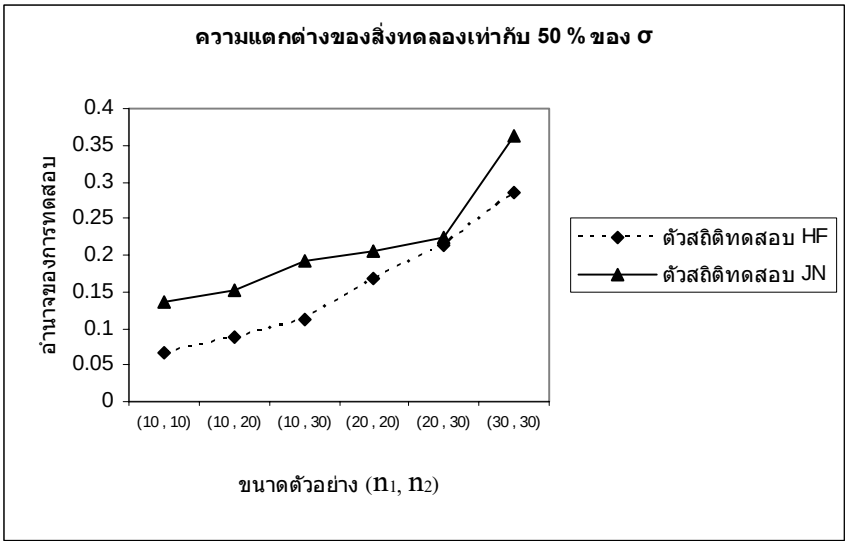
เมื่อเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 1 เพิ่มขึ้นจาก 0.3 เป็น 0.4 โดยที่สัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 2 เพิ่มขึ้นในอัตราส่วนเดียวกัน ค่าอำนาจของการทดสอบมีค่าเพิ่มขึ้น แสดงว่าอัตราการเพิ่มของค่าอำนาจของการทดสอบจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรร่วมมีค่าเพิ่มขึ้น และเมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นพบว่าค่าอำนาจของการทดสอบของทั้ง 2 วิธีมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลองส่งผลให้ผลรวมกำลังสองของการประมาณมีค่าเพิ่มขึ้น

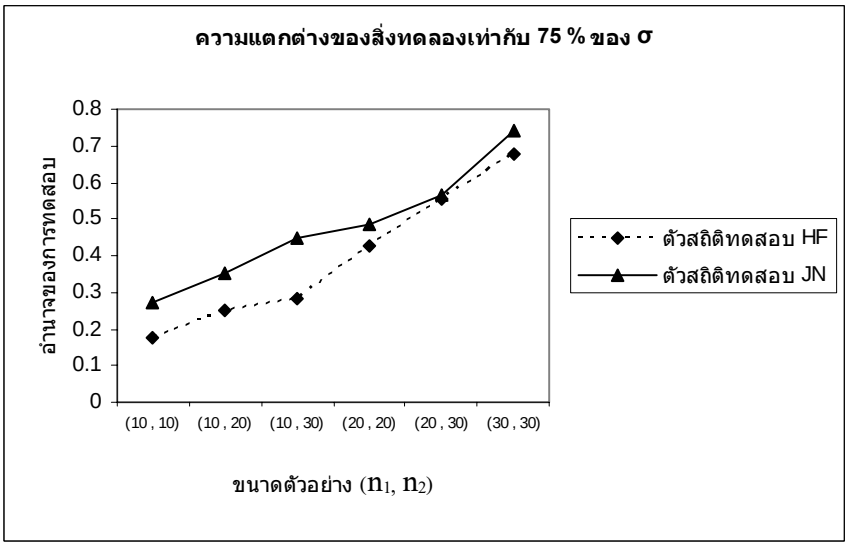
จากตารางที่ 4.5.1 สรุปผลการวิเคราะห์ได้ดังนี้ ค่าสัมพัทธ์ของอำนาจของการทดสอบ (RPOW) ของวิธีทดสอบของ JN มีแนวโน้มลดลงตามขนาดตัวอย่างที่เพิ่มขึ้น และในกรณีที่ขนาดตัวอย่าง $n_1=20, n_2=30$ พบว่าอัตราการเพิ่มอำนาจของการทดสอบวิธี JN มีอัตราการเพิ่มที่น้อยกว่าวิธี HF ทำให้ค่าอำนาจของการทดสอบมีค่าใกล้เคียงกันมากขึ้น ดังนั้นค่า RPOW ของวิธี JN จึงมีค่าน้อยกว่ากรณีอื่น ๆ เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยเพิ่มขึ้นค่าสัมพัทธ์ของค่าอำนาจการทดสอบของวิธี JN มีแนวโน้มสูงขึ้น และจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อความแตกต่างระหว่างสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันมากขึ้น

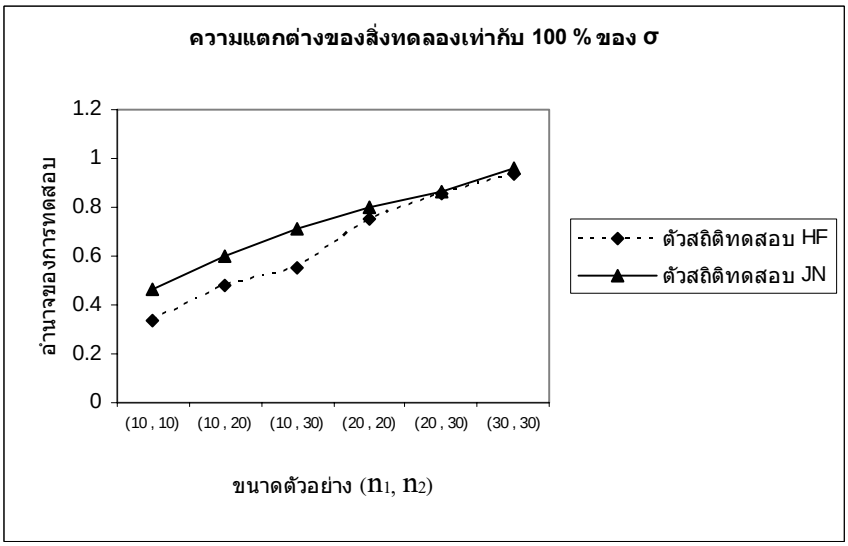
รายละเอียดเกี่ยวกับการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบระหว่างวิธีการทั้ง 2 วิธี เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 1 (β_{11}) มีค่าเป็น 0.3 โดยที่สัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 2 (β_{12}) มีค่า 0.525 0.6 ตามลำดับและ $\beta_{11} = 0.4$ โดยที่ $\beta_{12} = 0.5$ 0.6 0.7 0.8 ตามลำดับ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$ จะแสดงไว้ในรูปที่ 4.5.1 – 4.5.6

ส่วนตารางต่อไปจะแสดงค่าอำนาจการทดสอบของวิธี HF กับวิธี JN เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 1 (β_{11}) มีค่าเป็น 0.5 โดยที่สัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 2 (β_{12}) มีค่า 0.625 0.75 0.875 1.0 ตามลำดับ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

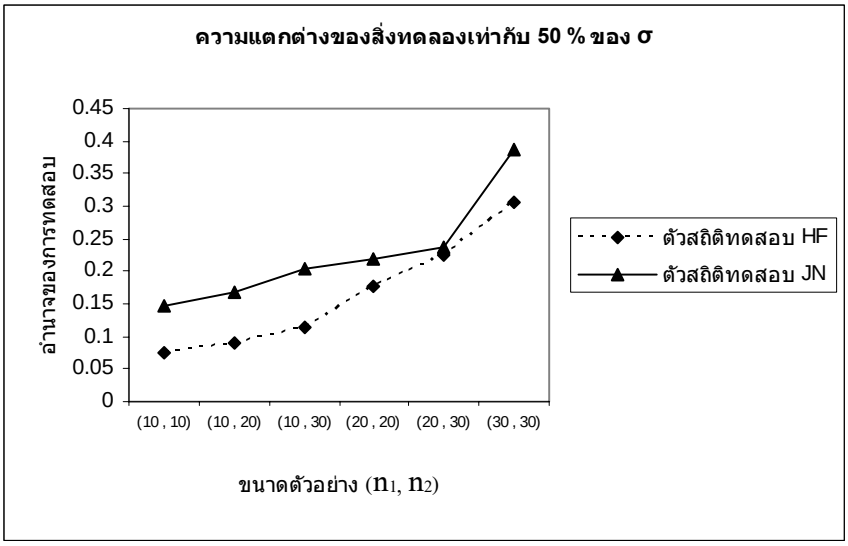
<u>รูปที่ 4.5.1</u> เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.3$ โดยที่ $\beta_{12} = 0.525$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

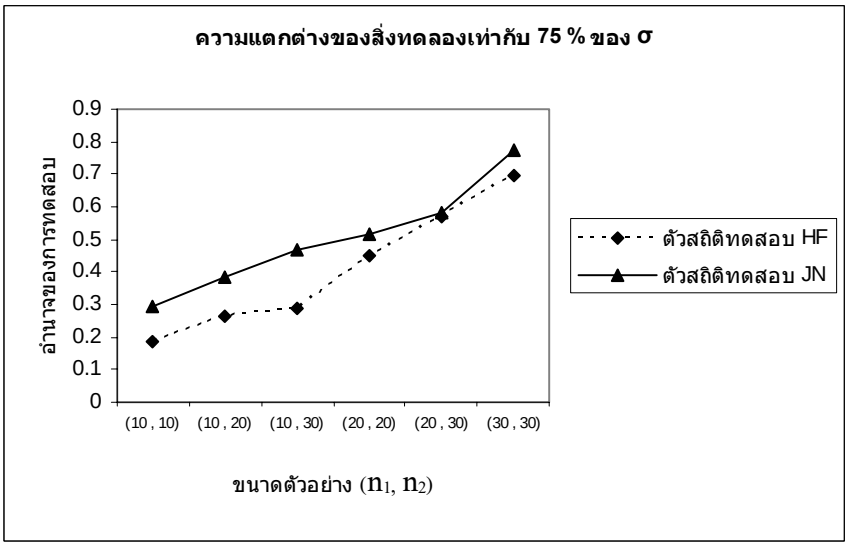


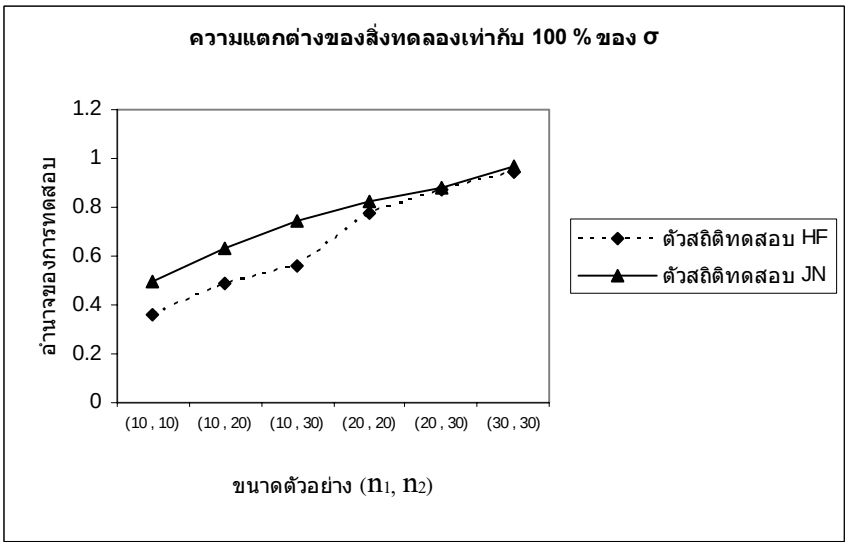




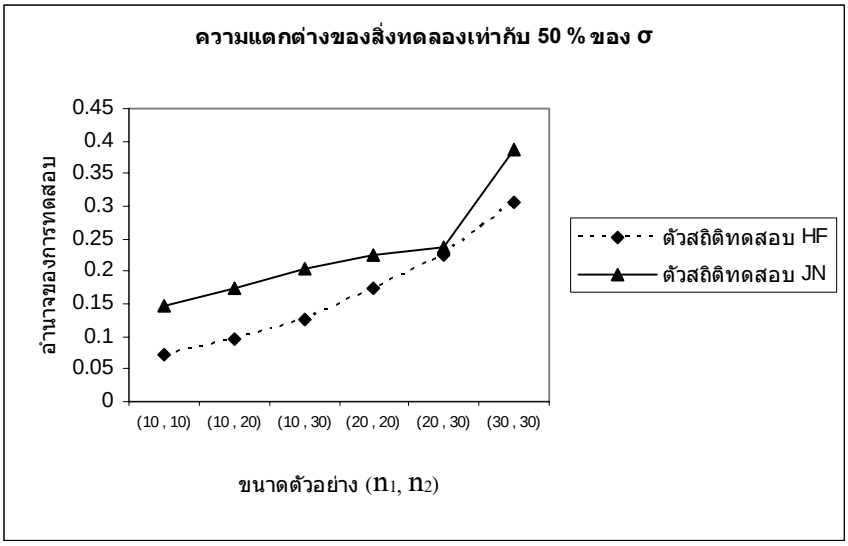
<u>รูปที่ 4.5.2</u> เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.3$ โดยที่ $\beta_{12} = 0.6$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

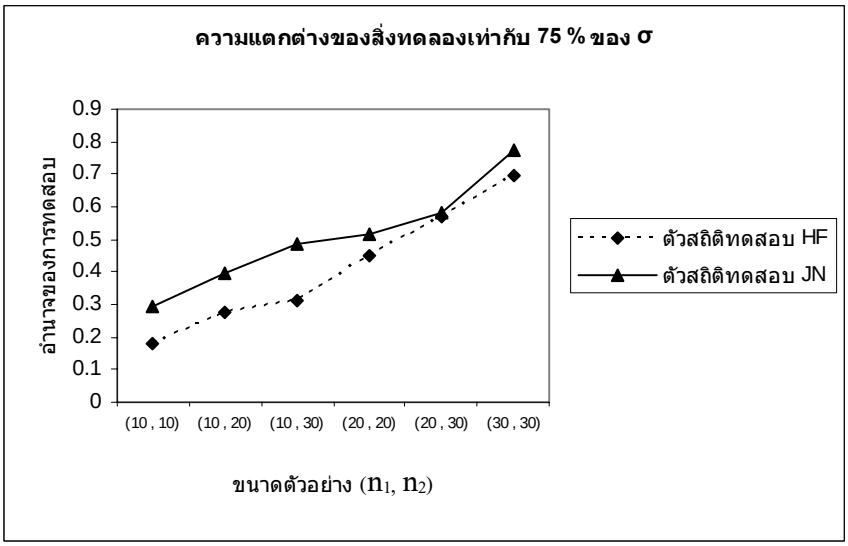


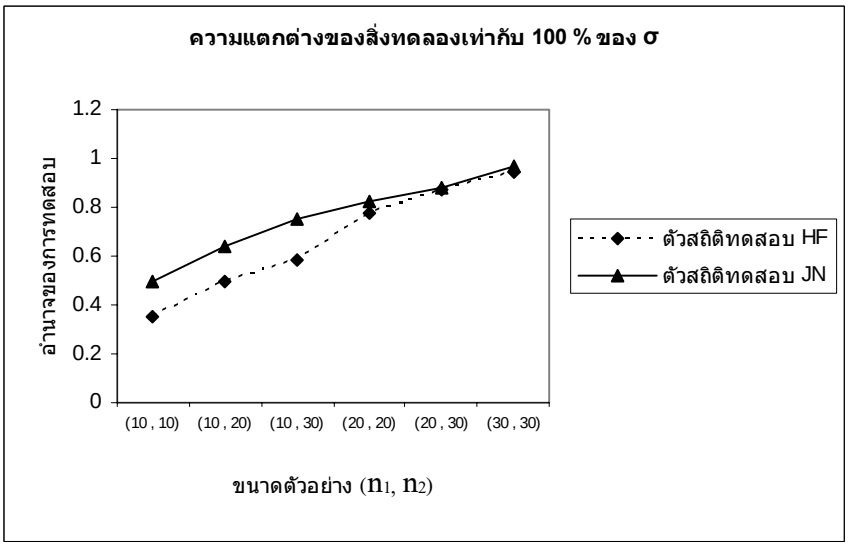




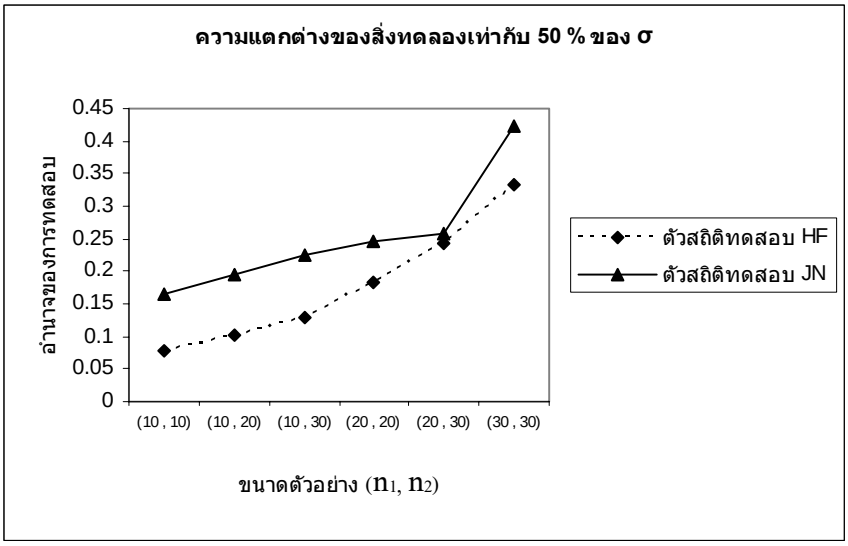
<u>รูปที่ 4.5.3</u> เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.4$ โดยที่ $\beta_{12} = 0.5$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

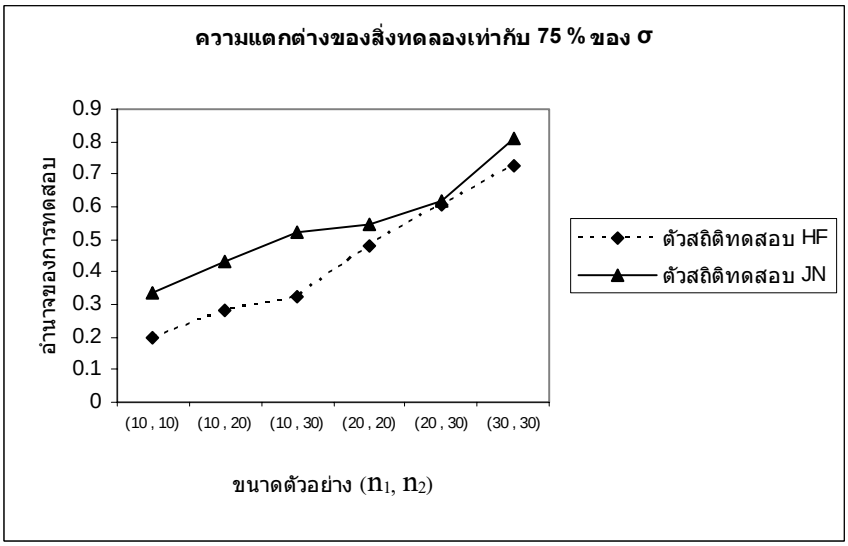


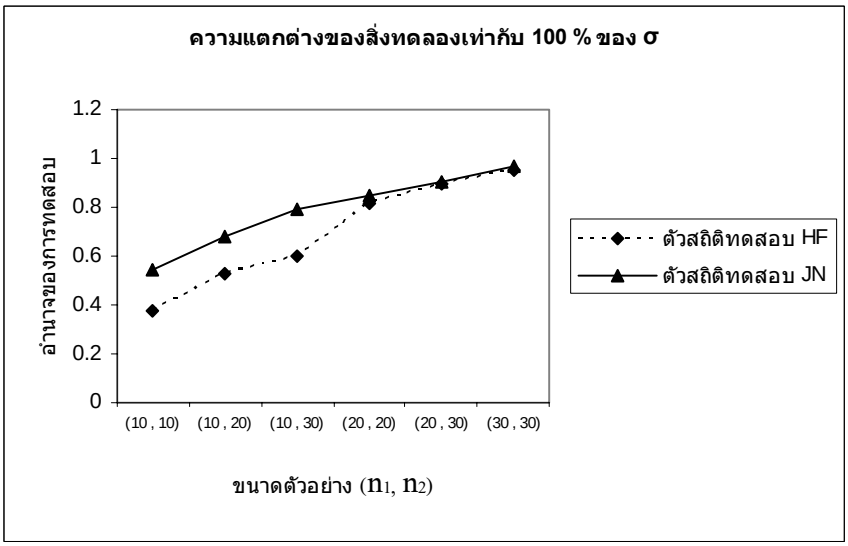




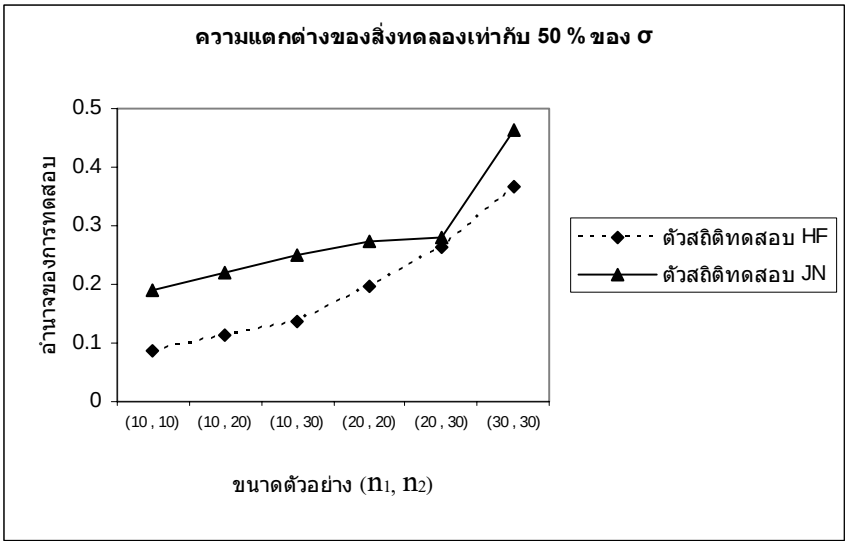
<u>รูปที่ 4.5.4</u> เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.4$ โดยที่ $\beta_{12} = 0.6$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

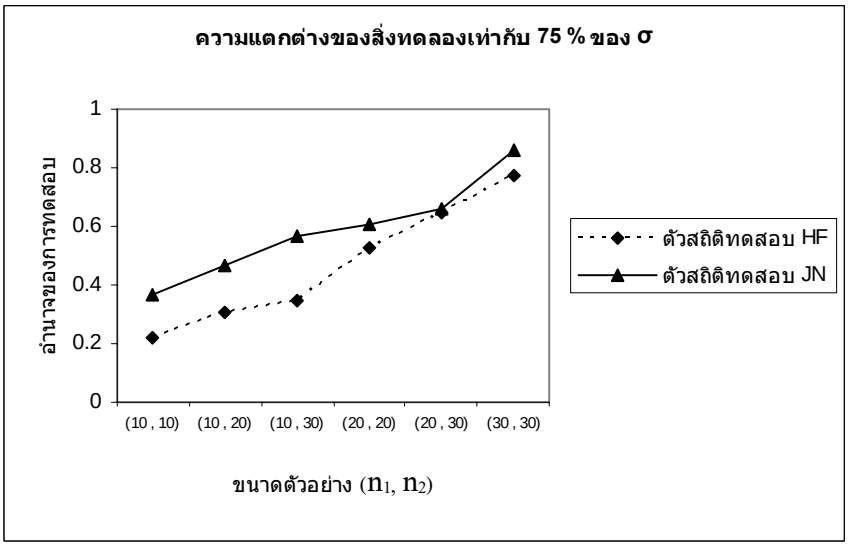


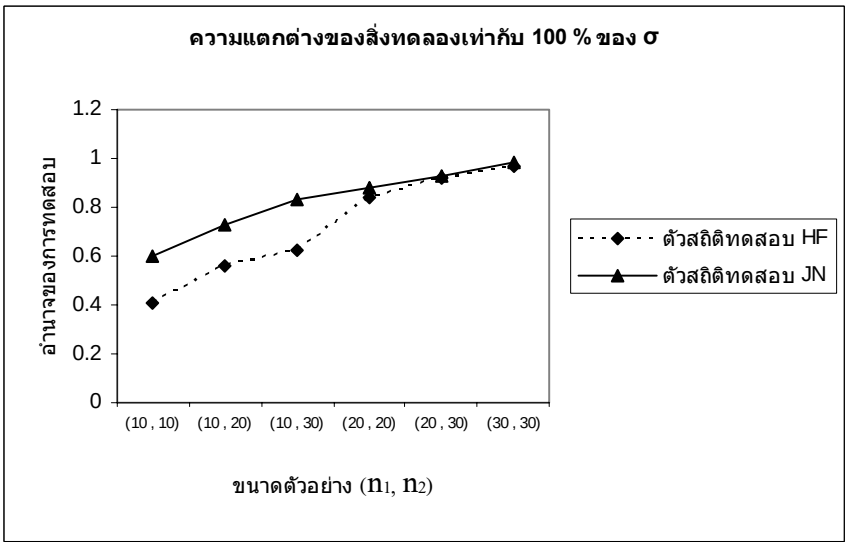




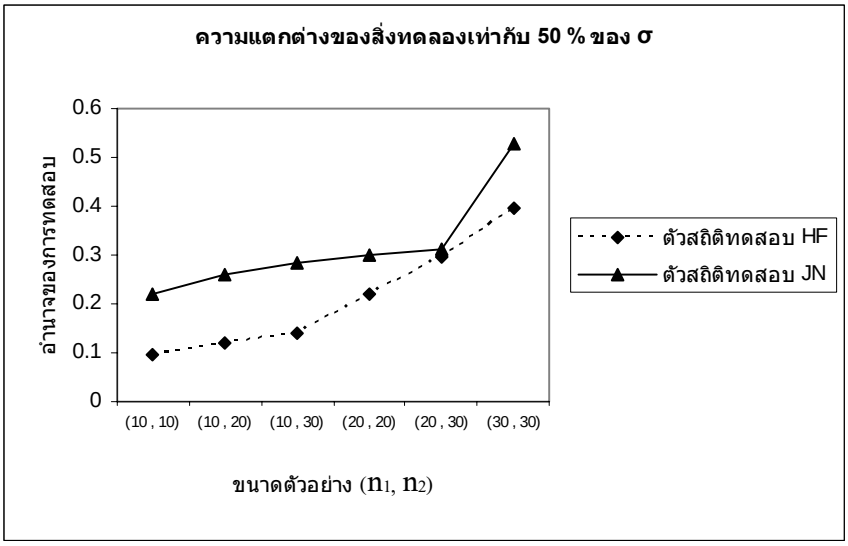
<u>รูปที่ 4.5.5</u> เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.4$ โดยที่ $\beta_{12} = 0.7$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

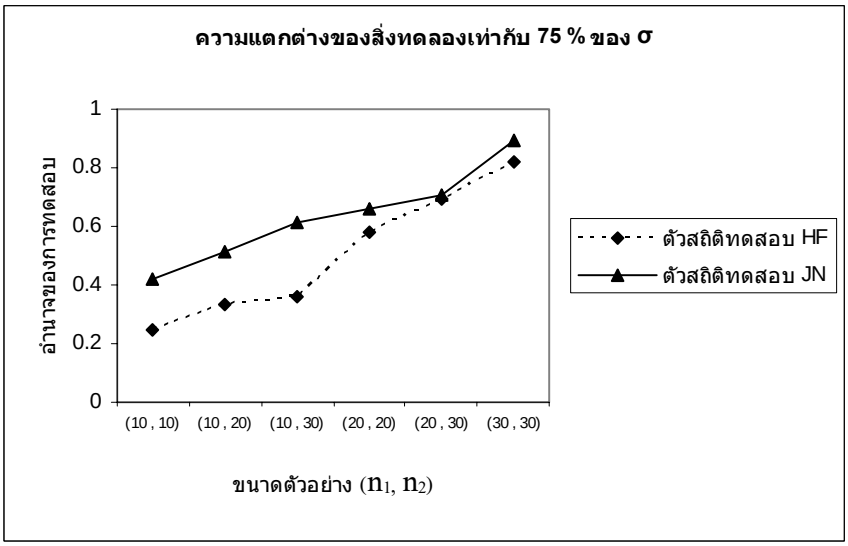


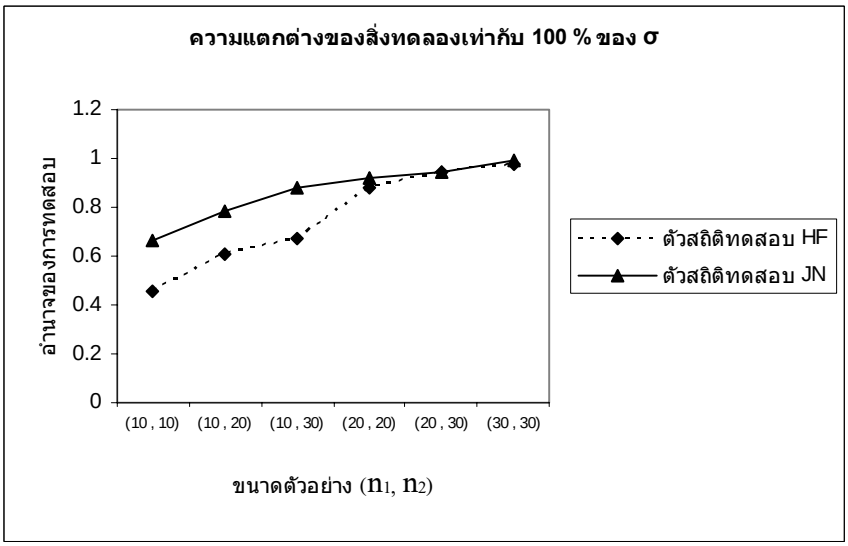




<u>รูปที่ 4.5.6</u> เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.4$ โดยที่ $\beta_{12} = 0.8$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$







ตารางที่ 4.6 แสดงค่าอำนาจของการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.5$, $\beta_{12} = 0.625\ 0.75\ 0.875\ 1.0$ ตามลำดับ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

สัมประสิทธิ์การถดถอย β_{11} , β_{12}	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2)	ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลอง					
		แตกต่าง 50% ของ σ		แตกต่าง 75% ของ σ		แตกต่าง 100% ของ σ	
		HF	JN	HF	JN	HF	JN
0.5 , 0.625	(10 , 10)	0.082	0.2	0.221	0.382	0.412	0.621
	(10 , 20)	0.118	0.239	0.319	0.483	0.58	0.752
	(10 , 30)	0.154	0.261	0.376	0.6	0.672	0.859
	(20 , 20)	0.204	0.29	0.542	0.62	0.847	0.889
	(20 , 30)	0.273	0.302	0.655	0.675	0.929	0.932
	(30 , 30)	0.375	0.477	0.78	0.869	0.972	0.986
0.5 , 0.75	(10 , 10)	0.099	0.238	0.258	0.463	0.479	0.702
	(10 , 20)	0.131	0.286	0.359	0.558	0.645	0.831
	(10 , 30)	0.16	0.304	0.406	0.688	0.718	0.909
	(20 , 20)	0.238	0.332	0.611	0.697	0.9	0.93
	(20 , 30)	0.312	0.361	0.719	0.738	0.951	0.955
	(30 , 30)	0.422	0.551	0.842	0.911	0.983	0.993
0.5 , 0.875	(10 , 10)	0.125	0.314	0.305	0.561	0.553	0.802
	(10 , 20)	0.163	0.342	0.413	0.652	0.725	0.901
	(10 , 30)	0.176	0.376	0.45	0.773	0.773	0.952
	(20 , 20)	0.279	0.401	0.698	0.777	0.94	0.965
	(20 , 30)	0.376	0.446	0.799	0.816	0.976	0.976
	(30 , 30)	0.484	0.645	0.895	0.953	0.995	0.999
0.5 , 1.0	(10 , 10)	0.159	0.392	0.386	0.687	0.668	0.904
	(10 , 20)	0.198	0.445	0.487	0.772	0.825	0.956
	(10 , 30)	0.212	0.479	0.536	0.864	0.858	0.983
	(20 , 20)	0.358	0.499	0.797	0.872	0.973	0.99
	(20 , 30)	0.463	0.543	0.883	0.899	0.989	0.991
	(30 , 30)	0.584	0.761	0.949	0.981	1	1

ตารางที่ 4.6.1 แสดงค่าสัมพัทธ์ของอำนาจของการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ(HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.5$, $\beta_{12} = 0.625\ 0.75\ 0.875\ 1.0$ ตามลำดับ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

สัมประสิทธิ์การถดถอย β_{11} , β_{12}	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2)	ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลอง					
		แตกต่าง 50% ของ σ		แตกต่าง 75% ของ σ		แตกต่าง 100% ของ σ	
		HF	JN	HF	JN	HF	JN
0.5 , 0.625	(10 , 10)	0.00	143.90	0.00	72.85	0.00	50.73
	(10 , 20)	0.00	102.54	0.00	51.41	0.00	29.66
	(10 , 30)	0.00	69.48	0.00	59.57	0.00	27.83
	(20 , 20)	0.00	42.16	0.00	14.39	0.00	4.96
	(20 , 30)	0.00	10.62	0.00	3.05	0.00	0.32
	(30 , 30)	0.00	27.20	0.00	11.41	0.00	1.44
0.5 , 0.75	(10 , 10)	0.00	140.40	0.00	79.46	0.00	46.56
	(10 , 20)	0.00	118.32	0.00	55.43	0.00	28.84
	(10 , 30)	0.00	90.00	0.00	69.46	0.00	26.60
	(20 , 20)	0.00	39.50	0.00	14.08	0.00	3.33
	(20 , 30)	0.00	15.71	0.00	2.64	0.00	0.42
	(30 , 30)	0.00	30.57	0.00	8.19	0.00	1.02
0.5 , 0.875	(10 , 10)	0.00	151.20	0.00	83.93	0.00	45.03
	(10 , 20)	0.00	109.82	0.00	57.87	0.00	24.28
	(10 , 30)	0.00	113.64	0.00	71.78	0.00	23.16
	(20 , 20)	0.00	43.73	0.00	11.32	0.00	2.66
	(20 , 30)	0.00	18.62	0.00	2.13	0.00	0.00
	(30 , 30)	0.00	33.26	0.00	6.48	0.00	0.40
0.5 , 1.0	(10 , 10)	0.00	146.54	0.00	77.98	0.00	35.33
	(10 , 20)	0.00	124.75	0.00	58.52	0.00	15.88
	(10 , 30)	0.00	125.94	0.00	61.19	0.00	14.57
	(20 , 20)	0.00	39.39	0.00	9.41	0.00	1.75
	(20 , 30)	0.00	17.28	0.00	1.81	0.00	0.20
	(30 , 30)	0.00	30.31	0.00	3.37	0.00	0.00

จากตารางที่ 4.6 ผลการวิจัยเปรียบเทียบวิธีการทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 1 (β_{11}) มีค่าเป็น 0.5 โดยที่สัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 2 (β_{12}) มีค่า 0.625 0.75 0.875 1.0 ตามลำดับ วิธีการทดสอบวิธี JN จะให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าวิธี HF เนื่องจากสถิติทดสอบของวิธี JN คำนวณโดยพิจารณาจากค่าต่ำสุดของความคลาดเคลื่อนของการทดสอบ ดังนั้นอัตราส่วนระหว่างผลรวมกำลังสองของการประมาณกับผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อนของการทดสอบของวิธี JN มีค่ามากกว่าวิธี HF จึงทำให้การทดสอบด้วยวิธี JN มีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าวิธี HF

ค่าอำนาจของการทดสอบทั้ง 2 วิธี มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยและขนาดตัวอย่างในแต่ละสิ่งทดลองเพิ่มขึ้น แสดงว่าค่าอำนาจการทดสอบจะแปรผันตามสัมประสิทธิ์การถดถอยและขนาดตัวอย่างในแต่ละสิ่งทดลอง เพราะว่าการเพิ่มสัมประสิทธิ์การถดถอยแสดงให้เห็นว่าตัวแปรร่วมมีผลต่อการวิเคราะห์ความแปรปรวนมากขึ้น นั่นคือ ระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรร่วมกับตัวแปรตามที่ศึกษามีความสัมพันธ์กันมากขึ้น ดังนั้นส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการใช้ตัวแปรร่วมวิเคราะห์ข้อมูลมีค่าลดลง ผลการทดสอบสมมติฐานก็จะมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ในทำนองเดียวกันกับการเพิ่มขนาดตัวอย่าง จะช่วยลดความเบี่ยงเบนที่ไม่ทราบสาเหตุลงได้

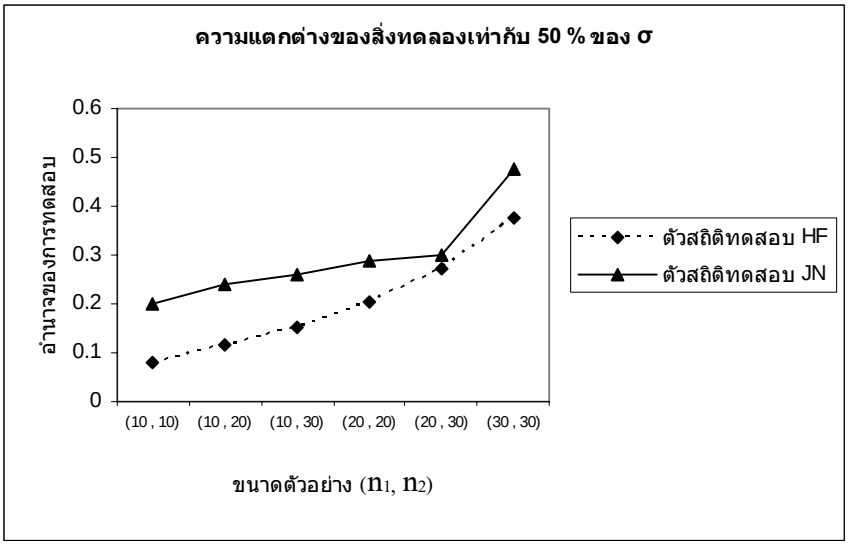
เมื่อเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 1 เพิ่มขึ้นจาก 0.4 เป็น 0.5 โดยที่สัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 2 เพิ่มขึ้นในอัตราส่วนเดียวกัน ค่าอำนาจของการทดสอบมีค่าเพิ่มขึ้น แสดงว่าอัตราการเพิ่มของค่าอำนาจของการทดสอบจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรร่วมมีค่าเพิ่มขึ้น และเมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นพบว่าค่าอำนาจของการทดสอบของทั้ง 2 วิธีมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลองส่งผลให้ผลรวมกำลังสองของการประมาณมีค่าเพิ่มขึ้น

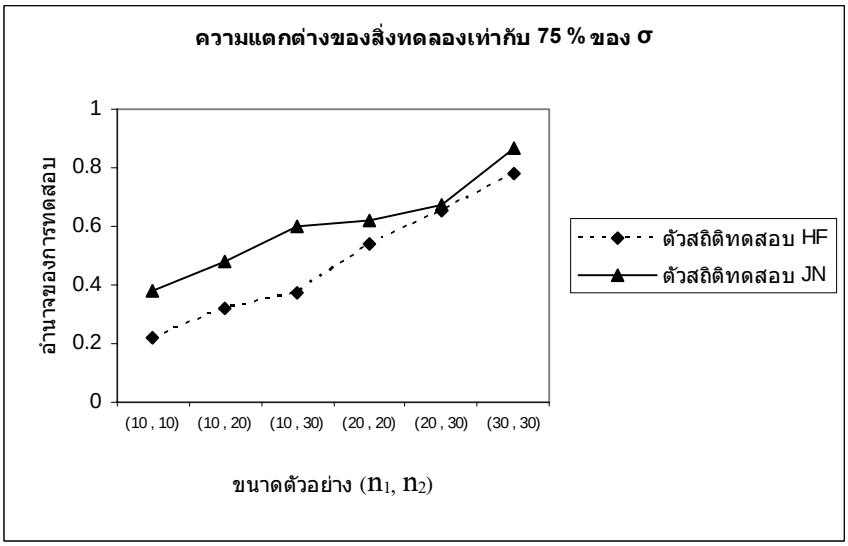
จากตารางที่ 4.6.1 สรุปผลการวิเคราะห์ได้ดังนี้ ค่าสัมพัทธ์ของอำนาจของการทดสอบ (RPOW) ของวิธี JN มีแนวโน้มลดลงตามขนาดตัวอย่างที่เพิ่มขึ้น และในกรณีที่ขนาดตัวอย่าง $n_1 = 20, n_2 = 30$ พบว่าอัตราการเพิ่มอำนาจของการทดสอบวิธี JN มีอัตราการเพิ่มที่น้อยกว่าวิธี HF ทำให้ค่าอำนาจของการทดสอบมีค่าใกล้เคียงกันมากขึ้น ดังนั้นค่า RPOW ของวิธี JN จึงมีค่าน้อยกว่ากรณีอื่น ๆ เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยเพิ่มขึ้นค่าสัมพัทธ์ของค่าอำนาจการทดสอบของจอห์นสันและเนย์แมนมีแนวโน้มสูงขึ้น และจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อความแตกต่างระหว่างสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันมากขึ้น

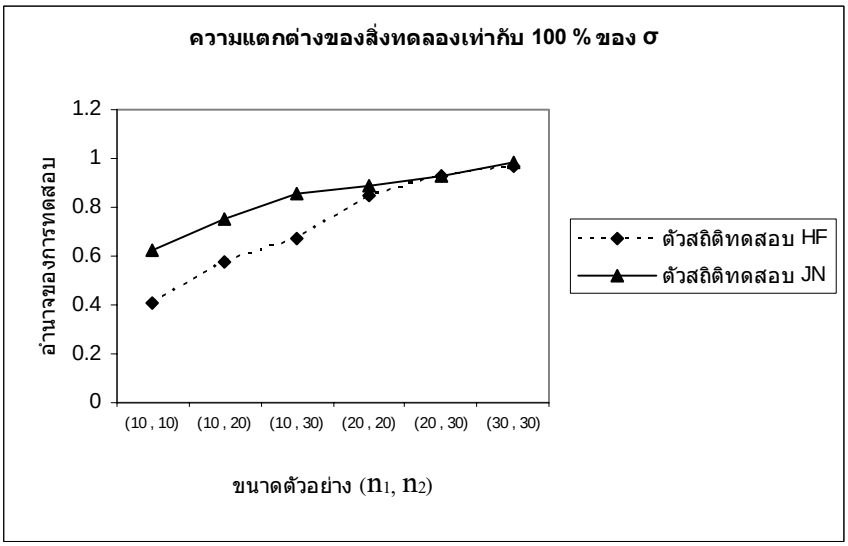
รายละเอียดเกี่ยวกับการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบระหว่างวิธีการทั้ง 2 วิธี เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 1 (β_{11}) มีค่าเป็น 0.5 โดยที่สัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 2 (β_{12}) มีค่า 0.625 0.75 0.875 1.0 ตามลำดับ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$ จะแสดงไว้ในรูปที่ 4.6.1 – 4.6.6

ส่วนตารางต่อไปจะแสดงค่าอำนาจการทดสอบของวิธี HF กับวิธี JN เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 1 (β_{11}) มีค่าเป็น 0.2 โดยที่สัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 2 (β_{12}) มีค่า 0.25 0.3 0.35 0.4 ตามลำดับและ $\beta_{11} = 0.3$ โดยที่ $\beta_{12} = 0.375$ 0.45 ตามลำดับ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

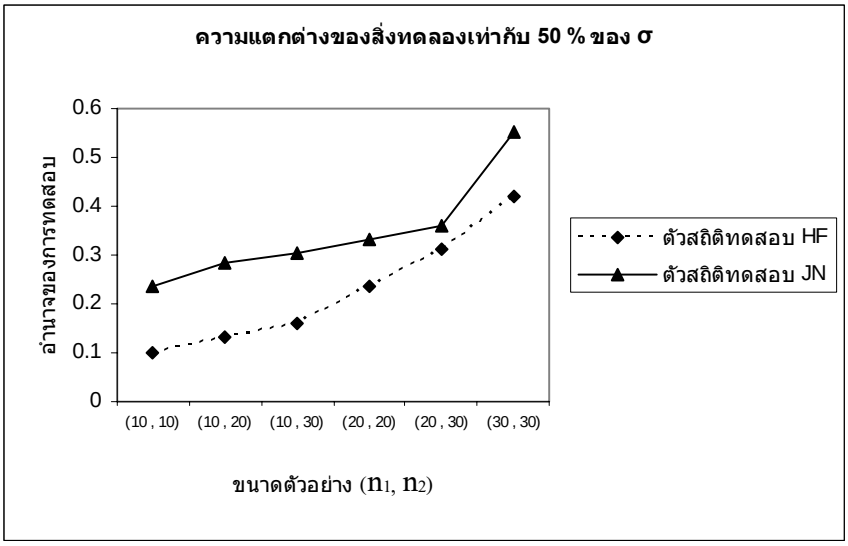
<u>รูปที่ 4.6.1</u> เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.5$ โดยที่ $\beta_{12} = 0.625$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

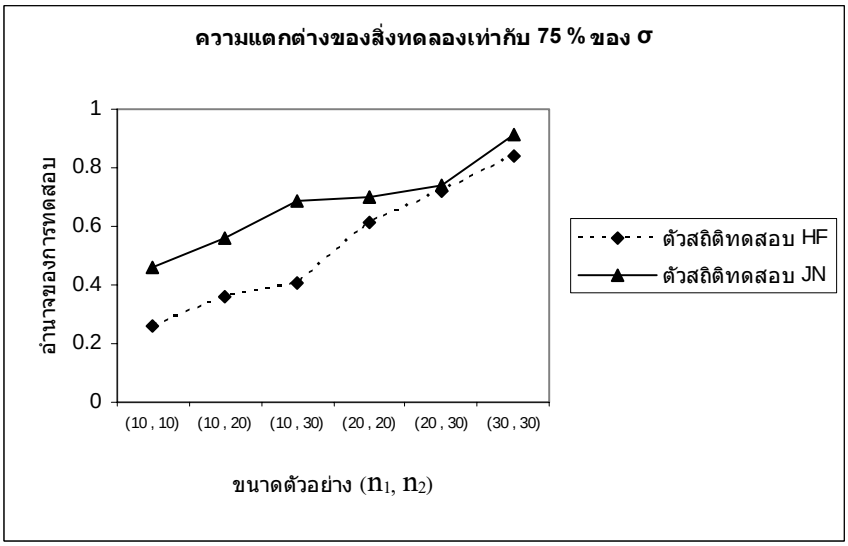


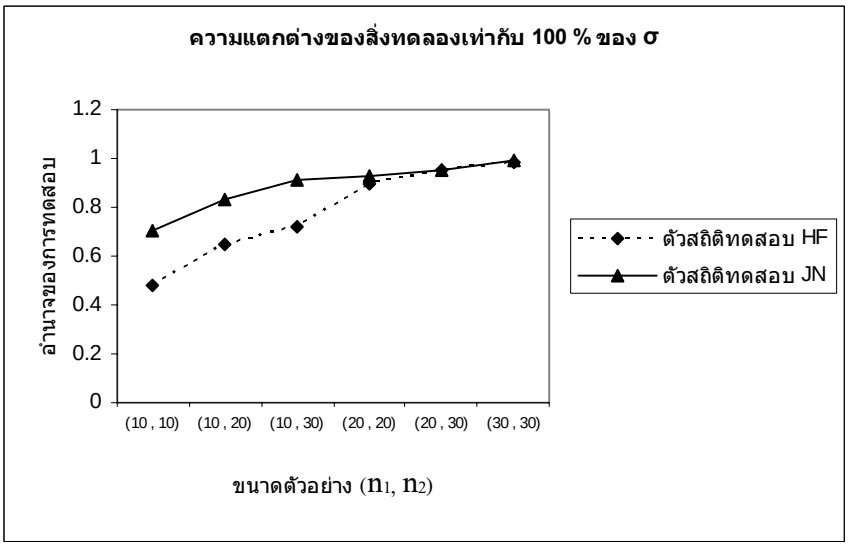




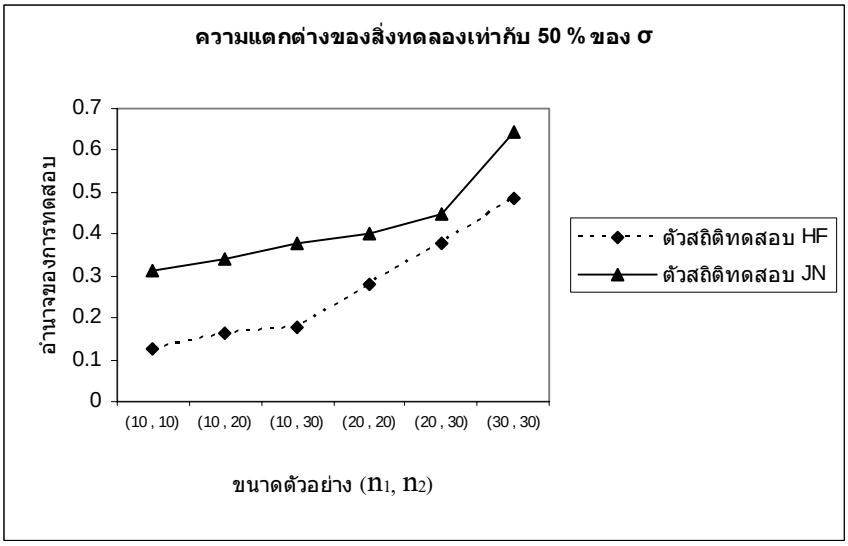
<u>รูปที่ 4.6.2</u> เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.5$ โดยที่ $\beta_{12} = 0.75$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

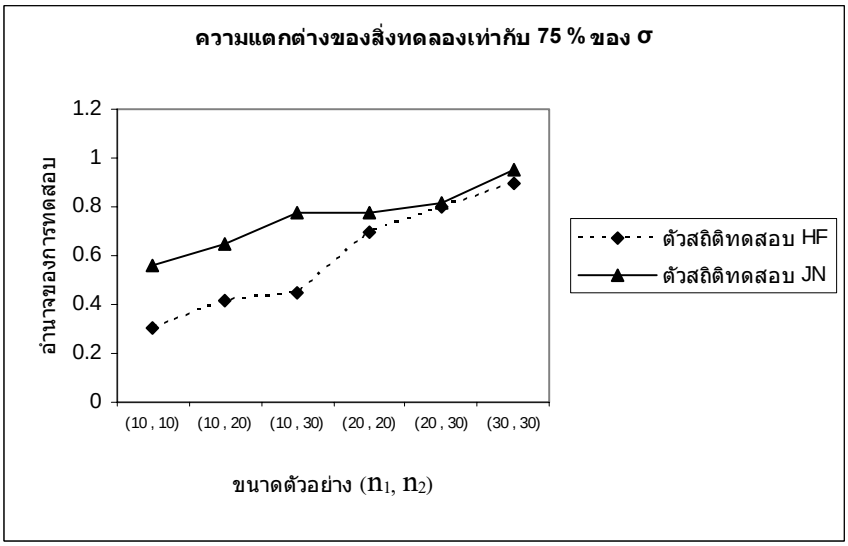


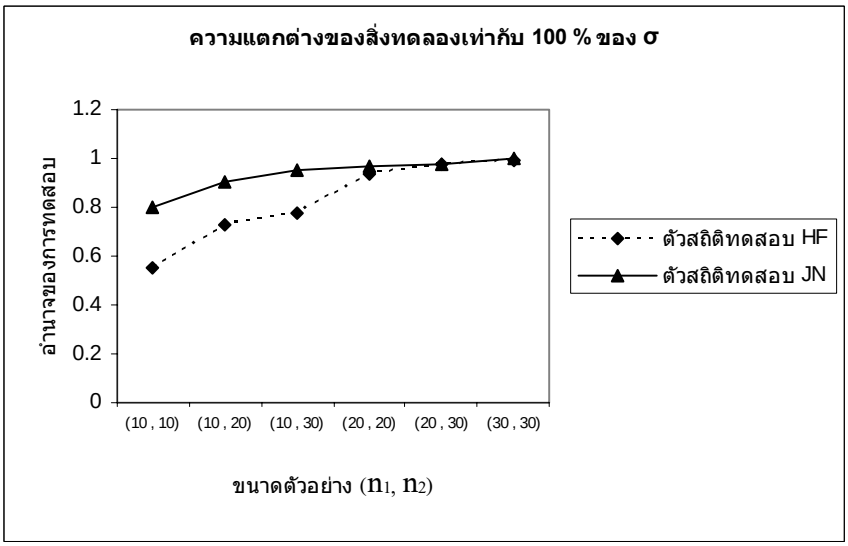




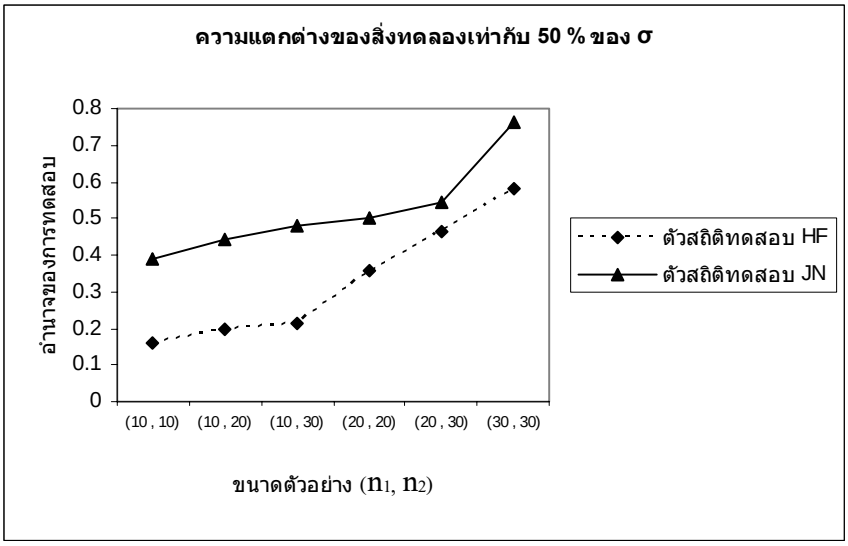
<u>รูปที่ 4.6.3</u> เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.5$ โดยที่ $\beta_{12} = 0.875$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

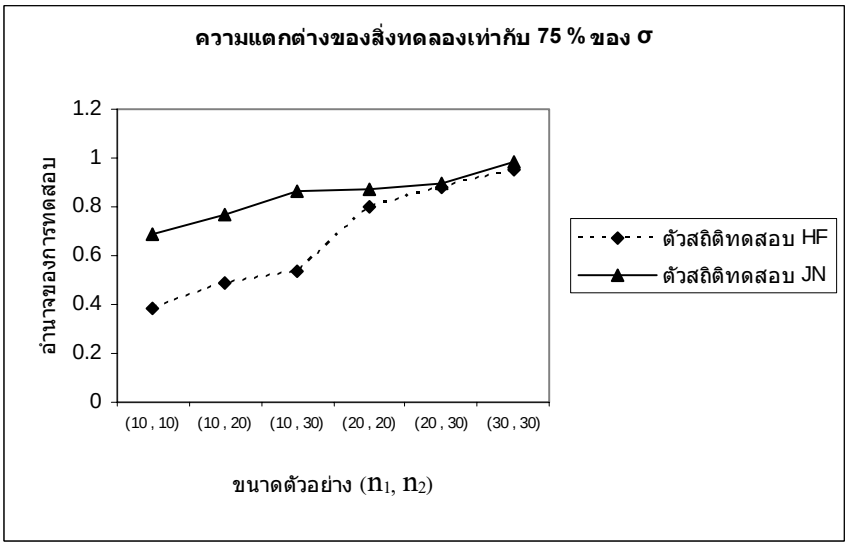


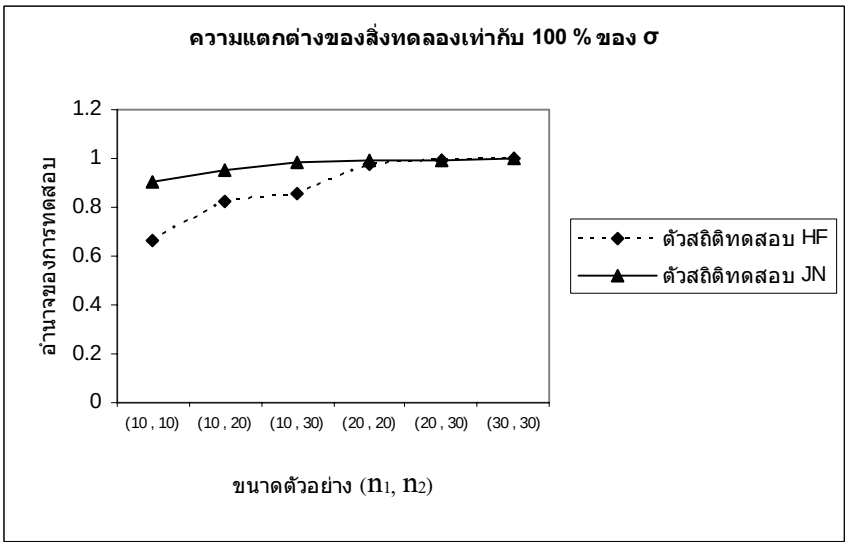




<u>รูปที่ 4.6.4</u> เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.5$ โดยที่ $\beta_{12} = 1.0$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$







ตารางที่ 4.7 แสดงค่าอำนาจของการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.2$, $\beta_{12} = 0.25$ 0.3 0.35 0.4 ตามลำดับและ $\beta_{11} = 0.3$ $\beta_{12} = 0.375$ 0.45 ตามลำดับ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

สัมประสิทธิ์การถดถอย β_{11} , β_{12}	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2)	ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลอง					
		แตกต่าง 50% ของ σ		แตกต่าง 75% ของ σ		แตกต่าง 100% ของ σ	
		HF	JN	HF	JN	HF	JN
0.2 , 0.25	(10 , 10)	0.185	0.235	0.346	0.412	0.542	0.625
	(10 , 20)	0.239	0.288	0.443	0.508	0.682	0.746
	(10 , 30)	0.248	0.325	0.505	0.578	0.743	0.807
	(20 , 20)	0.313	0.342	0.645	0.661	0.88	0.892
	(20 , 30)	0.397	0.402	0.724	0.731	0.935	0.939
	(30 , 30)	0.48	0.528	0.828	0.856	0.971	0.976
0.2 , 0.3	(10 , 10)	0.189	0.242	0.352	0.423	0.546	0.642
	(10 , 20)	0.239	0.295	0.444	0.518	0.686	0.754
	(10 , 30)	0.247	0.336	0.505	0.59	0.743	0.815
	(20 , 20)	0.32	0.347	0.65	0.667	0.887	0.897
	(20 , 30)	0.398	0.403	0.729	0.739	0.936	0.94
	(30 , 30)	0.487	0.538	0.83	0.863	0.972	0.978
0.2 , 0.35	(10 , 10)	0.192	0.248	0.355	0.434	0.56	0.651
	(10 , 20)	0.239	0.302	0.447	0.531	0.689	0.768
	(10 , 30)	0.246	0.342	0.505	0.6	0.743	0.833
	(20 , 20)	0.325	0.357	0.654	0.68	0.89	0.902
	(20 , 30)	0.399	0.411	0.737	0.75	0.942	0.944
	(30 , 30)	0.493	0.546	0.838	0.871	0.973	0.979
0.2 , 0.4	(10 , 10)	0.2	0.259	0.36	0.448	0.572	0.666
	(10 , 20)	0.241	0.311	0.451	0.541	0.695	0.781
	(10 , 30)	0.246	0.351	0.504	0.606	0.743	0.846
	(20 , 20)	0.331	0.367	0.657	0.69	0.895	0.909
	(20 , 30)	0.405	0.419	0.748	0.762	0.944	0.944
	(30 , 30)	0.5	0.555	0.845	0.873	0.975	0.979
0.3 , 0.375	(10 , 10)	0.2	0.279	0.363	0.474	0.575	0.695
	(10 , 20)	0.247	0.321	0.468	0.563	0.72	0.801
	(10 , 30)	0.26	0.382	0.526	0.643	0.757	0.872
	(20 , 20)	0.341	0.384	0.665	0.708	0.902	0.922
	(20 , 30)	0.42	0.429	0.766	0.78	0.944	0.946
	(30 , 30)	0.51	0.571	0.849	0.88	0.977	0.984
0.3 , 0.45	(10 , 10)	0.205	0.302	0.376	0.5	0.595	0.712
	(10 , 20)	0.252	0.337	0.475	0.589	0.734	0.814
	(10 , 30)	0.26	0.401	0.53	0.668	0.767	0.879
	(20 , 20)	0.354	0.407	0.687	0.726	0.909	0.928
	(20 , 30)	0.427	0.438	0.786	0.793	0.949	0.954
	(30 , 30)	0.521	0.592	0.86	0.896	0.979	0.99

ตารางที่ 4.7.1 แสดงค่าสัมพัทธ์ของอำนาจของการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.2$, $\beta_{12} = 0.25$ 0.3 0.35 0.4 ตามลำดับ และ $\beta_{11} = 0.3$ $\beta_{12} = 0.375$ 0.45 ตามลำดับ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

สัมประสิทธิ์การถดถอย β_{11} , β_{12}	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2)	ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลอง					
		แตกต่าง 50% ของ σ		แตกต่าง 75% ของ σ		แตกต่าง 100% ของ σ	
		HF	JN	HF	JN	HF	JN
0.2 , 0.25	(10 , 10)	0.00	27.03	0.00	19.08	0.00	15.31
	(10 , 20)	0.00	20.50	0.00	14.67	0.00	9.38
	(10 , 30)	0.00	31.05	0.00	14.46	0.00	8.61
	(20 , 20)	0.00	9.27	0.00	2.48	0.00	1.36
	(20 , 30)	0.00	1.26	0.00	0.97	0.00	0.43
	(30 , 30)	0.00	10.00	0.00	3.38	0.00	0.51
0.2 , 0.3	(10 , 10)	0.00	28.04	0.00	20.17	0.00	17.58
	(10 , 20)	0.00	23.43	0.00	16.67	0.00	9.91
	(10 , 30)	0.00	36.03	0.00	16.83	0.00	9.69
	(20 , 20)	0.00	8.44	0.00	2.62	0.00	1.13
	(20 , 30)	0.00	1.26	0.00	1.37	0.00	0.43
	(30 , 30)	0.00	10.47	0.00	3.98	0.00	0.62
0.2 , 0.35	(10 , 10)	0.00	29.17	0.00	22.25	0.00	16.25
	(10 , 20)	0.00	26.36	0.00	18.79	0.00	11.47
	(10 , 30)	0.00	39.02	0.00	18.81	0.00	12.11
	(20 , 20)	0.00	9.85	0.00	3.98	0.00	1.35
	(20 , 30)	0.00	3.01	0.00	1.76	0.00	0.21
	(30 , 30)	0.00	10.75	0.00	3.94	0.00	0.62
0.2 , 0.4	(10 , 10)	0.00	29.50	0.00	24.44	0.00	16.43
	(10 , 20)	0.00	29.05	0.00	19.96	0.00	12.37
	(10 , 30)	0.00	42.68	0.00	20.24	0.00	13.86
	(20 , 20)	0.00	10.88	0.00	5.02	0.00	1.56
	(20 , 30)	0.00	3.46	0.00	1.87	0.00	0.00
	(30 , 30)	0.00	11.00	0.00	3.31	0.00	0.41
0.3 , 0.375	(10 , 10)	0.00	39.50	0.00	30.58	0.00	20.87
	(10 , 20)	0.00	29.96	0.00	20.30	0.00	11.25
	(10 , 30)	0.00	46.92	0.00	22.24	0.00	15.19
	(20 , 20)	0.00	12.61	0.00	6.47	0.00	2.22
	(20 , 30)	0.00	2.14	0.00	1.83	0.00	0.21
	(30 , 30)	0.00	11.96	0.00	3.65	0.00	0.72
0.3 , 0.45	(10 , 10)	0.00	47.32	0.00	32.98	0.00	19.66
	(10 , 20)	0.00	33.73	0.00	24.00	0.00	10.90
	(10 , 30)	0.00	54.23	0.00	26.04	0.00	14.60
	(20 , 20)	0.00	14.97	0.00	5.68	0.00	2.09
	(20 , 30)	0.00	2.58	0.00	0.89	0.00	0.53
	(30 , 30)	0.00	13.63	0.00	4.19	0.00	1.12

จากตารางที่ 4.7 ผลการวิจัยเปรียบเทียบวิธีการทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 1 (β_{11}) มีค่าเป็น 0.2 โดยที่สัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 2 (β_{12}) มีค่า 0.25 0.3 0.35 0.4 ตามลำดับวิธีการทดสอบวิธี JN จะให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าวิธี HF เนื่องจากสถิติทดสอบของ JN คำนวณโดยพิจารณาจากค่าต่ำสุดของความคลาดเคลื่อนของการทดสอบ จึงทำให้การทดสอบด้วยวิธี JN มีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าวิธี HF การเพิ่มระดับนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบตารางที่ 4.4 กับตารางที่ 4.7 พบว่าค่าอำนาจการทดสอบที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มระดับนัยสำคัญหมายถึง ผู้วิจัยยอมรับความคลาดเคลื่อนของความผิดพลาดที่จะเกิดได้มากขึ้น ดังนั้นเกณฑ์ของสถิติที่ใช้ทดสอบจึงมีค่าน้อยลงทำให้ค่าอำนาจของการทดสอบเพิ่มขึ้น

ค่าอำนาจของการทดสอบทั้ง 2 วิธี มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นเนื่องจากขนาดตัวอย่างที่เพิ่มขึ้นนั้น จะช่วยลดความเบี่ยงเบนที่ไม่ทราบสาเหตุลงได้ ส่วนสัมประสิทธิ์การถดถอยในแต่ละสิ่งทดลองเมื่อเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าอำนาจของการทดสอบทั้ง 2 วิธี มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน แสดงว่าค่าอำนาจการทดสอบจะแปรผันตามสัมประสิทธิ์การถดถอยและขนาดตัวอย่างในแต่ละสิ่งทดลอง เพราะว่าการเพิ่มสัมประสิทธิ์การถดถอยแสดงให้เห็นว่าตัวแปรร่วมมีผลต่อการวิเคราะห์ความแปรปรวนมากขึ้น นั่นคือ ระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรร่วมกับตัวแปรตามที่ศึกษามีความสัมพันธ์กันมากขึ้น ดังนั้นส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการใช้ตัวแปรร่วมวิเคราะห์ข้อมูลมีค่าลดลง ผลการทดสอบสมมติฐานก็จะมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 1 เพิ่มขึ้นจาก 0.2 เป็น 0.3 โดยที่สัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 2 เพิ่มขึ้นในอัตราส่วนเดียวกัน ค่าอำนาจของการทดสอบมีค่าเพิ่มขึ้น แสดงว่าอัตราการเพิ่มของค่าอำนาจของการทดสอบจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรร่วมมีค่าเพิ่มขึ้น และเมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นพบว่าค่าอำนาจของการทดสอบของทั้ง 2 วิธีมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลองส่งผลให้ผลรวมกำลังสองของการประมาณมีค่าเพิ่มขึ้น

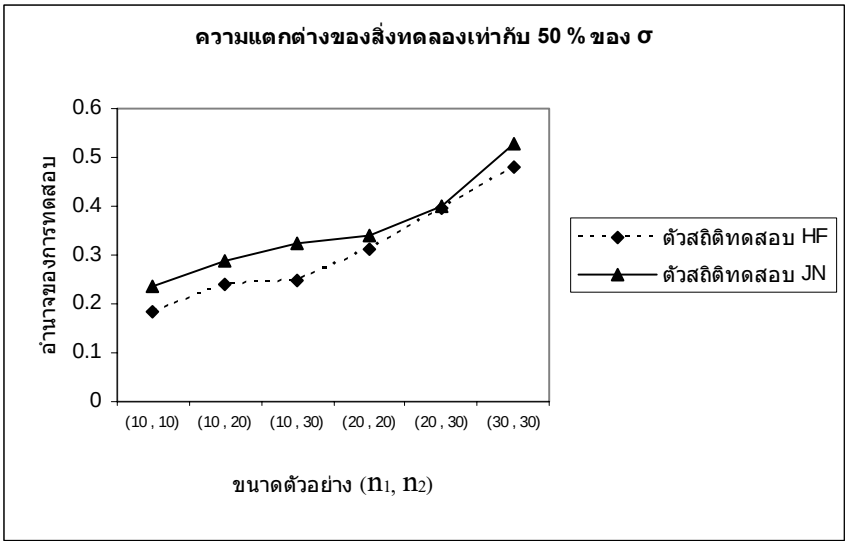
จากตารางที่ 4.7.1 สรุปผลการวิเคราะห์ได้ดังนี้ ค่าสัมพัทธ์ของอำนาจของการทดสอบ (RPOW) ของวิธี JN มีแนวโน้มลดลงตามขนาดตัวอย่างที่เพิ่มขึ้น เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยเพิ่มขึ้นค่าสัมพัทธ์ของค่าอำนาจการทดสอบของ JN มีแนวโน้มสูงขึ้น และจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อความแตกต่างระหว่างสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันมากขึ้น การเพิ่มระดับนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบตารางที่ 4.4.1 กับตารางที่ 4.7.1 ส่งผลให้ค่าสัมพัทธ์ที่ได้มีแนวโน้มลดลง แสดงให้เห็น

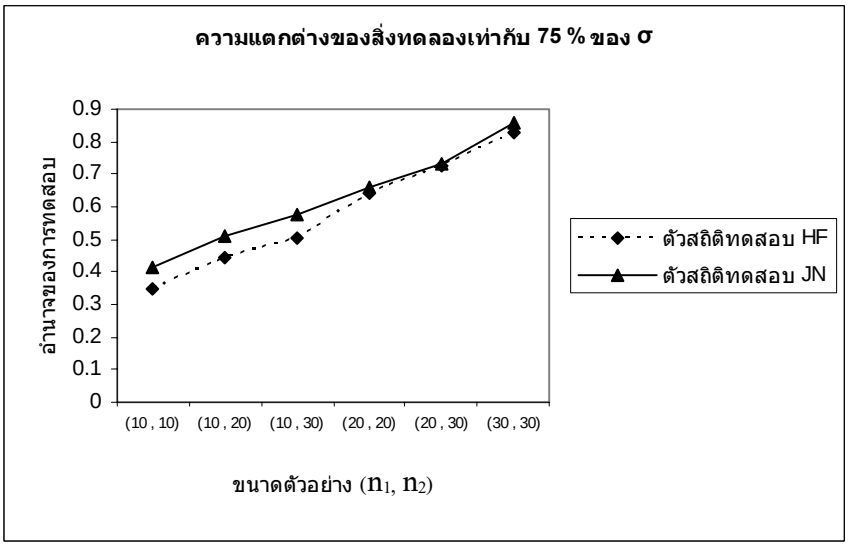
ว่าเมื่อระดับนัยสำคัญเพิ่มขึ้นอำนาจของการทดสอบวิธี HF มีอัตราการเพิ่มมากกว่าวิธี JN เนื่องจากการยอมรับความคลาดเคลื่อนของความผิดพลาดที่จะเกิดได้มากขึ้น ถึงแม้ว่าวิธี HF จะไม่ได้คำนวณโดยพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนต่ำสุดของการทดสอบ

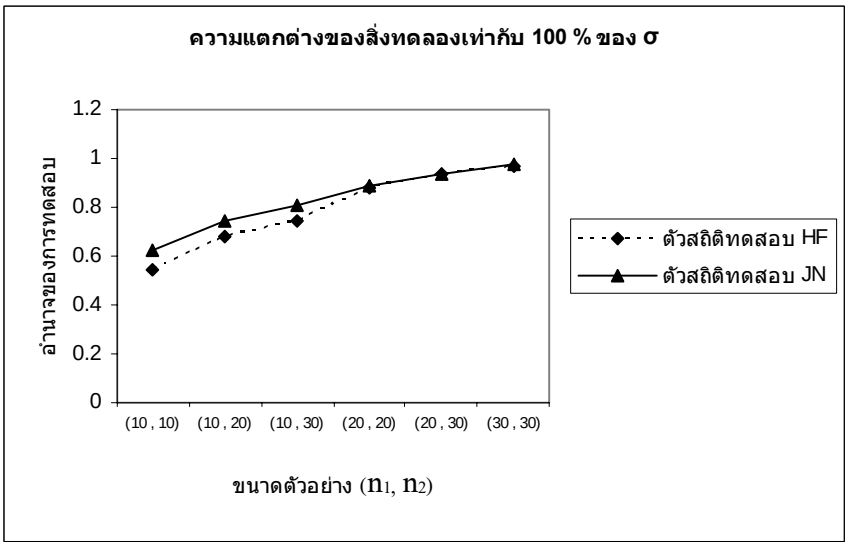
รายละเอียดเกี่ยวกับการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบระหว่างวิธีการทั้ง 2 วิธี เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 1 (β_{11}) มีค่าเป็น 0.2 โดยที่สัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 2 (β_{12}) มีค่า 0.25 0.3 0.35 0.4 ตามลำดับและ $\beta_{11} = 0.3$ โดยที่ $\beta_{12} = 0.375$ 0.45 ตามลำดับ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ จะแสดงไว้ในรูปที่ 4.7.1 – 4.7.6

ส่วนตารางต่อไปจะแสดงค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบ HF กับวิธี JN เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 1 (β_{11}) มีค่าเป็น 0.3 โดยที่สัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 2 (β_{12}) มีค่า 0.525 0.6 ตามลำดับและ $\beta_{11} = 0.4$ โดยที่ $\beta_{12} = 0.5$ 0.6 0.7 0.8 ตามลำดับ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

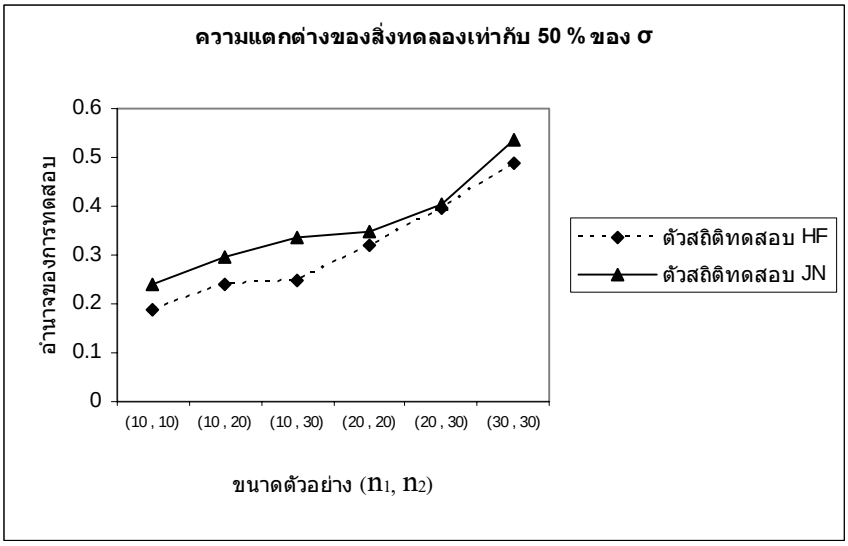
<u>รูปที่ 4.7.1</u> เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.2$ โดยที่ $\beta_{12} = 0.25$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

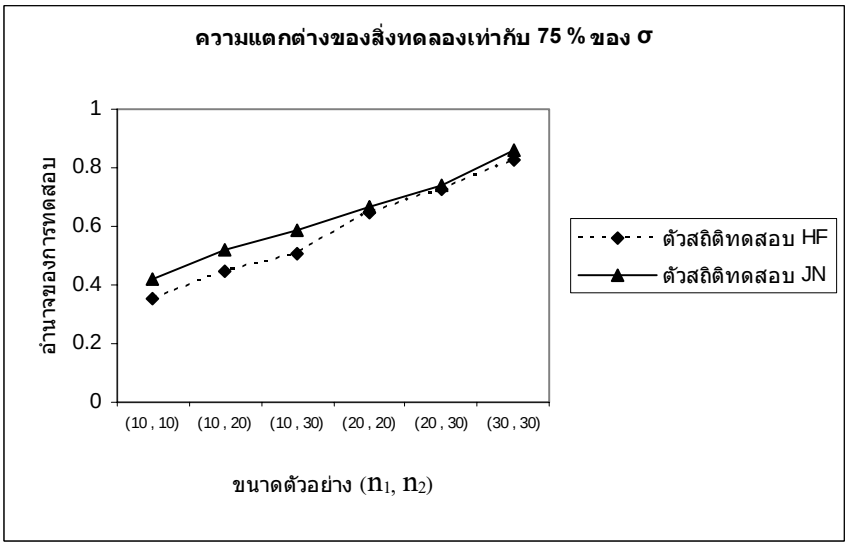


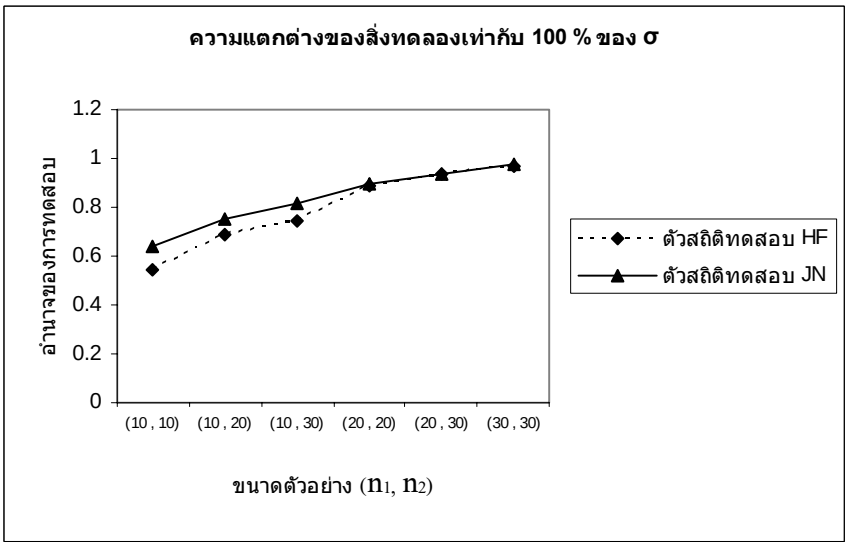




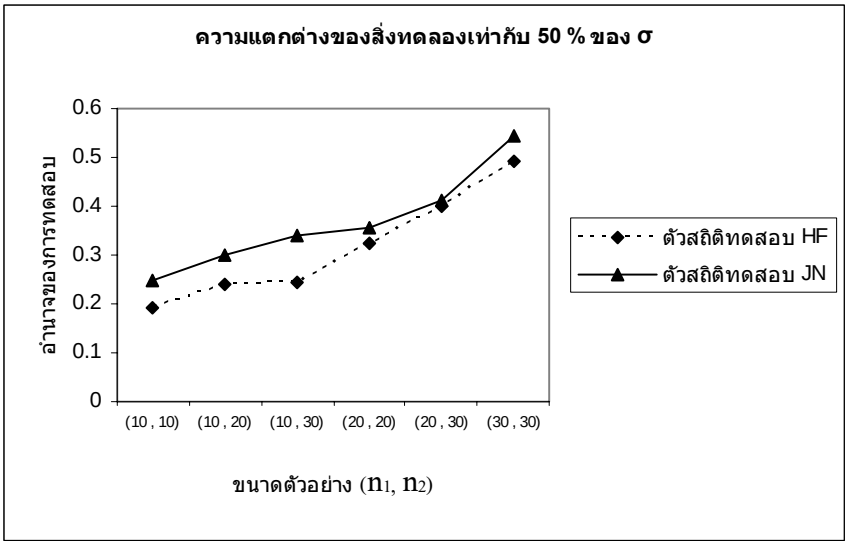
<u>รูปที่ 4.7.2</u> เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.2$ โดยที่ $\beta_{12} = 0.3$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

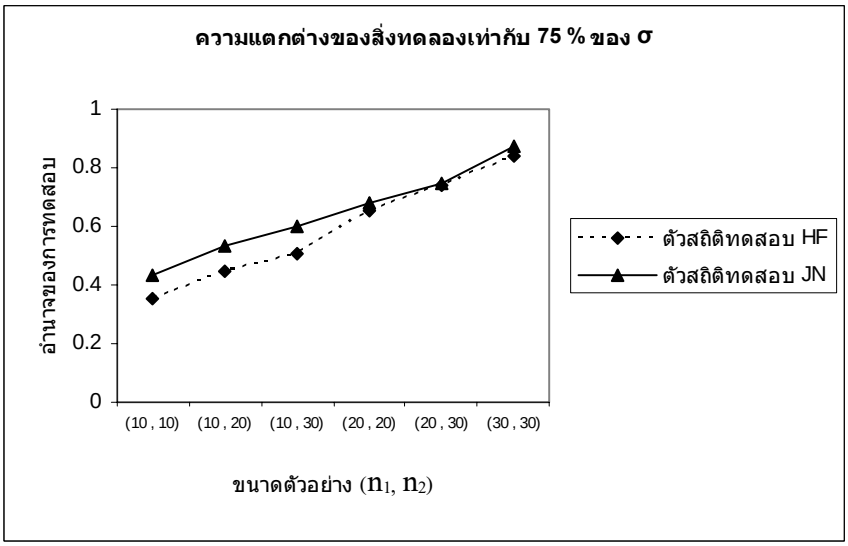


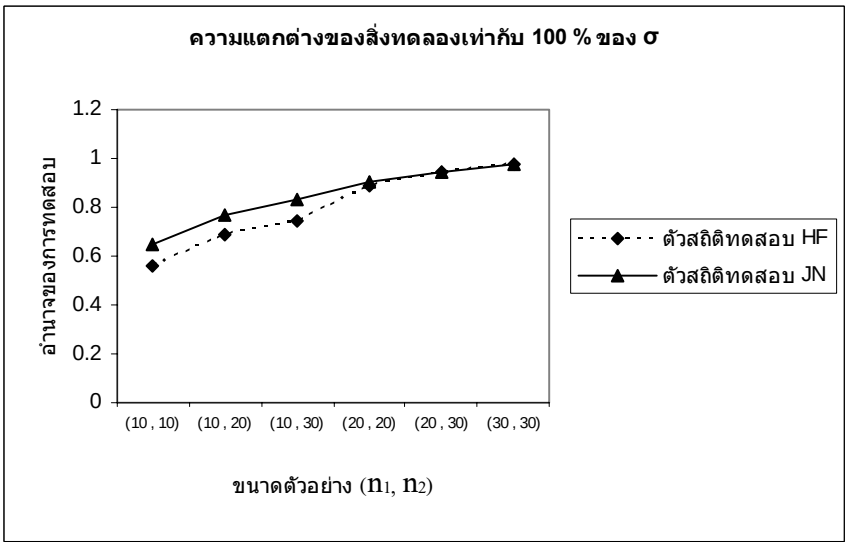




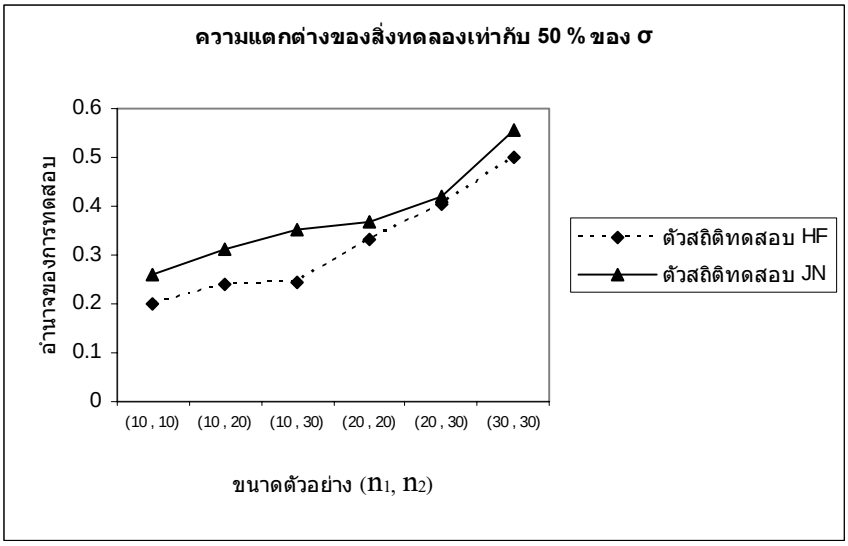
<u>รูปที่ 4.7.3</u> เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.2$ โดยที่ $\beta_{12} = 0.35$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

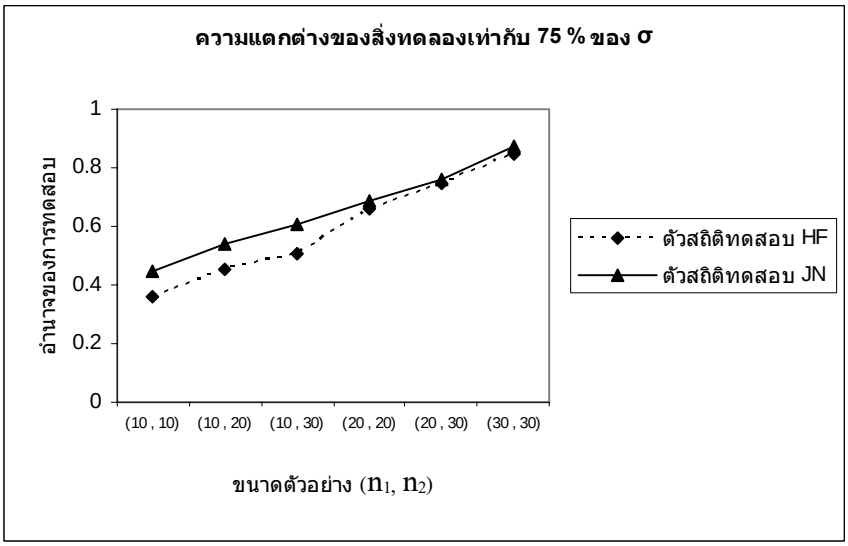


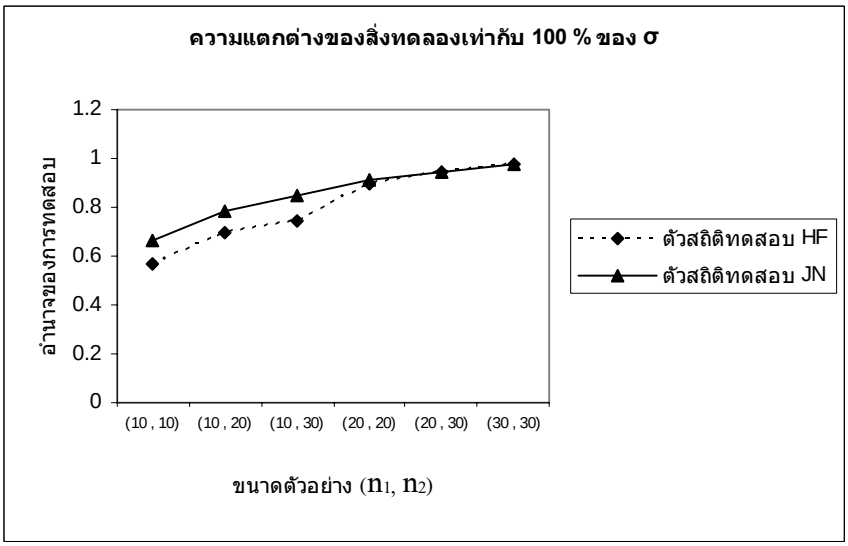




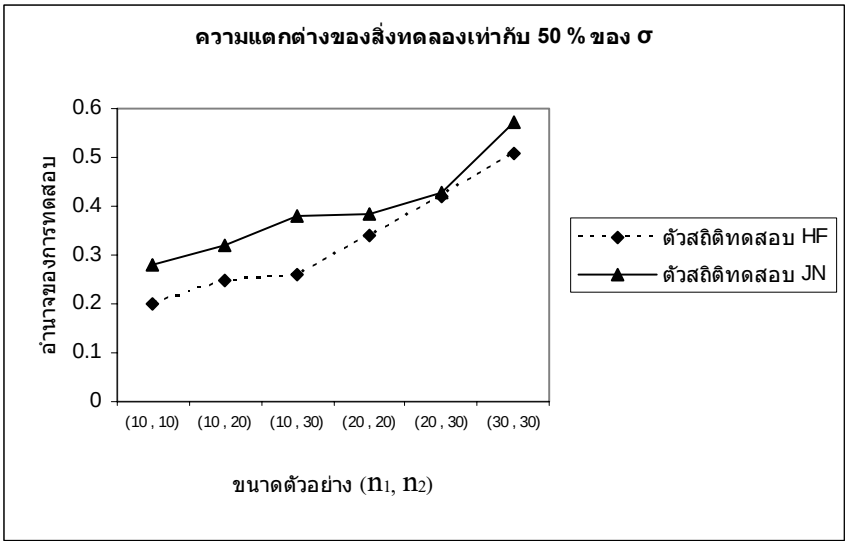
<u>รูปที่ 4.7.4</u> เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.2$ โดยที่ $\beta_{12} = 0.4$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

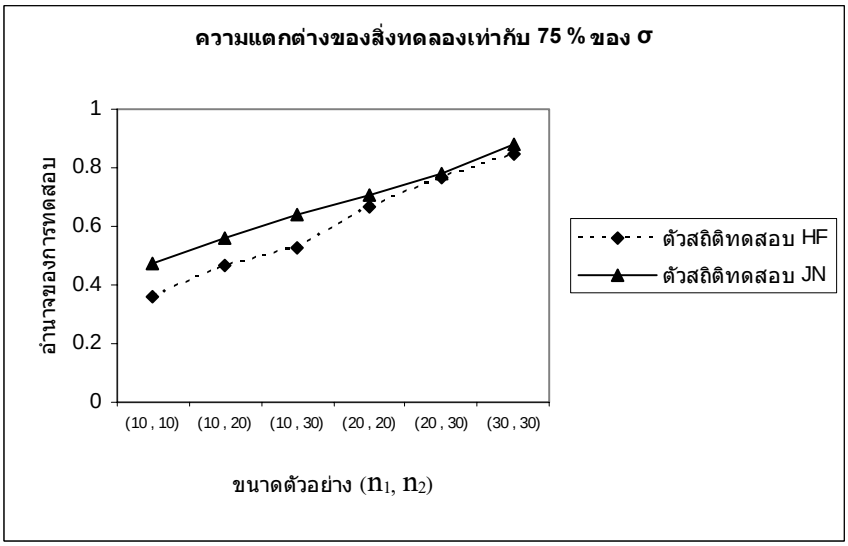


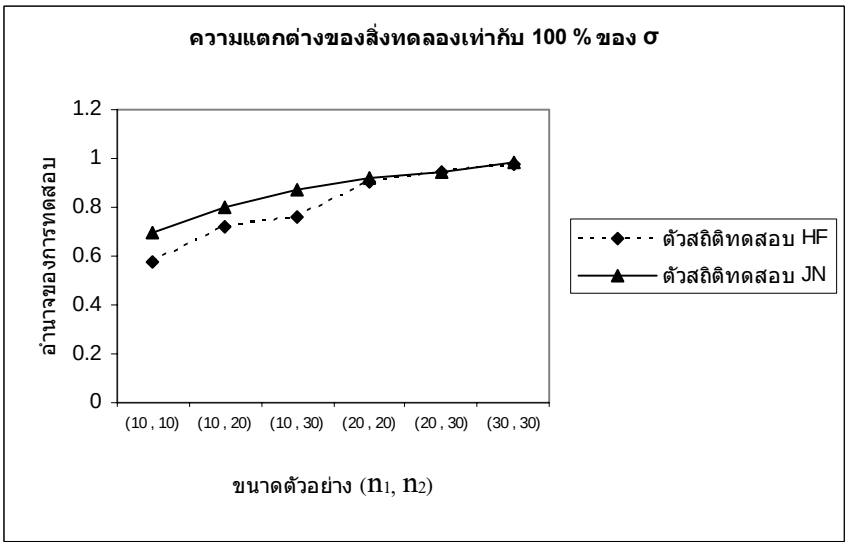




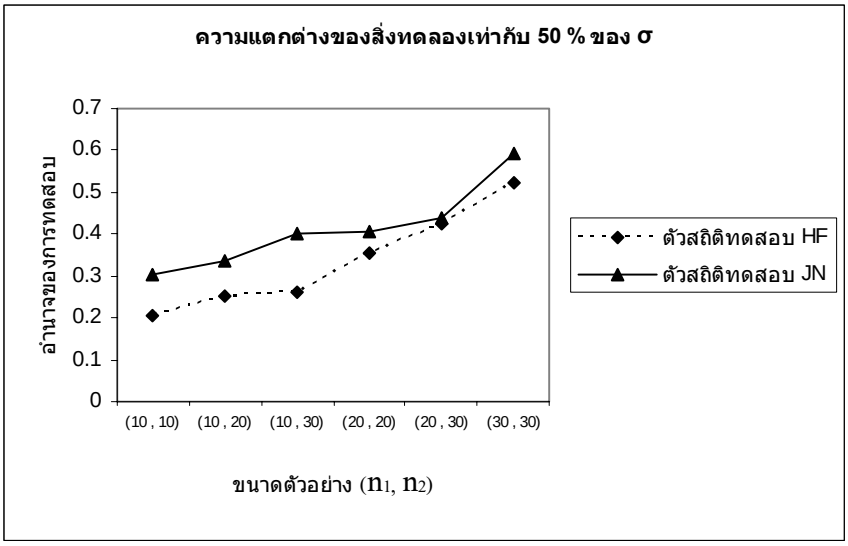
<u>รูปที่ 4.7.5</u> เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.3$ โดยที่ $\beta_{12} = 0.375$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

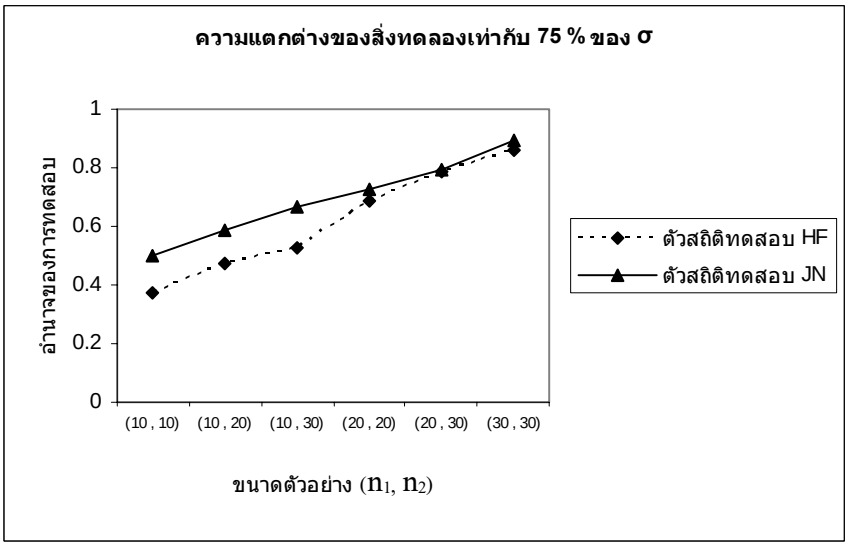


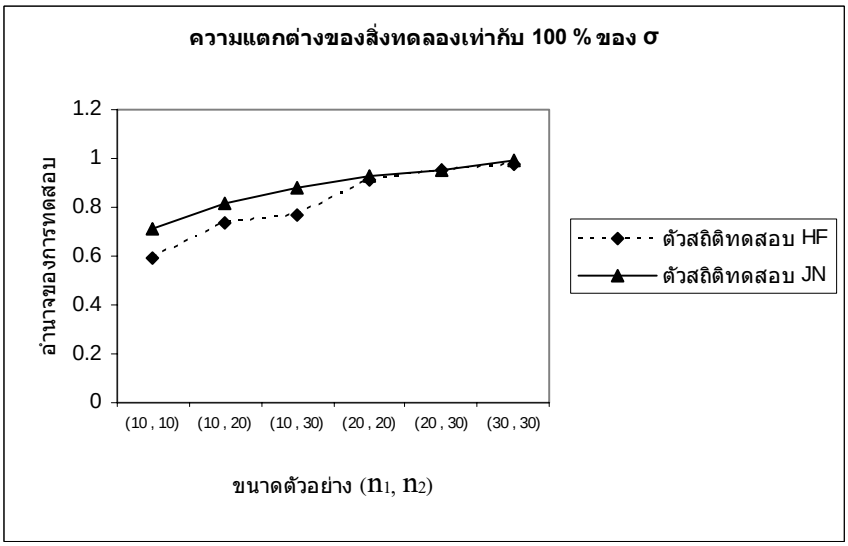




รูปที่ 4.7.6 เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.3$ โดยที่ $\beta_{12} = 0.45$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$







ตารางที่ 4.8 แสดงค่าอำนาจของการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.3$, $\beta_{12} = 0.525$ 0.6 ตามลำดับ และ $\beta_{11} = 0.4$, $\beta_{12} = 0.5$ 0.6 0.7 0.8 ตามลำดับ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

สัมประสิทธิ์การถดถอย β_{11} , β_{12}	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2)	ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลอง					
		แตกต่าง 50% ของ σ		แตกต่าง 75% ของ σ		แตกต่าง 100% ของ σ	
		HF	JN	HF	JN	HF	JN
0.3 , 0.525	(10 , 10)	0.218	0.321	0.39	0.527	0.614	0.735
	(10 , 20)	0.255	0.356	0.488	0.61	0.749	0.837
	(10 , 30)	0.26	0.413	0.536	0.697	0.778	0.894
	(20 , 20)	0.366	0.417	0.704	0.738	0.923	0.934
	(20 , 30)	0.44	0.454	0.795	0.801	0.957	0.959
	(30 , 30)	0.537	0.612	0.873	0.911	0.981	0.99
0.3 , 0.6	(10 , 10)	0.227	0.337	0.408	0.553	0.638	0.766
	(10 , 20)	0.259	0.377	0.499	0.636	0.758	0.863
	(10 , 30)	0.26	0.43	0.543	0.717	0.79	0.916
	(20 , 20)	0.382	0.435	0.725	0.757	0.93	0.947
	(20 , 30)	0.454	0.474	0.811	0.821	0.962	0.967
	(30 , 30)	0.553	0.637	0.879	0.923	0.984	0.993
0.4 , 0.5	(10 , 10)	0.22	0.337	0.403	0.553	0.624	0.766
	(10 , 20)	0.268	0.386	0.504	0.645	0.763	0.871
	(10 , 30)	0.287	0.43	0.563	0.733	0.816	0.923
	(20 , 20)	0.379	0.453	0.725	0.757	0.93	0.947
	(20 , 30)	0.455	0.474	0.812	0.821	0.962	0.967
	(30 , 30)	0.553	0.637	0.879	0.923	0.984	0.993
0.4 , 0.6	(10 , 10)	0.234	0.362	0.424	0.6	0.653	0.813
	(10 , 20)	0.278	0.411	0.519	0.673	0.793	0.889
	(10 , 30)	0.288	0.467	0.58	0.765	0.835	0.937
	(20 , 20)	0.4	0.485	0.741	0.798	0.947	0.961
	(20 , 30)	0.483	0.502	0.837	0.847	0.971	0.972
	(30 , 30)	0.58	0.672	0.904	0.938	0.991	0.994
0.4 , 0.7	(10 , 10)	0.252	0.409	0.458	0.655	0.692	0.851
	(10 , 20)	0.288	0.447	0.554	0.721	0.828	0.917
	(10 , 30)	0.289	0.496	0.594	0.797	0.85	0.956
	(20 , 20)	0.426	0.526	0.775	0.831	0.958	0.969
	(20 , 30)	0.514	0.538	0.861	0.87	0.977	0.979
	(30 , 30)	0.61	0.713	0.926	0.954	0.994	0.999
0.4 , 0.8	(10 , 10)	0.263	0.456	0.494	0.708	0.735	0.895
	(10 , 20)	0.302	0.487	0.579	0.776	0.849	0.94
	(10 , 30)	0.299	0.551	0.611	0.85	0.878	0.969
	(20 , 20)	0.462	0.561	0.822	0.868	0.97	0.983
	(20 , 30)	0.549	0.564	0.883	0.895	0.98	0.983
	(30 , 30)	0.648	0.761	0.943	0.973	0.997	1

<u>ตารางที่ 4.8.1</u> แสดงค่าสัมพัทธ์ของอำนาจของการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.3$, $\beta_{12} = 0.525$ 0.6 ตามลำดับ และ $\beta_{11} = 0.4$, $\beta_{12} = 0.5$ 0.6 0.7 0.8 ตามลำดับ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

สัมประสิทธิ์การถดถอย β_{11} , β_{12}	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2)	ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลอง					
		แตกต่าง 50% ของ σ		แตกต่าง 75% ของ σ		แตกต่าง 100% ของ σ	
		HF	JN	HF	JN	HF	JN
0.3 , 0.525	(10 , 10)	0.00	47.25	0.00	35.13	0.00	19.71
	(10 , 20)	0.00	39.61	0.00	25.00	0.00	11.75
	(10 , 30)	0.00	58.85	0.00	30.04	0.00	14.91
	(20 , 20)	0.00	13.63	0.00	4.83	0.00	1.19
	(20 , 30)	0.00	3.18	0.00	0.75	0.00	0.21
	(30 , 30)	0.00	13.97	0.00	4.35	0.00	0.92
0.3 , 0.6	(10 , 10)	0.00	48.46	0.00	35.54	0.00	20.06
	(10 , 20)	0.00	45.56	0.00	27.45	0.00	13.85
	(10 , 30)	0.00	67.31	0.00	32.04	0.00	15.95
	(20 , 20)	0.00	12.57	0.00	4.41	0.00	1.83
	(20 , 30)	0.00	4.41	0.00	1.23	0.00	0.52
	(30 , 30)	0.00	15.19	0.00	5.01	0.00	0.91
0.4 , 0.5	(10 , 10)	0.00	53.18	0.00	37.22	0.00	22.76
	(10 , 20)	0.00	44.03	0.00	27.98	0.00	14.15
	(10 , 30)	0.00	49.83	0.00	30.20	0.00	13.11
	(20 , 20)	0.00	19.53	0.00	4.41	0.00	1.83
	(20 , 30)	0.00	4.18	0.00	1.11	0.00	0.52
	(30 , 30)	0.00	15.19	0.00	5.01	0.00	0.91
0.4 , 0.6	(10 , 10)	0.00	54.70	0.00	41.51	0.00	24.50
	(10 , 20)	0.00	47.84	0.00	29.67	0.00	12.11
	(10 , 30)	0.00	62.15	0.00	31.90	0.00	12.22
	(20 , 20)	0.00	21.25	0.00	7.69	0.00	1.48
	(20 , 30)	0.00	3.93	0.00	1.19	0.00	0.10
	(30 , 30)	0.00	15.86	0.00	3.76	0.00	0.30
0.4 , 0.7	(10 , 10)	0.00	62.30	0.00	43.01	0.00	22.98
	(10 , 20)	0.00	55.21	0.00	30.14	0.00	10.75
	(10 , 30)	0.00	71.63	0.00	34.18	0.00	12.47
	(20 , 20)	0.00	23.47	0.00	7.23	0.00	1.15
	(20 , 30)	0.00	4.67	0.00	1.05	0.00	0.20
	(30 , 30)	0.00	16.89	0.00	3.02	0.00	0.50
0.4 , 0.8	(10 , 10)	0.00	73.38	0.00	43.32	0.00	21.77
	(10 , 20)	0.00	61.26	0.00	34.02	0.00	10.72
	(10 , 30)	0.00	84.28	0.00	39.12	0.00	10.36
	(20 , 20)	0.00	21.43	0.00	5.60	0.00	1.34
	(20 , 30)	0.00	2.73	0.00	1.36	0.00	0.31
	(30 , 30)	0.00	17.44	0.00	3.18	0.00	0.30

จากตารางที่ 4.8 ผลการวิจัยเปรียบเทียบวิธีการทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 1 (β_{11}) มีค่าเป็น 0.3 โดยที่สัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 2 (β_{12}) มีค่า 0.525 0.6 ตามลำดับและ $\beta_{11} = 0.4$ โดยที่ $\beta_{12} = 0.5$ 0.6 0.7 0.8 ตามลำดับ วิธีการทดสอบวิธี JN จะให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าวิธี HF เนื่องจากสถิติทดสอบของ JN คำนวณโดยพิจารณาจากค่าต่ำสุดของความคลาดเคลื่อนของการทดสอบ จึงทำให้การทดสอบด้วยวิธี JN มีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าวิธี HF การเพิ่มระดับนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบตารางที่ 4.4 กับตารางที่ 4.7 พบว่าค่าอำนาจการทดสอบที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มระดับนัยสำคัญหมายถึง ผู้วิจัยยอมรับความคลาดเคลื่อนของความผิดพลาดที่จะเกิดได้มากขึ้น ดังนั้นเกณฑ์ของสถิติที่ใช้ทดสอบจึงมีค่าน้อยลงทำให้ค่าอำนาจของการทดสอบเพิ่มขึ้น

ค่าอำนาจของการทดสอบทั้ง 2 วิธี มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยและขนาดตัวอย่างในแต่ละสิ่งทดลองเพิ่มขึ้น แสดงว่าค่าอำนาจการทดสอบจะแปรผันตามสัมประสิทธิ์การถดถอยและขนาดตัวอย่างในแต่ละสิ่งทดลอง เพราะว่าการเพิ่มสัมประสิทธิ์การถดถอยแสดงให้เห็นว่าตัวแปรร่วมมีผลต่อการวิเคราะห์ความแปรปรวนมากขึ้น นั่นคือ ระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรร่วมกับตัวแปรตามที่ศึกษามีความสัมพันธ์กันมากขึ้น ดังนั้นส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการใช้ตัวแปรร่วมวิเคราะห์ข้อมูลมีค่าลดลง ผลการทดสอบสมมติฐานก็จะมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ในทำนองเดียวกันกับการเพิ่มขนาดตัวอย่าง จะช่วยลดความเบี่ยงเบนที่ไม่ทราบสาเหตุลงได้

เมื่อเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 1 เพิ่มขึ้นจาก 0.3 เป็น 0.4 โดยที่สัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 2 เพิ่มขึ้นในอัตราส่วนเดียวกัน ค่าอำนาจของการทดสอบมีค่าเพิ่มขึ้น แสดงว่าอัตราการเพิ่มของค่าอำนาจของการทดสอบจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรร่วมมีค่าเพิ่มขึ้น และเมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นพบว่าค่าอำนาจของการทดสอบของทั้ง 2 วิธีมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลองส่งผลให้ผลรวมกำลังสองของการประมาณมีค่าเพิ่มขึ้น

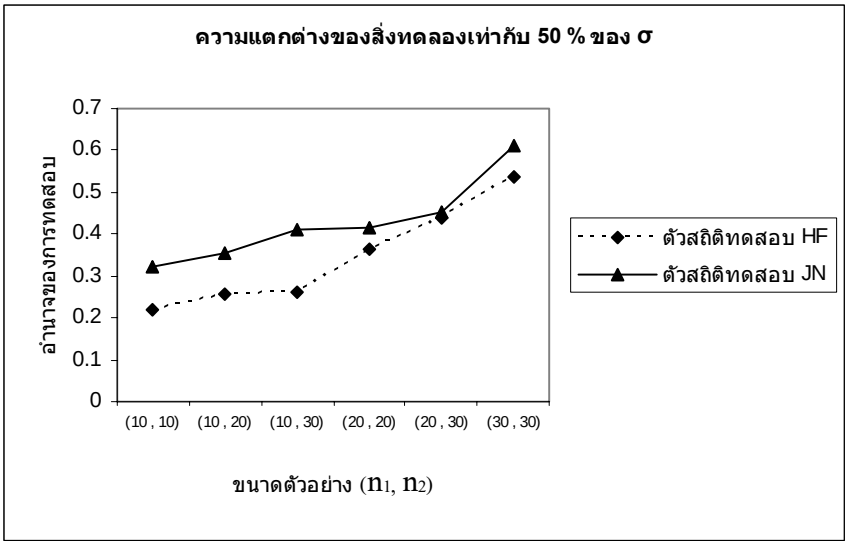
จากตารางที่ 4.8.1 สรุปผลการวิเคราะห์ได้ดังนี้ ค่าสัมพัทธ์ของอำนาจของการทดสอบ (RPOW) ของวิธี JN มีแนวโน้มลดลงตามขนาดตัวอย่างที่เพิ่มขึ้น เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยเพิ่มขึ้นค่าสัมพัทธ์ของค่าอำนาจการทดสอบของ JN มีแนวโน้มสูงขึ้น และจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อความแตกต่างระหว่างสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันมากขึ้น การเพิ่มระดับนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบตารางที่ 4.5.1 กับตารางที่ 4.8.1 ส่งผลให้ค่าสัมพัทธ์ที่ได้มีแนวโน้มลดลง แสดงให้เห็น

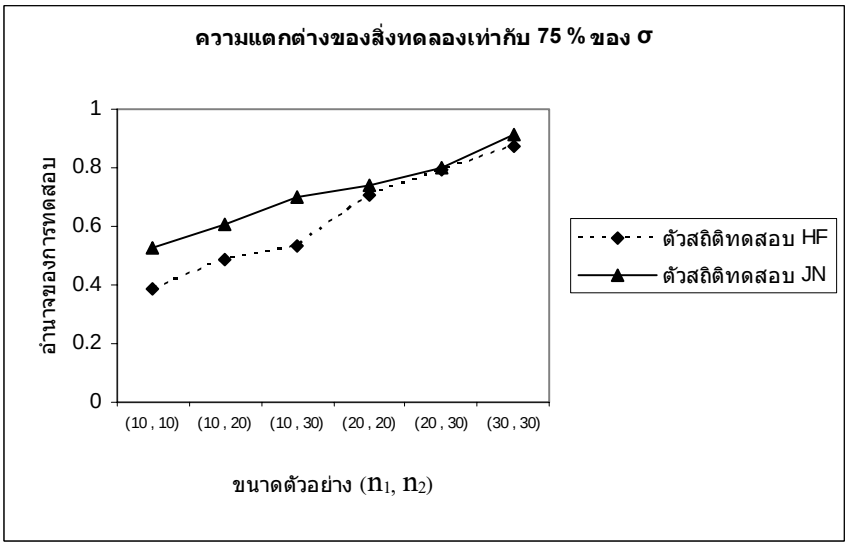
ว่าเมื่อระดับนัยสำคัญเพิ่มขึ้นอำนาจของการทดสอบวิธี HF มีอัตราการเพิ่มมากกว่าวิธี JN เนื่องจากการยอมรับความคลาดเคลื่อนของความผิดพลาดที่จะเกิดได้มากขึ้น ถึงแม้ว่าวิธี HF จะไม่ได้คำนวณโดยพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนต่ำสุดของการทดสอบ

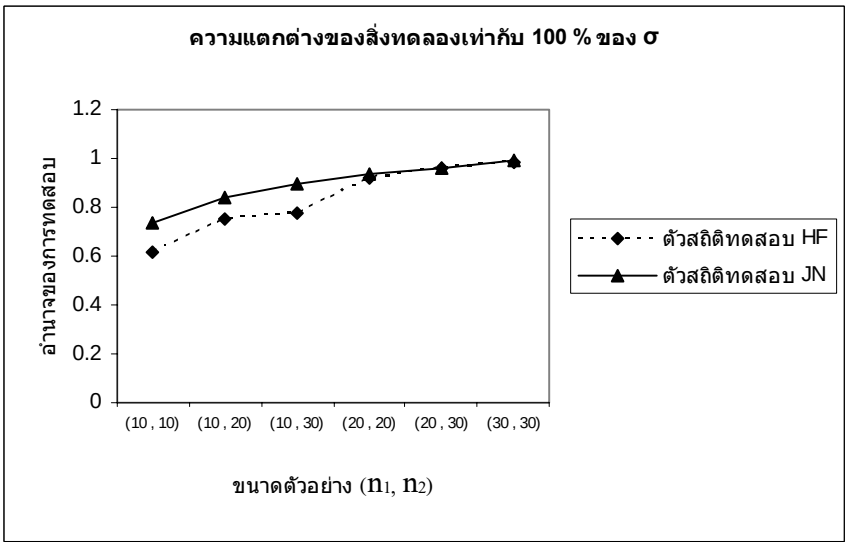
รายละเอียดเกี่ยวกับการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบระหว่างวิธีการทั้ง 2 วิธี เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 1 (β_{11}) มีค่าเป็น 0.3 โดยที่สัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 2 (β_{12}) มีค่า 0.525 0.6 ตามลำดับและ $\beta_{11} = 0.4$ โดยที่ $\beta_{12} = 0.5$ 0.6 0.7 0.8 ตามลำดับ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ จะแสดงไว้ในรูปที่ 4.8.1 – 4.8.6

ส่วนตารางต่อไปจะแสดงค่าอำนาจการทดสอบของวิธี HF กับวิธี JN เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 1 (β_{11}) มีค่าเป็น 0.5 โดยที่สัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 2 (β_{12}) มีค่า 0.625 0.75 0.875 1.0 ตามลำดับ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

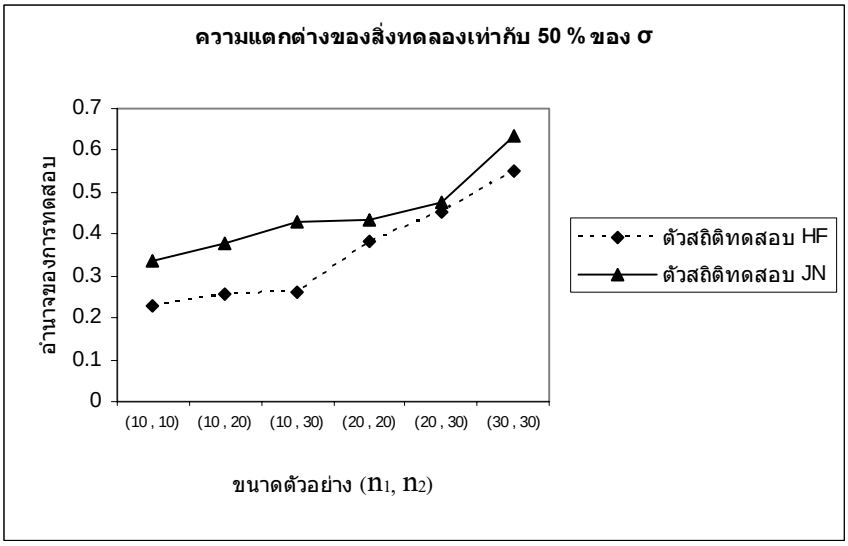
<u>รูปที่ 4.8.1</u> เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.3$ โดยที่ $\beta_{12} = 0.525$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

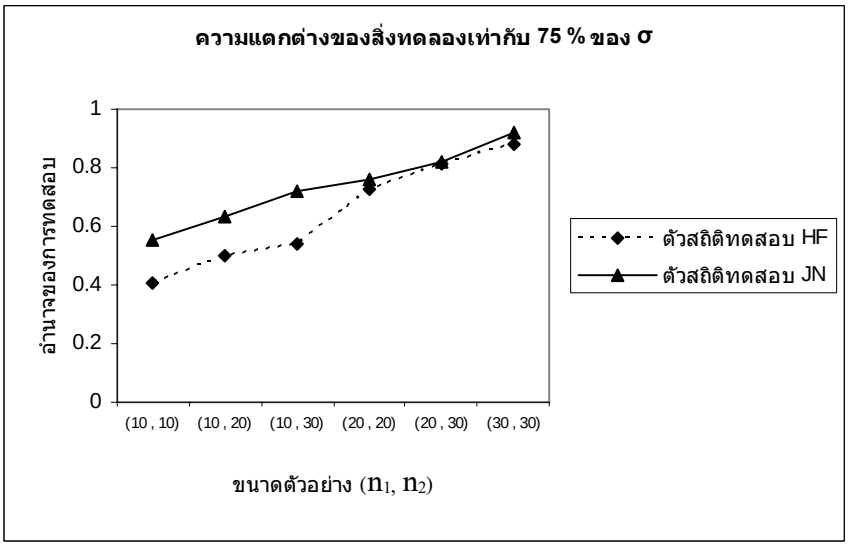


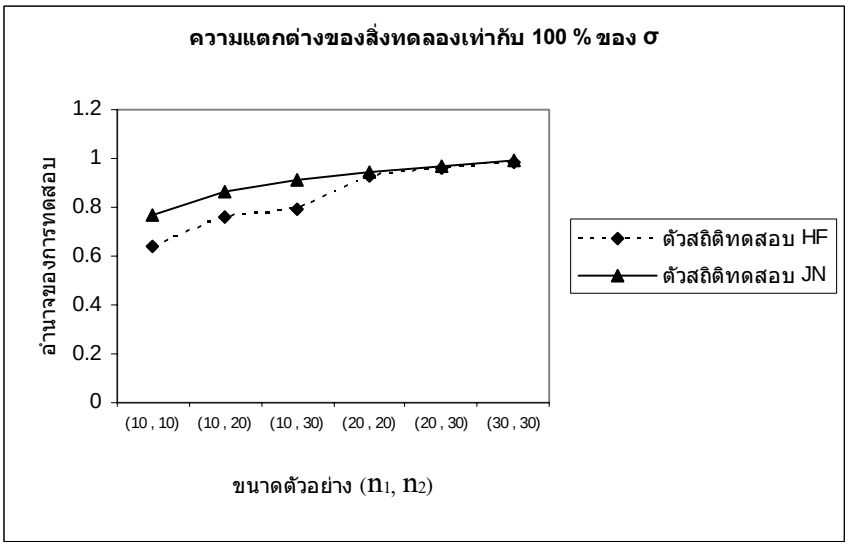




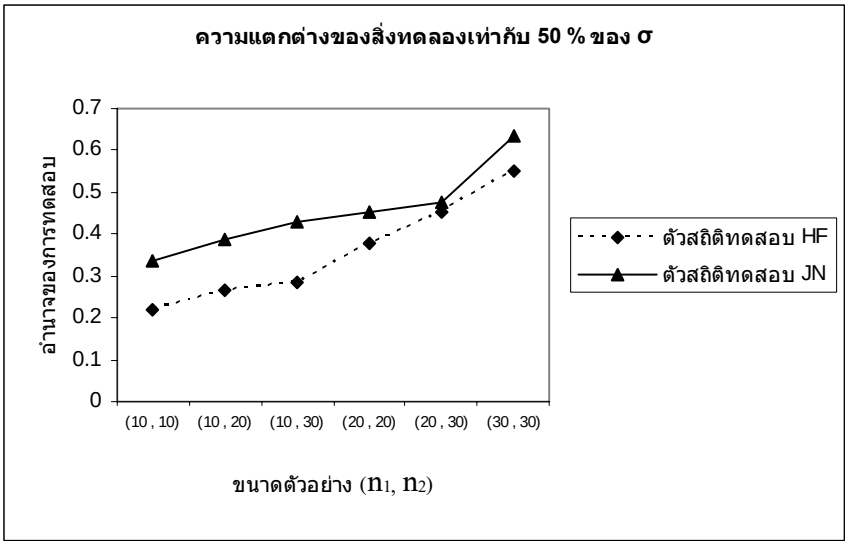
<u>รูปที่ 4.8.2</u> เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.3$ โดยที่ $\beta_{12} = 0.6$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

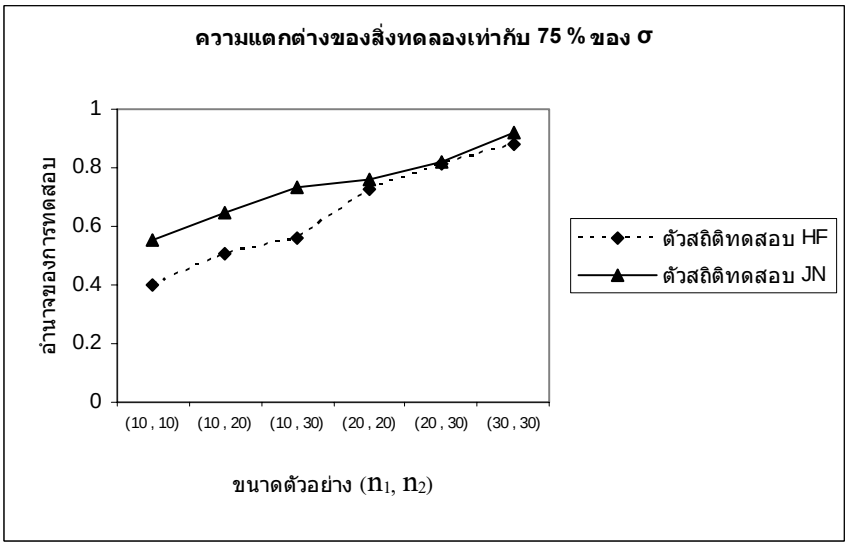


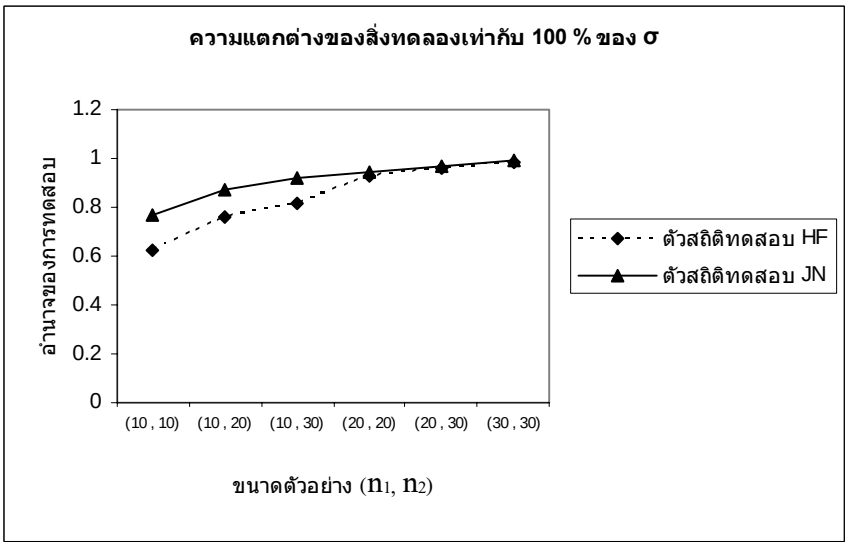




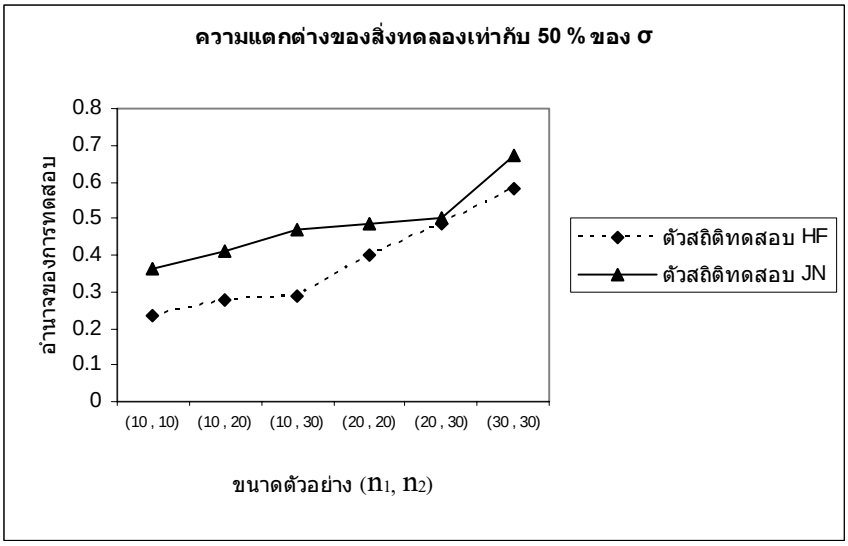
<u>รูปที่ 4.8.3</u> เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.4$ โดยที่ $\beta_{12} = 0.5$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

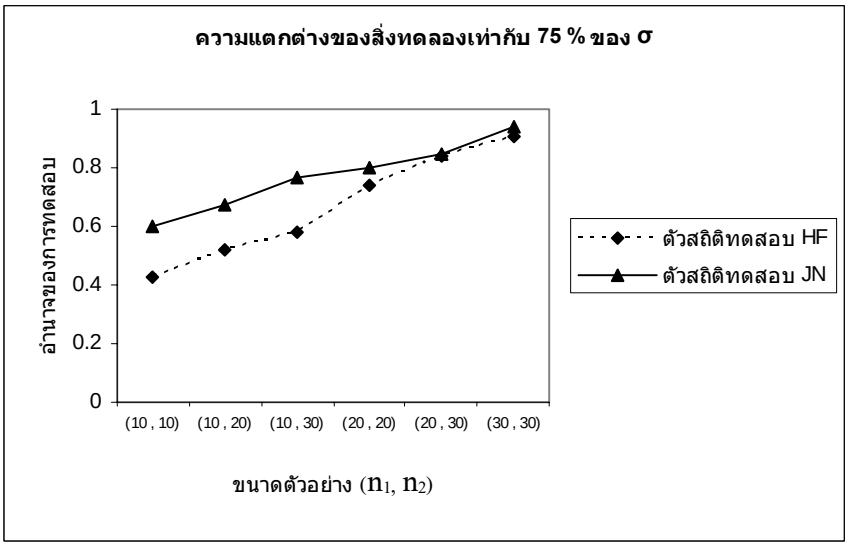


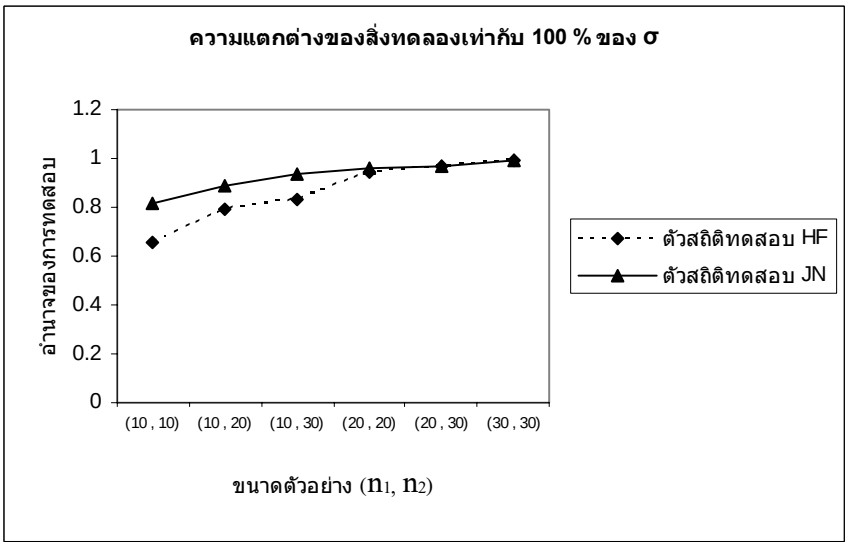




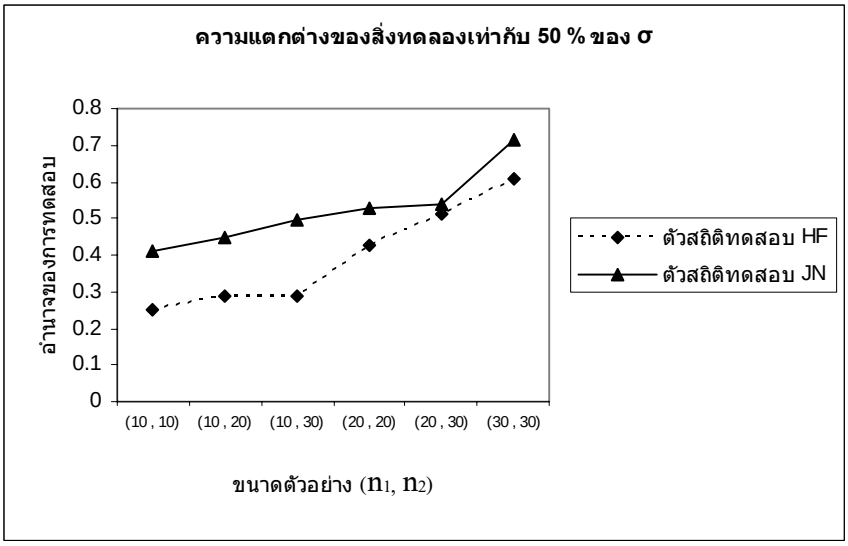
<u>รูปที่ 4.8.4</u> เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.4$ โดยที่ $\beta_{12} = 0.6$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

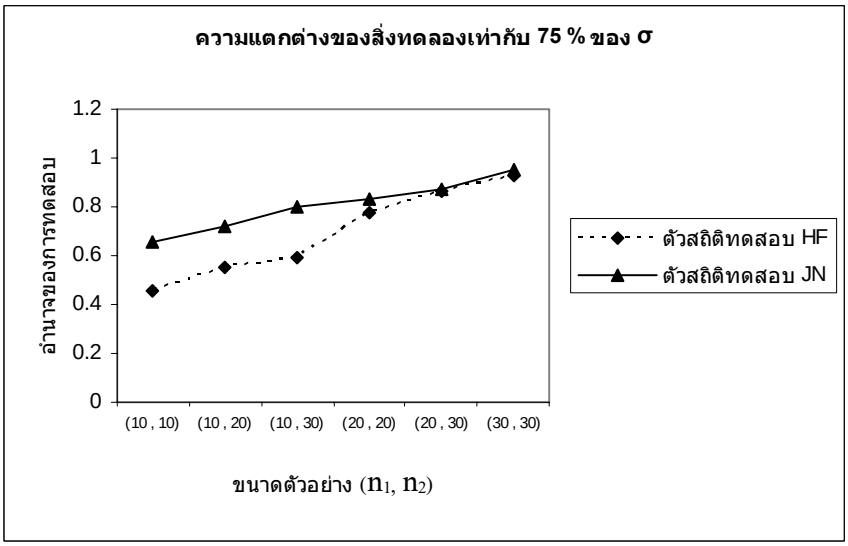


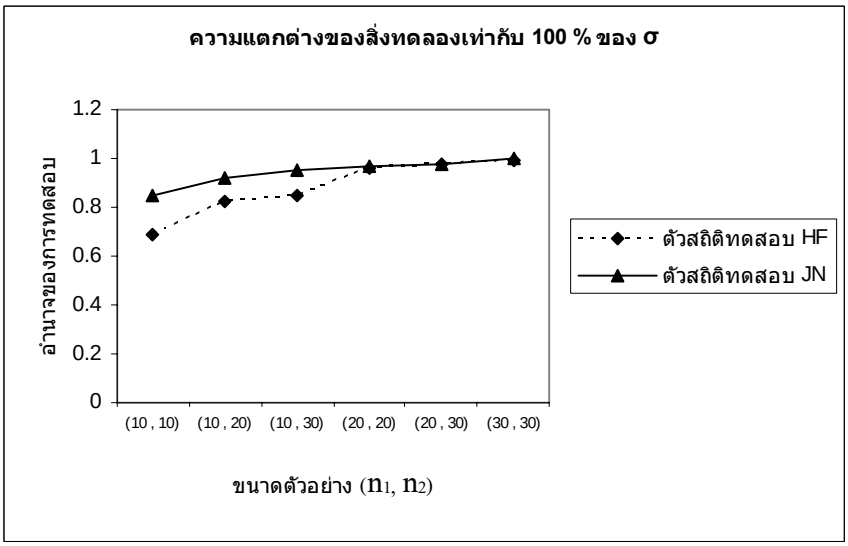




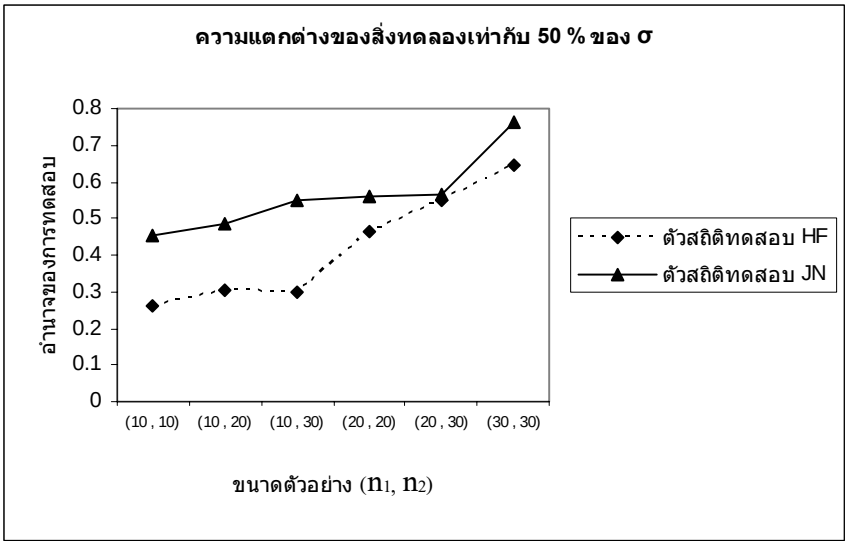
<u>รูปที่ 4.8.5</u> เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.4$ โดยที่ $\beta_{12} = 0.7$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

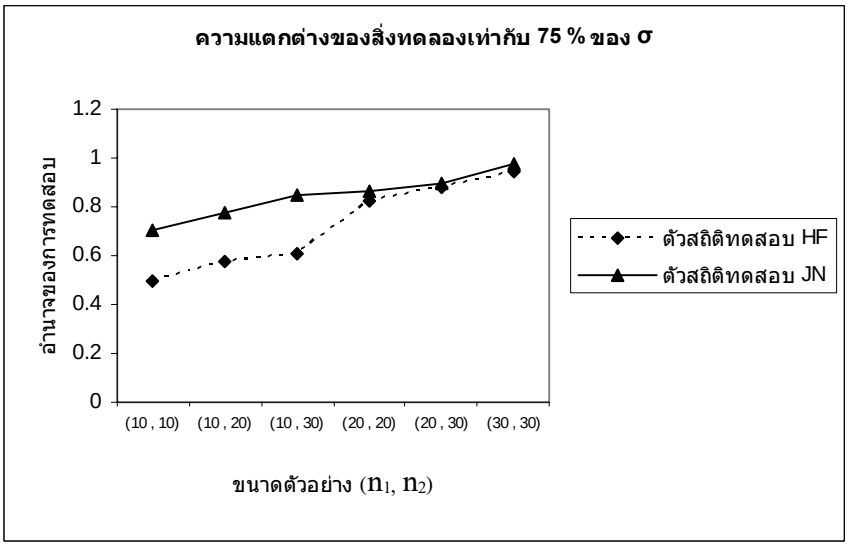


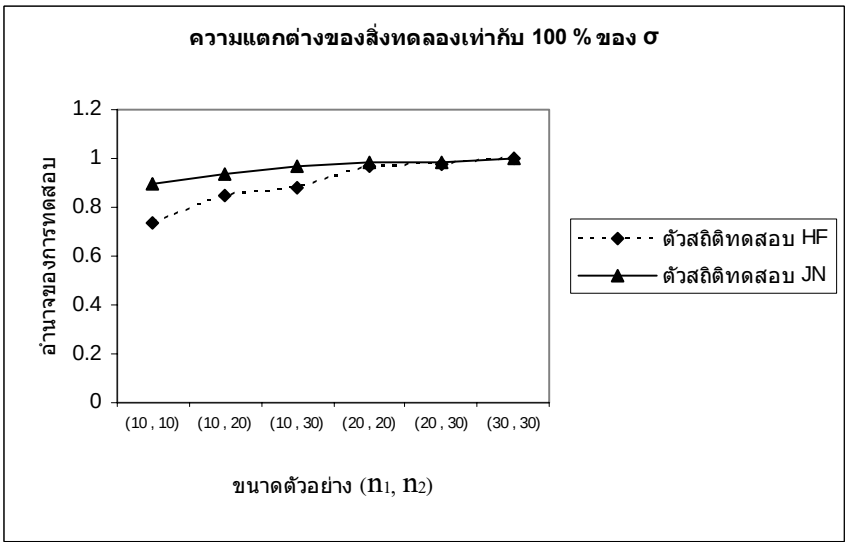




<u>รูปที่ 4.8.6</u> เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.4$ โดยที่ $\beta_{12} = 0.8$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$







ตารางที่ 4.9 แสดงค่าอำนาจของการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.5$, $\beta_{12} = 0.625\ 0.75\ 0.875\ 1.0$ ตามลำดับ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

สัมประสิทธิ์การถดถอย β_{11} , β_{12}	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2)	ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลอง					
		แตกต่าง 50% ของ σ		แตกต่าง 75% ของ σ		แตกต่าง 100% ของ σ	
		HF	JN	HF	JN	HF	JN
0.5 , 0.625	(10 , 10)	0.25	0.417	0.456	0.666	0.692	0.859
	(10 , 20)	0.298	0.471	0.57	0.742	0.835	0.929
	(10 , 30)	0.325	0.51	0.623	0.82	0.879	0.962
	(20 , 20)	0.431	0.545	0.779	0.84	0.961	0.971
	(20 , 30)	0.522	0.549	0.869	0.873	0.979	0.98
	(30 , 30)	0.621	0.72	0.93	0.96	0.995	0.999
0.5 , 0.75	(10 , 10)	0.265	0.481	0.505	0.734	0.749	0.915
	(10 , 20)	0.32	0.522	0.609	0.808	0.873	0.956
	(10 , 30)	0.343	0.577	0.653	0.878	0.904	0.981
	(20 , 20)	0.479	0.592	0.836	0.885	0.972	0.986
	(20 , 30)	0.564	0.601	0.898	0.911	0.985	0.989
	(30 , 30)	0.666	0.791	0.95	0.976	0.999	1
0.5 , 0.875	(10 , 10)	0.301	0.569	0.573	0.827	0.809	0.956
	(10 , 20)	0.353	0.601	0.671	0.875	0.907	0.977
	(10 , 30)	0.367	0.643	0.71	0.929	0.932	0.994
	(20 , 20)	0.547	0.647	0.888	0.929	0.988	0.996
	(20 , 30)	0.628	0.687	0.936	0.944	0.996	0.998
	(30 , 30)	0.727	0.855	0.972	0.99	1	1
0.5 , 1.0	(10 , 10)	0.362	0.686	0.658	0.91	0.892	0.983
	(10 , 20)	0.399	0.695	0.753	0.934	0.952	0.993
	(10 , 30)	0.401	0.732	0.755	0.964	0.963	1
	(20 , 20)	0.632	0.739	0.935	0.965	0.996	0.998
	(20 , 30)	0.703	0.766	0.968	0.972	1	1
	(30 , 30)	0.815	0.917	0.989	0.999	1	1

<u>ตารางที่ 4.9.1</u> แสดงค่าสัมพัทธ์ของอำนาจของการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.5$, $\beta_{12} = 0.625$ 0.75 0.875 1.0 ตามลำดับ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

สัมประสิทธิ์การถดถอย β_{11} , β_{12}	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2)	ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลอง					
		แตกต่าง 50% ของ σ		แตกต่าง 75% ของ σ		แตกต่าง 100% ของ σ	
		HF	JN	HF	JN	HF	JN
0.5 , 0.625	(10 , 10)	0.00	66.80	0.00	46.05	0.00	24.13
	(10 , 20)	0.00	58.05	0.00	30.18	0.00	11.26
	(10 , 30)	0.00	56.92	0.00	31.62	0.00	9.44
	(20 , 20)	0.00	26.45	0.00	7.83	0.00	1.04
	(20 , 30)	0.00	5.17	0.00	0.46	0.00	0.10
	(30 , 30)	0.00	15.94	0.00	3.23	0.00	0.40
0.5 , 0.75	(10 , 10)	0.00	81.51	0.00	45.35	0.00	22.16
	(10 , 20)	0.00	63.13	0.00	32.68	0.00	9.51
	(10 , 30)	0.00	68.22	0.00	34.46	0.00	8.52
	(20 , 20)	0.00	23.59	0.00	5.86	0.00	1.44
	(20 , 30)	0.00	6.56	0.00	1.45	0.00	0.41
	(30 , 30)	0.00	18.77	0.00	2.74	0.00	0.10
0.5 , 0.875	(10 , 10)	0.00	89.04	0.00	44.33	0.00	18.17
	(10 , 20)	0.00	70.25	0.00	30.40	0.00	7.72
	(10 , 30)	0.00	75.20	0.00	30.85	0.00	6.65
	(20 , 20)	0.00	18.28	0.00	4.62	0.00	0.81
	(20 , 30)	0.00	9.39	0.00	0.85	0.00	0.20
	(30 , 30)	0.00	17.61	0.00	1.85	0.00	0.00
0.5 , 1.0	(10 , 10)	0.00	89.50	0.00	38.30	0.00	10.20
	(10 , 20)	0.00	74.19	0.00	24.04	0.00	4.31
	(10 , 30)	0.00	82.54	0.00	27.68	0.00	3.84
	(20 , 20)	0.00	16.93	0.00	3.21	0.00	0.20
	(20 , 30)	0.00	8.96	0.00	0.41	0.00	0.00
	(30 , 30)	0.00	12.52	0.00	1.01	0.00	0.00

จากตารางที่ 4.9 ผลการวิจัยเปรียบเทียบวิธีการทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 1 (β_{11}) มีค่าเป็น 0.5 โดยที่สัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 2 (β_{12}) มีค่า 0.875 ที่ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลองแตกต่างอยู่ในระดับ 100% ของ σ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ (30, 30) และเมื่อ β_{12} มีค่าเป็น 1.0 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ (20, 30) (30, 30) วิธีการทั้งสองให้ค่าอำนาจการทดสอบเท่ากัน ส่วนกรณีอื่น ๆ วิธีการทดสอบวิธี JN จะให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าวิธี HF เนื่องจากสถิติทดสอบของ JN คำนวณโดยพิจารณาจากค่าต่ำสุดของความคลาดเคลื่อนของการทดสอบ จึงทำให้การทดสอบด้วยวิธี JN มีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าวิธี HF การเพิ่มระดับนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบตารางที่ 4.4 กับตารางที่ 4.7 พบว่าค่าอำนาจการทดสอบที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มระดับนัยสำคัญหมายถึง ผู้วิจัยยอมรับความคลาดเคลื่อนของความผิดพลาดที่จะเกิดได้มากขึ้น ดังนั้นเกณฑ์ของสถิติที่ใช้ทดสอบจึงมีค่าน้อยลงทำให้ค่าอำนาจของการทดสอบเพิ่มขึ้น

ค่าอำนาจของการทดสอบทั้ง 2 วิธี มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นเนื่องจากขนาดตัวอย่างที่เพิ่มขึ้นนั้น จะช่วยลดความเบี่ยงเบนที่ไม่ทราบสาเหตุลงได้ ส่วนสัมประสิทธิ์การถดถอยในแต่ละสิ่งทดลองเมื่อเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าอำนาจของการทดสอบทั้ง 2 วิธี มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน แสดงว่าค่าอำนาจการทดสอบจะแปรผันตามสัมประสิทธิ์การถดถอยและขนาดตัวอย่างในแต่ละสิ่งทดลอง เพราะว่าการเพิ่มสัมประสิทธิ์การถดถอยแสดงให้เห็นว่าตัวแปรร่วมมีผลต่อการวิเคราะห์ความแปรปรวนมากขึ้น นั่นคือ ระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรร่วมกับตัวแปรตามที่ศึกษามีความสัมพันธ์กันมากขึ้น ดังนั้นส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการใช้ตัวแปรร่วมวิเคราะห์ข้อมูลมีค่าลดลง ผลการทดสอบสมมติฐานก็จะมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

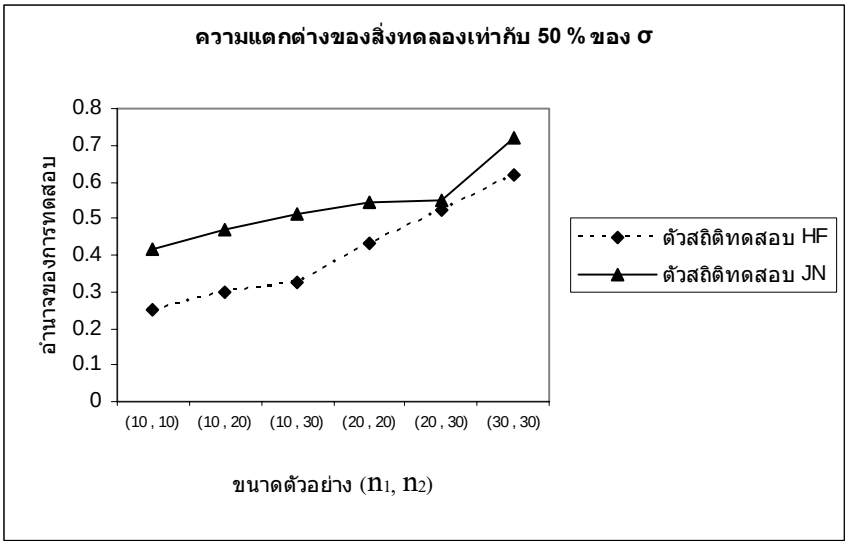
เมื่อเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 1 เพิ่มขึ้นจาก 0.4 เป็น 0.5 โดยที่สัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 2 เพิ่มขึ้นในอัตราส่วนเดียวกัน ค่าอำนาจของการทดสอบมีค่าเพิ่มขึ้น แสดงว่าอัตราการเพิ่มของค่าอำนาจของการทดสอบจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรร่วมมีค่าเพิ่มขึ้น และเมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นพบว่าค่าอำนาจของการทดสอบของทั้ง 2 วิธีมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลองส่งผลให้ผลรวมกำลังสองของการประมาณมีค่าเพิ่มขึ้น

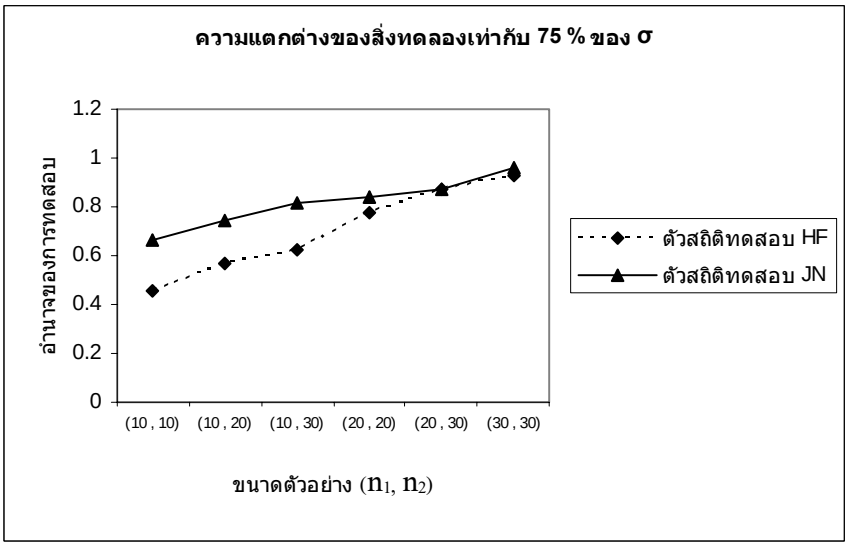
จากตารางที่ 4.9.1 สรุปผลการวิเคราะห์ได้ดังนี้ ค่าสัมพัทธ์ของอำนาจของการทดสอบ (RPOW) ของวิธี JN มีแนวโน้มลดลงตามขนาดตัวอย่างที่เพิ่มขึ้น เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยเพิ่มขึ้นและความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลองแตกต่างอยู่ในระดับ 50% ของ σ ค่า

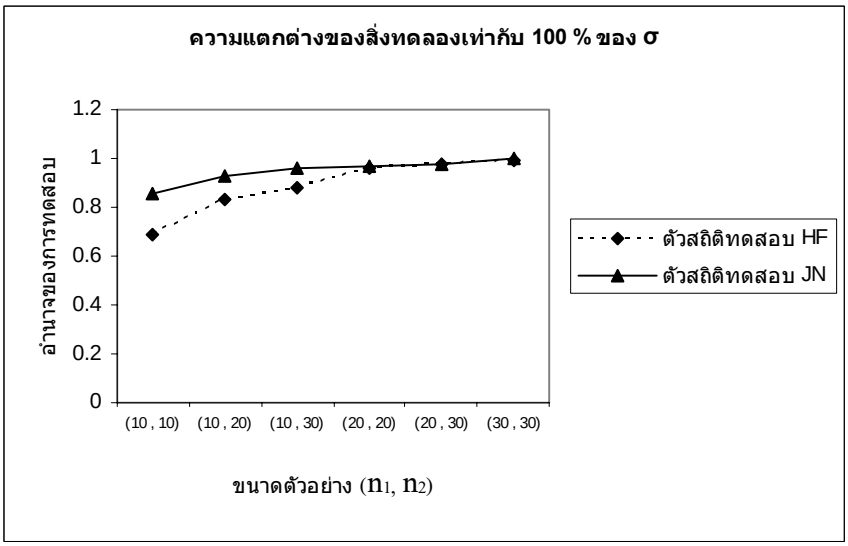
สัมพัทธ์ของค่าอำนาจการทดสอบของ JN มีแนวโน้มสูงขึ้น กรณีที่สัมประสิทธิ์การถดถอยเพิ่มขึ้นและความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลองแตกต่างอยู่ในระดับ 75% , 100% ของ σ ค่าสัมพัทธ์ของค่าอำนาจการทดสอบของ JN มีแนวโน้มลดลง และพิจารณาเฉพาะความแตกต่างระหว่างสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันมากขึ้นค่าสัมพัทธ์ของค่าอำนาจการทดสอบจะมีแนวโน้มลดลง การเพิ่มระดับนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบตารางที่ 4.6.1 กับตารางที่ 4.9.1 ส่งผลให้ค่าสัมพัทธ์ที่ได้มีแนวโน้มลดลง แสดงให้เห็นว่าเมื่อระดับนัยสำคัญเพิ่มขึ้นอำนาจของการทดสอบวิธี HF มีอัตราการเพิ่มมากกว่าวิธี JN เนื่องจากการยอมรับความคลาดเคลื่อนของความผิดพลาดที่จะเกิดได้มากขึ้น ถึงแม้ว่าวิธี HF จะไม่ได้คำนวณโดยพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนต่ำสุดของการทดสอบ

รายละเอียดเกี่ยวกับการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบระหว่างวิธีการทดสอบทั้ง 2 วิธี เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 1 (β_{11}) มีค่าเป็น 0.5 โดยที่สัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มที่ 2 (β_{12}) มีค่า 0.625 0.75 0.875 1.0 ตามลำดับ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ จะแสดงไว้ในรูปที่ 4.9.1 – 4.9.4

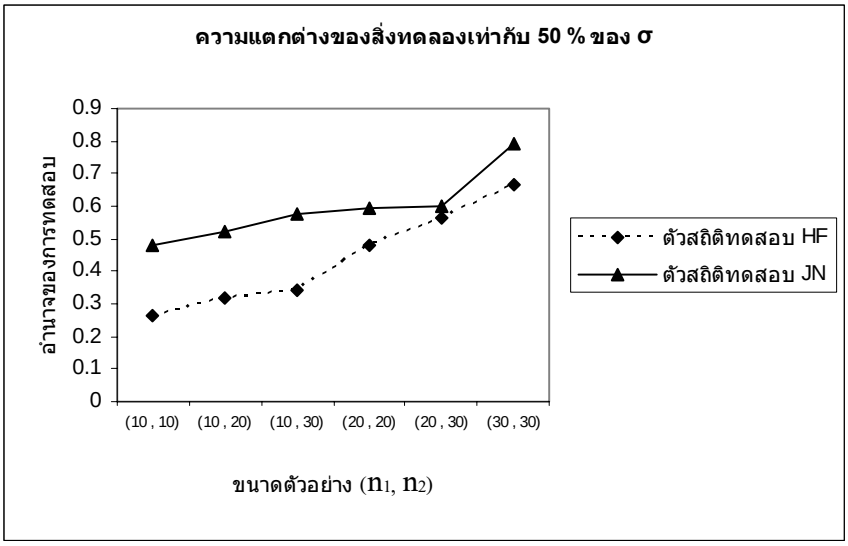
<u>รูปที่ 4.9.1</u> เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.5$ โดยที่ $\beta_{12} = 0.625$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

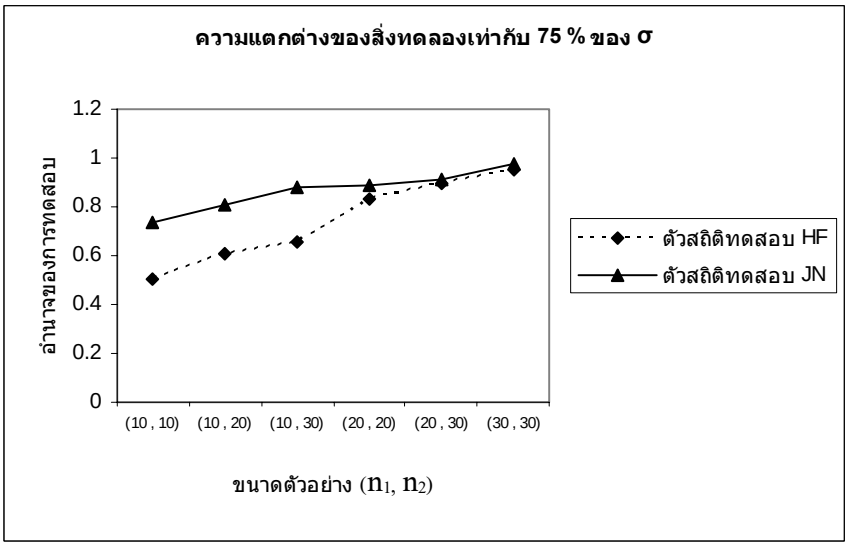


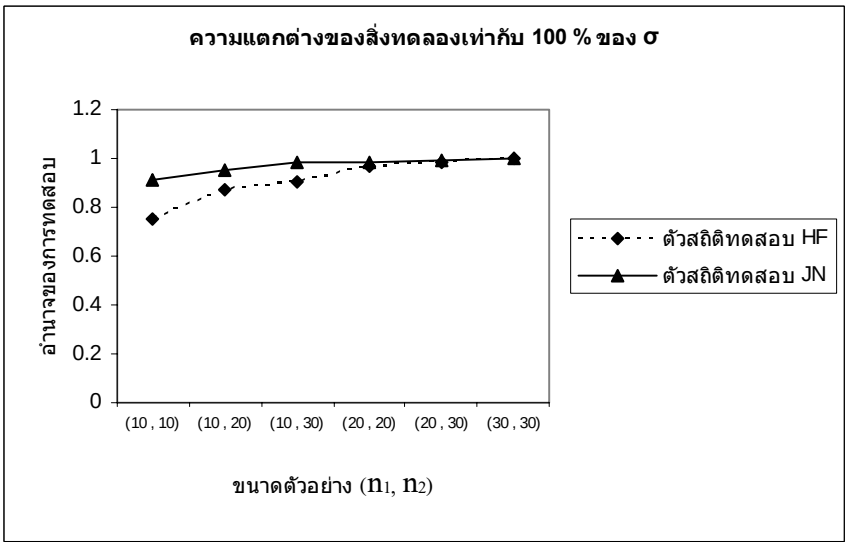




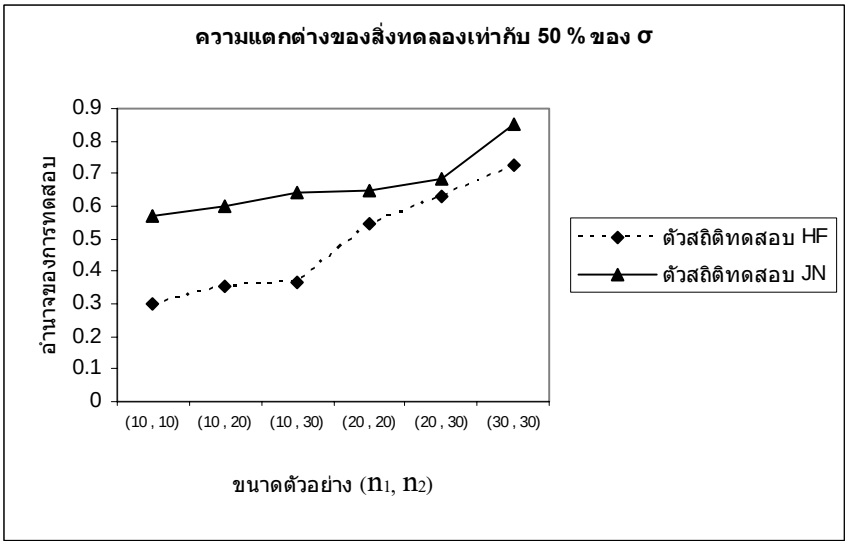
<u>รูปที่ 4.9.2</u> เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.5$ โดยที่ $\beta_{12} = 0.75$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

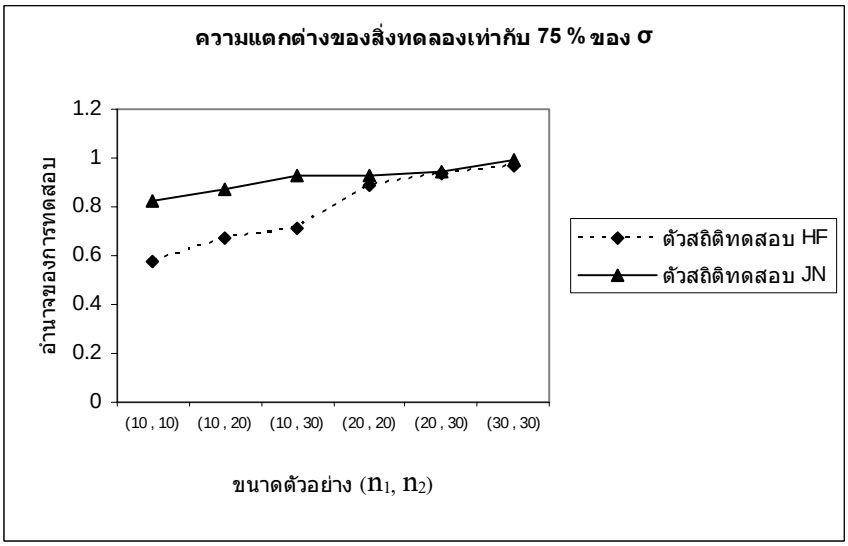


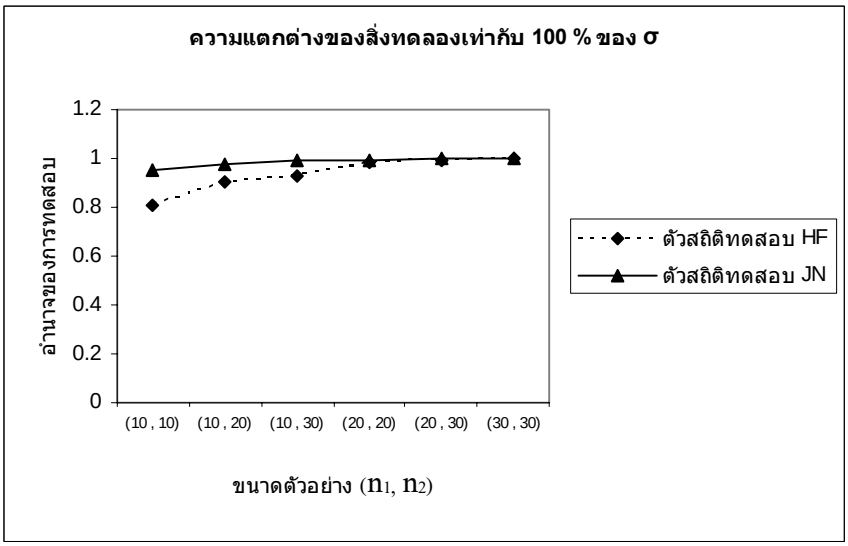




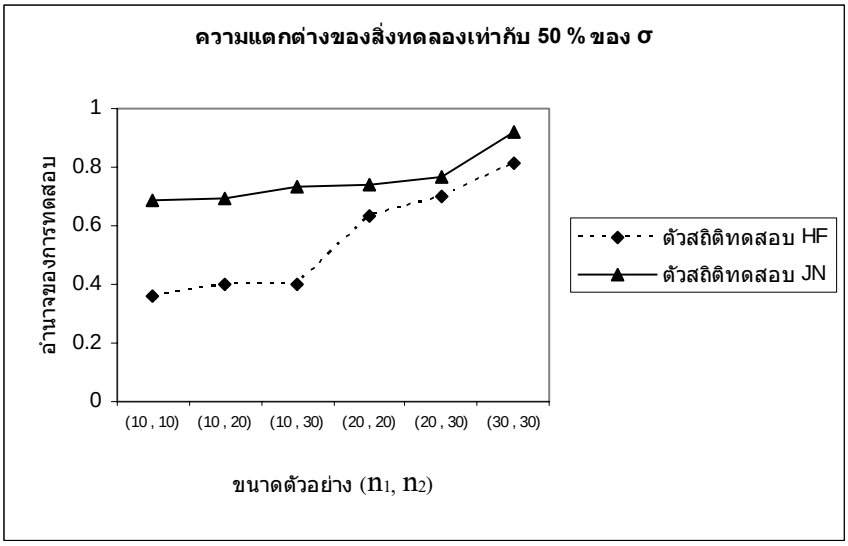
<u>รูปที่ 4.9.3</u> เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.5$ โดยที่ $\beta_{12} = 0.875$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

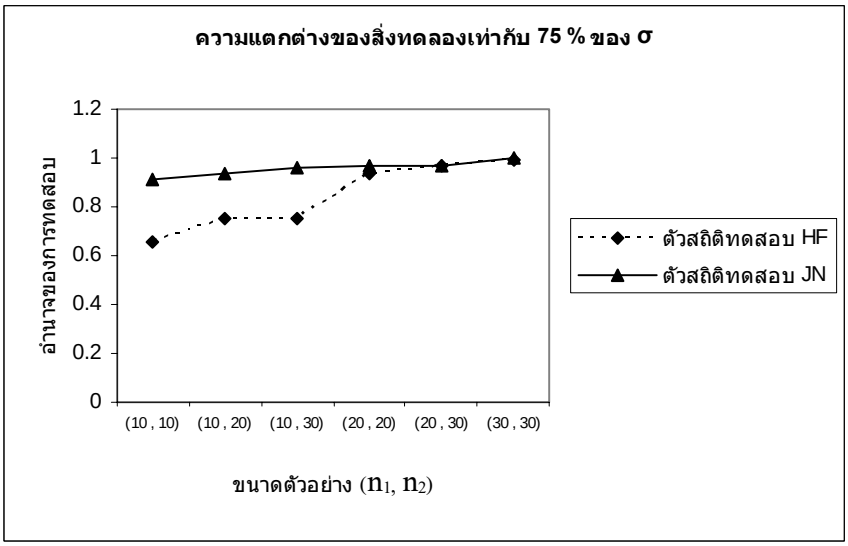


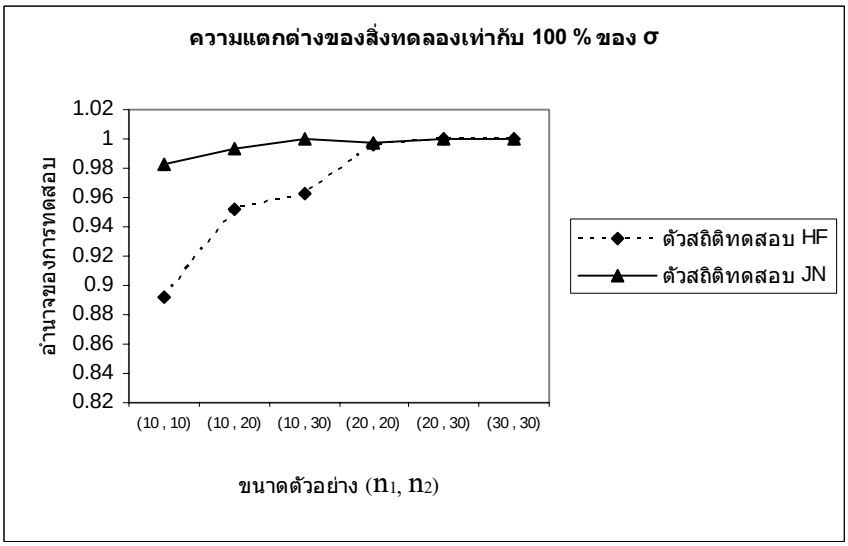




<u>รูปที่ 4.9.4</u> เปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบวิธีฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (HF) และวิธีของจอห์นสันและเนย์แมน (JN) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_{11} = 0.5$ โดยที่ $\beta_{12} = 1.0$ ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$







สรุปการเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟกับวิธีทดสอบของจอห์นสันและเนย์แมน ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยมีค่าไม่เท่ากัน

โดยทั่วไปพบว่าวิธีการทดสอบวิธีของจอห์นสันและเนย์แมนจะให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าวิธีทดสอบของฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ เมื่อขนาดตัวอย่างของสิ่งทดลอง ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลอง และสัมประสิทธิ์การถดถอย มีค่าเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าอำนาจการทดสอบทั้ง 2 วิธีมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนค่าสัมพัทธ์ของอำนาจการทดสอบทั้ง 2 วิธี มีแนวโน้มจะลดลง เมื่อขนาดตัวอย่าง ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลอง ระดับนัยสำคัญ ที่เพิ่มขึ้น

ค่าอำนาจของการทดสอบทั้ง 2 วิธี แปรผันตามขนาดตัวอย่างในแต่ละสิ่งทดลอง สัมประสิทธิ์การถดถอย ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลอง และระดับนัยสำคัญ ทุกกรณีที่ศึกษา

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธีการทดสอบในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยระหว่างสิ่งทดลองมีค่าไม่เท่ากัน ซึ่งตัวสถิติของการทดสอบที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม มี 2 วิธีดังนี้

1. ตัวสถิติทดสอบของฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (Hollingsworth F – Test Statistic)
2. ตัวสถิติทดสอบของจอห์นสันและเนย์แมน (Johnson – Neyman Test Statistic)

วิธีทดสอบฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟ (วิธี HF) เป็นตัวสถิติทดสอบที่พิจารณาจากตัวแบบเชิงเส้นในการทดสอบความแตกต่างระหว่างสิ่งทดลองโดยใช้ค่าเฉลี่ยของแต่ละสิ่งทดลองปรับค่าคงที่ของตัวแปรร่วม จากนั้นทำการทดสอบความแตกต่างระหว่างสิ่งทดลอง เมื่อค่าของ $x = 0$ ส่วนวิธีทดสอบจอห์นสันและเนย์แมน (วิธี JN) เป็นตัวสถิติทดสอบที่พิจารณาจากการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายของแต่ละสิ่งทดลองแล้วทดสอบผลต่างของเส้นการถดถอย โดยพิจารณาจากค่าต่ำสุดของความคลาดเคลื่อนของการทดสอบ ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบวิธีการทดสอบในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมทั้ง 2 วิธีข้างต้นเมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยมีค่าไม่เท่ากัน เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบว่าวิธีการใดเป็นวิธีที่เหมาะสม ดังนั้นถ้าผลการศึกษาวิจัยพบว่าวิธีทดสอบวิธีใดมีประสิทธิภาพในการทดสอบมากที่สุดก็ควรจะนำไปใช้ในการทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

<u>สถานการณ์ต่าง ๆ ในการวิจัยครั้งนี้ มีดังนี้</u>

1. การแจกแจงของค่าคลาดเคลื่อนสุ่มเป็นการแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ 100

2. จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 2

3. ขนาดตัวอย่างของสิ่งทดลองที่ 1 และ 2 (n_1, n_2) คือ (10 , 10) , (10 , 20) , (10 , 30) , (20 , 20) , (20 , 30) และ (30 , 30) ตามลำดับ

4. สัมประสิทธิ์การถดถอยของสิ่งทดลองที่ 1 (β_{11}) เป็น 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของสิ่งทดลองที่ 2 (β_{21}) กำหนดให้มีค่าเพิ่มขึ้นจากค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของสิ่งทดลองที่ 1 คิดเป็น 25% , 50% , 75% และ 100% ตามลำดับ

5. กำหนดระดับนัยสำคัญ α เท่ากับ 0.01 และ 0.05

เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจว่าวิธีการทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมวิธีใดให้ความถูกต้องของการทดสอบมากที่สุดจะพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 โดยใช้เกณฑ์ของแบรดเลย์ (Bradley) จากนั้นจะพิจารณาค่าอำนาจการทดสอบระหว่างวิธีการทดสอบทั้ง 2 ในสถานการณ์ที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้เท่านั้น และเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบโดยใช้เกณฑ์ค่าสัมพัทธ์ของค่าอำนาจการทดสอบ (relative of power of the test (RPOW)) ซึ่งวิธีใดให้ค่าอำนาจการทดสอบและค่าสัมพัทธ์ของค่าอำนาจการทดสอบมากสุดก็จะเป็นวิธีที่ดีที่สุด ผลการวิจัยมีข้อสรุปดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1

จากการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 วิธีทดสอบทั้ง 2 วิธี สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ครบทุกกรณี ค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของทั้งสองวิธีโดยส่วนใหญ่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างและสัมประสิทธิ์การถดถอยของแต่ละสิ่งทดลองมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงว่าค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 จะแปรผันตามขนาดตัวอย่างและสัมประสิทธิ์การถดถอยของแต่ละสิ่งทดลอง การเพิ่มระดับนัยสำคัญ α จะทำให้วิธีการทดสอบทั้งสองควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ดีขึ้น

5.1.2 ผลการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบฮอลลิงค์เวิทธ์เอฟและวิธีทดสอบของจอห์นสันและเนย์แมน

ผลการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธีทดสอบทั้ง 2 วิธี ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยระหว่างสิ่งทดลองมีค่าไม่เท่ากัน โดยทั่วไปพบว่าค่าอำนาจการทดสอบของวิธี JN ให้ค่าอำนาจการทดสอบมากกว่าวิธี HF สำหรับทุกสัมประสิทธิ์การถดถอย ขนาดตัวอย่างในแต่ละสิ่งทดลอง ซึ่งอำนาจการทดสอบของวิธีการทั้ง 2 วิธีจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อขนาดตัวอย่าง ระดับความแตกต่างระหว่างสิ่งทดลอง สัมประสิทธิ์การถดถอย และระดับนัยสำคัญมีค่าเพิ่มขึ้น การเปรียบเทียบค่าสัมพัทธ์ของอำนาจการทดสอบ(RPOW) ของวิธี JN เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยเพิ่มขึ้น จะได้ว่าค่าสัมพัทธ์ของอำนาจการทดสอบของวิธี JN มีแนวโน้มสูงขึ้น แต่จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดตัวอย่าง ระดับนัยสำคัญ และความแตกต่างระหว่างสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันมากขึ้น

5.1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อค่าอำนาจการทดสอบของแต่ละวิธี

1. ขนาดตัวอย่าง (n)

เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นค่าอำนาจการทดสอบของทั้ง 2 วิธีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เพราะขนาดตัวอย่างที่เพิ่มขึ้นจะช่วยลดความเบี่ยงเบนที่ไม่ทราบสาเหตุลงได้ แต่ค่าสัมพัทธ์ของอำนาจการทดสอบของทั้งสองวิธีแตกต่างกันน้อยลง

2. ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย

เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าอำนาจของการทดสอบของทั้ง 2 วิธีมีค่าเพิ่มขึ้น เพราะว่าการเพิ่มสัมประสิทธิ์การถดถอยแสดงให้เห็นว่าตัวแปรร่วมมีผลต่อการวิเคราะห์ความแปรปรวนมากขึ้น นั่นคือ ระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรร่วมกับตัวแปรตามที่ศึกษามีความสัมพันธ์กันมากขึ้น ดังนั้นเมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการใช้ตัวแปรร่วมวิเคราะห์ข้อมูลจึงมีค่าลดลง ผลการทดสอบสมมติฐานจึงมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

3. ความแตกต่างของอิทธิพลของสิ่งทดลอง

เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นพบว่า ค่าอำนาจของการทดสอบของทั้ง 2 วิธีมีค่าเพิ่มขึ้น เพราะการเพิ่มระดับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลองส่งผลให้ผลรวมกำลังสองของการประมาณมีค่าเพิ่มขึ้น

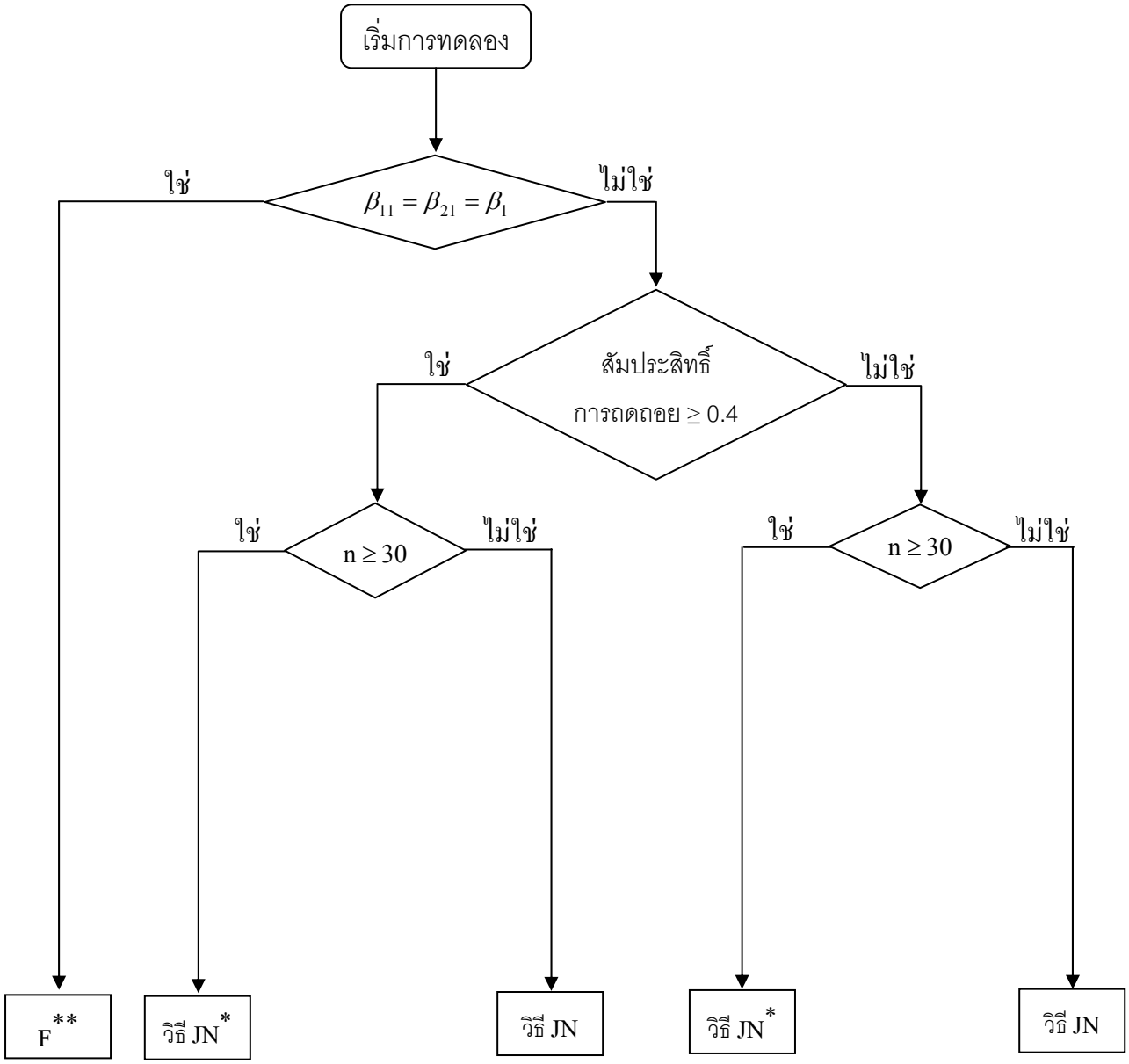
4. ระดับนัยสำคัญ

การเพิ่มระดับนัยสำคัญส่งผลให้ค่าอำนาจของการทดสอบของทั้ง 2 วิธีมีค่าเพิ่มขึ้น เพราะเมื่อระดับนัยสำคัญเพิ่มขึ้นโอกาสที่จะปฏิเสธสมมติฐานว่างมีมากขึ้น นั่นคือความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 สูงขึ้น ทำให้ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 2 ลดลง เพราะฉะนั้นค่าอำนาจของการทดสอบจึงมีค่าเพิ่มขึ้น

5.1.4 ผลสรุปการเลือกวิธีการทดสอบในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยมีค่าไม่เท่ากัน

การวิจัยครั้งนี้พบว่าการทดสอบวิธี JN จะให้ผลการทดสอบที่มีความถูกต้องและแม่นยำมากที่สุดสำหรับทุกขนาดตัวอย่าง สัมประสิทธิ์การถดถอย ระดับความแตกต่างของแต่ละสิ่งทดลอง และระดับนัยสำคัญ วิธีทดสอบวิธี JN จะให้ผลดีกว่าวิธี HF เมื่อขนาดตัวอย่างน้อย ระดับความแตกต่างของแต่ละสิ่งทดลองแตกต่างน้อย ระดับนัยสำคัญอยู่ในระดับต่ำ และสัมประสิทธิ์การถดถอยมีค่ามาก วิธี JN และวิธี HF จะให้ค่าอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน เมื่อขนาดตัวอย่างมาก ระดับความแตกต่างของแต่ละสิ่งทดลองแตกต่างมาก และระดับนัยสำคัญสูง และทั้งสองวิธีจะให้อำนาจการทดสอบใกล้เคียงกันมากยิ่งขึ้น เมื่อทั้งขนาดตัวอย่าง ระดับความแตกต่างของสิ่งทดลอง และระดับนัยสำคัญมีค่าอยู่ในระดับที่สูง โดยแผนผังแสดงข้อสรุปการเลือกวิธีการทดสอบในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยมีค่าไม่เท่ากันกรณีต่าง ๆ (ที่วิธี JN จะให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าวิธี HF อย่างชัดเจน) แสดงดังรูปที่ 5.1

<u>รูปที่ 5.1</u> แสดงแผนผังผลสรุปการเลือกวิธีการทดสอบในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม โดยที่จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 2 เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยมีค่าไม่เท่ากัน

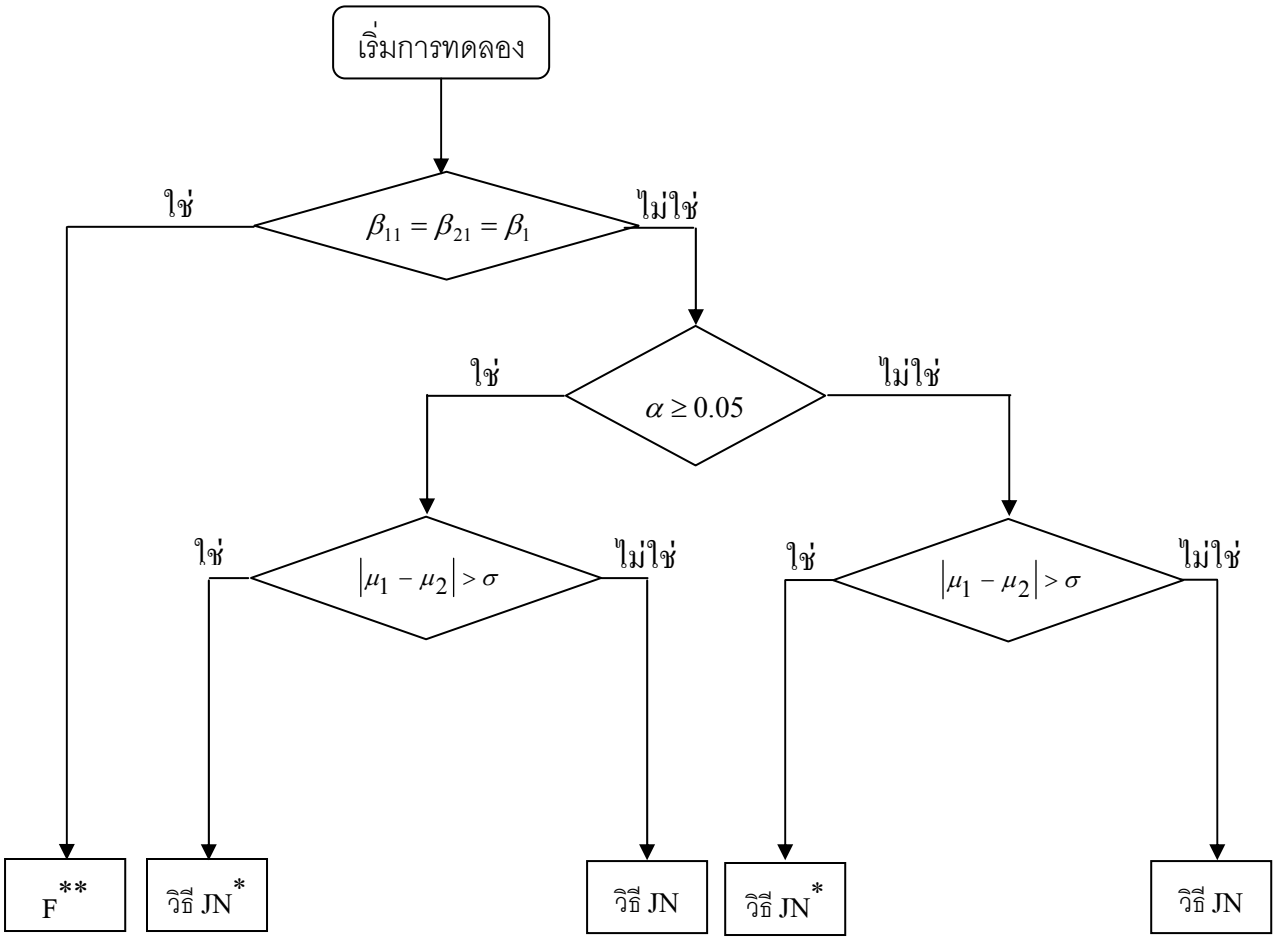


หมายเหตุ : * หมายถึงวิธี JN และวิธี HF ให้ค่าอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน

** หมายถึงวิธีทดสอบกรณีปกติ

ในทางปฏิบัตินอกจากผู้วิจัยจะต้องคำนึงถึงขนาดตัวอย่าง (n) แล้วระดับนัยสำคัญ และระดับความแตกต่างอิทธิพลของสิ่งทดลอง$\left(|\mu_1 - \mu_2| > \sigma^{\#} \right)$ ยังเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ผู้วิจัยคำนึงถึงด้วย เหตุนี้ผู้วิจัยจึงขอเสนอแนวทางการพิจารณาเลือกใช้วิธีการทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยมีค่าไม่เท่ากัน โดยแผนผังแสดงข้อสรุปของกรณีต่าง ๆ ที่วิธี JN ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าวิธี HF ดังแสดงในรูปที่ 5.2

<u>รูปที่ 5.2</u> แสดงแผนผังผลสรุปการเลือกวิธีการทดสอบในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม โดยที่จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 2 เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยมีค่าไม่เท่ากันในเชิงปฏิบัติ



หมายเหตุ : # หมายถึงค่าของ $|\mu_1 - \mu_2| > \sigma$ สามารถประมาณได้จาก $|\bar{y}_1 - \bar{y}_2| > s$

* หมายถึงวิธี JN และวิธี HF ให้ค่าอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน

** หมายถึงวิธีทดสอบกรณีปกติ

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การวิจัยครั้งนี้ศึกษาเฉพาะสถานการณ์ที่จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับสอง เพื่อสะดวกในการกำหนดสัมประสิทธิ์การถดถอยของสิ่งทดลอง แต่ถ้าจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับสามหรือมากกว่า ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการทดสอบในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมทั้งนี้เพื่อแสดงว่าการทดสอบวิธีการใดจะให้ผลสรุปเหมือนหรือแตกต่างกับการนำไปใช้ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม เช่นในงานวิจัยครั้งนี้อย่างไร

2. จากการวิจัยครั้งนี้เป็นการเปรียบเทียบวิธี JN กับวิธี HF ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของแผนการทดลองแบบสุ่มสมบรูณ์ ผู้ทำการวิจัยต่อไปควรศึกษาเปรียบเทียบการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อก (completely randomized block design) เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของสิ่งทดลองมีค่าไม่เท่ากัน

3. วิธีการทดสอบในการวิเคราะห์การถดถอยเมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของสิ่งทดลองมีค่าไม่เท่ากันวิธีการหนึ่งคือ กำหนดให้ค่าตัวแปรร่วมเป็นอีกปัจจัยหนึ่งและทำการแบ่งตัวแปรร่วมอยู่ในระดับต่าง ๆ จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองปัจจัยพร้อมกัน (two factor analysis of variance) ดังนั้นถ้ามีเกณฑ์การจำแนกตัวแปรร่วมที่เหมาะสมกับปัญหาที่จะศึกษา แล้วทำการศึกษาเกณฑ์การจำแนกว่าวิธีการใดจะให้ผลสรุปที่มีประสิทธิภาพมากกว่ากัน

4. ในการวิจัยครั้งนี้พบว่าวิธี JN จะให้ผลการวิเคราะห์ดีกว่าวิธี HF แต่อย่างไรก็ตามยังมีวิธีการทดสอบวิธีไม่อิงพารามิเตอร์ (nonparametric) ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมซึ่งมีข้อจำกัดของข้อตกลงเบื้องต้นในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมไม่มากนัก ดังนั้นผู้วิจัยจึงคิดว่าควรมีการเปรียบเทียบวิธีการที่ดีที่สุดในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของสิ่งทดลองมีค่าไม่เท่ากัน

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ธีระพร วีระถาวร. ความน่าจะเป็นกับการประยุกต์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : บริษัทวิทยพัฒน์ จำกัด, 2539.

ธีระพร วีระถาวร. ตัวแบบเชิงเส้นทฤษฎีและการประยุกต์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : บริษัทวิทยพัฒน์ จำกัด, 2541.

นิทัสน์ สุขสุวรรณ. การเปรียบเทียบวิธีการคัดเลือกสมการถดถอยที่ดีที่สุดภายใต้แนวทางของเบส์ในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

ภาษาอังกฤษ

Huitema, B.E. The analysis of covariance and alternatives. New York : John Wiley, 1980.

Rogosa, D. Comparing nonparallel regression line. Psychological Bulletin 88(1980) : 307-321.

Wu, Y. The effects of heterogeneous regression slopes on the robustness of two test statistics in the analysis of covariance. Educational and Psychological Measurement 44(1984) : 647-663.

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กรรณิการ์ อุโฆษกุล. การเปรียบเทียบวิธีการประมาณพารามิเตอร์ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม เมื่อความผิดพลาดมีการแจกแจงแบบหางยาว. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.

จรัญ จันทลักษณา. สถิติวิธีวิเคราะห์และวางแผนวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร : บริษัทสำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด, 2527.

มนูญ ศรีวิรัตน์. การเปรียบเทียบวิธีสำหรับการประมาณพารามิเตอร์ระหว่างวิธีกำลังสองน้อยที่สุดกับวิธีบูตสแตรปในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.

สุรพล อุปดิสสกุล. สถิติ : การวางแผนการทดลอง เล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร : เค . ยู . บุ๊คเซ็นเตอร์, 2536.

ภาษาอังกฤษ

Cochran, W.G., and Cox, G.M. Experiment Design. New York : John Wiley and Sons, 1976.

Cohen, Jacob. Statistical power analysis for the behavioral sciences. Hillsdale, New Jersey : Lawrence Eribaum Associated, 1988.

Hamilton, B.L. A Monte Carlo comparison of the robustness of parametric and nonparametric analysis of covariance against unequal regression slope. Journal of the American Statistical Association 71(1976) : 864-869.

Hendrix, L.,Carter, M.W., and Scott, D. T. Covariance analysises with heterogeneity of slopes in fixed models. Biometrics 38(1982) : 641-650.

Krause, A., and Olson, M. The Basics of S and S – PLUS. 2nd ed. New York : Springer - Verlag, 2000.

Searle, S.R. Linear Model. New York : John Wiley and Sons, 1971.

Venables, W.N., and Ripley, B.D. Mordern Applied Statistics with S. 4th ed. New York : Springer – Verlag, 2002.

ภาคผนวก

โปรแกรมการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของสิ่งทดลองสำหรับการเปรียบเทียบวิธีการทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยมีค่าไม่เท่ากัน

```
n1_10
n2_10
n_n1+n2
b1_0.2
b2_0.25
t_2.5
lam.1_(100+t)
lam.2_(100-t)
loops_1000

# keep value of HF #
pvalue.hf_array( ,dim=c(1,loops))

# keep value of JN #
pvalue.jn_array( ,dim=c(1,loops))

x_rnorm(100, 10)

for(i in 1:loops)
{
    beta _c(lam.1,b1,lam.2,b2)
    x1_x[1:n1]
    x2_x[(n1+1):n]

    # matrix xp#
    x.me_mean(x)
```

```
    xp_data.frame
        (
        one1.p=c(rep(1,n1),rep(0,n2)),
        x1.p=c((x1-x.me),rep(0,n2)),
        one2.p=c(rep(0,n1),rep(1,n2)),
        x2.p=c(rep(0,n1),(x2-x.me))
        )
     matxp_data.matrix(xp)

    e_rnorm(0, 10)

# matrix respond #
    y_matxp%*%beta+e
    y1_y[1:n1]
    y2_y[(n1+1):n]

#  HF Test #
    x1.me_mean(x1)
    x2.me_mean(x2)
    xx_data.frame
        (
        one1=c(rep(1,n1),rep(0,n2)),
        x.1=c((x1-x1.me),rep(0,n2)),
        one2=c(rep(0,n1),rep(1,n2)),
        x.2=c(rep(0,n1),(x2-x2.me))
        )
     matx_data.matrix(xx)
    newbeta_solve(t(matx)%*%matx)%*%t(matx)%*%(y)

# sse #
    inx_solve(t(matx)%*%matx)
    xinx_matx%*%inx%*%t(matx)
```

```
      id_diag.default(1,nrow=n,ncol=n)
      dif_id-xinx
      sse_t(y)%*%dif%*%y

      l_c(1,0,-1,0)
      lxxl_t(l)%*%inx%*%l
      inlx_solve(lxxl)
      lb_t(l)%*%newbeta
      uf_(t(lb)%*%inlx%*%lb)
      lf_sse/(n-2-2)
      fh_uf/lf
      fh_round(fh,dig=5)
      fh

# compute p-value of  HF statistic #
      pvalue.hf[,i]_round(1-pf(fh,1,n-4),dig=5)
      pvalue.hf

#  JN Test #
       mx_data.frame
           (
           one11=c(rep(1,n1),rep(0,n2)),
           x11=c(x1,rep(0,n2)),
           one22=c(rep(0,n1),rep(1,n2)),
           x22=c(rep(0,n1),x2)
           )

      matxj_data.matrix(mx)
      newbetajn_solve(t(matxj)%*%matxj)%*%t(matxj)%*%(y)
      errory_y-matxj%*%newbetajn
      sumey_sum(errory^2)
      var_sumey/(n-4)
```

```
      dx1_(x1-x1.me)^2
      dx2_(x2-x2.me)^2  sx.1_sum(dx1)
      sx.2_sum(dx2)
      nb11_newbetajn[1,1]
      nb31_newbetajn[3,1]
      nb21_newbetajn[2,1]
      nb41_newbetajn[4,1]

      ca_(x1.me*sx.2+x2.me*sx.1)/(sx.1+sx.2)
      dca_(nb11-nb31)+(nb21-nb41)*ca
      dca2_dca^2
      vdca_var*(1/n1+1/n2+(x1.me-x2.me)^2/(sx.1+sx.2))
      jn_dca2/vdca
      jn_round(jn,dig=5)
      jn

# compute p-value of  JN Test #
      pvalue.jn[,i]_round(1-pf(jn,1,n-4),dig=5)
      pvalue.jn

 }

 # การคำนวณค่าสัดส่วนของการปฏิเสธสมมติฐานว่าง  #

# compute proportion p-value of  JN test  statistic at alpha=0.01 #
       count.JN0.01_ifelse(pvalue.jn<=0.01,1,0)
       sum.JN0.01_sum(count.JN0.01)
       prob.JN0.01_round(sum.JN0.01/loops,dig=5)
       prob.JN0.01
```

```
# compute proportion p-value of  HF test  statistic at alpha=0.01 #
      count.HF0.01_ifelse(pvalue.hf<=0.01,1,0)
      sum.HF0.01_sum(count.HF0.01)
      prob.HF0.01_round(sum.HF0.01/loops,dig=5)
      prob.HF0.01

# compute proportion p-value of  JN test  statistic at alpha=0.05 #
      count.JN0.05_ifelse(pvalue.jn<=0.05,1,0)
      sum.JN0.05_sum(count.JN0.05)
      prob.JN0.05_round(sum.JN0.05/loops,dig=5)
      prob.JN0.05

# compute proportion p-value of  HF test  statistic at alpha=0.05 #
      count.HF0.05_ifelse(pvalue.hf<=0.05,1,0)
      sum.HF0.05_sum(count.HF0.05)
      prob.HF0.05_round(sum.HF0.05/loops,dig=5)
      prob.HF0.05
```

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายมานะชัย รอดชื่น เกิดวันที่ 14 กรกฎาคม พ.ศ. 2523 จังหวัดพิจิตร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต วิชาเอกคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ในปีการศึกษา 2544 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรสถิติศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2545