

บทที่ 3

การวิเคราะห์เปรียบเทียบสมรรถนะของตัวสถิติทดสอบ F -test กับ F_s -test

การวิเคราะห์ค่าการแสดงออกของยีนจากเทคนิคไมโครอาร์เรย์ มีเป้าหมายหนึ่งก็คือการวิเคราะห์เพื่อระบุยีนที่มีระดับการแสดงออกแตกต่าง (Differentially Genes Expression) อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อได้รับกรรมวิธีที่แตกต่างกัน [6-7] โดยอาศัยวิธีการทดสอบทางสถิติ เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มกรรมวิธี ในกรณีทำการทดสอบเพื่อศึกษาถึงยีนตัวหนึ่งว่ามีความแตกต่างในการแสดงออกของยีนเมื่อได้รับกรรมวิธีที่แตกต่างกัน เราสามารถใช้วิธีการทดสอบทางสถิติ เช่น การทดสอบ t (t -test) การทดสอบ Z (z -test) หรือ การทดสอบ F (F -test) เพื่อทำการหาข้อสรุป แต่ภายใต้ลักษณะเฉพาะของข้อมูลที่ได้จากเทคนิคไมโครอาร์เรย์ ซึ่งมียีนที่ศึกษาเป็นจำนวนมาก ทำให้ต้องทำการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยระดับการแสดงออกของยีนระหว่างกลุ่มกรรมวิธีหลายๆ ครั้ง การทดสอบที่มีลักษณะเช่นนี้ เป็นรูปแบบการวิเคราะห์ที่เรียกว่า การทดสอบพหุคูณ (Multiple Testing) นอกจากนี้ด้วยการที่ข้อมูลจากเทคนิคไมโครอาร์เรย์มักจะมีตัวอย่างขนาดเล็ก ทำให้การใช้สถิติทดสอบที่กล่าวไว้ข้างต้น ได้รับผลกระทบ กล่าวคือ ให้อำนาจการทดสอบ (Power of the Test) ต่ำ จึงมีงานวิจัยหลายชิ้น [8-11] ที่พยายามพัฒนาเทคนิค และตัวสถิติที่สามารถแก้ปัญหาดังกล่าว หนึ่งในนั้นก็คือ เทคนิค Microarray Analysis of Variance (MAANOVA) เทคนิค MAANOVA นั้นประกอบด้วยสถิติทดสอบ 4 ชนิด คือ F -test, F_2 -test, F_3 -test และ F_s -test ซึ่งเป็นวิธีล่าสุดที่ได้พัฒนาขึ้นมา งานวิจัยครั้งนี้ได้ให้ความสนใจที่สถิติทดสอบ F -test และ F_s -test ผู้วิจัยจึงต้องทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบสมรรถนะในการทดสอบของตัวสถิติทั้ง 2 โดยใช้การจำลองข้อมูลภายใต้สถานการณ์ที่สอดคล้องกับข้อมูลไมโครอาร์เรย์ที่ใช้ในการศึกษา เพื่อให้ได้สถิติทดสอบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับข้อมูลดังกล่าว

งานวิจัยครั้งนี้ได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 คือการวิเคราะห์เปรียบเทียบสมรรถนะในการทดสอบของตัวสถิติจากเทคนิค MAANOVA โดยเลือกมาทดสอบ 2 ชนิด คือตัวสถิติทดสอบ F -test และ สถิติทดสอบ F_s -test จากนั้นในส่วนที่ 2 จึงนำสถิติที่เหมาะสมที่สุดที่ได้ ไปทดสอบกับข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาจากงานวิจัยดังกล่าว ซึ่งจะอธิบายขั้นตอน วิธีการและผลการทดสอบส่วนที่ 2 ในบทที่ 5 ต่อไป

ในบทนี้จึงเป็นการอธิบายส่วนที่ 1 ถึงวิธีและขั้นตอนการจำลองข้อมูลภายใต้สถานการณ์ที่สอดคล้องกับข้อมูลไมโครอาร์เรย์ที่ใช้ในการศึกษา รวมถึงผลการตรวจสอบด้วยตัวสถิติเพื่อทดสอบสมรรถนะในการทดสอบของตัวสถิติจากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ผลที่ได้และสรุปผล

3.1 ขั้นตอนการจำลองข้อมูล

การจำลองข้อมูลเพื่อวิเคราะห์สมรรถนะของตัวสถิติ F -test และ F_s -test ได้แบ่งการจำลองออกเป็น 3 แบบ คือ

แบบที่ 1 เพื่อคำนวณ Nominal Level ของแต่ละตัวสถิติ มีขั้นตอนในการจำลองข้อมูลดังนี้

1) กำหนดให้มีทั้งหมด 3 กรรมวิธี ค่า Nominal Level ของสถิติทดสอบ คือค่าความน่าจะเป็นที่เมื่อใช้ตัวสถิติในการทดสอบแล้วปฏิเสธสมมติฐานหลักทั้งที่สมมติฐานหลักเป็นจริง ดังนั้นการจะคำนวณค่าดังกล่าวของตัวสถิติจึงต้องอาศัยการจำลองข้อมูลที่อยู่ภายใต้สมมติฐานหลักเป็นจริง จึงกำหนดให้แต่ละกรรมวิธีมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน นั่นคือ $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ ซึ่งส่งผลให้ A มีค่าเท่ากับ 1 เมื่อ A คือค่าอัตราส่วนระหว่างความแปรผันเฉลี่ยระหว่างกลุ่มกับความแปรผันเฉลี่ยภายในกลุ่ม หรือ $A = \frac{MStr}{MSE}$ ดังนี้

ตารางที่ 3.1 การกำหนดค่าตัวแปรต่าง ๆ สำหรับการจำลองข้อมูลเพื่อคำนวณ Nominal Level ของแต่ละตัวสถิติ

ค่า σ	ค่า μ
4	1
4	2
4	4
12	3
12	6
12	12
20	5
20	10
20	20

จากนั้นทำการจำลองข้อมูลภายใต้การแจกแจงปกติด้วยพารามิเตอร์ μ และ σ รวมทั้งกำหนดการแปรค่าต่าง ๆ นั่นคือ ให้ กำหนดค่าจำนวนหน่วยทดลองในแต่ละกรรมวิธี $n = 3, 5$ และ 15 และ กำหนดค่าจำนวนขึ้น $g = 1,000$ และ $5,000$

2) ภายหลังจากได้ข้อมูลจากการจำลองแล้ว นำข้อมูลที่ได้มาทำการทดสอบด้วยตัวสถิติทดสอบ F -test และ F_s -test และคำนวณหาค่า P-Value จากนั้นเปรียบเทียบค่า P-Value ที่ได้กับระดับนัยสำคัญที่กำหนดไว้ $\alpha = 0.05$ สร้างตัวแปร r เพื่อเก็บค่าจำนวนที่ให้ผลเป็นปฏิเสธสมมติฐานหลัก

3) ทำขั้นตอนดังกล่าวซ้ำ ๆ ทั้งสิ้น m รอบ

4) ค่าที่ได้จากตัวแปร r ทั้ง m รอบนำมาหาค่าเฉลี่ย $\bar{r} = \frac{\sum_{i=1}^m r_i}{m}$ และคำนวณโดยให้ $\frac{\bar{r}}{g} \times 100$ จะได้เป็นค่าร้อยละของการปฏิเสธสมมติฐานหลักเมื่อสมมติฐานหลักเป็นจริง ซึ่งคือค่า Nominal Level ของตัวสถิติ ค่าดังกล่าวของแต่ละกรณีการจำลองจะสามารถนำมาเปรียบเทียบกันในแต่ละกรณีเพื่อคุณสมบัติของตัวสถิติ F -test และ F_s -test ในเรื่องการรักษาระดับของ Nominal Level ได้

แบบที่ 2 เพื่อคำนวณอำนาจการทดสอบของแต่ละตัวสถิติ มีขั้นตอนในการจำลองข้อมูลดังนี้

1) กำหนดให้มีทั้งหมด 3 กรรมวิธี เนื่องจากต้องการให้ข้อมูลที่ได้จากการจำลองอยู่ภายใต้สมมติฐานหลักเป็นเท็จ จึงให้แต่ละกรรมวิธีมี $[\mu_1 = \mu_2] \neq \mu_3$ กำหนดค่าลักษณะความต่างของค่า μ_1, μ_2, μ_3 เป็น 3 กรณี คือความแตกต่างของค่าเฉลี่ยมีค่าน้อย ปานกลาง และมาก โดยกำหนดผ่านค่า A

$$\text{เมื่อ } A = \frac{MStr}{MSE} = 1 + \frac{\sum n\tau_i^2}{\sigma^2(k-1)} \text{ เมื่อ } \tau_i = \mu - \mu_i; i = 1, 2, 3$$

โดย $A=2$ แทนกรณีความแตกต่างของค่าเฉลี่ย มีค่าน้อย

$A=3$ แทนกรณีความแตกต่างของค่าเฉลี่ย มีค่าปานกลาง

และ $A=10$ แทนกรณีความแตกต่างของค่าเฉลี่ย มีค่ามาก

เมื่อกำหนดการแปรค่าต่าง ๆ ของขนาดตัวอย่าง (n) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) สามารถคำนวณค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มสำหรับการจำลองข้อมูลดังนี้

ตารางที่ 3.2 การกำหนดค่าตัวแปรต่าง ๆ สำหรับการจำลองข้อมูลเพื่อคำนวณอำนาจการทดสอบของแต่ละตัวสถิติ กรณี $[\mu_1 = \mu_2] \neq \mu_3$

A=2				A=3				A=10			
ค่า n	ค่า σ	ค่า $\mu_1 = \mu_2$	ค่า μ_3	ค่า n	ค่า σ	ค่า $\mu_1 = \mu_2$	ค่า μ_3	ค่า n	ค่า σ	ค่า $\mu_1 = \mu_2$	ค่า μ_3
3	4	5	7	3	4	5	6	3	4	5	13
3	12	15	21	3	12	15	24	3	12	15	30
3	20	25	37	3	20	25	35	3	20	25	38
5	4	5	8	5	4	5	9	5	4	5	7
5	12	15	28	5	12	15	23	5	12	15	18
5	20	25	35	5	20	25	40	5	20	25	30
15	4	5	6	15	4	5	7	15	4	5	7
15	12	15	19	15	12	15	20	15	12	15	21
15	20	25	33	15	20	25	30	15	20	25	37

จากนั้นจึงทำการจำลองข้อมูลภายใต้การแจกแจงแบบปกติที่มีพารามิเตอร์ μ และ σ ด้วยขนาดตัวอย่าง n และกำหนดจำนวนขึ้น $g = 1,000$ และ $5,000$

2) ภายหลังจากได้ข้อมูลจากการจำลองแล้ว นำข้อมูลที่ได้นำมาทำการทดสอบด้วยตัวสถิติทดสอบ F -test และ F_s -test และคำนวณหาค่า P-Value จากนั้นเปรียบเทียบค่า P-Value ที่ได้กับระดับนัยสำคัญที่กำหนดไว้ $\alpha = 0.05$ สร้างตัวแปร r เพื่อเก็บค่าจำนวนที่ให้ผลเป็นปฏิเสธสมมติฐานหลัก

3) ทำขั้นตอนดังกล่าวซ้ำ ๆ ทั้งสิ้น m รอบ

4) ค่าที่ได้จากตัวแปร r ทั้ง m รอบนำมาหาค่าเฉลี่ย $\bar{r} = \frac{\sum_{i=1}^m r_i}{m}$ และคำนวณโดยให้ $\frac{\bar{r}}{g} \times 100$ จะได้เป็นค่าร้อยละของการปฏิเสธสมมติฐานหลักเมื่อสมมติฐานหลักเป็นเท็จ ซึ่งคืออำนาจการทดสอบของตัวสถิติ ค่าดังกล่าวของแต่ละกรณีการจำลองจะสามารถนำมาเปรียบเทียบกันในแต่ละกรณีเพื่อดูสมรรถนะของตัวสถิติ F -test และ F_s -test ในเรื่องอำนาจการทดสอบได้

แบบที่ 3 เพื่อให้คำนวณอำนาจการทดสอบของแต่ละตัวสถิติ มีขั้นตอนในการจำลองข้อมูลดังนี้

1) กำหนดให้มีทั้งหมด 3 กรรมวิธี เนื่องจากต้องการให้ข้อมูลที่ได้จากการจำลองอยู่ภายใต้สมมติฐานหลักเป็นเท็จ จึงให้แต่ละกรรมวิธีมี $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$ กำหนดค่าลักษณะความต่างของค่า μ_1, μ_2, μ_3 เป็น 3 กรณี คือความแตกต่างของค่าเฉลี่ยมีค่าน้อย ปานกลาง และมาก โดยกำหนดผ่านค่า A

$$\text{เมื่อ } A = \frac{MStr}{MSE} = 1 + \frac{\sum n\tau_i^2}{\sigma^2(k-1)} \text{ เมื่อ } \tau_i = \mu - \mu_i; i = 1, 2, 3$$

โดย $A=2$ แทนกรณีความแตกต่างของค่าเฉลี่ย มีค่าน้อย

$A=3$ แทนกรณีความแตกต่างของค่าเฉลี่ย มีค่าปานกลาง

และ $A=10$ แทนกรณีความแตกต่างของค่าเฉลี่ย มีค่ามาก

เมื่อกำหนดการแปรค่าต่าง ๆ ของขนาดตัวอย่าง (n) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) สามารถคำนวณค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มสำหรับการจำลองข้อมูลดังนี้

ตารางที่ 3.3 การกำหนดค่าตัวแปรต่าง ๆ สำหรับการจำลองข้อมูลเพื่อคำนวณอำนาจการทดสอบของแต่ละตัวสถิติ กรณี $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$

$A=2$					$A=3$					$A=10$				
ค่า n	ค่า σ	ค่า μ_1	ค่า μ_2	ค่า μ_3	ค่า n	ค่า σ	ค่า μ_1	ค่า μ_2	ค่า μ_3	ค่า n	ค่า σ	ค่า μ_1	ค่า μ_2	ค่า μ_3
3	4	5	3	1	3	4	5	4	2	3	4	5	3	2
3	12	15	12	9	3	12	15	12	9	3	12	15	11	10
3	20	25	23	15	3	20	25	15	10	3	20	25	19	18
5	4	5	4	3	5	4	5	4	2	5	4	5	3	2
5	12	15	12	11	5	12	15	13	12	5	12	15	11	10
5	20	25	24	22	5	20	25	24	20	5	20	25	24	21
15	4	5	4	3	15	4	5	4	3	15	4	5	3	2
15	12	15	13	10	15	12	15	13	12	15	12	15	13	11
15	20	25	23	22	15	20	25	24	21	15	20	25	22	19

จากนั้นจึงทำการจำลองข้อมูลภายใต้การแจกแจงแบบปกติที่มีพารามิเตอร์ μ และ σ ด้วยขนาดตัวอย่าง n และกำหนดจำนวนขึ้น $g = 1,000$ และ $5,000$

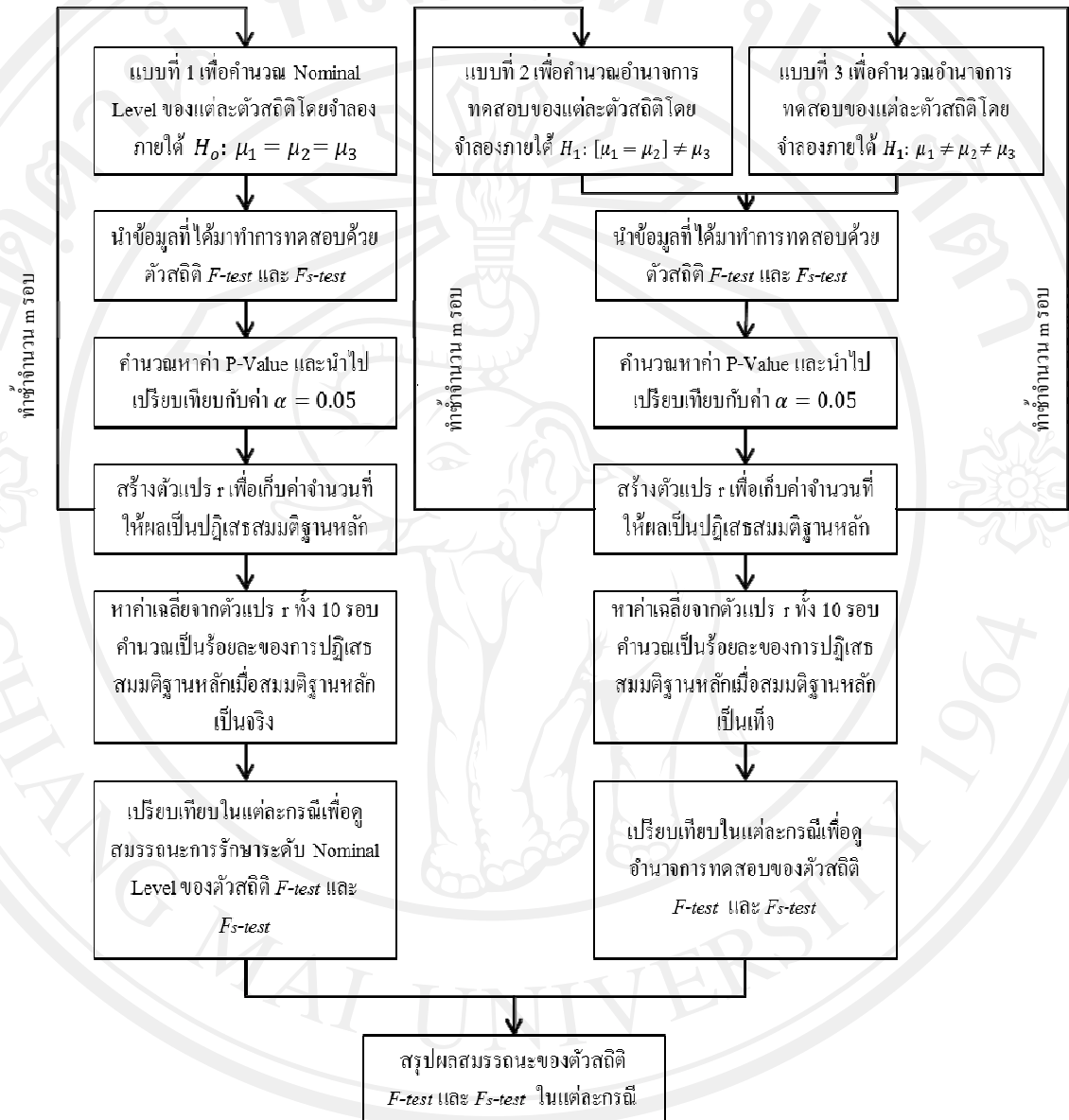
2) ภายหลังจากได้ข้อมูลจากการจำลองแล้ว นำข้อมูลที่ได้มาทำการทดสอบด้วยตัวสถิติทดสอบ F -test และ F_s -test และคำนวณหาค่า P-Value จากนั้นเปรียบเทียบค่า P-Value ที่ได้กับระดับนัยสำคัญที่กำหนดไว้ $\alpha = 0.05$ สร้างตัวแปร r เพื่อเก็บค่าจำนวนที่ให้ผลเป็นปฏิเสธสมมติฐานหลัก

3) ทำขั้นตอนดังกล่าวซ้ำ ๆ ทั้งสิ้น m รอบ

4) ค่าที่ได้จากตัวแปร r ทั้ง m รอบนำมาหาค่าเฉลี่ย $\bar{r} = \frac{\sum_{i=1}^m r_i}{m}$ และคำนวณโดยให้ $\frac{\bar{r}}{g} \times 100$ จะ

ได้เป็นค่าร้อยละของการปฏิเสธสมมติฐานหลักเมื่อสมมติฐานหลักเป็นเท็จ ซึ่งคืออำนาจการทดสอบของตัวสถิติ ค่าดังกล่าวของแต่ละกรณีการจำลองจะสามารถนำมาเปรียบเทียบกันในแต่ละกรณีเพื่อดูสมรรถนะของตัวสถิติ F -test และ F_s -test ในเรื่องอำนาจการทดสอบได้

ซึ่งสามารถแสดงขั้นตอนการตรวจสอบสมรรถนะเป็นแผนภาพ ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการตรวจสอบสมรรถนะ

3.2 ผลการตรวจสอบสมรรถนะ (Performance) ของตัวสถิติ

การเลือกจำนวนรอบในการจำลองข้อมูล

ในการตรวจสอบสมรรถนะของตัวสถิติ F -test และ F_s -test อาศัยการจำลองข้อมูลช่วยวิเคราะห์ ซึ่งในการจำลองข้อมูลจำเป็นต้องคำนึงถึงจำนวนรอบที่เหมาะสม และเพื่อให้ได้ขนาดของจำนวนรอบที่เหมาะสมจึงได้ทำการทดลองจำลองข้อมูลเพื่อทำการคำนวณค่า Nominal Level และอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทั้งสองโดยใช้จำนวนรอบต่างๆ กันคือ 10 รอบ 100 รอบ และ 1,000 รอบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

การจำลองข้อมูลแบบที่ 1 เพื่อคำนวณค่า Nominal Level กรณี $A=1, n=3, \mu=1$ และ $\sigma=4$

การจำลองข้อมูลแบบที่ 2 เพื่อคำนวณค่าอำนาจการทดสอบ กรณี $[\mu_1 = \mu_2] \neq \mu_3$ โดย $A=2, n=3, \mu_1 = \mu_2 = 5, \mu_3 = 7$ และ $\sigma=4$

และการจำลองข้อมูลแบบที่ 3 เพื่อคำนวณค่าอำนาจการทดสอบ กรณี $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$ โดย $A=2, n=3, \mu_1 = 5, \mu_2 = 3, \mu_3 = 1$ และ $\sigma=4$ ได้ผลวิเคราะห์เป็นดังตารางที่ 3.1 ดังนี้

ตารางที่ 3.4 ผลการวิเคราะห์การเลือกจำนวนรอบในการจำลองข้อมูล

	แบบที่ 1 เพื่อคำนวณค่า Nominal Level (%)			แบบที่ 2 เพื่อคำนวณค่า อำนาจการทดสอบ (%) กรณี $[\mu_1 = \mu_2] \neq \mu_3$			แบบที่ 3 เพื่อคำนวณค่า อำนาจการทดสอบ (%) กรณี $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$		
	10 รอบ	100 รอบ	1,000 รอบ	10 รอบ	100 รอบ	1,000 รอบ	10 รอบ	100 รอบ	1,000 รอบ
F -test	3.0	2.8	3.0	24.7	24.0	24.5	37.7	37.5	38.0
F_s -test	3.0	2.9	2.8	33.3	32.0	33.0	56.1	56.0	55.9

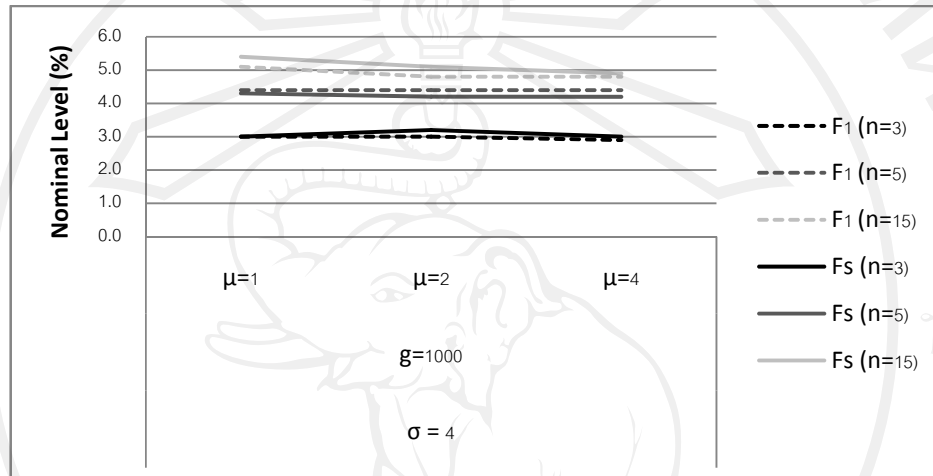
จะเห็นได้ว่าทั้งแบบที่ 1, 2 และ 3 ค่าที่ได้ในรอบที่ต่างกันทั้ง 3 แบบ มีค่าร้อยละใกล้เคียงกัน โดยผลการวิเคราะห์ที่ได้เมื่อใช้จำนวนรอบการจำลองที่ 10 รอบให้ผลเสมือนกับจำนวนรอบที่มากกว่า แต่ประหยัดเวลาในการทำการเดินโปรแกรมทดสอบตัวสถิติทั้ง 2 ตัว

ดังนั้นในการจำลองข้อมูลเพื่อทำการตรวจสอบสมรรถนะของตัวสถิติทั้งสองต่อจึงทำการจำลองกรณีละ 10 รอบเท่านั้น จากนั้นจึงคำนวณค่า Nominal Level และกำลังในการทดสอบของตัวสถิติทั้งสอง ภายใต้เงื่อนไขต่างๆ ได้ผลดังนี้

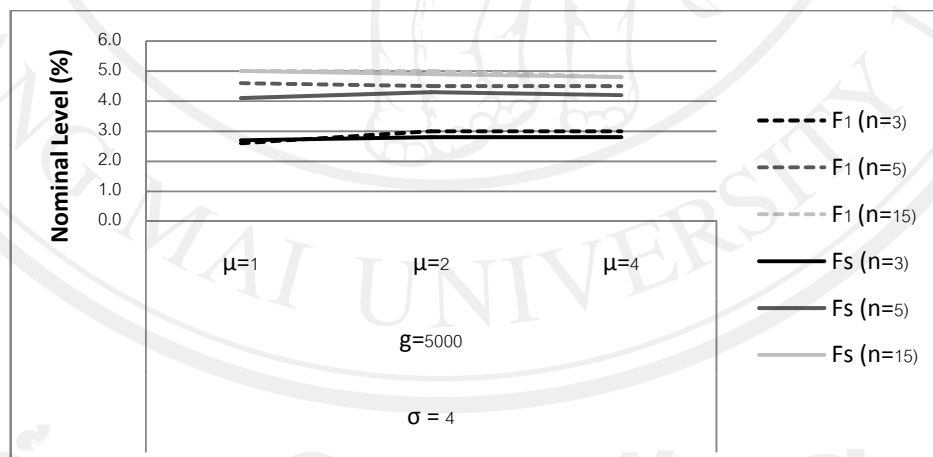
ผลการทดสอบด้วยสถิติ F -test และ F_s -test กับข้อมูลที่ได้จากการจำลอง

1) การเปรียบเทียบค่า Nominal Level ระหว่าง F -test และ F_s -test จากการกำหนดให้ $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$

จากการจำลองข้อมูลภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ เพื่อคำนวณค่า Nominal Levels ของ F -test และ F_s -test ได้ผลเป็นดังรูปที่ 3.2-3.7

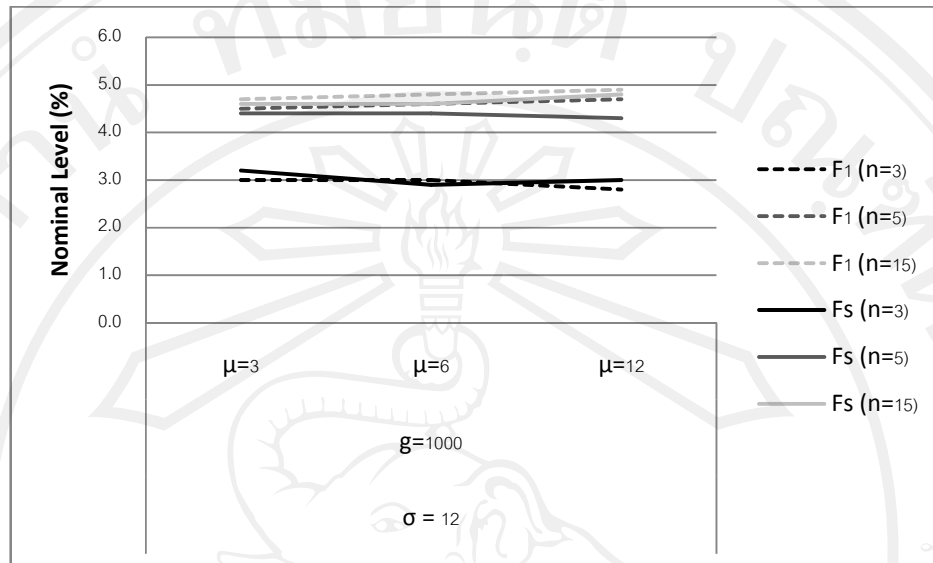


รูปที่ 3.2 ค่า Nominal Level ของตัวสถิติ F -test และ F_s -test กรณี $\sigma = 4$ และ $g = 1000$

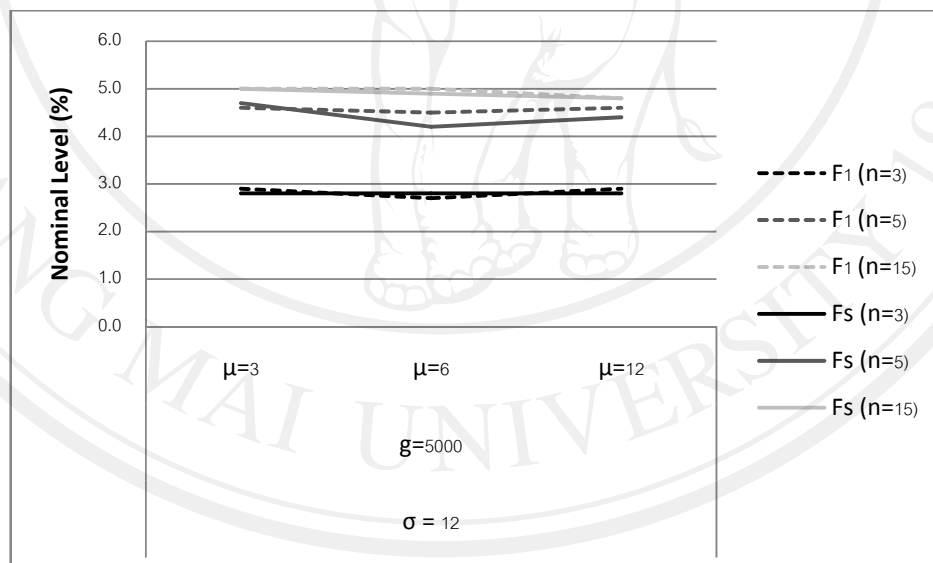


รูปที่ 3.3 ค่า Nominal Level ของตัวสถิติ F -test และ F_s -test กรณี $\sigma = 4$ และ $g = 5000$

จากรูปที่ 3.2 และ 3.3 F -test และ F_s -test มีการรักษาระดับใกล้เคียงกันโดยตัวแปร μ ไม่ได้ส่งผล แต่ตัวแปร n ส่งผลอย่างชัดเจน โดยเมื่อ n มากขึ้นค่า Nominal Level จะเข้าใกล้ 5% มากขึ้น ทั้งนี้ ตัวแปรจำนวนอื่น g ที่เปลี่ยนไปไม่ได้ส่งผลอย่างชัดเจน

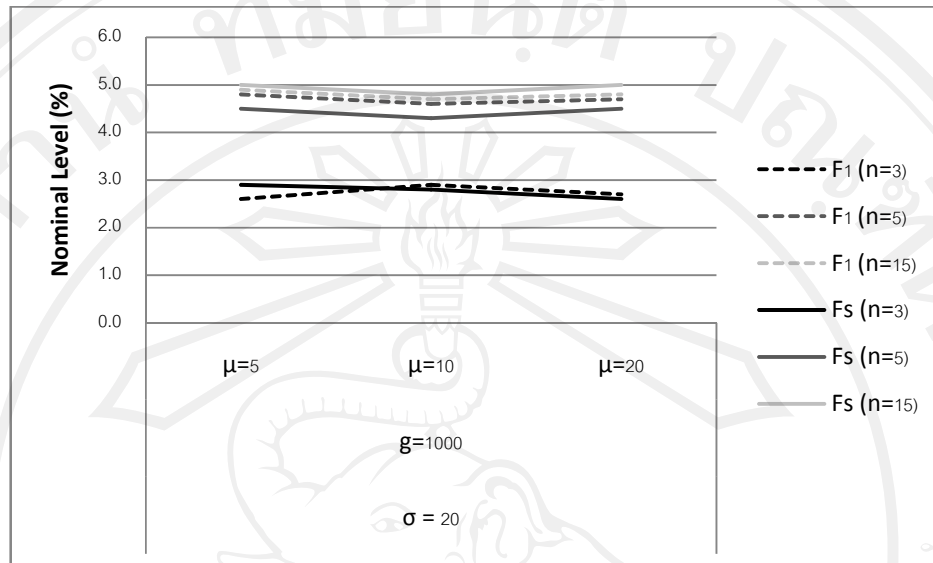


รูปที่ 3.4 ค่า Nominal Level ของตัวสถิติ F -test และ F_s -test กรณี $\sigma = 12$ และ $g = 1000$

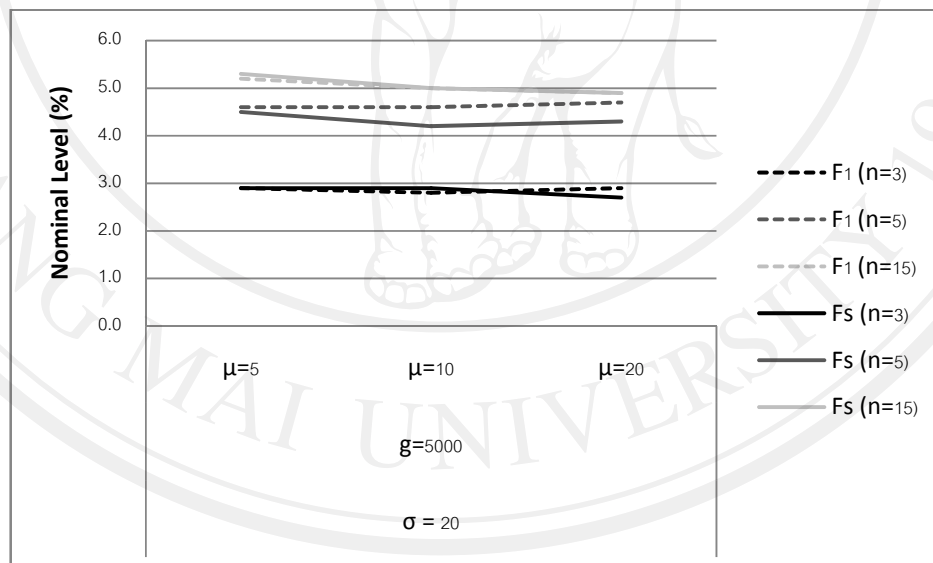


รูปที่ 3.5 ค่า Nominal Level ของตัวสถิติ F -test และ F_s -test กรณี $\sigma = 12$ และ $g = 5000$

จากรูปที่ 3.4 และ 3.5 สถิติทดสอบทั้งคู่มีการรักษาระดับใกล้เคียงกัน ตัวแปรจำนวนขึ้น g ไม่ได้ส่งผล แต่ตัวแปร n ส่งผลอย่างชัดเจนโดยเมื่อ n มากขึ้นค่า Nominal Level จะเข้าใกล้ 5% มากขึ้น ทั้งนี้จากรูป 3.4 เมื่อ $n=5$ และ $n=15$ จะมีการรักษาระดับใกล้เคียงกันมาก



รูปที่ 3.6 ค่า Nominal Level ของตัวสถิติ F -test และ F_s -test กรณี $\sigma = 20$ และ $g = 1000$



รูปที่ 3.7 ค่า Nominal Level ของตัวสถิติ F -test และ F_s -test กรณี $\sigma = 20$ และ $g = 5000$

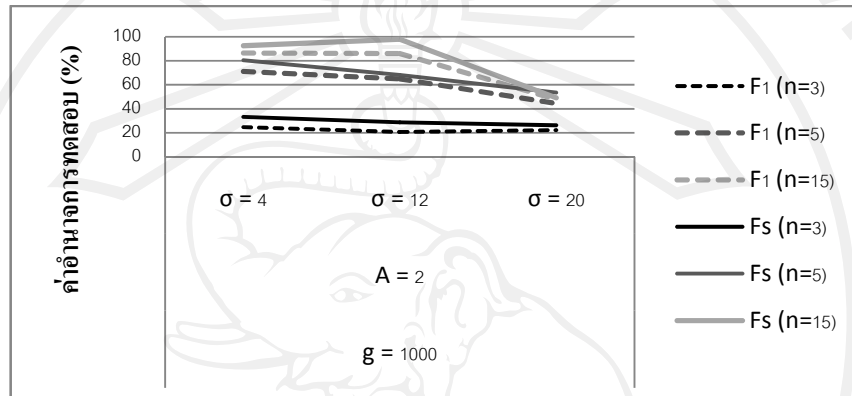
จากรูปที่ 3.6 และ 3.7 F -test และ F_s -test มีการรักษาระดับใกล้เคียงกันโดยตัวแปร μ ไม่ได้ส่งผล แต่ตัวแปร n ส่งผลอย่างชัดเจนโดยเมื่อ n มากขึ้นค่า Nominal Level จะเข้าใกล้ 5% มากขึ้น ทั้งนี้ ตัวแปรจำนวนอื่น g ที่เปลี่ยนไปไม่ได้ส่งผลอย่างชัดเจน

จากรูปที่ 3.2-3.7 จะเห็นได้ว่าสถิติทดสอบ F_t และ F_s มีสมรรถนะในการรักษาระดับ Nominal Level ใกล้เคียงกันโดยอยู่ในระดับ 3-5 % ซึ่ง ณ ระดับนัยสำคัญที่กำหนดไว้ $\alpha = 0.05$ จึงถือได้ว่าตัวสถิติทั้งสองมีความสามารถในการรักษาระดับ Nominal Level ได้ดี โดยที่ตัวแปร g หรือจำนวนยีนที่แตกต่างกันและ ตัวแปร μ หรือค่าเฉลี่ยการแสดงออกของยีน ไม่ได้ส่งผลต่อการรักษาระดับ Nominal Level ส่วนตัวแปร σ หรือขนาดความแปรปรวน ส่งผลต่อสมรรถนะในการรักษาระดับเล็กน้อย ซึ่งเมื่อค่า σ น้อย ($\sigma = 4$) สถิติทดสอบทั้ง 2 จะมีสมรรถนะในการรักษาระดับได้ดีกว่าเล็กน้อย (มีค่าเข้าใกล้ 5% มากกว่า) ตัวแปร n หรือขนาดตัวอย่าง ส่งผลต่อสมรรถนะในการรักษาระดับอย่างเห็นได้ชัดเจน โดยเมื่อค่า n เพิ่มขึ้น สมรรถนะในการรักษาระดับจะเพิ่มขึ้นตามลำดับ (มีค่าเข้าใกล้ 5% มากกว่า)

2) การเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบระหว่าง F -test และ F_s -test จากการกำหนดให้ $[\mu_1 = \mu_2] \neq \mu_3$

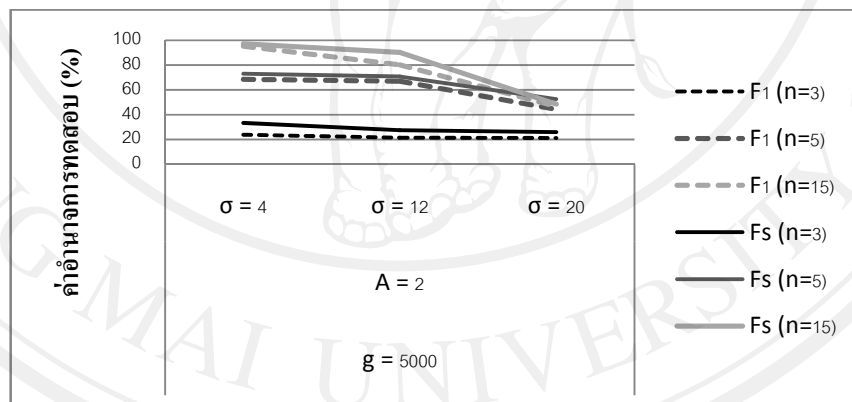
จากการจำลองข้อมูลภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ เพื่อคำนวณค่าอำนาจการทดสอบของ F -test และ F_s -test ได้ผลเป็นดังรูปที่ 3.8-3.13

กรณี $A = 2$



รูปที่ 3.8 ค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติ F -test และ F_s -test จากการกำหนดให้ $[\mu_1 = \mu_2] \neq \mu_3$

กรณี $A = 2$ และ $g = 1000$

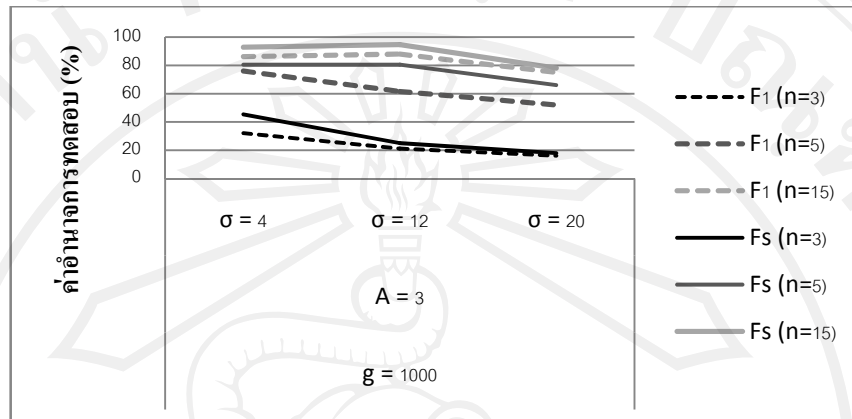


รูปที่ 3.9 ค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติ F -test และ F_s -test จากการกำหนดให้ $[\mu_1 = \mu_2] \neq \mu_3$

กรณี $A = 2$ และ $g = 5000$

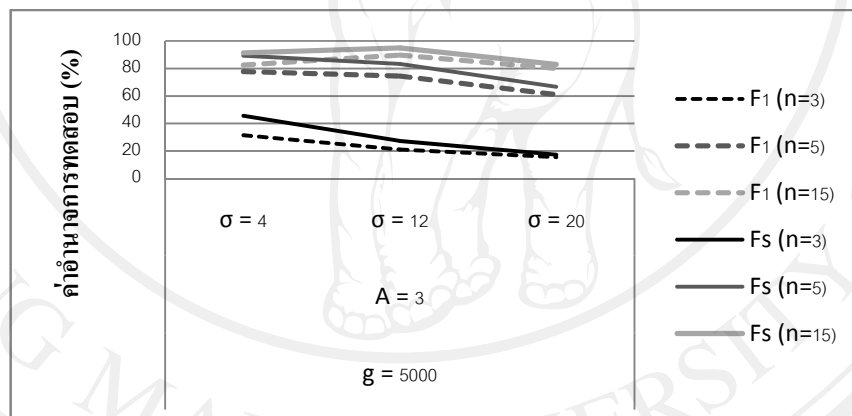
รูปที่ 3.8 และ 3.9 ค่าอำนาจการทดสอบของทั้งสองสถิติทดสอบมีแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกันซึ่งหมายถึงตัวแปร g ไม่ได้ส่งผล แต่เมื่อตัวแปร σ มีค่ามากขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มลดลง รวมถึงตัวแปร n ที่เมื่อ n มีค่ามากขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ เมื่อ $n=3$ ค่าอำนาจการทดสอบมีค่าราว 30% ซึ่งน้อยกว่าเมื่อเทียบกับเมื่อ $n=5$ ค่าจะอยู่ราว 60% และ $n=15$ ค่าจะสูงขึ้นถึงราว 80% ทั้งนี้ F_s -test มีค่าอำนาจการทดสอบที่ดีกว่า F -test ในทุกกรณี

กรณี $A = 3$



รูปที่ 3.10 ค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติ F -test และ F_s -test จากการกำหนดให้ $[\mu_1 = \mu_2] \neq \mu_3$

กรณี $A = 3$ และ $g = 1000$

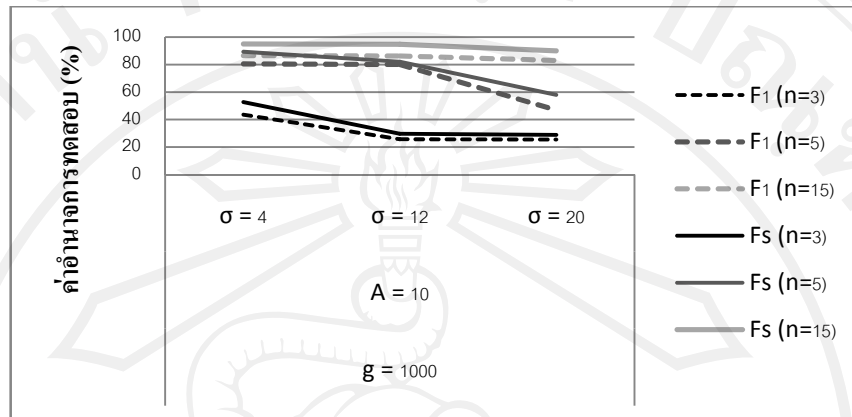


รูปที่ 3.11 ค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติ F -test และ F_s -test จากการกำหนดให้ $[\mu_1 = \mu_2] \neq \mu_3$

กรณี $A = 3$ และ $g = 5000$

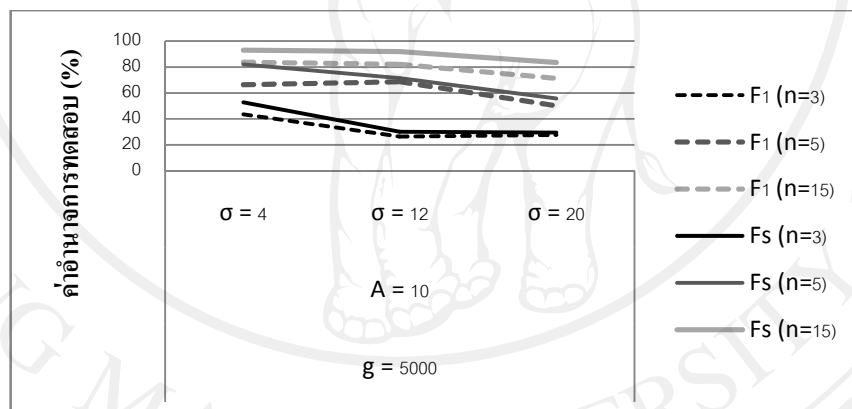
รูปที่ 3.10 และ 3.11 ค่าอำนาจการทดสอบของทั้งสองสถิติทดสอบมีแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกันซึ่งหมายถึงตัวแปร g ไม่ได้ส่งผล แต่ตัวแปร σ ส่งผลอย่างชัดเจนโดยเมื่อ σ มีค่ามากขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มลดลง เช่นเดียวกับตัวแปร n ที่ส่งผลชัดเจนโดยเมื่อ n มีค่ามากขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั้งนี้ เมื่อ $n=3$ ค่าอำนาจการทดสอบมีค่าราว 30% ซึ่งน้อยมากเมื่อเทียบกับเมื่อ $n=5$ ค่าจะอยู่ราว 80% และ $n=15$ ค่าจะสูงขึ้นถึงราว 90% ทั้งนี้ F_s -test มีค่าอำนาจการทดสอบที่ดีกว่า F -test ในทุกกรณี

กรณี $A = 10$



รูปที่ 3.12 ค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติ F -test และ F_s -test จากการกำหนดให้ $[\mu_1 = \mu_2] \neq \mu_3$

กรณี $A = 10$ และ $g = 1000$



รูปที่ 3.13 ค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติ F -test และ F_s -test จากการกำหนดให้ $[\mu_1 = \mu_2] \neq \mu_3$

กรณี $A = 10$ และ $g = 5000$

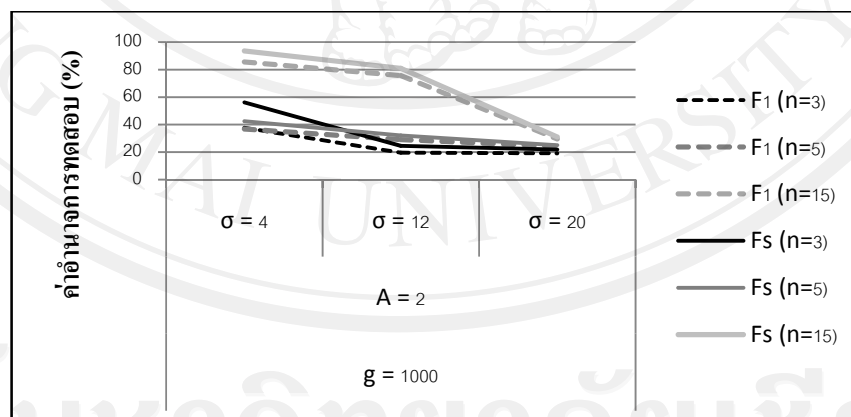
รูปที่ 3.12 และ 3.13 ค่าอำนาจการทดสอบของทั้งสองสถิติทดสอบมีแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกันซึ่งหมายถึงตัวแปร g ไม่ได้ส่งผล แต่ตัวแปร σ ส่งผลอย่างชัดเจนโดยเมื่อ σ มีค่ามากขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มลดลง เช่นเดียวกับตัวแปร n ที่ส่งผลชัดเจนโดยเมื่อ n มีค่ามากขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั้งนี้ เมื่อ $n=3$ ค่าอำนาจการทดสอบมีค่าราว 30% ซึ่งน้อยมากเมื่อเทียบกับเมื่อ $n=5$ ค่าจะอยู่ราว 80% และ $n=15$ ค่าจะสูงขึ้นถึงราว 90% ทั้งนี้ F_s -test มีค่าอำนาจการทดสอบที่ดีกว่า F -test ในทุกกรณี

จากรูปที่ 3.8-3.13 จะเห็นได้ว่าสถิติ F_s -test มีอำนาจการทดสอบที่ดีกว่าหรือเทียบเท่า F -test ในทุกสถานการณ์โดยตัวแปร g หรือจำนวนอื่นที่แตกต่าง ไม่ได้ส่งผลต่ออำนาจการทดสอบ ตัวแปร A หรือค่า $\frac{MStr}{MSE}$ ส่งผลต่ออำนาจการทดสอบเล็กน้อย โดยเมื่อตัวแปร A มีค่าเพิ่มขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ตัวแปร σ หรือขนาดความแปรปรวน ส่งผลต่ออำนาจการทดสอบอย่างเห็นได้ชัด โดยเมื่อค่า σ เพิ่มขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มที่จะลดลง รวมไปถึงตัวแปร n หรือขนาดตัวอย่าง ที่ส่งผลต่ออำนาจการทดสอบอย่างเห็นได้ชัดเจนเช่นกัน โดยเมื่อค่า n เพิ่มขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบจะเพิ่มขึ้นเช่นกันตามลำดับ ทั้งนี้เปอร์เซ็นต์อำนาจการทดสอบที่ $n=3$ จะอยู่ระหว่าง 20-30% เมื่อ n เพิ่มขึ้นเป็น $n=5$ ค่าเปอร์เซ็นต์อำนาจการทดสอบขึ้นไปอยู่ระหว่าง 50-80% และเมื่อ n เพิ่มขึ้นสูงถึง $n=15$ จะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์อำนาจการทดสอบจะสูงขึ้นไปอยู่ที่ 50-100% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่า σ ด้วยเช่นกันที่ถึงแม้ว่าค่า n จะเพิ่มมากขึ้นเป็น $n=15$ แต่หาก σ ก็สูงเช่นกันเป็น $\sigma = 20$ ค่าเปอร์เซ็นต์อำนาจการทดสอบก็จะมีค่าน้อยโดยอยู่ระหว่าง 30-50%

3) การเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบระหว่าง F -test และ F_s -test จากการกำหนดให้ $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$

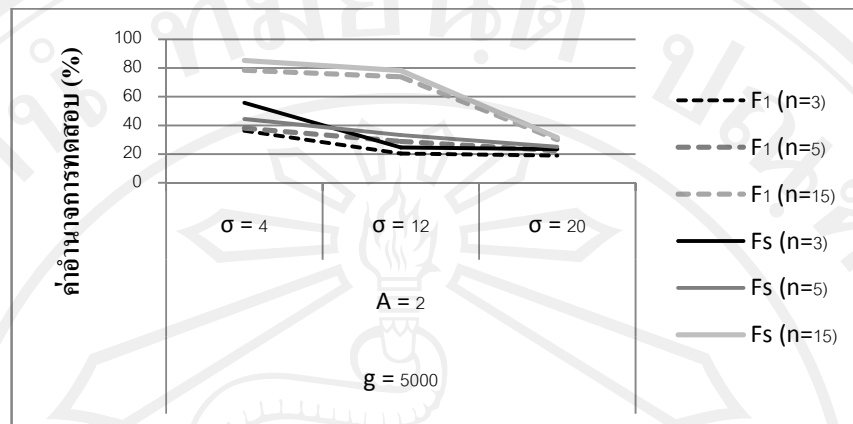
จากการจำลองข้อมูลภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ เพื่อคำนวณค่าอำนาจการทดสอบของ F -test และ F_s -test ได้ผลเป็นดังรูปที่ 3.14-3.19

กรณี $A = 2$



รูปที่ 3.14 ค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติ F -test และ F_s -test จากการกำหนดให้ $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$

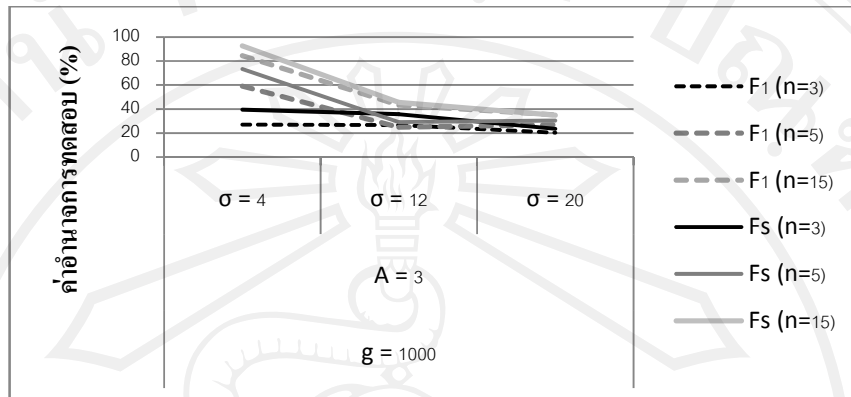
กรณี $A = 2$ และ $g = 1000$



รูปที่ 3.15 ค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติ F -test และ F_s -test จากการกำหนดให้ $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$
กรณี $A = 2$ และ $g = 5000$

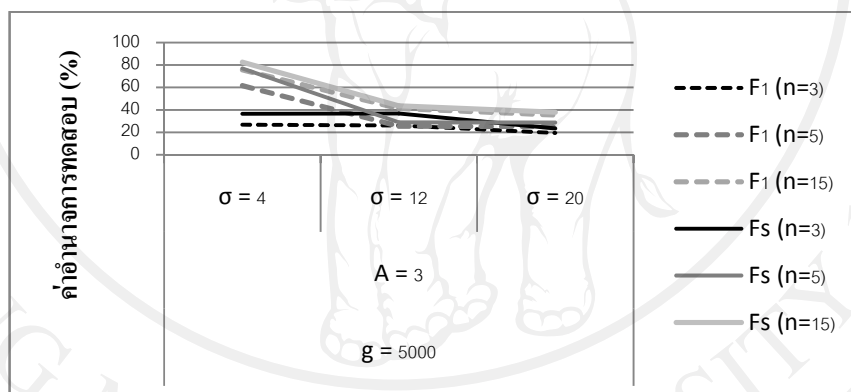
รูปที่ 3.14 และ 3.15 ค่าอำนาจการทดสอบของทั้งสองสถิติทดสอบมีแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกันซึ่งหมายถึงตัวแปร g ไม่ได้ส่งผล แต่ตัวแปร σ ส่งผลอย่างชัดเจนโดยเมื่อ σ มีค่ามากขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มลดลง เช่นเดียวกับตัวแปร n ที่ส่งผลชัดเจนโดยเมื่อ n มีค่ามากขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่า σ ด้วย เมื่อ σ มีค่าน้อย และที่ $n=3$ ค่าอำนาจการทดสอบมีค่าราว 50% ซึ่งค่อนข้างใกล้เคียงกับเมื่อ $n=5$ แต่ค่าอำนาจการทดสอบขึ้นสูงอย่างชัดเจนเมื่อ $n=15$ โดยจะสูงขึ้นถึงราว 80% แต่เมื่อ σ มีค่ามาก ณ ค่า n ต่าง ๆ ค่าอำนาจการทดสอบจะอยู่เพียงราว 20% ทั้งนี้ F_s -test มีค่าอำนาจการทดสอบที่ดีกว่า F -test ในทุกกรณี

กรณี $A=3$



รูปที่ 3.16 ค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติ F -test และ F_s -test จากการกำหนดให้ $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$

กรณี $A=3$ และ $g=1000$

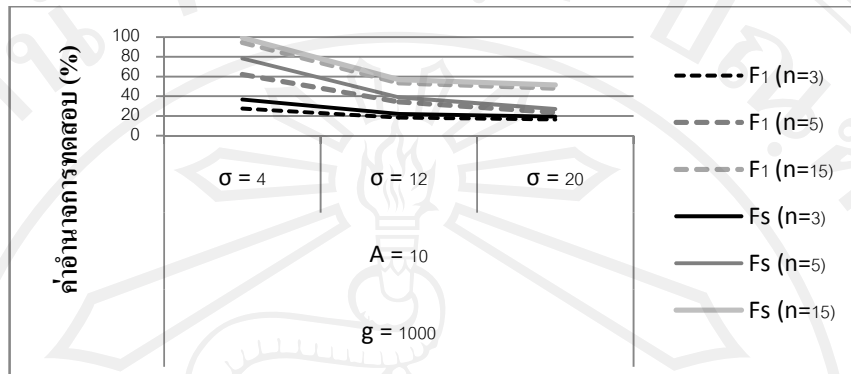


รูปที่ 3.17 ค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติ F -test และ F_s -test จากการกำหนดให้ $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$

กรณี $A=3$ และ $g=5000$

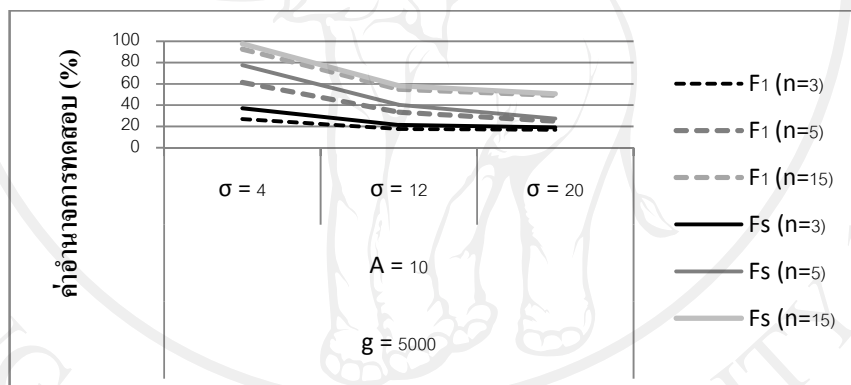
รูปที่ 3.16 และ 3.17 ค่าอำนาจการทดสอบของทั้งสองสถิติทดสอบมีแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกันซึ่งหมายถึงตัวแปร g ไม่ได้ส่งผล แต่ตัวแปร σ ส่งผลอย่างชัดเจนโดยเมื่อ σ มีค่ามากขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มลดลง เช่นเดียวกับตัวแปร n ที่ส่งผลค่อนข้างชัดเจนโดยเมื่อ n มีค่ามากขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่า σ ด้วย เมื่อ σ มีค่าน้อย และที่ $n=3$ ค่าอำนาจการทดสอบมีค่าราว 30% เมื่อ $n=5$ จะมีค่าราว 70% และเมื่อ $n=15$ จะมีค่าราว 80% แต่เมื่อ σ มีค่ามาก ณ ค่า n ต่าง ๆ ค่าอำนาจการทดสอบจะอยู่เพียงราว 30% ทั้งนี้ F_s -test มีค่าอำนาจการทดสอบที่ดีกว่า F -test ในทุกกรณี

กรณี $A = 10$



รูปที่ 3.18 ค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติ F -test และ F_s -test จากการกำหนดให้ $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$

กรณี $A = 10$ และ $g = 1000$



รูปที่ 3.19 ค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติ F -test และ F_s -test จากการกำหนดให้ $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$

กรณี $A = 10$ และ $g = 5000$

รูปที่ 3.18 และ 3.19 ค่าอำนาจการทดสอบของทั้งสองสถิติทดสอบมีแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกันซึ่งหมายถึงตัวแปร g ไม่ได้ส่งผล แต่ตัวแปร σ ส่งผลอย่างชัดเจนโดยเมื่อ σ มีค่ามากขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มลดลง เช่นเดียวกับตัวแปร n ที่ส่งผลค่อนข้างชัดเจนโดยเมื่อ n มีค่ามากขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่า σ ด้วย เมื่อ σ มีค่าน้อย และที่ $n=3$ ค่าอำนาจการทดสอบมีค่าราว 30% เมื่อ $n=5$ จะมีค่าราว 70% และเมื่อ $n=15$ จะมีค่าราว 90% แต่เมื่อ σ มีค่ามาก ณ ค่า n ต่าง ๆ ค่าอำนาจการทดสอบจะอยู่เพียงราว 30% ทั้งนี้ F_s -test มีค่าอำนาจการทดสอบที่ดีกว่า F -test ในทุกกรณี

จากรูปที่ 3.14-3.19 จะเห็นได้ว่าสถิติ F_s -test มีอำนาจการทดสอบที่ต่ำกว่าหรือเทียบเท่า F -test ในทุกสถานการณ์โดย ตัวแปร g หรือจำนวนยีนที่แตกต่างกัน ไม่ได้ส่งผลต่ออำนาจการทดสอบ ตัวแปร A หรือค่า $\frac{MStr}{MSE}$ ส่งผลต่ออำนาจการทดสอบเล็กน้อย โดยเมื่อตัวแปร A มีค่าเพิ่มขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยโดยจะสามารถเห็นผลดังกล่าวได้ชัดเจนขึ้นเมื่อ SD มีค่าน้อย และ n มีค่ามาก ตัวแปร σ หรือขนาดความแปรปรวน ส่งผลต่ออำนาจการทดสอบอย่างเห็นได้ชัด โดยเมื่อค่า σ เพิ่มขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มที่จะลดลง ตัวแปร n หรือขนาดตัวอย่าง ส่งผลต่ออำนาจการทดสอบอย่างเห็นได้ชัดเจนเช่นกัน โดยเมื่อค่า n มาก ($n = 15$) อำนาจการทดสอบจะเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ทั้งนี้เปอร์เซ็นต์อำนาจการทดสอบที่ $n=3$ จะอยู่ระหว่าง 20-50% เมื่อ n เพิ่มขึ้นเป็น $n=5$ ค่าเปอร์เซ็นต์อำนาจการทดสอบขึ้นไปอยู่ที่ระหว่าง 50-80% และเมื่อ n เพิ่มขึ้นสูงถึง $n=15$ จะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์อำนาจการทดสอบจะสูงขึ้นไปอยู่ที่ 50-100% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่า σ ด้วยเช่นกันที่ถึงแม้ว่าค่า n จะเพิ่มมากขึ้นเป็น $n=15$ แต่หาก σ ก็สูงเช่นกันเป็น $\sigma = 20$ ค่าเปอร์เซ็นต์อำนาจการทดสอบก็จะมีค่าน้อยโดยอยู่ระหว่าง 30-50%

3.3 วิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดสอบ

ผลการเปรียบเทียบค่า Nominal Level ระหว่าง F -test และ F_s -test

สถิติทดสอบ F -test และ F_s -test มีความสามารถในการรักษาระดับ Nominal Level ใกล้เคียงกัน โดยตัวแปร g และ μ ไม่ได้ส่งผลต่อสมรรถนะในการรักษาระดับ ในขณะที่ตัวแปร σ ส่งผลต่อสมรรถนะในการรักษาระดับเล็กน้อยโดยเมื่อ σ มีค่าน้อย สถิติทดสอบจะมีสมรรถนะในการรักษาระดับได้ดีกว่าเล็กน้อย แต่จะเห็นได้ว่าขนาดตัวอย่าง (n) ส่งผลต่อสมรรถนะในการรักษาระดับอย่างชัดเจน โดยเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น สมรรถนะในการรักษาระดับจะเพิ่มขึ้นตามลำดับ

ผลการเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบ ระหว่าง F -test และ F_s -test

สถิติทดสอบ F_s -test มีอำนาจการทดสอบที่ดีกว่าหรือเทียบเท่าในทุกสถานการณ์ โดยจำนวนอื่น (g) ที่แตกต่าง ไม่ได้ส่งผลต่ออำนาจการทดสอบ แต่ตัวแปร σ , A และ n ส่งผลต่ออำนาจการทดสอบ โดยค่า σ ที่น้อย จะมีแนวโน้มทำให้อำนาจการทดสอบเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่า A และค่า n ยังมีค่าเพิ่มขึ้นยิ่งส่งผลให้อำนาจการทดสอบมีแนวโน้มที่ดีขึ้น

จากผลการตรวจสอบสมรรถนะระหว่างสถิติทดสอบ F -test และ F_s -test สรุปได้ว่า จะเลือกใช้สถิติทดสอบ F_s -test ในการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับงานวิจัยครั้งนี้